

66805

**TEKSTİL ENDÜSTRİSİ BOYAMA ATIKSULARININ
KARAKTERİZASYONU VE BİYOLOJİK
ARITILABİLİRLİĞİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Çev. Müh. Berna YAPRAKLI

Anabilim Dalı : ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ
Programı : ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 9 Haziran 1997

Tezin Savunulduğu Tarih : 26 Haziran 1997

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Fatoş GERMİRLİ BABUNA

Diğer Jüri Üyeleri : Doç. Dr. Seval SÖZEN

Doç. Dr. Cumali KINACI

HAZİRAN 1997

ÖNSÖZ

Beni yetiştiren sevgili Anneme ve Babama;

Bu çalışma sırasındaki yardımlarından dolayı Sayın Doç.Dr.Fatoş Germirli Babuna'ya ve laboratuvar çalışmalarım sırasında karşılaştığım problemleri çözmeme yardımcı olan Sayın Araş. Gör. Gülen Emektar'a, Sayın Dr. Emine Ubay Çokgör'e ve bütün üniversite hayatım boyunca bana yardımcı olan teyzeme, kuzenime, ağabeyime, dayıma, anneanneme ve Orakçioğlu ailesine sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Haziran 1997

Berna YAPRAKLI



İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ	ii
SEMBOL LİSTESİ	v
ŞEKİL LİSTESİ	vii
TABLO LİSTESİ	ix
ÖZET	xiv
SUMMARY	xv
BÖLÜM 1 GİRİŞ	1
1.1 - Çalışmanın Anlam ve Önemi	1
1.2 - Çalışmanın Amaç ve Kapsamı	2
BÖLÜM 2 TEKSTİL ENDÜSTRİSİ ATIKSULARI KİRLİLİK ÖZELLİKLERİ	3
2.1 - Tekstil Endüstrisi Atıksularında Alt kategorizasyon	3
2.2 - Tekstil Endüstrisi Alt kategorilerinde Atıksu Kaynakları	14
2.3 - Tekstil Endüstrisi Alt kategorilerinde Atıksu Miktar ve Karakterizasyonu	14
2.4 - Yeni Alt kategorizasyon Yaklaşımı	30
2.4.1 - Yaklaşımın gerekçesi	30
2.4.2 - Matris yaklaşımı	31
2.4.2.1 - Matris yaklaşımının amacı	31
2.4.2.2 - Matris elemanlarının belirlenmesi	31
2.4.2.3 - Matris yapısı	33
BÖLÜM 3 DENEYSEL YAKLAŞIM	36
3.1 - Aktif Çamur Prosesi	36
3.2 - Substrat Ölçümleri	38
3.3 - İçsel Solunum Modeli	41
3.4 - Atıksularda İnert KOİ Bileşenleri	46

	<u>Sayfa No</u>
3.4.1 - Önemi	46
3.4.2 - İnert KOİ saptama yöntemleri	46
3.4.2.1 - I. Yöntem	53
3.4.2.2 - II. Yöntem	55
3.4.2.3 - III. Yöntem	60
3.4.2.4 - IV. Yöntem	61
3.4 - Kolay Ayrışabilir KOİ ve Yavaş Ayrışabilir KOİ Belirleme Yöntemi	62
3.5 - Kinetik ve Stokiyometrik Katsayıların Deneyisel Olarak Belirlenmesi	64
3.6.1 --Heterotrofik maksimum çoğalma hızı	64
3.6.2 - Heterotrofik dönüşüm oranı	65
3.6.3 - İçsel solunum hızı	66
BÖLÜM 4 DENEYSEL ÇALIŞMA	69
4.1 - Deneylerin Planlanması	69
4.2 - Deney Düzenegi	75
4.2.1 - Aklimasyon evresi	75
4.2.2 - Analiz yöntemleri	79
4.3 - Deney Sonuçları ve Değerlendirmesi	79
4.3.1 - Atıksu karakterizasyonu	79
4.3.1.1 - Konvansiyonel atıksu karakterizasyonu ve kirlenme profili	79
4.3.1.2 - Biyolojik arıtılabilirlik bazlı atıksu karakterizasyonu	82
4.3.1.2.1 - II. Yöntem kullanılarak bulunan sonuçlar	82
4.3.1.2.2 - III. Yöntem kullanılarak bulunan sonuçlar	100
4.3.1.2.3 - IV. Yöntem kullanılarak bulunan sonuçlar	110
4.3.2 - Matris Bileşenlerinin Belirlenmesi	114
4.3.3 - Model İle İlgili Sonuçlar	130
BÖLÜM 5 SONUÇ VE ÖNERİLER	134
KAYNAKLAR	139
EKLER	142
ÖZGEÇMİŞ	150

SEMBOL LİSTESİ

b_H	: Aktif biokütlenin içsel solunum hızı, (T^{-1})
C_S	: Biyolojik olarak ayrışabilen organik madde konsantrasyonu, ($MKOİ/L^3$)
C_T	: Toplam organik madde konsantrasyonu, ($MKOİ/L^3$)
f_a	: Aktivite katsayısı
f_E, f_{ex}	: İnert biyokütle fraksiyonu
f_{ES}	: İçsel biyokütlenin çözünmüş inert ürüne dönüşen kısmı
f_{SS}	: Giriş KOİ'nin kolay ayrışabilir kısmı
k_d	: Ölüm katsayısını, (T^{-1})
k_h	: Maksimum spesifik hidroliz hızı sabiti, (T^{-1})
K_S	: Yarı doygunluk sabiti, (M/L^3)
K_X	: Yavaş ayrışan substratın hidroliz hızı için yarı doygunluk sabiti, (M/L^3)
OTH	: Oksijen tüketim hızı, (MO_2/L^3T)
S	: Substrat konsantrasyonu, (M/L^3)
S_H	: Hızlı hidroliz olabilen KOİ, ($MKOİ/L^3$)
S_I	: Çözünmüş inert KOİ, ($MKOİ/L^3$)
S_0	: Çözünmüş oksijen konsantrasyonu, (M/L^3)
S_P	: İnert mikrobiyal çözünmüş ürün konsantrasyonu, ($MKOİ/L^3$)
S_S	: Kolay ayrışan organik madde konsantrasyonu, ($MKOİ/L^3$)
S_T	: Çözünmüş KOİ, ($MKOİ/L^3$)

t	: Deney süresi, (T)
X	: Aktif biokütle konsantrasyonu, (M/L ³)
X_I	: Partiküler inert KOİ, (MKOİ/L ³)
X_P	: İnert mikrobiyal partiküler ürün konsantrasyonu, (MKOİ/L ³)
X_S	: Yavaş ayrılan organik madde konsantrasyonu, (MKOİ/L ³)
X_T	: Reaktördeki toplam biokütle konsantrasyonu, (MUAKM/L ³)
V_{ml}	: Aşılana biokütle hacmi, (L ³)
V_{ww}	: Atıksu hacmi, (L ³)
Y_H	: Dönüşüm oranı, (MAKM/MKOİ)
Y_{SP}	: Çözülmüş ürünün toplam KOİ'ye oranı
α_{ID}	: Çoğalma kökenli çözülmüş inert oluşum katsayısı
μ	: Spesifik çoğalma hızı, (T ⁻¹)
$\bar{\mu}$	: Maksimum spesifik çoğalma hızı, (T ⁻¹)
θ_X	: Çamur yaşı, (T)
ΔO	: Birinci fazda sadece kolay ayrılan substrat üzerindeki çoğalma ile tüketilen aerobik elektron alıcısı, (MO ₂ /T ³)

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 3.1 Spesifik Çoğalma Hızı (μ) ile Substrat Konsantrasyonu Arasındaki İlişki	37
Şekil 3.2 Bir Atıksudaki Toplam KOİ ' nin Fraksiyonları	40
Şekil 3.3 İçsel Solunum Modelinin Şematik Gösterimi	42
Şekil 3.4 Ölüm / Rejenerasyon Çevrimi	51
Şekil 3.5 Arıtma Tesisi Çıkışında Çözünmüş Organik Madde Fraksiyonu	51
Şekil 3.6 İnert Ürün Oluşum Modeli	52
Şekil 3.7 Girişteki Kalıcı Çözünmüş KOİ ' nin Belirlenmesi	54
Şekil 4.1 Polyester Boyama İşlemi Akım Şeması	71
Şekil 4.2 Pamuklu Boyama İşlemi Akım Şeması	72
Şekil 4.3 Pamuklu + Polyester Boyama İşlemi Akım Şeması	76
Şekil 4.4 Polyester Toplam Reaktör (AP40)	85
Şekil 4.5 Polyester Süzölmüş Reaktör (AP40)	85
Şekil 4.6 Pamuklu Toplam Reaktör (AP40)	88
Şekil 4.7 Pamuklu Süzölmüş Reaktör (AP40)	88
Şekil 4.8 Pamuklu Toplam Reaktör (Membran)	91
Şekil 4.9 Pamuklu Süzölmüş Reaktör (Membran)	91
Şekil 4.10 Pamuklu + Polyester Toplam Reaktör (AP40)	94

Şekil 4.11 Pamuklu + Polyester Süzölmüş Reaktör (AP40)	94
Şekil 4.12 Pamuklu + Polyester Toplam Reaktör (Membran)	97
Şekil 4.13 Pamuklu + Polyester Süzölmüş Reaktör (Membran)	98
Şekil 4.14 Pamuklu Toplam - Süzölmüş - Glukoz Reaktörü (AP40)	101
Şekil 4.15 Pamuklu Toplam - Süzölmüş - Glukoz Reaktörü (Membran)	104
Şekil 4.16 Pamuklu + Polyester Toplam - Süzölmüş - Glukoz Reaktörü(AP40)	106
Şekil 4.17 Pamuklu + Polyester Toplam - Süzölmüş - Glukoz Reaktörü (Membran)	109
Şekil 4.18 - Polyester Çözönmüş KOİ Profili	115
Şekil 4.19 - Pamuklu Çözönmüş KOİ Profili	116
Şekil 4.20 - Pamuklu + Polyester Çözönmüş KOİ Profili	117
Şekil 4.21 - Polyester OTH Profili	119
Şekil 4.22 - Pamuklu OTH Profili	121
Şekil 4.23 - Pamuklu + Polyester OTH Profili	122
Şekil 4.24 - Polyester In (OTH/OTH ₀) Profili	124
Şekil 4.25 - Pamuklu In (OTH/OTH ₀) Profili	125
Şekil 4.26 - Polyester In OTH Profili	126
Şekil 4.27 - Pamuklu In OTH Profili	128
Şekil 4.28 - Pamuklu + Polyester In OTH Profili	130
Şekil 4.29 - Polyester Model Grafiğı	130
Şekil 4.30 - Pamuklu Model Grafiğı	131
Şekil 4.31 - Pamuklu + Polyester Model Grafiğı	132

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 2.1 Tekstil Endüstrisi Altkategorilerinde Atıksu Kaynakları	16
Tablo 2.2 Yapağı Yıkama Atıksu Karakteri	17
Tablo 2.3 Yünlü Kumaş Son İşlemleri Atıksu Karakteri	17
Tablo 2.4 Az Su Kullanılan İşlemlerde Atıksu Karakteri	18
Tablo 2.5 Dokunmuş Kumaş Son İşlemleri Atıksu Karakteri (Basit İşletme)	18
Tablo 2.6 Dokunmuş Kumaş Son İşlemleri Atıksu Karakteri (Kompleks İşletme)	19
Tablo 2.7 Dokunmuş Kumaş Son İşlemleri Atıksu Karakteri (Kompleks İşletme ve Haşıl Sökme)	20
Tablo 2.8 Örgü Kumaş Son İşlemleri Atıksu Karakteri (Basit İşletme)	20
Tablo 2.9 Örgü Kumaş Son İşlemleri Atıksu Karakteri (Kompleks İşletme)	21
Tablo 2.10 Örgü Kumaş Son İşlemleri Atıksu Karakteri (Çorap Ürünleri)	22
Tablo 2.11 Halı Üretimi Son İşlemleri Atıksu Karakteri	22
Tablo 2.12 Stok ve Elyaf Son İşlemleri Atıksu Karakteri	23
Tablo 2.13 Dokusuz Yüzeyli Kumaş Üretimi Atıksu Karakteri	24
Tablo 2.14 Keçeleştirilmiş Kumaş Üretimi Atıksu Karakteri	24
Tablo 2.15 Açık Elyaf, İplik Üretimi ve Terbiye	25
Tablo 2.16 Dokunmuş Kumaş Terbiyesi ve Benzerleri	25

Tablo 2.17 Pamuklu Tekstil ve Benzerleri	26
Tablo 2.18 Yün Yıkama, Terbiye, Dokuma ve Benzerleri	26
Tablo 2.19 Örgü Kumaş Terbiyesi ve Benzerleri	27
Tablo 2.20 Halı Terbiyesi ve Benzerleri	27
Tablo 2.21 Sentetik Tekstil Terbiyesi ve Benzerleri	28
Tablo 2.22 - EPA Altkategorizasyonuna ait Atıksu Karakterizasyonu ve Su Kullanımı	29
Tablo 2.23 Boyanacak Malzemenin Yapısına Göre Boyama Çeşitleri	34
Tablo 2.24 Boyanacak Malzemenin Cinsine Göre Boya Çeşitleri	34
Tablo 2.25 Boyanan Karışımın Cinsine Göre Boya Çeşitleri	35
Tablo 3.1 İçsel Solunum Modelinde Karbon Giderim Mekanizmasının Stokiometrisi ve Kinetiği	43
Tablo 3.2 - Modifiye Edilmiş İçsel Solunum Modelinde Karbon Giderim Mekanizmasının Stokiometrisi ve Kinetiği	45
Tablo 3.3 Task Grup Modeli	49
Tablo 4.1 Biyolojik Arıtılabilirlik Bazlı Atıksu Karakterizasyonu ve Kinetik ve Stokiometrik Katsayıların Belirlenme Yöntemleri	80
Tablo 4.2 Deneysel Çalışmada Kullanılan Polyester Atıksu Karakterizasyonu	81
Tablo 4.3 Deneysel Çalışmada Kullanılan Pamuklu Atıksu Karakterizasyonu	81
Tablo 4.4 Deneysel Çalışmada Kullanılan Pamuklu + Polyester Atıksu Karakterizasyonu	82
Tablo 4.5 Kirlenme Profili	82
Tablo 4.6 - Polyester İnert KOİ Sonuçları	83
Tablo 4.7 - Pamuklu İnert KOİ Sonuçları	84

Tablo 4.8 - Pamuklu + Polyester İner t KOİ Sonuçları	84
Tablo 4.9 Polyester İner t KOİ Saptama Deneyi Sonuçları (II.Yöntem) (AP40)	85
Tablo 4.10 Polyester İner t KOİ Deneyinin Değerlendirmesi (II.Yöntem) (AP40)	87
Tablo 4.11 Pamuklu İner t KOİ Saptama Deneyi Sonuçları (II.Yöntem) (AP40)	88
Tablo 4.12 Pamuklu İner t KOİ Deneyinin Değerlendirmesi (II.Yöntem) (AP40)	90
Tablo 4.13 Pamuklu İner t KOİ Saptama Deneyi Sonuçları (II.Yöntem) (Membran)	91
Tablo 4.14 Pamuklu İner t KOİ Deneyinin Değerlendirilmesi (II.Yöntem) (Membran)	93
Tablo 4.15 Pamuklu + Polyester İner t KOİ Saptama Deneyi Sonuçları (II.Yöntem) (AP40)	94
Tablo 4.16 Pamuklu + Polyester İner t KOİ Deneyinin Değerlendirilmesi (II.Yöntem) (AP40)	96
Tablo 4.17 Pamuklu + Polyester İner t KOİ Saptama Deneyi Sonuçları (II.Yöntem) (Membran)	97
Tablo 4.18 Pamuklu + Polyester İner t KOİ Deneyinin Değerlendirilmesi (II.Yöntem) (Membran)	100
Tablo 4.19 Pamuklu İner t KOİ Saptama Deneyi Sonuçları (III.Yöntem) (AP40)	101
Tablo 4.20 Pamuklu İner t KOİ Deneyinin Değerlendirilmesi (III.Yöntem) (AP40)	103
Tablo 4.21 Pamuklu İner t KOİ Saptama Deneyi Sonuçları (III.Yöntem) (Membran)	103
Tablo 4.22 Pamuklu İner t KOİ Deneyinin Değerlendirilmesi (III.Yöntem) (Membran)	105
Tablo 4.23 Pamuklu + Polyester İner t KOİ Saptama Deneyi Sonuçları (III.Yöntem) (AP40)	106

Tablo 4.24 Pamuklu + Polyester İnerit KOİ Deneyinin Değerlendirilmesi (III.Yöntem) (AP40)	108
Tablo 4.25 Pamuklu + Polyester İnerit KOİ Saptama Deneyi Sonuçları (III.Yöntem) (Membran)	108
Tablo 4.26 Pamuklu + Polyester İnerit KOİ Deneyinin Değerlendirilmesi (III.Yöntem) (Membran)	110
Tablo 4.27 Polyester İnerit KOİ Saptama Deneyi Sonuçları (IV.Yöntem) (AP40)	111
Tablo 4.28 Pamuklu + Polyester İnerit KOİ Saptama Deneyi Sonuçları (IV.Yöntem) (AP40)	112
Tablo 4.29 Pamuklu + Polyester İnerit KOİ Saptama Deneyi Sonuçları (IV.Yöntem) (Membran)	113
Tablo 4.30 Polyester Y_h Deneyi Sonuçları	115
Tablo 4.31 Pamuklu Y_h Deneyi Sonuçları	116
Tablo 4.32 Pamuklu + Polyester Y_h Deneyi Sonuçları	117
Tablo 4.33 Polyester S_s Deneyi Sonuçları	118
Tablo 4.34 Pamuklu S_s Deneyi Sonuçları	120
Tablo 4.35 Pamuklu + Polyester S_s Deneyi Sonuçları	122
Tablo 4.36 Polyester $\hat{\mu}$ Deneyi Sonuçları	123
Tablo 4.37 Pamuklu $\hat{\mu}$ Deneyi Sonuçları	124
Tablo 4.38 Polyester b_H Deneyi Sonuçları	126
Tablo 4.39 Pamuklu b_H Deneyi Sonuçları	127
Tablo 4.40 Pamuklu + Polyester b_H Deneyi Sonuçları	129
Tablo 4.41 Üç Atıksuya Ait Deney ve Model Sonuçları	133

Tablo 5.1	Literatürde verilen çeşitli yöntemlerle saptanan inert KOİ bileşenleri	136
Tablo 5.2	Sadece AP40 ve ikinci yöntem kullanılarak bulunan inert KOİ bileşenleri	137
Tablo 5.3	Bulunan Kinetik ve Stokiyometrik Katsayılar	138



ÖZET

Bu çalışmada tekstil atıksularında yeni bir altkategorizasyon yaklaşımı için geliştirilen matris formatına işlerlik kazandırmak amacı ile matris bileşenlerinden üçü ele alınarak, biyolojik arıtılabilirlik açısından önem taşıyan, çözünmüş inert (kalıcı) organik madde (S_I), partiküler inert (kalıcı) organik madde (X_I), kolay ayrışabilir organik madde (S_S) ve yavaş ayrışabilir organik madde (X_S) içeriğinin belirlenmesi ve kinetik ve stokiometrik katsayıların bulunması amacıyla bir dizi deneysel çalışma yürütülmüştür.

Birinci bölümde, çalışmanın anlam ve önemi, amaç ve kapsamı kısaca belirtilmiştir.

İkinci bölümde, tekstil endüstrisi atıksularındaki altkategoriler farklı yaklaşımlarla ele alınmış ve bu altkategorilere ait atıksu kaynakları, atıksu miktar ve karakterizasyonları ve yeni altkategorizasyon yaklaşımı üzerinde durulmuştur.

Üçüncü bölümde, biyolojik arıtma kinetiği, aktif çamur prosesi incelenmiş, atıksulardaki KOİ bileşenleri (S_S ve X_S) ve kinetik ve stokiometrik katsayıların belirlenmesi yöntemleri anlatılmıştır.

Dördüncü bölümde incelenen atıksu numunelerinin konvansiyonel ve biyolojik bazlı atıksu karakterizasyonu ile kinetik ve stokiometrik katsayıları tablolar halinde sunulmuştur. Ayrıca bu bölümde deneylerin planlanması ve laboratuvar çalışmaları da ele alınmıştır.

Beşinci yani son bölümde tüm çalışma genel olarak değerlendirilmiştir.

CHARACTERIZATION AND BIOLOGICAL TREATABILITY OF TEXTILE DYEING WASTEWATERS

SUMMARY

The textile industry is one of the most important and common industry for many developed and developing countries, because of its impact on the environment. Textile industry has a very complex nature in terms of raw materials used, techniques employed, chemical applied and products.

Different techniques and a variety of operations and processes are involved within this industry. Because of the dynamic structure of the industry, it is meaningless to speak of a typical textile effluent. The amount of wastewater and its quality in plants show a wide range of values. It is not practicable to attempt to explain the differences between effluents from different sources without reference to the essential characteristics of the effluent-producing process in this industry.

Industrial pollution control calls for a systematic evaluation based on pollutional characteristics, treatability tests and actual treatment performance data leading to a proper characterization, treatment technology and to rational discharge standards. Despite an abundance of related data, this systematic approach can hardly be considered adequately defined for the textile processing industry, mainly because the subcategorization criteria are not identified in adequate detail due to the complexity of the problem.

It is difficult to get healthy results with the subcategorization now in use. The purpose of the subcategorization is to find the differences defined in the wastewater of the plants which use different process in the production of the same products and have same production differentiation's. An example matrix which will be used as a basis for pollution evaluations including type of the fiber dyed, dyes used, physical forms dyed, operation type and dyeing equipment used is developed for the textile dyeing processes.

Biological treatment systems are commonly used in the treatment of textile industry wastewaters. Activated sludge system is the most popular biological treatment system for the textile industry wastewaters. Activated sludge systems are based on the concept that organics in the wastewater are biologically depleted by microorganisms and removed in this way under the aerobic conditions.

Activated sludge theory was based on the concept that effluent substrate concentration is not depend on influent substrate concentration and influent and effluent concentrations have the same characteristics.

The identification of influent characteristics with regard to the organic content is useful from the standpoint of process kinetics and therefore in treatment. The organic matter content measurements of the wastewaters containing complex organic substances are based on collective parameters such as biochemical oxygen demand (BOD), chemical oxygen demand (COD), total organic carbon (TOC), since it is not possible to measure these matters individually. One of the most common collective parameter for the identification of influent characteristics is the chemical oxygen demand (COD). Chemical oxygen demand is appeared to be a more useful parameter than biochemical oxygen demand (BOD).

For modeling and design of biological treatment processes, we need reliable and important information that obtained from wastewater characterization. The wastewater characterization mainly cover fractionation of the chemical oxygen demand (COD) and determination of significant kinetic and stoichiometric coefficients. COD fraction includes inert COD and biodegradable COD together.

The inert COD fraction subdivides into soluble inert COD (S_i) and particulate inert COD (X_i). The biochemical reactions in the reactor do not effect the soluble inert COD but the particulate COD accumulate in the activated sludge.

The components of biodegradable COD are readily biodegradable COD (S_s) and slowly biodegradable COD (X_s). Mathematical models and experimental methods determine the COD fractions and define the biological treatment so they should find consistent and reliable values together.

Wastewaters usually contain a very wide spectrum of organics with respect to biodegradability. The initial soluble inert COD fraction passes through the activated sludge systems in an unchanged form. This fraction, not critical in conventional wastes, becomes significant in industrial effluents and especially in strong wastes since it leads to misinterpretation of biological treatability results; it also makes it difficult to meet effluent limitation criteria expressed in terms of COD for a number of industrial categories. Incorrect results are reached due to the interference of soluble inert metabolic products on the initial soluble inert COD, the target of the measurement. In activated sludge systems the microbial inert product fraction in the effluent stream can be minimized by making proper adjustments in the design and operational conditions. Whereas the influent and effluent soluble inert wastewater concentration remain the same. Thus, it is important to determine the initial inert soluble COD fraction of wastewater correctly.

The treatability of wastes incorporated in the study is related to two different concepts. The first concept is inert COD fraction; the determination of the readily biodegradable COD, S_s , the determination of the slowly biodegradable COD, X_s . The other concept is the kinetics of the degradable components and it is reflected by the kinetic constants, namely maximum specific growth rate, μ , the heterotrophs yield coefficient, Y_H , endogenous decay rate, b_H . These parameters and constants have been determined by batch test reactors and respirometric techniques that enable the experimental assessment.

The Inert COD Fraction

Various methods are proposed to define the influent soluble COD component. The readily biodegradable substrate is exhausted directly by the heterotrophs and the heterotrophs use it for growth of the biomass. The slowly biodegradable substrate is changed to the readily biodegradable substrate by hydrolyzed for using.

The soluble inert organic matter consists of the soluble inert organic matter (S_I) and the soluble microbial products (S_P) of the wastewater. The soluble microbial products construction has not been understood completely.

The experiment requires two aerated batch reactors, one of them is filtered wastewater reactor, and the other one is unfiltered wastewater reactor. In both reactors the total and soluble COD are monitored for an enough period for determination of the biodegradable substrate is ended. After this period the reactors have only initial inert COD and residual products. Each reactor has include minimum biomass concentration which acclimated to the wastewater before the experiment. The appropriate F/M (substrate to biomass) ratio is 1.0gCOD/gVSS.day and the amount of the biomass concentration for the acclimation is between 10 - 50 mg/l.

The other method for determination of S_I and X_I is also has three aerobic batch reactors of unfiltered wastewater, filtered wastewater and glucose. All the reactors have include minimum biomass concentration which acclimated to the glucose-wastewater mixture. The same periods are monitored like the other method. At the end of the experiment when all biodegradable substrates in the three reactors are decreased, the differences between the residual COD levels between filtered and glucose reactors give the initial inert COD.

The Readily Biodegradable COD (S_s)

Regarding, the application of the model in design most of the constant values can be accepted as adequate, however there are some that are dependent on influent characteristics or on process configuration and load patterns that preferably should be determined for each wastewaters: constants dependent on the influent characteristics are the COD fractions, and the maximum growth rate for the nitrifiers; one constant that is

dependent on the process configuration and load pattern is the maximum growth rate of the heterotrophs.

Knowledge of the influent COD fractions is of primary importance in determining oxygen demand, sludge wastage, denitrification capacity of excess biological P removal, and the relative magnitudes of the fractions can differ greatly between wastewaters.

The readily biodegradable COD concentration (S_s) is very important for heterotrophic growth. The method for determination of S_s is like this; in this experiment a selected volume of wastewater of known total COD concentration is mixed with minimum biomass concentration in aerobic batch reactor. After mixing, the OUR is measured approximately every 5 to 10 minutes for about 4 to 5 hours. With correct selection of the F/M ratio (food to microorganism), the OUR from start of the experiment remains constant for a period of 1 to 3 hours depending on the readily biodegradable COD fraction, whereafter the OUR decreases fairly rapidly and levels off at a second plateau level. The initial high OUR is a consequence of the utilization of the readily biodegradable COD from the wastewater as well as that derived from hydrolysis of the particulate biodegradable COD. Once the readily biodegradable COD from the influent is depleted, the OUR rapidly drops to the second plateau level, which is the rate associated with the utilization of the readily biodegradable COD generated by hydrolysis of the particulate biodegradable COD.

The Slowly Biodegradable COD (X_s)

In wastewater the main part of the biodegradable COD is slowly biodegradable COD. Because of this, to identify the slowly biodegradable part of the COD, is very important. The slowly biodegradable COD is transformed into readily biodegradable COD by hydrolysis and it is used in heterotrophs growth. The slowly biodegradable COD (X_s) affect oxygen respiration only if growth is limited by substrate and therefore respiration is dominated by hydrolysed substrate.

Influent wastewater includes soluble and particulate organic matters;

$$C_{T1} = S_{S1} + X_{S1}$$

Filtered wastewater only includes soluble components;

$$S_{T1} = S_{S1} + S_{H1} + S_{I1}$$

With this two equations the slowly biodegradable organic matter components will be find.

Maximum Specific Growth Rate ($\hat{\mu}$)

The procedure proposed by KAPPLER and GUJER (1992) is followed; endogenous decay model is used in this procedure and in this experiment a known COD concentration of filtered wastewater is mixed with minimum biomass concentration in an aerobic batch reactor. The appropriate biomass concentration is depend on the readily biodegradable COD concentration of wastewater. At the beginning of the experiment the heterotrophic growth is very fast because of the readily biodegradable COD. The microorganism concentration is minimum so the increasing OUR values can be seen. When the readily biodegradable COD is ended, the heterotrophic growth continues with the hydrolysis substrate in this respect the OUR values slow down with the hydrolysis rate. During the first period of the batch - test, oxygen respiration increases due to the unlimited heterotrophic growth. Suddenly oxygen uptake rate decrease because of limiting concentrations of readily biodegradable substrate, S_s , to a lower level. At this level oxygen respiration is dominated by growth on substrate, which is released by hydrolysis. The slope of the OUR profile yields the value of $(\hat{\mu} - b_H) \cdot t$ on the basis of the following equation:

$$\ln \frac{OUR}{OUR_1} = (\hat{\mu} - b_H) t$$

Heterotrophic Yield Coefficient (Y_H)

Heterotrophic yield coefficient, Y_H , is an important parameter for activated sludge modeling. Because to calculate the right sludge production and oxygen demand, the heterotrophic yield coefficient is needed.

According to the procedure used in this study; if OUR and soluble COD are measured at the same time in the samples taking from the aerobic batch reactors, yield coefficient Y_H obtained from OUR and soluble COD profile gives following equation:

$$Y_H = 1 - \frac{\Delta O + \Delta O'}{\Delta COD_{soluble}}$$

ΔO , is the area difference between two oxygen levels and $\Delta O'$, is the oxygen consumption because of S_H .

The Endogenous Decay Rate (b_H)

The method to calculate b_H involves plotting the change of OUR with time in a batch reactor that is not abandoned of substrate. In this test temperature do not effect b_H . The OUR is measured two times every day for about 8 - 10 days. The slope of the OUR profile that draw with the following equation gives the value of b_H .

$$\ln OUR = \ln [1.42 (1 - f_E) \cdot b_H \cdot X_H] - b_H \cdot t$$

The Runge - Kutta numerical analysis method has been used for the solution of the differential equations to give the kinetic coefficients; k_s , k_h , k_x for the general discharge experiment.



BÖLÜM 1

GİRİŞ

1.1 ÇALIŞMANIN ANLAM VE ÖNEMİ

Günümüzde teknolojinin her geçen gün gelişmesiyle birlikte ortaya yeni çevre sorunları çıkmaktadır. Bu çevre sorunlarının en önemli nedenlerinden birisi endüstriyel atıksulardır. Endüstriyel atıksular; evsel atıksulardan kaynak, miktar, karakter ve çevreye verdikleri zararlar açısından büyük farklılıklar gösterirler. Endüstriyel atıksuların çevreye etkileri çok daha belirgin ve doğa tarafından zor özümsebilir niteliktedir. Endüstriyel atıksular, biyolojik ayrışabilirlik açısından çok geniş bir aralıkta değişen organik maddeleri içerirler. Atıksulardaki organik madde içeriğinin tanımlanması, arıtma sistemlerinin tasarım ve işletimi açısından çok önemlidir. Bu organik madde içeriğinin belirlenmesi biyolojik arıtma metodlarının temelini teşkil eden aktif çamur sistemlerinde, giriş ve çıkış substratları gözönüne alındığında önemli sonuçlar ortaya çıkarmaktadır.

Nitekim, aktif çamur sistemlerinde yapılan son çalışmalarda giriş ve çıkış substrat konsantrasyonunun birbirinden ayrı karakterlere sahip olduğunu ve çıkış substrat konsantrasyonunun giriş substrat konsantrasyonuna bağlı olduğu gösterilmiştir ve mikroorganizma faaliyetleri sırasında metabolik ürünlerin bir kısmının biyolojik olarak inert olduğunu ortaya koymuştur.

Atıksulardaki organik maddelerden biyolojik olarak inert olanlar, aktif çamur sistemlerinde hiçbir değişikliğe uğramadan olduğu gibi çıkarlar. Bu da biyolojik arıtılabilirlik sonuçlarının yorumlanmasında inert kısmında dikkate alınmasının

zorunluluğunu ortaya koymaktadır. Özellikle endüstriyel atıksularda, büyük öneme sahip olan bu inert organik madde içeriğinin gözönüne alınmaması durumunda arıtılabilirlik sonuçları yanıltıcı olmaktadır.

Endüstriyel atıksular içinde tekstil endüstrisinden kaynaklanan atıksular, çevre kirliliği açısından alıcı ortamlara yüksek yükler vermektedir. Tekstil endüstrisi Türkiye’ deki en önemli endüstrilerden biridir ve Türkiye’ deki toplam endüstriyel üretimin %13’ ünü kapsamaktadır (İTKB, 1995). Bu rakamın gelişmekte olan ülkeler arasında bulunan Türkiye için gelecekte artacağı da düşünülürse tekstil endüstrisinin incelenmesi ülkemiz açısından büyük bir önem taşımaktadır.

1.2 ÇALIŞMANIN AMAÇ VE KAPSAMI

Bu çalışmada; tekstil endüstrisi atıksularında yeni bir altkategorizasyon yaklaşımı için geliştirilen matris formatına işlerlik kazandırmak amacı ile matris bileşenlerinden üçü ele alınarak, biyolojik arıtılabilirlik açısından önem taşıyan, çözülmüş kalıcı (inert) organik madde (S_I), kalıcı (inert) partiküler organik madde (X_I), kolay ayrışabilir organik madde (S_S) ve yavaş ayrışabilir organik madde (X_S), (S_H)’ın içeriğinin belirlenmesi ve kinetik ve stokiometrik sabitlerin bulunması amaçlanmıştır.

Tekstil endüstrisi atıksularında altkategorizasyon, altkategorilerin kapsamaları, atıksu kaynakları ve atıksu özellikleri ile yeni altkategorizasyon yaklaşımı, gerekçesi, amacı ve yapısı Bölüm 2’ de anlatılmaktadır.

Bölüm 3’ de ise atıksularda inert KOİ bileşenlerinin önemi, inert KOİ saptama yöntemleri ve kinetik ve stokiometrik katsayıların belirlenmesi açıklanmaktadır.

Deneylerin planlanması, deney düzeneği ve deney sonuçları ise Bölüm 4’de verilmektedir. Tüm çalışmanın genel olarak değerlendirilmesi ise Bölüm 5’te anlatılmaktadır.

BÖLÜM 2

TEKSTİL ENDÜSTRİSİ ATIKSULARI KİRLİLİK ÖZELLİKLERİ

2.1-TEKSTİL ENDÜSTRİSİ ATIKSULARINDA ALTKATEGORİZASYON

Endüstriyel altkategorizasyon çeşitli amaçlar doğrultusunda ele alınabilir. Kirlenme bazlı bir altkategorizasyon yapılanmasının hedefi; aynı kategoride olmalarına rağmen üretim farklılıkları olan veya aynı ürünü farklı proses veya yöntemlerle üreten tesislerin atıksularında oluşacak değişiklikleri ortaya koyarak, atıksuların karakterizasyonu, tesis içi kontrolü, arıtılması ve standartların geliştirilebilmesidir. Alt kategorizasyon yapılırken üretim veya prosesle ilgili değerlendirmelerin yanında atıksu karakteri ile ilgili tüm faktörlerde dikkate alınmalıdır (TÜNAY ve diğ., 1984).

Alt kategorizasyon için gözönüne alınabilecek başlıca faktörler şunlardır; (TÜNAY ve diğ., 1984)

- 1-Üretim Prosesi (Teknolojisi)
- 2-Ürün Cinsi
- 3-Hammaddeler
- 4-Su Kullanımı
- 5-Tesis Büyüklükleri
- 6-Tesislerin Yaşı, Verimleri
- 7-Personel Durumu
- 8-Atıksu Özellikleri
- 9-Atıksu Arıtma Teknolojisi

10-Yatırım Maliyetleri

11-Atıksu Dışında Diğer Kirleticilerin Durumu

Ülkemizde birçok endüstride olduğu gibi ekonomik kalkınmamızda başı çeken tekstil endüstrisinde de atıksular miktar ve özellikleri bakımından değişim gösterirler. Tekstil endüstrisinde atıksu karakterini etkileyen en önemli faktör işlenen hammaddedir. Teknolojinin gelişmesiyle pamuk, yün gibi doğal elyaflara yapay elyaflar katılmış, böylece pamuk ipliği-suni ve sentetik iplik karışımı, yün ipliği-suni ve sentetik iplik karışımı gibi ürünler elde edilmiş ve bu da farklı tekstil proseslerinin ortaya çıkmasına yol açmıştır. Tekstil endüstrisinin yapısının çok değişken olmasına yol açan diğer faktörler; kullanılan kimyasal maddelerin, gerçekleştirilen işlemlerin ve her işlem için uygulanan teknolojilerin çeşitliliği ve su kullanımındaki farklılıklardır (GERMİRLİ ve diğ., 1990). Endüstrilerin hemen hemen hepsinde bu değişken ve karmaşık yapı ortaya çıktığından, endüstrileri sınıflandırarak tanımlama yoluna gidilmiş, bunun için altkategorizasyon yaklaşımı geliştirilmiştir. Tekstil endüstrisinde altkategorizasyon için gözönüne alınabilecek başlıca faktörler aşağıda sıralanmıştır.

