

ESKİŞEHİR EVSEL VE ENDÜSTRİYEL ATIK SULARININ
AKTİF ÇAMUR YÖNTEMİYLE BİRLİKTE ARITILABİLİRLİĞİ

Ayşe Selek /

Anadolu Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca
Kimya Mühendisliği Anabilim Dalında
DOKTORA TEZİ
Olarak Hazırlanmıştır.

Danışman: Doç.Dr.M.Ercengiz Yıldırım

Haziran-1988

Ayşe Selek'in DOKTORA tezi olarak hazırladığı
"Eskişehir Evsel ve Endüstriyel Atık Sularının Aktif
Çamur Yöntemiyle Birlikte Arıtılabilirliği" başlıklı
bu çalışma, jürimizce lisansüstü yönetmeliğinin ilgili
maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

24/6/1988

Başkan : Doç.Dr.Ekrem Ekinçi(İstanbul Teknik Üniversitesi)

Samuel Johnson

İyeye : Doç.Dr.M.Ercengiz Yıldırım(Danışman)

E. J. M. J.

Üye : Doç.Dr.Tevfik Gedikbey

T. Cady

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun **30.01.1988** gün ve **181/1**... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Püstem Kaya
Enstitü Müdürü

ÖZET

Bu çalışmada, Eskişehir'in bazı evsel ve endüstriyel atık sularının aktif çamur yöntemiyle birlikte arıtılması-
nın deneysel olarak incelenmesi amaçlanmıştır. Endüstriyel atık sular; Sümerbank Basma Fabrikası, Türkiye Lokomotif ve Motor Sanayii Anonim Şirketi, Organize Sanayi Bölgesi ve Şeker Fabrikasının Porsuk çayına karışma noktalarından alınmıştır. Arıtım öncesi çözünmüş oksijen, pH, sıcaklık, biyokimyasal oksijen ihtiyacı, kimyasal oksijen ihtiyacı, toplam ve askıda katılar, azot ve fosfor tayinleri yapılmış ve endüstriyel atık sular için yağ ve gres, siyanür ve bazı ağır metal tayinleri de yapılmıştır.

Klasik aktif çamur sistemlerinin laboratuvar ölçeğinde bir benzeri olan deney düzeneğinde kullanılan havalandırma tankı, hava ile karıştırılan sürekli tam karıştırmalı bir akım reaktörüdür. Havalandırma tankı $6,8 \text{ dm}^3$ hacminde silindirik, çöktürme tankı $3,26 \text{ dm}^3$ hacminde silindirik-konik olup 304 paslanmaz çeliğinden yapılmıştır. Biyolojik arıttımdan önce mekanik arıtma sağlanmıştır ve sistem yatışkın duruma (steady-state) eriştikten sonra çöktürücü üstünden taştan arıtılmış su örnekleri alınarak analiz edilmiştir. Besleme hızı, dolayısıyla kalma süresi ve çamur geri devir oranı sabit tutulmuştur. Evsel atık sulara artan oranlarda endüstriyel atık sular karıştırılarak arıtma deneyleri yürütülmüştür. Deneysel veriler çizelgeler halinde verilmiş ve bazı grafikler hazırlanmıştır. Tüm deneylerde beş günlük biyokimyasal oksijen ihtiyacı giderimi %80-96 ve kimyasal oksijen ihtiyacı giderimi %86-98 dolaylarındadır. Askıda katılarda, toplam katılarda ve renkte de önemli ölçüde giderme sağlanmıştır.

SUMMARY

Investigation of combined treatment possibilities of some municipal and industrial wastewaters of Eskişehir (Turkey) by activated sludge method was the aim of this research. Industrial wastewaters were taken from Sümerbank Textile Industry, Locomotive and Motors Industry, Organized Industrial District and Sugar Factory at discharge points to Forsuk river. Dissolved oxygen, pH, temperature, biological oxygen demand, chemical oxygen demand, total and suspended solids, nitrogen and phosphorus contents were determined on original samples, and oil and grease, cyanide, and some heavy metals analyses were also made for industrial wastewaters.

An aeration tank, which was used in conventional activated sludge systems, is a continuous stirred tank reactor with air mixing. Aeration tank is a $6,8 \text{ dm}^3$ cylinder and settling tank is a $3,26 \text{ dm}^3$ cylinder with conical bottom, both are made of 304 stainless-steel. Before biological treatment, mechanical treatment was applied and after the system was reached to steady-state condition samples from treated overflow water taken and analysed. Wastewater feed rate consequently retention time and sludge recycle ratio were held constant. Treatment experiments were applied to mixtures of increasing proportions of industrial wastewaters to municipal wastewaters. Experimental data were given on tables and some graphs were prepared. Decreases in the biochemical oxygen demand were about 80-96 % and chemical oxygen demand were about 86-98 % at all experiments. Decreases in the suspended solids, total solids, and colour were also appreciable.

TEŞEKKÜR

Doktora çalışmamın oluşmasında büyük desteğini
gördüğüm Hocam Doç.Dr. M.Ercengiz Yıldırım'a,

Çalışmalarına ışık tutan Kimya Mühendisliği
Bölümü elemanlarına,

Atık su örneği almamda yardımcı olan Mühendislik
Mimarlık Fakültesi personeline,

Laboratuvar ölçekli sistemin oluşturulmasını
sağlayan Anadolu Üniversitesi Metal İşleri Atölyesi
personeline,

Resimlerin çizimini gerçekleştiren Teknik Ressam
Ahmet Gün'e teşekkürü bir borç bilirim.

Haklarını hiç bir zaman ödeyemeyeceğim Annem'e
ve Babam'a en içten duygularımı sunarım.

Çalışma Anadolu Üniversitesi Proje Araştırma
Fonu tarafından desteklenmiştir.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	iv
SUMMARY	v
ŞEKİLLER DİZİNİ	xii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiv
SİMGELER DİZİNİ	xvii
KISALTMALAR DİZİNİ	xix
1. GİRİŞ	1
1.1. Eskişehir' in durumu	3
1.2. Daha Önce Yapılmış Çalışmalar	4
2. ATIK SULAPIN ARITIM YÖNTEMLERİ	18
2.1. Mekanik Yöntemler	18
2.1.1. Izgara ve kalburlar	18
2.1.2. Kum tutucular	19
2.1.3. Yağ tutucular	19
2.1.4. Çöktürme havuzları	19
2.2. Kimyasal Yöntemler	20
2.3. Biyolojik Yöntemler	22
2.3.1. Havalı sistemler	22
2.3.1.1. Aktif çamur yöntemi	23
2.3.1.2. Damlatmalı filtreler	25
2.3.1.3. Oksidasyon havuzları	26
2.3.2. Havasız sistemler	26
2.4. Dezenfekte Etme	28
2.5. Diğer Yöntemler	28
2.6. Arıtım Yöntemlerinin Karşılaştırılması	29

İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
2.7. Çamur Arıtımı ve Faydalanma Süreçleri	31
2.7.1. Çamur koyulaştırma	31
2.7.2. Çamuru kararlı hale getirme	31
2.7.3. Çamur koşullandırma	32
2.7.4. Çamurdan su giderme	32
2.7.5. Çamur kurutma ve yakma	32
2.7.6. Gübre olarak çamur	33
3. AKTİF ÇAMUR YÖNTEMİNİN KURAMSAL TEMELLERİ	34
3.1. İşletme Parametreleri	35
3.1.1. Çamur derişimi	35
3.1.2. Çamur hacim indeksi	35
3.1.3. Hidrolik yük	36
3.1.4. Organik yük	36
3.1.5. Çamur yükleme faktörü	36
3.1.6. Çamur geri devir oranı	37
3.1.7. Kalma süresi	37
3.2. Aktif Çamur Sistemi Matematiksel Modelleri	38
3.2.1. Tepkime kinetik modelleri	38
3.2.2. Mikroorganizma büyüme modelleri	40
3.3. Aktif Çamur Süreci Tipleri	43
4. ATIK SULARDA YAPILAN ANALİZLER ve ÇEVRESEL ÖNEMLERİ	48
4.1. Çözünmüş Oksijen, Sıcaklık ve pH	48
4.2. Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı	49
4.3. Kimyasal Oksijen İhtiyacı	51
4.4. Toplam, Askıda ve Çökebilen Katı Maddeler	52
4.5. Azotlu Bileşikler	53
4.6. Fosfor	55
4.7. Yağ ve Gres	56

İÇİNDEKİLER(devam)

	<u>Sayfa</u>
4.8. Siyanür	57
4.9. Ağır Metaller	57
4.9.1. Bakır	58
4.9.2. Çinko	59
4.9.3. Kadmiyum	59
4.9.4. Krom	59
4.9.5. Kurşun	60
4.9.6. Nikel	60
5. DENEY DÜZENEGİ ve DENEY YÖNTEMİ	61
5.1. Deney Düzenegi	61
5.2. Deneysel Çalışma Yöntemi	67
6. DENEYSEL ÇALIŞMA SONUÇLARI	71
6.1. Atık Sularıyla Çalışılan Kuruluşların Tanıtılması	71
6.1.1. Sümerbank Eskişehir Basma Fabrikası	72
6.1.2. Türkiye Lokomotif ve Motor Sanayi A.Ş.	72
6.1.3. Eskişehir Organize Sanayi Bölgesi	72
6.1.4. Eskişehir Şeker Fabrikası	73
6.1.5. Yıldıztepe ve Gömece Askeri İojmanları	74
6.2. Öndeneme Sonuçları	74
6.3. Endüstriyel ve Evsel Atık Suların Birlikte Arıtım Sonuçları	76
6.3.1. Evsel atık su arıtımı	77
6.3.2. SERF atık suyunun arıtımı	79
6.3.4. TÜLOMSAŞ atık suyunun arıtımı	84
6.3.5. EOSB atık suyunun arıtımı	89
6.3.6. EŞF atık suyunun arıtımı	93

İÇİNDEKİLER(devam)

	<u>Sayfa</u>
6.4. Arıtım Sonuçlarının Grafikselsel Gösterimi	97
7. SONUÇLARIN TARTIŞILMASI	102
7.1. Kaplıcalardan Gelen Atık Suyun Arıtımının Tartışılması	102
7.2. GAL Evsel Atık Suyu Arıtımının Tartışılması	102
7.3. SERF ve YAL Karışık Atık Su Arıtımının Tartışılması	102
7.4. TULOMSAŞ ve YAL Karışık Atık Su Arıtımının Tartışılması	104
7.5. EOSB ve GAL Karışık Atık Su Arıtımının Tartışılması	105
7.6. ESF ve GAL Karışık Atık Su Arıtımının Tartışılması	106
8. GENEL SONUÇLAR ve ÖNERİLER	107
8.1. Genel Sonuçlar	107
8.2. Öneriler	109
EK AÇIKLAMALAR	
A. BİYOKİMYASAL OKSİJEN İHTİYACI TAYİNİ	111
B. İŞLEM GÖRMEMİŞ EVSEL ATIK SUYUN TİPİK BİLEŞİMİ	115
C. SULARA BOŞALTILACAK ATIKLAR İÇİN DEŞARJ KRİTERLERİ	116
Ç. KİMYASAL OKSİJEN İHTİYACI TAYİNİ	117
D. KATI MADDE TAYİNLERİ	119
E. İÇME SUYU STANDARTLARI	122
F. AZOT FORMLARI TAYİNLERİ	123
G. TOPLAM FOSFOR TAYİNİ	133

İÇİNDEKİLER(devam)

	<u>Sayfa</u>
H. YAĞ ve GRES TAYİNİ	136
I. SİYANÜR TAYİNİ	138
İ. AĞIR METAL TAYİNLERİ	144
J. ATIK SU ÖRNEKLERİNİN KOPUNMASI	165
KAYNAKLAR DİZİNİ	166
ÖZGEÇMİŞ	

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
1.1. Su çevriminin şemasal gösterimi	1
1.2. Eskişehir ili sanayi tesisleri ve kanalizasyon haritası	5
2.1. Kimyasal arıtım tesisinde akış diyagramı	21
2.2. Organik maddelerin havalı-biyolojik olarak parçalanma mekanizması	23
2.3. Aktif çamur yöntemiyle arıtım sistemi	24
2.4. Damlatmalı filtre sistemi	25
2.5. Havasız çürüme evreleri	27
3.1. Çamur büyüme eğrisi	43
3.2. Aktif çamur tesisleri uygulama şeması	46
4.1. Havalı şartlarda, atık sularda mevcut azot formlarında zamanla oluşan değişimler	55
5.1. Aktif çamur deney düzeneği şeması	63
5.2. Havalandırma tankının düşey kesiti	64
5.3. Çöktürme tankının düşey kesiti	65
5.4. Deney düzeneğinin fotoğrafı	66
6.1. Değişik endüstriyel atık sular için evsel atık su yüzdesi-BOİ'de azalma yüzdesi değişimi ...	99
6.2. Değişik endüstriyel atık sular için evsel atık su yüzdesi-KOİ'de azalma yüzdesi değişimi ...	100
6.3. Değişik endüstriyel atık sular için organik yük-BOİ'de azalma yüzdesi değişimi	101
6.4. Değişik endüstriyel atık sular için çamur yükleme faktörü-BOİ'de azalma yüzdesi değişimi	101

ŞEKİLLER DİZİNİ(devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
F.1. Makro Kjeldahl azot tayin düzeneği	126
F.2. Nitrat azotu çalışma eğrisi	130
F.3. Nitrit azotu çalışma eğrisi	132
G.1. Toplam fosfor çalışma eğrisi	135
I.1. Siyanür damıtma düzeneği	138
I.2. Siyanür çalışma eğrisi	143
İ.1. Bakır çalışma eğrisi	146
İ.2. Çinko çalışma eğrisi	150
İ.3. Kadmiyum çalışma eğrisi	154
İ.4. Krom çalışma eğrisi	157
İ.5. Kurşun çalışma eğrisi	161
İ.6. Nikel çalışma eğrisi	164

ÇİZELGELEER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Arıtım tesisi birimlerinin etkinlikleri	30
3.1. Aktif çamur süreçleri için tasarım parametreleri	47
6.1. GAL evsel atık suyunun ve arıtılmış suyun özellikleri, bazı özelliklerde yüzde azalmalar	78
6.2. YAL atık suyu ve SEBF atık suyunun özellikleri	80
6.3. %75 YAL ve %25 SEBF atık su karışımının arıtımdan önceki ve sonraki bazı özellikleri ve bunlarda yüzde azalmalar	81
6.4. %50 YAL ve %50 SEBF atık su karışımının arıtımdan önceki ve sonraki bazı özellikleri ve bunlarda yüzde azalmalar	82
6.5. %25 YAL ve %75 SEBF atık su karışımının arıtımdan önceki ve sonraki bazı özellikleri ve bunlarda yüzde azalmalar	82
6.6. SEBF atık suyunun arıtımdan önceki ve sonraki bazı özellikleri ve bunlarda yüzde azalmalar	83
6.7. YAL atık suyu ve TULOMSAŞ atık suyunun özellikleri	85
6.8. %75 YAL ve %25 TULOMSAŞ atık su karışımının arıtımdan önceki ve sonraki bazı özellikleri ve bunlarda yüzde azalmalar	86
6.9. %50 YAL ve %50 TULOMSAŞ atık su karışımının arıtımdan önceki ve sonraki bazı özellikleri ve bunlarda yüzde azalmalar	87
6.10. %25 YAL ve %75 TULOMSAŞ atık su karışımının arıtımdan önceki ve sonraki bazı özellikleri ve bunlarda yüzde azalmalar	87

ÇİZELGELER DİZİNİ(devam)

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
6.11. TULOMSAŞ atık suyunun arıtmıdan önceki ve sonraki bazı özellikleri ve bunlarda yüzde azalmalar	88
6.12. GAL atık suyu ve EOSB atık suyunun özellikleri	90
6.13. %75 GAL ve %25 EOSB atık su karışımının arıtmıdan önceki ve sonraki bazı özellikleri ve bunlarda yüzde azalmalar	91
6.14. %50 GAL ve %50 EOSB atık su karışımının arıtmıdan önceki ve sonraki bazı özellikleri ve bunlarda yüzde azalmalar	92
6.15. %25 GAL ve %75 EOSB atık su karışımının arıtmıdan önceki ve sonraki bazı özellikleri ve bunlarda yüzde azalmalar	92
6.16. EOSB atık suyunun arıtmıdan önceki ve sonraki bazı özellikleri ve bunlarda yüzde azalmalar	93
6.17. GAL atık suyu ve EŞF atık suyunun özellikleri	94
6.18. %75 GAL ve %25 EŞF atık su karışımının arıtmıdan önceki ve sonraki bazı özellikleri ve bunlarda yüzde azalmalar	95
6.19. %50 GAL ve %50 EŞF atık su karışımının arıtmıdan önceki ve sonraki bazı özellikleri ve bunlarda yüzde azalmalar	96
6.20. %25 GAL ve %75 EŞF atık su karışımının arıtmıdan önceki ve sonraki bazı özellikleri ve bunlarda yüzde azalmalar	96

ÇİZELGELER DİZİNİ(devam)

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
6.21. EŞF atık suyunun arıtmıdan önceki ve sonraki bazı özellikleri ve bunlarda yüzde azalmalar	97
A.1. Örnekte tahmin edilen BOİ değerine göre önerilen seyreltme oranları	114
F.1. Tahmin edilen organik azot miktarına göre alınacak örnek hacmi	125

SİMGELER DİZİNİ

Simgeler	Açıklama
A	Absorbans.
B_v	Organik yük, $(\text{kg BOİ})/(\text{m}^3)(\text{gün})$.
F	Besi maddesi giriş hızı, kg BOİ/gün .
f_m	Çamur yükleme faktörü, $(\text{kg BOİ})/(\text{kg HTAK})(\text{gün})$.
f'_m	Çamur yükleme faktörü, $(\text{kg BOİ})/(\text{kg HTUAK})(\text{gün})$.
I_v	Çamur hacim indeksi, dm^3/kg .
K_s	Organizmanın karakteristik doygunluk katsayısı.
k_1	1.mertebeden tepkime hız sabiti.
k_2	2.mertebeden tepkime hız sabiti.
$\text{NH}_3\text{-N}$	Amonyak azotu, g/m^3 .
$\text{NO}_2\text{-N}$	Nitrit azotu, g/m^3 .
$\text{NO}_3\text{-N}$	Nitrat azotu, g/m^3 .
Org-N	Organik azot, g/m^3 .
Q_b	Atık su besleme hızı, dm^3/st .
Q_h	Havalandırma hızı, dm^3/st .
Q_r	Çamur geri devir hızı, dm^3/st .
Q_v	Hidrolik yük, l/gün .
r	Çamur geri devir oranı, boyutsuz.
S	Besi maddesi derişimi, kg/m^3 .
S_e	Sistem çıkışında besi maddesi derişimi, kg/m^3 .
S_o	Havalandırmaya gelen atık suyun BOİ değeri, kg/m^3 .
T	Sıcaklık, $^{\circ}\text{C}$.
t	Bağımsız değişken olarak zaman.
t_r	Havalandırma tankında kalma süresi, st.

SİMGELELER DİZİNİ(devam)

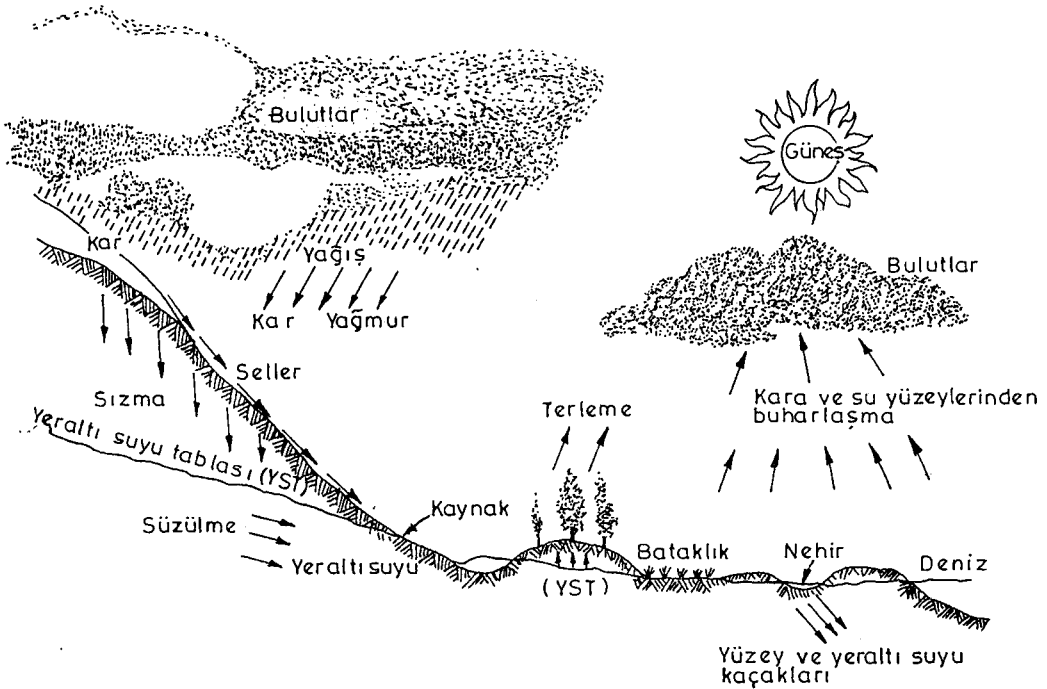
Simgeler	Açıklama
V_1	Havalandırma tankı hacmi, dm^3 .
V_2	Çöktürme tankı hacmi, dm^3 .
Y	Dönüşüm hızı, $(\text{kg}/\text{m}^3, \text{ çamur})/(\text{kg}/\text{m}^3, \text{ BOİ})$.
$\times$	Havalandırma tankında askıda katılar, g/m^3 .
$\times_0$	Başlangıçta çamur derişimi, kg/m^3 .
$\times'$	Havalandırma tankında uçucu askıda katılar, g/m^3 .
μ	Mikroorganizma özgül çoğalma hızı, $1/\text{zaman}$.
μ_m	Sınırsız besi maddesi bulunduğunda özgül çoğalma hızı, $1/\text{zaman}$.
Birimler	Açıklama
cm	Santimetre
dk	Dakika
g	Gram
kg	Kilogram
m	Metre
mg	Miligram
nm	Nanometre
s	Saniye
st	Saat
μg	Mikrogram

KISALTMALAR DİZİNİ

Kısaltmalar	Açıklama
AKM	Askıda katı madde
APHA	American Public Health Association
BOİ	Biyokimyasal oksijen ihtiyacı, g/m^3 .
ÇHİ	Çamur hacim indeksi, dm^3/kg .
ÇK	Çökebilen katılar, cm^3/dm^3 .
ÇO	Çözünmüş oksijen, g/m^3 .
DSİ	Devlet Su İşleri
EOSB	Eskişehir Organize Sanayi Bölgesi
EPA	Environmental Protection Agency
EŞF	Eskişehir Şeker Fabrikası
GAL	Gömece Askeri Lojmanları
HTAK	Havalandırma tankında askıda katılar, g/m^3 .
HTUAK	Havalandırma tankında uçucu askıda katılar, g/m^3 .
JWPCF	Journal of Water Pollution Control Federation
KOİ	Kimyasal oksijen ihtiyacı, g/m^3 .
MLSS	Mixed liquor suspended solids, g/m^3 .
MLVSS	Mixed liquor volatile suspended solids, g/m^3 .
SAK	Sabit askıda katılar, g/m^3 .
STK	Sabit toplam katılar, g/m^3 .
SVI	Sludge volume index, dm^3/kg .
TOK	Toplam organik karbon, g/m^3 .
TP	Toplam fosfor, g/m^3 .
TÜLOMSAŞ	Türkiye Lokomotif ve Motor Sanayii Anonim Şirketi
UAK	Uçucu askıda katılar, g/m^3 .
UTK	Uçucu toplam katılar, g/m^3 .
WHO	World Health Organization
YAL	Yıldıztepe Askeri Lojmanları

1. GİRİŞ

Günümüz dünyasında gitgide artan nüfus ve gelişen teknoloji çevre sorunlarını gündeme getirmiştir. Günlük yaşamda bütün canlılar için en büyük gereksinimlerden biri olan suyun önemi tartışılmaz derecede büyüktür. Şekil 1.1' de dünyamızdaki su çevrimi şemasal olarak gösterilmiştir. Bu çevrimin her aşamasında suyun kirlenmesi söz konusudur. Hava kirliliğinin bir sonucu olarak yağış anında bile su kirlenebilmektedir. Asit yağmurları buna bir örnektir.



Şekil 1.1. Su çevriminin şemasal gösterimi (Kirk-Othmer, 1984).

1971'de 1380 sayılı Su Ürünleri Kanunu ile su ürünleri üretimi ve üretim yerlerinin sınırlandırılmasına dair hükümler getirilmiş ve uygulanacak cezai hükümler belirtilmiştir(Resmi Gazete, 1971). 11 Ağustos 1983 tarihli Resmi Gazetede yayımlanan 2872 nolu Çevre Kanunu, çevrenin korunmasını kabul edilebilir bir yaklaşımla ele almıştır; ancak yasa gereği 11 Ağustos 1984 tarihine kadar çıkarılması gereken su kalitesini kontrol yönetmeliğinin halen çıkarılmamış olması, yasanın su kirliliği bakımından yaşama geçirilmesini önlemektedir(Resmi Gazete, 1983). Tarım Orman ve Köyişleri Bakanlığının çıkarmış olduğu 1985 tarihli ve 18680 sayılı sirkülerin dördüncü bölümünde sulara boşaltılacak atıklar için deşarj kriterleri, beşinci bölümünde deniz ve içsularla ilgili genel hükümler verilmiştir. Altıncı bölümde ise 1380 sayılı kanunda belirtilen cezaların uygulanacağı açıklanmıştır(Resmi Gazete, 1985).

Su kirliliği, dünyamız ve ülkemizde üzerinde önemle durulan konulardan biri haline gelmiştir; buna örnek olarak İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi(İSKİ) tarafından çıkarılan ve 13 Mart 1984 tarihli Resmi Gazetede yayımlanan Atık Suların Kanalizasyona Deşarj Yönetmeliği, İzmir ve İzmit körfezlerinde yürütülen çalışmalar verilebilir. İSKİ tarafından çıkarılan yönetmelik; İSKİ yetki sınırları dahilinde bulunan endüstriyel kuruluşların atık sularını kanalizasyona vermeden önce önarıtım yapmalarını zorunlu kılmakta, şartları yerine getirmeyenlerin atık suların kirletici yüküne bağlı olarak bir ceza ödemelerini öngörmektedir(Resmi Gazete, 1984). Altıyüz bin nü-

fusun evsel atıklarının hiçbir arıtıma uğratılmadan denize verildiği İzmit körfezinde arıtım tesislerinin kurulmasına devam edilmekte ve 27 büyük sanayi kuruluşu atık sularının arıtımı için çoğunlukla biyolojik yöntemler kullanmaktadır(Dünya Gazetesi, 1987). İzmir körfezinin sürekli olarak kirlenmesinde en büyük kaynaklardan Halıkapınar ve Melez çaylarından alınan örneklerin biyolojik olarak indirgenebilen atıklar içerdiği ve atıkların evsel+endüstriyel atık su karışımında olduğu saptanmıştır(Kestioğlu ve Şengül, 1983).

1.1. Eskişehir'in Durumu

Eskişehir'de Porsuk çayını kirleten endüstriyel ve evsel sıvı atıkların birlikte arıtılması için aktif çamur yöntemi ile deneysel çalışmalar yapılarak uygun çalışma koşulları için önerilerde bulunmak, bu araştırmanın amacını oluşturmaktadır.

Eskişehir'in içinden geçen ve önemli akarsularından biri olan Porsuk çayındaki kirlenme, sağlık ve görünüm açısından olumsuzluk yaratmaktadır. Mevcut kanalizasyona bağlı olan konutlar, işyerleri ve yöredeki endüstri kuruluşlarından Sümerbank Basma Fabrikası, TULOMSAŞ, Organize Sanayi Bölgesi ve Şeker Fabrikası Porsuk çayına sıvı atıklarını verenlerin başlıcalarıdır.

Şehirdeki kanalizasyon sistemi pek az konuta hizmet vermekte ve üstelik de iki küçük tesis dışında başka bir evsel atık su arıtım tesisi bulunmadığından atık sular doğrudan doğruya Porsuk çayına verilmektedir. Kanalizas-

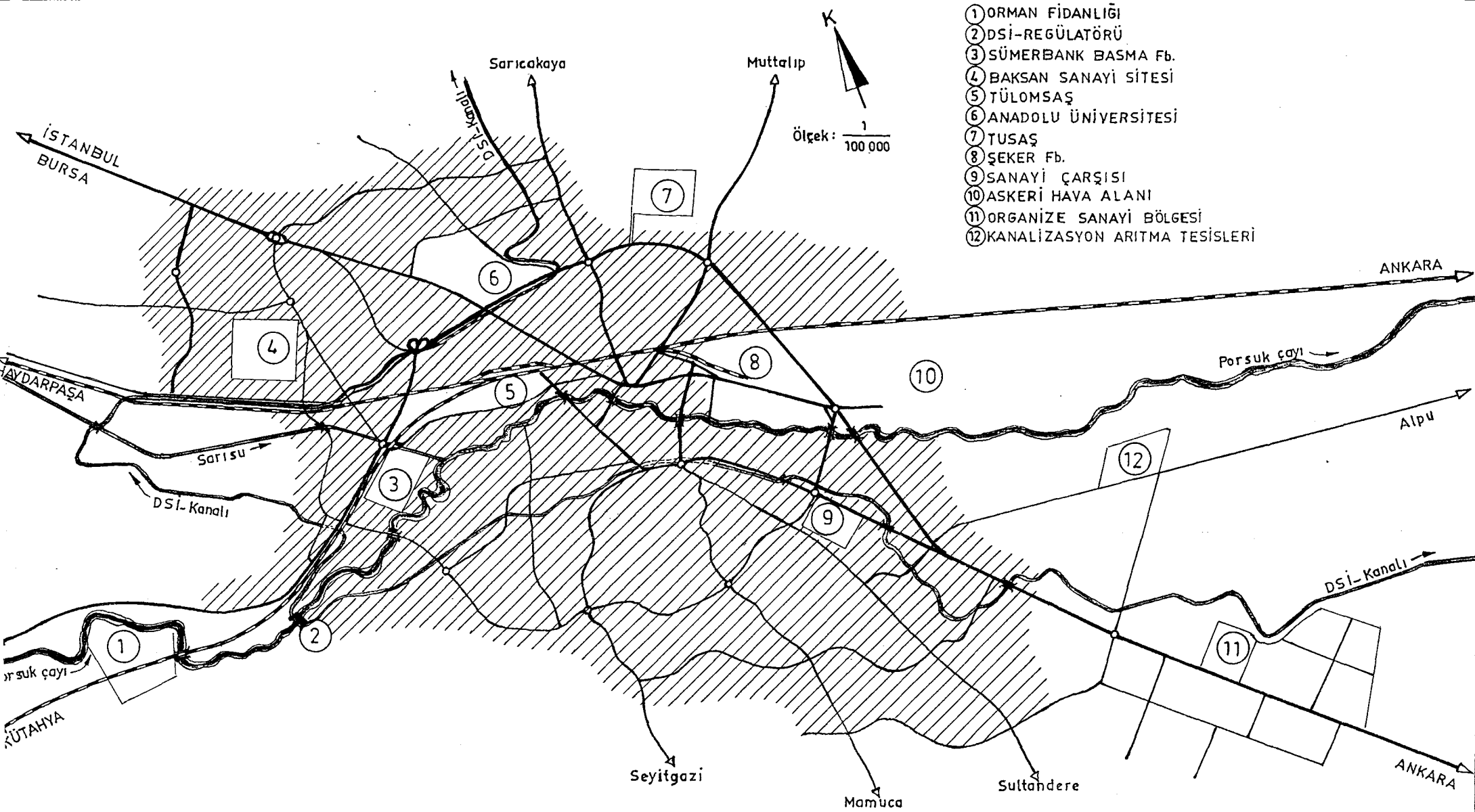
yon olmayan yerlerde fosseptikler bulunmaktadır ve yeraltı suyunun kirlenme tehlikesi mevcuttur. Arıtma tesisi yapımının da öngörüldüğü komple kanalizasyon şebekesi henüz yapılmaktadır. Şekil 1.2'de verilen Eskişehir ili sanayi tesisleri ve kanalizasyon haritası incelenerek adı geçen kuruluşların yerleri görülebilir.

1.2. Daha Önce Yapılmış Çalışmalar

Eskişehir Sümerbank Basma Fabrikasının Porsuk çayını kirletme durumu belirlenmiştir. Bu çalışmada, basma sanayi atık su problemlerine bir genel bakıştan sonra Eskişehir fabrikası atık su karakter belirleme çalışmaları yapılmıştır. Kirlilik doğurabilecek parametrelerin 1380 sayılı su ürünleri yasasının öngördüğü standartlara uyabilmesi için gerekli olan seyrelme oranları hesaplanmıştır(Enuysal, 1977).

Devlet Su İşleri(DSİ) ve Dünya Sağlık Örgütü'nün (WHO) birlikte yürütmüş oldukları projede Porsuk çayı üzerinde, kaynaktan Sakarya nehrine kadar on örnekleme noktası seçilmiştir. Bu noktalardan ve Porsuk çayına karışan endüstriyel sıvı atıklardan örnekler alınarak kirlilik belirleme çalışmaları yapılmıştır(DSİ, 1980).

Eskişehir'in bazı evsel ve endüstriyel atık suları ile yapılan arıtma deneyleri çalışmasında; aktif kömür, odun kömürü ve linyit kömürü gibi adsorbanlar kullanılmıştır. Evsel atık su ile yapılan çalışmalarda permanganat tüketimi açısından %67 arıtım sağlanmıştır.



Şekil 1.2. Eskişehir ili sanayi tesisleri ve kanalizasyon haritası (Eskişehir Belediyesi, Şubat 1988).

Endüstriyel atık sularla yapılan arıtma deneylerinde %50'nin üzerinde arıtım için çok yüksek olmayan atık su geçiş hızlarında adsorban olarak linyit kömürü kullanılması gerektiği belirlenmiştir(Akdeniz, 1985). Eskişehir'in bazı endüstriyel ve evsel atık sularının fizikokimyasal çöktürme yöntemi ile arıtılması çalışmasında FeCl_3 , $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, lületaşı ve uçucu kül gibi çöktürücüler kullanılmıştır. Yalnızca permanganat tüketimine bakılarak uygun çöktürücü ve dozunun saptanamayacağı belirlenmiştir. Yıldıztepe evsel atık suyunun çöktürülmesinde kireç ilavesi ile Fe^{2+} iyonu kullanılmış ve %57 arıtım sağlanmıştır, ayrıca bazı endüstriyel atık sular için uygun dozlar önerilmiştir (Gürbüz, 1985).

Tekstil sanayi sıvı atıklarının zararlı etkileri ve arıtma yöntemlerinin genel olarak incelendiği bir çalışmada; pamuklu ve yünlü dokuma fabrikaları sıvı atıklarının mekanik, kimyasal ve çeşitli biyolojik arıtmaları üzerinde durularak tekstil endüstrisi sıvı atıklarının şehir kullanılmış suyu ile karıştırılmasıyla biyolojik arıtımına ait bilgiler verilmiştir(Kor, 1975). Çeşitli tekstil boyalarının aktif çamur üzerindeki adsorpsiyon davranışları değişik pH değerlerinde incelenmiş ve aktif çamur davranışının aktif karbona benzer olduğu gösterilmiştir (Nakaoka, et al., 1983; Judkins'den, 1984). Boya endüstrisi atık sularında pıhtılaştırma-yumaklaştırma-çökeltme işleminden sonra üstte kalan atık su ile evsel atık su 2/1 oranında karıştırılmış ve elde edilen atık su aktif çamur yöntemiyle arıtılarak %95 tesis arıtma verimine ulaşılmıştır(Baban ve Çamlılar, 1986).

Tam karıştırırmalı tank, piston akışlı tank ve çok kademeli tanklarda değişik çamur yükleme hızlarında karbonlu maddelerin yükseltgenmesi için oksijen gereksinmesi arasındaki ilişkiler, daha önce bulunmuş olan sonuçlarla karşılaştırılmıştır. Günlük değişimlerde çamur yükleme hızı, çözünmüş oksijen ve oksijen verme hızı arasındaki ilişkiye değinilerek en uygun sistemin aktif çamur sistemi olduğu belirtilmiştir(Vosloo, 1973).

Kısa sürede oksijen gereksiniminin incelendiği bir çalışmada, bu ölçümlerin süreç kontrolü için giriş akımı BOİ değerini sürekli izlemede, yaşayabilen çamur bakterileri derişiminin ve zehirliliğin ölçümünde kolaylık getirdiği belirlenmiştir(Blok, 1974).

Otomatik olarak besi maddesi girişi ile kontrol edilen bir sistemde, sürekli havalandırılan bir kültür ortamı içinde mikroorganizmaların solunum etkinlikleri ölçülmüştür. Yüksek, orta ve az fenol yüklerinde aktif çamurun etkinliği araştırılmıştır. Ani fenol yüklemelerinde mikroorganizmaların hemen hemen hiç uyum sağlayamadıkları, başlangıçta çok küçük fenol miktarlarında bile uyum sağlayamayanların uzun bir uyum süresi sonunda endüstri sularına alışabildikleri ve biyolojik indirgenmeyi sağladıkları gözlenmiştir(Samsunlu, 1977).

Değişik sıcaklıklarda havalı ortamda çalıştırılan sürekli ve kesikli reaktörlerde yapılan çalışmalarda, oksijen tutulma miktarının filtre edilmiş suda KOİ, ortofosfat ve nitrat derişimlerinden önemli ölçüde etkilendiği belirlenmiştir. Bu etkilenmenin havalandırma süresiyle ilişkisine de değinilmiştir(Benefield, et al., 1978).

Bir aktif çamur süreci kontrol parametresi olarak oksijen tutulma hızının geçerliliğinin incelendiği çalışmada, özgül oksijen tutulma hızının ($\text{mg O}_2/(\text{st})(\text{g HTAK})$) giriş akımı zamanla değişim gösterdiğinde aktif çamur süreci için bir kontrol parametresi olarak kullanılamayacağı sonucuna varılmıştır (Edwards and Sherrard, 1982).

Bir başka çalışmada aktif çamur sistemleri için hava ve yüksek saflıkta oksijen kullanılarak birbiriyle karşılaştırılmıştır. Oksijen sistemi veriminin havalı sisteme göre BOİ yüklemeleri ve f_m değişimlerine karşı daha az hassas olduğu, her iki sistem için hidrolik kalma süresi ve verim hakkında bir bağıntı bulunamadığı, oksijen sisteminin ve havalı sistemin f_m değerlerinin sırasıyla 0,5-0,71 ve 0,30-0,46 arasında olduğu ve bu sınırlar arasında BOİ uzaklaştırma hızının aynı olduğu; oksijen ihtiyacı, çamur üretimi ve çöktürme tankı veriminin her iki sistem için önemli bir fark göstermediği; BOİ giderimi ve oksijen dağılımının %90 oksijen transfer etkinliğine sahip oksijen sistemi enerji tüketiminin, %4 oksijen transfer etkinliğine sahip havalı sistemden %42 daha düşük olduğu; havalı sistem için BOİ giderimi ve enerji tüketimi arasında önemli bir bağıntı bulunduğu; havalı sistem için toplam eleman gereksiniminin oksijen sisteminden daha düşük olduğu belirlenmiştir (Nelson and Puntenney, 1983).

Aktif çamur sisteminde hava dağıtıcısı verim değerlerinin, günlük çalışma koşullarını bozmaksızın pratik işletme koşulları altında havalandırma tanklarından çıkan artık gazdaki oksijen ve karbondioksit derişimlerinden kolaylıkla hesaplanabileceğinin anlatıldığı

çalışmada, beş ayrı arıtım tesisinde hava dağıtıcısı verimi üzerine yeni bir formül geliştirilmiş ve olumlu sonuçlar alınmıştır(Sekizawa, et al., 1985).

Evsel atık suda fosfor ve azot giderimi batmış(submerged) filtre, havalandırma tankı ve çöktürücüden oluşan sistemde sağlanmaya çalışılmıştır. Alüminyum sülfat beslemesi yapılmadan, alüminyum sülfat beslemesi yapılarak ve geri devir akımına alüminyum sülfat beslemesi yapılarak çalıştırılan sistemlerde azot, fosfor, KOİ ve BOİ giderimi sağlanmış ve verilen çalışma düzeni sırasında yüzde giderme artmıştır(Wruble, et al., 1974).

Başka bir çalışmada, birleşik fizikokimyasal ve biyolojik sürecin evsel atıkların arıtımında kullanılabilirliği incelenmiştir. Pıhtılaştırma-yumaklaştırma basamağında $300 \text{ g/m}^3 \text{ FeClSO}_4$, $200 \text{ g/m}^3 \text{ Ca(OH)}_2$ ve $0,5 \text{ g/m}^3$ anyonik polimer birlikte kullanıldığında askıda katı maddede %94, BOİ'de %74 ve KOİ'de %72 giderme sağlanmıştır. İkinci basamak olan biyolojik filtrasyonda saf oksijen kullanılarak $20 \text{ kg BOİ/(m}^2)(\text{gün})$ yükleme için askıda katıda %71, BOİ'de %54 giderme elde edilmiştir. Böylece sistemin toplam etkinliği çok yüksek olmaktadır (Picard, 1978).

Laboratuvar ölçeğindeki aktif çamur sistemleri değişik KOİ/P oranlarında çalıştırılarak giriş akımındaki fosfor derişiminin KOİ giderme etkinliği; bakterideki fosfor, karbonhidrat ve protein içeriği ile alkali fosfataz etkinliği üzerindeki etkisi araştırılmıştır. En uygun KOİ/P oranının 100/1 olduğu ve %97 KOİ giderimine, %65 fosfor giderimine karşılık geldiği bulunmuştur(Bates and Torabian, 1981).

Tam karıştırmalı havalandırma tankı, ideal piston akışlı havalandırma tankı ve çok kademeli havalandırma tankında biyokimyasal yükseltgenme için doğrusal olmayan modellerin en basiti olan Monod modeli seçilmiştir. Aktif çamurun kirleticiyi adsorplaması göz önüne alınarak yeni bir model geliştirilmiş ve bu modelin aktif çamurun tekrar havalandırıldığı (contact-stabilisation) sistemde havalandırma ve son çökeltme havuzu hacimlerini hesaplamaya izin verdiği saptanmıştır (Vavilin and Vasilyev, 1978).

Laboratuvar ölçekli, pilot ölçekli ve tam ölçekli aktif çamur süreçlerinde biyokimyasal yükseltgenme hızı incelenmiştir. Geliştirilen eşitliğin tek ve çok kademeli süreçler için klasik aktif çamur yöntemi çalışma koşullarında geçerli olduğu gösterilmiştir. Fenol içeren atık sular ve fenol-formaldehit içeren atık sular kullanılarak besi maddesi uzaklaştırma kinetiği üzerinde çalışılmış ve %96'ya varan KOİ giderimi sağlanmıştır (Suschka, 1980).

Tam karıştırmalı sürekli akım reaktöründe aktif çamur sistemi kullanılarak evsel atık suda BOİ, KOİ ve TOK arasındaki ilişkiye değinilen çalışmada; sistem ön çöktürme tankı, birbirine paralel dört havalandırma hücresi ve dört tane son çöktürücüden oluşturulmuş olup çamur geri devri hava ile sağlanmıştır. BOİ/TOK oranının artırım derecesiyle değişim gösterdiği ve bir bağıntı bulunamadığı, benzer olarak TOK'nun KOİ ile önemli ölçüde etkilendiği ve biyolojik yükseltgenmenin Monod modelinde KOİ, BOİ ve TOK'nun birbirinin yerine konulamayacağı belirtilmiştir (Aziz and Tebbutt, 1980).

Musul'daki şeker endüstrisi atık suyu karakter belirleme çalışmaları yapılmıştır ve atık su kalitesi parametrelerindeki değişimler belirlenmiştir. Katılarda herhangi artma veya azalmanın atık sudaki askıda katıların organik yapısından dolayı KOİ değerine yansıdığı görülmüştür. Havalı ortamda tam karıştırmalı kesikli reaktör kullanılarak kinetik katsayılar, bilinen matematiksel modeller yardımı ile KOİ değerlerine bağlı olarak hesaplanmıştır (Ahmad and Mahmoud, 1982).

Cıva, krom, bakır, çinko ve alüminyum bileşiklerinin BOİ üzerindeki zehirlilik etkisi bir respirometre kullanılarak incelenmiştir. Bu anorganik metal bileşikleri yapay bir ortama verildiğinde, havalandırma sistemindeki BOİ ve bakteri büyümesi olumsuz olarak etkilenmektedir. HgCl_2 6 g/m³, HgSO_4 9 g/m³, $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 40 g/m³, $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 30 g/m³, $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 200 g/m³, $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ 400 g/m³ değerinde olduklarında bu metal bileşiklerinin tam olarak zehir etkisi gösterdiği belirlenmiştir (Berkün, 1982).

Ağır metal gideriminin fizikokimyasal, biyolojik mekanizmaları, aktif çamurda etkin ve etkin olmayan tutulma, metal tutulmasını etkileyen biyolojik faktörler ve metal adsorplayıcı olarak aktif çamur potansiyeli incelenmiştir (Lester and Sterritt, 1985).

Evsel atık suda aktif çamurun oksijen tutma yeteneği; 610, 995 ve 1525 g/m³ çamur derişimlerine sahip kobaltlı ortamda, 610 ve 995 g/m³ çamur derişimine sahip antimonlu ortamda, 610 g/m³ çamur derişimine sahip kalsiyumlu ortamda incelenmiştir. Çinkonun oksijen tutulmasını önemli ölçüde etkilemediği, çamur derişimi artarken metal etkisinin azaldığı ve oksijen tutulmasının oransal olarak artmadığı görülmüştür (Hartz, et al., 1985).

Cu^{2+} , Zn^{2+} ve Ni^{2+} metallerinin aktif çamur üzerindeki etkileri, KOİ giderim etkinliği açısından incelenmiştir. Deneyler $1-25 \text{ g/m}^3$ ağır metal derişimlerinde yürütölmüş ve Cu^{2+} 'nin en fazla zararlı etkisi olduğu, bunu sırasıyla Zn^{2+} ve Ni^{2+} 'nin izlediği bulunmuştur. Bu ağır metallerin karışimleri, ayrı ayrı olan etkilerinin toplamından daha az etki göstermiştir(Vian, et al., 1985).

Bir çalışmada, Türkiye'de kullanılan sentetik deterjanların biyolojik bozunmaları aktif çamur biriminde araştırılmış ve değişik marka deterjanlarla yapılan deneylerde %33 ile 72 arasında bozunma değerleri gözlenmiştir. Sentetik deterjanlarda aktif madde olarak zor bozunan dallenmiş zincirli yüzey aktif maddeler yerine kolayca bozunabilen düz zincirli, dallanmamış yüzey aktif maddelerin kullanımı önerilmiştir(Çadırcı, 1977; İpekoğlu ve Çadırcı, 1978).

Klorlu hidrokarbonlar içeren ve 250 g/m^3 KOİ değerine sahip endüstriyel atık su, havalandırmalı aktif çamur tankında sıcaklık kontrolü altında arıtılmıştır. Atık su başlangıçta 30°C 'de havalandırılmış ve daha sonra havalandırma sıcaklığı günde 1°C artırılarak $35-45^\circ\text{C}$ 'ye çıkarılmıştır. Havalandırma ve çöktürme tankından oluşan sistemde 40°C 'de KOİ giderimi %80 olmuştur(Otsuka and Watanabe, 1986).

Yüksek BOİ içeriğine sahip evsel atık su; durultma tankı, fotosentetik bakterilerle arıtım tankı ve her kademede ayrı ayrı çöktürme tankı bulunan çok kademeli aktif çamur sisteminde arıtılmıştır. 12800 g/m^3 BOİ ve 8,7 pH değerine sahip evsel atık suda 24 saat ön havalandırma yapılmış ve daha sonra fotosentetik bakteri

tankında 5/1 oranında karıştırılarak 72 saat havalandırılmış, pH değeri 8,6'ya ve toplam BOİ derişimi 1060 g/m³ 'e indirilmiştir. Aktif çamur tankı hacmi, klasik yöntemle göre %45 ve gereken süre 1/3 daha azdır(Keiji and Iwasaki, 1986).

Yapay atık su ve tam karıştırmalı aktif çamur sistemi kullanılarak KOİ ve BOİ yükleme faktörlerine dayalı KOİ ve BOİ giderme etkinliği üzerinde çalışılmış ve sırasıyla ortalama %86 ve %96 giderme elde edilmiştir (Bohac and Sierka, 1978).

Başka bir çalışmada; 15 cm çapında ve 10 m boyunda bir derin havalandırma tankında yapay bir atık su ile 2 günlük ortalama hücre kalma süresi veya f_m değerinin 1,41 ve daha düşük değerlerinde, sistem sürekli tam karıştırmalı olarak çalıştırılmış ve %95'ten daha fazla KOİ giderimi sağlanmıştır(Polprasert and Raghunandana, 1985).

Kesikli çalışan biyolojik arıtma sisteminde çeşitli endüstri atık sularının kirlilik derişimi değişiminin bakterilerin solunum etkinliklerine etkisi, çalışma solunumu ve özgül solunum etkinlik ölçümleri ile incelenmiş ve biyolojik indirgenebilirlikleri araştırılmıştır. Yağ, bira, gıda ve kağıt endüstrisi atık sularının kentsel arıtma tesislerinde kolaylıkla biyolojik olarak indirgenebileceği, petrol ve metal endüstrileri atık sularının kentsel arıtma tesislerinde arıtılamayacağı sonucuna varılmıştır(Kestioğlu ve Şengül, 1983).

Kimya endüstrisi atık sularında bulunabilecek çeşitli organik bileşiklerin biyolojik yolla arıtılabilirlikleri üzerinde çalışılmıştır. Deneyisel çalışmalar tam karış-

tırmalı paslanmaz çelik reaktörlerde yapılmış ve iki aşamada yürütülmüştür. Birinci aşamada kimyasal maddeleri ayırmak için biyolojik olmayan bir yöntem, ikinci aşamada ise aktif çamur yöntemi kullanılarak %99'a varan giderme sağlanmıştır(Stover and Kincannon, 1983).

Endüstriyel atık suyun evsel atık sularla birlikte arıtıldığında içerdiği maddelerin etkisinin titizlikle incelenmesi gerektiği belirtilerek; biyolojik arıtmada zehirli maddelerin zararlı etkilerinin arıtımın aniden durabilmesi, sistemin alışılmışın dışında davranışlar göstermesi, arıtımın normal yürüyebileceği fakat görünümün,örneğin tekstil sularında, iyi olmayacağı ve çamur geri devir hızının dikkatli ayarlanması gerektiği belirtilmiştir(Ott, 1973).

Endüstriyel ve evsel atık suların ayrı ayrı ve birleşik arıtımının arıtım verimi üzerine etkisi ve ekonomik yönden incelenmesi araştırılmıştır. Birlikte arıtımın, endüstriyel atıkların tek başına arıtmalarından daha etkin ve ekonomik olduğu ancak arıtım maliyetini hesaplamada kontrolün kaybedilebilmesi gibi bir sakıncası olduğu vurgulanmıştır(Monson, et al., 1978).

Endüstri atık sularının evsel atık sularla birlikte arıtılabilmelerinin indirgenebilirlik faktörü yardımı ile belirlendiği bir çalışmada, yüksek bir arıtma verimi sağlayan aktif çamur sistemi kullanılmış ve birlikte arıtımın ayrı ayrı arıtmadan daha ekonomik olduğu vurgulanmıştır (Samsunlu, 1980).

Başka bir çalışmada; Elbe nehrine verilen organik yükün %15'inden sorumlu olan bir kağıt hamuru ve yapay ipek fabrikasıyla bir sıvı yağ fabrikası atık sularının, evsel atık sularla birlikte arıtımı ele alınmıştır. Laboratuvar

ölçeğindeki aktif çamur deney düzeneğinde bu üç atık su, önarıtımlardan sonra sırayla 10/1,7/1 oranında karıştırılıp 4 saatlik kalma süresi ve çamur hacim indeksinin $250 \text{ cm}^3/\text{dm}^3$ olacağı şekilde çamur geri devri ayarlanarak çalışıldığında BOİ'de %60, KOİ'de %40 azalma sağlanmıştır. Aynı atık sularla ancak bu kez pilot tesiste yapılan deneylerde kalma süresi 6,6 ve 3,2 saat seçilmiş ve BOİ giderimi sırasıyla %90 ve %80 olarak bulunmuştur. Ayrıca birlikte arıtımın ilk yatırım maliyetinde önemli bir avantajı yoksa da işletme giderlerinde %30 daha az bir maliyetin söz konusu olduğundan bahsedilmiştir(Schlichting, et al., 1980).

Endüstriyel ve evsel atık suların birlikte arıtılarak arıtılmış suyun su kaynağına ve sulamaya verilmesinin incelendiği çalışmada, önçöktürücüden alınan evsel atık suyun %50'si doğrudan doğruya havalandırma tankına, geri kalanı da endüstriyel atık suyun bulunduğu fenol giderme havuzuna verilmiştir. Endüstriyel atık suya bir berraklaştırıcıda sülfürik asit katılarak pH 6 dolayında tutulmuş ve yağ giderimi sağlanmıştır. Atık su aktif çamur tankından geçirilmiş, krom ve diğer ağır metaller için iki kademeli havuz kullanılmıştır. İlk kademede bir indirgen(kükürt dioksit) ve sülfürik asit, ikinci kademede kireçle nötürleştirme yapılarak çöktürme sağlanmıştır. Endüstriyel atık su için 15 günlük kalma süresi ile çalışılmıştır ve BOİ değeri 900'den 20-30'a, KOİ değeri 4000'den 125'e düşürülmüş ve ağır metallerde de hemen hemen tam giderme sağlanabilmiştir(Sloan, 1984).

Bir patentte ise aktif çamur yöntemiyle arıtım yapılan havalandırma tanklarındaki köpük problemine çözüm

getirilmiştir. Son çöktürücüde ayrılan aktif çamurun havalandırma tankına geri döndürülen kesimi, bir duş şeklinde üstten püskürtülmüş ve böylece köpük kırılmıştır. Bu yöntemin, çamur püskürtülürken havadan oksijen alması ve havalandırma tankından çıkan havadaki uçucu organik ve kötü kokulu maddeleri soğurma gibi avantajları olduğu ve böylece çıkan havanın bir ölçüde temizlenmiş olacağı belirtilmiştir(Sahlmen, et al., 1985).

Bir kanalizasyon sistemi, piston akışlı reaktör gibi kullanılarak havalı koşullarda çalışıldığında kademeli besleme ile yüksek besi maddesi uzaklaştırma hızlarına erişilmiştir ve bu sonucun çamur yaşayabilirliğinde önemli bir artışa yol açtığı görülmüştür(Green and Shelef, 1981).

Bir aktif çamurla atık su arıtım tesisinin yalnız aktif çamur birimini ele alan bir modeliyle, tesisin tümünü ele alan modelin karşılaştırıldığı çalışmada; her iki modelde çamur üretimi, çamurda toplam ve uçucu katı derişimleri incelenmiştir. İkinci modelin, çamur geri devir yüklemelerine karşı daha esnek olduğu ve birçok durumlarda çamur üretimini tahminde daha ılımlı olduğu gösterilmiştir(Speitel and Hughes, 1982).

Kendi kendine ısı sağlayan (autothermic) ve sıcak seven(thermophilic)(40-50°C) bakterilerin havalı ortamda arıtmada kullanılması, özellikle orta ölçekte işletmelerde(10000-30000 nüfus) geleneksel "soğuk" havalı çamur arıtım sistemlerinin yerini alabilecektir. Bu yöntemin avantajı özellikle soğuk ülkelerde de başarılı olmasıdır. Deneysel çalışmalar bu sonuçlara varılmasını sağlamıştır (Vismara, 1984).

Çamurda uzun depolama süreleri sırasında hangi değişikliklerin oluştuğunu ve çamur depolamada havalı(aerobic) veya havasız(anaerobic) koşulların hangisinin daha iyi olacağı araştırılmış ve havasız koşulların daha uygun olduğu belirlenmiştir(Gonzales-Martinez and Norouzian, 1984).

Hem tek hem de çok bölümlü sistemlerde üretilen aktif çamurun çökelme özellikleri; atık suda değişik BOİ/N oranlarında ve 24 saatlik hidrolik kalma süresinde araştırılmıştır. Çok bölümlü sistemin daha iyi bir arıtım kalitesine sahip olduğu gibi BOİ/N oranı 130/1 değerini aşmadığında daha yüksek çamur çökmesi sağladığı gösterilmiştir(Wu, et al., 1984).

Burada verilenler daha önce yapılmış çalışmaların ancak küçük bir bölümüdür. Günümüzde de bu konu, üzerinde en çok çalışılmakta olan araştırma alanlarından birisidir.

2. ATIK SULARIN ARITIM YÖNTEMLERİ

Atık sular çeşitli anorganik ve organik maddeleri içerir. Bunlardan bir kısmı çökebilen, askıda veya yüzebilen çözünmemiş maddelerdir. Diğer kısmı ise suda değişik derişimlerde çözünmüş durumdadır. Atık sudaki organik maddeler, bakteri ismi verilen küçük canlıların besi maddelerini oluşturur. Bu bakteriler rahatsız edici kokular oluşturabilir ve bulaşıcı hastalık taşıyabilir. Yukarıda bahsedilen çeşitli cinsten maddeler, atık sudan mekanik(fiziksel), kimyasal ve biyolojik yöntemlerle uzaklaştırılabilir. Bunlardan ya mekanik yöntem yalnız veya mekanik ve kimyasal yöntemler beraberce veya mekanik ve biyolojik yöntemler birlikte uygulanır(Kor, 1974). Şimdi bu yöntemleri kısaca tanıtalım.

2.1. Mekanik Yöntemler

Mekanik arıtmada iri askıda maddeler, yüzebilen maddeler ve kendi ağırlığı ile çökebilen maddeler aşağıdaki yöntemlerle sudan ayrılır.

2.1.1. Izgara ve kalburlar

Genel olarak ince veya kaba ızgaralar, pompa istasyonlarında ve arıtım tesislerinde büyük yüzebilen cisimleri ve bez parçalarını tutarak pompaları ve taşıma hatlarını korur. Sabit, kaldırılabilen veya bir eksen etrafında dönebilen şekillerde olabilir ve elle veya mekanik olarak temizlenebilir. Kaba ızgaralar, her milyon litre

atık su başına 3,6-57 litre kadar malzemeyi sudan ayırır veya toplam yüzebilen maddenin en çok %1-3 kadarı bu ızgaralar ile tutulur (Rudolfs, 1967).

2.1.2. Kum tutucular

Kum tutucular; genel olarak uzun, dikdörtgen şekilli odalardır. Su hızını 0,15-0,30 m/s arasında tutacak şekilde projelendirilirler. Sayıları iki veya daha fazla olabilir. Teorik olarak sadece kum, kül ve diğer yüksek yoğunlukta maddeler tutulur, fakat pratikte oldukça fazla miktarda yanıcı maddeler de dibe çöker (Rudolfs, 1967).

2.1.3. Yağ tutucular

Önemli miktarda petrol, gres, sabun ve yağları içeren atık suların ilk arıtımı için bu maddeleri sudan ayıracak özel havuzlar kullanılır. Kısa bir süre ile (3-15 dakika) suya hava verilmesi, bu maddelerin sudan ayrılmasına yardımcı eder. Gres ve petrol zerrecikleri hava kabarcıklarına yapışarak yüzeğe taşınır. Az miktarda asit veya klor, bunların sudan ayrılmasını hızlandırır. Yağ ve benzeri yüzebilen maddelerin kanalizasyon sularındaki miktarı, endüstriyel atık sular karışsa da genel olarak 1000 m^3 atık su başına $7-28 \text{ dm}^3$ arasındadır. Bunlar toprağa gömülür, çamur çürütme tesisine verilir veya ızgaralarda tutulan maddelerle birlikte yakılır (Rudolfs, 1967).

2.1.4. Çöktürme havuzları

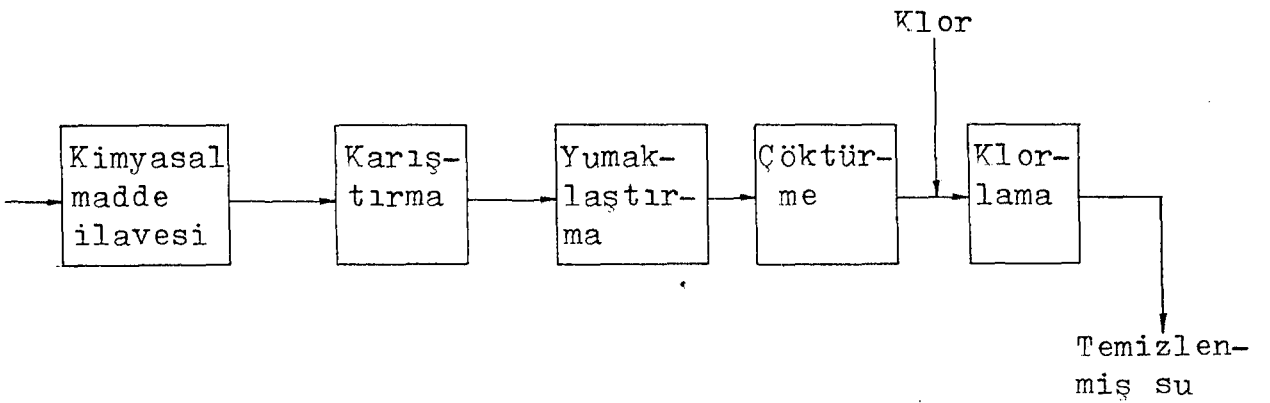
Çökebilen katı maddeler, çöktürme havuzlarında atık sudan ayrılır. Amaç, yeteri kadar çökebilen maddeyi uzak-

laştırmak ve atık suyu taze tutmaktır. Çökelme hızına etki eden faktörler şunlardır: Atık suyun özelliğine ve kirliliğine göre değişen viskozitesi; tanelerin büyüklüğü, şekli ve özgül ağırlığı; sıcaklık; suyun mekaniksel olarak karıştırılması; suya kimyasal maddeler ve bazı ticari artıklar ilavesidir. Çöktürücülerin işletilmesinde göz önünde bulundurulması gerekli olan temel faktörler; çöktürme havuzunun hesap ve projelendirilme şekli, akış hızı ve kalma süresi, atık suyun özelliği, havuzların temizliği, atık su çamurlarının uzaklaştırılma şekli ve tesisin işletilme yöntemidir. Mekanik olarak temizlenen ilk çöktürme havuzları, iki saatlik bir ortalama kalma süresine göre projelendirilir. Mekanik olarak temizlenmeyenlerde ise bu sürenin daha uzun olması gerekir(Rudolfs, 1967).