1-İmalatta Kullanılan Prosesler

2-Hammaddeler

3-Ürün Cinsleri

4-Su Kullanımı

5-Atıksu Özellikleri

Tekstil endüstrisinin altkategorizasyonu yapılırken kullanılan klasik metod, işlenen elyafın cinsine(yün, pamuk ve sentetik)göre üretim tesislerini gruplandırmaktadır. Benzer tekstil ürünlerinin üretiminde kullanılan tekil üretim prosesleri ve herbir birim proseste ortaya çıkan atıklar açıklanacağı 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 dayandırılarak yapılmasıdır. Burada kullanılan altkategorizasyon kirlilik bazlı olup, tekstil endüstrisinde bu amaçla on altkategori kullanılmaktadır (GÖKNİL ve diğ., 1984).

1-Yapağı Yıkama Altkategorisi

2-Yünlü Kumaş Son İşlemler Altkategorisi

3-Az Su Kullanılan İşlemler Altkategorisi

4-Dokunmuş Kumaş Son İşlemler Altkategorisi

5-Örgü Kumaş Son İşlemler Altkategorisi

6-Halı Üretimi Son İşlemler Altkategorisi

7-Stok ve Elyaf Son İşlemler Altkategorisi

8-Dokusuz Yüzeyle Kumaş Üretimi Altkategorisi

9-Keçeleştirilmiş Kumaş Üretimi Altkategorisi

10-Koza İşleme ve Doğal İpek Üretimi Altkategorisi

Yapağı Yıkama Altkategorisi

Bu altkategori, ham yün elyafı ve diğer hayvan kıllarının temizlendiği tesisleri kapsar. Yün elyafı ve hayvan kıllarının önemli ölçüde bir ön temizlemeyi gerektirmesinden dolayı yapak yıkama, tekstil endüstrisinin diğer altkategorilerinden ayrı bir özellik taşır.

Yünlü Kumaş Son İşlemler Altkategorisi

Bu altkategori, yün elyafı, diğer hayvansal kıl veya yün elyafı-hayvansal kıl karışımı kumaşlara ağartma, yıkama, boyama, ateşe dayanıklı hale getirme, güve yemezlik, v.b. işlemlerden birinin uygulanmasını kapsar. Karbonizlemenin yer aldığı terbiye de bu altkategori kapsamındadır. Karbonizleme ve yıkamanın bulunmaması halinde yün elyaf ve iplik için yapılan terbiye altkategori 7'ye dahil edilmiştir.

Yünün işlenmesinde ilk sulu işlem olan yapağı yıkama, yün elyafında bulunan tabii kirleticileri gidermek için yapılır. Yün elyafı üzerinde bulunabilecek kirleticiler; ot, saman, yem, tohum, diken, pıtrak, gübre, koyunun kendi dışkı maddeleri, kum, toprak, hayvanların tanınması için kullanılmış olan katran, boya ve yapıştırıcı maddeler ile hayvanları hastalık veya haşerelere karşı korumak için kullanılmış olan ilaçlı maddelerin artıklarıdır.

Kirli yün liflerinde ağırlıklarının %5-40'ı kadar bulunan bitkisel artıkların yıkama ve diğer işlemler sırasında giderilemeyen kısmının uzaklaştırılması için yapılan kimyasal işleme karbonizasyon (kömürleştirme) denir. Karbonizasyonun esasını, mamülün inorganik asitlerle veya ısıtılınca asidik özellik gösteren tuzlarla yüksek sıcaklıklarda işlem görmesi oluşturmaktadır.

Ağartma, genellikle beyaz trikotajlar, açık tonlarda boyanacak kumaş ve trikotajlar ile basılacak yünlü mamuller için gereklidir. Yünlü mamuller, indirgeyerek, yükseltgeyerek veya birçok durumlarda da yükseltgen ve indirgen ağartmayı kombine ederek ağartılabilmektedir.

Dinklemenin esası, yün liflerinin keçeleşme özelliğinden faydalanılarak kumaşın görünüm ve tutumunun değiştirilmesidir.

Az Su Kullanılan İşlemler Altkategorisi

Bu altkategori, iplik yapımı, tekstürize iplik yapımı, dokuma, kumaş emprenyeleme, lastik kordu ve kord bezi emprenyeleme, halı tafting, halı tabanı yapımı gibi çok çeşitli kuru işlemleri kapsar. Bu altkategoride esas atık kaynağı işlemlerde kullanılan donanımın yıkanması ve temizlenmesidir.

Dokunmuş Kumaş Son İşlemleri Altkategorisi

Bu altkategori, dokunmuş kumaşlara uygulanan haşıl sökme, yıkama, ağartma, merserize, boyama, basma, apre gibi işlemleri kapsar. Bu altkategoride bulunan işlemlerin çokluğu, bazı işletmelerde bu işlemlerin bir kısmının yer almaması veya farklı oranlarda uygulanması sebebiyle bu altkategori kendi içinde alt bölümlere ayrılmıştır.

Dokuma işlemi esnasında çözgü ipliklerinin yüzeyindeki elyaf uçlarını yatıracak tüylenmeyi önlemek, iplik yüzeyini kaplayarak sürtünmeden dolayı zedelenmeyi azaltmak ve iplik bünyesine girerek mukavemet ve elastikiyeti arttırmak için yapılan haşılama işleminde ipliklere tatbik edilen haşıl maddesi ile birlikte küf gidericiler, mantar öldürücü ilaçlar gibi önceden koruyucu maksatla kullanılmış kimyasal maddeler ve diğer yabancı maddelerin uzaklaştırılması için haşıl sökme diye tanımlanan işlem uygulanır.

Pamuk lifleri içerisindeki ve üzerindeki bütün yabancı maddelerin uzaklaştırılması için yapılan işlemlere bazik işlemler (yıkama) denir.

Ağartmanın amacı, boyar maddeleri bozuşturup, parçalayarak liflerin temiz, beyaz bir görünüme sahip olmasını sağlamaktır. Ağartma sırasında kumaşa bulunan yaprak, kapsül ve çekirdek kabuğu artıkları gibi pisliklerde uzaklaştırılmış olurlar.

Merserizasyonun esası, pamuklu mamule (iplik veya kumaş) kuvvetli bazik bir çözeltiyle muamele etmek ve bu muamele esnasında veya hemen arkasından germeye dayanmaktır. Bu işlem sonucunda doğal haliyle pek parlak olmayan mamül belirli bir parlaklık kazanır.

Boyama, elyaf hammaddesine, iplik ve kumaşa renk verme işlemidir. Kumaş üzerindeki renkli şekiller genellikle baskıdır. Apre-ikmal tekstil mamüllerine kullanılma maksadına göre arzu edilen özelliği kazandırmak için yapılan işlemlerdir.

Altkategori 4a:Basit İşletmeler

Bu alt bölüm kapsamında elyaf hazırlama, haşıl sökme, yıkama, apre işlemleri ve/veya toplam üretimin %5'inden daha fazlasına ağartma, boyama veya basma işlemlerinden birisinin uygulanması yer almaktadır. Altkategori 4b ve altkategori 4c kapsamına girmeyen tüm dokunmuş kumaş son işlemleri işletmeleri bu alt bölüm kapsamındadır.

Altkategori 4b:Kompleks İşletmeler

Bu alt bölüm kapsamında elyaf hazırlama, haşıl sökme (toplam üretimin %50'sinden daha az), yıkama, merserize, apre işlemleri ile ağartma, boyama ve basma işlemlerinden en az iki tanesinin (toplam üretimin %5'inden daha fazlasına) uygulanması bulunmaktadır.

Altkategori 4c:Haşıl Sökmeli Kompleks İşletmeler

Bu alt bölüm kapsamında elyaf hazırlama, haşıl sökme (toplam üretimin %50'sinden daha fazlasına), yıkama, merserize, apre işlemleri ile ağartma, boyama ve basma işlemlerinden en az iki tanesinin (toplam üretimin %5'inden daha fazlasına) uygulanması bulunmaktadır.

Örgü Kumaş Son İşlemleri Altkategorisi

Bu altkategori, çoğunluğu örgü olan pamuklu ve/veya sentetik kumaşlara uygulanan yıkama, ağartma, boyama, basma, apre işlemlerini kapsar. Çoğunluğu örgü kumaş terbiyesi olmakla beraber kumaş dokuma ve iplik terbiyesi işlemleri de bulunan entegre tesisler bu altkategori kapsamına alınmıştır. Bu altkategorideki işlemlerin işletmelerde uygulanmasındaki farklılık, bu altkategorisinde alt bölümlere ayrılmasını gerektirmektedir.

Altkategori 5a:Basit İşletmeler

Bu alt bölüm kapsamında elyaf hazırlama, yıkama, apre işlemleri ve/veya toplam üretimin %5'inden fazlasına ağartma, boyama veya basma işlemlerinden birisinin uygulanması yer almaktadır. Altkategori 5b ve altkategori 5c kapsamına girmeyen bütün örgü kumaş terbiyesi işletmeleri bu alt bölüm kapsamındadır.

Altkategori 5b:Kompleks İşletmeler

Bu alt bölüm kapsamında elyaf hazırlama, yıkama, apre işlemleri ve/veya toplam üretimin %5'inden fazlasına ağartma, boyama veya basma işlemlerinden en az iki tanesinin uygulanması bulunmaktadır.

Altkategori 5c:Çorap İşletmeleri

Bu alt bölüm kapsamında her tipteki çorap için uygulanan boyama ve apre işlemleri yer almaktadır.

Halı Üretimi Son İşlemleri Altkategorisi

Tekstil esaslı halılara uygulanan yıkama, ağartma, boyama, basma ve apre işlemlerini kapsar. Çoğunluğu halı terbiyesi olup, halı tafting, halı tabanı yapımı veya iplik boyama işlemleri de bulunan tesisler bu altkategori kapsamındadır. Sadece halı tafting ve/veya halı tabanı yapan işletmeler ise az su kullanılan işlemler altkategorisi kapsamındadır.

Stok ve Elyaf Son İşlemler Altkategorisi

Pamuklu ve/veya sentetik iplik ve elyafa uygulanan yıkama, ağartma, merseze, boyama ve apre işlemlerini kapsar. Karboniz işleminin yer almadığı yün iplik ve yün elyaf terbiyesi de bu altkategori kapsamındadır.

Dokusuz Yüzeyli Kumaş Üretimi Altkategorisi

Bu altkategori, yün, pamuk veya sentetik malzemenin yalnız veya karışım halinde mekanik termal ve/veya yapıştırıcılarla birleştirilerek dokusuz yüzeyli ürünlerin üretimini kapsamaktadır. Dinkleme ve keçeleştirme işlemleri ile imal edilen ürünler altkategori 9 kapsamına alınmıştır.

Keçeleştirilmiş Kumaş Üretimi Altkategorisi

Bu altkategori, dinkleme ve keçeleştirme işlemleri ile dokusuz yüzeyli ürünlerin üretimini kapsamaktadır. Keçeleştirme işleminde yün, reyon ve yün-reyon-poliester karışımı kullanılan tipik elyaflardır.

Reyon %100 rejenere edilmiş selülozdur ve işleme amaçları için temiz pamuk olarak değerlendirilebilir.

Koza İşleme ve Doğal İpek Üretimi Altkategorisi

Bu altkategori, pişirme (koza kaynatma), ipek çekimi (filatür) işlemleri ile ipek ipliği üretimini kapsamaktadır.

Kozalardan lif uçlarının bulunarak çekilebilmesi için kozaların sıcak su ve buharla işlem görmesine pişirme veya koza kaynatma denir. Pişirmede amaç, liflerdeki serisin kısmını yumuşatmak ve bu sırada kozaların içerisinde suyla dolmasını sağlamaktır.

İpek çekimi (filatür), istenen numarada iplik eldesi için belli sayıdaki kozadan gelen ipek tellerinin bir araya getirilerek sarılmasıdır.

4 Mayıs 1988 Pazar tarihli Resmi Gazete’de yayınlanan 19919 sayılı Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği’ne göre tekstil sanayi atıksuları ise şu altkategorilere ayrılmaktadır;

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

Tekstil endüstrisinde kullanılan hammaddeler, son ürünler, su kullanımı ve atıksu özelliklerinin benzerlikleri gözönüne alınarak, EPA(Environmental Protection Agency)’ya ait tekstil endüstrisi altkategorileri aşağıda verilmiştir.

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

Halı üretimi dışında tüm yünlü kumaş işlemleri 1. ve 2. kategoriler; pamuk ve sentetik üretimi 3., 4., 5. ve 7. kategoriler, halı üretimi de 3. ve 6. kategoriler kapsamına girmektedir. Her bir alt kategoride yapılan işlemler aşağıda açıklanmıştır.

1. Yapağı Yıkama Altkategorisi

Tekstil endüstrisinin bu altkategorisi, ham yün elyafi ve diğer hayvan kıllarının temizlendiği tesisleri kapsar. Diğer altkategorilerinden farklı bir özellikte olup yün elyafi ve hayvan kıllarının önemli ölçüde bir ön temizlemeyi gerektirmesinden dolayı yapak yıkama, kendine özgü bir özellik taşımaktadır. Bu proseste ham yapağı iplik üretimine sokulmadan önce yıkanmalıdır. Pamuk veya sentetikler bu aşamada yıkanmazlar.

2. Yünlü Kumaş Son İşlemler Altkategorisi

Bu altkategori, yün elyafi, diğer hayvansal kıl veya yün elyafi-hayvansal kıl karışımı kumaşlara ağartma, yıkama, boyama, ateşe dayanıklı hale getirme, güve yemezlilik, v.b. işlemlerden birinin uygulanmalarını kapsar. Karbonizlemenin yer aldığı terbiye de bu altkategori kapsamındadır. Yünlü kumaş son işlemleri değişken kimyasal kullanımı ve yüksek kirlilik yükü oluşturduğundan dolayı ayrı bir kategori olarak ele alınmıştır. Bu altkategori kendine has tekstil boyaları kullanmaktadır. Atıksularında boyalardan kaynaklanan krom'un bulunması mümkündür. Yapağı yıkama, yün elyafında bulunan istenmeyen maddeleri gidermek için yapılır. Yıkamadan sonra suya ortamına geçecek ot, saman, yem, tohum, diken, pıtrak, gübre, koyunun kendi dışkı maddeleri, kum, toprak, hayvanların tanınması için kullanılmış olan katran, boya ve yapıştırıcı maddeler ile hayvanları hastalık veya haşerelere karşı korumak için kullanılmış olan ilaçlı maddeler kirlilik yaratmaktadır.

3. Az Su Kullanılan İşlemler Altkategorisi

Bu altkategori, iplik yapımı, tekstürize iplik yapımı, dokuma, kumaş emprenyeleme, lastik kordu ve kord bezi emprenyeleme, halı tafting, halı tabanı yapımı gibi çok çeşitli kuru işlemleri kapsar. Bu altkategoride esas atık kaynağı işlemlerde kullanılan donanımdan sızma sonucu oluşan atıksu ve yıkama sularıdır.

4. Dokunmuş Kumaş Son İşlemleri Altkategorisi

Bu altkategori atıksu yükü bakımından tekstil endüstrisinin önemli bir alt kategorizasyonunu oluşturmaktadır. Dokunmuş kumaşlara uygulanan haşıl sökme, yıkama, ağartma, merserize, boyama, basma, apre gibi işlemleri kapsar. Dokuma işlemi esnasında çözgü ipliklerinin yüzeyindeki elyaf uçlarını yatırmak tüylenmeyi önlemek, iplik yüzeyini kaplayarak sürtünmeden dolayı zedelenmeyi azaltmak ve iplik bünyesine girerek mukavemet ve elastikiyeti arttırmak için yapılan haşıllama işleminde ipliklere tatbik edilen haşıl maddesi ile birlikte küf gidericiler, mantar öldürücü ilaçlar gibi önceden koruyucu maksatla kullanılmış kimyasal maddeler ve diğer yabancı maddelerin uzaklaştırılması için haşıl sökme diye tanımlanan işlem uygulanır.

5. Örgü Kumaş Son İşlemleri Altkategorisi

Bu altkategori, çoğunluğu örgü olan pamuklu ve/veya sentetik kumaşlara uygulanan yıkama, ağartma, boyama, basma, apre işlemlerini kapsar. Dokunmuş kumaş son işlemlerinden farkı, haşıllama, haşıl sökme ve mersevizasyon işlemlerine gerek duyulmamasıdır. Bu sebeplerde dolayı kirlilik yükü daha azdır.

6. Halı Üretimi Son İşlemleri Altkategorisi

Halı üretimi, bazı yün ve pamukluların haricinde genellikle sentetik iplik (naylon, akrilik, polyester) kullanmaktadır. Tekstil esaslı halılara uygulanan yıkama, ağartma, boyama, basma ve apre işlemlerini kapsamaktadır. İşlemin çoğunluğu halı terbiyesi olup, halı tafting, halı tabanı yapımı veya iplik boyama işlemleri de bulunan tesisler bu altkategori kapsamındadır. Sadece halı tafting ve/veya halı tabanı yapan işletmeler ise az su kullanılan işlemler altkategorisi kapsamındadır. Bazı fabrikalar halı tabanının kaplanması işlemini aynı yerde veya fabrika dışında yapmaktadır.

7. Stok ve Elyaf Son İşlemler Altkategorisi

Elyaf boyama son işlemlerinde, dokunmuş kumaş son işlemlerinden farklı olarak, haşıllama ve haşıl sökme yoktur. Su kullanımı ve meriserizasyon işleminden dolayı örgü kumaş son işlemlerinden farklılık gösterir. Bu kategori, elyafın yıkama, boyama ve son işlemlerini içerir. Dikiş ipliği, tekstil ve halı elyafı esas üretimi oluşturur. Elyaf doğal, sentetik olarak ve bunların karışımından elde edilmektedir. Yıkama, temizleme, ağartma, meriserizasyon, boyama ve son işlemleri bu altkategoride yer almaktadır.

2.2-TEKSTİL ENDÜSTRİSİ ALTKATEGORİLERİNDE ATIKSU KAYNAKLARI

Tekstil endüstrisinde atıksu kaynakları altkategorilere göre Tablo 2.1'deki gibi verilebilir (GÖKNİL ve diğ., 1984).

2.3-TEKSTİL ENDÜSTRİSİ ALTKATEGORİLERİNDE ATIKSU MİKTAR VE KARAKTERİZASYONU

Tekstil endüstrisi altkategorilerinde atıksu özellikleri 1984 yılında "Endüstriyel Atıksuların Kontrol ve Kısıtlama Esasları Projesi" kapsamında Halit Göknil, İsmail Toröz, Yasemin Çimşit tarafından hazırlanan "Tekstil Endüstrisi"nde yer aldığı haliyle şu şekilde verilebilir.

Yapağı Yıkama Atıksu Özellikleri

Yapağı yıkama işlemi ile kirler ve yağlar emülsiyon hale geçer ve çoğunlukla yağlı bir köpükle kaplı kahverengi, kumlu, bulanık bir atıksu oluşur. Atıksudaki kirletici parametrelerden BOİ₅, KOİ, TAM, yağ ve gres'in konsantrasyon ve miktarları yüksektir. Konsantrasyon bazında atıksu karakterleri Tablo 2.2'de verilmiştir.

Yünlü Kumaş Son İşlemleri Atıksu Özellikleri

Bu atıksular, yüksek hacim ve konvansiyonel kirletici parametrelerin düşük konsantrasyonda olması ile karakterize edilirler. Bu kirleticilerin yük bazında miktarları ise yüksektir. Nonkonvansiyonel kirleticilerden sülfür, renk ve toksik kirleticiler, fenol ve krom hem konsantrasyon, hem de yük bakımından yüksektir. Dinklemeden sonra yapılan yıkama, toplam BOİ'nin yaklaşık %20-35 kadarını meydana getirirken, boyama için bu değer %6-9'dur. Boyamada kullanılan kimyasal maddelerin çoğu ise toksiktir. Bu altkategorideki atıksuların konsantrasyon bazında karakterleri Tablo 2.3'de verilmiştir.

Az Su Kullanılan İşlemler Atıksu Özellikleri

Bu işlemlerden çıkan atıksu hacmi çok düşüktür. Suyun büyük hacimde atıldığı yerler soğutma ve proses donanımının yıkanması ve temizlenmesidir. Proses ile ilgili atıksuların toplam deşarjın büyük kısmını oluşturduğu yerlerde, atıksu karakteristikleri başlıca haşılama prosesine (konvansiyonel dokuma), dokuma prosesine (su-jet dokuma fabrikaları) veya ıslatma, şişirme veya doyurma prosesine (yapıştırma ile ilgili fabrikalar) bağlıdır. Bu altkategoriyeye ait atıksu kirletici miktarları konsantrasyon bazında Tablo 2.4 de gösterilmiştir.

Dokunmuş Kumaş Son İşlemleri Atıksu Özellikleri

Bu atıksular, konvansiyonel kirletici parametreler için konsantrasyon ve yük miktarı bakımından oldukça geniş bir aralıkla karakterize edilir. Bu altkategorideki her alt bölüme ait atıksu karakteri Tablo 2.5, Tablo 2.6 ve Tablo 2.7'de verilmiştir.

Tablo 2.1-Tekstil Endüstrisi Altkategorilerinde Atıksu Kaynakları

Altkategoriler	
1-Yapağı Yıkama	Yıkama Durulama
2-Yünlü Kumaş Son İşlemler	Boyama Ağartma Yıkama Durulama Karboniz ve Yıkama Dinkleme ve Yıkama
3- Az Su Kullanılan İşlemler	Haşılama
4- Dokunmuş Kumaş Son İşlemleri	Haşıl Sökme Pişirme - Yıkama Mersirize- Yıkama Ağartma - Yıkama Boyama - Yıkama Basma Apre - İkmal
5- Örgü Kumaş Son İşlemleri	Yıkama Pişirme- Ağartma Boyama Basma Apre - İkmal
6- Halı Üretimi Son İşlemleri	Boyama veya Baskı Kurutma Lateks Kaplama
7- Stok ve Elyaf Son İşlemleri	Boyama Ağartma Mersevizleme Yıkama
8- Dokusuz Yüzeyle Kumaş Üretimi	Yapıştırma
9- Keçeleştirilmiş Kumaş Üretimi	Durulamalar
10- Koza İşleme ve Doğal İpek Üretimi	Pişirme İpek Çekimi Serisin Giderme Ağartma Boyama Yıkama Avivaj Şarj

Tablo 2.2-Yapağı Yıkama Atıksu Karakteri

Debi, m ³ /gün	38 - 2800
BOİ ₅ , mg/lt	310 - 6700
KOİ, mg/lt	100 - 18000
TAM, mg/lt	120 - 13000
Sülfür, µg/lt	500
Yağ ve Gres, mg/lt	80 - 5000
Fenol, µg/lt	Veri yetersiz
Krom, µg/lt	10 - 220
Renk, APHA	2200

Tablo 2.3-Yünlü Kumaş Son İşlemleri Atıksu Karakteri

Debi, m ³ /gün	190 - 16000
BOİ ₅ , mg/lt	66 -750
KOİ, mg/lt	280 - 2000
TAM, mg/lt	17 - 240
Sülfür, µg/lt	1100 - 6000
Yağ ve Gres, mg/lt	Veri yetersiz
Fenol, µg/lt	90 - 160
Krom, µg/lt	190 - 880
Renk, APHA	1000 - 2000

Tablo 2.4-Az Su Kullanılan İşlemlerde Atıksu Karakteri

Debi, m ³ /gün	23 - 1100
BOİ ₅ , mg/lt	37 - 2600
KOİ, mg/lt	120 - 3000
TAM, mg/lt	10 - 530
Sülfür, µg/lt	1000
Yağ ve Gres, mg/lt	80
Fenol, µg/lt	80
Krom, µg/lt	15 - 97
Renk, APHA	10

Tablo 2.5-Dokunmuş Kumaş Son İşlemleri Atıksu Karakteri (Basit İşletme)

Debi, m ³ /gün	57 - 21000
BOİ ₅ , mg/lt	19 - 2000
KOİ, mg/lt	200 - 5000
TAM, mg/lt	16 - 2400
Sülfür, µg/lt	25 - 580
Yağ ve Gres, mg/lt	6 - 1400
Fenol, µg/lt	10 - 600
Krom, µg/lt	1 - 530
Renk, APHA	20 - 10000

Tablo 2.6-Dokunmuş Kumaş Son İşlemleri Atıksu Karakteri (Kompleks İşletme)

Debi, m ³ /gün	42 - 29000
BOİ ₅ , mg/l	83 - 2200
KOİ, mg/l	240 - 5100
TAM, mg/l	40 - 870
Sülfür, µg/l	100 - 120
Yağ ve Gres, mg/l	34 - 160
Fenöl, µg/l	10 - 600
Krom, µg/l	19 - 1200
Renk, APHA	1300 - 1500

Örgü Kumaş Son İşlemleri Atıksu Özellikleri

Bu atıksular, dokunmuş kumaş son işlemleri atıksuları gibi konvansiyonel kirletici parametreler için konsantrasyon ve yük miktarı açısından geniş bir aralık gösterirler. Fakat atıklar konsantrasyon bakımından, genellikle dokunmuş kumaş son işlemlerindeki kadar büyük değildir. Tesisten tesise değişebilirlik de biraz daha azdır. Alt bölümlere ait atıksu karakterleri Tablo 2.8, Tablo 2.9 ve Tablo 2.10'da verilmiştir.

Halı Üretimi Son İşlemleri Atıksu Özellikleri

Bu atıksular, su kullanımının diğer altkategorilere göre nispeten düşük olmasına rağmen büyük hacimdedir. Bunun nedeni, halı üretiminin özel yapısı ve halının diğer tekstil ürünlerine nazaran daha ağır olmasıdır. Halı son işlemlerinde başlıca atık kaynakları olan boyama ve baskı prosesleri, konvansiyonel ve non-konvansiyonel kirleticilerde ekstrem değerler meydana getirmemektedir. Bu altkategoriyeye ait atıksu karakterleri Tablo 2.11'de verilmiştir.

Tablo 2.7-Dokunmuş Kumaş Son İşlemleri Atıksu Karakteri (Kompleks İşletme ve Haşıl Sökme)

Debi, m ³ /gün	34 - 21000
BOİ ₅ , mg/lt	120 - 2600
KOİ, mg/lt	370 - 2800
TAM, mg/lt	1- 1300
Sülfür, µg/lt	20 - 5600
Yağ ve Gres, mg/lt	5 - 100
Fenol, µg/lt	14 - 1200
Krom, µg/lt	14 - 12000
Renk, APHA	250 - 40000

Tablo 2.8-Örgü Kumaş Son İşlemleri Atıksu Karakteri (Basit İşletme)

Debi, m ³ /gün	11 - 11000
BOİ ₅ , mg/lt	60 - 1900
KOİ, mg/lt	340 - 19000
TAM, mg/lt	21 - 2200
Sülfür, µg/lt	20 - 7100
Yağ ve Gres, mg/lt	14 - 460
Fenol, µg/lt	1 - 1700
Krom, µg/lt	13 - 600
Renk, APHA	170 - 1500

Tablo 2.9-Örgü Kumaş Son İşlemler Atıksu Karakteri (Kompleks İşletme)

Debi, m ³ /gün	110 - 13000
BOİ ₅ , mg/lt	120 - 920
KOİ, mg/lt	540 - 3200
TAM, mg/lt	18 - 740
Sülfür, µg/lt	50 - 1500
Yağ ve Gres, mg/lt	6 - 110
Fenol, µg/lt	72 - 230
Krom, µg/lt	10 - 180
Renk, APHA	37 - 940

Stok ve Elyaf Son İşlemleri Atıksu Özellikleri

Bu atıksuların hacmi, diğer son işlem altkategorilerindekiyle hemen hemen aynıdır. Atıksular diğer altkategorilerdeki kadar kuvvetli değildir ve elyafların tek çeşit veya karışık olarak işlenip işlenmediğine bağlı olarak değişir. Bu altkategorinin atıksu karakterizasyonu Tablo 2.12’de verilmiştir.

Dokusuz Yüzeyli Kumaş Üretimi Atıksu Özellikleri

Bu üretimin yapısı, nispeten küçük hidrolik ve kirletici yüklerine sahip bir tesise benzer özellik taşır. Atıksu, lateks ve diğer kirleticileri içerebilir. Bazı tesislerde, özel üretim işlemleri veya diğer kategorilerle ortak faaliyetler, daha fazla atıksu meydana gelmesine yol açabilir. Bu altkategoriyeye ait atıksu karakterizasyonu Tablo 2.13’de verilmiştir.

Tablo 2.10-Örgü Kumaş Son İşlemleri Atıksu Karakteri (Çorap Ürünleri)

Debi, m ³ /gün	4 - 1500
BOİ ₅ , mg/lt	38 - 790
KOİ, mg/lt	450 - 5000
TAM, mg/lt	9 - 180
Sülfür, µg/lt	10 - 8000
Yağ ve Gres, mg/lt	15 - 280
Fenol, µg/lt	26 - 580
Krom, µg/lt	10 - 1200
Renk, APHA	40 - 1100

Tablo 2.11-Halı Üretimi Son İşlemleri Atıksu Karakteri

Debi, m ³ /gün	76 - 6900
BOİ ₅ , mg/lt	190 - 560
KOİ, mg/lt	280 - 2100
TAM, mg/lt	37 - 210
Sülfür, µg/lt	10 - 450
Yağ ve Gres, mg/lt	3 - 93
Fenol, µg/lt	1- 1100
Krom, µg/lt	4 - 300
Renk, APHA	65 - 1900

Tablo 2.12-Stok ve Elyaf Son İşlemleri Atıksu Karakteri

Debi, m ³ /gün	45 - 9600
BOİ ₅ , mg/lt	43 - 1600
KOİ, mg/lt	140 - 4800
TAM, mg/lt	2 - 4200
Sülfür, µg/lt	1- 4400
Yağ ve Gres, mg/lt	1 - 180
Fenol, µg/lt	3 - 620
Krom, µg/lt	4 - 1600
Renk, APHA	57 - 3000

Keçeleştirilmiş Kumaş Üretimi Atıksu Özellikleri

Bu prosesle yüksek hacimli, fakat genellikle seyreltik yapıda bir atıksu oluşur. Dinkleme ve boyamayı takiben durulamalar yapılıyorsa, su kullanımı ve kirletici miktarları artar. Bu altkategoriyeye ait atıksu karakterizasyonu Tablo 2.14’de verilmiştir.

Koza İşleme ve Doğal İpek Üretimi Atıksu Özellikleri

Başlıca kozanın pişirilmesi, serisin giderilmesi, boyama ve yıkamada oluşan atıksuların özelliklerini rakamlarla ifade edebilecek yeterli veri bulunmamaktadır.

4 Mayıs 1988 Pazar tarihli Resmi Gazete’ de yayınlanan 19919 sayılı Su Kalite Kontrolü Yönetmeliği’ ne göre tekstil sanayi atıksuları yedi altkategoriyeye ayrılmaktadır. Bu altkategorilere ait atıksuların alıcı ortam deşarj standartları Tablo 2.15, Tablo 2.16, Tablo 2.17, Tablo 2.18, Tablo 2.19, Tablo 2.20, Tablo 2.21 ’ de verilmektedir.

Tablo 2.13-Dokusuz Yüzeyli Kumaş Üretimi Atıksu Karakteri

Debi, m ³ /gün	53 - 1900
BOİ ₅ , mg/lt	64 - 630
KOİ, mg/lt	200 - 3900
TAM, mg/lt	59 - 180
Sülfür, µg/lt	1000
Yağ ve Gres, mg/lt	Veri yetersiz
Fenol, µg/lt	45
Krom, µg/lt	4 - 10
Renk, APHA	35 - 140

Tablo 2.14-Keçeleştirilmiş Kumaş Üretimi Atıksu Karakteri

Debi, m ³ /gün	11 - 1500
BOİ ₅ , mg/lt	55 - 380
KOİ, mg/lt	230 - 2100
TAM, mg/lt	68 - 280
Sülfür, µg/lt	1200
Yağ ve Gres, mg/lt	Veri yetersiz
Fenol, µg/lt	Veri yetersiz
Krom, µg/lt	Veri yetersiz
Renk, APHA	190

Tablo 2.15 - Açık Elyaf, İplik Üretimi ve Terbiye

Parametre	Birim	Kompozit Numune 2 saatlik	Kompozit Numune 24 saatlik
Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOİ ₅)	(mg / lt)	80	60
Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)	(mg / lt)	350	240
Amonyum Azotu (NH ₄ -N)	(mg / lt)	5	-
Serbest Klor	(mg / lt)	0.3	-
Toplam Krom	(mg / lt)	2	1
Sülfür (S ⁻²)	(mg / lt)	0.1	-
Sülfid	(mg / lt)	1	-
Yağ ve Gres	(mg / lt)	10	-
Balık Biyodeneyi (ZSF)		4	3
pH		6 - 9	6 - 9

Tablo 2.16 - Dokunmuş Kumaş Terbiyesi ve Benzerleri

Parametre	Birim	Kompozit Numune 2 saatlik	Kompozit Numune 24 saatlik
Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOİ ₅)	(mg / lt)	90	70
Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)	(mg / lt)	400	300
Toplam Askıda Katı Madde	(mg / lt)	140	100
Amonyum Azotu (NH ₄ -N)	(mg / lt)	5	-
Serbest Klor	(mg / lt)	0.3	-
Toplam Krom	(mg / lt)	2	1
Sülfür (S ⁻²)	(mg / lt)	0.1	-
Sülfid	(mg / lt)	1	-
Fenol	(mg / lt)	1	0.5
Balık Biyodeneyi (ZSF)		4	3
pH		6 - 9	6 - 9

Tablo 2.17 - Pamuklu Tekstil ve Benzerleri

Parametre	Birim	Kompozit Numune 2 saatlik	Kompozit Numune 24 saatlik
Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOİ ₅)	(mg / lt)	90	60
Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)	(mg / lt)	250	200
Toplam Askıda Katı Madde	(mg / lt)	160	120
Amonyum Azotu (NH ₄ -N)	(mg / lt)	5	-
Serbest Klor	(mg / lt)	0.3	-
Toplam Krom	(mg / lt)	2	1
Sülfür (S ⁻²)	(mg / lt)	0.1	-
Sülfit	(mg / lt)	1	-
Yağ ve Gres	(mg / lt)	10	-
Balık Biyodeneyi (ZSF)		4	3
pH		6 - 9	6 - 9

Tablo 2.18 - Yün Yıkama, Terbiye, Dokuma ve Benzerleri

Parametre	Birim	Kompozit Numune 2 saatlik	Kompozit Numune 24 saatlik
Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOİ ₅)	(mg / lt)	200	100
Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)	(mg / lt)	400	300
Toplam Askıda Katı Madde	(mg / lt)	400	300
Amonyum Azotu (NH ₄ -N)	(mg / lt)	5	-
Serbest Klor	(mg / lt)	0.3	-
Toplam Krom	(mg / lt)	2	1
Sülfür (S ⁻²)	(mg / lt)	0.1	-
Sülfit	(mg / lt)	1	-
Yağ ve Gres	(mg / lt)	200	100
pH		6 - 9	6 - 9

Tablo 2.19 - Örgü Kumaş Terbiyesi ve Benzerleri

Parametre	Birim	Kompozit Numune 2 saatlik	Kompozit Numune 24 saatlik
Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOİ ₅)	(mg / lt)	50	40
Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)	(mg / lt)	300	200
Amonyum Azotu (NH ₄ -N)	(mg / lt)	5	-
Serbest Klor	(mg / lt)	0.3	-
Toplam Krom	(mg / lt)	2	1
Sülfür (S ⁻²)	(mg / lt)	0.1	-
Sülfid	(mg / lt)	1	-
Yağ ve Gres	(mg / lt)	10	-
Fenol	(mg / lt)	1	0.5
Balık Biyodeneyi (ZSF)		4	3
pH		6 - 9	6 - 9

Tablo 2.20 - Halı Terbiyesi ve Benzerleri

Parametre	Birim	Kompozit Numune 2 saatlik	Kompozit Numune 24 saatlik
Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOİ ₅)	(mg / lt)	120	100
Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)	(mg / lt)	300	200
Toplam Askıda Katı Madde	(mg / lt)	160	120
Amonyum Azotu (NH ₄ -N)	(mg / lt)	5	-
Serbest Klor	(mg / lt)	0.3	-
Toplam Krom	(mg / lt)	2	1
Sülfür (S ⁻²)	(mg / lt)	0.1	-
Sülfid	(mg / lt)	1	-
Yağ ve Gres	(mg / lt)	10	-
Fenol	(mg / lt)	1	0.5
pH		6 - 9	6 - 9

Tablo 2.21 - Sentetik Tekstil Terbiyesi ve Benzerleri

Parametre	Birim	Kompozit Numune 2 saatlik	Kompozit Numune 24 saatlik
Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOİ ₅)	(mg / lt)	100	80
Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)	(mg / lt)	400	300
Sülfür (S ²⁻)	(mg / lt)	0.1	-
Fenol	(mg / lt)	1	0.5
Çinko (Zn)	(mg / lt)	12	10
Balık Biyodeneyi (ZSF)		3	2
pH		6 - 9	6 - 9

EPA (Environmental Protection Agency) ya ait tekstil endüstrisinde atıksu oluşturan işlemlerin altkategorileri için atıksu karakterizasyonu ve su kullanımı Tablo2.22' de gösterilmektedir.

Tablo 2.22' deki değerler her altkategori için verilen aralık değerlerinin ortalaması olup gerçekte bu aralık değerleri için arıtma sistemleri tanımlama işlemi pratik değildir.

Tablo 2.22 - EPA Alt kategorizasyonuna Ait Atıksu Karakterizasyonu ve Su Kullanımı

Alt kategori Parametre	Yapağı Yıkama	Yünlü Kumaş Son İşlemler	Az Su Kullan. İşlemler	Dokunmuş Kumaş Son İşl.	Örgü Kumaş Son İşlemleri	Halı Üretimi Son İşlemler	Stok ve Elyaf Son İşlemler
KOI (mg/l)	30000	1040	1000	1200	1000	1000	800
AKM (mg/l)	8000	130	200	300	300	120	75
Yağ Gres (mg/l)	5500	-	-	14	53	-	-
Top. Krom(mg/l)	0.05	4	0.014	0.04	0.05	0.42	0.27
Fenol (mg/l)	1.5	0.5	-	0.04	0.4	0.13	0.12
Sülfide (mg/l)	0.20	0.1	-	3	0.20	0.14	0.09
pH (unit)	8.0	7	10	10	8	8	11
Sıcaklık	28°C	60°C	21°C	37°C	40°C	20°C	38°C
Su Kullanımı (m ³ /kg)	35	35	12	112	150	70	150

2.4-YENİ ALTKATEGORİZASYON YAKLAŞIMI

2.4.1-Yaklaşımın Gerekçesi

Daha önceki kısımda her bir altkategori için atıksu karakterlerini gösteren tablolardanda görüldüğü gibi bir altkategori için verilen karakterizasyon aralıkları çok geniş olup, bu geniş aralıklar için arıtma sistemleri tanımlama işlemi pratik olmamaktadır. Diğer bir deyişle halihazırda kullanıldığı şekli ile farklı altkategoriler için benzer arıtma şemaları tanımlanmaktadır. Öte yandan aynı altkategori için arıtma sistemi spesifikasyonları çok geniş aralıklarda değişim göstermektedir. Bu da altkategorilerin yukarıda verilen haliyle kullanılmasının anlamsız olamayacağını göstermektedir.

Endüstrinin dinamik yapısını; üretim teknolojileri ve karakteristikleri bilinmeden açıklamaya çalışmak anlamsız olur. Ayrıca endüstriyel kirlenme kontrolü için kirlenme karakteristiklerine, artırılabilirlik testlerine ve gerçek arıtma verimlerine dayanan sistematik bir değerlendirme gereklidir. Bu sayede uygun karakterizasyon, arıtma teknolojileri ve deşarj standartları elde edilebilir. Burada eksik olan bu sistematik yaklaşımın tekstil endüstrisi için yeterli şekilde tanımlanmamış olmasıdır. Altkategorizasyon kriterleri problemin karmaşıklığına uygun olarak yeterli detaylıkla tanımlanmamıştır (GERMİRLİ ve diğ., 1990b). Dolayısıyla altkategorizasyon bu haliyle uygulama açısından kısıtlı kullanıma sahiptir. Bu yüzden, olayda etkili faktörler yakından, kullanılan üretim proseslerine bağlı olarak incelenmeli ve yeni bir altkategorizasyon yapısı ortaya çıkartılmalıdır. Bu çerçevede örnek olarak tekstil endüstrisinde kirlenme açısından önemli yer tutan boyama işlemleri için detaylı bir matris yapısı geliştirilmiştir (GERMİRLİ ve diğ., 1990a).

2.4.2-Matris Yaklaşımı

2.4.2.1-Matris yaklaşımının amacı

Matris yaklaşımının amacı, çok karışık ve değişken yapıdaki tekstil boyama işlemi atıksularının tanımlanması için bir sistematik geliştirilmesidir. Bu sistematik iki aşamalı olarak ele alınmıştır. İlk aşama atıksuların karakterizasyonu olup, belirli bir kaynaktan oluşan atıksuyun karakterizasyonu, o atıksudaki kirletici parametrelerin türlerinin ve konsantrasyonlarının, atıksuyun üretim bazında birim miktarının, bu miktarın oluşma şeklinin ve kirletici birim yüklerinin belirlenmesini kapsamaktadır. İkinci aşamada, kirlenme kontrolünde önem taşıyan diğer faktörler matris yapısı içinde değerlendirilmektedir. Tekstil endüstrisinde atıksuların çevreye etkileri ve arıtma sistemlerinin tasarımı açısından en önemli faktörler; atıksuyun organik madde içeriği, atıksuyun zehirliliği ve arıtılabilirlik özellikleridir. Matrisin bu parametrelerin de belirlenmesini sağlayacak şekilde veya en azından bu parametreler ile matriste yer alan üretim ve atıksu karakterlerine ilişkin elemanlar arasındaki bağımlılığı belirtecek şekilde düzenlenmesi önem taşımaktadır (GERMİRLİ ve diğ., 1990a).

2.4.2.2-Matris elemanlarının belirlenmesi

Matris elemanları saptanırken atıksu özelliklerine etki, temel kriter olarak belirlenmiş ve böylece üretimle ilgili her faktör bu kriter esas alınarak değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmede bazı faktörlerin atıksu kalitesine dolaylı etkileri de gözden kaçırılmamalıdır.

Boyanacak malzemenin cinsi, boyama işlemi için bazı hazırlayıcı kimyasal maddelerin, boyar madde ve yardımcı maddelerin seçimini ve dolayısıyla tekstil boyama atıksularının karakterini etkiler.

Boyama işlemlerinde kullanılan ekipmanlar; kesikli, yarı-sürekli veya sürekli tipte olabilirler. Kesikli proseslerde boyama adımları genellikle aynı makina içinde gerçekleştirilirken, sürekli proseslerde her makina elemanı değişik bir işlemi yerine getirir. Boyamanın yapılacağı makina tipleri de atıksuyun fiziksel karakteri üzerinde etkilidir. Boyama işleminde toplam atıksu hacmi kullanılan ekipmana göre değişir.

Boyanacak malzemenin fiziksel yapısı, boyama işleminde sürekli veya kesikli çalışma düzenlerinden hangisinin kullanılacağını, proses ekipmanının seçimini belirlerken, boyanacak malzemenin cinsi, boya çeşidi seçimini etkiler.

Sonuç olarak; boyanacak malzemenin yapısı, boyanan malzemenin cinsi, boya çeşitleri, boyama çeşitleri ve boyama ekipmanı elemanlarından kurulu bir matris oluşturulmuştur. (GERMİRLİ ve diğ., 1990a).

Matris elemanları aşağıdaki gibi sıralanabilir:

1-Boyanacak Malzemenin Yapısı

- a-Elyaf
- b-İplik
- c-Dokunmuş Kumaş
- d-Örgü Kumaş

2-Boyanan Malzemenin Cinsi

a-Doğal Elyaf

a-1-Selülozik Elyaf: Bitkisel kökenli elyaflardır (Pamuklu, jüt, keten)

a-2-Protein Elyaf: Hayvansal kökenli elyaflardır (Yün, ipek).

b-Yapma Elyaf

b-1-Sentetik Elyaf: Selülozik olmayan organik maddelerden sentetik olarak üretilmiş elyaflardır (Polyester, poliamid (nylon), poliakrilik).

b-2-Yapay Elyaf: Doğal selülozdan kimyasal proseslerle üretilmiş elyaflardır (Viskoz rayon, asetat rayon).

3-Boya Çeşitleri

(Direkt boya, dispers boya, asit boya, küpe boya, bazik boya, kükürt boya, reaktif boya, azoik boya, inkişaf boya, anilin siyahı, mordan boya).

4-Boyama Çeşitleri

a-Kesikli Boyama Ekipmanı: Jigger, haspel, skein, paket, kütük boyama makinası, çamaşır ve çorap boyama makinası, jet.

b-Yarı-Kesikli Boyama Ekipmanı: Pad-jig, pad-batch, pad-roll.

c-Sürekli Boyama Ekipmanı: Pad-steam range, termosol range, halı boyama makinası, indigo boyama makinası

2.4.2.3-Matris yapısı

Matrisin çok boyutlu yapısı, matrisi oluşturan tüm elemanların tek bir tabloda gösterilmesini olanaksız kıldığından; matris üç ayrı tablo halinde verilmektedir.

Tablo 2.23’de boyanacak malzemenin yapısı, boyama çeşitlerine bağlı olarak gösterilmektedir.

Tablo 2.24’de boyanacak malzemenin cinsi, boya çeşitlerine bağlı olarak verilmektedir.

Tablo 2.25’de ise boyanan karışımın cinsine bağlı olarak boya çeşitleri gösterilmektedir (GERMİRLİ ve diğ., 1990a).

Tekstil endüstrisinde atıksuya etki eden faktörler, üretim proseslerine bağlı olarak bir matriste ortaya konulduktan sonra bu yeni altkategorizasyona işlerlik kazandırmak amacıyla yapılması gereken işlemler atıksu karakterizasyonu ve arıtılabilirlik testleridir. Bu amaçla matris bileşenleri tek tek ele alınıp, her bileşenden kaynaklanan atıksu karakteri tanımlanmalıdır. Bu şekilde karakterizasyonu birbirine yakın olarak saptanan bileşenler bir altkategori altında toplanabilir ve bu altkategoriler için uygun arıtma teknolojileri belirlenebilir.

Tablo 2.23 -Boyanacak Malzemenin Yapısına Göre Boyama Çeşitleri

Operasyon Tipi	Kullanılan Ekipmanın Cinsi	Boyanacak Malzemenin Yapısı
Kesikli	Jigger Haspel Skein Paket Kütük boyama makinası Çamaşır ve çorap boyama makinası Jet	kumaş elyaf, kumaş elyaf, iplik elyaf, iplik iplik, kumaş kumaş kumaş
Yarı-sürekli	Pad-jig Pad-batch Pad-roll	kumaş* kumaş* kumaş*
Sürekli	Pad-steam range Termosol range Halı boyama makinası İndigo boyama makinası	kumaş** kumaş*** halı iplik****

* Sadece reaktif boya ile kullanılabilir.

** Sadece pamuklu ve pamuklu ile karışım kumaşlarda kullanılabilir.

*** Sadece polyester kumaş ile kullanılabilir.

**** Sadece pamuklu iplik ile kullanılabilir.

Tablo 2.24 -Boyanacak Malzemenin Cinsine Göre Boya Çeşitleri

Boya Çeşitleri	Boyanan Malzemenin Cinsi						
	Doğal Elyaflar		Yapma Elyaflar				
	Selülozik (Pamuklu, keten,jüt)	Protein (Yün, ipek)	Sentetik Elyaflar			Yapay Elyaflar	
			Polyester	Poliamid (Naylon)	Poliakrilik	Viskoz Rayon	Asetat Rayon
Direkt	X			X		X	
Dispers			X	X			X
Asit ve Premetalize		X		X			
Küpe	X			X		X	
Bazik		X		X	X		
Kükürt	X			X		X	
Reaktif	X	X		X		X	
Azoik	X		X	X		X	X
İnkişaf	X			X			
Anilin Siyahı	X			X			
Mordan (Krom)		X		X			

Tablo 2.25 -Boyanan Karışımın Cinsine Göre Boya Çeşitleri

	Boyanan Karışımın Cinsi	Boya Çeşitleri
Selülozik Elyaf + Protein Elyaf	Pamuklu + Yün	Direkt Asit
Selülozik Elyaf + Sentetik Elyaf	Pamuk + Poliakrilik	Bütün Selülozik Boyalar Bazik
	Pamuk + Polyester	Bütün Selülozik Boyalar Dispers
	Pamuk + Poliamid	Bütün Selülozik Boyalar Asit ve Premetalize
Selülozik Elyaf + Yapay Elyaf	Pamuk + Asetat Rayon	Bütün Selülozik Boyalar Dispers
Sentetik Elyaf + Sentetik Elyaf	Poliakrilik + Polyester	Bazik Dispers
	Yün + İpek	Direkt Direkt
Protein Elyaf + Sentetik Elyaf	Yün + Polyester	Bütün Protein Boyaları Dispers
	Yün + Poliakrilik	Bütün Protein Boyaları Bazik
	İpek + Polyester	Bütün Protein Boyaları Dispers
	İpek + Poliakrilik	Bütün Protein Boyaları Bazik
	Yün + Asetat Rayon	Asit Dispers

BÖLÜM 3

DENEYSEL YAKLAŞIM

3.1-AKTİF ÇAMUR PROSESİ

Biyolojik olarak atıksuyun arıtılması, mikroorganizmal metabolizmanın iyi çalışmasına ve mikroorganizmaların nötr pH, normal sıcaklık ve basınçtaki çevre koşullarında, düşük konsantrasyonda kendi metabolik faaliyetlerini yerine getirebilme kabiliyetine bağlıdır.

Bakteri türleri kirletici maddelerin ayrışmasında baskın olarak rol oynadığından, proses kinetiklerinin tanımlanmasına yönelik bir çalışmanın, hücre büyümesi ve bu mikroorganizmaların substrat kullanımının dinamiği ile ilgili olması gerektiğini varsaymak uygundur (TUCEK F., CHUDoba J., MADERA V., 1971).

Ortamdaki mikroorganizma topluluğunun çoğalması ve substratın giderilmesi mekanizmaları için en geçerli model Monod ifadesiyle verilmiştir. Bu modelde kesikli reaktör için geçerli olan denklemler aşağıda görülmektedir.

$$dX/ dT =\mu .X \quad (3.1)$$

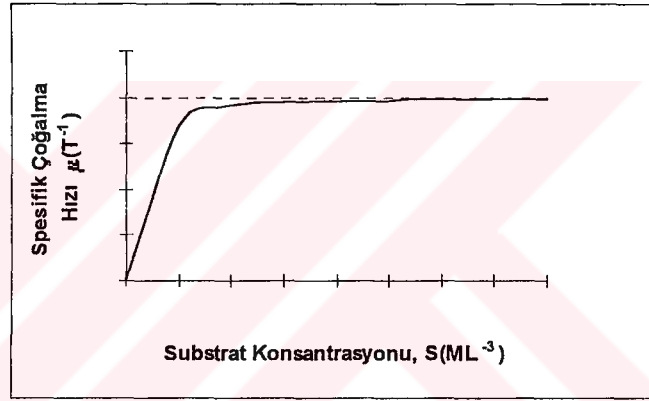
$$\mu =\hat{\mu} .\frac{s}{K_s +s} \quad (3.2)$$

Burada; X , biyokütle konsantrasyonunu; s , hız kısıtlayıcı substrat konsantrasyonunu; μ , spesifik çoğalma hızını; $\hat{\mu}$, maksimum spesifik çoğalma hızını; K_s ise yarı doygunluk sabitini göstermektedir.

Şekil 3.1' de Monod denkleminin grafiği görülmektedir. Yukarıda verilen (3.1) ile (3.2) denklemleri birleştirildiği zaman:

$$\frac{dX}{dt} = \hat{\mu} \cdot \frac{s}{K_s + s} \cdot X \quad (3.3)$$

ifadesi bulunur.



Şekil 3.1 Spesifik Çoğalma Hızı (μ) ile Substrat Konsantrasyonu Arasındaki İlişki

Tek ve basit organik bileşiğin gideriminin çoğalma ile birliktmeydana geldiği düşünülürse substrat giderim hızı:

$$-\frac{dS}{dt} = \frac{1}{Y} \cdot \frac{dX}{dt} \quad (3.4)$$

şeklinde çoğalma hızıyla orantılı olarak verilir. Buradaki orantı sabiti Y , giderilen birim substrat başına üretilen biokütle olarak tanımlanan dönüşüm oranıdır. Çoğalma hızı Monod denklemi ile ifade edildiğinde;

$$-\frac{dS}{dt} = \frac{\hat{\mu}}{Y} \cdot \frac{s}{K_s + s} \cdot X \quad (3.5)$$

substrat giderim hızı , substrat ve mikroorganizma konsantrasyonunun fonksiyonudur.

Aktif çamurda, enerjinin bir kısmı bazı hücre bileşenlerinin yenilenmesi, hareket ve taşınım gibi biosentezden başka amaçlarla kullanılır ve bunun sonucunda daima gerçek dönüşüm oranının belirttiği miktardan daha az biokütle gözlenir. Genellikle biokütle azalmasına yol açan olayların tümü “biokütle kaybı “ (decay) olarak adlandırılır. Buna göre biokütle çoğalma denklemi; aşağıdaki şekilde verilebilir;

$$\frac{dX}{dt} = \hat{\mu} \cdot \frac{s}{K_s + s} \cdot X - k_d \cdot X \quad (3.6)$$

Burada k_d ölme katsayısını göstermektedir.

Yukarıdaki denklemlerde kullanılan $\hat{\mu}$, K_s ve K_d katsayıları, aktif çamur prosesinde “kinetik sabit “ olarak; Y , dönüşüm oranı ise “stokiometrik katsayı” olarak adlandırılır.

3.2-SUBSTRAT ÖLÇÜMLERİ

Biyolojik arıtma sistemlerinde mikrobiyal büyüme ve substrat kullanma hızları, sistemdeki hız kısıtlayıcı nütrient konsantrasyonu ile orantılıdır. Bu madde aynı zamanda sistemde giderilmesi istenen maddedir ve nasıl ölçüleceği oldukça önemlidir (GRADY ve LIM,1980).

Çözünmüş organik maddeleri kapsayan birçok sistem spesifik substratları gidermek için tasarlanmıştır ve bunların verimleri, spesifik maddelerin konsantrasyonlarını ölçerek belirlenmektedir.

Çok düşük konsantrasyonlarda birçok değişik organik bileşik içeren atıksularda substrat ölçümü için spesifik testlerin kullanılması uygun değildir. Ancak bu bileşiklerin ortak olarak ölçülmesi mümkündür. Kollektif parametreler olan toplam organik karbon(TOK), biokimyasal oksijen ihtiyacı (BOİ) ve kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) bu bileşikleri ölçmede kullanılabilir. Üç yöntem de birbirinden farklı bilgiler vermektedir.

Toplam organik içeriğin ölçülmesinde, TOK yöntemi, BOİ ve KOİ yöntemlerine göre daha uygun olmakla birlikte önemli bir dezavantaja sahiptir. TOK, organik maddenin oksidasyon kademesinden bağımsız olarak ölçülür, yani organik bileşiklerin oksidasyon kademesi hakkında hiçbir bilgi vermez. Bir organik bileşikte bulunan enerji onun oksidasyon kademesine bağlıdır. Okside bir madde ile karşılaştırıldığında indirgenmiş bir madde daha yüksek kirletici potansiyele sahiptir.

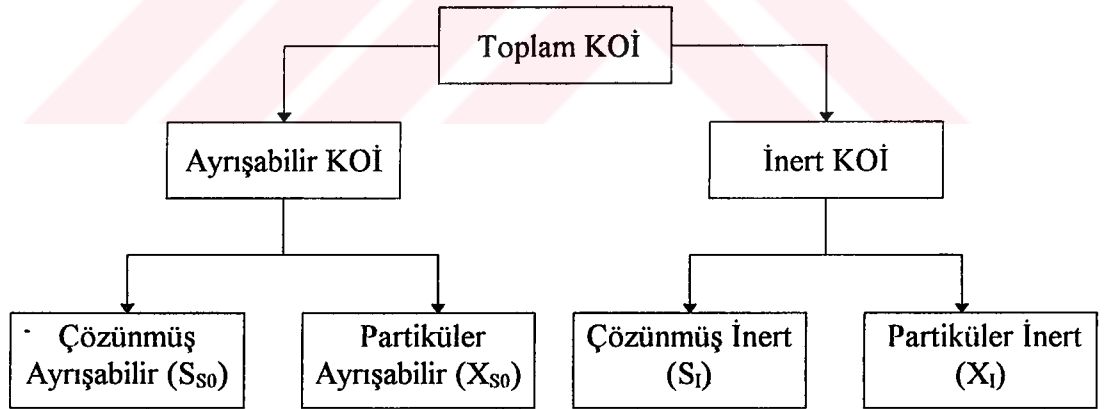
Bir bileşiğin oksidasyon kademesi, o bileşiğin transfer edeceği elektronlarla bağlantılıdır. Transfer edilecek elektronlar ise bileşiği CO_2 ve H_2O 'ya oksitlemek için gerekli O_2 miktarına çevrilebilir. İşte sözüedilen bu oksijen miktarı oksijen ihtiyacıdır ve atıksudaki substrat ölçümlerinde kirletici potansiyeli olarak kullanılır. KOİ ve BOİ deneyleri atıksudaki oksijen ihtiyacını ölçerek aynı zamanda atıksuyun oksidasyon kademesi yani kirletici potansiyeline ilişkin bilgi de verir.

Biyokimyasal yükseltgenme 5 günde tamamlandığından BOİ₅ değeri, atıksudaki substrat düzeyini tamamıyla yansıtmaz. Ayrıca, deneyde aşı olarak kullanılan mikroorganizmalar, atıksudaki substrata aklime edilmediğinden veya atıksu biyolojik gelişmeyi engelleyici inhibitörler içerdiğinde hatalı BOİ sonuçları elde edilecektir. Ayrıca yöntemin oldukça zahmetli olması, en az 5 gün sürmesi, deney koşullarından çok fazla etkilenmesi gibi

dezavantajları, BOI_5 parametresinin, biyolojik arıtma sisemlerinin tasarım ve işletmesinde kullanımını azaltmaktadır.

KOI; organik madde , biyokütle ve kullanılan oksijen arasında bir elektron ve enerji dengesi sağlayan önemli bir parametredir (GAUDY ve GAUDY, 1971). Akademik çalışmalarda, arıtma tesislerinin tasarımı ve işletilmesinde ve kalite kontrolünde giderek önem kazanmaktadır. Fakat en önemli dezavantajı ayrışabilen organik madde ile inert olan organik maddeyi birbirinden ayıramamasıdır (GERMİRLİ ve diğ., 1993a). Bu nedenle KOİ' nin ayrışabilir ve inert bölümlerinin ortaya konması gerekmektedir.

EKAMA ve diğ.(1986)' ne göre bir atıksuyun KOİ' si esas olarak ikiye ayrılabilir; biyolojik olarak ayrışamayan (inert) ve biyolojik olarak ayrışabilen kısımlar. İnert KOİ kendi içinde çözünmüş ve partiküler olmak üzere ikiye ayrılır. Aynı şekilde ayrışabilen KOİ de çözünmüş ve partiküler olarak ikiye ayrılır (Şekil 3.2). Biyolojik olarak ayrışabilen kısma gelince, çözünmüş kısım çabuk ayrışabilir, partiküler kısım ise yavaş ayrışabilir olarak ikiye ayrılır.



Şekil 3.2 Bir Atıksudaki Toplam KOİ' nin Fraksiyonları

3.3 İÇSEL SOLUNUM MODELİ

İçsel solunum modeli yaklaşımında, atıksudaki organik madde, çözünmüş ve partiküler formda biyolojik olarak parçalanabilen (S_s ve X_s) ve biyolojik olarak ayrışamayan (S_i ve X_i) maddeler olarak sınıflandırılmıştır. Reaktörde aktif biyokütle olarak X_H , biyokütlenin faaliyeti sonucu oluşan mikrobiyal çözünmüş (S_p) ve partiküler ürünler (X_p) bulunmaktadır. Çoğalmada aktif biyokütle üremesi S_s üzerinden olmaktadır. Yavaş hidrolize olan X_s , S_s formuna dönüştükten sonra reaksiyona girmektedir. Başlangıçta S_s in bir kısmı (α_D) mikrobiyal çözünmüş ürünlere dönüşmektedir. Modelde aktif biyokütlenin f_{EX} kadarının partiküler mikrobiyal ürüne ve f_{ES} kadarının da çözünmüş mikrobiyal ürüne dönüştüğü kabul edilir.

Çoğalma S_s üzerinden olacağından;

$$\frac{dS_s}{dt} = -\hat{\mu} \frac{S_s}{K_s + S_s} X_H \quad (3.7)$$

denklemleriyle ifade edilir.

Çoğalma sırasında oluşan çözünmüş inert ürün (S_p);

$$\frac{dS_p}{dt} = -\alpha_D \frac{\hat{\mu}_H}{Y_H} \frac{S}{K_s + S} X_H \quad (3.8)$$

denklemleriyle gösterilmektedir. α_D , çoğalma bazlı çözünmüş inert ürün oluşumu katsayısıdır.

Aktif biyokütlenin azalması birinci dereceden hız ifadesi ile tanımlanabilir;

$$\frac{dX}{dt} = -b_H \cdot X \quad (3.9)$$

b_H : Aktif biyokütlenin içsel solunum katsayısı (1 / gün)

Çözünmüş ve partiküler mikrobiyal ürünler heterotofik bozunmaya bağlı olacağından aşağıdaki denklemlerle ifade edilebilirler. Bozunma mekanizmasında;

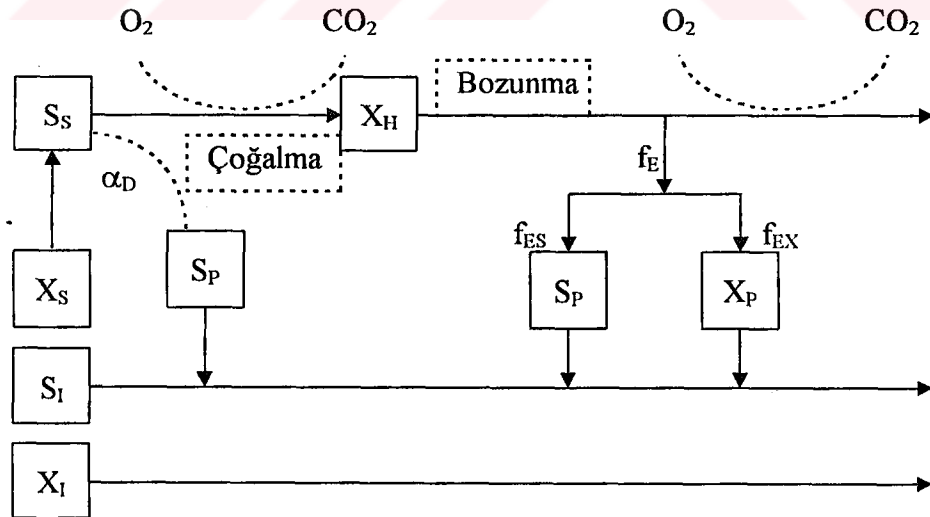
$$\frac{dX_P}{dt} = -f_{EX} b_H \cdot X_H \quad (3.10)$$

$$\frac{dS_P}{dt} = -f_{ES} b_H \cdot X_H \quad (3.11)$$

f_{EX} : Endojen biyokütlenin partiküler inert ürüne dönüşen kısmı

f_{ES} : Endojen biyokütlenin çözünmüş inert ürüne dönüşen kısmı

Çözünmüş inert ürüne dönüşen kısım çoğalma ve bozunma mekanizmalarından baskın olanına göre değerlendirilmelidir. Bu doğrultuda yapılan ihmaller sonucu etkilememektedir. Şekil 3.3’de, içsel solunum modeli şematik olarak gösterilmiştir. Tablo 3.1’de de proses kinetiği verilmiştir.



Şekil 3.3 İçsel solunum modelinin şematik gösterimi

Tablo 3.1 İçsel Solunum Modelinde Karbon Giderim Mekanizmasının Stokiyometrisi ve Kinetiği

Bileşen	1	2	3	4	5	6	Proses Hızı $\text{ML}^{-3}\text{T}^{-1}$
Proses	S_s	X_s	X_H	X_P	S_P	S_0	
Çoğalma	$1 - \frac{1}{Y_H}$		1		α_D	$-\frac{1 - \alpha Y_H - Y_H}{Y_H}$	$\hat{\mu} \frac{S_s}{K_s + S_s} X_H$
Hidroлиз	1	-1					$k_{th} \frac{X_s/X_H}{(K_X + X_s/X_H)}$
Ölüm			-1	f_{EX}	f_{ES}	$-(1 - f_{EX} - f_{ES})$	$b_H X_H$
Parametre, ML^{-3}	KOİ	KOİ	Hücre KOİ	KOİ	KOİ	O_2	

Modifiye Edilmiş İçsel Solunum Modeli

DOLD ve MARAIS (1986) tarafından önerilen bir modelde; partiküler organik madde olarak tanımlanan, biyolojik olarak yavaş ayrışan kısmın, partiküler boyutuna göre çok sayıda çözünmüş, kolloid ve kompleks yapıda büyük organik partiküllerden oluştuğu belirtilmiştir. Bu bileşenin temel özellikleri, hücre duvarından geçememeleri ve adsorpsiyonları için hücre dışı hidrolize ihtiyaç duymalarıdır. Hidroliz biyolojik olarak yavaş ayrışabilen organik maddelerin kullanım hızından dolayı hız sınırlayıcı adımı oluşturmaktadır.

Atıksudaki farklı maddeler için önemli değişiklikler gösterdiğinden, hidroliz hızının tek bir değeri için, bu fraksiyonun karakterize edilmesi güç olmaktadır. Bu bileşen ile ilgili yeni yaklaşım, hızlı hidroliz olabilen organik madde ve yavaş hidroliz olabilen organik madde şeklindedir. Yavaş ayrışan organik maddenin hidroliz kademesinden geçerek kolay ayrışan substrata dönüşmesi ve bu şekli ile çoğalmada kullanılması günümüz aktif çamur modellerinde kullanılan bir yaklaşımdır. Yavaş ayrışan organik madde, hızlı ve yavaş ayrışan bileşenler S_H ve X_S olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Kolay hidroliz olabilen organik madde, bir model bileşeni olarak düşünüldüğünde, genellikle büyük bir kısmının çözünbildiği varsayılmaktadır.

Giriş akımında toplam atıksuda ölçülen organik madde miktarı çözünmüş (kolay ayrışan organik madde, yavaş ayrışan organik madde ve kalıcı organik madde) ve partiküler (yavaş ayrışan organik madde ve kalıcı organik madde) bileşenlerinin toplamını yansıtmaktadır. Sözü edilen modifiye edilmiş çok bileşenli içsel solunum yaklaşımı çerçevesinde, yavaş ayrışan organik madde fraksiyonları kütle dengesinden belirlenebilir. Modifiye edilmiş içsel solunum modelinin matris gösterimi Tablo 3.2’de verilmiştir.

Tablo 3.2 Modifiye Edilmiş İçsel Solunum Modelinde Karbon Giderim Mekanizmasının Stokiyometrisi ve Kinetiği

Bileşen	1	2	3	4	5	6	7	Proses Hızı $ML^{-3}T^{-1}$
Proses	S_s	S_H	X_s	X_H	X_P	S_P	S_0	
Çoğalma	$1 - \frac{1}{Y_H}$			1			$-\frac{1 - Y_H}{Y_H}$	$\mu \frac{S_s}{K_s + S_s} X_H$
Çözünmüş yavaş ayrışabilir organik maddenin hidrolizi	1	-1						$k_{hs} \frac{S_H / X_H}{(K_{XX} + S_H / X_H)} X_H$
Partiküler yavaş ayrışabilir organik maddenin hidrolizi	1		-1					$k_h \frac{X_s / X_H}{(K_X + X_s / X_H)} X_H$
Ölüm				-1	f_{EX}	f_{ES}	$-(1 - f_{EX} - f_{ES})$	$b_H X_H$
Parametre, ML^{-3}	KOİ	KOİ	KOİ	Hücre KOİ	KOİ	KOİ	O_2	

3.4-ATIKSULARDA İNERT KOİ BİLEŞENLERİ

3.4.1-Önemi

Biyolojik arıtma yöntemlerindeki geleneksel yaklaşıma göre giriş KOİ'si homojen bir karaktere sahiptir ve çıkış KOİ'si girişten kalan kısımdan oluşmaktadır. Buna göre pratikte çıkış KOİ' si çamur yaşı artırıldığında sifıra indirilebilir. Ancak yürütülen çalışmalara göre çamur yaşını yükseltmek daha yüksek bir giderme verimine sebep olmak yerine çıkış KOİ değerini artırmaktadır (ORHON ve diğ., 1989). Bu gerçek, yeni KOİ bileşenlerinin varlığı ile açıklanabilir: başlangıçtaki inert partiküler KOİ, X_I ; başlangıçtaki inert çözünmüş KOİ, S_I ; partiküler metabolik ürünler, X_P ; çözünmüş metabolik ürünler, S_P (GERMİRLİ ve diğ., 1993b).

İnert KOİ bileşenlerine bakıldığında; S_I ve X_I arıtma sistemini değişikliğe uğramadan terkederken, S_P ve X_P metabolik prosesler sonucu meydana gelirler. S_I ve X_I , çıkış KOİ değerine ve buna bağlı olarak sistemin performansına doğrudan etki ettiği için atıksuyun karakterizasyonunda S_I ve X_I 'nin giriş değerini doğru belirlemek büyük önem taşımaktadır (GERMİRLİ ve diğ., 1996).

3.4.2-İnert KOİ Saptama Yöntemleri

Atıksuyun inert KOİ bileşenlerinden X_I partiküler yapıda olup, çökeltme ile giderilebildiğinden öncelikle S_I , inert çözünmüş KOİ bileşeni üzerinde durulmuştur. Bu bileşen organik madde içeriği fazla olan endüstriyel atıksularda biyolojik arıtılabilirlik sonuçlarında yanlış yorumlara neden olabildiği gibi, KOİ ile verilen arıtma tesisi deşarj standartlarını da sağlamayı da güçleştirmektedir (GERMİRLİ ve diğ., 1991).

Giriş çözünmüş KOİ bileşeninin belirlenmesi için çeşitli metodlar önerilmiştir. EKAMA ve diğ. (1986); çamur yaşı 10 - 20 gün arasında olan laboratuvar ölçekli, tam karışımli bir reaktör sisteminin çıkış suyunun süzölmüş KOİ' sinin giriş inert çözünmüş KOİ' ye

(S_{10}) eşit olacağı ileri sürülmüştür. Çözünmüş ürün oluşum modelleri ilk olarak ECKHOFF ve JENKINS (1967) tarafından ortaya konmuştur. Bu modele göre kararlı haldeki tam karışımli aktif çamur sistemlerindeki çözünmüş KOİ değeri; kalıntı substrat, S_s ve biyolojik olmayan metabolik son ürünlerden, S_R oluşmaktadır. DAIGGER ve GRADY (1977)' de Eckhoff ve Jenkins' in oluşturduğu modelin bir alternatifini geliştirmişlerdir. SYKES (1981) aktif çamur prosesindeki çıkış KOİ' sinin çamur biyotası tarafından daha çok sentez edildiği gerçeğini ortaya çıkarmıştır. RITTMANN ve diğ. (1987) birçok değişik tip ve büyüklükteki moleküllerden oluşan çözünebilir ürünlerin ayrışabilir olduğunu ortaya koymuştur.

Biyolojik atıksu arıtımının tasarlanması ve işletilmesinin matematik modellemesi konusunda Uluslararası Su Kirlenmesi Araştırmaları ve Kontrolü Birliği (IAWPRC) tarafından oluşturulan bir ihtisas grubu, karbon oksidasyonu, nitrifikasyon ve denitrifikasyonu içeren kapsamlı bir aktif çamur modeli ortaya koymuştur (HENZE ve diğ., 1987).

Task Grup Modeli, Tablo 3.3'de matris formunda verilmiştir. Bu model prosesin hem kinetiğini hem de stokiometrisini ifade eder.

İlk adım olarak model bileşenleri tanımlanıp üst kısımda sembol olarak ve alt kısımda adı ve birimi ile verilmiştir. IAWPRC tarafından teklif edilen isimlendirmeye göre çözünmüş bileşenler S esas sembolü ile ve çözünemeyen bileşenler ise X sembolü ile gösterilmiştir. Bir bileşeni tanımlamada alt semboller kullanılmıştır. Substratın S, heterotrofik biokütlenin B,H, ototrofların B,A, oksijenin O alt sembolleri ile gösterilmesi gibi. İkinci adım olarak sistemde meydana gelen biyolojik süreçler tanımlanıp matrisin solunda bir sütun olarak yer almıştır. Böylece i. bileşen sayısını, j ise süreç sayısını vermek üzere (i,j) boyutunda bir matris elde edilmiştir. Her bir süreç için kinetik ifadeler veya hız denklemleri sürecin gösterildiği satırın sağ tarafında a_j sembolü ile yer almıştır. Matris içinde elemanlar (V_{ij}), bir süreçte bileşenler arasındaki kütle ilişkilerini veren stokiometrik katsayılardır. Stokiometrik katsayıları basitleştirmek için bütün organik bileşikler KOİ

eşdeğeri olarak ve oksijen de negatif oksijen ihtiyacı olarak ifade edilmiştir. Buna göre matris içinde tüketim için (-), üretim için (+) işaret kullanılmıştır.

Task Grup modeline göre atıksudaki organik maddeler, biyolojik olarak ayrışabilen ve ayrışamayan olarak ikiye ayrılmaktadır. Aktif çamur sisteminden hiçbir form değişikliğine uğramadan çıkan kısım biyolojik olarak inert kısım diye tanımlanır. İnert çözünmüş organik madde S_I sembolü ile, inert askıdaki organik madde ise X_I ile gösterilir. Biyolojik olarak ayrışabilen organik kısım; kolay ayrışabilen organik madde, S_S ve yavaş ayrışan organik madde, X_S olarak ikiye ayrılır. Basit moleküllerden oluşan, kolay ayrışabilir organik madde, doğrudan heterotrofik bakteriler tarafından alınır ve yeni biokütlenin çoğalması için kullanılır. Daha kompleks moleküllerden oluşan yavaş ayrışan kısım ise kullanılmadan önce kolay ayrışabilir substrata dönüştürülmelidir (HENZE ve diğ., 1987).