2.2. Kimyasal Yöntemler

Bu yöntem endüstri atıklarının arıtımında oldukça etkindir. Modern kimyasal arıtımda, pıhtılaştırıcı maddeler (coagulating agent) ilave edilerek kendiliğinden çökemeyen katı maddeler atık sudan ayrılır. Pıhtılaştırıcı maddeler, su içinde çok ince dağılmış halde bulunan taneleri bir araya getirerek çöktürmek suretiyle sudan ayrılabilen yumaklar oluşturur. Çözünmüş organik maddeleri kimyasal bileşikler yardımıyla sudan ayırmak için hiçbir ekonomik yöntem geliştirilememiştir. Tek başına kimyasal arıtım, biyolojik yükseltgenme kadar başarılı değildir. Günümüzde bu amaçla çok kullanılan kimyasal maddeler şunlardır: FeCl_3 , $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$, $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ve klorlu FeSO_4 . Bunlar tek başlarına kullanılabildiği gibi pH değerine göre kireç veya asit ile birlikte de uygulanabilir.

Tipik bir kimyasal arıtım tesisine ait akış diyagramı Şekil 2.1' de verilmiştir. Su akımı ile orantılı olacak şekilde ve iyi bir pıhtılaştırma ve kolayca çökebilecek yumaklar oluşturacak miktarda kimyasal maddeler kuru halde veya çözelti olarak atık suya ilave edilip hızlı olarak karıştırılır. Yumaklaştırma tesisinde ya döner kanatlarla ya da hava ile ağır ağır karıştırılır. Burada tanelerin bir araya gelip yumaklar oluşturması için gerekli süre ve şartlar hazırlanır. Pıhtıları içeren atık sular çöktürme tankına gelir ve üstte berrak bir su bırakarak yumaklar çöker. Temizlenmiş sular klorlanıp nehre verilebilir. Kimyasal arıtma işleminin verimi, pıhtılaştırıcı madde miktarına veya arıtılan atık suyun özelliğine göre değişir. Ekonomik dozajlarla 50 g/m^3 askıda katı madde değeri elde edilebilir. Daha yüksek dozajda pıhtılaştırıcı madde kullanılırsa askıda maddenin %90 ve BÖİ'nin %70 kadarı sudan ayrılabilir(Rudolfs, 1967).



Şekil 2.1. Kimyasal arıtım tesisinde akış diyagramı (Rudolfs, 1967).

2.3. Biyolojik Yöntemler

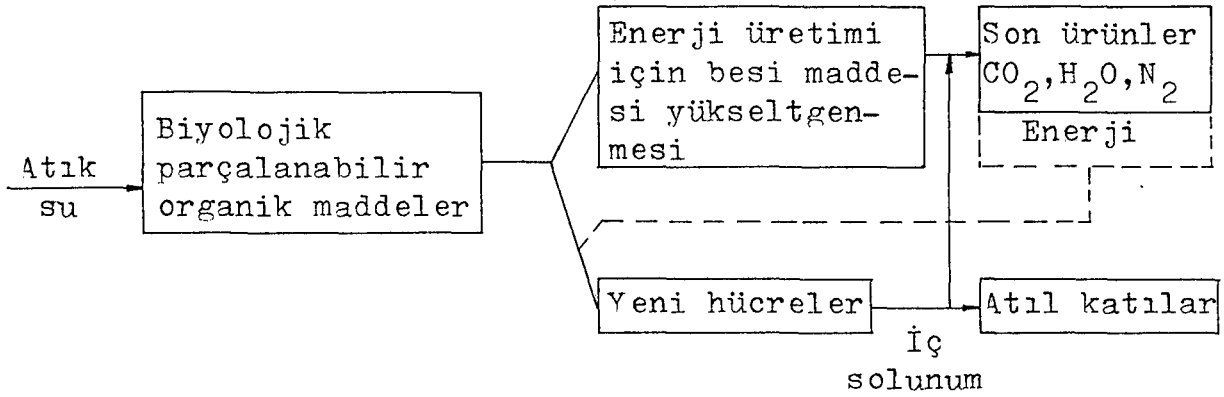
Yüzyılımızın başında geliştirilmeye başlanan biyolojik arıtma, organik kirleticileri içeren evsel ve endüstriyel atık sulara uygulanır. Genellikle yüksek arıtma gücündeki biyolojik yöntemler bugün geniş şekilde kullanılmaktadır.

Biyolojik arıtmada atık sudaki organik maddeler, mikroorganizmalar tarafından besin ve enerji kaynağı olarak kullanılır. Bu kullanım sırasında organik maddelerin bir kısmı enerjiye dönüştürülür, diğer kısmı hücre için gerekli maddelerin sentezinde kullanılır. Atık suda gelişen ve arıtmada önemli olan başlıca organizmalar; bakteriler, mantarlar, algler, protozoa, rotiferler, kabuklular ve virüslerdir. Organizmalar ve buna bağlı olarak arıtma, oksijen kullanımına göre ikiye ayrılır. Birinci grup moleküler oksijen kullanan ve bu ortamda yaşayabilen organizmalar, diğeri oksijenin bulunmadığı yerlerde yaşayabilen organizmalardır. Mikroorganizmaların gelişmesi yaşadıkları çevreye bağlıdır. Yaşamalarına etki eden başlıca faktörler; pH, sıcaklık, gerekli besi maddelerinin, eser elementlerin, yeterli oksijenin bulunması ve uygun karıştırma. Bunlar göz önüne alınarak çevre koşullarının düzenlenmesi ile atıkların arıtılması sağlanır.

2.3.1. Havalı sistemler

Su ortamına verilen organik maddece zengin atıklar, ortamda mevcut mikroorganizmalar tarafından besin ve enerji kaynağı olarak kullanılır. Azot ve fosforun katalizör görevini üstlendiği bu olaylarda, mikroorganizmalar suda-

ki çözünmüş oksijeni tüketirken organik maddelerin bir kısmını enerjiye dönüştürür, diğer kısmını ise yeni hücrelerin sentezinde kullanır(bkz. Şekil 2.2).



Şekil 2.2. Organik maddelerin havalı-biyolojik olarak parçalanma mekanizması(TÜBİTAK Bülteni, 1985).

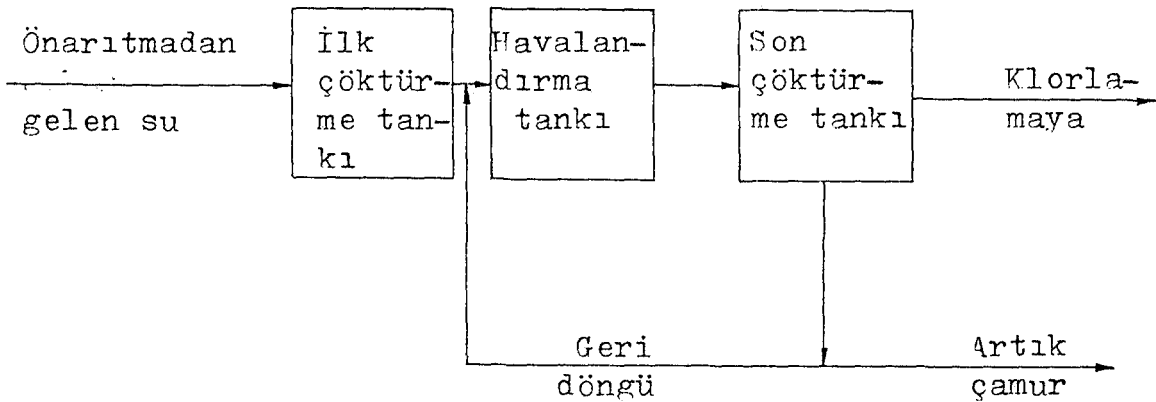
Havallı sistemler; aktif çamur yöntemi, damlatmalı filtreler ve oksidasyon havuzları olmak üzere başlıca üç gruba ayrılabilir. Şimdi bu yöntemleri kısaca tanıtalım.

2.3.1.1. Aktif çamur yöntemi

Yüzyılımızın başında İngiltere'de geliştirilen süreç, çok çeşitli atıklara uygulanabilmesi ve yüksek verim sağlaması nedeniyle günümüzde en çok kullanılan bir arıtma yöntemidir. Aktif çamur yönteminde esas, organik madde içeren atık suların sürekli havalandırmalı ortamda bulunan mikroorganizmalar topluluğu ile karıştırılması ve son çöktürücüde mikroorganizmaların çökeltilerek temizlenmiş su-

dan ayrılmasıdır. Havalandırma sırasında sudaki organik maddelerin bir kısmı enerji eldesinde bir kısmı da hücre sentezinde kullanılır.

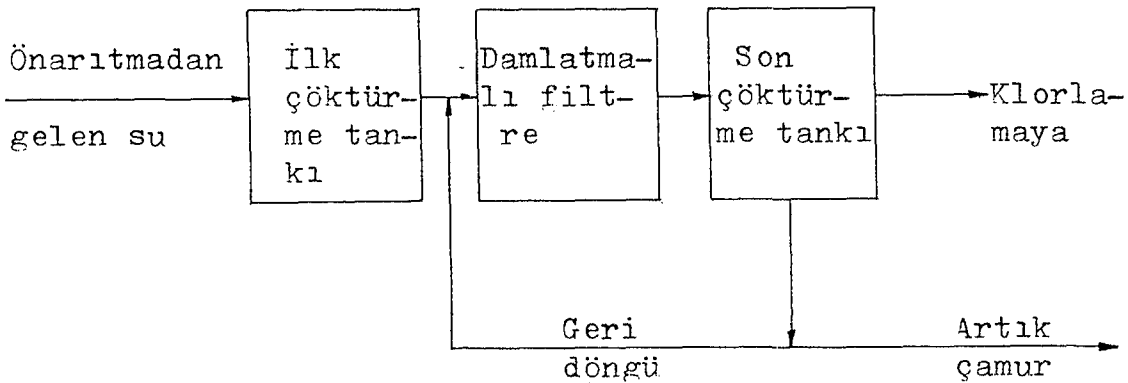
Önarıtmadan gelen atık su, bir önçöktürme tankında bekletilerek çamur ayrılır. Havalandırma tankında su, mikroorganizmalar ile karıştırılarak havalandırılır. Belirli bir sürede su içindeki organik maddelerin büyük kısmı mikroorganizmalar tarafından kullanılır. Son çöktürme tankında karışım ayrılır ve çamurun bir kısmı dışarı alınırken bir kısmı aşılama amacıyla havalandırma tankına geri verilir. Çöktürme tankından çıkan su ise klorlanarak uzaklaştırılır(bkz. Şekil 2.3). Evsel ve çeşitli endüstriyel atık sular için kullanılabilen yöntemin, arıtılacak su niteliğine ve arıtım derecesine göre birçok değişik uygulaması geliştirilmiştir.



Şekil 2.3. Aktif çamur yöntemiyle arıtım sistemi (Tünay, 1976).

2.3.1.2. Damlatmalı filtreler

Damlatmalı filtreler dairesel veya dikdörtgen kesitli yataklardan oluşur. Yataktaki ızgaranın üzeri çakıl, taş parçaları, kok gibi maddelerle doldurulur. Atık su, filtre tabakasının üstüne çoğunlukla dönen bir dağıtıcı kullanılarak düzgün bir şekilde yayılır. Filtre tabanında toplanan sular bir boşaltma sistemiyle alınır ve aynı zamanda tabandan, filtrede oluşan tepkimeler için gerekli olan havalandırma yapılır. Atık su filtre içinde ilerlerken taş parçacıklarına yapışmış mikroorganizmaların dış kısımlarında, sudaki organik maddeler havalı ortamda parçalanırken tabakanın kalınlaşmasıyla alt tabakalar havasız hale gelir ve tabakaların daha da kalınlaşması iç kısımlara besinlerin gitmesini önlediğinden canlılıklarını kaybederek taş parçalarından kopar. Bu şekilde sürekli olarak mikroorganizma tabakası yenilenir, filtreden alınan su berraklaştırıcıya verilir ve bir kısım çamur, aktif çamurda olduğu gibi filtreye geri verilir(bkz. Şekil 2.4).



Şekil 2.4. Damlatmalı filtre sistemi(Tünay, 1976).

2.3.1.3. Oksidasyon havuzları

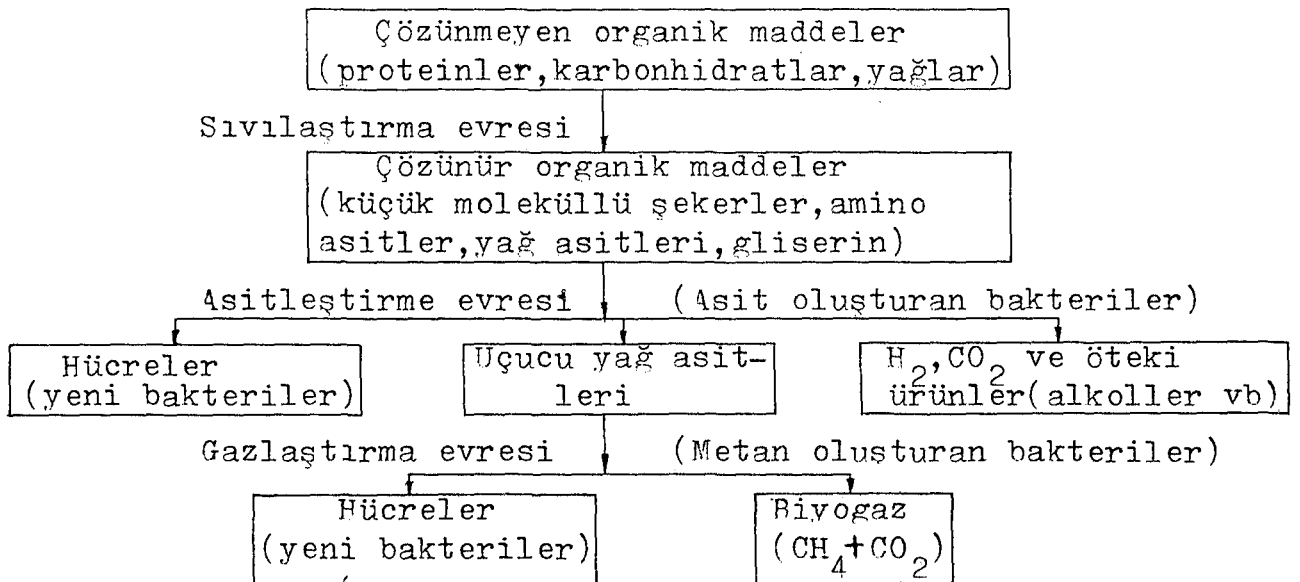
Evsel atık sular sığ havuzlarda doğal biyolojik işlemle arıtılır. Bu şekilde ham veya bir önışlemden geçmiş suyun yükseltgenmek üzere bırakıldığı geniş havuzlara oksidasyon havuzu adı verilir. Yükseltgenmeyi yapan mikroskopik canlılardır. Yazın BOİ giderimi %95'e çıkabilir, soğuk mevsimlerde %50'ye kadar düşebilir. Rüzgar, havuzu havalandıramayacak kadar az ise ve fotosentezden gelen oksijen yeterli değilse havasız koşullar oluşur ve çökelmiş maddeler çürür. Bazen mekanik olarak hava verilir. Derin havuzlarda üst kısımda havalı, alt kısımda havasız tepkimeler oluşur. Oldukça fazla yer kaplar ve rahatsız edici kokular çıkabilir.

2.3.2. Havasız sistemler

Sudaki çözünmüş oksijenin tükenmesine karşın ortama organik madde verilmesinin devam etmesi halinde oksijensiz ortamda yaşayabilen mikroorganizmalar üreyerek doğal parçalanma sürdürülür. Atık suların havasız yöntemle arıtılabilmesi için organik madde miktarının çok yüksek olması gereklidir. Ayrıca havasız ortamda parçalanmanın devamı için katalizöre ve belli bir sıcaklığa gerek vardır. Çok yavaş süren bu olayda organik maddeler birinci kademede hidrolize uğrayarak amino asitlere, yağ asitlerine ve gliserine parçalanır. Suda çözünen hidroliz ürünlerinin oluştuğu bu evreye "sıvılaştırma evresi" adı verilir. İkinci kademede ise kararlı moleküller olan H_2 , CH_4 , CO_2 oluşur(bkz. Şekil 2.5).

Atık suların birinci ve ikinci kademe arıtılması sı-

rasında işlenen suyun, yaklaşık 1/200'ü çamur olarak ayrılır. Bu çamur organik ve anorganik maddelerden oluşur. Havasız çürütme ile çamur veya yüksek organik madde içerikli suların organik madde içeriği azaltılır ve kararlı duruma getirilmiş olur. Atık suların bu yolla arıtılabilmesi için organik madde içeriğinin diğer yöntemlere göre 10 kat fazla olması, protein ve yağ içeriğinin daha fazla ve yeterli alkaliliğe sahip olması gerekir, ısı da çok önemlidir. Havasız tepkimeler normal sıcaklığın üstünde oluşur. Tepkime sıcaklığına göre 30°C dolayında mezofilik çürüme, 50°C dolayında termofilik çürüme oluşur ve işlem süresi uygulanan yönteme bağlı olarak 1-2 ay olabilir. Görüldüğü gibi çok uzun bir işlemdir(Tünay, 1976).



Şekil 2.5. Havasız çürüme evreleri(TÜBİTAK Bülteni, 1985).

2.4. Dezenfekte Etme

Hangi yöntemle arıtım yapılırsa yapılsın arıtılmış su alıcı su kaynağına verilmeden önce zararlı mikroorganizmaları öldürmek için dezenfekte edilmelidir. Bu işlem klor ya da ozon gibi gazlarla ya da hipoklorit çözeltileriyle gerçekleştirilebilir.

2.5. Diğer Yöntemler

Klasik kimyasal ve biyolojik arıtım yöntemleriyle giderilemeyen organik maddeler aktif karbon gibi adsorbanların kullanıldığı adsorpsiyon yöntemiyle giderilebilir. Bu yöntem aynı zamanda arıtılmış suyun deşarjından önce klor gidermede de kullanılabilir(Tchobanoglous, 1979).

Birincil çöktürmede(mekanik) fosfor ve askıda katı maddelerin giderimini artırmak için kimyasal maddeler; $Al_2(SO_4)_3$, $Fe_2(SO_4)_3$ gibi elektrolitler kullanılabileceği gibi bazı polimerler de bu amaçla kullanılabilir (Tchobanoglous, 1979).

Doğal yöntemlerden biri olan zemin filtrelerinde ise evsel atık sular geniş arazilere doğrudan doğruya verilerek sızdırılırlar. Toprakta geçerken çeşitli mikroorganizmalar yardımıyla biyolojik arıtım olduğu gibi burada bir süzme etkisi de vardır.

Akışkan yataklarda evsel ve endüstriyel atık suların biyolojik arıtımı diğer bir arıtma yöntemidir. Akışkan yatakta kum, plastik, cam, antrasit gibi destek maddeleri kullanılabilir ve bunların üzerinde karışık bakteri kültürü ince bir film halinde biyokütle oluştu-

rur. Kanalizasyon sularının arıtımı için önerilen bir akışkan yatak sisteminde mekanik arıtıma uğratılmış olan atık su önce akışkan yatağa verilir, daha sonra havalandırma kulesine gönderilerek havalandırılır. Havalandırma kulesinden çıkan suya geri döngü uygulanarak kanalizasyon beslemesi ile birleştirilir ve tekrar akışkan yatağa verilir. Arıtılmış su ise havalandırma kulesi altından alınır(Sehic, 1981).

2.6. Arıtım Yöntemlerinin Karşılaştırılması

Arıtım yöntemleri etkinliklerinin karşılaştırılması için kirlilik parametreleri seçilmelidir. Kirlilik miktarının ölçüsü atık suyun BOİ değeri, askıda madde miktarı veya bakteri sayısı olabilir. Arıtma tesisinde her bir birimin etkinliği, bu birimden çıkan suyun kirlilik içeriğinin bu birime giren suyun kirlilik içeriğinden çıkarılması ve bu farkın giren suyun kirlilik içeriğine oranlanarak yüzle çarpılmasıyla hesaplanan % azalma olarak ifade edilir. Çeşitli atık su arıtım tesislerini oluşturan birimlerin etkinlikleri Çizelge 2.1'de verilmiştir. Bu çizelgedeki üst değerler; doğru olarak boyutlandırılmış, iyi bir şekilde inşa edilmiş ve titiz bir şekilde bakımı yapılan tesisler içindir. Tesise kapasitesinin üstünde su verilecek olursa arıtım etkinliği düşer. Bu durumda çamurun tamamı ayrılamaz, bir kısmı atık su ile birlikte akışa devam eder.

Çizelge 2.1. Arıtım tesisi birimlerinin etkinlikleri
(Kor, 1974)

Arıtım yöntemleri	% azalma		
	BOİ'de	Askıda madde'de	Bakteri sayısı'nda
1.İnce ızgara veya kalbur	5 - 10	5 - 20	10 - 20
2.Ham veya durulmuş atık suyun klorlanması	15 - 30	-	90 - 95
3.Çöktürme havuzu	25 - 40	40 - 70	25 - 75
4.Yumaklaştırma havuzu	40 - 50	50 - 70	-
5.Kimyasal pıhtılaştırma havuzu	50 - 85	70 - 90	40 - 80
6.Yüksek hızlı damlatmalı filtre	65 - 90	65 - 92	70 - 90
7.Düşük hızlı damlatmalı filtre	80 - 95	70 - 92	90 - 95
8.Yüksek hızlı aktif çamur sistemi	50 - 75	80	70 - 90
9.Düşük hızlı aktif çamur sistemi	75 - 95	85 - 95	90 - 98
10.Zemin filtreleri	90 - 95	85 - 95	95 - 98
11.Biyolojik arıttırdan geçmiş suyun klorlanması	-	-	98 - 99

2.7. Çamur Arıtımı ve Faydalanma Süreçleri

Çamur türetildiği atık suyun kaynak ve tipine göre değişkenlik gösterir. Atık aktif çamurda, sürecin havalandırma tankındaki askıda katı madde değerinin iki katı derişimde askıda katı madde bulunur. Kimyasal, ısıll olarak veya hazmettirme ile kararlı hale getirilmeyen çamura "ham çamur" denir. Denize yakın arıtım tesisleri bazı özel durumlarda ham çamurlarını denize verebilir. Ham çamurun kararlılığı üretildiği sürece bağılıdır. Çamurların giderilmesi için çeşitli yöntemler uygulanabilir(Winkler, 1981).

2.7.1. Çamur koyulaştırma

Çamur koyulaştırma(thickening) için en genel yöntemler yerçekimi ile çöktürme ve yüzdürme ile koyulaştırma dır. Santrifüjleme diğer yöntemlere göre daha pahalıdır ve ancak çamur hacmini daha azaltmak gerektiğinde uygulanabilir.

2.7.2. Çamuru kararlı hale getirme

Çamuru kararlı hale getirmek(stabilization) için çamurun organik madde içeriğinin yarısının çoğunlukla metana dönüştürüldüğü havasız ortamda çürütme kullanılır. Havallı ortamda çürütme, çevre sıcaklığında 20 gün gibi uzun bir süre bırakılarak yapıldığından enerji tüketimi yüksektir ve çürütülmüş çamuru koyulaştırmak zordur. 20 günlük havalandırmada katı içeriği % 30, 90 günde ise % 60`azalır. Havallı ortamda çürütme daha fazla enerji gerektirmesine karşın havasız çürütmeye

göre daha basittir ve düşük maliyet gerektirir, sıvı fazı daha düşük BOİ ve amonyak içerir. Kimyasal kararlı hale getirmede ise pH 12 değerinin üzerine kireç ilavesiyle çıkarılarak koku azaltılır, hastalık yapan mikroorganizmalar giderilir ve su giderme kolaylaşır.

2.7.3. Çamur koşullandırma

Çamurdaki katı derişimini artırmak için yapılan arıtma işlemi çamur koşullandırma(conditioning) olarak bilinir. Çamurun çöktürülmesi toprak, çok değerlikli anorganik iyonlar(örneğin Fe^{3+} ve Al^{3+}) veya polielektrolitlerle yapılır. Basınç altında çamuru ısıtma, ısıl koşullandırma süreçlerinden biridir. Diğer bir ısıl koşullandırma süreci de ıslak-hava yükseltgemesidir. Bu süreçler çamurun sterilizasyonu için avantaj sağlar ve hastalık yapan organizmalar giderilir.

2.7.4. Çamurdan su giderme

Yarı katı karakteri vermek için çamurdan yeterli su uzaklaştırılması, su giderme(de-watering) olarak bilinir ve bu karakter yaklaşık % 50 katı içeriğinde oluşur. Bu işlem filtrasyon ile ve kum kurutma yataklarında yapılabilir. Çamurdan alınan su yüksek oranda azot ve biraz fosfor içerir, bu da arıtım tesisine geri döndürüldüğünde yükü artırır.

2.7.5. Çamur kurutma ve yakma

Kurutulmuş çamur gübre olarak veya toprağı koşullandırmak için kullanılabilir fakat kurutma maliyetleri

yüksektir. Yakma, son çamur giderme yöntemi olarak uygulanabilir ve su giderme % 30'dan fazla katı içeriği verecek şekilde yapıldığında çamur katılarının yanma ısısı artık su içeriğini buharlaştırmak için yeterlidir. İngiltere'de atık çamurun % 2'den daha azı yakılmaktadır.

2.7.6. Gübre olarak çamur

Yüksek organik madde içeriği nedeniyle çamur, ideal bir gübredir. Çamurun su içeriği azaltıldığında azot ve fosfor içeriği azalır ve katı çamurdaki azot, fosfor ve potasyum oranları düşüktür. En yüksek gübre değeri sıvı fazından yararlanıldığı zaman elde edilir ki, bu da arıtım tesisinde azot ve fosfor yükünü azaltır. Çamurun diğer özelliği de atık su arıtımında çok faydalı olan ağır metalleri bünyesinde adsorplama yeteneğidir. Ağır metaller katı çamur bünyesinde kaldığından su içeriği azaldıkça derişimleri artar ve bu çamurlar gübre olarak kullanıldığında besinlere geçebilir(Winkler, 1981).

3. AKTİF ÇAMUR YÖNTEMİNİN KURAMSAL TEMELLERİ

Aktif çamur süreci, organik kökenli atık sular ve endüstriyel atık suların arıtılmasında muhtemelen en çok kullanılan biyolojik bir süreçtir. Sürecin esası; havalandırılmış ve karıştırılmış ortamda yumaklaşmış biçimde bulunan karışık mikroorganizma topluluğu ile atık suyun temasa getirilmesidir. Askıda ve kolloidal maddeler, atık sudan mikroorganizma çamurları tarafından yüzeyde soğrularak(adsorption) ve kümeleşme(agglomeration) ile hızla uzaklaştırılır. Bu maddeler ve çözünmüş besi maddeleri mikroorganizmaların metabolizması ile daha yavaş parçalanır; bu basamak "kararlılaştırma(stabilization)" basamağıdır. Bu basamakta besi maddelerinin bir kısmı karbondioksit gibi basit maddelere yükseltgenir ki bu "mineralleşme(mineralisation)" basamağıdır; bir kısmı da "benzeşme(assimilation)" basamağında yeni hücre maddelerine dönüştürülür. Mikroorganizma kütlelerinin bir kısmı da hücre içinde parçalanır, bu süreç "iç solunum (endogenous respiration)" olarak bilinir. Yükseltgenme süreçleri, adsorpsiyon ve benzeşme süreçleri için gereken enerjiyi sağlar(Winkler, 1981).

Havali biyolojik arıtım süreçlerinde mikroorganizmaların yaşam faaliyetleri için gerekli besi maddeleri arasında azot ve fosfor da vardır. Bunların belli oranlarda bulunması uygun arıtım koşullarını sağlamada önemlidir. Sawyer'a göre $BOI/N=17/1$ ve $BOI/P=90/1$ oranları idealdir; ancak bu oranlar sırasıyla 32 ve 150 değerlerini aşmamalıdır(Muslu, 1985).

3.1. İşletme Parametreleri

Aktif çamurla arıtım sürecinde önem taşıyan çeşitli işletme parametreleri aşağıda verilmiştir.

3.1.1. Çamur derişimi

Çamur derişimi, askıda katı derişimi cinsinden ifade edilebilir ve havalandırma tankındaki derişim "havalandırma tankında askıda katılar, HTAK(mixed liquor suspended solids, MLSS)" olarak gösterilebilir. Askıda katıların bir kısmı anorganik olabilir ve mikroorganizma içeriğinin daha yaygın bir ölçütü olan yanabilir madde içeriği "uçucu askıda katılar, UAK(volatile suspended solids, VSS)" olarak bilinir. Havalandırma basamağındaki çamur derişimi buna göre "havalandırma tankında uçucu askıda katılar, HTUAK(mixed liquor volatile suspended solids, MLVSS)" olarak verilir. Bu var olan organik madde miktarını gösterecektir, fakat biyolojik olarak aktif maddelerle inert olanları ayırtedemez(Winkler, 1981).

3.1.2. Çamur hacim indeksi

Çamur hacim indeksi ÇHİ "(sludge volume index, SVI)" çamurun çökelme niteliğini belirleyen bir parametredir. Kuru halde ağırlığı 1 gram olan katı maddenin, yarım saatlik bir çökelme sonunda kabın tabanında kapladığı ıslak hacme çamur hacim indeksi denir ve I_v ile de gösterilebilir. İyi bir çökelme özelliğine sahip bir çamurun hacim indeksi 50-150 dm^3/kg arasındadır. İndeksi 200 dm^3/kg olan çamur, kötü ve kabarmış çamur sınıfına girer(Muslu, 1985).

3.1.3. Hidrolik yük

Hidrolik yük birim zamanda(1 günde) havalandırma tankına giren su hacminin birim tank hacmine karşılık gelen değeridir ve Q_v ile gösterilir(Muslu, 1985).

$$Q_v = Q_b / V_1 \quad (1/\text{gün}) \quad (3.1)$$

Burada Q_b , havalandırma tankına arıtmak üzere gelen debi olup($m^3/\text{gün}$) içinde geri devir debisi yoktur. V_1 , havalandırma tankı hacmidir(m^3).

3.1.4. Organik yük

Organik yük birim zamanda (1 günde) havalandırma tankına gelen suyun BOİ değerini (ki bu, besi maddesi girişinin bir ölçütü olarak düşünülebilir) tank hacmine bölerek bulunur(Muslu, 1985):

$$B_v = F / V_1 \quad (\text{kg BOİ}/(m^3)(\text{gün})) \quad (3.2)$$

Burada F , besi maddesi giriş hızı($\text{kg BOİ}/\text{gün}$), V_1 , havalandırma tankı hacmidir(m^3).

3.1.5. Çamur yükleme faktörü

Çamur yükleme faktörü f_m (bu aynı zamanda besin/mikroorganizma oranı olarak da bilinir), havalandırma basamağındaki çamurun miktarı ile ilgilidir ve çamur etkinliğini belirlemede kullanılabilir. Bu değer şöyle hesaplanabilir(Muslu, 1985):

$$f_m = S_o \cdot Q_b / V_1 \cdot \times \quad (\text{kg BOİ}/(\text{kg HTAK})(\text{gün}))(3.3)$$

Burada, S_o , havalandırma basamağına gelen atık suyun BOİ değeri(kg/m^3) ve x , havalandırma tankında askıda katı içeriğidir(kg/m^3).