Task Grup modeline göre heterotrofik KOİ giderimi ile ilgilenen prosesler, biokütlenin büyümesi, biokütlenin ölmesi ve partiküler organiklerin hidrolizi olarak tariflenebilir. Heterotrofik biokütlenin büyümesi için, sadece kolay ayrışabilen madde kullanılır. Yavaş ayrışabilen organikler, bioflok içinde tutunamayan süspansiyon olarak giderilirler ve hidroliz denen bazı reaksiyonlarla kolay ayrışabilen substrata çevrilirler. Aktif biokütlenin inert partiküler ürünlere, X_I ve yavaş ayrışan substrata, X_S dönüşümü ölüm (decay) prosesi olarak tariflenir. Şekil 3.4' te verilen (ölüm / rejenerasyon) yaklaşımı bu modele uygulanmıştır. Bu yaklaşıma göre kolay ayrışabilen substrat, S_S , aktif biokütlenin (X_A) olduğu büyüme prosesinde kullanılır. Aktif biokütle ölüm prosesi ile yavaş ayrışan substrata, X_S ve inert partiküler ürünlere, X_I dönüşür, hidroliz ile X_S , S_S' e dönüşür ve tekrar büyüme için kullanılır ve bu çevrim devam eder. Sadece büyüme prosesi oksijen tüketir. Ölüm prosesinde ise indirek olarak tüketilir.

Task Grup modelindeki hidroliz adımı çözünmüş mikrobiyel ürün oluşumunun hesaplanmasında bu modelin yeterliliğini yansıtmaktadır. Oysa ki bu ürünler aynı hızla

Tablo 3.3 Task Grup Modeli

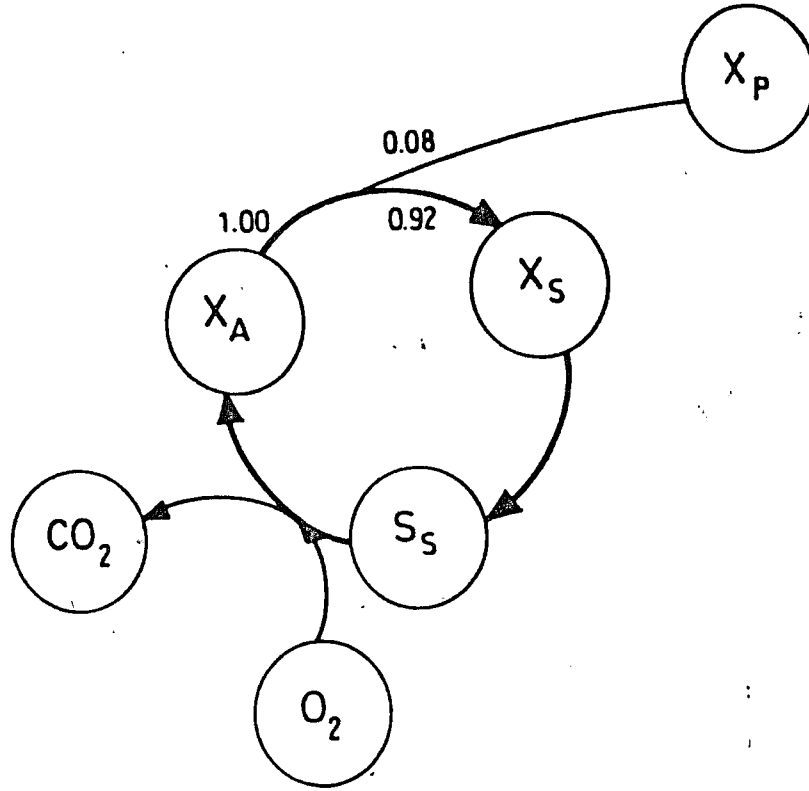
Bileşen	I	S _s	X _s	X _{B,H}	X _p	S _{s0}	Süreç Hızı, r _i
j	Süreç ↓						
1	Aerobik Heterotrofik Çoğalma	$1 - \frac{1}{Y_H}$		1		$-\frac{1 - Y_H}{Y_H}$	$\hat{\mu}_H \left(\frac{S_s}{K_s + S_s} \right) \left(\frac{S_0}{K_0 + S_0} \right) X_{B,H}$
2	Heterotrofların Bozunması		$1 - f_E$	-1	F _p		$b_H \cdot X_{B,H}$
3	Tutulan Organik Maddenin Hidrolizi	1	-1				$K_H \left(\frac{X_s / X_{B,H}}{K_x + (X_s / X_{B,H})} \right) \left(\frac{S_0}{K_0 + S_0} \right) X_{B,H}$
Gözlenen Reaksiyon Hızı		$r_i = \sum_j \nu_{ij} \rho_j$					
Stokiyometrik Parametreler		Biyolojik olarak kolay ayrışabilir substrat	Biyolojik olarak yavaş ayrışabilir substrat	Aktif heterotrofik biokütle	Partiküler inert ürün	Oksijen (negatif KOİ)	Kinetik Parametreler Heterotrofik çoğalma: μ, K_s, K_0 Heterotrofların bozunması: b_H Hidroliz: K_H, K_x
Y							
F _e							

ayırışrlar. Task Grup giriş ve çıkış KOİ' leri arasında bir bağlantı kurmaya imkan vermediğinden modifiye edilmesi gerektiği (ARTAN ve diğ., 1987) tarafından ortaya atılmıştır. Aktif biokütle, ölüm, rejenerasyon ve hidroliz kavramlarında, Artan' ın modeli aerobik koşullarda aktif çamur sistemlerinde karbon giderimini kapsar.

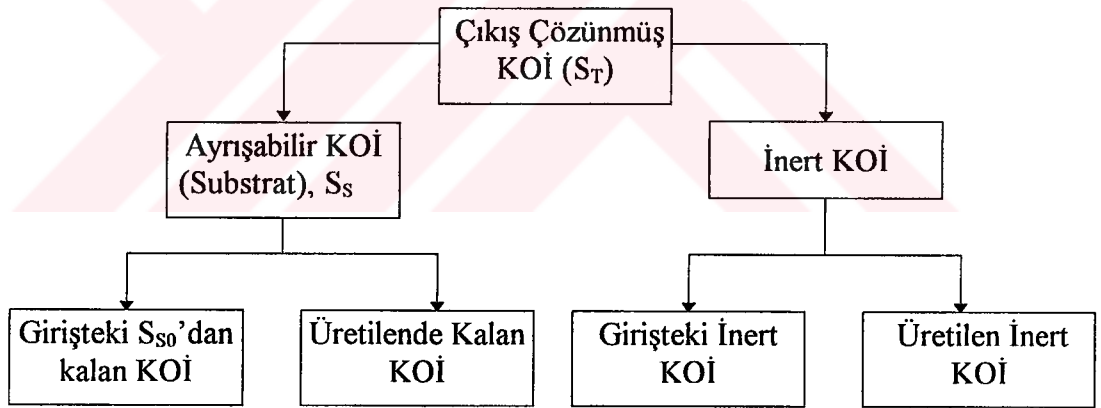
Bu modele göre atıksuyun giriş toplam KOİ' si çözünmüş kabul edilen kolay ayrışabilir organik madde, S_s , partikül formda olan yavaş ayrışabilen organik madde, X_s , çözünmüş inert organik madde, S_i ve inert partikül organik madde, X_i 'dan oluşur. Task Grup modelinde olduğu gibi, kolay ayrışabilir substrat heterotrofik bakteriler tarafından direk tüketilir ve yeni biokütle büyümesi için kullanılırken, yavaş ayrışan substrat kullanılmak için hidrolizle kolay ayrışan substrata çevrilir. Çıkış çözünmüş KOİ değerleri Şekil 3.5' te görüldüğü gibi biyolojik olarak ayrışabilir ve inert olarak iki kısma ayrılır (ORHON ve diğ., 1989).

Çözünmüş inert organik madde; atıksudaki çözünmüş inert organik madde, S_i ile çözünmüş inert mikrobiyel ürünlerin, S_p toplamından ibarettir.

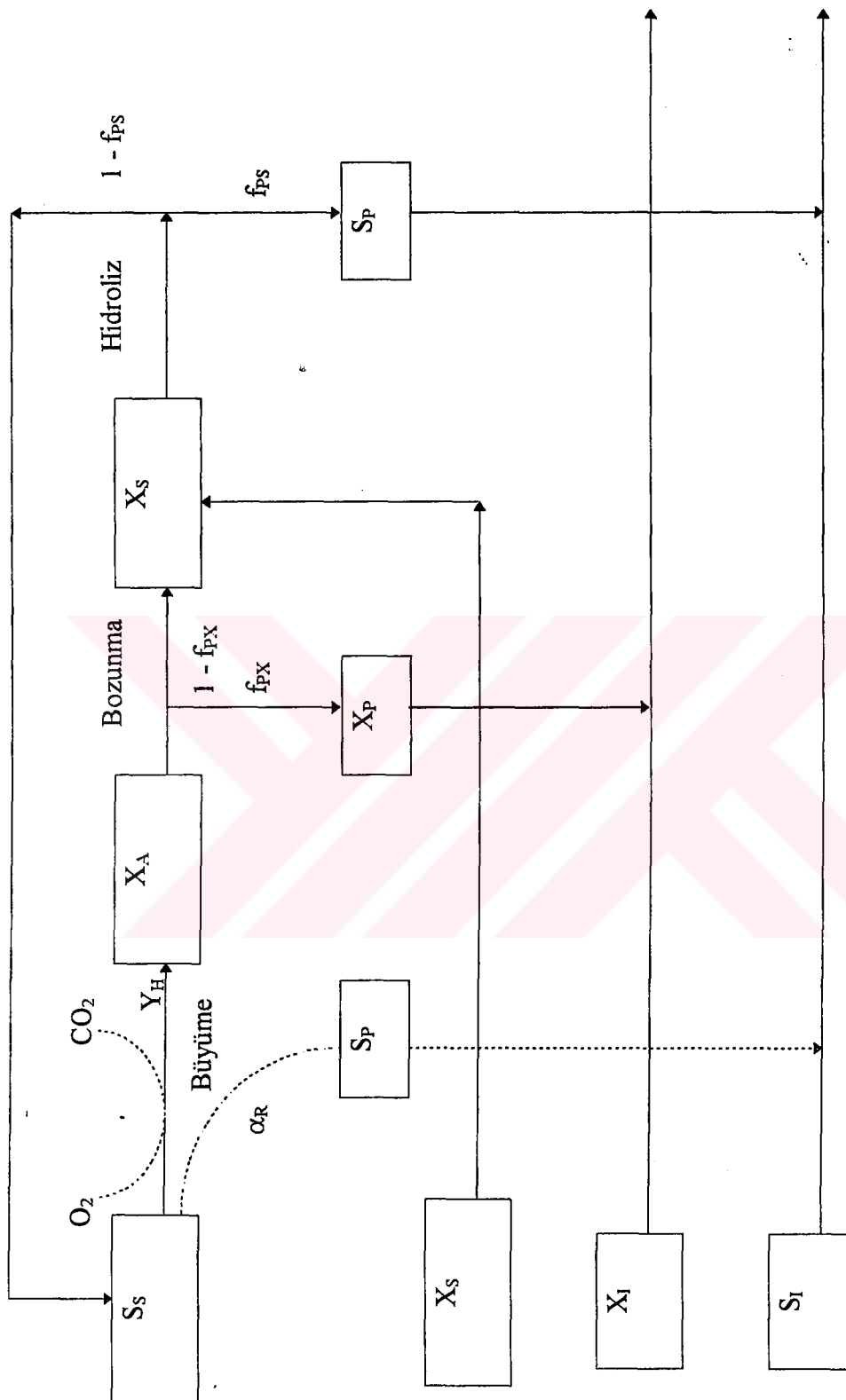
Çıkış KOİ konsantrasyonunu doğru olarak belirlemek için Task Grup modelinde iki değişiklik yapılmıştır. İlk olarak uygun işletme periyodları için pratik olarak ayrışamayan kabul edilen inert çözünmüş kısım hariç, tüm çözünmüş substrat, kolay ayrışabilir substrat olarak düşünülmüştür. Diğer önemli modifikasyon ise çözünmüş inert organik madde, S_p , sistem prosesinin bir ara ürünü olarak oluşmuştur. Artan' ın modeline göre mikrobiyel kalıntı ürünler, S_p , iki değişik yoldan oluşmaktadır. İlk alternatif yavaş ayrışan partikül maddenin bir kısmı hidroliz olarak çözünmüş mikrobiyel kalıntı ürünleri oluştururken arta kalan kısım kolay ayrışan substrata dönüşür. Diğer alternatif ise orjinal substratın bir kısmı büyüme mekanizmasıyla direk çözünmüş inert ürün oluşum modeli dir ki bu da şematik olarak Şekil 3.6' da verilmiştir. Şekildeki noktalar, çözünmüş inert ürün oluşum alternatifine bağlı büyümeyi göstermektedir.



Şekil 3.4 Ölüm / Rejenerasyon Çevrimi



Şekil 3.5 - Arıtma Tesisi Çıkışında Çözünmüş Organik Madde Fraksiyonu



Şekil 3.6 - İnert Ürün Oluşum Modeli

Yürütülen çalışmalar sonucu IAWPRC Task Grup' un önerdiği metotta 10 günlük bir çamur yaşıyla çalıştırılan, sürekli beslenen tam karışimli reaktörden alınan bir numunenin kesikli bir reaktörde sadece havalandırılması söz konusudur (HENZE ve diğ., 1987). Bu reaktörden periyodik olarak alınan numunelerin analiz sonucu belirlenen çıkış çözünmüş KOİ' sinin başlangıçtaki inert çözünmüş KOİ' ye (S_{10}) eşit olduğu düşünülmüştür.

Gerçekte hem Task Grup metodunda (HENZE ve diğ., 1987), hemde daha önce sözüedilen (EKAMA ve diğ., 1986) ölçüm yönteminde ölçülen çıkış çözünmüş KOİ' si S_{10} ' nın karşılığı değildir. Glikoz gibi tamamen ayrışabilen bileşiklerle beslenen biyolojik reaktörlerin çıkış suyundaki çözünmüş organiklerin çoğunun substratın kendisi olmadığını ve fakat bunların metabolik faaliyetler sonucu oluşan inert ürünler olduklarını gösterecek kesin kanıtlar literatürde mevcuttur (CHUDOKA, 1967; GRADY ve WILLIAMS, 1975). Çözünmüş mikrobiyal ürünlerin yapısı tam anlamıyla tanımlanamamıştır. Şu ana kadar elde edilen deneysel kanıtlara göre bu ürünler ya yavaş bir hızla ayrışabilmektedirler yada pratikte aktif çamur sistemlerinde kullanılan normal hidrolik ve çamur bekletme süreleri için inertsizler (GAUDY ve BLANCHY, 1985; ÇİMŞİT, 1986). Buna göre bu metabolik ürünlerin girişimi kaçınılmazdır.

3.4.2.1 - I.Yöntem

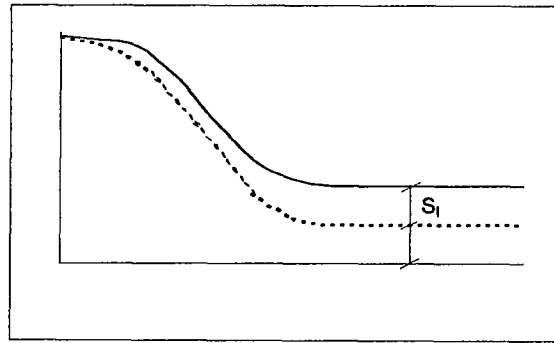
Bütün bu çalışmalar doğrultusunda GERMİRLİ ve diğ. (1991); tarafından yeni bir metod önerilmiştir. Bu metod atıksuyun toplam KOİ' sinin, çözünmüş KOİ' sine yaklaşık olarak eşit olduğu durumlarda uygulanır. Bu yöntemde ilave substrat olarak inert KOİ' sinin (S_{10}), bulunmadığı mikrobiyel ürünlerin oluşumunda öneminin ve varlığının kanıtlandığı ve tamamen kolay ayrışabilir substrattan meydana geldiği kabul edilen glukoz kullanılır (GRADY ve diğ., 1972; ÇİMŞİT, 1986).

I.yöntemde esas olan biri süzölmüş atıksu, diğeri glukozla beslenmiş iki kesikli aerobik reaktör çalıştırmaktır. İki reaktörün de başlangıç KOİ konsantrasyonları aynıdır. Burada esas olan hem atıksuya hem de glukozla uyum sağlayan mikroorganizmaların

kullanılmasıdır. Bu yüzden aklımasyon evresinde; sistem kararlı dengeye gelinceye kadar yani substratın günlük giderimi sabit bir değere ulaşınca kadar havalı kesikli olarak çalışan doldur - boşalt sistemi seçilen besi / mikroorganizma oranına, sistemde tutulacak mikroorganizma oranına ve reaktör hacmine bağlı olarak hesaplanan besi maddesinin yani KOİ konsantrasyonunun % 50' si atıksu, % 50' si glukoz tarafından karşılanacak şekilde besleme yapılmalıdır. Yapılan beslemeden hemen sonra ve de ertesi gün besleme yapılmadan önce KOİ ölçülmelidir. Substratın günlük giderimi sabit bir değere ulaştığında sistemin kararlı dengeye eriştiğine karar verilir.

Glukoz + atıksu ile yapılan besleme için (F / M) organik yükleme oranı 0.5 - 1 gr KOİ / gr AKM - gün arasında seçilir ve ne kadar besleme yapılacağı bu oran yardımıyla hesaplanır.

Aklımasyon tamamlandıktan sonra test edilen atıksu ile aynı KOİ konsantrasyonuna sahip glukoz çözeltisi iki ayrı reaktöre konulur. Aklımasyon yapılan reaktörde tam karışım sağlandıktan sonra glukoz - atıksu karışımına alışmış mikroorganizma; çalıştırılacak iki kesikli reaktöre düşük konsantrasyonlarda (10 - 20 mg/lt) aş olarak verilmelidir. Gerekliyse nütrient ilaveleri yapılmalıdır. Sistem kesikli olarak çalıştırılıp zamana karşı çözünmüş KOİ değerleri izlenmektedir. Deney ayrışabilen substrat tamamen tükenene kadar devam ettirilir. Atıksu ve glukoz değerleri sabit değere (minimuma) ulaştığında aradaki farkın S_1 olduğu belirtilmiştir (Şekil 3.7).



Şekil 3.7 Girişteki Kalıcı Çözünmüş KOİ' nin Belirlenmesi

Atıksu ile çalışan reaktördeki KOİ seviyesinin minimum konsantrasyonu, S_R ; glukoz reaktöründeki KOİ ise, glukoz inert bileşen içermediğinden, sadece S_P ile karakterize edilen düşük bir seviyeye iner.

$$S_R = S_I + S_P \quad (3.12)$$

Buna göre atıksuyun S_I bileşeni şu şekilde hesaplanabilir;

$$S_I = (S_R)_{\text{atıksu}} - (S_P)_{\text{glukoz}} \quad (3.13)$$

Burada $(S_P)_{\text{atıksu}} = (S_P)_{\text{glukoz}}$ kabulü yapılmıştır. Çünkü iki reaktörde yaklaşık olarak aynı S_{S0} (başlangıçtaki ayrışmayan hazır kısım) ile çalıştırılmaktadır.

S_I 'in S_{T0} ' a (giriş çözünmüş KOİ konsantrasyonu) oranı bir Y_I katsayısı ile verilebilir.

$$Y_I = S_I / S_{T0} \quad (3.14)$$

Aynı şekilde bir bağıntı S_P içinde yazılabilir.

$$Y_P = (S_R - S_I) / (S_{T0} - S_I) = S_P / S_{S0} \quad (3.15)$$

3.4.2.2 - II.Yöntem

Bu yöntemde biri toplam atıksu (C_{T0}), diğeri süzölmüş atıksu (S_{T0}) ile beslenen iki kesikli aerobik reaktör çalıştırılmaktadır. Biokütlenin ayrışması sonucu ortaya çıkan KOİ' nin girişimini önlemek için aşılama 10 - 50 mg/l't UAKM gibi küçük değerlerde yapılır (GERMİRLİ ve diğ., 1993b). Aklimasyon reaktörü atıksu ile belirli bir F/M oranında beslenir.

Aklımasyon tamamlandıktan sonra toplam atıksu ve süzölmüş atıksuyun bulunduğu iki kesikli reaktöre aklımasyon reaktöründen alınan çamur aşılır. Süzölmüş ve toplam KOİ değerleri reaktörden periyodik olarak alınan numuneler ile tespit edilir. Bu işleme tüm biyolojik aktivite tükenene kadar yani KOİ'nin artık değişmediği noktaya kadar devam edilir. Deney başlangıcında toplam atıksu ile beslenen reaktörün toplam KOİ'si:

$$C_{T0} = S_{S0} + X_{S0} + S_I + X_I = C_{S0} + S_I + X_I \quad (3.16)$$

İkinci reaktör için çözünmüş KOİ ise şu şekilde verilebilir:

$$S_{T0} = S_{S0} + S_I \quad (3.17)$$

Deneyin sonunda, tüm biyolojik aktivite sona erdiğinden ($X_H = 0$) ve tüm ayrışabilen substrat tükendiğinden ($S_S = 0$, $X_S = 0$) toplam atıksu ile beslenen birinci reaktör için toplam ve çözünmüş KOİ aşğıdaki gibi formöle edilebilir:

$$C_{T1} = S_{P1} + S_I + X_I + X_{P1} \quad (3.18)$$

$$S_{T1} = S_{P1} + S_I \quad (3.19)$$

Buna göre;

$$C_{T1} - S_{T1} = X_{P1} + X_I \quad (3.20)$$

Süzölmüş atıksu ile beslenen ikinci reaktör için aynı değerler:

$$C_{T2} = S_{P2} + S_I + X_{P2} \quad (3.21)$$

$$S_{T2} = S_{P2} + S_I \quad (3.22)$$

Buna göre;

$$C_{T2} - S_{T2} = X_{P2} \quad (3.23)$$

Bu deneysel prosedür şu kabule dayanır: Mikrobiyel olarak üretilen partiküler ve çözünmüş KOİ, X_P ve S_P ; girişteki biyolojik olarak ayrışabilen KOİ'nin (C_{S0}) fraksiyonlarıdır.

Buna göre I.reaktörde;

$$X_{P1} = Y_{XP} \cdot C_{S0} \quad (3.24)$$

$$S_{P1} = Y_{SP} \cdot C_{S0} \quad (3.25)$$

Diğer taraftan ikinci reaktörde geçerli olan formüller:

$$X_{P2} = Y_{XP} \cdot S_{S0} \quad (3.26)$$

$$S_{P2} = Y_{SP} \cdot S_{S0} \quad (3.27)$$

I.reaktörde giderilen toplam KOİ;

$$\Delta C_{T1} = C_{T0} - C_{T1} = C_{S0} - S_{P1} - X_{P1} \quad (3.28)$$

olarak verilebilir.

(3.24) ve (3.25) eşitliklerinin kullanılmasıyla bu denklem düzenlenecek olursa:

$$\Delta C_{T1} = (1 - Y_{XP} - Y_{SP}) \cdot C_{S0} \quad (3.29)$$

Aynı şekilde II.reaktör için:

$$\Delta C_{T2} = S_{T0} - C_{T2} = S_{S0} - S_{P2} - X_{P2} \quad (3.30)$$

yazılabilir.

(3.26) ve (3.27) eşitlikleri kullanıldığında ;

$$\Delta C_{T2} = (1- Y_{XP} - Y_{SP}) \cdot S_{S0} \quad (3.31)$$

olur.

X_{P2} deneylerde direk olarak ölçülmektedir. (3.24) ve (3.26) numaralı eşitlikler birleştirilirse;

$$X_{P1} = X_{P2} (C_{S0} / S_{S0}) \quad (3.32)$$

elde edilebilir.

Benzer şekilde (3.29) ve (3.31) eşitliklerinin birleştirilmesi C_{S0} / S_{S0} yerine direk olarak ölçülen $\Delta C_{T1} / \Delta C_{T2}$ oranının kullanılmasına imkan verir. Buna göre;

$$X_{P1} = X_{P2} (\Delta C_{T1} / \Delta C_{T2}) \quad (3.33)$$

(3.20) denkleminden X_I çekilirse;

$$X_I = C_{T1} - S_{T1} - X_{P1} \quad (3.34)$$

elde edilir. (3.33) denklemi bu eşitlikte yerine konulursa;

$$X_I = C_{T1} - S_{T1} - (C_{T2} - S_{T2}) \Delta C_{T1} / \Delta C_{T2} \quad (3.35)$$

elde edilir. Bu denklemdeki tüm değerler deneysel olarak ölçülebilmektedir.

(3.19) denkleminde (3.22) ifadesi çıkarılırsa;

$$S_{T1} - S_{T2} = S_{P1} - S_{P2} \quad (3.36)$$

elde edilir. (3.25) ve (3.27) denklemleri birbirine oranlanırsa;

$$S_{P1} / S_{P2} = C_{S0} / S_{S0} \quad (3.37)$$

elde edilir. C_{S0} / S_{S0} yerine $\Delta C_{T1} / \Delta C_{T2}$ kullanılabildiğinden;

$$S_{P1} / S_{P2} = \Delta C_{T1} / \Delta C_{T2} \quad (3.38)$$

olur. Buna göre;

$$S_{P1} = (S_{T1} - S_{T2}) / [1 - (\Delta C_{T2} / \Delta C_{T1})] \quad (3.39)$$

yazılabilir. (3.19), (3.38) ve (3.39) eşitlikler kullanılırsa;

$$S_I = S_{T1} - \frac{S_{T1} - S_{T2}}{1 - (\Delta C_{T2} / \Delta C_{T1})} \quad (3.40)$$

elde edilir. (3.35) eşitliğinde verilen X_I denklemi gibi (3.40) eşitliğindeki tüm değerlerde deneysel olarak bulunabilir.

3.4.2.3 - III. Yöntem

Bu metod S_i 'nin belirlenmesi için GERMİRLİ ve diğ. (1991), önerdikleri yöntemin modifikasyonu sonucunda elde edilmiştir. Bu metod üç adet kesikli reaktörden oluşmaktadır. Bu reaktörlerin birincisi toplam KOİ'si C_{T0} olan toplam atıksu reaktörü, ikincisi toplam çözünmüş KOİ'si S_{T0} olan çözünmüş atıksu reaktörü ve üçüncüsünde ilk KOİ'si süzölmüş atıksu reaktörünün KOİ'si S_{T0} 'a eşit olan glukoz reaktörüdür. Reaktörler içindeki ayrışabilir KOİ sona erene kadar çözünmüş KOİ profillerindeki değişimler incelenir. Glukoz reaktörü içindeki çözünmüş KOİ, S_{RG} ile karakterize edilen ve çözünmüş bileşik olarak hiç inert KOİ içermeyen bir seviyeye ulaşır. Toplam atıksu reaktöründeki KOİ, S_{R1} ile ifade edilen bir minimum seviyeye iner. S_{R1} , S_i ile S_{P1} 'in toplamına eşittir.

$$(S_P)_{atıksu} \approx (S_R)_{glukoz} \quad (3.41)$$

kabulüne göre toplam atıksudaki S_i şu şekilde hesaplanır;

$$S_i = S_{R1} - S_{RG} \quad (3.42)$$

S_i ile S_{T0} arasındaki bağıntı Y_I katsayısıyla ifade edilebilir ki Y_I ;

$$Y_I = S_i / S_{T0} \quad (3.43)$$

eşitliğiyle hesaplanır. Diğer benzer stokiometrik katsayı Y_{SP} ' de S_P ' nin belirlenmesi için şu şekilde hesaplanır;

$$Y_{SP} = S_{P1} / S_{S0} = S_{RG} / (S_{T0} - S_i) \quad (3.44)$$

Atıksuyun ayrışabilir çözünmüş ve partikül KOİ fraksiyonları (C_{S0}) ile başlayan ilk reaktör yüksek S_{P2} ' den dolayı yüksek kalıntı çözünmüş KOİ (S_{R2}) değerini ortaya çıkarır. S_I bilinirken;

$$S_{P2} = S_{R2} - S_I \quad (3.45)$$

C_{S0} ise;

$$C_{S0} = S_{S0} \cdot S_{P2} / S_{P1} \quad (3.46)$$

ve X_I ;

$$X_I = C_{T0} - C_{S0} - S_I \quad (3.47)$$

3.4.2.4 - IV. Yöntem

X_I 'yi bulmaya yarayan bu metod partikül KOİ'yi izlemeyi gerektirir. Bu metod, atıksuyun toplam KOİ (C_{T0}) değerine sahip bir havalı kesikli reaktörde atıksuya aklime olmuş minimum biokütle konsantrasyonu ile bu parametrenin son eşik değerinin hesaplanması esasına dayanır. Bu parametre ayrışabilir substrat en düşük seviyeye ulaşınca kadar ölçülür. Ölçülen X_T değeri inert partikül KOİ ile kalıntı partikül ürünlerin toplamıdır.

$$X_T = X_I + X_P \quad (3.48)$$

$$X_T = C_{T1} - S_{T1} \quad (3.49)$$

$f_{EX} = 0.20$ kabulü yapılarak;

$$Y_{PX} = f_{EX} \cdot Y_H \quad (3.50)$$

$$X_P = Y_{PX} \cdot C_{T0} \quad (3.51)$$

$$X_I = X_T - X_P \quad (3.52)$$

$$C_{S0} = C_{T0} - X_I \quad (3.53)$$

$$X_P = Y_{PX} \cdot C_{S0} \quad (3.54)$$

$$X_I = X_T - X_P \quad (3.55)$$

eşitlik (3.55) ile eşitlik (3.53) arasında iterasyon yapılırsa X_I değeri bulunmuş olur.

3.5-KOLAY AYRIŞABİLİR KOİ VE YAVAŞ AYRIŞABİLİR KOİ BELİRLEME YÖNTEMİ

Kolay ayrışabilir KOİ (S_s) ' in belirlenmesinde respirometrik yöntemler kullanılır. Bu yöntemlere göre oksijen tüketim hızı (OTH) ölçümleri önemlidir. Kolay ayrışabilir KOİ, S_s , sentez için doğrudan absorblanabilen uçucu yağ asitleri, alkoller, aminoasitler ve basit karbonhidratlar gibi çözünmüş bileşenlerden oluşmaktadır. Kolay ayrışabilir KOİ, toplam KOİ'nin bir fraksiyonudur ve yavaş ayrışabilir KOİ, X_s 'in belirlenmesini sağlayan bir parametredir.

$$S_{S1} = f_{SS} \cdot C_{T1} \quad (3.56)$$

(3.56) denkleminde f_{SS} , giriş KOİ'sinin kolay ayrışabilen kısmıdır. EKAMA ve diğ. (1986) tarafından aerobik kesikli reaktörlerde oksijen tüketim hızı ölçümlerine dayanan bir yöntem önerilmiştir. Bu yöntemde, OTH profili incelendiğinde, kolay ve yavaş ayrışabilen substrat türleri üzerindeki çoğalmadan kaynaklanan oksijen tüketim hızı ile içsel solunumdan kaynaklanan tüketim hızının toplamı olan ilk fazın yatay olarak sabit bir

değerde olduğu daha sonra oksijen tüketim hızının kolay ayrışabilen substrat tükeninceye kadar azaldığı ve tükendiği anda da hidroliz hızının belirlendiği ikinci bir seviyeye düştüğü görülmektedir. Gerekli olan süre verilirse OTH profili içsel solunum fazını belirleyen üçüncü seviyeye kadar düşebilmektedir.

Kolay ayrışabilir KOİ (S_s)'in belirlenmesinde kullanılan deney düzeneğinde kesikli olarak çalışan bir reaktöre belirli bir F/M oranında atıksu biyokütle beslemesi yapılarak besi maddeleri ve nitrifikasyon inhibitörü konulur. Tam karışım sağlandıktan sonra her 5-10 dakikada bir yaklaşık olarak 4 - 5 saat boyunca oksijen tüketim hızındaki değişim gözlenir, ve çizilen profilden S_s belirlenir. Doğru F/M oranının belirlenmesi çok önemlidir. Çünkü farklı biyokütle konsantrasyonlarında farklı hidroliz oranları ortaya çıkar.

Atıksu içinde biyolojik olarak ayrışabilir kısmın büyük bir oranı yavaş ayrışan substrattan oluşmaktadır. Bu yüzden yavaş ayrışabilen kısmın belirlenmesi büyük bir önem taşımaktadır. Yavaş ayrışabilen substrat hidroliz olarak kolay ayrışabilen substrata dönüşür ve bu hali ile çoğalmada kullanılır. Yavaş ayrışan substrat (X_s), eğer büyüme üzerinde substrat etkili ve hidroliz substratıda solunum üzerinde baskınsa, oksijen solunumundan etkilenir.

Giriş atısuunda ölçülen organik madde miktarı partiküler (yavaş ayrışan organik madde ve kalıcı organik madde) ve çözünmüş (kolay ayrışan organik madde, yavaş ayrışan organik madde ve kalıcı organik madde) bileşenlerinin toplamından oluşmaktadır.

$$C_{T1} = S_{S1} + S_{H1} + S_{I1} + X_{S1} + X_{I1} \quad (3.57)$$

Süzülmüş atıksuda ise sadece çözünmüş bileşenler dikkate alınmaktadır.

$$S_{T1} = S_{S1} + S_{H1} + S_{I1} \quad (3.58)$$

Bu bağıntılar yardımıyla atıksulardaki yavaş ayrışan organik madde bileşenleri belirlenebilir.

3.6 - KİNETİK VE STOKİOMETRİK KATSAYILARIN DENEYSEL OLARAK BELİRLENMESİ

3.6.1 - Heterotrofik Maksimum Çoğalma Hızı

KAPPELER ve GUJER (1992) heterotrof organizmaların maksimum çoğalma hızlarının belirlenebilmesi için bir yöntem önermişlerdir. Bu yöntemde içsel solunum modeli kullanılmış ve maksimum çoğalma hızının belirlenebilmesi için yürütülen kesikli deneyde santrifüjlenmiş atıksu çok düşük konsantrasyondaki biyokütle ile aşıl原因arak oksijen tüketim hızı ölçülmüştür. Uygun biyokütle konsantrasyonu atıksu içindeki kolay ayrışabilir KOİ konsantrasyonuna bağlıdır. Deney başlangıcında çoğalma, kolay ayrışabilen substratla olduğundan çok hızlı gerçekleşmekte, mikroorganizma konsantrasyonu düşük değerden başladığı için artan biyokütle miktarı ile birlikte artan OTH değerleri gözlenmektedir. Kolay ayrışabilen substrat tükendiğinde, çoğalma hidroliz sonucu oluşan substratla devam etmekte ve bu yüzden OTH hidroliz hızına bağlı olarak yavaşlamaktadır.

İlk anda ölçülen OTH atıksuda mevcut olan kolay ayrışan substratın, maksimum çoğalma hızının ve aktif biyokütle konsantrasyonunun bir fonksiyonudur.

$$\dot{O}TH_1 = \frac{(1-f_x \cdot Y_H)}{Y_H} \cdot \hat{\mu}_H \cdot X_{H1} + (1-f_E) \cdot b_H \cdot f_x \cdot X_{H1} \quad (3.59)$$

Maksimum çoğalmanın gerçekleştiği herhangi bir anda oksijen tüketim hızı,

$$OTH = \frac{(1-f_H \cdot Y_H)}{Y_H} \cdot \hat{\mu}_H \cdot X_H + (1-f_E) \cdot b_H \cdot f_X \cdot X_H \quad (3.60)$$

şeklinde dir. Biyokütlenin net çoğalması;

$$X_H = X_{H1} \cdot e^{(\hat{\mu}_H - b_H) \cdot t} \quad (3.61)$$

şeklinde olduğuna göre, başlangıçtaki ve herhangi bir andaki OTH oranları

$$\frac{OTH}{OTH_1} = e^{(\hat{\mu}_H - b_H) \cdot t} \quad (3.62)$$

olur. Bu ifadenin e tabanına göre logaritması alındığında;

$$\ln \frac{OTH}{OTH_1} = (\hat{\mu}_H - b_H) \cdot t \quad (3.63)$$

yazılabilir. Bu bağıntı sonucu oluşan grafiğin eğimi ise $(\hat{\mu}_H - b_H)$ ' ı verir.

3.6.2 - Heterotrofik Dönüşüm Oranı (Y_H)

Heterotrofik dönüşüm oranı, Y_H , aktif çamur modellenmesinde önemli bir parametredir. Üretilen çamur miktarının ve oksijen gereksiniminin doğru olarak hesaplanmasında heterotrofik dönüşüm oranı, Y_H ' ın belirlenmesi gerekir. EKAMA ve MARAIS (1986) tarafından atıksularda kolay ayrışan organik maddenin belirlenmesi amacıyla önerilen yöntem organik maddeden 1 elektron transfer edilmesi halinde, bu elektronu alacak oksijen miktarının deneysel olarak belirlenmesi esasına dayanmaktadır. Kesikli olarak çalışan aerobik reaktörlerde zamana karşı OTH 'daki değişim gözlemlendiğinde başlangıçta kolay ayrışan substrattan dolayı hızlı ve yüksek oksijen tüketimi gözlenmekte, daha sonra

bu substrat kısıtlı hale geldikçe OTH azalmakta ve tamamen bittiği noktadan sonra yavaş ayrıışan substrat etkili olmakta ve hidroliz fazını gösteren ikinci bir seviyeye düşmektedir. Bu iki seviye arasında tüketilen oksijen miktarı atıksudaki kolay ayrışabilir organik maddenin tüketimini göstermektedir.

UBAY, ÇOKGÖR, E., (1997)'nin önerdiği yöntemle göre, kesikli reaktörden alınan numunelerde OTH ölçümleri ile aynı anda çözünmüş KOİ ölçümleri de yapılırsa, elde edilen OTH ve KOİ profillerinden dönüşüm oranı Y_H ;

$$Y_H = 1 - \frac{\Delta O + \Delta(O)'}{\Delta KOI_{\text{ÇÖZÜNMÜŞ}}} \quad (3.64)$$

eşitliği ile bulunabilir. ΔO , her iki seviye arasında tüketilen oksijen miktarını göstermekte ve seviyeler arasındaki alan olarak hesaplanmaktadır. $\Delta(O)'$, S_H 'dan dolayı tüketilen toplam oksijen miktarını göstermektedir.

3.6.3 - İçsel Solunum Hızı

İçsel solunum katsayısı da denilen ölme katsayısı oluşacak çamur miktarının ve oksijen ihtiyacının belirlenmesinde oldukça önemli bir role sahiptir. İçsel solunum katsayısının bulunmasında yaygın olarak kullanılan bu yöntem, net spesifik çoğalma hızı ile substrat giderim hızı arasındaki ilişkiye dayanır. Aktif biokütle ve substrat için yazılan kütle dengelerinden (METCALF ve EDDY, 1984).

$$\frac{1}{\theta_c} = Y \cdot \frac{S_{s0} - S}{X_H \cdot Q} \quad (3.65)$$

şeklinde elde edilen ifadeye göre net spesifik çoğalma hızı ($1 / \theta_c$) ile spesifik substrat giderim hızı arasında lineer bir ilişki vardır ve substrat giderim hızı sıfır olduğunda net çoğalma b_H 'a eşittir.

MARAIS ve EKAMA (1976) içsel solunum katsayısının bir çamur örneğinin kesikli sistemde aerobik olarak çürütülmesiyle Y_H ' dan bağımsız olarak ölçülebileceğini gösterdiler. Bulgularına göre b_H ' ın tayininde iki farklı yöntem vardır. İlkinde b_H katsayısı, uçucu katılar kullanılarak hesaplanmaktadır. İkinci yöntemde oksijen kullanım hızlarının zamanla değişiminden yararlanılmıştır. Deney sırasında nitrifikasyonu önlemek için nitrifikasyon inhibitörü eklenmesi gerekmektedir. Bu yöntemle b_H katsayısı çamur bekletme süresinden etkilenmiş ve farklı sıcaklıklarda pek fazla değişmemiştir.

Aerobik kesikli bir reaktörden alınan çamur örneğinde oksijen kullanım hızı:

$$OTH = \frac{dO}{dt} = 1,42 (1-f_E) b_H \cdot X_H \quad (3.66)$$

eşitliğiyle verilmiştir. Burada X_H , t anındaki aktif biokütle konsantrasyonunu; f_E ; içsel kalıcı biokütlenin, aktif biokütleyle oranını göstermektedir.

$$-\frac{dX_H}{dt} = b_H \cdot X_H \quad (3.67)$$

denkleminin çözümü ile

$$X_H = X_{H1} \cdot e^{-b_H \cdot t} \quad (3.68)$$

elde edilir. Bu değer (3.66) denkleminde yerine konur ve tabii logaritması alınırsa:

$$\ln OTH = \ln [1.42 (1-f_E) b_H \cdot X_{H1}] - b_H \cdot t \quad (3.69)$$

denklemini elde edilir. Zamana karşı $\ln OTH'$ ın işaretlenmesi ile elde edilen doğrunun eğiminden b_H bulunur.

Bu metodun deneysel prosedürü aşağıda verilmektedir; kinetik sabitleri bulmak için kullanılan aklımasyon reaktörü bu değerin bulunmasında esas reaktör olarak kullanılır. Doldur-boşalt olarak alıştırılan aklımasyon reaktörü kesikli olarak çalıştırılır. Kesikli reaktörden, besleme yapıldıktan hemen sonra alınan numunenin OTH ölçülür. Belirli zaman aralıklarında bu ölçümler yapılmaya devam edilir. Ölçme işlemleri 8-10 gün boyunca devam ettirilir. Elde edilen OTH değerlerinin $\ln$ i alınarak $\ln OTH$ değerleri bulunur ve $\ln OTH$ zamana karşı işaretlenir, bir doğru elde edilir. Elde edilen bu doğrunun eğiminden b_H değeri bulunur. (MARAIS ve EKAMA, 1976)

BÖLÜM 4

DENEYSEL ÇALIŞMA

4.1-DENEYLERİN PLANLANMASI

Deneysel çalışmada Bölüm 2-4.2' de anlatılan matris yapısındaki üç bileşen alınarak atıksu karakterizasyonu, inert KOİ bileşenleri ve kinetik sabitler belirlenmiştir.

Ele alınan ilk matris bileşeni şu şekilde verilebilir:

Boyanan malzemenin yapısı	: Örgü Kumaş
Boyanan malzemenin cinsi	: Polyester
Boya çeşidi	: Dispers Boya
Boyama ekipmanı	: Jet (Kesikli)

Bu boyama işlemi Şekil 4.1' de özetlenmiştir. Şekilden de görüldüğü gibi kesikli boyama işlemi; yıkama, boyama, durulama, yumuşatma adımlarından oluşmaktadır. Sözü edilen adımlardan kaynaklanan atıksular debi orantılı kompozit numune olarak biraraya getirilmiş ve deneylere esas teşkil eden atıksu elde edilmiştir. Bu boyama işleminde her banyoya 300kg kumaş ile birlikte 1.5m^3 su girmiş ve her banyodan yine 1.5m^3 atıksu çıkmıştır.

Polyester kumaşın boyanmasında 2.banyoya dispersyon maddelerinin konulmasının nedeni kullanılan boyanın dispers boya olmasıdır. Suyun 130°C 'ye kadar ısıtılmasının sebebi ise boyanın dispersiyon yoluyla kumaş içine girmesini sağlamaktır.

Ele alınan ikinci matris bileşeni şu şekilde verilebilir:

Boyanan malzemenin yapısı	: Örgü Kumaş
Boyanan malzemenin cinsi	: Pamuklu
Boya çeşidi	: Reaktif Boya
Boyama ekipmanı	: Jet (Kesikli)

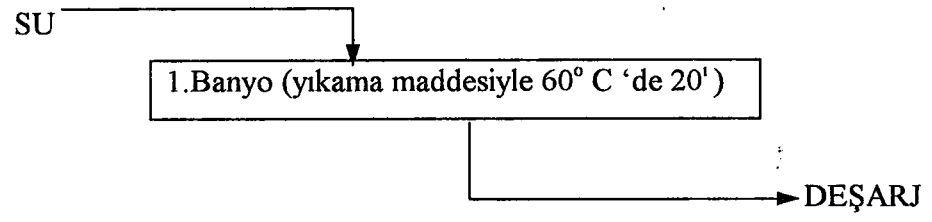
Bu boyama işlemi Şekil 4.2' de verilmiştir. Şekilden de görüldüğü gibi bu kesikli boyama işlemi; kasarılama, nötrleştirme, boyama, su ile çalkalama (iki defa yapılıyor), yıkama (iki defa yapılıyor), durulama (iki defa yapılıyor), yumuşatma adımlarından oluşmaktadır. Bu adımlardan kaynaklanan atıksular debi orantılı kompozit numune haline getirilmiş ve deneye esas teşkil eden atıksu elde edilmiştir. Bu boyama işleminde her banyoya 500kg kumaş ile birlikte 4m³ su girmiş ve her banyodan yine 4m³ atıksu çıkmıştır.

Ele alınan üçüncü matris bileşeni şu şekilde verilebilir:

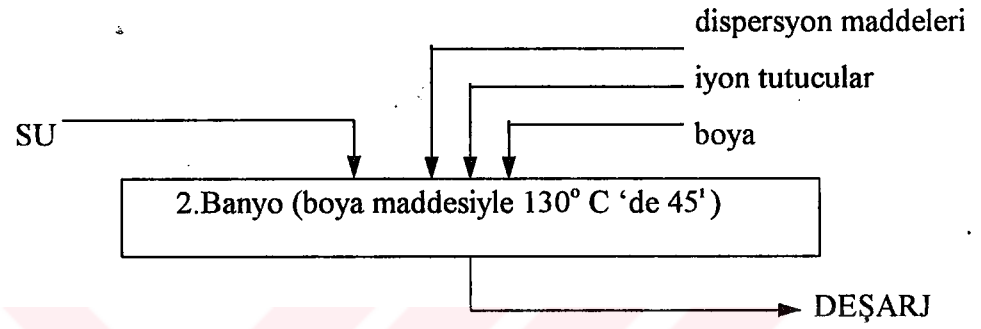
Boyanan malzemenin yapısı	: Örgü Kumaş
Boyanan malzemenin cinsi	: Pamuklu + Polyester
Boya çeşidi	: Reaktif + Dispers Boya
Boyama ekipmanı	: Jet (Kesikli)

Bu boyama işlemi Şekil 4.3' de verilmiştir. Şekilden de görüldüğü gibi bu kesikli boyama işlemi; kasarılama, nötrleştirme, boyama, su ile çalkalama (iki defa yapılıyor), yıkama (iki defa yapılıyor), durulama (iki defa yapılıyor), yumuşatma adımlarından oluşmaktadır. Bu adımlardan kaynaklanan atıksulardan debi orantılı kompozit numune hazırlanarak deneye esas teşkil eden atıksu elde edilmiştir. Bu boyama işleminde her banyoya 600kg kumaş ile birlikte 4.8m³ su girmiş ve her banyodan yine 4.8m³ atıksu çıkmıştır.

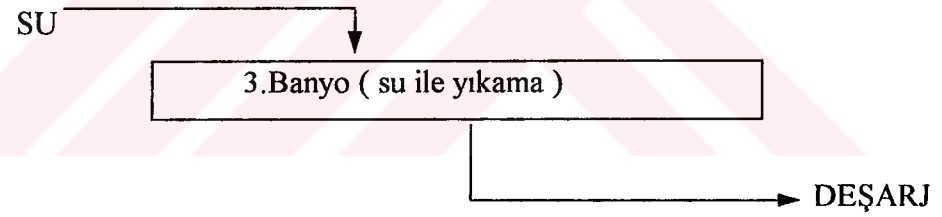
A- Yıkama



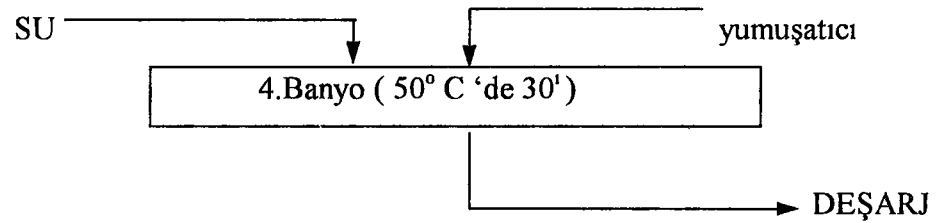
B- Boyama



C- Durulama

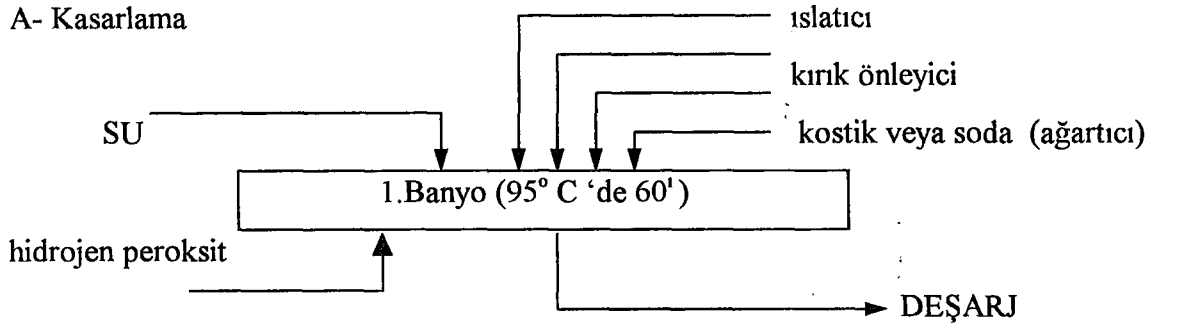


D- Yumuşatma

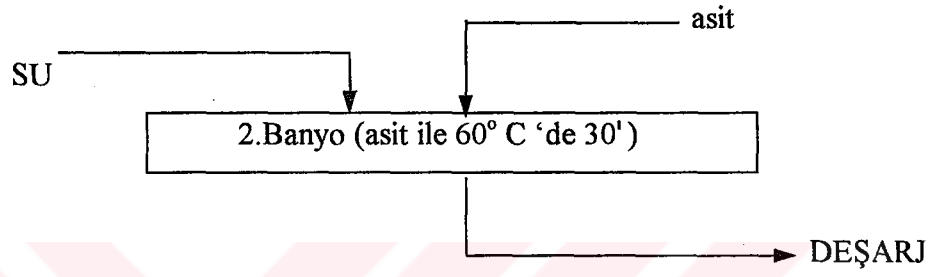


Şekil 4.1- Polyester Boyama İşlemi Akım Şeması

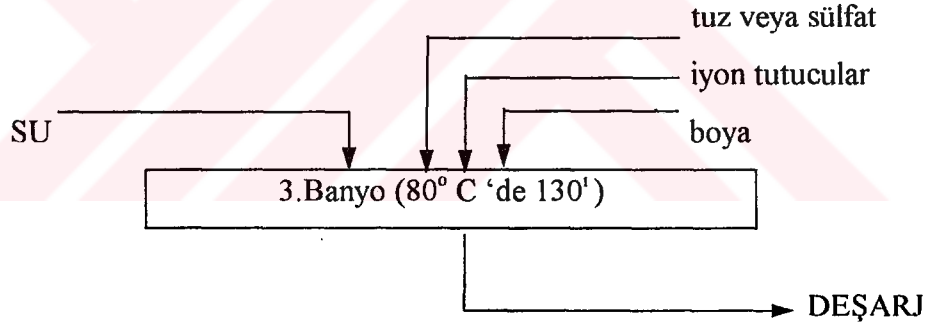
A- Kassarlama



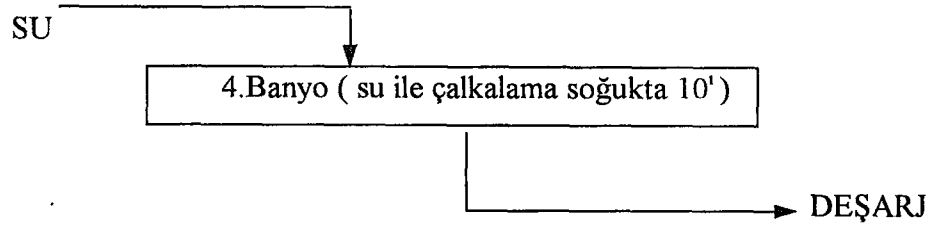
B- Nötrleştirme



C- Boyama

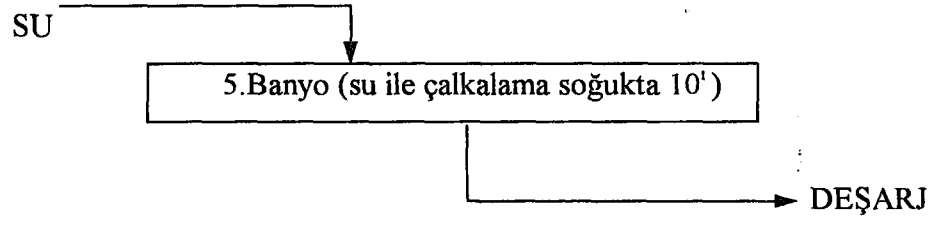


D- Durulama

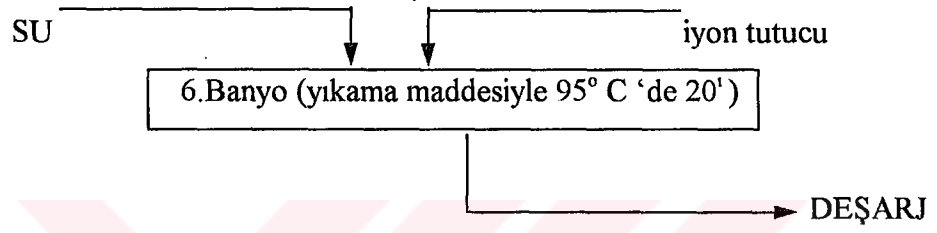


Şekil 4.2- Pamuklu Boyama İşlemi Akım Şeması

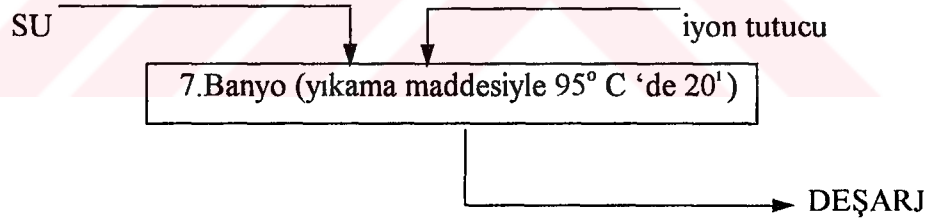
E- Durulama



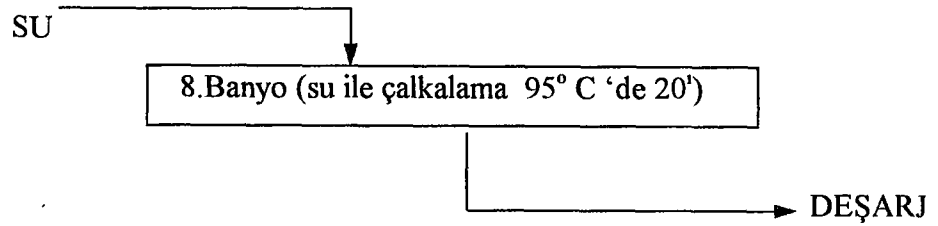
F- Yıkama



G-Yıkama

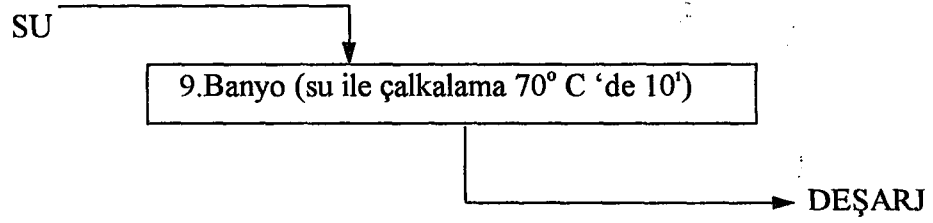


H- Durulama

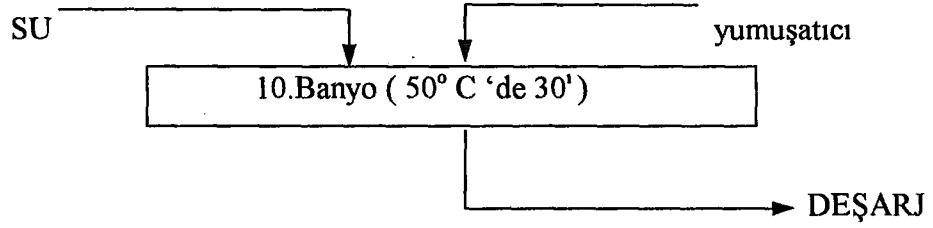


Şekil 4.2- devam

I- Durulama



J- Yumuşatma



Şekil 4.2- devam

Pamuklu ve pamuklu + polyester kumaşın boyanmasında 1.banyoya hidrojen peroksit, kostik veya soda konulmasının sebebi kasarılama (ağartma) işleminin gerçekleşmesini sağlamaktır. 2.banyoya asit konulmasının sebebi ise 1.banyo sonunda $\text{pH} = 11$ 'i 2.banyo sonunda $\text{pH} = 5.5$ 'e düşürmektir.

Bütün boyama işlemlerinde yıkama maddesi olarak sabun, iyon tutucu olarak poliakrilat kullanılmaktadır. Pamuklu boyama işlemi sırasında banyoya alınan su soğuktan 80°C ' ye kadar, pamuklu + polyester boyama işlemi sırasında banyoya alınan su soğuktan 130°C ' ye kadar çıkarılmış ve boyama işlemi daha sonra yapılmıştır.

Polyester, pamuklu ve pamuklu + polyester kumaşın boyanması işlemlerinin her banyosunda soğuk olan su ile önce kumaş ısıtılmış daha sonra gerekli olan sıcaklığa kadar

ısıtılan su ile kumaşa yapılması gereken işlemler uygulanmış ve banyodaki atıksu deşarj edilmiştir. Akım şemalarında her banyo için verilen süre sadece işlemin uygulandığı süredir.

Polyester atıksuyundan kurulan inert KOİ belirleme deneyi reaktörleri; toplam ve süzölmüş (AP40), pamuklu ve pamuklu + polyester atıksuyundan kurulan inert reaktörler ise; toplam, süzölmüş (AP40), süzölmüş (membran), AP40' dan süzölmüş atıksuyla aynı KOİ ' ye eşit glukoz ve membrandan süzölmüş atıksuyla aynı KOİ ' ye eşit glukoz reaktörleridir.

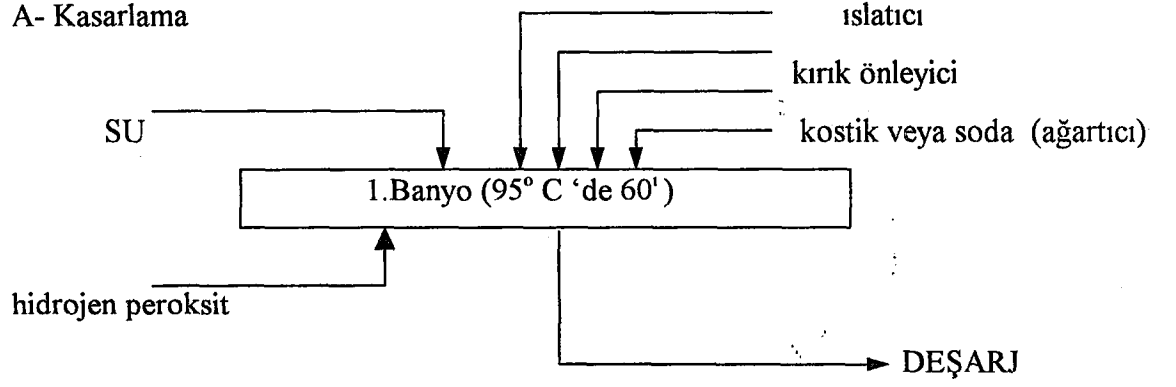
Üç atıksuda yapılan biyolojik artırılabilirlik bazlı atıksu karakterizasyonu ve kinetik ve stokiometrik katsayıların belirlenme yöntemleri Tablo 4.1' gösterilmiştir. Tablodaki yöntemler deneysel olup k_x , k_s ve k_h sabitleri ise 4. dereceden Runge-Kutta içsel çözüm modelinden bulunmuştur.

4.2-DENEY DÜZENİĞİ

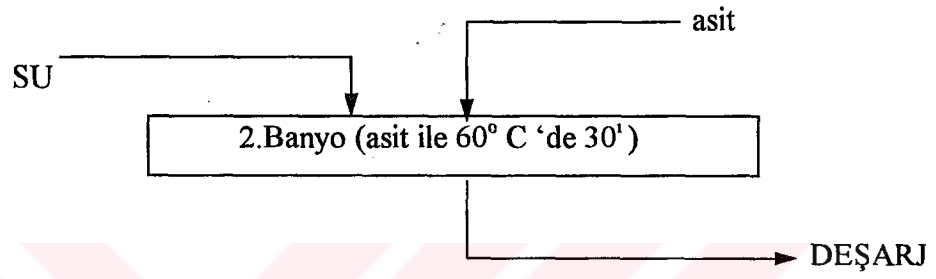
4.2.1-Aklımasyon Evresi

Polyester kumaşın boyanması sonucu elde edilen atıksu için kurulan aklımasyon reaktörü %100 atıksu ile beslenen doldur-boşalt sistemi olup, reaktörün F/M (besi maddesi / mikroorganizma oranı) = 0.7, sistemde tutulacak mikroorganizma konsantrasyonu 1500 mg/l ve reaktör hacmi de 1 lt olacak şekilde kurulmuştur. Ayrıca C: N: P oranı 100: 5: 1 için gerekli azot ve fosfor ilaveleri belirlenip 10 ml Solüsyon A (1 lt distile su içinde 80 gr K_2HPO_4 , 40 gr KH_2PO_4 , 30 gr NH_4Cl 'nin çözölmesinde oluşmuştur) ve 10 ml Solüsyon B (1 lt distile su içinde 15 gr $MgSO_4.7H_2O$, 0.5 gr $FeSO_4.7H_2O$, 0.5 gr $ZnSO_4.7H_2O$, 0.5 gr $MnSO_4.3H_2O$, 2.0 gr $CaCl_2$ ' nin çözölmesinde oluşmuştur) çözeltileriyle azot ve fosfor eksikliği giderilmiştir. Aklımasyon evresi yaklaşık 15 gün sürmüştür.

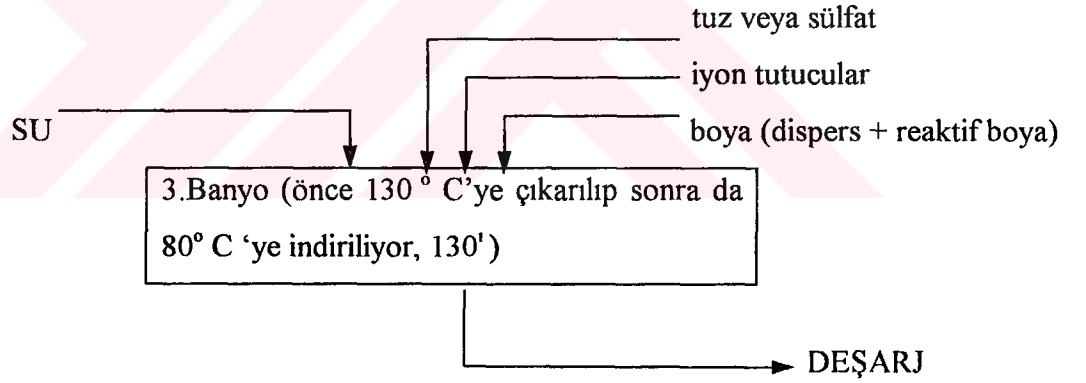
A- Kassarlama



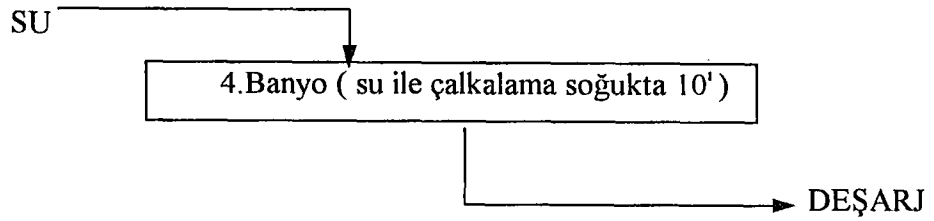
B- Nötrleştirme



C- Boyama

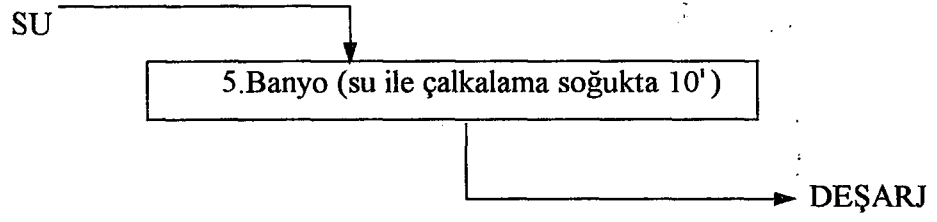


D- Durulama

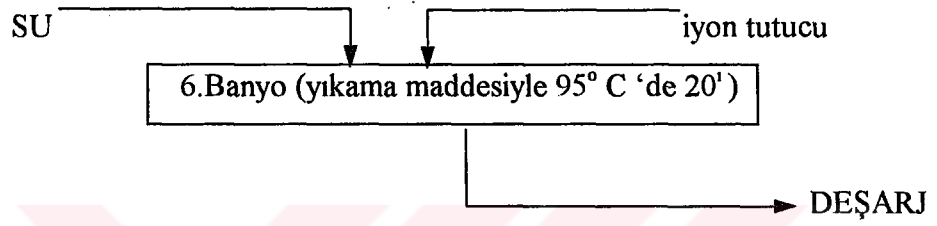


Şekil 4.3- Pamuklu + Polyester Boyama İşlemi Akım Şeması

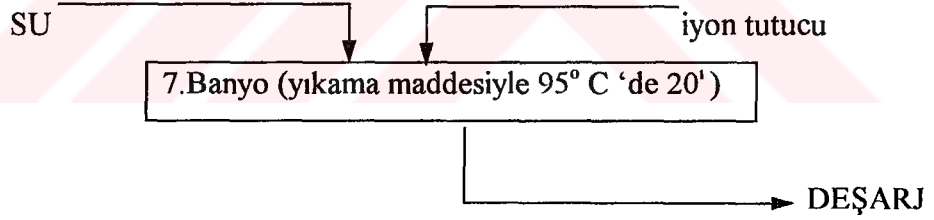
E- Durulama



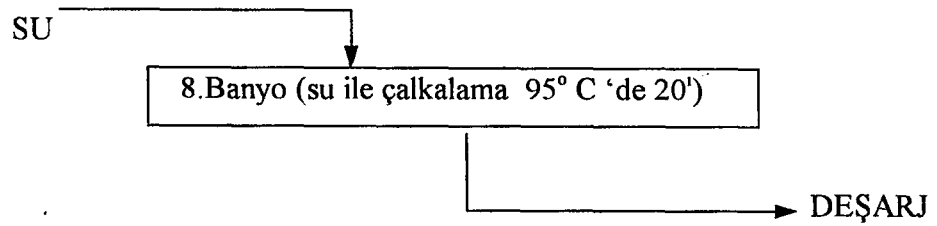
F- Yıkama



G-Yıkama

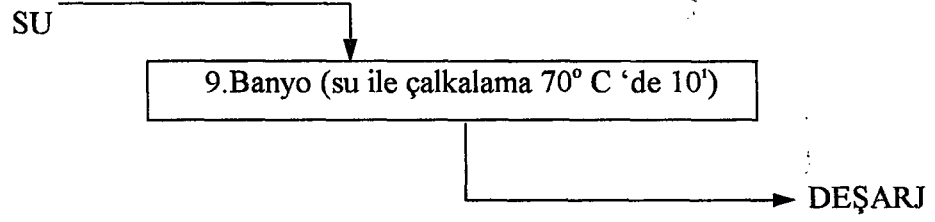


H- Durulama

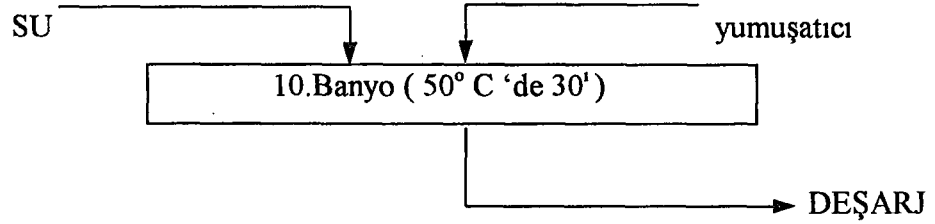


Şekil 4.3- devam

I- Durulama



J- Yumuşatma



Şekil 4.3- devam

Pamuklu kumaşın ve pamuklu + polyester kumaşın boyanmasından elde edilen atıksu için kurulan aklımasyon reaktörlerinden birisi %100 atıksu ile beslenen $F/M = 0.6$, sistemde tutulacak mikroorganizma konsantrasyonu 1600 mg/lit ve reaktör hacmi de 1 lt olacak şekilde kurulmuştur. Ayrıca C: N: P oranı 100: 5: 1 için gerekli azot ve fosfor ilaveleri belirlenip 10 ml Solüsyon A ve 10 ml Solüsyon B çözeltileriyle azot ve fosfor eksikliği giderilmiştir. Aklımasyon evresi yaklaşık 15 gün sürmüştür.

Pamuklu kumaşın ve pamuklu + polyester kumaşın boyanmasından elde edilen atıksu için kurulan ikinci aklımasyon reaktörü ise %50 atıksu + %50 glukoz ile beslenen $F/M = 0.6$, sistemde tutulacak mikroorganizma konsantrasyonu 1600 mg/lit ve reaktör hacmi de 1 lt olacak şekilde kurulmuştur. Ayrıca C: N: P oranı 100: 5: 1 için gerekli azot ve fosfor

ilaveleri belirlenip 10 ml Solüsyon A ve 10 ml Solüsyon B çözeltileriyle azot ve fosfor eksikliği giderilmiştir. Aklimasyon evresi diğerleri gibi yaklaşık 15 gündür.

4.2.2- Analiz Yöntemleri

Tüm analizler Standart Metodlar ' da (APHA, 1989) belirtildiği şekilde yapılmıştır. Süzölmüş numuneler AP40 ve membran filtre kullanılarak elde edilmiştir. AKM ve UAKM ölçümlerinde ise sadece AP40 kullanılmıştır. Çözölmüş oksijen konsantrasyonu " WTW OXI 2000 " oksijenmetre ve buna bağılı " WTW P2000 " yazıcı yardımıyla ölçölmüştür.

4.3-DENEY SONUÇLARI VE DEĞERLENDİRMESİ

4.3.1-Atıksu Karakterizasyonu

4.3.1.1-Konvansiyonel atıksu karakterizasyonu ve kirlenme profili

Tablo 4.1'de üç atıksuda da kullanılan biyolojik arıtılabilirlik bazlı atıksu karakterizasyonu ve kinetik ve stokiometrik katsayıların belirlenme yöntemleri yazılmıştır.

Tablo 4.2' de polyester atıksuyunun karakterizasyonu verilmektedir.

Tablo 4.3' de pamuklu atıksuyunun karakterizasyonu verilmektedir.

Tablo 4.4' de pamuklu + polyester atıksuyunun karakterizasyonu verilmektedir.

Tablo 4.5 'te üç atıksuya ait kirlenme profili verilmektedir.

Tablo 4.1-Biyolojik Artılabilirlik Bazlı Atıksu Karakterizasyonu ve Kinetik ve Stokiyometrik Katsayıların Belirlenme Yöntemleri

Artılabilirlik Bazlı Atıksu Karakterizasyonun Belirlenmesi					Kinetik ve Stokiyometrik Katsayıların Belirlenmesi			
S ₁ Saptama Yöntemi					$\bar{\mu}_H$	Y _H	b _H	
I. Yöntem	II. Yöntem	III. Yöntem	IV. Yöntem	S _s Saptama Yöntemi	Kappeler ve Gujer	Ubay Çokgör, E.	Marais Ekama	ve
1. atıksu	X		X	X	X	X	X	
2. atıksu (AP40)	X	X		X	X	X	X	
3. atıksu (AP40)	X	X	X	X	Hesap	X	X	
2. atıksu (mem.)	X	X		X	X	X	X	
3. atıksu (mem.)	X	X	X	X	Hesap	X	X	

Tablo 4.2-Deneysel Çalışmada Kullanılan Polyester Atıksu Karakterizasyonu

Parametre	Konsantrasyon (mg/lt)
Toplam KOİ	1985
Çözünmüş KOİ	1485
TKN	27
Toplam P	9
AKM	213
UAKM	22
Amonyak	1.7
Sülfür	22
Krom (+6)	2
Alkalinite (mg/lt CaCO ₃)	960
Deterjan	0
pH (pH birimi)	5.8

Tablo 4.3-Deneysel Çalışmada Kullanılan Pamuklu Atıksu Karakterizasyonu

Parametre	Konsantrasyon (mg/lt)
Toplam KOİ	1470
Çözünmüş KOİ	1165
TKN	110
Toplam P	4
AKM	490
UAKM	160
Amonyak	0.5
Sülfür	12
Krom (+6)	1.25
Alkalinite (mg/lt CaCO ₃)	2350
Deterjan	0
pH (pH birimi)	10.9

Tablo 4.4-Deneysel Çalışmada Kullanılan Pamuklu + Polyester Atıksu Karakterizasyonu

Parametre	Konsantrasyon (mg/lt)
Toplam KOİ	2400
Çözünmüş KOİ	1690
TKN	20
Toplam P	7
AKM	370
UAKM	180
Amonyak	0.2
Sülfür	17
Krom (+6)	1.8
Alkalinite (mg/lt CaCO ₃)	1520
Deterjan	0
pH (pH birimi)	10.2

Tablo 4.5 - Kirlenme Profili

Parametreler	Polyester	Pamuklu	Pamuklu + Polyester
Q (m ³ / ton kumaş)	20	80	80
Toplam KOİ (kg / ton kumaş)	39.7	117.6	192
AKM (kg / ton kumaş)	4.3	39.2	29.6

4.3.1.2 - Biyolojik arıtılabilirlik bazlı atıksu karakterizasyonu

4.3.1.2.1 - II.Yöntem kullanılarak bulunan inert KOİ sonuçları

Polyester, pamuklu ve pamuklu + polyester boyama atıksularına ait inert KOİ sonuçları Tablo 4.6, Tablo 4.7 ve Tablo 4.8’de verilmektedir

Tablo 4.9 ' da polyester atıksuyuna ait inert KOİ saptama deneyi sonuçları verilmektedir (AP40).