Çamur yükleme faktörü f_m' , HTUAK cinsinden de ifade edilebilir:

$$f_m' = S_o \cdot Q_b / V_l \cdot x' \quad (\text{kg BOİ}/(\text{kg HTUAK})(\text{gün}))(3.4)$$

Burada x' , havalandırma tankında uçucu askıda katı içeriğidir(kg/m^3).

3.1.6. Çamur geri devir oranı

Havalandırma tankına besleme akış hızı Q_b , çöktürme tankı altından alınıp havalandırma tankına geri verilen çamur akış hızı Q_r ise; çamur geri devir oranı,

$$r = Q_r / Q_b \quad (3.5)$$

olarak verilir.

3.1.7. Kalma süresi

Havalandırma tankında atık suyun ortalama alıkonma süresidir ve çamur ile atık su arasındaki değme süresini verir.

Sürekli bir sistemde; havalandırma tankı hacminin giren atık suyun hacimsel akış hızına oranı olarak hesaplanır(Winkler, 1981).

$$t_r = V_l / Q_b \quad (\text{st}) \quad (3.6)$$

Kalma süresi(retention time), havalandırma süresi(aeration time) ya da alıkonma süresi(detention time) olarak da adlandırılır. Kalma süresi ve hidrolik yük arasındaki ilişki $t_r = l/Q_v$ şeklindedir.

Tam karıştırmalı sürekli bir sistemde, ortalama kalma süresi veya hidrolik kalma süresi kullanılabilir ve havalandırma tankında besi maddesi uzaklaştırma hızı

$$(S_o - S_e) / t_r \quad (\text{kg BOİ/gün}) \quad (3.7)$$

olarak verilir; burada S_e , sistem çıkışındaki besi maddesi derişimidir(kg/m^3).

3.2. Aktif Çamur Sistemi Matematiksel Modelleri

Aktif çamur sistemlerinin kuramsal incelenmesinde ve tasarımı matematiksel modellerin kullanımı önemli bir yer tutar. Bu modeller başlıca iki grupta toplanabilir(Winkler, 1981).

3.2.1. Tepkime kinetik modelleri

Havalandırma tankı bir reaktör olarak düşünülebilir. Besi maddesi derişimindeki zamanla azalma ($-dS/dt$), çamur derişimi (x) ve besi maddesi derişimi (S) ile orantılıdır ve orantı katsayısı 2. mertebeden tepkime hız sabiti k_2' dir. Buna göre biyokimyasal tepkimenin modeli şöyledir:

$$-dS/dt = k_2 Sx \quad (3.8)$$

Tüketilen besi maddelerinin bir kısmı, yeni mikroorganizmalara dönüştürülür. Büyüme katsayısı cinsinden dö-

nüshüm hızı,

$$Y = -dx/dS \quad (3.9)$$

uzaklaştırılan besi maddesi kütlesi başına oluşan hücre miktarını verir. Y boyutsuzdur fakat $(\text{kg/m}^3, \text{çamur})/(\text{kg/m}^3, \text{BOİ})$ olarak birimi vardır. Y sabit alınarak 3.9 denkleminin integrali alınır,

$$x - x_0 = Y(S_0 - S) \quad (3.10)$$

elde edilir. Burada x_0 ve S_0 çamur ve besi maddesi başlangıç derişimleridir. Denklem 3.8 ve 3.10 birleştirilirse,

$$-dS/dt = k_2 S(x_0 - YS_0) - k_2 YS^2 \quad (3.11)$$

bulunur. k_2 ve Y sabit varsayılarak integral alınır,

$$\ln(S_0/S) + \ln(1 + (S_0 - S)/(x_0/Y)) = k_2 Y(x_0/Y - S_0)t \quad (3.12)$$

elde edilir. Bu varsayım BOİ uzaklaştırma hız katsayısının, besi maddesi derişiminden bağımsız olduğu anlamına gelir. 3.12 denklemi BOİ değerin zamanla değişimini, kesikli ve piston akışlı sistemler için verir.

Sürekli, tam karıştırmalı bir sistemde yataşkın durumda çamur derişimi sabittir. Bu durumda 3.8 denklemi birinci mertebeden tepkime hızı denklemine dönüşür ve $-dS/dt$, besi maddesi uzaklaştırma hızı, tankta kalan besi maddesi derişimi ile doğru orantılıdır.

$$-dS/dt = (S_0 - S_e)/t_r = (k_1 x)S_e \quad (3.13)$$

S_e , kalan veya çıkıştaki besi maddesi derişimidir.

Birinci merteye modeli, besi maddesi derişiminin düşük ve çamur derişiminin yüksek olduğu kesikli ve piston akış sistemlerine de uygulanabilir. 3.13 denklemini integre edilirse,

$$S = S_0 \exp(-k_1 \times t) \quad (3.14)$$

besi maddesi uzaklaştırma hızı, kalan besi maddesi derişimi ile kontrol edilebilir ve üstel bozunma eğrisi elde edilir.

Besi maddesi ve çamur derişiminin her ikisi de yüksek olduğu zaman 3.8 denkleminin sağ tarafı sabit kabul edilebilir ve besi maddesi uzaklaştırma hızı sabittir. Tepkime sıfırinci mertebededir ve kalan BOİ zamanla doğrusal olarak azalır; gerçek azalma hızı çamur etkinliğine ve derişimine bağlıdır.

Bu tepkime kinetik modelleri, Eckenfelder tarafından gösterildiği gibi arıtım tesisleri tasarımında faydalı temel eşitliklerdir(Winkler, 1981).

Kesikli bir arıtma prosesinin toplam gelişmesi üç aşamada olur. Başlangıç sıfırinci merteye aşamasında hem çamur hem de besi maddesi derişimleri yüksektir, BOİ zamanla azalır. Son birinci merteye aşamasında uzaklaştırma hızı, zamanla üstel azalma gösteren kalan besi maddesi derişimi ile kontrol edilir. Aradaki aşama ikinci mertebededir, fakat k_2 ve x değerleri her aşamada aynı olmayacaktır.

3.2.2. Mikroorganizma büyüme modelleri

Aktif çamur süreci bir mikroorganizma büyüme sistemidir ve büyüme hızı besi maddesi ile etkilenir. Çoğu arıtım

süreçlerinde mikroorganizma büyüme miktarının oldukça az olmasına karşın, kinetik yaklaşım kabul edilebilir yaklaşıklıkta sonuç verdiğiinden kullanılabilir.

En basit durum büyüme hızının varolan mikroorganizmaların, sayı veya derişim olarak, nüfusu ile orantılı olmasıdır. Buna göre,

$$dx/dt = \mu x \quad (3.15)$$

yazılabilir. Buradaki μ katsayısına özgül çoğalma hızı denir, 1/zaman birimine sahiptir ve 3.15 denkleminin yeniden düzenlenmesiyle şöyle tanımlanabilir:

$$\mu = d(\ln x)/dt \quad (3.16)$$

Deneyler bir nüfusun çoğalma hızının besi maddelerinin varlığına bağlı olduğunu gösterir ve 3.8 ve 3.9 tepkime kinetik modellerine göre,

$$\mu = k_2 YS \quad (3.17)$$

elde edilir. Denklem 3.17'ye göre artan besi maddesi ile büyüme hızı sınırsız olarak artmaktadır. Oysa pratikte sınırsız besi maddesi bulunsa da özgül çoğalma hızı bir maksimum değere erişmektedir. Bu nedenle 1942'de Monod tarafından çoğalma hızı üzerine besi maddesi derişiminin etkisi için aşağıdaki model önerilmiş ve kabul görmüştür.

$$\mu = \mu_m S/(K_s + S) \quad (3.18)$$

Burada μ_m , sınırsız besi maddesi bulunduğunda özgül çoğalma hızı; K_s , organizmanın karakteristik doygunluk

katsayısı ve S , besi maddesi derişimidir. K_s ile S 'nin sayısal değeri aynı olduğunda $\mu = \mu_m/2$ olacağından, K_s 'ye bazen "yarı hız sabiti" de denir.

Denklem 3.9 mikroorganizma büyümesi ve besi maddesi uzaklaştırma hızı ile ifade edilirse,

$$Y = (dx/dt)/(-dS/dt) \quad (3.19)$$

yazılabilir. 3.15, 3.18 ve 3.19 denklemleri birleştirilirse,

$$-dS/dt = (\mu_m x/Y) (S/(K_s + S)) \quad (3.20)$$

elde edilir. Besi maddesi derişimi yüksek olduğu zaman, $S \gg K_s$ olduğundan denklem 3.20 aşağıdaki şekli alır.

$$-dS/dt = \mu_m x/Y \quad (3.21)$$

Mikroorganizma derişimi x , çok büyükse denklem 3.21'in sağ tarafı hemen hemen sabittir ve besi maddesi uzaklaştırma hızı sıfırlıncı merteye kinetiğe uyacaktır.

Besi maddesi derişimi düşük olduğu zaman, $S \ll K_s$ olur ve denklem 3.18 ve 3.20 aşağıdaki gibi yazılabilir:

$$\mu = \mu_m S/K_s \quad (3.22)$$

$$-dS/dt = (\mu_m x/Y K_s) \cdot S \quad (3.23)$$

Düşük besi maddesi derişimlerinde, mikroorganizma derişimi artışı küçük olacağından x sabit alınabilir ve tepkime birinci mertebeden olur

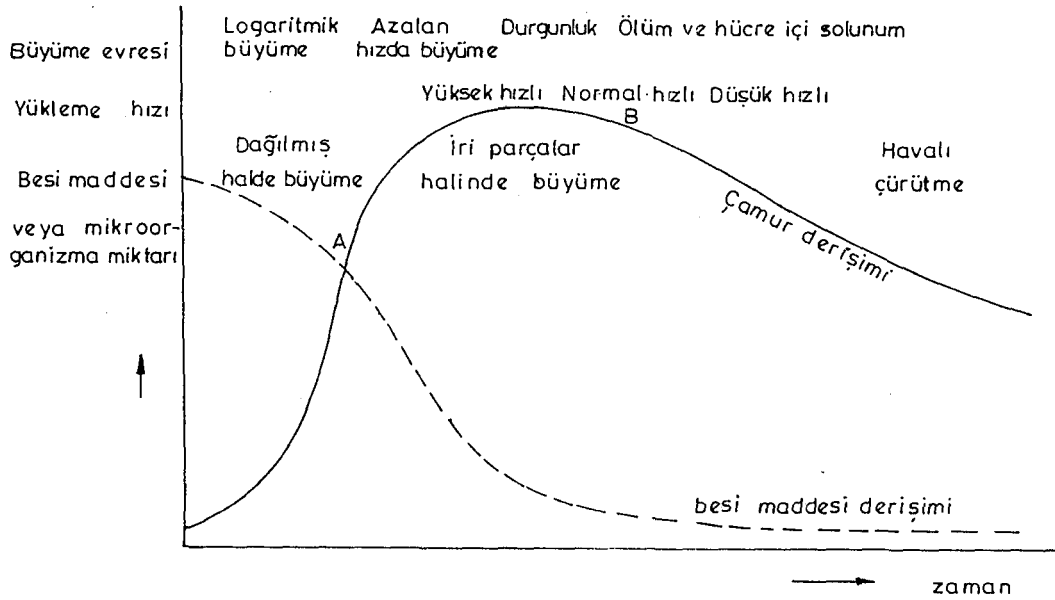
$$k_1 = \mu_m / Y K_s \quad (3.24)$$

ve bu da 3.13 denkleminde kullanılabilir.

3.3. Aktif Çamur Süreci Tipleri

Aktif çamur süreci havalandırma tankında kalma süresine göre farklı adlar alabileceği gibi, sistemin yapısı ve düzeni bakımından da değişik adlar alabilir.

Şekil 3.1' de ortamda kalan besi maddesi ve ortamda bulunan mikroorganizma derişimi zamana karşı grafiğe geçirilmiştir.



Şekil 3.1. Çamur büyüme eğrisi(Winkler, 1981).

Burada zamanla ortamda bulunan besi maddesi derişimi azalırken, oluşan mikroorganizma derişimi artmaktadır. Başlangıçta ortamda hızlı bir çoğalma vardır(logaritmik büyüme evresi). A noktasından itibaren besi maddesi miktarı,

mikroorganizma sayısına göre yetersiz hale geldiğinden çoğalma hızı azalmaktadır. B noktasından sonra ise, besin maddesi çok azaldığından hücrelerde depo edilmiş besin kullanılmakta ve mikroorganizma sayısı düşmektedir. Bu evre biyolojik hayatta zayıflama ve ölüm haline karşılık gelir. Buna iç solunum evresi adı verilir.

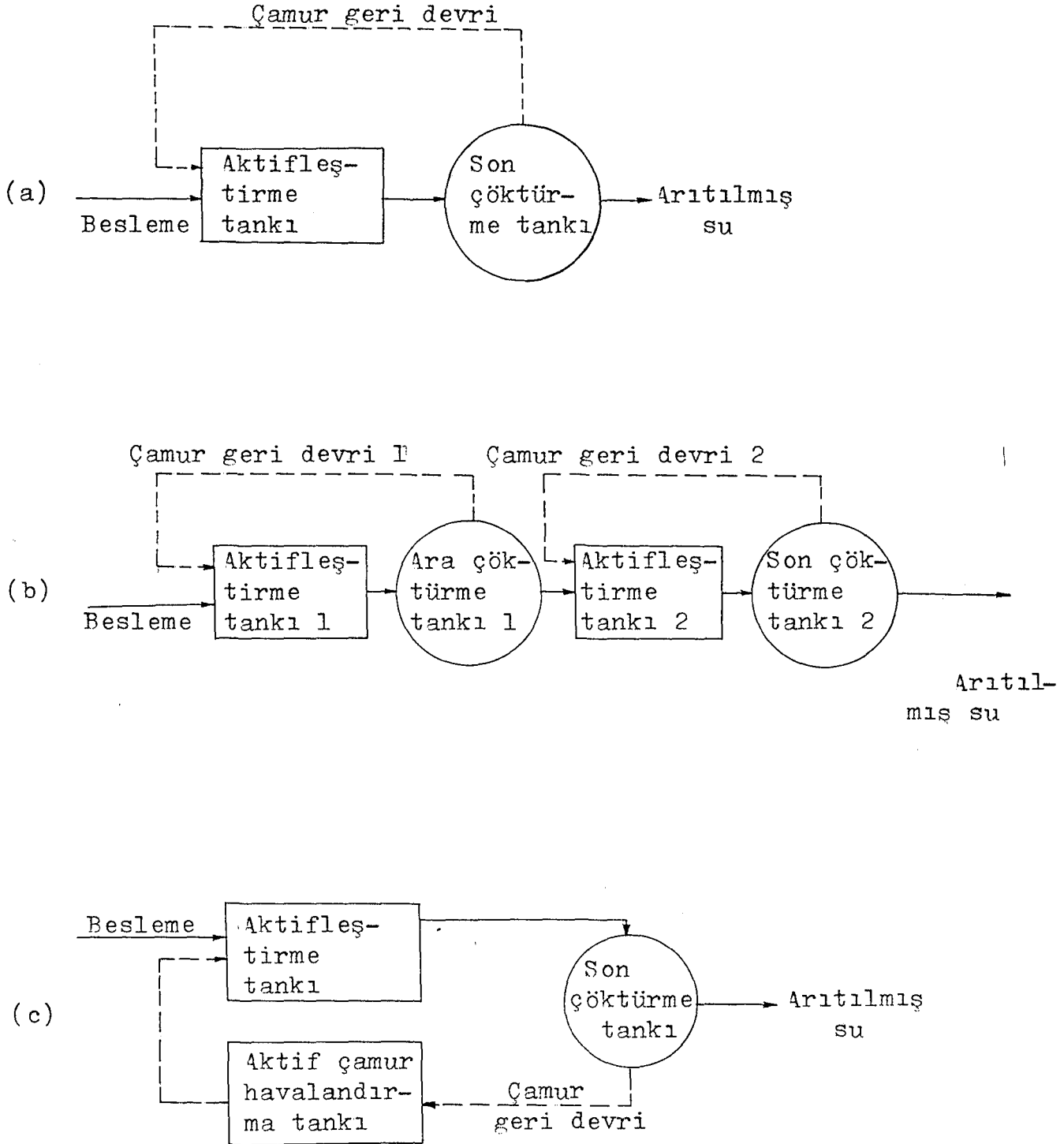
Sürekli çalışan aktif çamur sistemleri, havalandırma tankında kalma süresinin Şekil 3.1' deki zaman ekseninde bulunduğu yere göre yüksek, normal ya da düşük hızlı olarak adlandırılır. Yüksek hızlı aktif çamur sistemleri logaritmik büyüme evresinde bulunurlar. Büyük biyolojik yükler altında çalışan sistemlerde iyi çöke-bilen çamurlar elde edilemez. Normal hızlı(klasik) ve düşük hızlı(uzun havalandırmalı) sistemlerde, mikroorganizmaların büyüme hızı zamanla azalır.

Aktif çamur tesisleri değişik düzenlerde tasarlanıp çalıştırılabilir. Bunlardan en çok uygulanan üçü Şekil 3.2' de verilmiştir. Tek kademeli aktif çamur tesisi olarak gösterilen tesis (a), klasik arıtım tesisi şeklindedir. Evsel atıklarda %90-95 BOD giderimi sağlar. Kalma süresi 4-8 saat kadardır. Çift kademeli aktif çamur tesisinde (b), ikişer adet havalandırma ve çöktürme tankı bulunur. Geri devir çamurları her iki çöktürme tankından aktifleştirme tanklarına geri verilir. Aktif çamurun tekrar havalandırıldığı tesislerde (c), aktif çamurun adsorplayıcı özelliğinden faydalanılır. Atık su, aktif çamur havalandırma tankından gelen çamur ile 1 saat veya daha az bir kalma süresinde aktifleştirme tankında temas ettirilir ve çöktürme tankına verilir buradan çamur 3-6 saat

süreyle havalandırıldığı aktif çamur havalandırma tankına aktarılır ve süreç böylece devam eder.

Çizelge 3.1' de ise değişik aktif çamur süreçleri için tasarım parametreleri verilmiştir. Genel olarak aktif çamur sistemleri yüksek hızlı(çok yüklü) veya düşük hızlı(az yüklü) olmak üzere iki şekilde çalıştırılabilir. Yüksek hızlı tesislerde kısmi arıtım, düşük hızlı tesislerde yüksek arıtım sağlanır. Kısmi arıtımda BOİ giderimi %80' den küçük ve çıkış suyunun BOİ değeri 30 g/m^3 ' ten büyük olur. Az yüklü aktif çamur sistemlerinde ise çıkış suyu BOİ değeri 20 g/m^3 ' ün altında ve BOİ giderimi % 90 veya bu değer in üstünde olabilir (Muslu, 1985).

Hangi tür arıtım sisteminin seçileceğini her problemin kendi koşulları belirleyecektir.



Şekil 3.2. Aktif çamur tesisleri uygulama şeması:

- a) tek kademeli aktif çamur tesisi,
- b) çift kademeli aktif çamur tesisi,
- c) aktif çamurun tekrar havalandırıldığı tesisler (contact-stabilisation) (Samsunlu, 1975).

Çizelge 3.1. Aktif çamur süreçleri için tasarım

parametreleri(Tchobanoglous, 1979)

Süreç tipi	Organik yük, B $\frac{\text{kg BOİ}}{\text{m}^3 (\text{gün})}$	Çamur yükleme faktörü, f_m $\frac{\text{kg BOİ}}{(\text{kg HTUAK}) (\text{gün})}$	HTAK, $\times$ (kg/m^3)	Kalma süresi, $t_r (\text{st})$	Çamur geri devir oranı, r
Düşük hızlı (uzun hava- landırma)	0,1-0,4	0,05-0,15	3,0-6,0	18-36	0,75-1,0
Normal hız- lı(klasik sistemler)	0,3-0,6	0,2-0,4	1,5-3,0	4-8	0,25-0,5
Kademeli havalandır- ma	0,6-1,0	0,2-0,4	2,0-3,5	3-5	0,25-0,75
Tekrar ha- valandırma	1,0-1,2	0,2-0,6	$(1,0-3,0)^a$ $(4,0-10,0)^b$	$(0,5-1,0)^a$ $(3,0-6,0)^b$	0,25-1,0
Yüksek hızlı	$> 1,3$	0,4-1,5	4,0-10,0	0,5-2,0	1,0-5,0

a: Değme birimi

b: Katıları kararlı hale getirme birimi

4. ATIK SULARDA YAPILAN ANALİZLER ve ÇEVRESEL ÖNEMLERİ

Atık suların alındığı anda yapılması gereken analizlerden çözünmüş oksijen, sıcaklık ve pH değeri altbölüm 4.1' de verilmiştir. Diğer analizler daha sonraki altbölümlerde ve eklerde açıklanmıştır.

4.1. Çözünmüş Oksijen, Sıcaklık ve pH

Çözünmüş oksijen(ÇO), havalı ortamda yaşayan mikroorganizmaların yaşayabilmeleri için olduğu gibi havalı ortamda yaşayan diğer canlılar için de gereklidir. Oksijenin suda çözünürlüğü sıcaklıkla azalır, basınçla artar. Oksijen kullanan biyokimyasal tepkimelerin hızı artan sıcaklıkla arttığından, çözünmüş oksijen düzeyi yaz aylarında daha da önem kazanır.

Atık suyun sıcaklığı su kaynaklarının sıcaklığından genellikle daha yüksektir, bunun nedeni de evsel ve endüstriyel atık sulardır. Suyun özgül ısısı havadan çok daha yüksek olduğundan gözlenen atık su sıcaklıkları, yılın çoğu zamanlarında yerel hava sıcaklıklarından daha yüksektir ve sadece en sıcak yaz aylarında daha düşüktür. Suyun sıcaklığı; deniz yaşamına, kimyasal tepkimelere ve tepkime hızlarına önemli ölçüde etki ettiğinden çok önemli bir parametredir.

Hidrojen iyonu derişimiyle ilgili olan pH değeri, doğal sular ve atık sularda önemli bir kalite parametresidir. Çoğu biyolojik yaşam türleri için uygun pH aralığı dar ve kritiktir(Tchobanoglous, 1979). Türkiye' de sulara boşaltılacak atıklar için izin verilen pH aralığı

5,0-9,0'dur(Resmi Gazete, 1985).

Atık sular da çözünmüş oksijen ve sıcaklık değerleri oksijenmetre(0-15 g/m³ kapasitede, Chemtrix Inc. Type 300, Hillsboro, OR. 97123, USA) ile, pH değerleri pHmetre(Elektro-mag, M-820) ile örnek alınırken ölçülmüştür.

4.2. Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı

Biyokimyasal oksijen ihtiyacı(BOİ), havalı ortamda bakterilerin organik maddeyi parçalayarak kararlılaştırma-
maları için gereken oksijen miktarıdır. BOİ testi evsel ve endüstriyel sıvı atıkların kirlilik derecesini belirlemede yaygın olarak kullanılan bir testtir. Arıtma tesislerine gelen kirlilik yüklerinin ve arıtma tesisleri veriminin hesabında kullanılır.

BOİ, 20°C'de karışık bir mikroorganizma topluluğu tarafından havalı yükseltgenmede kullanılan oksijen miktarının ölçümünü içeren bir yaşam testidir(bioassay). Oksijenin sudaki sınırlı çözünürlüğü yüzünden(20°C'de 9 g/m³) çok kirli atıklarda, test sırasında kapta çözünmüş oksijen bulunacağından emin olmak için bu tip örneklerin seyreltilmesi gereklidir. Seyreltme işlemi atık suyun kirlilik derecesine göre hazırlanan seyreltme suyu ile seyreltilerek yaklaşık 300 cm³'lük özel BOİ şişelerinde doğrudan doğruya yapılabileceği gibi başka yerde seyreltme yapıp karışım sonra BOİ şişelerine konabilir(bkz. Çizelge A.1). Seyreltme suyu; fosfor tamponu(pH = 7,2), magnezyum sülfat, kalsiyum klorür, demir(3) klorür içerir ve çözünmüş oksijen ile doymuş haldedir.

Endüstriyel atık su örneklerinde mikroorganizma bulunmadığından aşı ilavesi gerekir. Bu aşı, 24 saat oda sıcaklığında bekletilerek çöktürülen evsel atık sudan elde edilir. Aşı miktarı, atık suyun kirlilik derecesine göre değişir. Seyrelme suyuna konan aşının miktarı, çok fazla organik madde ilavesi olmaksızın biyolojik etkinliği sağlamaya yetecek kadar olmalıdır. Evsel atık su aşı olarak kullanıldığında, örneğin tahmin edilen toplam BOİ değerinin %5-10'u arasında aşı ilave edilmelidir(Şengül, vd., 1982).

Her BOİ tayininde taze olarak hazırlanmış seyreltme suyunun ÇO değeri ve atık suyun ÇO değeri ayrı ayrı ölçülmüştür. Endüstriyel atık sularda üç ayrı BOİ şişesine birer cm³ aşı konmuştur ve atık suyun kirlilik durumuna göre alınan atık su miktarları 3,5,7 cm³'tür. Evsel atık sularda da aynı miktarlarda atık su aşılama yapılmadan şişelere konarak seyreltme yapılmıştır. Seyreltmeden sonra BOİ şişelerinde başlangıçtaki ÇO değerleri hesaplama ile bulunmuştur ve inkübatörde beş gün bekletmeden sonraki ÇO değeri oksijenmetreyle ölçülmüştür. Arıtılmış sularda BOİ şişelerine 10,25,50 cm³ örnekler konulmuş ve biyolojik bir arıtım uygulandığından aşılama maksızın seyreltme yapılarak başlangıçtaki ÇO hesaplama, inkübatörde beş gün bekletmeden sonraki ÇO ölçümle bulunmuştur. BOİ tayin yöntemi Ek Açıklamalar A'da verilmiştir.

Atıkların BOİ değerleri biyolojik arıtma birimlerinin projelendirilmesinde büyük önem taşır. Arıtma yönteminin seçiminde ve bazı birim boyutlarının saptanmasında kullanılır. Ayrıca arıtım tesisleri çalışmaya başladıktan sonra çeşitli birimlerin arıtma verimlerini değerlendirmede BOİ testinin kullanılması uygun olmaktadır.

dır.

İşlem görmemiş evsel atık suyun kirlilik derecesine göre BOİ ve diğer özelliklerinin alabileceği değerler Ek Açıklamalar B'de verilmiştir. Türkiye'de sulara boşaltılacak atıklar için verilen BOİ değeri üst sınırı 50 g/m^3 'tür(bkz. Ek Açıklamalar C).

4.3. Kimyasal Oksijen İhtiyacı

Kimyasal oksijen ihtiyacı(KOİ), evsel ve endüstriyel atık suların kirlilik derecesini belirlemede kullanılan önemli bir parametredir. BOİ gibi, ancak ondan farklı olarak organik maddenin biyokimyasal tepkimelerle değil redoks tepkimeleri ile yükseltgenmesi esasına dayanır. Biyokimyasal yükseltgenmenin bazı organik maddelerde çok hızlı olmasına karşın diğer bazı maddelerde çok yavaş olması mümkündür. Buna karşılık kimyasal yükseltgenmede, maddenin biyolojik olarak ayrışıp ayrışmadığına bakılmaz. Yükseltgen ortamda organik maddelerdeki karbon, artı dört değerliğe yükseltgenerek karbondioksit'e dönüşür. BOİ tayini en az beş gün sürmesine karşın KOİ üç saatte tayin edilebilir. Tayin yöntemi için Ek Açıklamalar Ç'ye bakınız.

KOİ deneyinde biyolojik yollarla ayrışabilen ve ayrışamayan organik maddelerin ayırdedilmesinin olanaksızlığı, bu parametre için en büyük sakıncadır. KOİ değerleri BOİ değerlerinden daha yüksektir.

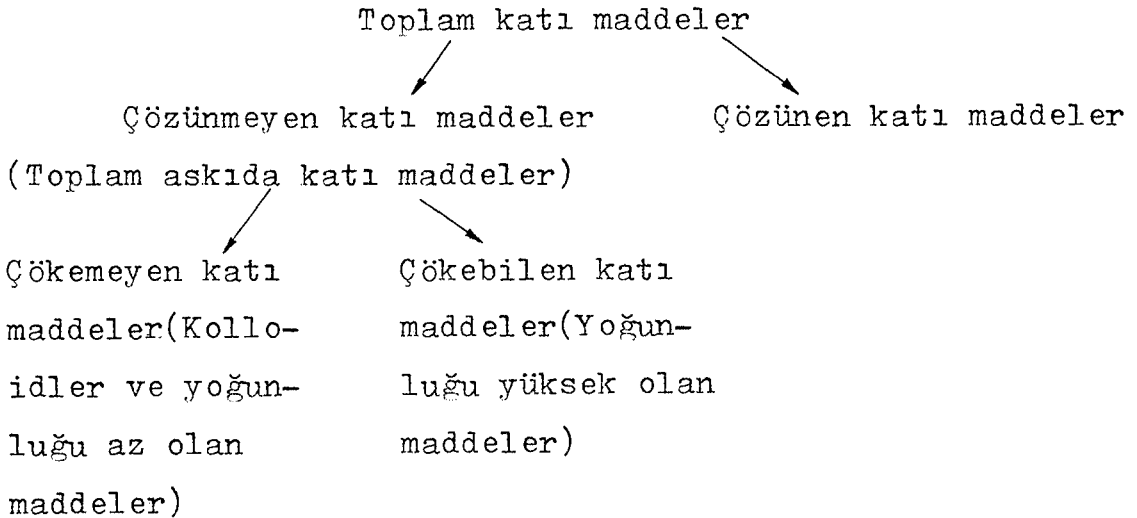
KOİ deneyi, bileşenleri iyi bilinen atık sularda bu maddelerin derişimlerindeki değışmeleri incelemek üzere yaygın olarak kullanılır. Ayrıca çeşitli neden-

lerle BOİ testinin çok başarılı olamadığını bildiğimiz endüstriyel atık sularda, arıtma tesislerinin çalışmasını denetlemede KOİ testine çok sık başvurulur(Şengül, vd., 1982).

Türkiye'de sulara boşaltılacak atıklar için KOİ değeri üst sınırı 70 g/m^3 'tür(bkz. Ek Açıklamalar C).

4.4. Toplam, Askıda ve Çökebilen Katı Maddeler

Sudaki veya atık sudaki askıda(süspanse) ve çözünmüş olan maddelerin uçucu olmayanları katı maddeler olarak adlandırılır. Buharlaştırma işleminden ve $103-105^{\circ}\text{C}$ 'de kurutmadan sonra geriye kalan maddeler toplam katı madde olarak adlandırılır ve bunlar aşağıda verilmiş olan şemadaki gibi sınıflandırılabilir.



Askıda katı madde atık suda filtre üstünde kalan maddelerin kurutulup tartılmasıyla bulunur. Atık sularda askıda katı madde tayini oldukça önemlidir. Evsel ve endüstriyel atık suların kirlilik derecesini ve arıtma tesisleri verimini belirlemede önemli bir parametredir. Arıtma tesisi-

si çıkışında askıda madde derişiminin belli bir limit değeri aşmasına izin verilmez, çünkü alıcı su ortamlarında çökelmelere ve fazla miktarda dip çamuru oluşumuna neden olur(Şengül, vd., 1982).