Tablo 4.11 ' de pamuklu atıksuyuna ait inert KOİ saptama deneyi sonuçları verilmektedir (AP40).

Tablo 4.13 ' de pamuklu atıksuyuna ait inert KOİ saptama deneyi sonuçları verilmektedir (Membran).

Tablo 4.15 'de pamuklu + polyester atıksuyuna ait inert KOİ saptama deneyi sonuçları verilmektedir (AP40).

Tablo 4.17 ' de pamuklu + polyester atıksuyuna ait inert KOİ saptama deneyi sonuçları verilmektedir (Membran).

Tablo 4.6 - Polyester İner KOİ Sonuçları

ZAMAN	TOPLAM ATIKSU		GFC SÜZÜLMÜŞ		GLUKOZ
Saat	Toplam	GFC	Toplam	GFC	GFC
0	2031	1385	1523	1385	1385
48	1449	996	996	679	1041
97	1403	905	950	663	136
170	1270	871	897	665	113
265	1256	855	885	671	133
335	1188	885	872	668	138
430	1192	800	850	662	135
528	1175	795	835	660	131
575	1169	793	831	658	130

Tablo 4.7 - Pamuklu İnerit KOİ Sonuçları

ZAMAN	TOPLAM ATIKSU		MEMBRAN		GFC SÜZÜLMÜŞ		MEMBRAN SÜZÜLMÜ		GFC GLUK	MEM GLU
Saat	Toplam	GFC	Membran	Toplam	GFC	Toplam	Membran	Toplam	GFC	Membran
0	1520	998	665	1273	990	950	665	950	998	670
120	816	696	460	510	455	546	395	546	226	209
625	408	312	309	350	292	320	286	320	65	45
695	390	308	305	325	288	314	281	314	68	47
765	388	305	283	325	286	312	280	312	65	46

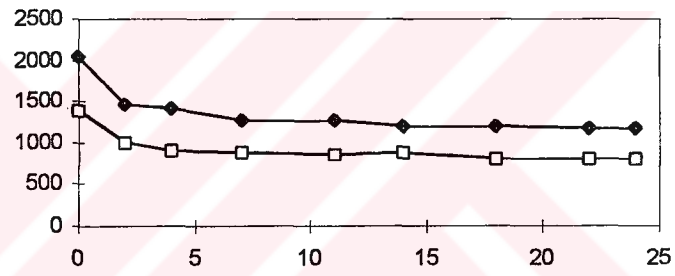
Tablo 4.8 - Pamuklu + Polyester İnerit KOİ Sonuçları

ZAMAN	TOPLAM ATIKSU		MEMBRAN		GFC		SUZULMU		MEMBRAN SUZULMU		GFC GLU	MEM GLU
Saat	Toplam	GFC	Membran	Toplam	GFC	Toplam	GFC	Toplam	Membran	Toplam	GFC Glu	Mem Glu
0	2446	1292	1000	1740	1246	1385	1004	1385	1004	1385	1302	1067
73	1568	713	627	1141	760	678	639	678	639	678	855	713
118	1236	713	475	998	760	618	572	618	572	618	285	250
265	1256	621	428	828	470	475	339	475	339	475	151	141
695	948	390	299	545	320	311	262	311	262	311	65	35
765	946	390	298	542	320	310	260	310	260	310	65	35

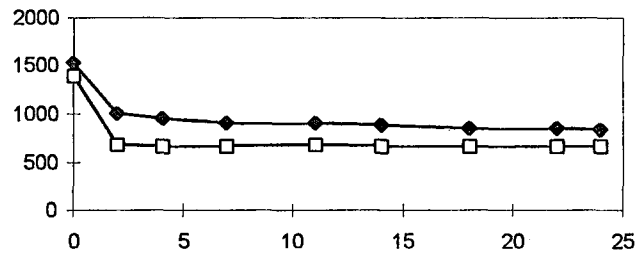
Tablo 4.9-Polyester İnerit KOİ Saptama Deneyi Sonuçları (II.Yöntem) (AP40)

	I.Reaktör (atıksu ile beslenen) (KOİ, mg/l)		II.Reaktör (süzülmüş (AP40) atıksu ile beslenen) (KOİ, mg/l)	
	C_T	S_T	C_T	S_T
Deney Başlangıcı	2031	1385	1523	1385
Deney Sonu	1169	793	831	658
Süre, saat	720	720	720	720

Tablo 4.6 ' daki değerler Şekil 4.4 ve Şekil 4.5' te grafik olarak verilmiştir.



Şekil 4.4 -Polyester Toplam Reaktör (AP40)



Şekil 4.5 - Polyester Süzölmüş Reaktör (AP40)

Tablo 4.9' daki deney sonuçları Bölüm 3.4.2.2' deki anlatıldığı şekliyle değerlendirilir. Bu bölümdeki (3.20) eşitliğinde bu değerler yerine konulursa ;

$$C_{T1} - S_{T1} = X_{P1} + X_I = 1169 - 793 = 376$$

(3.23) eşitliği kullanılırsa;

$$C_{T2} - S_{T2} = X_{P2} = 831 - 658 = 173$$

(3.28). eşitlikten;

$$\Delta C_{T1} = C_{T0} - C_{T1} = 2031 - 1169 = 862$$

(3.30). eşitlikten;

$$\Delta C_{T2} = S_{T0} - C_{T2} = 1385 - 831 = 554$$

elde edilir. (3.33). eşitlikten;

$$X_{P1} = X_{P2} (\Delta C_{T1} / \Delta C_{T2}) = 173. (862 / 554) = 269$$

ve (3.34). eşitlikten de;

$$X_I = (C_{T1} - S_{T1}) - X_{P1} = 376 - 269 = 107$$

olarak bulunur. (3.36). eşitlikten;

$$S_{T1} - S_{T2} = S_{P1} - S_{P2} = 793 - 658 = 135$$

(3.39). eşitlikten;

$$S_{P1} = (S_{T1} - S_{T2}) / [1 - (\Delta C_{T2} / \Delta C_{T1})] = 135 / [1 - (554 / 862)] = 378$$

elde edilir. (3.40). eşitlikten;

$$S_I = S_{T1} - S_{P1} = 793 - 378 = 415$$

olarak bulunur. Bu sonuçlar Tablo 4.10 'da toplu olarak verilmektedir.

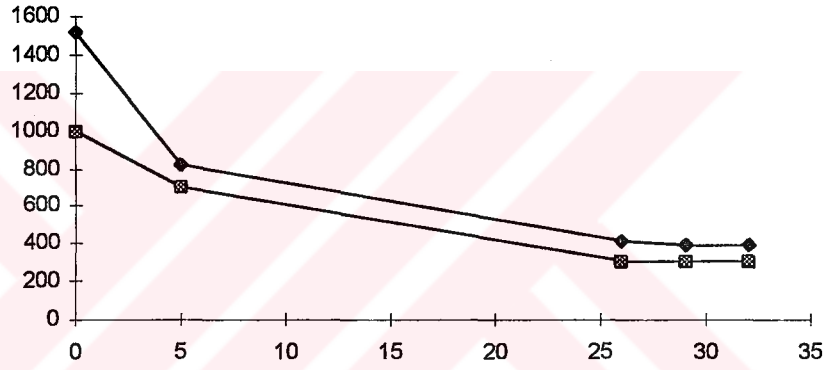
Tablo 4.10-Polyester İnert KOİ Deneyinin Değerlendirilmesi (II.Yöntem) (AP40)

Parametre	Atıksu Örneği, KOİ (mg/l)
$C_{T1} - S_{T1} = X_{P1} + X_I$	376
$C_{T2} - S_{T2} = X_{P2}$	173
$\Delta C_{T1} = C_{T0} - C_{T1}$	862
$\Delta C_{T2} = S_{T0} - C_{T2}$	554
$X_{P1} = X_{P2} (\Delta C_{T1} / \Delta C_{T2})$	269
$X_I = (C_{T1} - S_{T1}) - X_{P1}$	107
$S_{T1} - S_{T2} = S_{P1} - S_{P2}$	135
$S_{P1} = (S_{T1} - S_{T2}) / [1 - (\Delta C_{T2} / \Delta C_{T1})]$	378
$S_I = S_{T1} - S_{P1}$	415

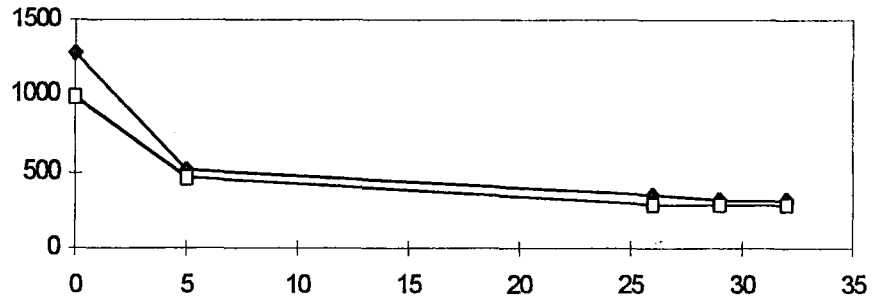
Tablo 4.11-Pamuklu İnert KOİ Saptama Deneyi Sonuçları (II.Yöntem) (AP40)

	I.Reaktör (atıksu ile beslenen) (KOİ, mg/l)		II.Reaktör (süzülmüş (AP40) atıksu ile beslenen) (KOİ, mg/l)	
	C_T	S_T	C_T	S_T
Deney Başlangıcı	1520	998	1273	990
Deney Sonu	388	305	325	286
Süre, saat	768	768	768	768

Tablo 4.7 ' deki değerler Şekil 4.6 ve Şekil 4.7' de grafik olarak verilmiştir.



Şekil 4.6 - Pamuklu Toplam Reaktör (AP40)



Şekil 4.7 - Pamuklu Süzülmüş Reaktör (AP40)

Tablo 4.11' deki deney sonuçları Bölüm 3.4.2.2' deki anlatıldığı şekliyle değerlendirilir. Bu bölümdeki (3.20) eşitliğinde bu değerler yerine konulursa ;

$$C_{T1} - S_{T1} = X_{P1} + X_I = 388 - 305 = 83$$

(3.23) eşitliği kullanılırsa;

$$C_{T2} - S_{T2} = X_{P2} = 325 - 286 = 39$$

(3.28). eşitlikten;

$$\Delta C_{T1} = C_{T0} - C_{T1} = 1520 - 388 = 1132$$

(3.30). eşitlikten;

$$\Delta C_{T2} = S_{T0} - C_{T2} = 998 - 325 = 673$$

elde edilir. (3.33). eşitlikten;

$$X_{P1} = X_{P2} (\Delta C_{T1} / \Delta C_{T2}) = 39. (1132 / 673) = 66$$

ve (3.34). eşitlikten de;

$$X_I = (C_{T1} - S_{T1}) - X_{P1} = 83 - 66 = 17$$

olarak bulunur. (3.36). eşitlikten;

$$S_{T1} - S_{T2} = S_{P1} - S_{P2} = 305 - 286 = 19$$

(3.39). eşitlikten;

$$S_{P1} = (S_{T1} - S_{T2}) / [1 - (\Delta C_{T2} / \Delta C_{T1})] = 19 / [1 - (673 / 1132)] = 47$$

elde edilir. (3.40). eşitlikten;

$$S_I = S_{T1} - S_{P1} = 305 - 47 = 258$$

olarak bulunur. Bu sonuçlar Tablo 4.12' de toplu olarak verilmektedir.

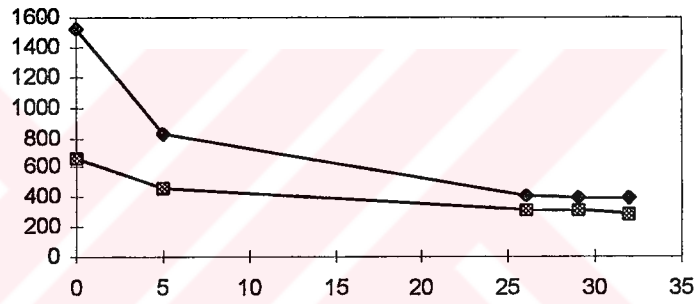
Tablo 4.12-Pamuklu İnert KOİ Deneyinin Değerlendirilmesi (II.Yöntem) (AP40)

Parametre	Atıksu Örneği, KOİ (mg/l)
$C_{T1} - S_{T1} = X_{P1} + X_I$	83
$C_{T2} - S_{T2} = X_{P2}$	39
$\Delta C_{T1} = C_{T0} - C_{T1}$	1132
$\Delta C_{T2} = S_{T0} - C_{T2}$	673
$X_{P1} = X_{P2} (\Delta C_{T1} / \Delta C_{T2})$	66
$X_I = (C_{T1} - S_{T1}) - X_{P1}$	17
$S_{T1} - S_{T2} = S_{P1} - S_{P2}$	19
$S_{P1} = (S_{T1} - S_{T2}) / [1 - (\Delta C_{T2} / \Delta C_{T1})]$	47
$S_I = S_{T1} - S_{P1}$	258

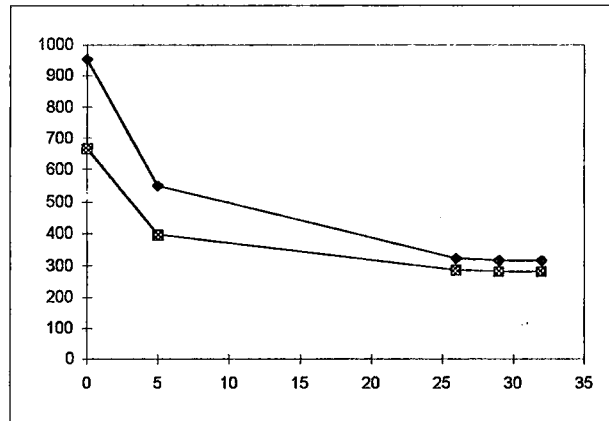
Tablo 4.13-Pamuklu İnert KOİ Saptama Deneyi Sonuçları (II.Yöntem) (Membran)

	I.Reaktör (atıksu ile beslenen) (KOİ, mg/l)		II.Reaktör (süzülmüş (mem.) atıksu ile beslenen) (KOİ, mg/l)	
	C_T	S_T	C_T	S_T
Deney Başlangıcı	1520	665	950	665
Deney Sonu	388	283	312	280
Süre, saat	768	768	768	768

Tablo 4.7 ' deki değerler Şekil 4.8 ve Şekil 4.9' da grafik olarak verilmiştir.



Şekil 4.8 - Pamuklu Toplam Reaktör (Membran)



Şekil 4.9 - Pamuklu Süzülmüş Reaktör (Membran)

Tablo 4.13' deki deney sonuçları Bölüm 3.4.2.2' deki anlatıldığı şekliyle değerlendirilir. Bu bölümdeki (3.20) eşitliğinde bu değerler yerine konulursa ;

$$C_{T1} - S_{T1} = X_{P1} + X_I = 388 - 283 = 105$$

(3.23) eşitliği kullanılırsa;

$$C_{T2} - S_{T2} = X_{P2} = 312 - 280 = 32$$

(3.28). eşitlikten;

$$\Delta C_{T1} = C_{T0} - C_{T1} = 1520 - 388 = 1132$$

(3.30). eşitlikten;

$$\Delta C_{T2} = S_{T0} - C_{T2} = 665 - 312 = 353$$

elde edilir. (3.33). eşitlikten;

$$X_{P1} = X_{P2} (\Delta C_{T1} / \Delta C_{T2}) = 32 / (1132 / 353) = 103$$

ve (3.34). eşitlikten de;

$$X_I = (C_{T1} - S_{T1}) - X_{P1} = 105 - 103 = 2$$

olarak bulunur. (3.36). eşitlikten;

$$S_{T1} - S_{T2} = S_{P1} - S_{P2} = 283 - 280 = 3$$

(3.39). eşitlikten;

$$S_{P1} = (S_{T1} - S_{T2}) / [1 - (\Delta C_{T2} / \Delta C_{T1})] = 3 / [1 - (353 / 1132)] = 4$$

elde edilir. (3.40). eşitlikten;

$$S_I = S_{T1} - S_{P1} = 283 - 4 = 279$$

olarak bulunur. Bu sonuçlar Tablo 4.14 ' de toplu olarak verilmektedir.

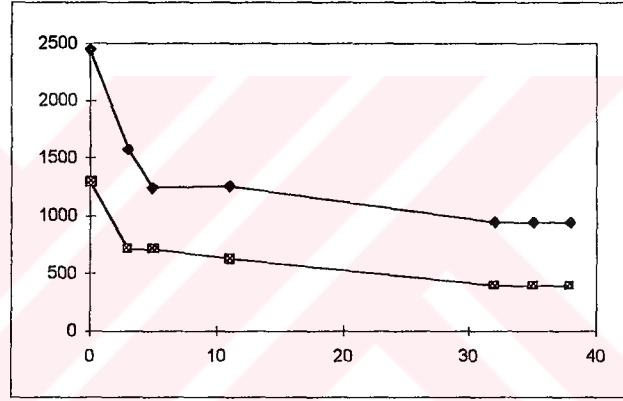
Tablo 4.14-Pamuklu İnert KOİ Deneyinin Değerlendirilmesi (II.Yöntem) (Membran)

Parametre	Atıksu Örneği, KOİ (mg/l)
$C_{T1} - S_{T1} = X_{P1} + X_I$	105
$C_{T2} - S_{T2} = X_{P2}$	32
$\Delta C_{T1} = C_{T0} - C_{T1}$	1132
$\Delta C_{T2} = S_{T0} - C_{T2}$	353
$X_{P1} = X_{P2} (\Delta C_{T1} / \Delta C_{T2})$	103
$X_I = (C_{T1} - S_{T1}) - X_{P1}$	2
$S_{T1} - S_{T2} = S_{P1} - S_{P2}$	3
$S_{P1} = (S_{T1} - S_{T2}) / [1 - (\Delta C_{T2} / \Delta C_{T1})]$	4
$S_I = S_{T1} - S_{P1}$	279

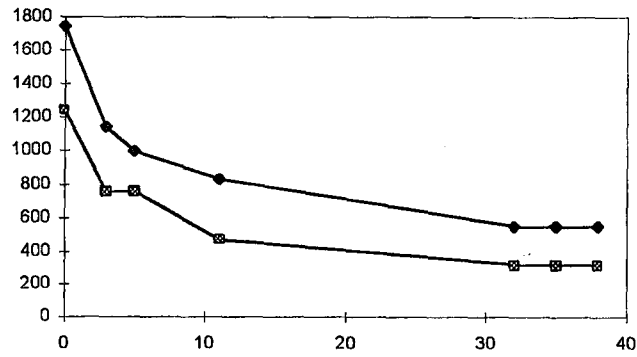
Tablo 4.15-Pamuklu + Polyester İnert KOİ Saptama Deneyi Sonuçları (II.Yöntem)
(AP40)

	I.Reaktör (atıksu ile beslenen) (KOİ, mg/lit)		II.Reaktör (süzülmüş (AP40) atıksu ile beslenen) (KOİ, mg/lit)	
	C_T	S_T	C_T	S_T
Deney Başlangıcı	2446	1292	1740	1246
Deney Sonu	946	390	542	320
Süre, saat	768	768	768	768

Tablo 4.8 ‘ deki değerler Şekil 4.10 ve Şekil 4.11’ de grafik olarak verilmiştir.



Şekil 4.10 - Pamuklu + Polyester Toplam Reaktör (AP40)



Şekil 4.11 - Pamuklu + Polyester Süzülmüş Reaktör (AP40)

Tablo 4.15' deki deney sonuçları Bölüm 3.4.2.2' deki anlatıldığı şekliyle değerlendirilir. Bu bölümdeki (3.20) eşitliğinde bu değerler yerine konulursa ;

$$C_{T1} - S_{T1} = X_{P1} + X_I = 946 - 390 = 556$$

(3.23) eşitliği kullanılırsa;

$$C_{T2} - S_{T2} = X_{P2} = 542 - 320 = 222$$

(3.28). eşitlikten;

$$\Delta C_{T1} = C_{T0} - C_{T1} = 2446 - 946 = 1500$$

(3.30). eşitlikten;

$$\Delta C_{T2} = S_{T0} - C_{T2} = 1292 - 542 = 750$$

elde edilir. (3.33). eşitlikten;

$$X_{P1} = X_{P2} (\Delta C_{T1} / \Delta C_{T2}) = 222 / (1500 / 750) = 444$$

ve (3.34). eşitlikten de;

$$X_I = (C_{T1} - S_{T1}) - X_{P1} = 556 - 444 = 112$$

olarak bulunur. (3.36). eşitlikten;

$$S_{T1} - S_{T2} = S_{P1} - S_{P2} = 390 - 320 = 70$$

(3.39). eşitlikten;

$$S_{P1} = (S_{T1} - S_{T2}) / [1 - (\Delta C_{T2} / \Delta C_{T1})] = 70 / [1 - (750 / 1500)]$$

elde edilir. (3.40). eşitlikten;

$$S_I = S_{T1} - S_{P1} = 390 - 140 = 250$$

olarak bulunur. Bu sonuçlar Tablo 4.16 ' da toplu olarak verilmektedir.

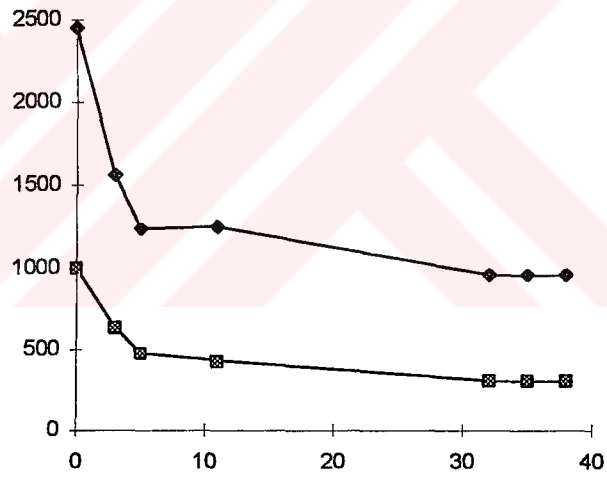
Tablo 4.16-Pamuklu + Polyester İnert KOİ Deneyinin Değerlendirilmesi (II.Yöntem)
(AP40)

Parametre	Atıksu Örneği, KOİ (mg/lt)
$C_{T1} - S_{T1} = X_{P1} + X_I$	556
$C_{T2} - S_{T2} = X_{P2}$	222
$\Delta C_{T1} = C_{T0} - C_{T1}$	1500
$\Delta C_{T2} = S_{T0} - C_{T2}$	750
$X_{P1} = X_{P2} (\Delta C_{T1} / \Delta C_{T2})$	444
$X_I = (C_{T1} - S_{T1}) - X_{P1}$	112
$S_{T1} - S_{T2} = S_{P1} - S_{P2}$	70
$S_{P1} = (S_{T1} - S_{T2}) / [1 - (\Delta C_{T2} / \Delta C_{T1})]$	140
$S_I = S_{T1} - S_{P1}$	250

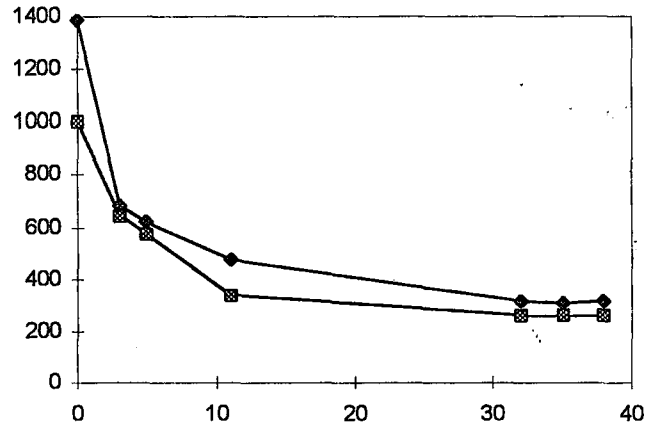
Tablo 4.17-Pamuklu + Polyester İnerk KOİ Saptama Deneyi Sonuçları (II.Yöntem)
(Membran)

	I.Reaktör (atıksu ile beslenen) (KOİ, mg/l)		II.Reaktör (süzülmüş (mem.) atıksu ile beslenen) (KOİ, mg/l)	
	C_T	S_T	C_T	S_T
Deney Başlangıcı	2446	1000	1385	1004
Deney Sonu	946	298	310	260
Süre, saat	768	768	768	768

Tablo 4.8 ' deki değerler Şekil 4.12 ve Şekil 4.13' te grafik olarak verilmiştir.



Şekil 4.12 - Pamuklu + Polyester Toplam Reaktör (Membran)



Şekil 4.13 - Pamuklu + Polyester Süzölmüş Reaktör (Membran)

Tablo 4.17' deki deney sonuçları Bölüm 3.4.2.2' deki anlatıldığı şekliyle değerlendirilir.

Bu bölümdeki (3.20) eşitliğinde bu değerler yerine konulursa ;

$$C_{T1} - S_{T1} = X_{P1} + X_I = 946 - 298 = 648$$

(3.23) eşitliği kullanılırsa;

$$C_{T2} - S_{T2} = X_{P2} = 310 - 260 = 50$$

(3.28). eşitlikten;

$$\Delta C_{T1} = C_{T0} - C_{T1} = 2446 - 946 = 1500$$

(3.30). eşitlikten;

$$\Delta C_{T2} = S_{T0} - C_{T2} = 1000 - 310 = 690$$

elde edilir. (3.33). eşitlikten;

$$X_{P1} = X_{P2} (\Delta C_{T1} / \Delta C_{T2}) = 50 / (1500 / 690) = 109$$

ve (3.34). eşitlikten de;

$$X_I = (C_{T1} - S_{T1}) - X_{P1} = 648 - 109 = 539$$

olarak bulunur. (3.36). eşitlikten;

$$S_{T1} - S_{T2} = S_{P1} - S_{P2} = 298 - 260 = 38$$

(3.39). eşitlikten;

$$S_{P1} = (S_{T1} - S_{T2}) / [1 - (\Delta C_{T2} / \Delta C_{T1})] = 38 / [1 - (690 / 1500)] = 70$$

elde edilir. (3.40). eşitlikten;

$$S_I = S_{T1} - S_{P1} = 298 - 70 = 228$$

olarak bulunur. Bu sonuçlar Tablo 4.18' de toplu olarak verilmektedir.

Tablo 4.18-Pamuklu + Polyester İnert KOİ Deneyinin Değerlendirilmesi (II.Yöntem)
(Membran)

Parametre	Atıksu Örneği, KOİ (mg/lt)
$C_{T1} - S_{T1} = X_{P1} + X_I$	648
$C_{T2} - S_{T2} = X_{P2}$	50
$\Delta C_{T1} = C_{T0} - C_{T1}$	1500
$\Delta C_{T2} = S_{T0} - C_{T2}$	690
$X_{P1} = X_{P2} (\Delta C_{T1} / \Delta C_{T2})$	109
$X_I = (C_{T1} - S_{T1}) - X_{P1}$	539
$S_{T1} - S_{T2} = S_{P1} - S_{P2}$	38
$S_{P1} = (S_{T1} - S_{T2}) / [1-(\Delta C_{T2} / \Delta C_{T1})]$	70
$S_I = S_{T1} - S_{P1}$	228

4.3.1.2.2 - III.Yöntem kullanılarak bulunan inert KOİ sonuçlar

Tablo 4.19 ' da pamuklu atıksuyuna ait inert KOİ saptama deneyi sonuçları verilmektedir (AP40).

Tablo 4.21 ' de pamuklu atıksuyuna ait inert KOİ saptama deneyi sonuçları verilmektedir (Membran).

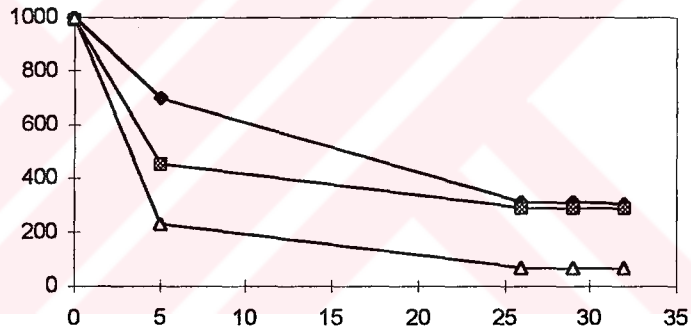
Tablo 4.23 'de pamuklu + polyester atıksuyuna ait inert KOİ saptama deneyi sonuçları verilmektedir (AP40).

Tablo 4.25 ' de pamuklu + polyester atıksuyuna ait inert KOİ saptama deneyi sonuçları verilmektedir (Membran).

Tablo 4.19-Pamuklu İnert KOİ Saptama Deneyi Sonuçları (III.Yöntem) (AP40)

	I.Reaktör (atıksu ile beslenen) (KOİ, mg/l)		II.Reaktör süzülmüş (AP40) atıksuyla beslenen (KOİ, mg/l)	III.Reaktör glukoz (AP40) ile beslenen (KOİ, mg/l)
	C_T	S_T	S_T	S_T
Deney Başlangıcı	1520	998	990	998
Deney Sonu	388	305	286	65
Süre, saat	768	768	768	768

Tablo 4.7 ' deki değerler Şekil 4.14 ' te grafik olarak verilmiştir.



Şekil 4.14 - Pamuklu Toplam - Süzülmüş - Glukoz Reaktörü (AP40)

Tablo 4.19' daki deney sonuçları Bölüm 3.4.2.3' deki anlatıldığı şekliyle değerlendirilir. Bu bölümdeki (3.42) eşitliğinde bu değerler yerine konulursa ;

Süzülmüş Reaktör + Glukoz

$$S_I = S_{R1} - S_{RG} = 286 - 65 = 221$$

(3.43) eşitliği kullanılırsa;

$$Y_I = S_I / S_{T0} = 221 / 998 = 0.22$$

elde edilir. (3.44) eşitliğinden;

$$Y_{SP} = S_{P1} / S_{S0} = S_{RG} / (S_{T0} - S_I) = 65 / (998 - 221) = 0.08$$

Toplam Reaktör + Glukoz

Değerler (3.45) eşitliğinde yerine konulursa;

$$S_{P2} = S_{R2} - S_I = 305 - 221 = 84$$

(3.46). eşitlikten,

$$C_{S0} = S_{S0} \cdot S_{P2} / S_{P1} = 777 \cdot 84 / 65 = 1004$$

ve (3.47). eşitlikten de;

$$X_I = C_{T0} - C_{S0} - S_I = 1520 - 1004 - 221 = 295$$

bulunur. Bu sonuçlar Tablo 4.20 ' de toplu olarak verilmektedir.

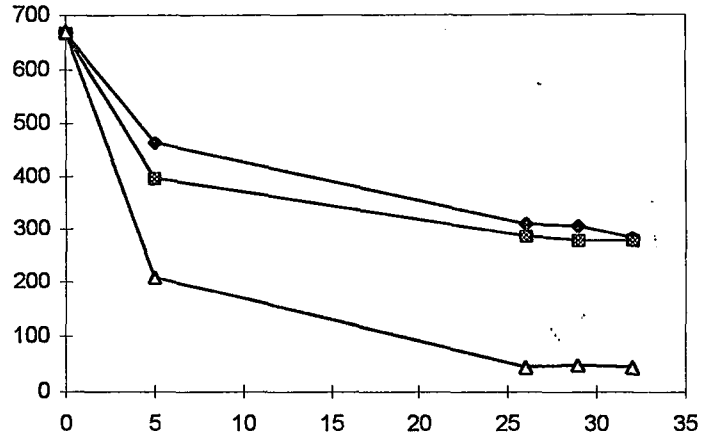
Tablo 4.20-Pamuklu İnert KOİ Deneyinin Değerlendirilmesi (III.Yöntem) (AP40)

Parametre	Atıksu Örneği, KOİ (mg/l)
$S_I = S_{R1} - S_{RG}$	221
$Y_I = S_I / S_{T0}$	0.22
$Y_{SP} = S_{P1} / S_{S0} = S_{RG} / (S_{T0} - S_I)$	0.08
$S_{P2} = S_{R2} - S_I$	84
$C_{S0} = S_{S0} \cdot S_{P2} / S_{P1}$	1004
$X_I = C_{T0} - C_{S0} - S_I$	295

Tablo 4.21-Pamuklu İnert KOİ Saptama Deneyi Sonuçları (III.Yöntem) (Membran)

	I.Reaktör (atıksu ile beslenen) (KOİ, mg/l)		II.Reaktör süzülmüş (memb.) atıksuyla beslenen (KOİ, mg/l)	III.Reaktör glukoz (mem.) ile beslenen (KOİ, mg/l)
	C_T	S_T	S_T	S_T
Deney Başlangıcı	1520	665	665	670
Deney Sonu	388	283	280	46
Süre, saat	768	768	768	768

Tablo 4.7 ' deki değerler Şekil 4.15' te grafik olarak verilmiştir.



Şekil 4.15 - Pamuklu Toplam - Süzölmüş - Glukoz Reaktörü (Membran)

Tablo 4.21' deki deney sonuçları Bölüm 3.4.2.3' deki anlatıldığı şekliyle değerlendirilir. Bu bölümdeki (3.42) eşitliğinde bu değerler yerine konulursa ;

Süzölmüş Reaktör + Glukoz

$$S_I = S_{R1} - S_{RG} = 280 - 46 = 234$$

(3.43) eşitliği kullanılırsa;

$$Y_I = S_I / S_{T0} = 234 / 665 = 0.35$$

elde edilir. (3.44) eşitliğinden;

$$Y_{SP} = S_{P1} / S_{S0} = S_{RG} / (S_{T0} - S_I) = 46 / (665 - 234) = 0.11$$

Toplam Reaktör + Glukoz

Değerler (3.45) eşitliğinde yerine konulursa;

$$S_{P2} = S_{R2} - S_I = 283 - 234 = 49$$

(3.46). eşitlikten,

$$C_{S0} = S_{S0} \cdot S_{P2} / S_{P1} = 431 \cdot 49 / 46 = 459$$

ve (3.47). eşitlikten de;

$$X_I = C_{T0} - C_{S0} - S_I = 1520 - 459 - 234 = 827$$

bulunur. Bu sonuçlar Tablo 4.22' de toplu olarak verilmektedir.

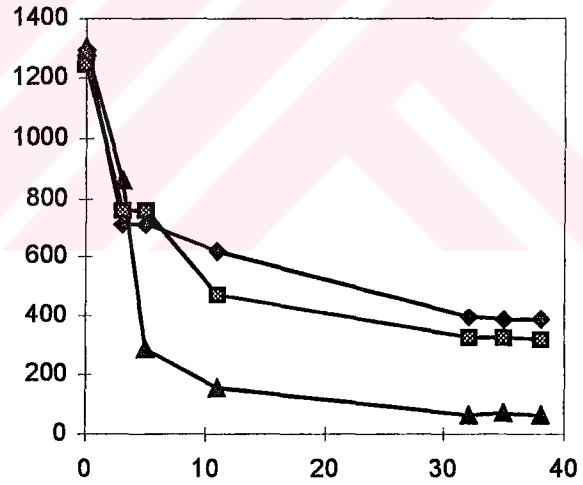
Tablo 4.22 - Pamuklu İnert KOİ Deneyinin Değerlendirilmesi (III.Yöntem) (Membran)

Parametre	Atıksu Örneği, KOİ (mg/l)
$S_I = S_{R1} - S_{RG}$	234
$Y_I = S_I / S_{T0}$	0.35
$Y_{SP} = S_{P1} / S_{S0} = S_{RG} / (S_{T0} - S_I)$	0.11
$S_{P2} = S_{R2} - S_I$	49
$C_{S0} = S_{S0} \cdot S_{P2} / S_{P1}$	459
$X_I = C_{T0} - C_{S0} - S_I$	827

Tablo 4.23-Pamuklu + Polyester İnerk KOİ Saptama Deneyi Sonuçları (III.Yöntem) (AP40)

	I.Reaktör (atıksu ile beslenen) (KOİ, mg/l)		II.Reaktör süzülmüş (AP40) atıksuyla beslenen (KOİ, mg/l)	III.Reaktör glukoz (AP40) ile beslenen (KOİ, mg/l)
	C_T	S_T	S_T	S_T
Deney Başlangıcı	2446	1292	1246	1302
Deney Sonu	946	390	320	65
Süre, saat	768	768	768	768

Tablo 4.8' deki değerler Şekil 4.16' da grafik olarak verilmiştir.



Şekil 4.16 - Pamuklu + Polyester Toplam - Süzölmüş - Glukoz Reaktörü (AP40)

Tablo 4.23' deki deney sonuçları Bölüm 3.4.2.3' deki anlatıldığı şekliyle değerlendirilir. Bu bölümdeki (3.42) eşitliğinde bu değerler yerine konulursa ;

Süzülmüş Reaktör + Glukoz

$$S_I = S_{R1} - S_{RG} = 320 - 65 = 255$$

(3.43) eşitliği kullanılırsa;

$$Y_I = S_I / S_{T0} = 255 / 1292 = 0.2$$

elde edilir. (3.44) eşitliğinden;

$$Y_{SP} = S_{P1} / S_{S0} = S_{RG} / (S_{T0} - S_I) = 65 / (1292 - 255) = 0.06$$

Toplam Reaktör + Glukoz

Değerler (3.45) eşitliğinde yerine konulursa;

$$S_{P2} = S_{R2} - S_I = 390 - 255 = 135$$

(3.46). eşitlikten,

$$C_{S0} = S_{S0} \cdot S_{P2} / S_{P1} = 1037 \cdot 135 / 65 = 2154$$

ve (3.47). eşitlikten de;

$$X_I = C_{T0} - C_{S0} - S_I = 2446 - 2154 - 255 = 37$$

bulunur. Bu sonuçlar Tablo 4.24' de toplu olarak verilmektedir.

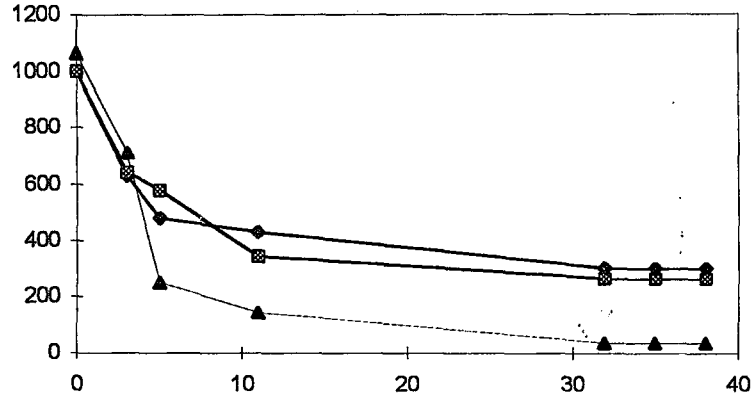
Tablo 4.24-Pamuklu + Polyester İner t KOİ Deneyinin Değerlendirilmesi (III.Yöntem)
(AP40)

Parametre	Atıksu Örneği, KOİ (mg/l t)
$S_I = S_{R1} - S_{RG}$	255
$Y_I = S_I / S_{T0}$	0.2
$Y_{SP} = S_{P1} / S_{S0} = S_{RG} / (S_{T0} - S_I)$	0.06
$S_{P2} = S_{R2} - S_I$	135
$C_{S0} = S_{S0} \cdot S_{P2} / S_{P1}$	2154
$X_I = C_{T0} - C_{S0} - S_I$	37

Tablo 4.25-Pamuklu + Polyester İner t KOİ Saptama Deneyi Sonuçları (III.Yöntem)
(Membran)

	I.Reaktör (atıksu ile beslenen) (KOİ, mg/l t)		II.Reaktör süzülmüş (memb.) atıksuyla beslenen (KOİ, mg/l t)	III.Reaktör glukoz (mem.) ile beslenen (KOİ, mg/l t)
	C_T	S_T	S_T	S_T
Deney Başlangıcı	2446	1000	1004	1067
Deney Sonu	946	298	260	35
Süre, saat	768	768	768	768

Tablo 4.8' deki değerler Şekil 4.17' de grafik olarak verilmiştir.



Şekil 4.17 - Pamuklu + Polyester Toplam - Süzölmüş - Glukoz Reaktörü (Membran)

Tablo 4.25' deki deney sonuçları Bölüm 3.4.2.3' deki anlatıldığı şekliyle değerlendirilir.

Bu bölümdeki (3.42) eşitliğinde bu değerler yerine konulursa ;

Süzölmüş Reaktör + Glukoz

$$S_I = S_{R1} - S_{RG} = 260 - 35 = 225$$

(3.43) eşitliği kullanılırsa;

$$Y_I = S_I / S_{T0} = 225 / 1000 = 0.23$$

elde edilir. (3.44) eşitliğinden;

$$Y_{SP} = S_{P1} / S_{S0} = S_{RG} / (S_{T0} - S_I) = 35 / (1000 - 225) = 0.05$$

Toplam Reaktör + Glukoz

Değerler (3.45) eşitliğinde yerine konulursa;

$$S_{P2} = S_{R2} - S_I = 298 - 225 = 73$$

(3.46). eşitlikten,

$$C_{S0} = S_{S0} \cdot S_{P2} / S_{P1} = 775 \cdot 73 / 35 = 1616$$

ve (3.47). eşitlikten de;

$$X_I = C_{T0} - C_{S0} - S_I = 2446 - 1616 - 225 = 605$$

bulunur. Bu sonuçlar Tablo 4.26' da toplu olarak verilmektedir.

Tablo 4.26 - Pamuklu + Polyester İnert KOİ Deneyinin Değerlendirilmesi (III.Yöntem)
(Membran)

Parametre	Atıksu Örneği, KOİ (mg/l)
$S_I = S_{R1} - S_{RG}$	225
$Y_I = S_I / S_{T0}$	0.23
$Y_{SP} = S_{P1} / S_{S0} = S_{RG} / (S_{T0} - S_I)$	0.05
$S_{P2} = S_{R2} - S_I$	73
$C_{S0} = S_{S0} \cdot S_{P2} / S_{P1}$	1616
$X_I = C_{T0} - C_{S0} - S_I$	605

4.3.1.2.3 - IV. Yöntem kullanılarak bulunan inert KOİ sonuçlar

Tablo 4.27' de polyester atıksuyuna ait inert KOİ saptama deneyi sonuçları verilmektedir (AP40).

Tablo 4.28 'de pamuklu + polyester atıksuyuna ait inert KOİ saptama deneyi sonuçları verilmektedir (AP40).

Tablo 4.29 ' da pamuklu + polyester atıksuyuna ait inert KOİ saptama deneyi sonuçları verilmektedir (Membran).

Tablo 4.27 - Polyester İnert KOİ Saptama Deneyi Sonuçları (IV. Yöntem) (AP40)

	Reaktör (atıksu ile beslenen) (KOİ, mg/l)		
	C _T	S _T	Y _H
Deney Başlangıcı	2031	1385	0.69
Deney Sonu	1169	793	
Süre, saat	720	720	

Tablo 4.27' deki deney sonuçları Bölüm 3.4.2.4' deki anlatıldığı şekliyle değerlendirilir. Bu bölümdeki (3.49) eşitliğinde bu değerler yerine konulursa ;

$$X_T = C_{T1} - S_{T1} = 1169 - 793 = 376$$

(3.50) eşitliğinden;

$$Y_{PX} = f_{EX} \cdot Y_H = 0.2 \cdot 0.69 = 0.138$$

(3.51). eşitlikten;

$$X_P = Y_{PX} \cdot C_{T0} = 0.138 \cdot 2031 = 280$$

eşitlik (3.52)' den;

$$X_I = X_T - X_P = 376 - 280 = 96$$

ve (3.53), (3.54), (3.55) eşitliklerinden;

$$C_{S0} = C_{T0} - X_I = 2031 - 96 = 1935$$

$$X_P = Y_{PX} \cdot C_{S0} = 0.138 \cdot 1935 = 267$$

$$X_I = X_T - X_P = 376 - 267 = 109$$



iterasyon sonucu $X_I = 111$ bulundu.

Tablo 4.28 - Pamuklu + Polyester İnert KOİ Saptama Deneyi Sonuçları (IV. Yöntem) (AP40)

	Reaktör (atıksu ile beslenen) (KOİ, mg/l)		
	C_T	S_T	Y_H
Deney Başlangıcı	2446	1292	0.69
Deney Sonu	946	390	
Süre, saat	768	768	

Tablo 4.28' deki deney sonuçları Bölüm 3.4.2.4' deki anlatıldığı şekliyle değerlendirilir. Bu bölümdeki (3.42) eşitliğinde bu değerler yerine konulursa ;

$$X_T = C_{T1} - S_{T1} = 946 - 390 = 556$$

(3.50) eşitliğinden;

$$Y_{PX} = f_{EX} \cdot Y_H = 0.2 \cdot 0.69 = 0.138$$

(3.51). eşitlikten;

$$X_P = Y_{PX} \cdot C_{T0} = 0.138 \cdot 2446 = 338$$

eşitlik (3.52)' den;

$$X_I = X_T - X_P = 556 - 338 = 218$$

ve (3.53), (3.54), (3.55) eşitliklerinden;

$$C_{S0} = C_{T0} - X_I = 2446 - 218 = 2228$$

$$X_P = Y_{PX} \cdot C_{S0} = 0.138 \cdot 2228 = 308$$

$$X_I = X_T - X_P = 556 - 308 = 248$$

iterasyon sonucu $X_I = 253$
bulundu.

Tablo 4.29 - Pamuklu + Polyester İnert KOİ Saptama Deneyi Sonuçları (IV. Yöntem)
(Membran)

	Reaktör (atıksu ile beslenen) (KOİ, mg/l)		
	C_T	S_T	Y_H
Deney Başlangıcı	2446	1000	0.69
Deney Sonu	946	298	
Süre, saat	768	768	

Tablo 4.29' daki deney sonuçları Bölüm 3.4.2.4' deki anlatıldığı şekliyle değerlendirilir. Bu bölümdeki (3.42) eşitliğinde bu değerler yerine konulursa ;

$$X_T = C_{T1} - S_{T1} = 946 - 298 = 648$$

(3.50) eşitliğinden;

$$Y_{PX} = f_{EX} \cdot Y_H = 0.2 \cdot 0.69 = 0.138$$

(3.51). eşitlikten;

$$X_P = Y_{PX} \cdot C_{T0} = 0.138 \cdot 2446 = 338$$

eşitlik (3.52)' den;

$$X_I = X_T - X_P = 648 - 338 = 310$$

ve (3.53), (3.54), (3.55) eşitliklerinden;

$$C_{S0} = C_{T0} - X_I = 2446 - 310 = 2136$$

$$X_P = Y_{PX} \cdot C_{S0} = 0.138 \cdot 2136 = 295$$

$$X_I = X_T - X_P = 648 - 295 = 353$$



iterasyon sonucu $X_I = 360$ bulundu.

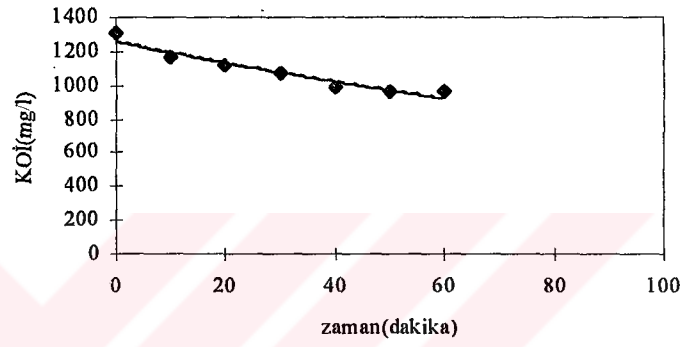
4.3.2 - Matris Bileşenlerinin Belirlenmesi

Heterotrofik Dönüşüm Oranı

Polyester boyama atıksuyunda Y_H deneyi değerleri Tablo 4.30'dadır. Bu değerlere ait grafik ise Şekil 4.18 'de verilmiştir.

Tablo 4.30 - Polyester Y_H deneyi sonuçları

Zaman (dakika)	KOİ (mg/l)
0	1305
10	1165
20	1118
30	1072
40	979
50	962
60	960



Şekil 4.18 - Polyester Çözünmüş KOİ Profili

Şekil 4.18'deki grafikten $\Delta KOİ$ değerleri bulunur. Bu değerlerle birlikte S_s grafiğindeki ΔO ve $\Delta O'$ alanları 3.bölümdeki (3.64) denkleminde yerine konulursa Y_H ;

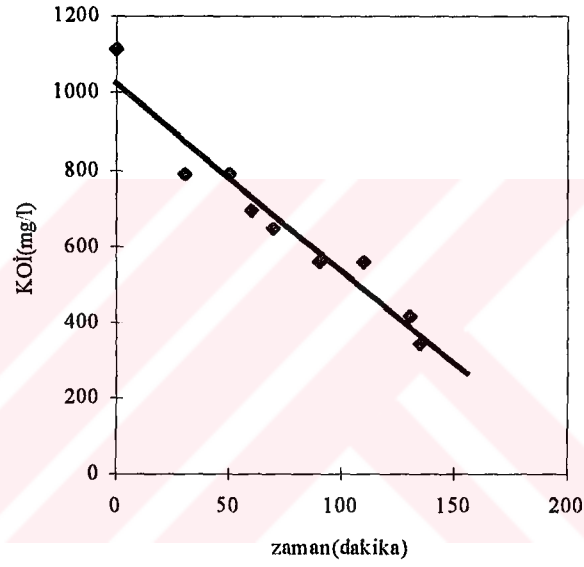
$$Y_H = 1 - \frac{\Delta O + \Delta(O)'}{\Delta KOİ_{\text{ÇÖZÜNMÜŞ}}} \quad \text{eşitliğinden;}$$

$$Y_H = 1 - (76.67 + 27.18)/(1305 - 970) = 0.69$$

Pamuklu boyama atıksuyunda Y_H deneyi değerleri Tablo 4.31'de verilmiştir. Bu değerlere ait grafik ise Şekil 4.19'da verilmiştir.

Tablo 4.31 - Pamuklu Y_H deneyi sonuçları

Zaman (dakika)	KOİ (mg/l)
0	1113
30	790
50	788
60	696
70	649
90	557
110	556
130	417
135	340



Şekil 4.19 - Pamuklu Çözünmüş KOİ Profili

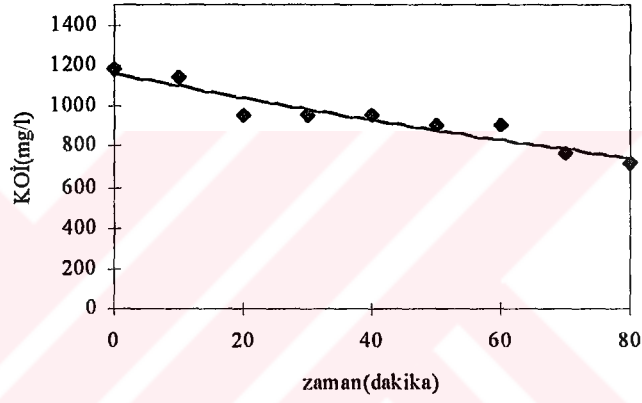
Şekil 4.19'daki grafikten $\Delta KOİ$ değerleri bulunur. Bu değerlerle birlikte S_s grafiğindeki ΔO ve $\Delta O'$ alanları 3.bölümdeki (3.64) denkleminde yerine konulursa Y_H ;

$$Y_H = 1 - (93.42 + 109.63)/(1113 - 458) = 0.69$$

Pamuklu + Polyester boyama atıksuyunda Y_H deneyi değerleri Tablo 4.32'dedir. Bu değerler ait grafik ise Şekil 4.20 'de verilmiştir.

Tablo 4.32 - Pamuklu + Polyester Y_H deneyi sonuçları

Zaman (dakika)	KOİ (mg/l)
0	1180
10	1141
20	950
30	950
40	950
50	903
60	903
70	760
80	720



Şekil 4.20 - Pamuklu + Polyester Çözünmüş KOİ Profili

Şekil 4.20'deki grafikten $\Delta KOİ$ değerleri bulunur. Bu değerlerle birlikte S_s grafiğindeki ΔO ve $\Delta O'$ alanları 3.bölümdeki (3.64) denkleminde yerine konulursa Y_H ;

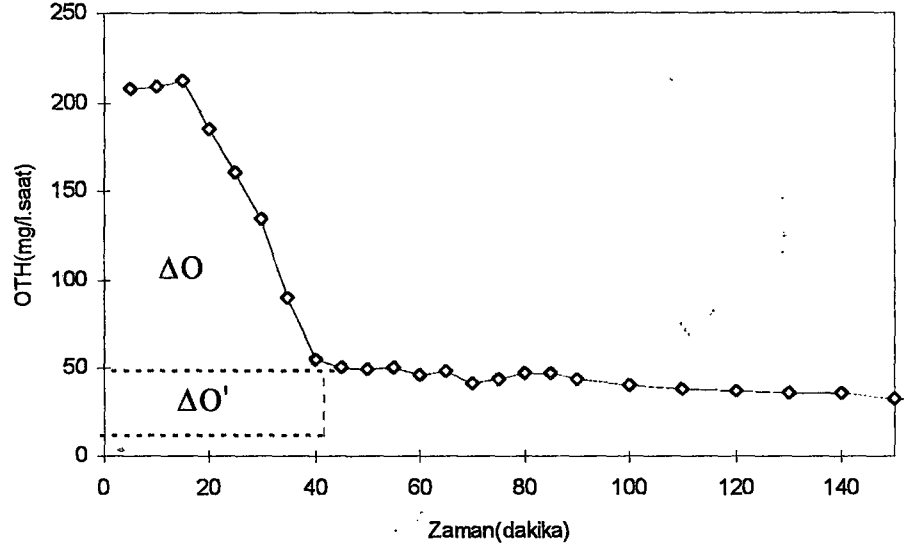
$$Y_H = 1 - (55.36 + 46.94)/(1180 - 850) = 0.69 \text{ mgKOİ/mgKOİ}$$

Kolay Ayrışabilir KOİ ve Yavaş Ayrışabilir KOİ

Polyester boyama atıksuyuna ait S_s deneyi değerleri Tablo 4.33'deki gibidir. Bu değerlere ait grafik ise Şekil 4.21 ' de verilmiştir.

Tablo 4.33 - Polyester S_s deneyi sonuçları

Zaman (dak)	OTH (mg/l.sa)
5	207.6
10	208.8
15	211.6
20	185.4
25	160.8
30	134.64
35	90
40	55.3
45	50.4
50	49.8
55	50.4
60	46.2
65	48
70	42
75	44.1
80	46.8
85	46.8
90	44.1
100	40.2
110	38.4
120	37.2
130	36
140	35.4
150	32



Şekil 4.21 Polyester OTH Profili

$$F/M = 0.8 \text{ mgKOİ/mgAKM}$$

$$V_{ww} = 0.75 \text{ l}$$

$$V_{ml} = 0.15 \text{ l}$$

$$X_T = 1750 \text{ mgUAKM/l}$$

$$Y_H = 0.69 \text{ mgKOİ/mgKOİ}$$

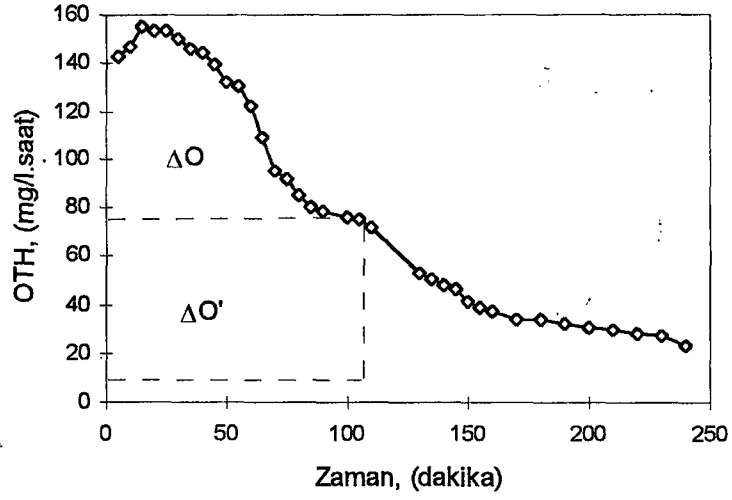
7.5ml Solution A+7.5ml Solution B

$$S_s = \frac{76.67}{(1-0.69)} \cdot \frac{0.915}{0.75} = 300 \text{ mgKOİ/l} \quad \text{ve} \quad X_s = 393 \text{ mgKOİ/l}$$

Pamuklu boyama atıksuyuna ait S_s deneyi değerleri Tablo 4.34'deki gibidir. Bu değerlere ait grafik ise Şekil 4.22 'de verilmiştir.

Tablo 4.34 - Pamuklu S_s deneyi sonuçları

Zaman (dak)	OTH (mg/l.sa)
5	142.8
10	146.4
25	145.8
30	148.8
45	139.2
50	131.7
55	130.4
60	122.4
65	109.2
70	95
75	91.8
80	85
85	80
90	78
100	76
105	75
110	72
130	53
135	50
140	48
145	46
150	41.2
155	38.8
160	37.2
180	33.9
190	32.4
200	30.9
210	30
220	28.2
230	27.6
240	23.1



Şekil 4.22 - Pamuklu OTH Profili

$$F/M = 0.7 \text{ mgKOİ/mgAKM}$$

$$V_{ww} = 1 \text{ l}$$

$$V_{ml} = 0.075 \text{ l}$$

$$X_T = 1495 \text{ mgUAKM/l}$$

$$Y_H = 0.69 \text{ mgKOİ/mgKOİ}$$

10ml Solution A+10ml Solution B

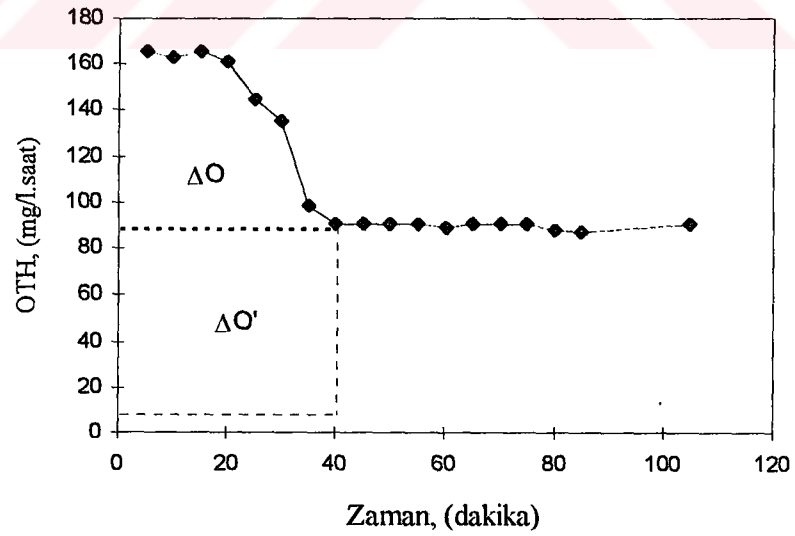
$$S_s = \frac{93.42}{(1-0.69)} \cdot \frac{1.095}{1} = 330 \text{ mgKOİ/l} \quad \text{ve} \quad X_s = 288 \text{ mgKOİ/l}$$

Pamuklu + Polyester boyama atıksuyuna ait S_s deneyi değerleri Tablo 4.35'deki gibidir.

Bu değerlere ait grafik ise Şekil 4.23 ' de verilmiştir.

Tablo 4.35 - Pamuklu + Polyester S_s deneyi sonuçları

Zaman (dak)	OTH (mg/l.sa)
5	165
10	163.2
15	165
20	160.8
25	144.8
30	135.6
35	98.4
40	90
45	90
50	90
55	90
60	88.8
65	90
70	90
75	90
80	87.6
85	87
105	90



Şekil 4.23 - Pamuklu + Polyester OTH Profili

$$F/M = 1.3 \text{ mgKOİ/mgAKM}$$

$$V_{\text{ww}} = 1 \text{ l}$$

$$V_{\text{ml}} = 0.075 \text{ l}$$

$$X_T = 1640 \text{ mgUAKM/l}$$

$$Y_H = 0.69 \text{ mgKOİ/mgKOİ}$$

10ml Solution A+10ml Solution B

$$S_s = \frac{46.94}{(1-0.69)} \cdot \frac{1.095}{1} = 166 \text{ mgKOİ/l} \quad \text{ve} \quad X_s = 598 \text{ mgKOİ/l}$$

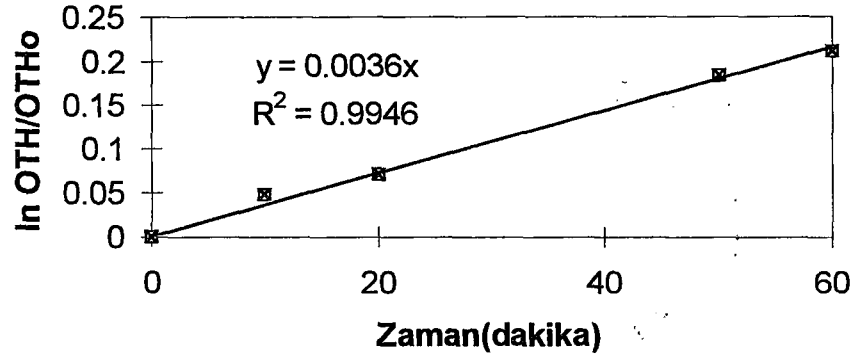
Maksimum Heterotrofik Çoğalma Hızı

Polyester boyama atıksuyuna ait $\hat{\mu}$ deneyi değerleri Tablo 4.36'da verilmiştir.

Tablo 4.36 - Polyester $\hat{\mu}$ deneyi sonuçları

zaman (dakika)	OTH (mg/l.saatt)	ln OTH/OTH ₀ (mg/l.saatt)
0	442.8	0
10	464.4	0.047628
20	475.2	0.070618
50	532.8	0.185028
60	547.2	0.211696

Bu değerlere ait grafik Şekil 4.24 'de verilmektedir.



Şekil 4.24 - Polyester ln (OTH/OTH₀) Profili

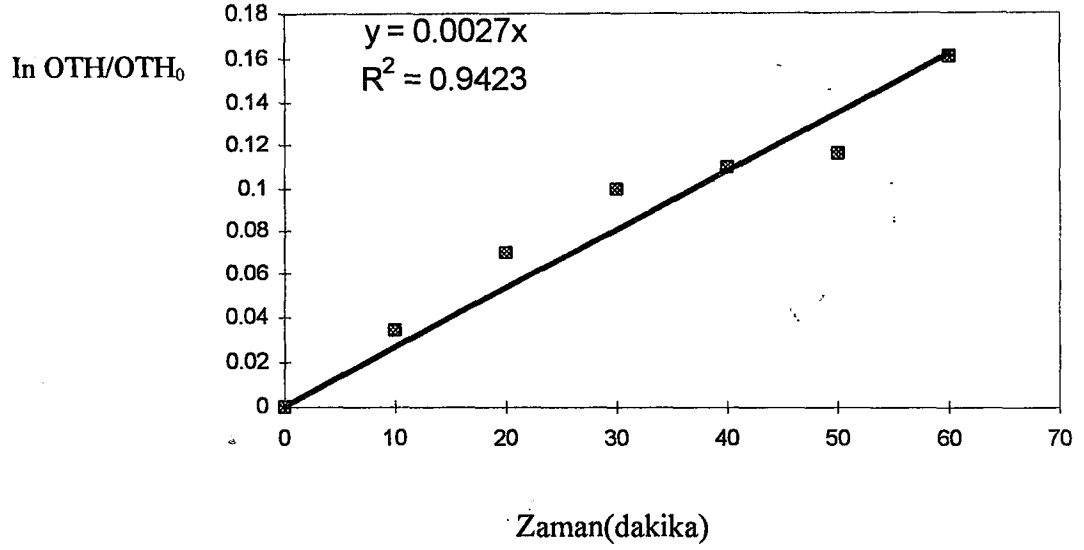
Şekil 4.24'deki grafiğin eğimi $\hat{\mu} - b_H = 5.18$ değerini verir.

Pamuklu boyama atıksuyuna ait $\hat{\mu}$ deneyi değerleri Tablo 4.37'de verilmiştir.

Tablo 4.37 - Pamuklu $\hat{\mu}$ deneyi sonuçları

zaman (dakika)	OTH (mg/l.saat)	ln OTH/OTH ₀ (mg/l.saat)
0	412.8	0
10	427.2	0.034289
20	442.8	0.070155
30	456	0.09953
40	460.8	0.110001
50	463.7	0.116275
60	484.8	0.160773

Bu değerlere ait grafik ise Şekil 4.25 'de verilmektedir.



Şekil 4.25 - Pamuklu ln (OTH/OTH₀) Profili

Şekil 4.25'deki grafiğin eğimi $\hat{\mu} - b_H = 3.88$ değerini verir.

Pamuklu +Polyester boyama atıksuyuna ait $\hat{\mu}$ değeri hesap ile bulunmuştur. Bu hesap aşağıda gösterilmiştir.

$$\hat{\mu} = \frac{0.69 / 1.48}{(1 - 0.69)} \cdot \frac{160.24 \cdot 1.095}{0.97 \cdot 0.075 \cdot 16400} = 5.3$$

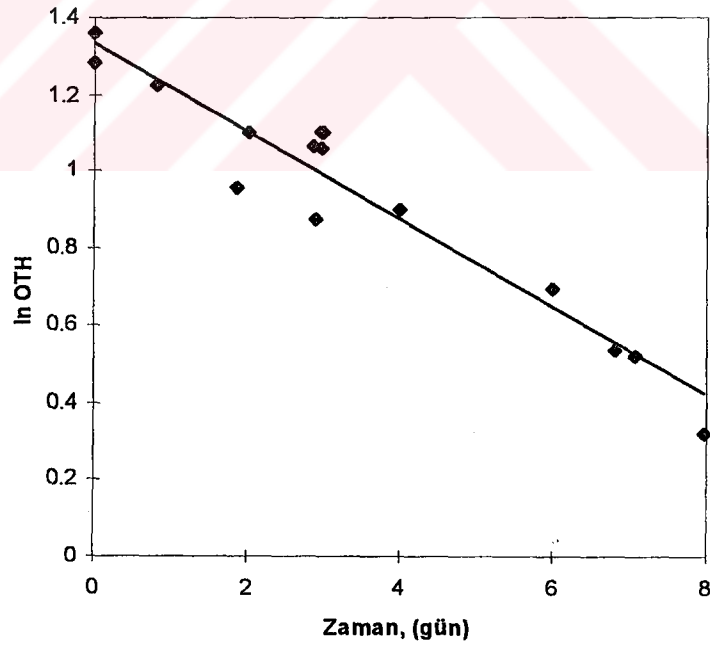
İçsel Solunum Katsayısı

Bu kısımda üç atıksuya ait deney sonuçları verilmektedir. Polyester boyama atıksuyuna ait b_H deneyi değerleri Tablo 4.38'de bulunmaktadır.

Tablo 4.38 - Polyester b_H deneyi sonuçları

zaman (dakika)	OTH (mg/l.saät)	ln OTH (mg/l.saät)
0	3.9	1.360977
8	3.6	1.280934
1170	3.4	1.223775
2677	2.6	0.955511
2920	3	1.098612
4142	2.9	1.064711
4151	2.4	0.875469
4291	3	1.098612
4301	2.88	1.05779
4320	3	1.098612
8620	1.32	0.9
8630	2	0.693147
8645	2	0.693147
9825	1.7	0.530628
10185	1.68	0.518794
11495	1.37	0.314811

Bu değerlere ait grafik Şekil 4.26'da verilmiştir.



Şekil 4.26 - Polyester ln OTH Profili

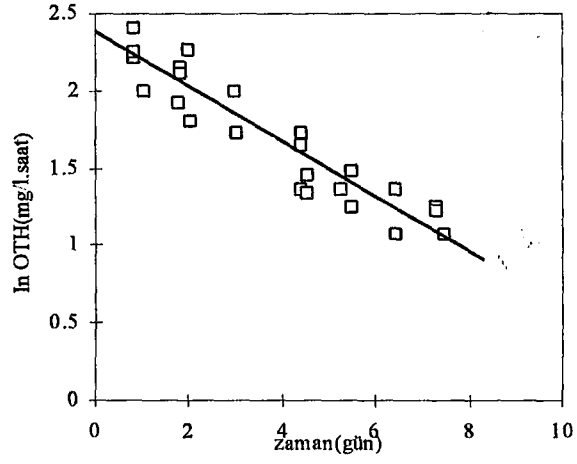
Şekil 4.26'daki grafiğin eğimi $T = 11^{\circ}\text{C}$ 'de $b_H = 0.12$ değerini verir.

Pamuklu boyama atıksuyuna ait b_H deneyi değerleri Tablo 4.39'da bulunmaktadır.

Tablo 4.39 - Pamuklu b_H deneyi sonuçları

Zaman (dakika)	OTH (mg/l.saatt)	ln OTH (mg/l.saatt)
1155	9.2	2.219203
1173	9.5	2.251292
1188	11.1	2.406945
1489	7.4	2.00148
2575	6.84	1.922788
2587	8.6	2.151762
2601	8.3	2.116256
2872	9.7	2.272126
2885	9.7	2.272126
2900	6.1	1.808289
4305	7.4	2.00148
4327	5.6	1.722767
6315	5.2	1.648659
6338	5.6	1.722767
6355	3.9	1.360977
6505	3.8	1.335001
6519	4.3	1.458615
7590	3.9	1.360977
7872	3.5	1.252763
7905	4.4	1.481605
9233	3.9	1.360977
9271	2.9	1.064711
10482	3.5	1.252763
10495	3.42	1.229641
10750	2.9	1.064711

Bu değerlere ait grafik Şekil 4.27'de verilmiştir.



Şekil 4.27 - Pamuklu In OTH Profili

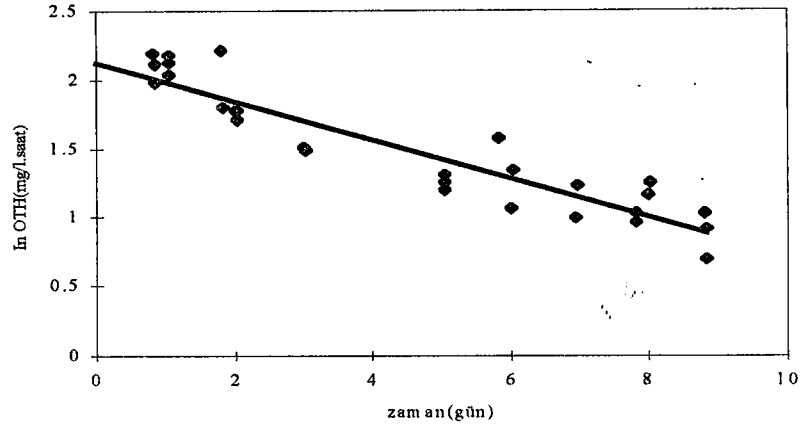
Şekil 4.27'deki grafiğin eğimi $T = 13^{\circ}\text{C}$ 'de $b_H = 0.18$ değerini verir.

Pamuklu + Polyester boyama atıksuyuna ait b_H deneyi değerleri Tablo 4.40'da bulunmaktadır.

Tablo 4.40 - Pamuklu + Polyester b_H deneyi sonuçları

zaman (dakika)	OTH (mg/l.saad)	ln OTH (mg/l.saad)
1190	8.9	2.186051
1205	8.2	2.104134
1223	7.2	1.974081
1500	8.8	2.174752
1512	8.3	2.116256
1524	7.6	2.028148
2605	9.1	2.208274
2635	6	1.791759
2905	5.9	1.774952
2920	5.9	1.774952
2940	5.5	1.704748
4334	4.5	1.504077
4347	4.4	1.481605
4360	4.4	1.481605
7250	3.3	1.193922
7262	3.7	1.308333
7276	3.5	1.252763
8382	4.8	1.568616
8642	2.9	1.064711
8671	3.8	1.335001
10000	2.7	0.993252
10027	3.4	1.223775
11237	2.8	1.029619
11250	2.8	1.029619
11261	2.6	0.955511
11510	3.2	1.163151
11520	3.2	1.163151
11532	3.5	1.252763
12690	2.8	1.029619
12704	2.5	0.916291
12715	2	0.693147

Bu değere ait grafik Şekil 4.28 'de verilmiştir.

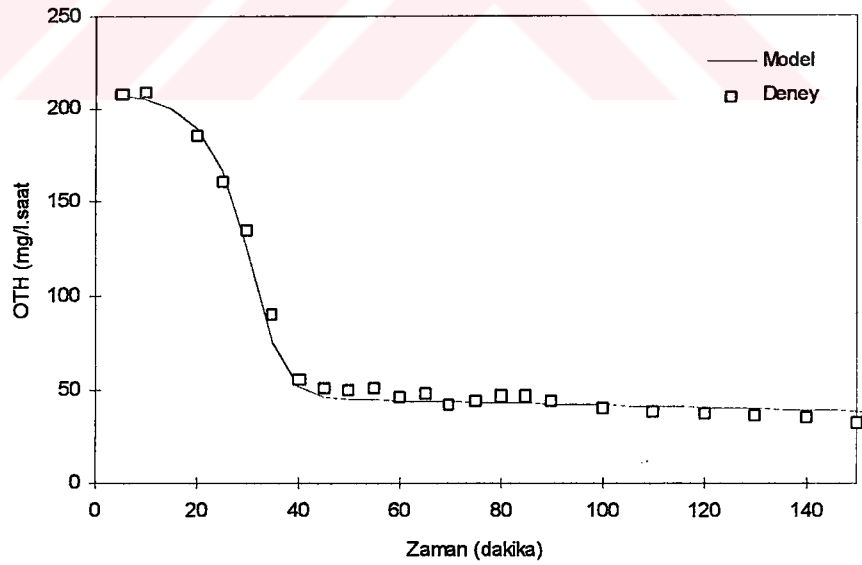


Şekil 4.28 - Pamuklu + Polyester In OTH Profili

Şekil 4.28'deki grafiğin eğimi $T = 13^{\circ}\text{C}$ 'de $b_H = 0.14$ değerini verir.