Çökebilen katı hacminin tayini iki konuda önemlidir. Biyolojik arıtma sağlayan tesislerde endüstriyel atıkların arıtmı için önçöktürme tankları gereksinimini belirlemede ve boyutlandırılmasında kullanıldığı gibi; aynı zamanda arıtma tesislerindeki diğer çöktürme birimlerinin verimini belirlemede de kullanılır.

Bu üç tür katı maddenin tayin yöntemleri Ek Açıklamalar D'de verilmiştir.

Türkiye'de sulara boşaltılacak atıklar için askıda katı madde üst sınırı 200 g/m^3 'tür(bkz. Ek Açıklamalar C).

4.5. Azotlu Bileşikler

Yüzeysel sular ve atık sularda bulunan organik ve anorganik azotlu bileşiklerin ölçümü önemlidir. Şekil 4.1'de havalı şartlarda atık sularda mevcut azot formlarında zamanla oluşan değişimler verilmiştir. Amonyak azotunda belli bir zamana kadar artış, daha sonra azalma vardır. Organik azot sürekli azalmakta, nitrat azotu sürekli artmakta, nitrit azotu ise daha kararsız olduğundan önce biraz artıp sonra azalmaktadır.

NO_3^- iyonlarının sularda fazla miktarda bulunmasının, bu suyu içen toplumlarda bebekler arasında kalp ve dolaşım bozukluğuna neden olduğu ileri sürülmektedir. Bu nedenle örneğin ABD Çevre Koruma Ajansı(EPA), içme suları ile ilgili normlarda nitrat değerinin 45 g/m^3 ile

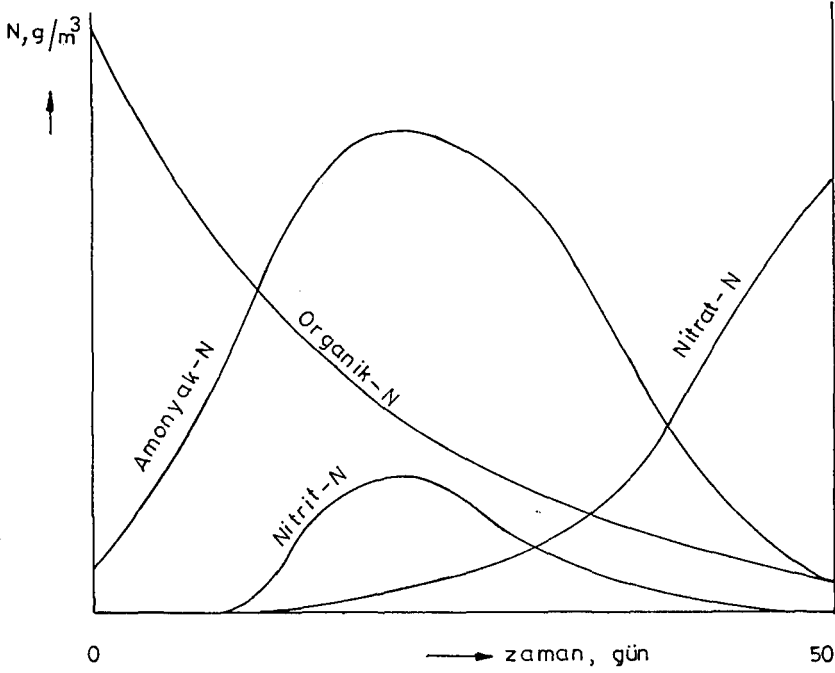
sınırlı kalmasını istemektedir(bkz. Ek Açıklamalar E).

İçme suyunda pek istenmemesine karşın, atık sularda azotlu maddeler biyolojik arıtım tesislerinde belli oranlarda bulunması zorunlu besleyici unsurlardır. Arıtılacak olan atık suların, mevcut BOİ değerine göre yeterli azot içermemesi halinde BOİ/N oranı 100/5 değeri dolaylarında olacak şekilde azot bileşiklerinin dışarıdan suya eklenmesi gereklidir. Bu ise doğal olarak işletme ekonomisini etkileyen bir unsurdur.

Diğer taraftan atık sularla atılıp yüzeysel sulara karışan azotlu maddeler, karbon ve fosfor gibi genelde aynı kaynaklı sayılabilecek diğer besleyici maddelerle birlikte, bu su ortamlarında aşırı beslenme ile ilgili "ötrofikasyon" olayına neden olur. Göl ve benzeri yerlerde ortaya çıkan bu olayda su bitkilerinin, alglerin ve mikroorganizmaların aşırı üremeleri ve daha sonra ölüp çökelmeleri ile dip çamuru sürekli yükselir ve bataklıklar oluşur(Şengül, vd., 1982).

Azot bileşikleri için tayin yöntemleri Ek Açıklamalar F'de verilmiştir.

Tüm spektrofotometrik ölçümler için UV-120-01 Shimadzu marka, 250-1000 nm kapasitede spektrofotometre kullanılmıştır.



Şekil 4.1. Havalı şartlarda, atık sularda mevcut azot formlarında zamanla oluşan değişimler (Şengül, vd., 1982).

4.6. Fosfor

Fosfor; sulu çözeltilerde ortofosfat, polifosfat ve organik fosfat olarak bulunabilir. Fosfor değişimi yüzey-sel suların biyolojik üreme potansiyelini saptamak ve alıcı sulara deşarjda fosfor limitlerini belirlemede bir faktör olarak ele alınmakta ve değerlendirilmektedir. Fosforun biyolojik arıtmada besin maddesi olarak görev yapması nedeniyle birçok endüstriyel atık su arıtma tesisinde kontrolü gerekmektedir. Arıtılacak olan atık suların mevcut BOİ değerine göre yeterli fosfor içermemesi halinde BOİ/P oranı 100/1 değeri dolaylarında olacak

şekilde fosfor bileşiklerinin dışarıdan suya eklenmesi gereklidir. İşlem görmemiş evsel atık suyun içerebileceği fosfor değerleri Ek Açıklamalar B'de verilmiştir.

Toplam fosfor tayin yöntemi için Ek Açıklamalar G'ye bakınız.

4.7. Yağ ve Gres

Sıvı yağlar, hayvansal yağlar, mumlar ve yağ asitleri evsel atık sularda yağ ve gres olarak sınıflandırılan esas bileşiklerdir. Endüstriyel atık sular bu gruba giren başka bileşikleri de içerebilir.

Gresin tümü önçöktürme tankları yoluyla sudan uzaklaştırılmaz. Önemli miktarda gres, önarıtılmış suda çok ince emülsiyon halinde dağılmıştır. Aktif çamur tesislerinde gres çoğunlukla "gres kürecikleri" halinde birikir ve bunlar yüzerek, son çöktürme tanklarında hoş olmayan bir görüntü oluşturur. Damlatmalı filtre ve aktif çamur süreçlerinin her ikisi de, sıvıdan biyolojik kütledeki hücrelere oksijen transferini engelleyen fazla miktardaki gresten olumsuz yönde etkilenir. Bu olay bazen "boğulma" olarak isimlendirilir.

Ham ve çökelmiş atık sularda yapılan gres tayinleri, önçöktürme tanklarının etkinliğini ölçmeye yaradığı gibi ikincil arıtma birimlerinin verimi hakkında da bilgi sağlar(Şengül, vd., 1982).

Yağ ve gres için tayin yöntemi Ek Açıklamalar H'de verilmiştir.

Türkiye'de sulara boşaltılacak atıklar için yağ ve gres üst sınırı Belediye atıklarında 30 g/m^3 iken pet-

rol ürünü içeren endüstri atıklarında 10 g/m^3 'tür(bkz. Ek Açıklamalar C).

4.8. Siyanür

Suda siyanürün varlığı, sistemin biyolojik etkinliği üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Balıklar için $0,1 \text{ g/m}^3 \text{ CN}^-$ olarak eşik limiti rapor edilmiştir; öte yandan $0,3 \text{ g/m}^3 \text{ CN}^-$ ve daha üstünde mikroorganizmaların atık suyu temizleyemedikleri de belirlenmiştir(Standart Methods, 1967). Zehirlilik limitleri; su kalitesi, sıcaklık ve mikroorganizmaların tip ve boyutları tarafından etkilendir fakat kesin olarak belirlemek zordur.

Siyanür, metal kaplama tesisleri atık sularında serbest olarak bulunur ve gümüş nitrat ile doğrudan doğruya titre edilerek tayin edilebilir. Endüstriyel atıklarda serbest siyanür, başlangıçta varolan çözünebilir basit siyanürleri ve kompleks siyanürlerin bozunmasıyla oluşmaları kapsar.

Siyanür için tayin yöntemleri Ek Açıklamalar I'da verilmiştir.

Türkiye'de sulara boşaltılacak atıklar için toplam siyanür miktarı $2,0 \text{ g/m}^3$, içme sularında bulunabilecek miktar ise $0,05 \text{ g/m}^3$ 'tür(bkz. Ek Açıklamalar C,E).

4.9. Ağır Metaller

Doğal veya yapay etkenlerle oluşan ağır metal kirlenmesi ve bunların etkileri, önemli çevresel sorunlar arasına girmiştir. Ancak metallerin genellikle eser mik-

tarlarda bulunmaları ve dolayısıyla ölçümlerinde görülen hata payının büyüklüğü yanısıra, iz miktarlardaki bu kirleticilerin fiziksel, kimyasal ve biyolojik doğal mekanizmalardaki yolunun ayrıntılarıyla bilinmemesi gibi nedenlerle, metallerin doğadaki dolanım hızları da güçlüklerle saptanabilmektedir.

Ayrıca metallerin büyük bir bölümü, biyolojik ortamda birikim göstermektedir. Ortamlarda ve oradan geçtikleri canlıların bünyesinde yoğunlaşan bu elementler, etkili dozlarda bulunduklarında ciddi hastalık, hatta ölümlere yol açabilen zehirli maddelerdir(Şengül, vd., 1982).

Bazı ağır metaller aşağıdaki altbölümlerde ayrı ayrı kısaca ele alınmış ve izin verilen üst sınır değerleri verilmiştir.

Bakır, çinko, kadmiyum, krom, kurşun ve nikel tayin yöntemleri için Ek Açıklamalar I'ye bakınız.

4.9.1. Bakır

Çok değişik alanlarda kullanılır. Yüzeysel sularda bakır $1,0 \text{ g/m}^3$ 'ün altında bile, su bitkilerine zehirli etki yapabilir. Bağcılıkta, asalak öldürücü olarak ve zaman zaman alglerle mücadelede bakır tuzları olarak kullanılabilir. Bazı balıklar için $1,0 \text{ g/m}^3$ derişiminde bile zehirli olabilir. Türkiye'de sulara boşaltılacak atıklar için verilen üst sınır değeri $0,5 \text{ g/m}^3$ iken, içme sularında verilen derişim $1,0 \text{ g/m}^3$ 'tür(bkz. Ek Açıklamalar C,E).

4.9.2. Çinko

İçme sularında $0,06-5,0 \text{ g/m}^3$ derişimlerinde bulunur. Çinko, insan gelişmesi için az miktarda gerekli bir elementtir. $5,0 \text{ g/m}^3$ 'ten fazlası, suya buruk bir tat verir. Türkiye'de sulara boşaltılacak atıklar için verilen değer $2,0 \text{ g/m}^3$ iken, içme sularında verilen değer $5,0 \text{ g/m}^3$ tür(bkz. Ek Açıklamalar C,E).

4.9.3. Kadmiyum

Kadmiyum pil, boya ve plastik sanayiinde; ayrıca demir ürünleri ve kaplama sanayiinde kullanılır. Standartlarda belirtilen miktarlar aşılrısa, yüksek kan basınçlarına ve böbrek bozukluklarına sebep olur. Türkiye'de sulara boşaltılacak atıklar için verilen değer $0,05 \text{ g/m}^3$, içme sularında $0,01 \text{ g/m}^3$ tür(bkz. Ek Açıklamalar C,E).

4.9.4. Krom

Krom; alaşım, katalizör, krom oksit, kaplama ve krom tuzları sanayilerinde kullanılır. İçme sularında belirtilen sınırları aştığında, deri hastalıklarına ve karaciğer bozukluklarına yol açar. Türkiye'de sulara boşaltılacak atıklar için verilen üst sınır değeri toplam krom için $0,5 \text{ g/m}^3$, içme sularında krom(6) için verilen değer $0,05 \text{ g/m}^3$ tür(bkz. Ek Açıklamalar C,E).

4.9.5. Kurşun

Kurşun; boru, boya, akü vb. sanayi dallarında kullanılmaktadır. Belirtilen standartların fazlası böbrek ve beyin bozukluklarına sebep olur. Türkiye'de sulara boşaltılacak atıklar için verilen üst sınır değeri $0,5 \text{ g/m}^3$, içme sularında verilen değer $0,05 \text{ g/m}^3$ 'tür(bkz. Ek Açıklamalar C,E).

4.9.6. Nikel

Nikel, elektrolitik kaplamada ve alaşımlarda kullanılır. Fazla dozlarda kansere sebep olabilmektedir. Türkiye'de sulara boşaltılacak atıklar için verilen üst sınır değeri $0,5 \text{ g/m}^3$ 'tür(bkz. Ek Açıklamalar C).

5. DENEY DÜZENEGİ ve DENEY YÖNTEMİ

Bu bölümde deneysel çalışmaların gerçekleştirildiği deney düzeneği tanıtılacak ve deney yöntemi hakkında bilgi verilecektir.

5.1. Deney Düzeneği

Şekil 5.1'de akış şeması verilmiş olan aktif çamur deney düzeneğindeki besleme tankı 30 dm^3 'lük bir polietilen bidondur ve havalandırma tankından daha yükseğe yerleştirilmiştir. Sabit debi düzeneği eşeksenli iki plastik kaptan oluşmaktadır. İçteki kabın üstünden taşan atık suyun fazlası, fazla atık su toplama kabında birirmektedir. Rotametre $1-10 \text{ dm}^3/\text{st}$ kapasitededir.

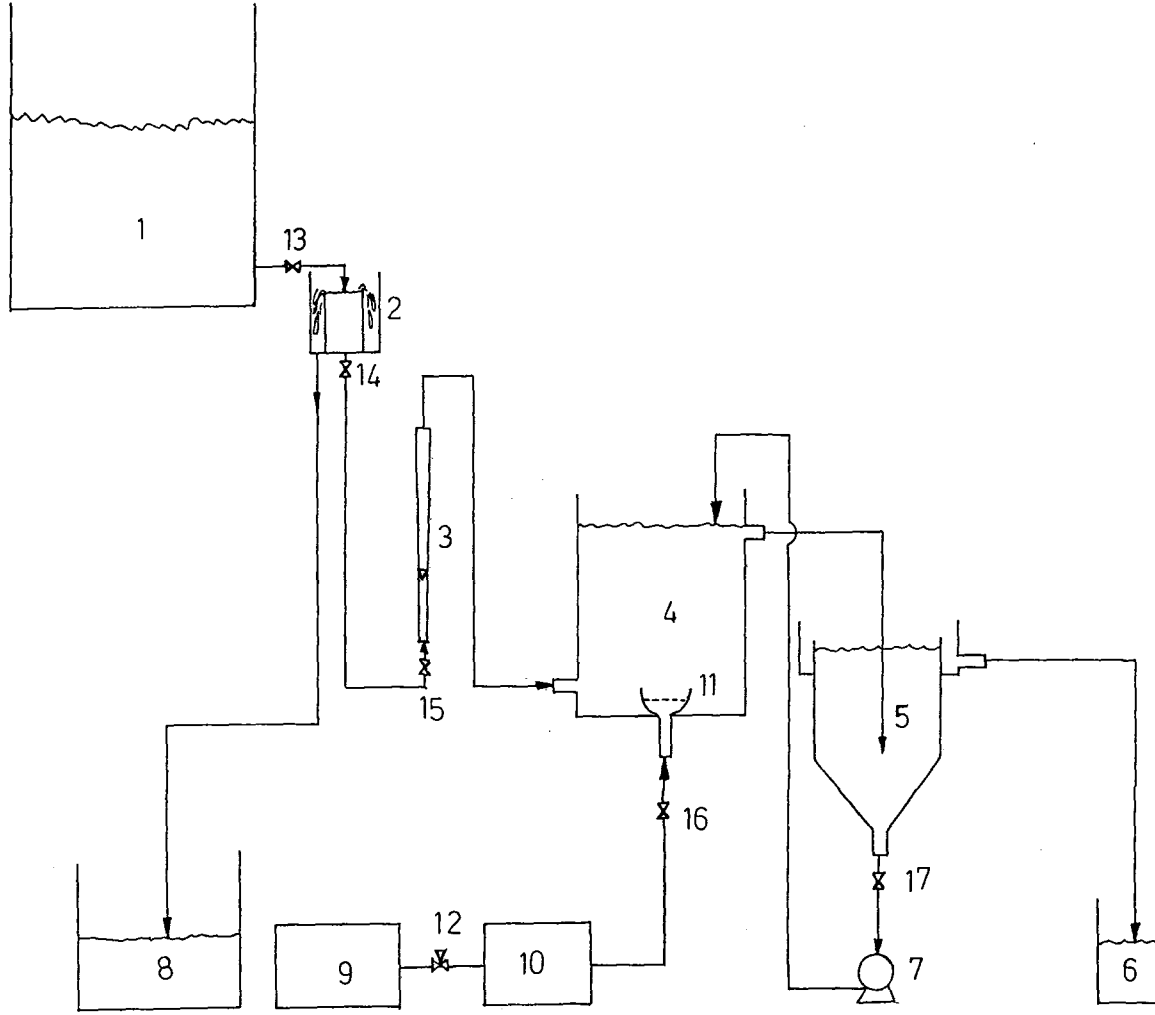
Sistemdeki havalandırma tankı, hava ile karıştırılan sürekli tam karıştırmalı bir akım reaktörüdür. 25 cm yükseklikte ve 20 cm çapında olup silindirik biçimdedir. Kapasitesi $6,8 \text{ dm}^3$ 'tür ve 1 mm et kalınlığında, 304 paslanmaz çeliğinden yapılmıştır(bkz. Şekil 5.2).

Çöktürme tankı havalandırma tankının hemen hemen yarısı kadar büyüklüktedir, silindirik olup dibi konik biçimdedir. Çöktürme tankının üstünden taşan durulmuş atık su, taşkan toplama kısmında birikir ve çıkış borusundan alınır(bkz. Şekil 5.3).

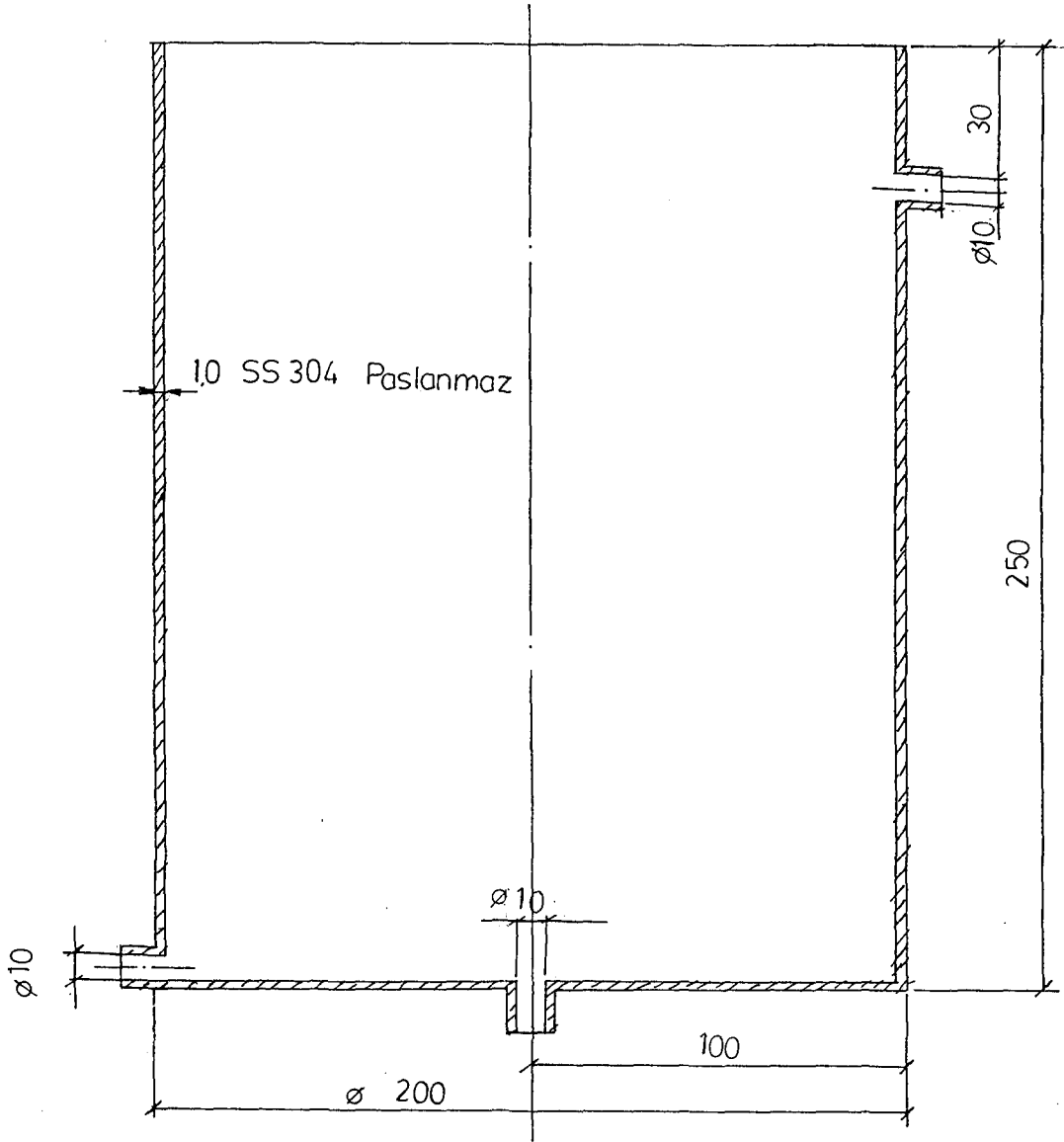
Çamur geri devri için düşük debilerde çalışabilen ($0-60 \text{ dm}^3/\text{st}$) Multifix marka peristaltik pompa kullanılmıştır. Havalandırma, $300 \text{ dm}^3/\text{st}$ maksimum kapasiteli Trumpif marka diyafram pompa ile sağlanmıştır. Hava hızı ölçümü, $60-12000 \text{ dm}^3/\text{st}$ kapasitede Teksan marka

körüklü havagazı sayacı ile yapılmıştır. Hava dağıtıcısı por 1, borosilikat 3,3 özelliklerinde ve 125 cm^3 kapasitede gözenekli cam filtrenin üst kısmının 2 cm kalacak şekilde kesilmesiyle elde edilmiştir. Üç yollu cam vana, hava pompasından basılan havanın gaz sayacına gitmesini sağlar ve hava sayaca verilmek istenmediğinde musluk yönü değiştirilerek çok amaçlı olarak kullanılabilir. Teflonlu cam vanalar 6 mm dış ve 5 mm iç çapa sahiptir. Rotametre, havalandırma tankı ve çöktürme tankında kullanılan plastik hortumlar 6 mm iç çaptadır.

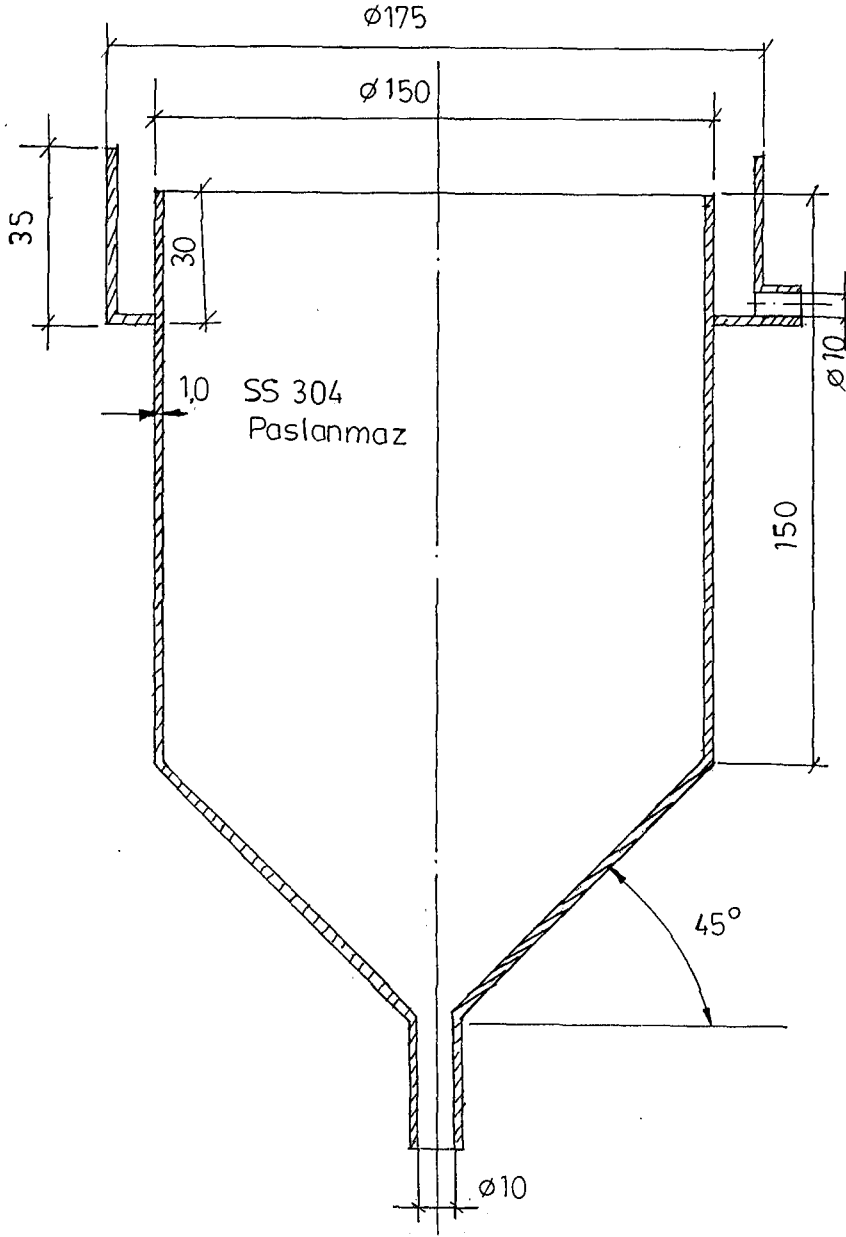
Deney düzeneğinin fotoğrafı Şekil 5.4'te görülmektedir.



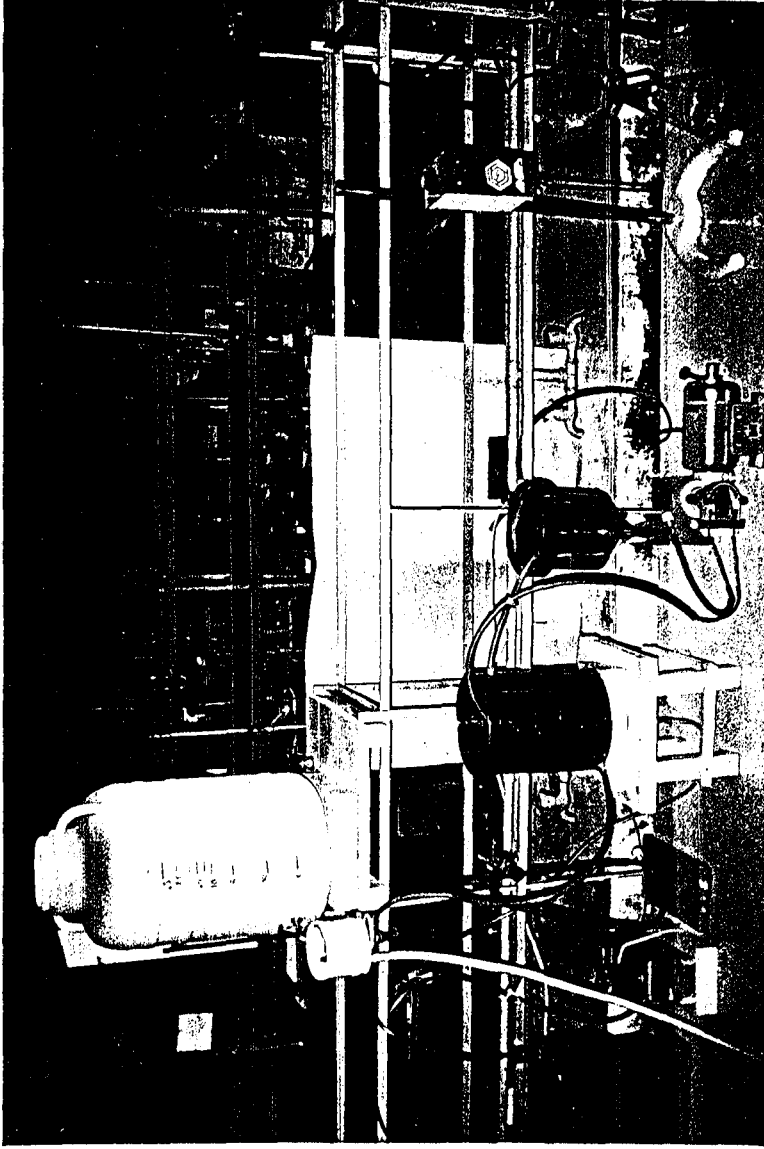
Şekil 5.1. Aktif çamur deney düzeneği şeması: 1)besleme tankı,2)sabit debi düzeneği,3)rotametre,4)havalandırma tankı,5)çöktürme tankı,6)arıtılmış su toplama kabı,7)peristaltik pompa, 8)fazla atık su toplama kabı,9)hava pompası,10)kuru gaz sayacı,11)hava dağıtıcısı,12)üç yollu cam vana; 13,14,15,16,17)teflonlu cam vanalar.



Şekil 5.2. Havalandırma tankının düşey kesiti



Şekil 5.3. Çöktürme tankının düşey kesiti



Sekil 5.4. Deney düzeneginin fotoğrafl

5.2. Deneysel Çalışma Yöntemi

Deneysel çalışmalarda amaç, evsel ve endüstriyel atık suların birlikte aktif çamur yöntemiyle arıtma olanaklarının araştırılması seçilmiştir. Bu nedenle çeşitli endüstriyel atık suların arıtımının incelendiği deneylerde aynı zamanda evsel atık su örnekleri de alınmıştır. Gerek endüstriyel gerek evsel atık su örnekleri günün herhangi bir saatinde alınan tek örneklerdir (grab samples). Bu örneklerin temsili örnekler olmadığı açıktır; ancak gün boyu belli zaman aralıklarıyla örnekler alıp birleştirilerek daha gerçekçi örnekler (integrated samples) sağlama olanağı bulunamıştır. Çalışmanın amacı işletmelerin kirletme durumlarını belirlemek olmadığından ve elde edilecek sonuçlardan doğrudan doğruya arıtma tesisi tasarımına gidilmesi önerilmediğinden, anlık örneklerle çalışılması seçilen amaca uygun olmaktadır.

Örneklerin alınmasında 20 dm³ kapasiteli çok iyi temizlenmiş bidonlar kullanılmıştır. Erişilmesi güç noktalardan bir zincire bağlı 5 dm³ kapasitede emaye kova kullanılarak olabildiğince fazla örnek alınmıştır. Atık suda çözünmüş oksijen (ÇO), sıcaklık, pH ölçümleri alındığı anda yapılmıştır. Örnekler en hızlı bir şekilde laboratuvara getirilerek +4 derecede korunmuştur. Gerekli diğer analizler, izin verilen süreler içinde (bkz. Ek Açıklamalar J) Bölüm 4'te anlatıldığı gibi yapılmıştır.

Aktif çamur, Yıldıztepe ve Gömece Subay Lojmanları evsel atık su arıtma tesislerinden her deney

grubunda taze olarak alınmıştır. Alınan aktif çamur hemen havalandırma tankına konarak havalandırmaya başlanmıştır. Hava sisteme oksijen sağlamak için verildiği gibi bir görevi de çamur-su karışımını etkin bir şekilde karıştırmak ve mikroorganizmaların dibe çökmesini önlemektir. Bu nedenle hava hızında bir kısıtlama yapılmayarak hava hattındaki vanalar iyice açılmıştır. Her deneyde hava hızı kuru gaz sayacıyla ölçülmüştür.

Bidonlarda getirilen atık su örnekleri bekletildiğinde çökebilen katılar dibe çökmekte ve yüzebilen maddeler(yağ gibi) üstte toplanmaktadır. Arıtım düzeneği besleme tankına atık su, bir pompa(çamaşır makinesi su boşaltım pompası) yardımıyla bu bidonların orta kısmından emiş yapılarak basılmıştır ve istenilen oranda karışım burada oluşturulmuştur. Gerekli olduğunda pH ayarlanması, azot ve fosfor bileşiklerinin ilavesi de burada yapılmıştır. Besleme tankı vanası özellikle tank dibinden 10 cm kadar yukarıya takılmıştır ve böylece dibe çöken katıların sisteme girişi önlenmektedir. Öte yandan yüzeyde birikebilecek yağ gibi maddelerin de sisteme girmemesi için besleme tankındaki su düzeyinin vana düzeyine inmemesine dikkat edilmiştir.

Özellikle endüstriyel atık sularla çalışıldığında havalandırma tankına yavaş bir hızda atık su beslenerek uzunca bir sürede(14-15 saat) bakterilerin ortama alışması sağlanmıştır.

Evsel ve endüstriyel atık suların birlikte arıtımında ilkönce %75 evsel atık su ve %25 endüstriyel atık su kullanılmıştır. Daha sonra sırasıyla endüstriyel atık

su oranı %50, %75 ve %100 olacak şekilde artırılarak çalışılmıştır ve tüm deneylerde bu sıra izlenmiştir.

Atık su besleme hızı $1,3 \text{ dm}^3/\text{saat}$ dolaylarında sabit tutulmuştur. Bu besleme hızı sistemimizde 5,2 saat kalma süresine karşılık gelir. Bu koşulların yüksek bir arıtım sağlamak için uygun olduğu öndenemelerle saptanmıştır. Havalandırma tankında askıda katıları(HTAK) sabit tutabilmek için çamur geri devri gereklidir ve bu peristaltik pompa istenilen çamur geri devir debisine (Q_p) ayarlanarak gerçekleştirilmiştir. Sistemin yatkın duruma 5-6 saat içinde eriştiği belirlenmiş olduğundan, arıtılmış sudan örnekler altı saat sonra alınmıştır. Arıtılmış suda BOİ, KOİ, askıda ve toplam katı madde tayinleri yapılmıştır.

Sonraki deneye geçmeden önce besleme kesilerek havalandırma tankında bulunan atık su-aktif çamur karışımı 15-16 saat süreyle havalandırılmış ve ertesi sabah oluşturulan farklı bir atık su karışımıyla besleme yapılarak diğer deney başlatılmıştır. Böylece çalışılarak bir grup deney tamamlanmıştır. Daha sonra başka atık sularla yapılan deneylere geçilmiştir.

Evsel ve endüstriyel atık su karışımlarının özellikleri tayin edilmemiş, evsel atık suyun ve endüstriyel atık suyun değerlerinin ağırlıklı ortalaması alınarak hesaplamayla bulunmuştur. Aktif çamur sistemi parametreleri olan çamur hacim indeksi(I_v), havalandırma tankında askıda katılar(HTAK), havalandırma tankında uçucu askıda katılar(HTUAK), organik yük(B_v) ve çamur yükleme

faktörü(f_m) yapılan tayinlere dayanarak hesaplama ile bulunmuştur. HTAK ve HTUAK değerlerinin hesaplanmasında; ham haldeki atık suların kendiliğinden çökmesi beklenecek mekanik arıtım sağlandığından askıda katı madde değerleri, çamurda bulunan askıda katı madde değeri yanında ihmal edilmiştir.

Aktif çamur arıtma sistemlerinde bakterilerin ihtiyacı olan azot ve fosforu belirlemek için amonyak azotu, organik azot, nitrit azotu, nitrat azotu ve toplam fosfor evsel ve endüstriyel atık sularda ayrı ayrı tayin edilmiş ve atık suların karışım oranına göre ağırlıklı ortalama değerler alınarak arıtımın normal yürümesi için gerekli $BOİ/N$, $BOİ/P$ oranları hesaplanmıştır. $BOİ$ değeri ancak beş günde belirlenebildiğinden, söz konusu atık sular için daha önceden bulunmuş değerler kullanılmıştır. Azot ya da fosfor eksikliği olduğunda gerekli miktarlar hesaplanıp ilave edilmiştir.

Bir grup deney gerçekleştirildikten sonra sistemin tümü boşaltılıp, bol çeşme suyu ile yıkanmıştır. Katı yüzeylerde yağ birikintileri görüldüğünde yıkama deterjanla yapılmış ve sonra durulanmıştır. Sistem kuru olarak korunmuştur.

6. DENEYSEL ÇALIŞMA SONUÇLARI

Deneysel çalışmalar iki aşamada yürütülmüştür. Birinci aşamada arıtım deneyleri bölümümüzde tamamlanan ÇAG-94 nolu TÜBİTAK Projesi için kurulmuş olan, daha büyük ölçekli aktif çamur yöntemiyle arıtım deney düzeneğinde yapılmıştır. Bu deneyler öndenemeler niteliğinde olup burada ayrıntılı sonuçları verilmeyecektir.

Öndenemelerde amaç sabit tutulacak parametreler için uygun değerleri ve çalışma yöntemini belirlemektir. Asıl deneyler için yeni bir sistem kurulmasının nedeni, önceki sistemin büyük hacimli oluşu(havalandırma tankı 15 dm^3 ve çöktürme tankı 7 dm^3 hacminde) ve çeşitli aksaklıkların ortaya çıkmış olmasıydı.

Asıl arıtım deneylerinde Porsuk çayını kirletmede önemli katkıları olan dört ayrı endüstriyel atık su ile çalışılmıştır. Evsel atık su birbirine benzer nitelikte iki ayrı kaynaktan sağlanmış ve bu evsel atık sularla çalışan aktif çamurla arıtım tesislerinden aktif çamurlar da alınmıştır. Bu atık su kaynakları ayrı ayrı tanıtılacaktır.

6.1. Atık Sularıyla Çalışılan Kuruluşların Tanıtılması

Atık sularıyla çalışılan endüstriyel kuruluşların yerleri Şekil 1.2'deki haritada görülebilir. Bunlar ayrı ayrı kısaca tanıtılacaktır.

6.1.1. Sümerbank Eskişehir Basma Fabrikası

Kısaca SEBF olarak göstereceğimiz fabrika 1956 yılında kurulmuş olup üç vardiya ile toplam 1428 personel çalışmaktadır. İplik üretim kapasitesi yılda 3000 ton, dokuma üretim kapasitesi yılda 21×10^6 m, basma üretim kapasitesi yılda $27,5 \times 10^6$ m'dir. Bu bilgiler 18 Nisan 1988 tarihinde fabrika yetkililerinden alınmıştır.

6.1.2. Türkiye Lokomotif ve Motor Sanayii Anonim Şirketi

Kısa adı TÜLOMSAŞ olan kuruluş 1894 tarihinde Buharlı Lokomotif ve Vagon Onarımı adı altında küçük bir atölye olarak kurulmuştur. 1924 yılında TCDD Genel Müdürlüğüne intikal ettirilmiş ve 1986 yılında TÜLOMSAŞ adını almıştır. Vardiya sayısı değişmekle beraber ortalama bir olarak alınmaktadır ve toplam personel sayısı 3664'tür. Kullanılan su miktarı yılda 2660000 m^3 'tür. Üretim çeşitleri lokomotif, vagon, demiryolu makası, vinç, tampon, kantardır ve onarım da yapılmaktadır. 1987 yılı içinde KM manevra lokomotifi 14 adet, GM anahat lokomotifi 7 adet üretilmiştir. 1986-1987 yıllarında üretilen vagon sayısı 810 adettir. Bu bilgiler 18 Nisan 1988 tarihinde fabrika yetkililerinden alınmıştır.

6.1.3. Eskişehir Organize Sanayi Bölgesi

Kısaca EOSB olarak göstereceğimiz bölge çok sayıda sanayi tesisini içermektedir ve bunların bazılarında arıtma tesisleri bulunmakla birlikte pek çoğunda da yoktur. Tüm tesislerin atık suları (arıtılmış ya da arıtılmamış) birleşerek bir tek kanalla Porsuk çayına akıtılır.

maktadır. Örnekler bu kanalın çaya yakın kısmından alınmıştır.

EOSB 1969 yılında kurulmaya başlamış olup 1975 yılında faaliyete geçmiştir ve 1982 yılında ilave tesislere başlanarak 1985'te ikinci kısım altyapı tesisleri tamamlanmıştır. 110 kuruluşun 54'ü üretime geçmiş ve diğerleri proje ve inşaat halinde bulunmaktadır. Personel sayısı değişmekle birlikte ortalama olarak 7000 kişi dola-yındadır. Üretim çeşitleri şunlardır: Gıda, makine, dayanıklı tüketim malları(buzdolabı, emaye, termosifon), giyim, döküm, toprak ürünleri v.b. Saniyede 120 dm^3 su kullanılmaktadır. Bu bilgiler 19 Nisan 1988 tarihinde EOSB Bölge Müdürlüğünden sağlanmıştır.

6.1.4. Eskişehir Seker Fabrikası

Kısaca ESF olarak göstereceğimiz tesis 1933 yılında kurulmuş olup kampanya süresince 2390 kişi çalışmaktadır. Kampanya süresi Eylül-Subat ayları arasındadır. 1987 yılı içinde işlenen pancar 1110000 ton, etil alkol üretiminde kullanılan melas 62580 ton, üretilen %96'lık etil alkol 17000 m^3 , şeker 155608 ton, melas 42157 ton, kuru küspe 5900 ton, kuru maya 900 ton, yaş küspe 382000 ton'dur. Melas, kuru küspe, kuru maya ve yaş küs-pe hayvan yemi olarak kullanılmaktadır. Kullanılan toplam su miktarı yılda 13×10^6 ton'dur. Bu bilgiler 18 Nisan 1988 tarihinde fabrika yetkililerinden sağlanmıştır.

6.1.5. Yıldıztepe ve Gömece Askeri Lojmanları

Eskişehir'de evsel atık su arıtma tesisleri yalnızca bu iki yerleşim yerinde bulunmaktadır. Yıldıztepe Askeri Lojmanları (YAL) 1000 konuttan oluşmaktadır ve ALAPKO tarafından 5000 kişiye göre tasarlanıp 1981 tarihinde yapılan yuvarlak beton havuzlu tipte, aktif çamurla arıtma tesisi bulunmaktadır. Günde 1000 m^3 su debisi temeline göre projelendirilmiştir.

Gömece Askeri Lojmanları (GAL) 660 konut içermektedir ve 1984 tarihinde kurulan 5500 kişiye göre tasarlanmış aktif çamurla arıtma tesisi bulunmaktadır. Günde 840 m^3 su debisi temeline göre projelendirilmiştir.

Endüstriyel atık sularla çeşitli oranlarda karışımlar oluşturmak için bu arıtım tesislerinden hangisi çalışıyorsa oradan evsel atık su örnekleri ve aktif çamur alınmıştır.

6.2. Öndeneme Sonuçları

Öndenemeler SEBF atık suyu, evsel atık su ve kaplıca atık sularıyla yapılmıştır. SEBF atık suyu ve evsel atık su hacim oranı 50/50 ve 75/25 alınarak yapılan iki arıtım deneyinde 5 saat kalma süresi ve $70 \text{ dm}^3/\text{st}$ havalandırma hızında çalışıldığında ortalama %82 BOİ giderimi ve %71 KOİ giderimi sağlandığı gözlenmiştir. Bu değerler çok yüksek olmamakla birlikte tatmin edici bulunmuştur. SEBF atık suyunda önemli bir sorun oluşturan boyar maddelerde de çok önemli ölçüde giderme olduğu nitel olarak gözlenmiştir. Örneğin koyu lacivert olan

renk evsel atık suyla karışıp arıtıldıktan sonra açık mavi olmuştur. Askıda katı madde giderimi %90'nın üstünde bulunmuştur.

SEBF atık suyunun pH değeri ortalama 11,5'tur. Evsel atık suyun ise 7,9 ölçülmüştür. İki atık su değişik oranlarda karıştırıldığında pH düşmekle birlikte yine de yüksektir ve arıtımın çok etkin olmayışının bir nedeni bu olmalıdır. Bu nedenle daha sonraki deneylerde pH değeri 8'e düşürülerek arıtım deneyleri yapılmıştır.

BOİ/N/P oranları da biyolojik arıtım için tavsiye edilen 100/5/1 oranlarını sağlayamamasına karşın azot ve fosfor takviyesi yapılmamış olması da arıtımın çok iyi olmamasının başka bir nedenidir.

Bu deneyimlerin ışığında daha sonraki denemelerde gerektiğinde pH ayarlaması yapılmış, azot ve fosfor ilavesi yoluna gidilmiştir.

Öndenemeler grubunda kentin merkezindeki sıcak sular bölgesinde bulunan bazı kaplıcaların, büroların ve dükkanların atık sularının birleşmesiyle oluşan atık sudan örnekler alınarak arıtım deneyi yapılmıştır.

Deşarj Köprübaşı Regülatörünün hemen altında Porsuk çayının kuzey kıyısındadır. 21.1.1987 tarihinde saat 16.00'da alınan atık su BOİ = 108 g/m³ ve KOİ = 130 g/m³ değerleriyle az kirli bir evsel atık su (Ek Açıklamalar B, zayıf) niteliğinde görüldüğünden yukarıda sözü edilen koşullarda, ancak tek başına aktif çamur yöntemiyle arıtım deneyi yapılmış ve BOİ'de %72, KOİ'de %67 arıtım sağlanmıştır.

Bu ilk denemelerin yürütüldüğü sistemde çalışma, büyük atık su hacimleri gerektirdiğinden pek pratik olmamıştır ve bu nedenle de denetimi daha kolay olan, daha az atık suyla çalışabilen paslanmaz çelikten Şekil 5.1'de tanıtılmış olan deney düzeneği kurularak öndeneme sonuçlarının da ışığında asıl deneyler yapılmıştır. Başlıca kaplıcalardan gelen atık su tek başına aktif çamur yöntemiyle arıtılabilir nitelikte bulunduğu evsel atık sularla birlikte arıtım deneylerine gerek görülmemiştir.

6.3. Endüstriyel ve Evsel Atık Suların Birlikte Arıtım Sonuçları

Şekil 5.1'de tanıtılan deney düzeneğinde 5.2 altbölümünde anlatıldığı gibi arıtma deneyleri yürütülmüştür. Gerektiğinde pH değerini 6-8 arasında tutmak için hesaplı niceliklerde HNO_3 katılmıştır. Azot ya da fosfor eksikliği saptandığında bunlar da belirli niceliklerde katılmıştır.

Önce yalnızca evsel atık suyla bir arıtım deneyi gerçekleştirilmiştir. Daha sonra değişik endüstriyel atık sular belli oranlarda evsel atık sularla karıştırılarak ve son olarak da tek başlarına alınarak arıtım deneyleri yapılmıştır. İzleyen altbölümlerde atık sular ayrı ayrı ele alınarak özellikleri, karışımların özellikleri, arıtıldıktan sonraki bazı özellikleri ve bu özelliklerde yüzde azalma değerleri çizelgeler halinde verilmiştir.

Tüm deneylerde sabit tutulan parametrelerin değerleri şöyledir: havalandırma tankı hacmi $V_1=6,80 \text{ dm}^3$, çöktürme tankı hacmi $V_2=3,26 \text{ dm}^3$, çalışma sıcaklığı oda sıcaklığı olup $20 \pm 2^\circ\text{C}$, atık su besleme hızı $Q_b=1,3 \text{ dm}^3/\text{st}$

(bu da kalma süresi $t_r = 5,2$ st; hidrolik yük $Q_v = 4,6$ l/gün demektir), çamur geri devir oranı $r=0,3$. İsteyerek değiştirilen ya da elde olmayan nedenlerle değişen parametrelerin değerleri deney sonuçlarından önce verilmiştir.

6.3.1. Evsel atık su arıtımı

Gömece Askeri Lojmanlarından (GAL) 31.8.1987 tarihinde saat 15.30'da atık su örneği ve aktif çamur alınmıştır. Örnekler laboratuvara getirildikten sonra hemen yapılması gerekli olan analizler yapılmış ve arıtım deneyine başlanmıştır. Daha sonraki işlemlerde kullanılacak atık su $+4^{\circ}\text{C}$ ' da korunmuştur.

Arıtma deneyi 5.2 altbölümünde anlatıldığı gibi yapılmıştır. 6.3 altbölümünde değerleri verilen parametreler sabit tutulmuştur.

Bu deneyde farklı olan parametrelerin değerleri şöyledir: Havalandırma hızı $Q_h = 127 \text{ dm}^3/\text{st}$, organik yük $B_v = 1,24 \text{ (kg BOİ)/(m}^3\text{)(gün)}$, çamur yükleme faktörü $f_m = 0,59 \text{ (kg BOİ)/(kg HTAK)(gün)}$, çamur hacim indeksi $I_v = 70 \text{ dm}^3/\text{kg}$, havalandırma tankında askıda katılar $x = 2120 \text{ g/m}^3$, havalandırma tankında uçucu askıda katılar $x' = 1865 \text{ g/m}^3$.

Atık suyun alındığı haliyle özellikleri, mekanik çöktürmeden sonra uygulanan aktif çamur yöntemiyle arıtılmış suyun özellikleri ve bu özelliklerde yüzde azalma değerleri Çizelge 6.1' de topluca verilmiştir. Eksi işaretli yüzde azalma değerleri bu özelliklerde azalma değil artış olduğunu gösterir.

6.3.2. SEBF atık suyunun arıtımı

YAL evsel atık suyu ve aktif çamur 16.9.1987 tarihinde saat 16.30 dolaylarında, Sümerbank Eskişehir Basma Fabrikası (SEBF) ve lojmanları atık sularının birleştikten sonra bir km kadar ileride Porsuk çayına boşaldıkları yerden saat 17.00 dolaylarında endüstriyel atık su alınmıştır. SEBF atık suyu mor renkliydi ve keskin gazyağı kokuyordu. YAL ve SEBF atık sularının alındıkları durumdaki çeşitli özellikleri tayin edilmiş ve sonuçlar Çizelge 6.2' de verilmiştir.

Arıtım deneyleri SEBF atık suyu yüzdesi artacak şekilde YAL atık suyu ile değişik oranlarda karıştırılarak yürütülmüştür. Altbölüm 6.3' te verilen parametreler yine sabit tutulmuştur. Bu gruptaki deneylerde havalandırma hızı $Q_h = 40 \text{ dm}^3/\text{st}$, çamur hacim indeksi $I_v = 80 \text{ dm}^3/\text{kg}$, $\text{HTAK} = x = 2325 \text{ g/m}^3$ ve $\text{HTUAK} = x' = 1945 \text{ g/m}^3$ değerlerinde olmuştur. Diğer parametreler (organik yük B_v ve çamur yükleme faktörü f_m) karışımların özellikleri değişik olduğundan biraz farklılık göstermiştir.

Karıştırılan atık suyun pH değeri 8,5' un üstündeyse derişik nitrik asitle bu değerin altına düşürülmüştür. Böylece azot eksikliği de giderilebilir. Ancak yine de azot ve fosfor biyolojik arıtım için gerekli değerlerinden azsa $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ katılarak takviye yapılmıştır. Değişik oranlarda karışımlar için arıtım sonuçları aşağıda verilmiştir.

Çizelge 6.2. YAL atık suyu ve SEBF atık suyunun özellikleri

Özellikler(g/m^3)	Evsel Atık Su	SEBF Atık Suyu
ÇO	4,5	6,8
pH(pH birimi)	7,9	11,8
T($^{\circ}C$)	24	28
ÇK(cm^3/dm^3)	5,0	1,5
SAK	44	192
UAK	122	100
STK	1568	742
UTK	362	400
BOİ	172	196
KOİ	342	449
NH ₃ -N	30,0	3,0
Org-N	15,3	14,1
NO ₂ -N	0,0	0,12
NO ₃ -N	0,4	4,0
TP	0,4	0,1
Yağ ve gres	-	28
Bakır	-	0,00
Çinko	-	0,00
Krom	-	0,75
Nikel	-	0,00

%75 YAL evsel atık suyu ve %25 SEBF endüstriyel atık suyunun birlikte arıtımında farklı olan işletme parametreleri şöyledir: organik yük $B_v = 0,82$ (kg BOİ)/(m^3)(gün), çamur yükleme faktörü $f_m = 0,35$ (kg BOİ)/(kg HTAK)(gün). Karışık atık suyun bazı özellikleri, bu özelliklerin arıtılmış atık sudaki değerleri ve azalma yüzdeleri Çizelge 6.3' te gösterilmiştir.

Çizelge 6.3. %75 YAL ve %25 SEBF atık su karışımının arıtımdan önceki ve sonraki bazı özellikleri ve bunlarda yüzde azalmalar

Özellikler(g/m^3)	%75 YAL+%25 SEBF	Arıtımdan Sonra	% Azalma
ÇO	5,1	7,0	-37
pH(pH birimi)	8,3	7,9	5
SAK	81	4	95
UAK	117	24	80
STK	1362	1326	3
UTK	297	252	15
BOİ	178	35	80
KOİ	369	53 -	86

Daha sonra %50 YAL atık suyu ve %50 SEBF atık suyu karışımı oluşturulup gerekli katkılar eklendikten sonra arıtım deneyi gerçekleştirilmiştir. Bu deneyde farklı oluşan işletme parametreleri şöyledir: organik yük $B_v = 0,84$ ($kg\ BOİ/(m^3)(gün)$), çamur yükleme faktörü $f_m = 0,36$ ($kg\ BOİ/(kg\ HTAK)(gün)$). Bu karışım için başlangıçtaki ve arıtımdan sonraki özelliklerin yanısıra bunlardaki yüzde azalma değerleri Çizelge 6.4' te verilmiştir.

Bir sonraki deney %25 YAL ve %75 SEBF atık su karışımıyla yürütülmüştür. Gerekli katkılar deneyden önce yapılmıştır. Bu deneyde farklı oluşan işletme parametreleri organik yük $B_v = 0,87$ ($kg\ BOİ/(m^3)(gün)$), çamur yükleme faktörü $f_m = 0,38$ ($kg\ BOİ/(kg\ HTAK)(gün)$ ' dür. Bu karışımın arıtılmadan önceki ve sonraki bazı özellikleri ve bunlardaki yüzde azalmalar Çizelge 6.5' te verilmiştir.

Çizelge 6.4. %50 YAL ve %50 SEBF atık su karışımının arıtımdan önceki ve sonraki bazı özellikleri ve bunlarda yüzde azalmalar

Özellikler(g/m^3)	%50 YAL+%50 SEBF	Arıtımdan Sonra	% Azalma
ÇO	6,0	7,1	-18
pH(pH birimi)	8,1	8,0	1,2
SAK	118	4	97
UAK	111	36	68
STK	1155	1102	5
UTK	381	372	2
BOİ	184	27	85
KOİ	396	64	84

Çizelge 6.5. %25 YAL ve %75 SEBF atık su karışımının arıtımdan önceki ve sonraki bazı özellikleri ve bunlarda yüzde azalmalar

Özellikler(g/m^3)	%25 YAL+%75 SEBF	Arıtımdan Sonra	% Azalma
ÇO	5,8	7,2	-24
pH(pH birimi)	7,9	8,0	-1,3
SAK	155	0	100
UAK	106	10	91
STK	948	930	2
UTK	391	232	41
BOİ	190	25	87
KOİ	422	32	92

Son olarak da SEBF atık suyu tek başına (%100) arıtılmıştır. pH ayarı ve azot-fosfor takviyesi yapılmıştır. Burada organik yük $B_v = 0,90 \text{ (kg BOİ)/(m}^3\text{)(gün)}$, çamur yükleme faktörü $f_m = 0,39 \text{ (kg BOİ)/(kg HTAK)(gün)}$ olarak he-

saplanmıştır. SEBF atık suyunun arıtılmadan önce ve sonraki bazı özellikleriyle, bunlardaki yüzde azalmalar

Çizelge 6.6' da görülebilir.

Çizelge 6.6. SEBF atık suyunun arıttımdan önceki ve sonraki bazı özellikleri ve bunlarda yüzde azalmalar

Özellikler(g/m^3)	SEBF Atık Suyu	Arıttımdan Sonra	% Azalma
ÇO	5,7	7,3	-28
pH(pH birimi)	7,6	8,0	-5,3
SAK	192	16	92
UAK	100	16	84
STK	742	735	1
UTK	400	226	44
BOİ	196	23	88
KOİ	449	57	87

Tüm arıtımlarda önemli ölçüde renk açılması ve gazyağı kokusu giderimi sağlanmıştır. Her bir arıttımdan önce aktif çamur yeni karışımla birlikte 14-15 st süreyle (bir gece) önhavalandırıldığından bakterilerin endüstriyel atık suya alışması sağlanmıştır. Evsel atık su oranı azaldıkça yüzde gidermenin azalmaması bakterilerin ortama sağladıkları uyumla açıklanabilir. İşletme parametreleri klasik aktif çamur sistemine benzerlik göstermektedir.

6.3.3. TLOMSAS atık suyunun arıtımı

YAL evsel atık suyu ile aktif çamur 20.10.1987 tarihinde saat 15.30 dolaylarında, endüstriyel atık su TLOMSAS atık sularının büyük bir bölümünün Forsuk çayına karışma noktası olan Demirköprü'nün 50 m kadar yukarısından saat 16.00 dolaylarında alınmıştır. TLOMSAS atık suyunda fazla miktarda siyah yağ ve katı parçacıklar bulunmaktaydı. YAL ve TLOMSAS atık sularının alındıkları durumdaki çeşitli özellikleri tayin edilmiş ve sonuçlar Çizelge 6.7' de verilmiştir.

Arıtım deneyleri TLOMSAS atık suyu yüzdesi artacak şekilde YAL atık suyu ile değişik oranlarda karıştırılarak yürütlmştr. Altblm 6.3' te verilen parametreler sabittir. Bu gruptaki deneylerde havalandırma hızı $Q_h = 43 \text{ dm}^3/\text{st}$, çamur hacim indeksi $I_v = 50 \text{ dm}^3/\text{kg}$, $\text{HTAK} = x = 2112 \text{ g/m}^3$, $\text{HTUAK} = x' = 1885 \text{ g/m}^3$ tr. Diğer parametreler karışımların özelliklerine gre değişmiştir.

TLOMSAS atık suyunun pH değeri YAL atık suyu ile aynı değerdedir ve istenilen düzeydedir. Bu nedenle karışımlarda pH ayarlaması yapılmamıştır. Son iki arıtımda fosfor eksikliğini gidermek için H_3PO_4 takviyesi yapılmıştır. Değişik oranlarda karışımlar için arıtım sonuçları aşağıda verilmiştir.

%75 YAL atık suyu ve %25 TLOMSAS atık suyunun birlikte arıtımında farklı olan işletme parametreleri; organik yük $B_v = 0,95 \text{ (kg BOİ)/(m}^3\text{)(gn)}$, çamur ykleme faktr $f_m = 0,45 \text{ (kg BOİ)/(kg HTAK)(gn)}$ dr. Karışık atık suyun bazı özellikleri, bu özelliklerin arıtılmış atık sudaki değerleri ve azalma yzdeleri Çizelge 6.8' de verilmiştir.

Çizelge 6.7. YAL atık suyu ve TULOMSAŞ atık suyunun özellikleri

Özellikler(g/m^3)	YAL Atık Suyu	TULOMSAŞ Atık Suyu
ÇO	5,4	3,8
pH(pH birimi)	7,9	7,9
T($^{\circ}C$)	22	24
ÇK(cm^3/dm^3)	7,0	<1,0
SAK	46	28
UAK	168	146
STK	762	528
UTK	400	348
BOİ	201	230
KOİ	413	660
NH ₃ -N	16,2	27
Org-N	2,8	36
NO ₂ -N	0,0	0,015
NO ₃ -N	0,0	1,7
TP	2,25	0,1
Yağ ve gres	-	141
Siyanür	-	0,0
Bakır	-	4,5
Çinko	-	0,0
Kadmiyum	-	0,0
Krom	-	0,45
Kurşun	-	0,0
Nikel	-	0,0

Çizelge 6.8. %75 YAL ve %25 TÜLOMSAŞ atık su karışımının arıttımdan önceki ve sonraki bazı özellikleri ve bunlarda yüzde azalmalar

Özellikler(g/m^3)	%75 YAL + %25 TÜLOMSAŞ	Arıttımdan Sonra	% Azalma
ÇO	5,0	6,0	-20
pH(pH birimi)	7,9	8,0	-1,3
SAK	42	0	100
UAK	163	0	100
STK	704	690	2
UTK	387	282	27
BOİ	208	14	93
KOİ	475	51	89

Daha sonra %50 YAL ve %50 TÜLOMSAŞ atık suyu karışımı oluşturulmuş ve arıtım deneyi gerçekleştirilmiştir. Bu deneyde farklı olan parametreler; organik yük $B_v=0,99$ ($\text{kg BOİ}/(\text{m}^3)(\text{gün})$), çamur yükleme faktörü $f_m=0,47$ ($\text{kg BOİ}/(\text{kg HTAK})(\text{gün})$ ' dür. Bu karışım için başlangıçtaki ve arıttımdan sonraki özelliklerden başka bunlardaki azalma yüzdeleri de Çizelge 6.9' da görülebilir.

Bir sonraki deney %25 YAL ve %75 TÜLOMSAŞ atık su karışımında gerekli fosfor takviyesiyle yapılmıştır. Farklı olan parametreler; organik yük $B_v=1,02$ ($\text{kg BOİ}/(\text{m}^3)(\text{gün})$), çamur yükleme faktörü $f_m=0,48$ ($\text{kg BOİ}/(\text{kg HTAK})(\text{gün})$ ' dür. Bu karışımın arıtılmadan önceki ve sonraki bazı özellikleri ve bunlardaki yüzde azalmalar Çizelge 6.10' dadır.