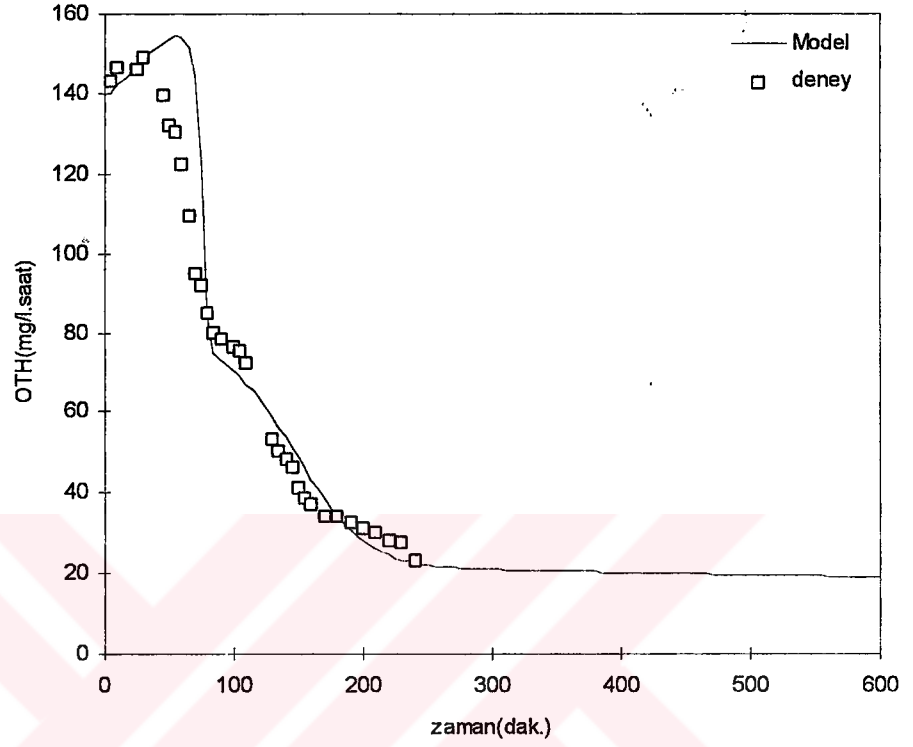
4.3.3. Model İle İlgili Sonuçlar

Polyester atıksuyunun deney sonuçlarının model sonuçları ile karşılaştırılmasını gösteren grafik Şekil 4.29 'dadır. Bu atıksuda içsel solunum modeli kullanılmıştır



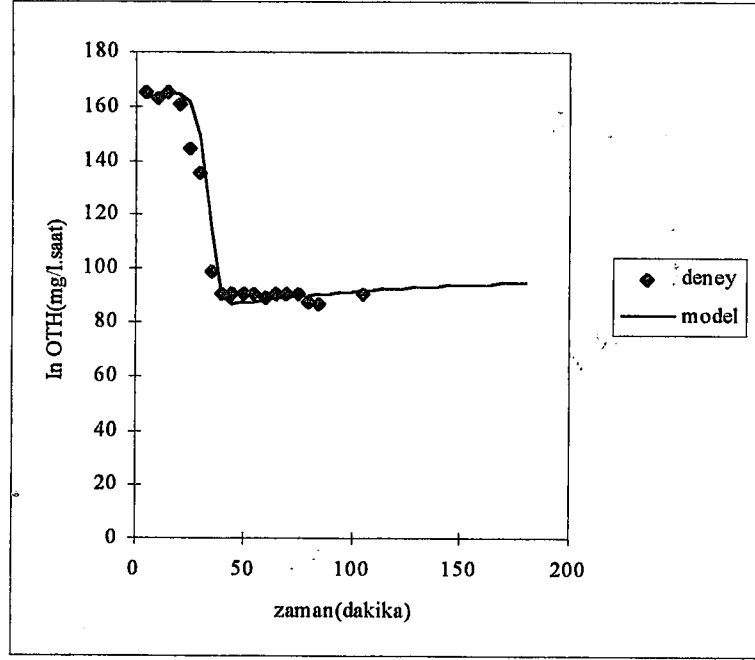
Şekil 4.29 - Polyester Model Grafiği

Pamuklu atıksuyunun deney sonuçlarının model sonuçları ile karşılaştırılmasını gösteren grafik Şekil 4.30'dadır. Bu atıksuda modifiye edilmiş içsel solunum modeli kullanılmıştır.



Şekil 4.30 - Pamuklu Model Grafiği

Pamuklu + Polyester atıksuyunun deney sonuçlarının model sonuçları ile karşılaştırılmasını gösteren grafik Şekil 4.31 'dedir. Bu atıksuda modifiye edilmiş içsel solunum modeli kullanılmıştır.



Şekil 4.31 - Pamuklu + Polyester Model Grafiği

Polyester, pamuklu ve pamuklu + polyester boyama atıksularının kolay ayrışabilir KOİ, yavaş ayrışabilir KOİ, deneysel olarak bulunan kinetik ve stokiometrik katsayıları ile içsel solunum modeli ve modifiye edilmiş içsel solunum modelinden bulunan sabitleri Tablo 4.41' de toplu olarak verilmiştir.

K_{X1} ve k_{h1} : Partiküler yavaş ayrışabilir organik madde için bulunan değerlerdir.

Her atıksu için modelin BASİC programı Ek A'da verilmiştir.

Tablo 4.41 - Üç atıksuya ait deney ve model sonuçları

Atıksular	S_s mg/l	X_s mg/l	S_H mg/l	$\hat{\mu}_H$ d ⁻¹	Y_H gKOİ/ghücreKOİ i	b_H d ⁻¹	K_x gKOİ/ghücreKOİ K_{X1} K_{X2}	K_s mg/l	k_h d ⁻¹ k_{h1} k_{h2}
Polyester	300	393	770	5.3	0.69	0.12	0.65*	25	3.8*
Pamuklu	330	288	335	4.1	0.69	0.18	0.05	5	3
Pamuklu + Polyester	166	598	1275	5.3**	0.69	0.14	0.05	5	3

* = S_H ve X_s ' in toplamından oluşan değerlerdir.

** = hesapla bulunan değer

BÖLÜM 5

SONUÇ VE ÖNERİLER

Son derece karmaşık yapıda olduğu bilinen tekstil endüstrisinden kaynaklanan atıksular için sağlıklı sonuçlar veren yeni bir altkategorizasyon yaklaşımı geliştirebilmek amacı doğrultusunda gerçekleştirilen bu çalışmada, üç ayrı tekstil endüstrisi atıksuyunda KOİ bileşenlerinin ve kinetik ve stokiometrik katsayıların saptanması yönünde deneysel çalışmalar yürütülerek, sözüedilen endüstri dalında en önemli kirletici proseslerden biri olan boyama işlemleri incelenmiştir. Polyester, pamuklu ve pamuklu - polyester karışımı örgü kumaş boyama proses atıksuları deneylerde kullanılmıştır. Çalışmada elde edilen sonuçlar ve öneriler aşağıda verilmektedir.

1 - Tekstil endüstrisinde kullanılan altkategorizasyon özellikle arıtılabilirlik açısından yeterli duyarlılığı verememektedir.

2 - Tekstil endüstrisindeki değişken yapı atıksu özelliklerine de yansıdığından literatürde kirletici parametreler ile üretim proseslerinin ilişkisini ortaya koyan, boyama işlemlerini tanımlayan bir matrisin geliştirildiği rapor edilmektedir. Söz konusu matrise işlerlik kazandırabilmek için matriste yer alan atıksular günümüz biyoteknoloji anlayışını içerir şekilde incelenmelidir. Bu nedenle bu matris bileşenlerinden üç tanesi üzerinde deneysel çalışma yürütülmüştür. Çalışmadan elde edilen bulgular aşağıdaki şekilde özetlenebilir.

a - i) Literatürde verilen çeşitli yöntemlerle saptanan inert KOİ bileşenleri Tablo 5.1' de verilmektedir.

Ayrıca bu çalışma çerçevesinde inert KOİ bileşenlerinin deneysel olarak belirlenmesinde kullanılan farklı çaplardaki filtrelerin etkisinin ortaya konması amacıyla iki farklı filtre (AP40, membran) kağıdı ile çeşitli inert KOİ saptama yöntemlerinin sonuçları da verilmektedir. Değişik yöntemlerle elde edilen S_t değerleri değişmezken buna karşı elde edilen X_t değerlerinde büyük farklılıklar görülmektedir. Aynı şekilde farklı filtre kağıtlarından yapılan süzme işlemlerinde elde edilen X_t değerlerinde farklı olduğu görülmektedir. Bu konu üzerinde daha detaylı çalışmaların yapılması gerekmektedir.

ii) Sadece AP40 ve II.yöntem kullanılarak bulunan inert KOİ bileşenleri Tablo 5.2’de verilmektedir.

b - Bulunan kinetik ve stokiometrik katsayılar Tablo 5.3’te verilmektedir.

3 - Yeni altkategorizasyon yapısının oluşturulabilmesi için bu çalışmada uygulanan deneysel araştırmanın diğer matris bileşenleri üzerinde de gerçekleştirilmesi önerilmektedir.

, Tablo 5.1 - Literatürde verilen çeşitli yöntemlerle saptanan inert KOİ bileşenleri

II. YÖNTEM					III. YÖNTEM					IV. YÖNTEM				
atıksu	C _{T0} mg/l	S _I mg/l	X _I mg/l	S _P mg/l	C _{T0} mg/l	S _I mg/l	X _I mg/l	S _P mg/l	C _{T0} mg/l	S _I mg/l	X _I mg/l	S _P mg/l		
atıksu 1	2031	415	107	378					2031		111			
atıksu 2 (AP40)	1520	258	17	47	1520	221	295	84						
atıksu 2 (memb)	1520	279	2	4	1520	234	827	49						
atıksu 3 (AP40)	2446	250	112	140	2446	255	37	135	2446		253			
atıksu 3 (memb)	2446	228	539	70	2446	225	605	73	2446		360			

atıksu 1= polyester

atıksu 2 = pamuklu

atıksu 3 = pamuklu - polyester

Tablo 5.2 - Sadece AP40 ve II yöntem kullanılarak bulunan inert KOİ bileşenleri

atıksu	C_{T1} mg/l	S_{T1} mg/l	S_{S1} mg/l	S_{H1} mg/l	X_{S1} mg/l	X_{H1} mg/l	S_{S1}/C_{T1}	S_{H1}/C_{T1}	X_{S1}/C_{T1}	X_{H1}/C_{T1}
atıksu 1	1985	1485	300	415	770	107	0.15	0.21	0.19	0.06
atıksu 2	1470	1165	330	258	577	17	0.22	0.18	0.19	0.01
atıksu 3	2400	1690	166	250	1274	112	0.07	0.10	0.25	0.05

atıksu 1= polyester

atıksu 2 = pamuklu

atıksu 3 = pamuklu - polyester

Tablo 5.3 - Bulunan kinetik ve stokiometrik katsayılar

Atıksular	$\hat{\mu}_H$ d ⁻¹	Y_H gKOİ/ghücreKOİ	b_H d ⁻¹	K_X gKOİ/ghücreKOİ		K_S mg l ⁻¹	k_h d ⁻¹	
				K_{X1}	K_{X2}		k_{h1}	k_{h2}
Polyester	5.3	0.69	0.12	0.65*		25	3.8*	
Pamuklu	4.1	0.69	0.18	0.05	0.5	5	3	1
Pamuklu + Polyester	5.3**	0.69	0.14	0.05	0.2	5	3	1

* = S_H ve X_S' in toplamından oluşan değerlerdir.

** = hesapla bulunan değer

KAYNAKLAR

- APHA, WWA, WPCF, (1989), Standart Methods for the Examination of Water and Wastewater, 17 th Edition, American Public Health Association, Washington D.C.
- CHUDoba, J., (1967), Residual Organic Matter in Activated Sludge Process Effluents. I. Degradation of Saccharides, Fatty Acids and Amino Acids Under Batch Conditions, Sci. Pap. Inst. Chem. Technol. , Prague, F12 , pp. 39 - 76.
- ÇİMŞİT, Y., (1986), Ardışık Kesikli Reaktörlerle Kuvvetli Atıksuların Arıtım Esasları, Ph.D. Thesis, İstanbul Teknik Üniversitesi.
- DAIGGER, G. T. , GRADY, C.P.L. Jr. , (1977), A Model for Biooxidation Process Based on Product Formation Concepts , Wat. Res. , Vol. 11 , pp. 1049 - 1057.
- DANGS, J.S. , HARVEY, D.M. , JOBBAGY, A. , GRADY, C.P.L.Jr. , (1989), Evaluation of Biodegradation Kinetics with Respirometric Data, Research J. Wat. Pollut. Control Fed. , Vol. 61 , 11/12, pp. 1711 - 1721
- ECKHOFF, D.W. , JENKINS, D. , (1967), Activated Sludge Systems Kinetics of the Steady and Transient States, SERL Report , No. 67 - 12, Berkeley
- EKAMA, G.A. , DOLD, P.L. , MARAIS, G.V.R. , (1986), Procedures For Determining Influent COD Fractions and the Maximum Specific Growth Rate of Heterotrophs in Activated Sludge Systems, Wat. Sci. Tech., Vol. 18, pp. 91 - 114.
- EPA Textile Industry Catalogue (1978)
- GAUDY, A. F.Jr. , BLANCHY, T.R. ,(1985) A Study of the biodegradability of Residual COD. , J.Wat. Pollut. Control Fed. , Vol .43, No.4, p.p.332.
- GAUDY, A. F.Jr. , GAUDY, E.T. , (1971), Biological Concepts for Design and Operation of the Activated Sludge Process, US Environmental Protection Agency Water Pollution Research Series, Report No. 17090, FQJ 09 / 71, US EPA, Washington D.C.

- GERMİRLİ, F. , (1990), The Incremental and Comparison Methods for the Assessment of Initial Soluble Inert COD, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi.
- GERMİRLİ, F. , ORHON, D. , ARTAN, N. , (1991), Assessment of the Initial Inert Soluble COD in Industrial Wastewaters, Wat.Sci.Tech. , Vol.23, p.p.1077 - 1086
- GERMİRLİ, F. , ORHON, D. , ARTAN, N. , UBAY, E. , GÖRGÜN, E. , (1993b), Effect of Two-Stage Treatment on the Biological Treatability of Industrial Wastes, Wat.Sci. Tech. , Vol.28, No.2, p.p.145 - 154.
- GERMİRLİ, F. , BRTONE, G. , ORHON, D. , TILCHE, A. , (1993a), Fate of Residuals in Nitrification - Denitrification Treatment of Piggery Wastewaters, Bioresource Technology 45, p.p.205 - 211.
- GERMİRLİ, F. , ORHON, D. , TÜNAY, O. , (1990a), Tekstil Endüstrisinde Atıksu Özelliklerini Etkileyen Faktörler - Örnek Tesislerde Uygulamsı, İ.T.Ü. 2. Endüstriyel Kirlenme Sempozyumu 90, Bildiriler Kitabı, syf. 95 - 108, İstanbul, Eylül.
- GERMİRLİ, F. , TÜNAY, O. , ORHON, D. , (1990b), An Overview of the Textile Industry in Turkey - Pollution Profiles and Treatability Characteristics, Wat.Sci.Tech. , Vol.22, No.9, p.p.265 - 274.
- GERMİRLİ, F. , TÜNAY, O. , MERİÇ, S. , (1996), A Systematic Approach to Assess the Pollution Characteristics in the Textile Industry, Fresenius Environmental Bulletin.
- GÖKNİL, H. , TORÖZ, İ. , ÇİMŞİT, Y. , (1984)Endüstriyel Atıksuların Kontrol ve Kısıtlama Esasları Projesi, Tekstil Endüstrisi, İ.T.Ü. Çevre ve Şehircilik Uygulama Araştırma Merkezi, Aralık.
- GRADY, C.P.L.Jr. , WILLIAMS, D.R. , (1975), Effects of Influent Substrate Concentration on the kinetics of Natural Microbial Populations in Continuous Culture, Water Res. , Vol.9, p.p.171 - 180.
- GRADY, C.P.L.Jr. , LIM, H.C. , (1980), Biological Wastewater Treatment: Theory and Applications, Marcel Dekker Inc. , New York.

- GRADY, C.P.L.Jr. , DANG, J.S. , HARVEY, D.M. , JOBBAGY, A. , WANG, X.L. , (1989), Determination of Biodegradation Kinetics Through Use of Electrolytic Respirometry, Wat.Sci.Tech. , Vol.21, p.p.957 - 968.
- HENZE, M. , GRADY, C.P.L.Jr. , GUJER, W. , MARAIS, G.V.R. , MATSUO, T. , (1987), IAWPRC Task Group Report on Mathematical Modelling for Design and Operation of Biological Wastewater Treatment, Final Report.
- KAPPELER, J. ,GUJER, W. , (1992), Estimation of Kinetic Parameters of Heterotrophic Biomass Under Aerobic Conditions and Characterization of Wastewater for Activated Sludge Modelling, Wat.Sci.Tech. , Vol.25. p.p.125 - 139.
- MARAIS, G.V.R. ,EKAMA, G.S. , (1976), The Activated Sludge Process, Part I - Steady State Behavior, Water SA, Vol.2 ,4, 164.
- METCALF, EDDY, (1981), Wastewater Engineering Treatment Disposal Reuse, Mc Graw Hill, New York.
- ORHON, D. , ARTAN, N. , Activated Sludge Systems, (1994), Technomic Publishing Co. , Inc. , Lancaster Basel. 761018.
- ORHON, D. , ARTAN, N. , ÇİMŞİT, Y. , (1989), The Concept of Soluble Residual Product Formation in the Modelling of Activated Sludge, Wat.Sci.Tech. , Vol.21, p.p.339 - 350.
- ORHON, D. , ARTAN, N. , ATEŞ, E. , (1994), A Description of Three Methods for the Determination of the Initial Inert Particulate Chemical Oxygen Demand of Wastewater, J.Chem.Tech.Biotechnol. 61. , p.p.73 - 80.
- SOLLFRANK, U. , GUJER, W. , (1991), Characterization of Domestic Wastewater for Mathematical Modelling of the Activated Sludge Process, Wat.Sci.Tech. Vol.23, p.p.1057 - 1066.
- SU KİRLİLİĞİ YÖNETMELİĞİ , 4 Mayıs 1988 Pazar tarihli Resmi Gazete ' de yayınlanan 19919 sayılı Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği
- UBAY, ÇOKGÖR, E. , (1997), Aerobik Sistemlerde Proses Stokiyometrisi ve Kinetiğinin Respirometrik Olarak Değerlendirilmesi, Doktora Tezi , İstanbul Teknik Üniversitesi.

EKLER



```

OPEN "o", #1, "1.son"
50 YH = .69: FP = .2: KS = 25: KOH = .001: BH = .12
60 KH = 3.8: MH = 5.3: KX = .65
85 SC = 10: KLA = 500:
90 PRINT
100 T = 0
145 TT = 10
146 BT = 5
150 SS = 256: SQ = 8:
155 XH = 2200: XS = 750: XP = 0:
180 PRINT
260 E1 = 1 / 6
270 PRINT
285 INPUT " DT (as second) = "; DT
290 H = DT / 86400!: PRINT "DT = "; DT; " second = "; H; " days"
293 PRINT
295 PRINT ; "T*1400  SS    XS    XH    XP    SO    OUR"
300 DEF FNSS (T, SS, XS, XH) = -(MH / YH) * SS / (KS + SS) * XH + KH * (XS
/ XH) / (KX + XS / XH) * XH
310 DEF FNXS (T, XS, XH) = -KH * (XS / XH) / (KX + XS / XH) * XH
320 DEF FNXH (T, SS, XH) = MH * SS / (KS + SS) * XH - BH * XH
330 DEF FNXP (T, XP, XH) = FP * BH * XH
340 DEF FNSO (T, SO, SS, XH) = KLA * (SC - SO) - (1 - YH) / YH * MH * SS /
(KS + SS) * XH - (1 - FP) * BH * XH
430 PRINT
440 jj = BT * 60 / DT
450 FOR I = 1 TO (TT * 60 * 60 / DT)
455 IF SO < 0 THEN SO = 0
456 IF SS < 0 THEN SS = 0
460 KA1 = FNSS(T, SS, XS, XH) * H
470 KA2 = FNXS(T, XS, XH) * H
480 KA3 = FNXH(T, SS, XH) * H
500 KA5 = FNXP(T, XP, XH) * H
510 KA6 = FNSO(T, SO, SS, XH) * H
580 TH2 = T + H / 2
590 SS2 = SS + .5 * KA1
600 XS2 = XS + .5 * KA2
610 XH2 = XH + .5 * KA3
630 XP2 = XP + .5 * KA5
640 SO2 = SO + .5 * KA6
645 IF SO2 < 0 THEN SO2 = 0
646 IF SS < 0 THEN SS = 0
710 KB1 = FNSS(TH2, SS2, XS2, XH2) * H
720 KB2 = FNXS(TH2, XS2, XH2) * H

```

```

730 KB3 = FNXH(TH2, SS2, XH2) * H
750 KB5 = FNXP(TH2, XP2, XH2) * H
760 KB6 = FNSO(TH2, SO2, SS2, XH2) * H
830 SS3 = SS + .5 * KB1
840 XS3 = XS + .5 * KB2
850 XH3 = XH + .5 * KB3
870 XP3 = XP + .5 * KB5
880 SO3 = SO + .5 * KB6
885 IF SO3 < 0 THEN SO3 = 0
886 IF SS < 0 THEN SS = 0
950 KC1 = FNSS(TH2, SS3, XS3, XH3) * H
960 KC2 = FNXS(TH2, XS3, XH3) * H
970 KC3 = FNXH(TH2, SS3, XH3) * H
990 KC5 = FNXP(TH2, XP3, XH3) * H
1000 KC6 = FNSO(TH2, SO3, SS3, XH3) * H
1070 TH = T + H
1080 SS4 = SS + KC1
1090 XS4 = XS + KC2
1100 XH4 = XH + KC3
1120 XP4 = XP + KC5
1130 SO4 = SO + KC6
1135 IF SO4 < 0 THEN SO4 = 0
1136 IF SS < 0 THEN SS = 0
1200 KD1 = FNSS(TH, SS4, XS4, XH4) * H
1210 KD2 = FNXS(TH, XS4, XH4) * H
1220 KD3 = FNXH(TH, SS4, XH4) * H
1240 KD5 = FNXP(TH, XP4, XH4) * H
1250 KD6 = FNSO(TH, SO4, SS4, XH4) * H
1320 SS = SS + E1 * (KA1 + 2 * KB1 + 2 * KC1 + KD1)
1330 XS = XS + E1 * (KA2 + 2 * KB2 + 2 * KC2 + KD2)
1340 XH = XH + E1 * (KA3 + 2 * KB3 + 2 * KC3 + KD3)
1360 XP = XP + E1 * (KA5 + 2 * KB5 + 2 * KC5 + KD5)
1370 SO = SO + E1 * (KA6 + 2 * KB6 + 2 * KC6 + KD6)
1431 IF SO < 0 THEN SO = 0
1433 IF SS < 0 THEN SS = 0
1440 T = T + H
1449 OUR = ((1 - YH) / YH * MH * SS / (KS + SS) * XH + (1 - FP) * BH * XH) /
24
1450 IF (I / (BT * 60 / DT) - INT(I / (BT * 60 / DT))) > 0 THEN 1540
1486 PRINT USING "####"; 1440 * T;
1487 PRINT #1, USING "####"; 1440 * T;
1495 PRINT USING "#####.###"; SS; XS; XH; XP; SO; OUR
1496 PRINT #1, USING "#####.###"; OUR
1530 jj = jj + (BT * 60 / DT)
1540 NEXT I
1550 END

```

```

OPEN "o", #1, "1.son"
50 YH = .69: FP = .2: KS = 5: KOH = .01: BH = .18
60 KH1 = 3: KH2 = 1: MH = 4.1: KX1 = .05: KX2 = .5
85 SC = 10: KLA = 700:
90 PRINT
100 T = 0
145 TT = 10
146 BT = 5
150 SS = 300: SO = 7:
155 XH = 1700: XSS = 450: XSP = 518: XP = 0:
180 PRINT
260 E1 = 1 / 6
270 PRINT
285 INPUT " DT (as second) = "; DT
290 H = DT / 86400!: PRINT "DT = "; DT; " second = "; H; " days"
293 PRINT
295 PRINT ; "T*1400  SS    XSS    XSP    XH    XP    SO    OUR"
300 DEF FNSS (T, SS, XSS, XSP, SO, XH) = -(MH / YH) * SS / (KS + SS) * SO /
(KOH + SO) * XH + KH1 * (XSS / XH) / (KX1 + XSS / XH) * XH * SO / (KOH +
SO) + KH2 * (XSP / XH) / (KX2 + XSP / XH) * XH * SO / (KOH + SO)
310 DEF FNXSS (T, XSS, XH, SO) = -KH1 * (XSS / XH) / (KX1 + XSS / XH) *
XH * SO / (KOH + SO)
315 DEF FNXSP (T, XSP, XH, SO) = -KH2 * (XSP / XH) / (KX2 + XSP / XH) *
XH * SO / (KOH + SO)
320 DEF FNXH (T, SS, SO, XH) = MH * SS / (KS + SS) * SO / (KOH + SO) * XH
- BH * XH * SO / (KOH + SO)
330 DEF FNXP (T, XP, XH, SO) = FP * BH * XH * SO / (KOH + SO)
340 DEF FNSO (T, SO, SS, XH) = KLA * (SC - SO) - (1 - YH) / YH * MH * SS /
(KS + SS) * SO / (KOH + SO) * XH - (1 - FP) * BH * XH * SO / (KOH + SO)
430 PRINT
450 FOR I = 1 TO (TT * 60 * 60 / DT)
455 IF SO < 0 THEN SO = 0
456 IF SS < 0 THEN SS = 0
457 IF XSS < 0 THEN XSS = 0
458 IF XSP < 0 THEN XSP = 0
460 KA1 = FNSS(T, SS, XSS, XSP, SO, XH) * H
470 KA2 = FNXSS(T, XSS, XH, SO) * H
475 KA3 = FNXSP(T, XSP, XH, SO) * H
480 KA4 = FNXH(T, SS, SO, XH) * H
500 KA5 = FNXP(T, XP, XH, SO) * H
510 KA6 = FNSO(T, SO, SS, XH) * H
580 TH2 = T + H / 2
590 SS2 = SS + .5 * KA1
600 XSS2 = XSS + .5 * KA2
605 XSP2 = XSP + .5 * KA3
610 XH2 = XH + .5 * KA4
630 XP2 = XP + .5 * KA5
640 SO2 = SO + .5 * KA6

```

```

645 IF SO2 < 0 THEN SO2 = 0
646 IF SS2 < 0 THEN SS2 = 0
647 IF XSS2 < 0 THEN XSS2 = 0
648 IF XSP2 < 0 THEN XSP2 = 0
710 KB1 = FNSS(TH2, SS2, XSS2, XSP2, SO2, XH2) * H
720 KB2 = FNXSS(TH2, XSS2, XH2, SO2) * H
725 KB3 = FNXSP(TH2, XSP2, XH2, SO2) * H
730 KB4 = FNXH(TH2, SS2, SO2, XH2) * H
750 KB5 = FNXP(TH2, XP2, XH2, SO2) * H
760 KB6 = FNSO(TH2, SO2, SS2, XH2) * H
830 SS3 = SS + .5 * KB1
840 XSS3 = XSS + .5 * KB2
845 XSP3 = XSP + .5 * KB3
850 XH3 = XH + .5 * KB4
870 XP3 = XP + .5 * KB5
880 SO3 = SO + .5 * KB6
885 IF SO3 < 0 THEN SO3 = 0
886 IF SS3 < 0 THEN SS3 = 0
887 IF XSS3 < 0 THEN XSS3 = 0
888 IF XSP3 < 0 THEN XSP3 = 0
950 KC1 = FNSS(TH2, SS3, XSS3, XSP3, SO3, XH3) * H
960 KC2 = FNXSS(TH2, XSS3, XH3, SO3) * H
965 KC3 = FNXSP(TH2, XSP3, XH3, SO3) * H
970 KC4 = FNXH(TH2, SS3, SO3, XH3) * H
990 KC5 = FNXP(TH2, XP3, XH3, SO3) * H
1000 KC6 = FNSO(TH2, SO3, SS3, XH3) * H
1070 TH = T + H
1080 SS4 = SS + KC1
1090 XSS4 = XSS + KC2
1095 XSP4 = XSP + KC3
1100 XH4 = XH + KC4
1120 XP4 = XP + KC5
1130 SO4 = SO + KC6
1135 IF SO4 < 0 THEN SO4 = 0
1136 IF SS4 < 0 THEN SS4 = 0
1137 IF XSS4 < 0 THEN XSS4 = 0
1138 IF XSP4 < 0 THEN XSP4 = 0
1200 KD1 = FNSS(TH, SS4, XSS4, XSP4, SO4, XH4) * H
1210 KD2 = FNXSS(TH, XSS4, XH4, SO4) * H
1215 KD3 = FNXSP(TH, XSP4, XH4, SO4) * H
1220 KD4 = FNXH(TH, SS4, SO4, XH4) * H
1240 KD5 = FNXP(TH, XP4, XH4, SO4) * H
1250 KD6 = FNSO(TH, SO4, SS4, XH4) * H
1320 SS = SS + E1 * (KA1 + 2 * KB1 + 2 * KC1 + KD1)
1330 XSS = XSS + E1 * (KA2 + 2 * KB2 + 2 * KC2 + KD2)
1335 XSP = XSP + E1 * (KA3 + 2 * KB3 + 2 * KC3 + KD3)
1340 XH = XH + E1 * (KA4 + 2 * KB4 + 2 * KC4 + KD4)
1360 XP = XP + E1 * (KA5 + 2 * KB5 + 2 * KC5 + KD5)

```

```

1370 SO = SO + E1 * (KA6 + 2 * KB6 + 2 * KC6 + KD6)
1430 IF SO < 0 THEN SO = 0
1431 IF SS < 0 THEN SS = 0
1432 IF XSS < 0 THEN XSS = 0
1433 IF XSP < 0 THEN XSP = 0
1440 T = T + H
1449 OUR = ((1 - YH) / YH * MH * SS / (KS + SS) * SO / (KOH + SO) * XH + (1
- FP) * BH * XH * SO / (KOH + SO)) / 24
1450 IF (I / (BT * 60 / DT) - INT(I / (BT * 60 / DT))) > 0 THEN 1540
1486 PRINT USING "###"; 1440 * T;
1487 PRINT #1, USING "###"; 1440 * T;
1495 PRINT USING "#####.###"; SS; XSS; XSP; XH; OUR
1496 PRINT #1, USING "#####.###"; SS; XSS; XSP; XH; OUR
1540 NEXT I
1550 END

```

```

OPEN "o", #1, "1.son"
50 YH = .69: FP = .2: KS = 5: KOH = .01: BH = .14
60 KH1 = 3: KH2 = 1: MH = 5.3: KX1 = .05: KX2 = .2
85 SC = 10: KLA = 700:
90 PRINT
100 T = 0
145 TT = 10
146 BT = 5
150 SS = 151: SO = 7:
155 XH = 1600: XSS = 1164: XSP = 545: XP = 0:
180 PRINT
260 E1 = 1 / 6
270 PRINT
285 INPUT " DT (as second) = "; DT
290 H = DT / 86400!: PRINT "DT = "; DT; " second = "; H; " days"
293 PRINT
295 PRINT ; "T*1400  SS    XSS    XSP    XH    XP    SO    OUR"
300 DEF FNSS (T, SS, XSS, XSP, SO, XH) = -(MH / YH) * SS / (KS + SS) * SO /
(KOH + SO) * XH + KH1 * (XSS / XH) / (KX1 + XSS / XH) * XH * SO / (KOH +
SO) + KH2 * (XSP / XH) / (KX2 + XSP / XH) * XH * SO / (KOH + SO)
310 DEF FNXSS (T, XSS, XH, SO) = -KH1 * (XSS / XH) / (KX1 + XSS / XH) *
XH * SO / (KOH + SO)
315 DEF FNXSP (T, XSP, XH, SO) = -KH2 * (XSP / XH) / (KX2 + XSP / XH) *
XH * SO / (KOH + SO)

```

```

320 DEF FNXH (T, SS, SO, XH) = MH * SS / (KS + SS) * SO / (KOH + SO) * XH
- BH * XH * SO / (KOH + SO)
330 DEF FNXP (T, XP, XH, SO) = FP * BH * XH * SO / (KOH + SO)
340 DEF FNSO (T, SO, SS, XH) = KLA * (SC - SO) - (1 - YH) / YH * MH * SS /
(KS + SS) * SO / (KOH + SO) * XH - (1 - FP) * BH * XH * SO / (KOH + SO)
430 PRINT
450 FOR I = 1 TO (TT * 60 * 60 / DT)
455 IF SO < 0 THEN SO = 0
456 IF SS < 0 THEN SS = 0
457 IF XSS < 0 THEN XSS = 0
458 IF XSP < 0 THEN XSP = 0
460 KA1 = FNSS(T, SS, XSS, XSP, SO, XH) * H
470 KA2 = FNXSS(T, XSS, XH, SO) * H
475 KA3 = FNXSP(T, XSP, XH, SO) * H
480 KA4 = FNXH(T, SS, SO, XH) * H
500 KA5 = FNXP(T, XP, XH, SO) * H
510 KA6 = FNSO(T, SO, SS, XH) * H
580 TH2 = T + H / 2
590 SS2 = SS + .5 * KA1
600 XSS2 = XSS + .5 * KA2
605 XSP2 = XSP + .5 * KA3
610 XH2 = XH + .5 * KA4
630 XP2 = XP + .5 * KA5
640 SO2 = SO + .5 * KA6
645 IF SO2 < 0 THEN SO2 = 0
646 IF SS2 < 0 THEN SS2 = 0
647 IF XSS2 < 0 THEN XSS2 = 0
648 IF XSP2 < 0 THEN XSP2 = 0
710 KB1 = FNSS(TH2, SS2, XSS2, XSP2, SO2, XH2) * H
720 KB2 = FNXSS(TH2, XSS2, XH2, SO2) * H
725 KB3 = FNXSP(TH2, XSP2, XH2, SO2) * H
730 KB4 = FNXH(TH2, SS2, SO2, XH2) * H
750 KB5 = FNXP(TH2, XP2, XH2, SO2) * H
760 KB6 = FNSO(TH2, SO2, SS2, XH2) * H
830 SS3 = SS + .5 * KB1
840 XSS3 = XSS + .5 * KB2
845 XSP3 = XSP + .5 * KB3
850 XH3 = XH + .5 * KB4
870 XP3 = XP + .5 * KB5
880 SO3 = SO + .5 * KB6
885 IF SO3 < 0 THEN SO3 = 0
886 IF SS3 < 0 THEN SS3 = 0
887 IF XSS3 < 0 THEN XSS3 = 0
888 IF XSP3 < 0 THEN XSP3 = 0
950 KC1 = FNSS(TH2, SS3, XSS3, XSP3, SO3, XH3) * H
960 KC2 = FNXSS(TH2, XSS3, XH3, SO3) * H
965 KC3 = FNXSP(TH2, XSP3, XH3, SO3) * H
970 KC4 = FNXH(TH2, SS3, SO3, XH3) * H

```

```

990 KC5 = FNXP(TH2, XP3, XH3, SO3) * H
1000 KC6 = FNSO(TH2, SO3, SS3, XH3) * H
1070 TH = T + H
1080 SS4 = SS + KC1
1090 XSS4 = XSS + KC2
1095 XSP4 = XSP + KC3
1100 XH4 = XH + KC4
1120 XP4 = XP + KC5
1130 SO4 = SO + KC6
1135 IF SO4 < 0 THEN SO4 = 0
1136 IF SS4 < 0 THEN SS4 = 0
1137 IF XSS4 < 0 THEN XSS4 = 0
1138 IF XSP4 < 0 THEN XSP4 = 0
1200 KD1 = FNSS(TH, SS4, XSS4, XSP4, SO4, XH4) * H
1210 KD2 = FNXSS(TH, XSS4, XH4, SO4) * H
1215 KD3 = FNXSP(TH, XSP4, XH4, SO4) * H
1220 KD4 = FNXH(TH, SS4, SO4, XH4) * H
1240 KD5 = FNXP(TH, XP4, XH4, SO4) * H
1250 KD6 = FNSO(TH, SO4, SS4, XH4) * H
1320 SS = SS + E1 * (KA1 + 2 * KB1 + 2 * KC1 + KD1)
1330 XSS = XSS + E1 * (KA2 + 2 * KB2 + 2 * KC2 + KD2)
1335 XSP = XSP + E1 * (KA3 + 2 * KB3 + 2 * KC3 + KD3)
1340 XH = XH + E1 * (KA4 + 2 * KB4 + 2 * KC4 + KD4)
1360 XP = XP + E1 * (KA5 + 2 * KB5 + 2 * KC5 + KD5)
1370 SO = SO + E1 * (KA6 + 2 * KB6 + 2 * KC6 + KD6)
1430 IF SO < 0 THEN SO = 0
1431 IF SS < 0 THEN SS = 0
1432 IF XSS < 0 THEN XSS = 0
1433 IF XSP < 0 THEN XSP = 0
1440 T = T + H
1449 OUR = ((1 - YH) / YH * MH * SS / (KS + SS) * SO / (KOH + SO) * XH + (1 - FP) * BH * XH * SO / (KOH + SO)) / 24
1450 IF (I / (BT * 60 / DT) - INT(I / (BT * 60 / DT))) > 0 THEN 1540
1486 PRINT USING "####", 1440 * T;
1487 PRINT #1, USING "####", 1440 * T;
1495 PRINT USING "#####.###", SS; XSS; XSP; XH; OUR
1496 PRINT #1, USING "#####.###", SS; XSS; XSP; XH; OUR
1540 NEXT I
1550 END

```

2025 RELEASE UNDER E.O. 14176

ÖZGEÇMİŞ

Berna YAPRAKLI, 1972 yılında Elazığ'da doğdu. İlk okulu Elazığ Atatürk İlkokulu'nda, ortaokul ve liseyi Elazığ Anadolu Lisesi'nde tamamladı. 1990 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü'nde yüksek öğrenimine başladı. 1994 yılında lisans diplomasını alarak yine aynı yıl İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde Yüksek lisans eğitimi almaya hak kazandı. Halen bu eğitime devam etmektedir.