Çizelge 6.9. %50 YAL ve %50 TULOMSAS atık su karışımının arıtmıdan önceki ve sonraki bazı özellikleri ve bunlarda yüzde azalmalar

Özellikler(g/m^3)	%50 YAL+ %50 TULOMSAS	Arıtmıdan Sonra	% Azalma
ÇO	4,6	6,1	-33
pH(pH birimi)	7,8	8,0	-2,6
SAK	37	14	62
UAK	157	6	96
STK	645	664	-3
UTK	374	236	37
BOİ	216	9	96
KOİ	537	47	91

Çizelge 6.10. %25 YAL ve %75 TULOMSAS atık su karışımının arıtmıdan önceki ve sonraki bazı özellikleri ve bunlarda yüzde azalmalar

Özellikler(g/m^3)	%25 YAL+ %75 TULOMSAS	Arıtmıdan Sonra	% Azalma
ÇO	4,2	6,2	-48
pH(pH birimi)	7,6	8,0	-5,2
SAK	33	0	100
UAK	152	0	100
STK	587	575	2
UTK	361	66	82
BOİ	223	15	93
KOİ	598	44	93

Son olarak T  LOMSAS atık suyu tek başına(%100) gerekli fosfor takviyesi yapıldıktan sonra arıtılmıştır. Burada, organik yük $B_v=1,06 \text{ (kg BOİ)/(m}^3\text{)(gün)}$, çamur yükleme faktörü $f_m=0,50 \text{ (kg BOİ)/(kg HTAK)(gün)}$ ' dür. T  LOMSAS atık suyunun arıttımdan önce ve sonraki bazı özellikleriyle bunlardaki yüzde azalmalar   izelge 6.11' dendir.

Çizelge 6.11. T  LOMSAS atık suyunun arıttımdan önceki ve sonraki bazı özellikleri ve bunlarda yüzde azalmalar

��zellikler(g/m^3)	T��LOMSAS Atık Suyu	Arıttımdan Sonra	% Azalma
��O	3,8	6,3	-66
pH(pH birimi)	7,6	8,0	-5,3
SAK	28	0	100
UAK	146	0	100
STK	528	523	1
UTK	348	122	65
BOŞ	230	14	94
KO��	660	36	95

Tüm arıttımlarda önemli ölçüde ya   ve katı madde giderimi sa  lanmıştırd. Askıda katı madde değerlerinde   o  nlukla %100 giderme sa  lanmıştırd. T  LOMSAS atık suyunda bulunan $4,5 \text{ g/m}^3$ bakır ve $0,45 \text{ g/m}^3$ kromun arıtma verimini düşürücü bir etkisi olmamıştırd.

6.3.4. EOSB atık suyunun arıtımı

EOSB endüstriyel atık suyu bölge çıkışından 5 km kadar aşağıda Porsuk çayına karışma noktasına giden pis su kanalının bacasından 26.11.1987 tarihinde saat 11.00 dolaylarında, GAL evsel atık suyu ile aktif çamur saat 11.30 dolaylarında alınmıştır. EOSB atık suyu koyu sarı renkteydi. GAL ve EOSB atık sularının çeşitli özellikleri tayin edilmiştir, sonuçlar Çizelge 6.12' dedir.

Arıtım deneyleri EOSB atık suyu yüzdesi artacak şekilde GAL atık suyu ile değişik oranlarda karıştırılarak yürütülmüştür. Bu gruptaki deneylerde havalandırma hızı $Q_h = 97 \text{ dm}^3/\text{st}$, çamur hacim indeksi $I_v = 30 \text{ dm}^3/\text{kg}$, HTAK = $\times = 1524 \text{ g/m}^3$, HTUAK = $\times' = 1196 \text{ g/m}^3$ tür.

Karışımların pH değeri istenilen düzeyde olduğundan pH ayarı yapılmamıştır. Son arıtımda $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ takviyesi yapılmıştır. Değişik oranlarda karıştırılan GAL ve EOSB atık sularının arıtım sonuçları aşağıdadır.

%75 GAL ve %25 EOSB atık suyunun birlikte arıtımında farklı olan işletme parametreleri şöyledir: organik yük $B_v = 1,62 \text{ (kg BOİ)/(m}^3\text{)(gün)}$, çamur yükleme faktörü $f_m = 1,06 \text{ (kg BOİ)/(kg HTAK)(gün)}$. Görüldüğü gibi klasik aktif çamur sistemi işletme parametrelerinden sapma vardır(bkz. Çizelge 3.1), bu da evsel atık suyun oldukça kirli olması ve dolayısıyla BOİ yükünün fazlalığındandır. Ayrıca kullanılan aktif çamurun hacim indeksi düşüktür. Karışımın bazı özellikleri, arıtmadan sonraki değerler ve bu değerlerde yüzde azalmalar Çizelge 6.13' tedir.

Çizelge 6.12. GAL atık suyu ve EOSB atık suyunun özellikleri

Özellikler(g/m ³)	GAL Atık Suyu	EOSB Atık Suyu
ÇO	5,1	5,4
pH(pH birimi)	8,0	7,5
T(°C)	18	18
ÇK(cm ³ /dm ³)	25	<1,0
S4K	282	36
U4K	538	16
STK	898	732
UTK	880	198
BOİ	400	217
KOİ	1091	484
NH ₃ -N	25,6	3,2
Org-N	7,3	5,2
NO ₂ -N	0,0	0,012
NO ₃ -N	0,0	2,0
TP	2,15	0,04
Yağ ve gres	-	62
Siyanür	-	0,0
Bakır	-	0,0
Çinko	-	0,0
Kadmium	-	0,0
Krom	-	0,7
Kurşun	-	0,0
Nikel	-	0,0

Çizelge 6.13. %75 GAL ve %25 EOSB atık su karışımının arıtmıdan önceki ve sonraki bazı özellikleri ve bunlarda yüzde azalmalar

Özellikler(g/m^3)	%75 GAL+%25 EOSB	Arıtmıdan Sonra	% Azalma
ÇO	5,2	6,5	-25
pH(pH birimi)	8,0	8,1	-1,2
SAK	221	0	100
UAK	408	0	100
STK	857	824	4
UTK	710	348	51
BOİ	354	58	84
KOİ	939	69	93

Daha sonraki arıtım deneyinde %50 GAL ve %50 EOSB atık su karışımı ile çalışılmıştır. Farklı parametreler şöyledir: organik yük $B_v=1,41$ (kg BOİ)/(m^3)(gün), çamur yükleme faktörü $f_m=0,93$ (kg BOİ)/(kg HTAK)(gün). Bu karışımın arıtmıdan önceki ve sonraki bazı özellikleri ve yüzde azalmalar Çizelge 6.14' tedir.

Bir sonraki arıtım deneyinde %25 GAL ve %75 EOSB atık su karışımı kullanılmıştır. Farklı parametreler, organik yük $B_v=1,2$ (kg BOİ)/(m^3)(gün), çamur yükleme faktörü $f_m=0,79$ (kg BOİ)/(kg HTAK)(gün)' dür. Bu karışımın arıtmıdan önce ve sonraki bazı özellikleri ve yüzde azalmalar Çizelge 6.15' tedir.

Son olarak EOSB atık suyu tek başına (%100) gerekli azot ve fosfor takviyesi yapıldıktan sonra arıtılmıştır. Organik yük $B_v=0,996$ (kg BOİ)/(m^3)(gün), çamur yükleme faktörü $f_m=0,65$ (kg BOİ)/(kg HTAK)(gün)' dür.Çizelge 6.16' da EOSB atık suyunun arıtmıdan önce ve sonraki bazı özellikleri ile yüzde azalmalar verilmiştir.

Çizelge 6.14. %50 GAL ve %50 EOSB atık su karışımının arıtmadan önceki ve sonraki bazı özellikleri ve bunlarda yüzde azalmalar

Özellikler(g/m^3)	%50 GAL+%50 EOSB	Arıtmadan Sonra	% Azalma
ÇO	5,3	6,6	-25
pH(pH birimi)	7,2	7,9	-10
SAK	159	0	100
UAK	277	0	100
STK	815	784	4
UTK	739	282	62
BOİ	309	31	90
KOİ	788	38	95

Çizelge 6.15. %25 GAL ve %75 EOSB atık su karışımının arıtmadan önceki ve sonraki bazı özellikleri ve bunlarda yüzde azalmalar

Özellikler(g/m^3)	%25 GAL+%75 EOSB	Arıtmadan Sonra	% Azalma
ÇO	5,4	6,7	-24
pH(pH birimi)	7,2	7,9	-9,7
SAK	98	0	100
UAK	147	0	100
STK	774	774	0
UTK	369	286	23
BOİ	263	40	85
KOİ	634	23	96

Çizelge 6.16. EOSB atık suyunun arıtmadan önceki ve sonraki bazı özellikleri ve bunlarda yüzde azalmalar

Özellikler(g/m^3)	EOSB Atık Suyu	Arıtmadan Sonra	% Azalma
ÇO	5,8	6,8	-17
pH(pH birimi)	7,5	7,7	-3
SAK	36	0	100
UAK	16	0	100
STK	732	722	1,4
UTK	198	100	50
BOİ	217	36	83
KOİ	484	4	99

Tüm arıtımlarda koyu sarı renkteki EOSB atık suyunda hemen hemen tam bir renk giderimi sağlanmıştır.

6.3.5. EŞF atık suyunun arıtımı

Eskişehir Şeker fabrikası endüstriyel atık suyu durultma havuzu çıkışından 9.12.1987 tarihinde saat 11.00 dolaylarında, GAI evsel atık suyu ve aktif çamur saat 11.30 dolaylarında alınmıştır. EŞF atık suyu durultma havuzu çıkışından alındığı halde fazla miktarda çökebi- len katılar içermekteydi ve açık toprak rengindeydi. Örnekler alındığı sırada hava yağışlıydı. GAI ve EŞF atık sularının çeşitli özelliklerinin tayin sonuçları Çizelge 6.17' de verilmiştir.

Arıtım deneyleri daha önceki deneylerdeki sıra iz- lenerek yapılmıştır. Bu gruptaki deneylerde havalandırma hızı $Q_h = 86 \text{ dm}^3/\text{st}$, çamur hacim indeksi $I_v = 35 \text{ dm}^3/\text{kg}$, $HTAK = x = 1336 \text{ g/m}^3$, $HTUAK = x' = 980 \text{ g/m}^3$ tür.

Çizelge 6.17. GAL atık suyu ve EŞF atık suyunun özellikleri

Özellikler(g/m ³)	GAL Atık Suyu	EŞF Atık Suyu
ÇO	5,1	4,3
pH(pH birimi)	8,0	5,4
T(°C)	18	26
ÇK(cm ³ /dm ³)	25	5,0
SAK	282	16
UAK	538	208
STK	898	854
UTK	880	766
BOİ	400	318
KOİ	1091	906
NH ₃ -N	25,6	13,1
Org-N	7,3	8,0
NO ₂ -N	0,0	0,0
NO ₃ -N	0,0	0,5
TP	2,15	0,72
Yağ ve gres	-	30

Son deneyde derisik NaOH çözeltisiyle pH=6,9'a ayarlanmıştır ve hiçbir deneyde azot, fosfor ilavesi yapılmamıştır. Değişik oranlarda karıştırılan GAL ve EŞF atık sularının arıtım sonuçları aşağıdadır.

%75 GAL evsel atık suyu ve %25 EŞF endüstriyel atık suyunun birlikte arıtımında farklı olan parametreler, organik yük $B_v=1,74$ (kg BOİ)/(m³)(gün) ve çamur yükleme faktörü $f_m=1,3$ (kg BOİ)/(kg HTAK)(gün)' dür. Her iki atık su oldukça kirli olduğundan ve EŞF atık suyunda da organik madde fazlalığından dolayı B_v ve f_m değerleri yüksektir.

Çizelge 6.18' de bu karışımın bazı özellikleri, arıtmıdan sonraki değerler ve yüzde azalmalar görülebilir.

Çizelge 6.18. %75 GAL ve %25 EŞF atık su karışımının arıtmıdan önceki ve sonraki bazı özellikleri ve bunlarda yüzde azalmalar

Özellikler(g/m^3)	%75 GAL+%25 EŞF	Arıtmıdan Sonra	% Azalma
ÇO	4,9	6,2	-27
pH(pH birimi)	6,0	6,5	-8,3
SAK	216	0	100
UAK	456	0	100
STK	887	808	9
UTK	852	324	62
BOİ	380	35	91
KOİ	1045	133	87

%50 GAL ve %50 EŞF atık suları ile çalışılan bu deneyde farklı parametreler, organik yük $B_v=1,65$ ($\text{kg BOİ}/(\text{m}^3)(\text{gün})$) ve çamur yükleme faktörü $f_m=1,23$ ($\text{kg BOİ}/(\text{kg HTAK})(\text{gün})$)' dür. Bu karışımın arıtmıdan önceki ve sonraki bazı özellikleri ve yüzde azalmalar Çizelge 6.19' dadır.

%25 GAL ve %75 EŞF atık suları ile çalışılan bu deneyde farklı parametreler, organik yük $B_v=1,55$ ($\text{kg BOİ}/(\text{m}^3)(\text{gün})$) ve çamur yükleme faktörü $f_m=1,16$ ($\text{kg BOİ}/(\text{kg HTAK})(\text{gün})$)' dür. Çizelge 6.20' de bu karışımın arıtmıdan önceki ve sonraki bazı özellikleri ve azalma yüzdeleri vardır.

Çizelge 6.19. %50 GAL ve %50 EŞF atık su karışımının arıtımdan önceki ve sonraki bazı özellikleri ve bunlarda yüzde azalmalar

Özellikler(g/m^3)	%50 GAL+%50 EŞF	Arıtımdan Sonra	% Azalma
ÇO	4,7	6,3	-34
pH(pH birimi)	5,0	6,8	-36
SAK	149	0	100
UAK	373	0	100
STK	876	782	11
UTK	823	350	58
BOİ	359	41	89
KOİ	999	129	87

Çizelge 6.20. %25 GAL ve %75 EŞF atık su karışımının arıtımdan önceki ve sonraki bazı özellikleri ve bunlarda yüzde azalmalar

Özellikler(g/m^3)	%25 GAL+%75 EŞF	Arıtımdan Sonra	% Azalma
ÇO	4,5	6,5	-44
pH(pH birimi)	4,8	6,9	-44
SAK	83	0	100
UAK	291	0	100
STK	865	692	20
UTK	795	344	57
BOİ	339	40	88
KOİ	952	152	84

Son olarak EŞF atık suyu tek başına (%100) arıtılmıştır. Arıtımdan önce $\text{pH}=6,9$ 'a ayarlanmıştır. Organik yük $B_v=1,46 \text{ (kg BOİ)/(m}^3\text{)(gün)}$ ve çamur yükleme faktörü $f_m=1,09 \text{ (kg BOİ)/(kg HTAK)(gün)}$ 'dür.

Çizelge 6.21' de EŞF atık suyunun arıtmıdan önce ve sonrakı bazı özellikleriyle azalma yüzdeleri verilmiştir.

Çizelge 6.21. EŞF atık suyunun arıtmıdan önceki ve sonrakı bazı özellikleri ve bunlarda yüzde azalmalar

Özellikler(g/m^3)	EŞF Atık Suyu	Arıtmıdan Sonra	% Azalma
ÇO	4,3	6,8	-58
pH(pH birimi)	6,9	7,0	-1,5
SAK	16	0	100
UAK	208	0	100
STK	854	664	22
UTK	766	436	43
BOİ	318	45	86
KOİ	906	94	90

Tüm arıtımlarda renkte olumlu bir açılma olmuştur.

6.4. Arıtım Sonuçlarının Grafikscl Gösterimi

Bu altbölümde yeni bir bilgi verilmemekle birlikte arıtım sonuçlarının çizelgelerden izlenmesinin ve karşılaştırılmasının güçlüğü göz önüne alınarak bazı sonuçlar grafikler halinde gösterilmiştir. Grafiklerde değişik karakterlerle gösterilen noktalar deney sonuçlarına aittir. Bazı atık sular için belirgin doğrusal değişimler gözlen-
diğinden tüm atık sularda böyle bir değişim varsayılarak doğrusal regresyon analizi yapılmış ve elde edilen denklemlerin doğruları farklı karakterlerde çizgilerle çizilmiştir.

Önce evsel atık su yüzdesine karşı BOİ'de azalma yüzdeleri grafiği hazırlanmıştır. Şekil 6.1'de verilen bu grafikteki regresyonla bulunan doğruların denklemleri ve korelasyon katsayıları (r) şöyledir:

SEBF	: $y=88,9-0,104x$	$r=0,943$
TÜLOMSAŞ	: $y=94$	$r=0$
EOSB	: $y=84,3+0,032x$	$r=0,332$
EŞF	: $y=86,1+0,064x$	$r=0,992$

Şekil 6.2'de ise benzer bir grafik KOİ'de azalma yüzdesi için çizilmiştir. Doğrusal regresyon analizi sonuçları şöyledir:

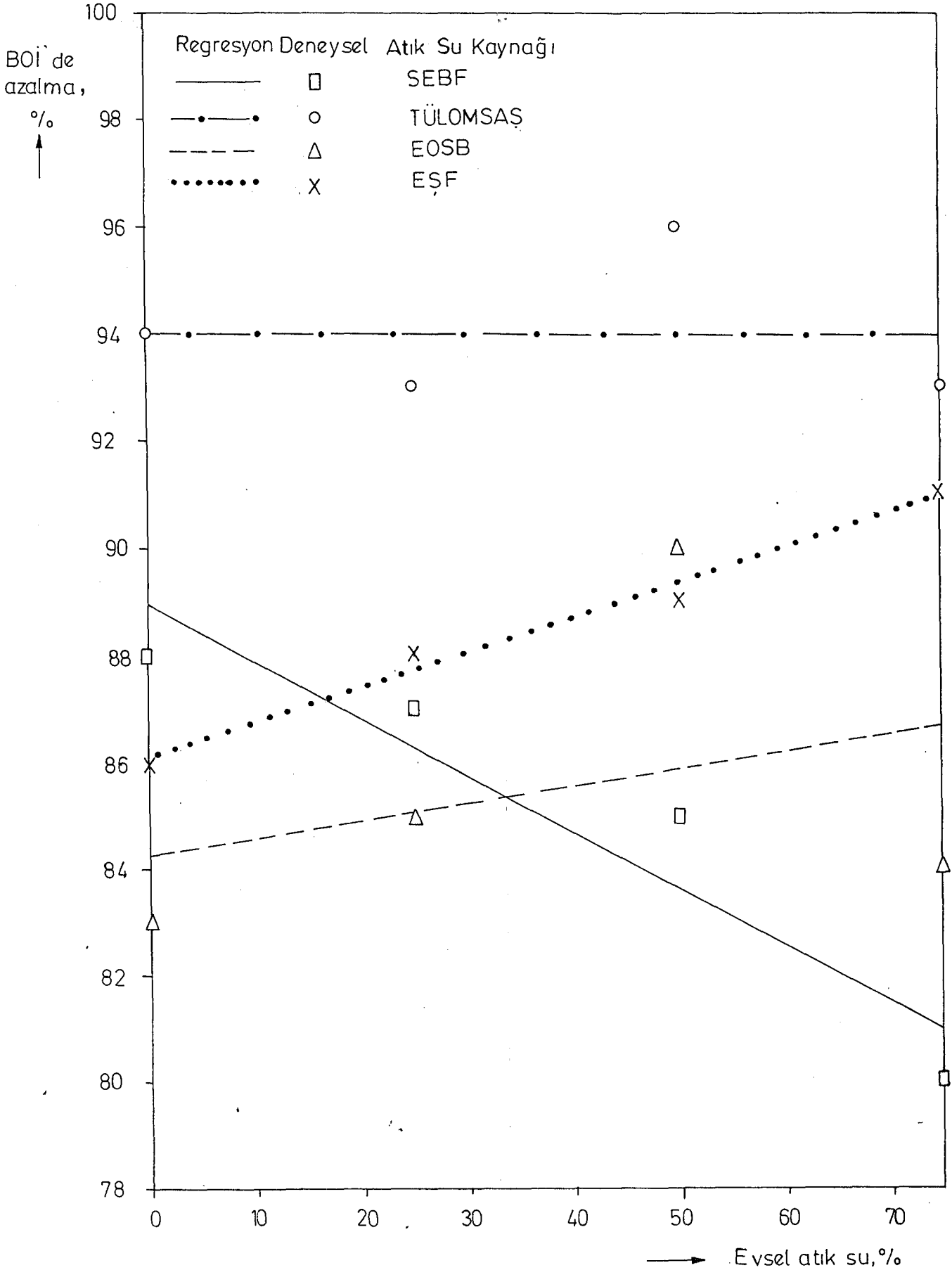
SEBF	: $y=89,2-0,061x$	$r=0,669$
TÜLOMSAŞ	: $y=94,7-0,074x$	$r=0,998$
EOSB	: $y=98,6-0,076x$	$r=0,981$
EŞF	: $y=89,4-0,035x$	$r=0,933$

Şekil 6.3'te organik yük değişimine karşı BOİ'de azalma yüzdeleri çizilmiştir. Doğrusal regresyon analizi sonuçları aşağıdadır:

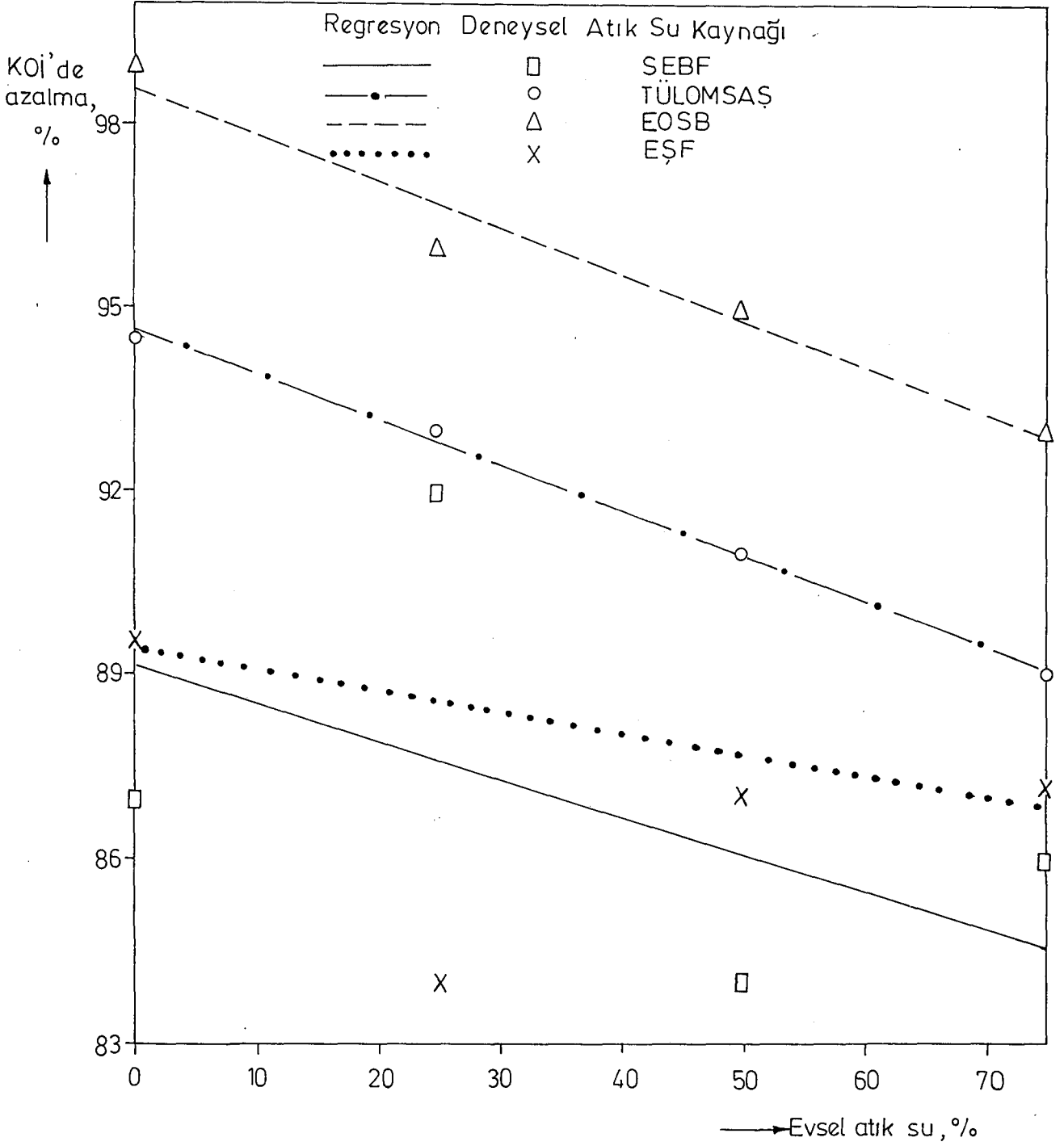
SEBF	: $y=92,5+5,67x$	$r=0,91$
EOSB	: $y=65,6+17x$	$r=0,973$
EŞF	: $y=61,4+17x$	$r=0,99$

Şekil 6.4'te çamur yükleme faktörüne karşı BOİ'de azalma yüzdeleri çizilmiştir. Doğrusal regresyon analizi sonuçları aşağıdadır:

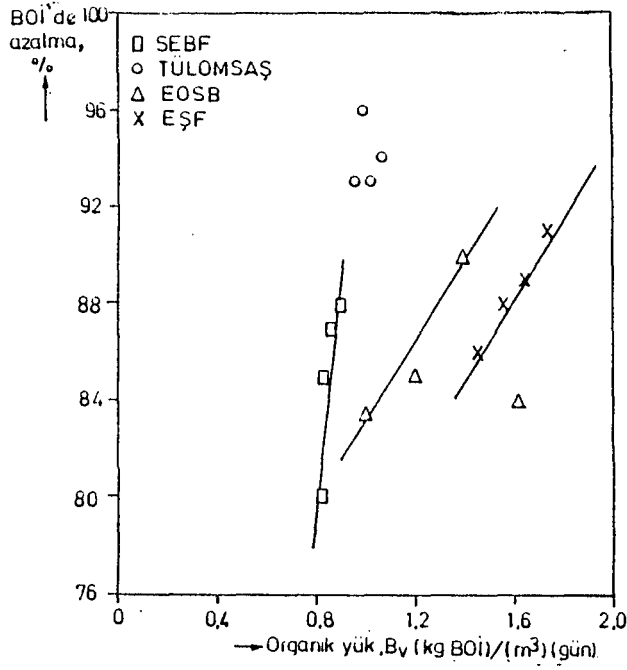
SEBF	: $y=180+18,4x$	$r=0,923$
EOSB	: $y=66,3+25x$	$r=0,97$
EŞF	: $y=62+22,9x$	$r=0,992$



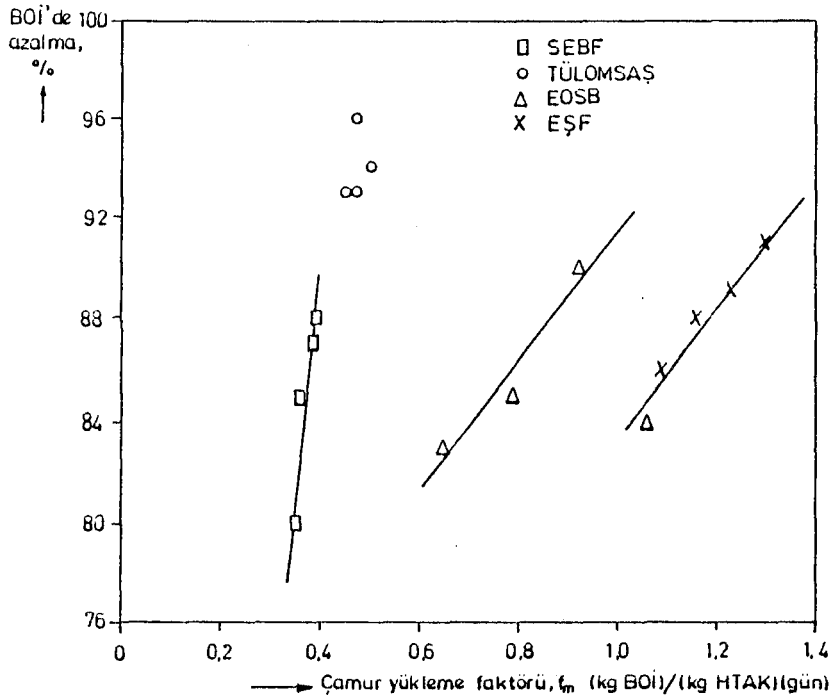
Şekil 6.1. Değişik endüstriyel atık sular için evsel atık su yüzdesi-BOİ'de azalma yüzdesi değişimi.



Şekil 6.2. Değişik endüstriyel atık sular için evsel atık su yüzdesi-KOİ'de azalma yüzdesi değişimi.



Şekil 6.3. Değişik endüstriyel atık sular için organik yük-BOİ'de azalma yüzdesi değişimi.



Şekil 6.4. Değişik endüstriyel atık sular için çamur yükleme faktörü-BOİ'de azalma yüzdesi değişimi.

7. SONUÇLARIN TARTIŞILMASI

7.1. Kaplıcalardan Gelen Atık Suyun Arıtımının Tartışılması

Yalnızca ödenemelerde çalışılan kaplıcalardan gelen atık suyun biyolojik arıtımında arıtma yüzdeleri düşük olmakla birlikte, BOİ ve KOİ (bkz. Ek Açıklamalar C) verilen sınır değerlerin altına indiğinden yeterli bir arıtım sağlanabilmiştir ve ayrıca evsel atık sularla karıştırılmasına gerek yoktur. Ancak Eskişehir kanalizasyon şebekesine karışacağından evsel atık sularla birlikte arıtılacaktır ve arıtıma herhangi bir olumsuz etkisi beklenmemektedir.

7.2. GAL Evsel Atık Suyu Arıtımının Tartışılması

Çizelge 6.1'de verilmiş olan GAL atık suyunun arıtımında ÇO artışı, sıcaklık azalışı gibi olumlu sonuçlar elde edilmiştir. Çökebilen katılarda bu ve bundan sonraki arıtım deneylerinde %100 arıtım sağlanmıştır. pH değeri artışının sabunların hidrolizi sonucu olduğu söylenebilir. Askıda ve toplam katılarda önemli ölçüde azalma vardır, özellikle mikroorganizmaların faaliyetleri sonucu uçucu katılarda daha fazla azalma gözlenmiştir. Bu atık suda, Sulara Boşaltılacak Atıklar İçin Deşarj Kriterlerine göre (bkz. Ek Açıklamalar C) yalnızca KOİ limit değerinin üstünde olmakta, diğerleri limitlerin altındadır. Bu da kalma süresi biraz daha artırılarak düşürülebilir.

7.3. SEBF ve YAL Karışık Atık Su Arıtımının Tartışılması

Çizelge 6.2'de verilen YAL ve SEBF atık suları bileşimleri incelendiğinde YAL evsel atık suyunun zayıf nitelikte olduğu (bkz. Ek Açıklamalar B) anlaşılmaktadır.

SEBF atık suyunun da çok kirli olmadığı görülmektedir. Ancak SEBF atık suyunda pH 11,8 gibi çok yüksek bir değerdedir. Koyu mor renkli oluşu ve gazyağı kokusu da bu atık su için çok olumsuz niteliklerdir. Yağ ve gres içeriği de izin verilen üst sınır değerlerin bir hayli üstündedir (bkz. Ek Açıklamalar C).

Çizelge 6.3, 4, 5, 6'da giderek endüstriyel atık su yüzdesi artacak şekilde değişik oranlarda YAL ve SEBF atık suları karışımlarıyla yapılan arıtım deneylerinin sonuçları ve bunlardan yararlanarak çizilen Şekil 6.1 ve 2 incelendiğinde umulanın aksine karışımda evsel atık su yüzdesi arttıkça BOİ ve KOİ gideriminde az da olsa azalma göstermektedir. pH ayarı ve azot-fosfor takviyesi yapıldığında SEBF atık suyunun mikroorganizmalar için evsel atık sudan daha uygun bir ortam oluşturduğu anlaşılmaktadır. Bu durumda evsel atık suyla karıştırma umulanın aksine az da olsa olumsuz etki yapmaktadır.

Şekil 6.1 ve 2'de deneysel noktaların çoğunlukla doğrulardan saptıkları gözlenmektedir. Bunun en önemli nedeni tüm parametrelerin sabit tutulamamasıdır. Buna da olanak yoktur çünkü değişik oranlarda karışımlar için organik yük (B_v) ve çamur yükleme faktörü (f_m) biraz değişmektedir. Bu iki faktördeki değişmelerin BOİ arıtma yüzdesine etkisini görebilmek için Şekil 6.3 ve 6.4 çizilmiştir.

Özellikle SEBF ve YAL atık suları karışımının arıtımında B_v ve f_m faktörleri pek az değişmesine karşın arıtıma etkileri çok fazla olmaktadır.

Ek Açıklamalar C'de verilen üst sınırlara göre BOİ, KOİ, AKM ve pH değerleri her karışma oranında uygun değerler almıştır. Bu sirkülerde renkle ilgili bir sınır yer almamıştır. Ancak özellikle tekstil atık sularında bulunan boyar maddeler sulara koyu bir renk vermektedir ve bu da hem görüntü olarak sakıncalı olmakta hem de suda bulunan, ışıktan yararlanan canlılar için olumsuz etki yapmaktadır. Çoğu aromatik yapıda büyük moleküllü organik maddeler olan boyaların balık gibi diğer canlılar için de zararlı olmaları beklenebilir (Kor, 1975; Ott, 1973).

SEBF atık suyundaki renk nicel olarak ölçülmemiş olmakla birlikte nitel gözlemler sonucunda çok önemli ölçüde giderme sağlandığı belirlenmiştir. Renkte giderme daha çok boyar maddelerin aktif çamur tarafından adsorplanmasıyla açıklanmaktadır (Nakaoka, 1983).

7.4. TULOMSAŞ ve YAL Karışık Atık Su Arıtımının Tartışılması

TULOMSAŞ endüstriyel atık suyunun YAL evsel atık suyuyla birlikte arıtım sonuçlarının verildiği Çizelge 6.8, 9, 10, 11 ve bunlar yardımıyla çizilen Şekil 6.1 ve 2 incelendiğinde arıtılmış atık suların izin verilen üst sınır değerlerinin (bkz. Ek Açıklamalar C) oldukça altında özellikler taşıdığı ve arıtmanın BOİ ile KOİ' de yüzde azalmalar açısından çok olumlu bulunduğu söylenebilir.

TULOMSAŞ atık suyu 141 g/m³ yağ ve gres, 4,5 g/m³ bakır içermesi nedeniyle oldukça sakıncalı bir atık su olarak yorumlanabilir (bkz. Çizelge 6.7). Buna karşın

evsel atık su ile birlikte yüksek arıtım sağlanabilmesi seyrelme etkisiyle açıklanabilir. Nitekim Şekil 6.1'de görülebileceği gibi evsel atık su yüzdesi arttıkça BOİ'de azalma yüzdesi az da olsa artmaktadır. Ancak Şekil 6.2'deki KOİ'de azalma yüzdesi grafiğinden tam aksine evsel atık su yüzdesi arttıkça gidermenin azaldığı görülmektedir. Bu zıtlık TÜLOMSAŞ endüstriyel atık suyunda kolayca yükseltgenebilen anorganik maddelerin bulunduğunu gösterir. Bu maddeler KOİ değerini arttırdıkları halde BOİ değerini etkilemezler; çünkü beş günlük BOİ değeri ölçülürken, bu tür anorganik yükseltgenebilen maddelerin 15 dakikada tüketiceği oksijen ölçülüp düzeltme yapılmaktadır.

7.5. EOSB ve GAL Karışık Atık Su Arıtımının Tartışılması

Çizelge 6.12'de özellikleri GAL evsel atık suyu ile birlikte verilen EOSB atık suyunda yağ ve gres 62 g/m^3 gibi yüksek bir değerde bulunmaktadır, ayrıca krom da azımsanmayacak $0,7 \text{ g/m}^3$ değerindedir. Bu durum, Çizelge 6.13, 14, 15, 16'da verilen birlikte arıtım sonuçları ve Şekil 6.1'deki BOİ'de azalma yüzdesi grafiği incelendiğinde gözlenen evsel atık su yüzdesi artışıyla arıtımda artışı açıklamaktadır. Ancak Şekil 6.2'de KOİ'de azalma yüzdesi grafiğinde TÜLOMSAŞ atık suyu için gözlenen durum EOSB atık suyu için de görülmektedir ve bu durum TÜLOMSAŞ atık suyundaki gibi yükseltgenebilen anorganik maddelerin varlığıyla açıklanabilir.

%75 GAL+%25 EOSB atık su karışımının arıtım sonuçlarını içeren Çizelge 6.13'e göre diğer özellikler için verilen sınırların altında olmasına karşın BOİ izin

verilen değer olan 50 g/m^3 'ü biraz aşmaktadır. Çizelge 6.14, 15 ve 16'daki diğer karışım oranlarında tüm özellikler izin verilen değerlerin altındadır.

Şekil 6.3'te organik yüke karşı BOİ'de azalma yüzdesi grafiğinde organik yükün artması durumunda arıtımın da arttığı görölmektedir. Bu ise deney düzeneğinin kapasitesinin altında çalıştığını gösterir. Şekil 6.4'teki çamur yükleme faktörüne karşı BOİ'de azalma yüzdesi grafiği için de aynı durum söz konusudur. Burada dikkat edilmesi gereken nokta B_v ve f_m 'nin artmasıyla arıtım yüzdelерinin sürekli artmayacağı, sistemin sınırlı bir kapasitesi olduğu ve bu parametrelerin belli değerlerin - den sonra azalma gözleneceğidir.

7.6. EŞF ve GAL Karışık Atık Su Arıtımının Tartışılması

EŞF endüstriyel atık suyu ve GAL evsel atık suyunun Çizelge 6.17'de verilen özellikleri incelendiğinde GAL atık suyunun çok kirli karakterde olduğu, EŞF atık suyunun da oldukça kirli bir su olduğu, üstelik incelenen diğer endüstriyel atık sulardan farklı olarak asidik karakterli (pH 5,4) olduğu anlaşılabılır.

Değişik oranlarda karışımların arıtma sonuçlarını içeren Çizelge 6.18, 19, 20 ve 21 incelendiğinde KOİ dışındaki diğer özelliklerin izin verilen değerlerin altına düşürölmüş olduğu görölebilir (bkz. Ek Açıklamalar C). KOİ'de azalma tüm deneylerde %84'ün üstünde olmasına karşın hem GAL hem de EŞF atık suları çok kirli olduğundan organik yük ve çamur yükleme faktörü yüksek değerler almakta, bu nedenle sistem aşırı yüklenmektedir. KOİ'nin daha da düşürölebilmesi için kalma süresinin artırılması gereklidir.

8. GENEL SONUÇLAR ve ÖNERİLER

8.1. Genel Sonuçlar

Varılabilen en genel sonuç ele alınmış olan dört endüstriyel atık suyun da evsel atık sularla değişik oranlarda karıştırılıp aktif çamur yöntemiyle oldukça yüksek verimlerle arıtılabileceğidir. Bu verimler BOİ'de azalma için %80'in, KOİ'de azalma için %84'ün üzerinde gerçekleşmektedir. Yalnız her endüstriyel atık su kendine özgü bir davranış göstermektedir. Örneğin evsel atık su oranı arttıkça BOİ'de azalma yüzdeleri TULOMSAŞ, EOSB, EŞF atık sularında arttığı halde SEBF atık suyunda azalma göstermektedir (bkz. Şekil 6.1). Burada SEBF atık suyunun beklenenin dışındaki davranışı, bu atık suyun koşullar ayarlandığında aktif çamur yöntemiyle arıtım için evsel atık sudan daha elverişli olmasıyla açıklanabilir. Bu durum SEBF atık suyu için çok olumlu görülmekte ve pH değeri 8,5'in altına düşürülerek evsel atık sularla birlikte arıtılması durumunda hem BOİ gidermede hem de KOİ gidermede (bkz. Şekil 6.2) iyileştirme sağlanmaktadır. İller Bankası Eskişehir Bölge Müdürlüğü, Eskişehir Belediyesi ve SEBF arasında anlaşmaya varılarak SEBF atık suyunun pH değeri düşürüldükten sonra kanalizasyon şebekesine verilmesi ve evsel atık sularla birlikte arıtılması kararının uygun olduğu da kanıtlanmaktadır.

TULOMSAŞ, EOSB, EŞF atık suları BOİ gideriminde (bkz. Şekil 6.1) birbirine benzer davranışlar göstererek evsel atık su oranının artmasıyla BOİ'de azalma yüzdeleri az da olsa artmıştır. Bu endüstriyel atık sularda

beklenen davranıştır. KOİ gideriminde de bu üç atık suda paralellik görülmektedir, ancak bu kez evsel atık su oranının artması olumsuz etki yapmaktadır. Bu durum BOİ ve KOİ'nin farklı niteliklerde özellikler oluşundan kaynaklanmalıdır. KOİ değerlerinde, BOİ değerlerine etkisi olmayan, çeşitli endüstriyel atık sularda bulunabilen anorganik indirgen (yükseltgenebilen) maddeler de etkili olmaktadır.

TÜLOMSAŞ, EOSB, ve EŞF atık suları için evsel atık sularla uygun karışma oranları, BOİ ve KOİ'de gerekli arıtma hedeflerine göre Şekil 6.1 ve 6.2 kullanılarak belirlenebilir. Deneylerin yapıldığı atık sular için ve Su Ürünleri Yasası uyarınca yayımlanan Sirkülerdeki (bkz. Ek Açıklamalar C) üst sınırlar olan $BOİ=50 \text{ g/m}^3$, $KOİ=70 \text{ g/m}^3$ temel alındığında uygun endüstriyel ve evsel atık su oranları şöyledir (bkz. Şekil 6.1, 2 ve Çizelge 6.8-21):

TÜLOMSAŞ endüstriyel ve YAL evsel atık suları her oranda karıştırılıp arıtıldığında sınır değerlerin altında BOİ ve KOİ sağlanmaktadır.

EOSB endüstriyel atık suyu %50 ve daha az oranda GAL evsel atık suyuyla karıştırılıp arıtıldığında sınır değerler aşılmamaktadır. %25 EOSB+%75 GAL karışımı için KOİ değeri tam sınırdaki olmakla birlikte BOİ değeri sınırı 8 birim aştığından uygun değildir.

EŞF endüstriyel ve GAL evsel atık suları hangi oranda karıştırılırsa karıştırılsın çıkıştaki BOİ değerleri 50 g/m^3 'ün altında olmasına karşın KOİ değerleri 70 g/m^3 'ün oldukça üstündedir.

Bu durumda KOİ giderimi açısından uygun bir karışma oranı bulunmamaktadır. KOİ değerinin 70 g/m^3 'ün altına düşürülebilmesi ancak kalma süresini artırarak sağlanabilir ve herhangi bir karışma oranında çalışılabilir.

2872 sayılı Çevre Kanununun öngördüğü Su Kalitesini Kontrol Yönetmeliği henüz çıkarılmamıştır. Bu yönetmelik çıktığında elbette orada öngörülen sınır değerler geçerli olacaktır ve o değerlere göre yeniden değerlendirme yapılmalıdır.

8.2. Öneriler

Gerçek atık sularla çalışıldığında biri dışında diğer tüm parametreleri sabit tutmak olanaksızdır ve sabit tutulduğu varsayılan parametrelerdeki ufak değişimler bile deney sonuçlarını etkilemekte, kesin yargılara varılmasını güçleştirmektedir. Bu sakıncaları önlemek için belli bileşimde yapay atık sularla çalışılabilir ve daha tekrarlanabilir sonuçlar elde edilebilir; ancak bulunan sonuçların ne ölçüde gerçekçi olduğu, uygulamaya dönüklüğü yine tartışma konusudur; çünkü bu kez de gerçek atık sulardaki koşulların tam olarak sağlanamama sakıncası vardır.

Bu çalışmada sabit tutulmuş olan parametreler değiştirilerek deneyler yürütülebilir. Örneğin evsel ve endüstriyel atık su karışma oranı sabit tutulup (50+50 gibi) kalma süresi değiştirilerek en uygun kalma süresi belirlenebilir. Özellikle EŞF atık suyu ile çalışıldığında uygun kalma süresinin 5,2 saatten daha uzun olacağı tahmin edilmektedir.

Kalma süresini artırmanın bir yolu da deney düzeneğine ikinci bir havalandırma tankının eklenmesi olabilir. Pratikte de uygulanan bu yöntemle arıtma verimleri daha da artırılabilir.

Çamur geri devir oranı da etkisi incelenebilecek olan parametrelerden biridir.

Mekanik arıtmadan gelen çamur ve atık aktif çamurun değerlendirilmesi seçenekleri incelenebilir. Bu amaçla sisteme küçük bir çamur çürütme birimi eklenebilir.

Bu çalışmada ele alınmamış olan mezbaha atık sularının ve un fabrikaları atık sularının arıtımının incelenmesi de yararlı olacaktır. Bu tür gıda endüstrisi atıklarının biyolojik yöntemlerle kolayca arıtılabildikleri bilinmektedir (Kestioğlu ve Şengül, 1983).

EK. AÇIKLAMALAR A

BİYOKİMYASAL OKSİJEN İHTİYACI TAYİNİ

(Standart Methods, 1967)

Standart olarak verilen yöntemde çözünmüş oksijenin titrimetrik Winkler yöntemiyle tayin edilmesi öngörülmektedir. Ancak elimizde çözünmüş oksijeni duyarlı olarak ölçebilen bir oksijenmetre bulunduğundan çözünmüş oksijen tayinleri bununla gerçekleştirilmiştir.

A.1. Gereçler

İnkübatör, yeterli sayıda BOİ (BOD) şişesi.

A.2. Ayraçlar

Fosfat tampon çözeltisi: 8,5 g KH_2PO_4 , 21,75 g K_2HPO_4 , 33,4 g $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ve 1,7 g NH_4Cl yaklaşık 500 cm^3 damıtık suda çözülür, bir dm^3 e tamamlanır.

Magnezyum sülfat çözeltisi: 22,5 g $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ damıtık suda çözülerek bir dm^3 e tamamlanır.

Kalsiyum klorür çözeltisi: 27,5 g CaCl_2 (susuz) damıtık suda çözülerek bir dm^3 e tamamlanır.

Demir klorür çözeltisi: 0,25 g $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ damıtık suda çözülerek bir dm^3 e tamamlanır.

A.3. Tayin Yöntemi

Seyreltme suyu oksijen açısından doymuş olmalıdır. Bu durum seyreltme suyuna bir iki gün hava verilerek sağlanabilir. Oksijence doymuş 1,0 dm^3 damıtık suya 1,0' er cm^3 fosfat tampon, magnezyum sülfat, kalsiyum klorür ve demir klorür çözeltileri konulmasıyla taze olarak hazırlanır.

BOİ şişeleri kullanımdan önce deterjanla yıkanmalı ve temiz suyla iyice durulanmalıdır. Şişelerin tam olarak ku-

rutulması sağlandıktan sonra örnekten belli hacimler alınır (bkz. Çizelge A.1) ve gerekiyorsa (endüstriyel atık sular için) aş konur. Hava kabarcıkları elden geldiğince önlenerek sifonla seyreltme suyu konur ve şişe kapakları dikkatlice kapatılır. Şişeler çalkalanarak üzerlerine su konur, inkübatörde 20°C' de 5 gün bekletilir ve ÇO değerleri okunur. Ani ÇO okumaları ayrı kaplarda aynı oranda seyreltme yapılarak 15 dakika sonra ölçülür. Aşı düzeltmesinde gerekli olan aşının BOİ değeri de ayrı şişelerde ölçülür. Yapılan BOİ tayinlerinde başlangıçtaki ve inkübasyondan sonraki ÇO değerleri arasında en az 2,0 g/m³ fark bulunmalıdır.

A.4. Hesaplama

Aşılama yapılmamışsa BOİ değeri aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$BOİ(g/m^3) = (D_1 - D_2)/P \quad (A.1)$$

Aşılama yapılmışsa BOİ değeri şöyle hesaplanır:

$$BOİ(g/m^3) = ((D_c - D_2) - (B_1 - B_2)f)/P \quad (A.2)$$

Bu formüllerdeki simgeler şu anlama gelir:

D₁: Seyrelmeden 15 dakika sonraki ÇO değeri

D₂: 5 gün inkübasyondan sonra ÇO değeri

P: Kullanılan örnek hacim kesri = Atık su hacmi/BOİ şişesi hacmi

D_c: Sıfır anında seyreltilmiş örnekteki ÇO değeri

D_c = D_op + SP

D_o: Orijinal seyreltme suyunun ÇO değeri

p: Kullanılan seyrelme suyu hacim kesri

S: Orijinal örneğin ÇO değeri

B_1 :Seyrelmiş aşının seyreltmeden 15 dakika sonraki ÇO değeri

B_2 :İnkübasyondan sonra aşı örneğinin ÇO değeri

$$f = (D_1' \text{ deki aşı}) / (B_1' \text{ deki aşı})$$

A.4.1. Endüstriyel atık su için örnek hesaplama

Örnek hesaplamayı elimizde bulunan herhangi bir endüstriyel atık su için yapalım:

$S = 4,3 \text{ g/m}^3$, $D_0 = 7,0 \text{ g/m}^3$, atık su hacmi = 3 cm^3 , ROİ şişesi hacmi = 324 cm^3 , $D_1 = 1 \text{ cm}^3$, $D_2 = 2,8 \text{ g/m}^3$, $B_1 = 5,9 \text{ g/m}^3$, $B_2 = 2,2 \text{ g/m}^3$.

Hesaplamaya geçerseniz:

$$D_c = (7,0)(321/324) + (4,3)(3/324) = 6,975 \text{ g/m}^3$$

$$f = 1/3 = 0,333$$

$$P = 3/324$$

Buradan;

$$BOİ(\text{g/m}^3) = ((6,975 - 2,8) - (5,9 - 2,2)(0,333))324/3 = 318$$

olarak bulunur.

Çizelge A.1. Örnekte tahmin edilen BOİ değerine göre
önerilen seyreltme oranları(Tchobanoglous,1979)

Örnek ve seyreltme suyu önceden karıştırılırsa		300 cm ³ 'lük şişelere doğrudan doğruya pipetle konarak	
Karışımda örnek yüzdesi	BOİ aralığı	Örnek hacmi (cm ³)	BOİ aralığı
0,01	20000-70000	0,02	30000-105000
0,02	10000-35000	0,05	12000-42000
0,05	4000-14000	0,10	6000-21000
0,1	2000-7000	0,20	3000-10500
0,2	1000-3500	0,50	1200-4200
0,5	400-1400	1,0	600-2100
1,0	200-700	2,0	300-1050
2,0	100-350	5,0	120-420
5,0	40-140	10,0	60-210
10,0	20-70	20,0	30-105
20,0	10-35	50,0	12-42
50,0	4-14	100,0	6-21
100,0	0-7	300,0	0-7

EK AÇIKLAMALAR B

İŞLEM GÖRMEMİŞ EVSEL ATIK SUYUN TİPİK BİLEŞİMİ

(Tchobanoglous, 1979)

Özellikler	Derişim ¹		
	Kuvvetli	Orta	Zayıf
Toplam katı	1200	720	350
Çözünmüş katı:	850	500	250
Sabit	525	300	145
Uçucu	325	200	105
Askıda katı:	350	220	100
Sabit	75	55	20
Uçucu	275	165	80
Çökebilen katılar(dm^3/m^3)	20	10	5
BOİ	400	220	110
Toplam organik karbon(TOK)	290	160	80
KOİ	1000	500	250
Azot(toplam)	85	40	20
Organik azot	35	15	8
Serbest amonyak	50	25	12
Nitrit	0	0	0
Nitrat	0	0	0
Toplam fosfor	15	8	4
Organik fosfor	5	3	1
İnorganik fosfor	10	5	3
Klorür ²	100	50	30
Alkalilik(CaCO_3 olarak) ²	200	100	50

¹Çökebilen katılar dışında bütün değerler g/m^3 olarak ifade edilmiştir.

²Değerler şehir suyunda bulunan miktar kadar artırılmalıdır.

EK AÇIKLAMALAR C

SULARA BOŞALTILACAK ATIKLAR İÇİN DEŞARJ KRİTEPLERİ

(Resmi Gazete,1985)

<u>Parametreler</u>	<u>Üst Sınırlar(g/m³)</u>
BOİ(20 °C'de)	50,0
KOİ	70,0
Askıda katı maddeler	200,0
Yağlar ve gres	30,0(Belediye atıklarında)
	10,0(Petrol ürünü içeren endüstri atıklarında)
Toplam siyanürler	0,2(CN ⁻ olarak)
Kadmiyum, Cd	0,05
Kurşun, Pb	0,5
Krom, Cr(toplam)	0,5
Bakır, Cu	0,5
Nikel, Ni	0,5
Çinko, Zn	2,0
pH Değeri	5,0-9,0(pH birimi)

EK AÇIKLAMALAR Ç

KİMYASAL OKSİJEN İHTİYACI TAYİNİ

(Standart Methods, 1967)

Ç.1. Gereçler

Geri soğutuculu düzenek: 250 cm³'lük 24/40 rodajlı erlen, 30 cm'lik 24/40 rodajlı Liebig soğutucu, 1 cm²'sinden 1,4 Watt ısı sağlayabilen elektrikli düz ısıtıcı (ya da eşdeğeri).

Ç.2. Ayraçlar

Standart K₂Cr₂O₇ çözeltisi(0,25 N): 12,259 g K₂Cr₂O₇ (103°C' de 2 st kurutulmuş) damıtık suda çözülür ve 1 dm³' e tamamlanır.

H₂SO₄-Ag₂SO₄ çözeltisi: 6,6 g Ag₂SO₄ 1 dm³ derişik H₂SO₄' te çözülür. Çözülmenin tamamlanması 1-2 gün sürer.

Standart Fe(NH₄)₂(SO₄)₂ çözeltisi(0,1 N): 39 g Fe(NH₄)₂(SO₄)₂.6H₂O damıtık suda çözülür. 20 cm³ derişik H₂SO₄ ilave edilir, soğutulur ve 1 dm³' e tamamlanır.

Standart Fe(NH₄)₂(SO₄)₂ çözeltisinin ayarlanması:
Bu çözelti her kullanılışında K₂Cr₂O₇ çözeltisine karşı ayarlanır. 10 cm³ 0,25 N K₂Cr₂O₇ çözeltisi damıtık suyla 100 cm³'e seyreltilir. 30 cm³ derişik H₂SO₄ ilave edilir, soğutulur, 2-3 damla ferroin indikatörü konur ve 0,1 N Fe(NH₄)₂(SO₄)₂ çözeltisi ile titre edilir. Normalite aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$\text{Normalite} = \frac{0,25 \text{ N K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \text{ çöz. (cm}^3\text{)} \cdot 0,25}{\text{Fe(NH}_4\text{)}_2\text{(SO}_4\text{)}_2 \text{ çöz. sarfiyatı (cm}^3\text{)}} \quad (\text{Ç.1})$$

Ç.3. Tayin Yöntemi

20 cm³ örnek veya damıtık su ile 20 cm³'e seyreltilmiş örnek, 250 cm³'lük ağzı rodajlı erlene alınır. (Örneğin KOİ değeri arttıkça alınacak örnek hacmi azaltılmalıdır. KOİ değeri çok küçük olan örneklerde daha seyreltik çözeltilerle çalışılabilir.) 0,4 g HgSO₄ katılır ve karıştırılır. 10 dm³ 0,25 N K₂Cr₂O₇ çözeltisi ilave edilir. 30 cm³ Ag₂SO₄'lı H₂SO₄ ilave edilir. Kaynamanın düzgün olması için erlenide birkaç tane kaynama taşı bulunmalıdır. Erlen iyice karıştırılır ve hemen geri soğutucuya bağlanır. Geri soğutucu altında çözelti iki saat kaynatılır. İlk kaynama anında çok dikkat edilmelidir. İki saat sonunda soğutucu damıtık su ile erlen içine yıkanır, erlendeki çözelti yaklaşık 140 cm³'e seyreltilir ve soğutulur. Birkaç damla ferroin indikatörü ilave edilir ve 0,1 N Fe(NH₄)₂(SO₄)₂ çözeltisi ile indikatörün rengi mavimsi yeşilden kırmızımsı kahverengiye dönüşene kadar titre edilir. 20 cm³ damıtık su ile aynı koşullarda bir kördeneme yapılır.

Ç.4. Hesaplama

$$KOİ(g/m^3) = \frac{(V_0 - V_1)N8000}{V} \quad (\text{Ç.2})$$

Buradaki simgelerin anlamları şöyledir:

V₀:Kördenemede sarfedilen Fe(NH₄)₂(SO₄)₂ (cm³)

V₁:Örneğe sarfedilen Fe(NH₄)₂(SO₄)₂ (cm³)

V:Örnek hacmi (cm³)

N:Fe(NH₄)₂(SO₄)₂ normalitesi

EK AÇIKLAMALAR D

KATI MADDE TAYİNLERİ(Şengül, vd., 1982)

D.1. Toplam Katı Madde

Filtre edilebilen ve edilemeyen katıların toplamıdır. Filtre edilebilene çözülmüş, edilemeyeene de askıda katı madde denilmektedir. 103-105°C' de sabit tartıma getirilmiş olan porselen buharlaştırma kabına iyice karıştırılmış örnek mezürle ölçüldükten sonra konarak su banyosunda kuruluğa kadar buharlaştırılır ve 103-105°C' de, en az bir saat etüvde tutulur. Kapsül etüvden alınır, desikatörde oda sıcaklığına kadar soğutulur ve tartılır. Aradaki tartım farkından toplam katı madde derişimi hesaplanır:

$$\text{Toplam katı madde(g/m}^3\text{)} = (A-B)(1000)/C \quad (D.1)$$

Buradaki simgelerin anlamı şudur:

A:Kapsül ve kalıntı tartımı (mg)

B:Kapsülün darası (mg)

C:Örnek hacmi (cm³)

D.1.1. Toplam uçucu katı madde

Toplam katı madde deneyi yapıldıktan sonra kapsül içindekilerle 580°C' de 10 dakika kadar fırında tutulur, fırın kapatıldıktan sonra kapsül bir süre havada soğutulur(580°C' deki kaplar soğuk desikatöre konulursa kırılabilir ve hatalara neden olabilir) ve daha sonra kap ile içinde kalanlar desikatörde oda sıcaklığına kadar soğutulup tartılır.

$$\text{Toplam uçucu katı madde(g/m}^3\text{)} = (A-B)(1000)/C \quad (D.2)$$

Buradaki simgelerin anlamları şöyledir:

A: Kapsül ve 105°C' deki kalıntı(mg)

B: Kapsül ve 580°C' deki kalıntı(mg)

C: Örnek hacmi(cm³)

D.1.2. Toplam sabit katı madde

Bu aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$\text{Toplam sabit katı madde} = (\text{Toplam katı madde}) - (\text{Toplam uçucu katı madde}) \quad (\text{D.3})$$

D.2. Toplam Askıda Katı Madde

Askıda katı maddeler(süspanse katı madde) filtreden geçemeyen katılardır. Tayin membran filtre ile, Gooch krozesinde asbest çamuru kullanılarak veya sıkı cam filtre ile(yaklaşık olarak) yapılabilir. Asbest çamuru hazırlamak oldukça uzun bir işlem olduğundan tayinlerde gözenekli cam filtre (por 4, 35 cm³ lük) kullanılmıştır. Kullanılacak filtre önceden sabit tartıma getirilmiş olmalıdır. İyice karıştırılmış örnekten 50 cm³ veya daha az alınır, filtreden vakum uygulanarak süzülür, biraz suyla yıkanır ve filtreden geçmeyen kısım 103-105°C'de etüvde 1 saat kurutulur, desikatörde soğutulup tartılarak toplam askıda katı madde içeriği hesaplanır.

$$\text{Toplam askıda katı madde(g/m}^3\text{)} = (A-B)(1000)/C \quad (\text{D.4})$$

Buradaki simgelerin anlamları şöyledir:

A: Filtre ve içindekilerin ağırlığı (mg)

B: Filtre ağırlığı (mg)

C: Örnek hacmi (cm³)

D.2.1. Uçucu askıda katı madde

Toplam askıda katı madde tayini yapıldıktan sonra filtre ve içinde kalan maddeler 580°C ' de fırında 10 dakika kadar tutulur. Bir süre havada soğutulduktan sonra desikatöre alınarak oda sıcaklığına kadar soğutulur ve tartılır.

$$\text{Uçucu askıda katı madde}(\text{g/m}^3) = (A-B)(1000)/C \quad (\text{D.5})$$

Buradaki simgelerin anlamları aşağıdadır:

A: Filtre ve 105°C 'de kurutulan madde ağırlığı (mg)

B: Filtre ve 580°C 'de yakılan madde ağırlığı (mg)

C: Örnek hacmi (cm^3)

D.2.2. Sabit askıda katı madde

Bu aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$\text{Sabit askıda katı madde} = (\text{Toplam askıda katı madde}) - (\text{Uçucu askıda katı madde}) \quad (\text{D.6})$$

D.3. Çökebilene Katı Madde

Test Imhoff konisinde yapılır. Çökebilene katı madde içeren örnek iyice karıştırılarak 1 dm^3 'lük koniye konur ve 45 dakika çökmesine izin verilir, sonra bir bağıtle hafifçe karıştırılarak yanlarda biriken katıların dibine çökmesi sağlanır ve 15 dakika daha beklenir. Örnekler oda sıcaklığına getirilmeli ve test oda sıcaklığında yürütülmelidir. Sonuç Imhoff konisinden okunur ve dm^3/m^3 olarak çökebilene katı madde ifade edilir.

EK AÇIKLAMALAR E

İÇME SUYU STANDARTLARI(EPA,1975;WHO,1970)

<u>Maddeler</u>	<u>Önerilen derişim(g/m³)</u>
Toplam çözünmüş katılar	500
Nitrat	45
Bakır	1,0
Çinko	5,0
Kadmiyum	0,01
Krom(VI)	0,05
Kurşun	0,05
Siyanür	0,05

EK AÇIKLAMALAR F

AZOT FORMLARI TAYİNLERİ(Standart Methods,1967)

Amonyak azotu ve organik azot tayinleri Şekil F.1'de verilmiş olan makro Kjeldahl azot tayin düzeneğinde yapılmıştır. İlk önce bu iki azot türü, daha sonra nitrat ve nitrit azotlarının spektrofotometrik tayinleri verilecektir.

F.1. Amonyak Azotu ve Organik Azot

F.1.1. Gereçler

Kjeldahl azot tayin düzeneği (Şekil F.1'deki gibi ya da farklı olabilir) ve ona uygun bir ısıtıcı.

F.2. Ayraçlar

Amonyaksız su: Biraz brom katılıp bir gece bekletilen damıtık su tekrar damıtılarak elde edilir.

Fosfat tampon çözeltisi (0,5 M): 14,3 g susuz KH_2PO_4 ve 68,8 g K_2HPO_4 damıtık suda çözülür ve 1 dm³'e tamamlanır.

Cıva sülfat çözeltisi: 8 g kırmızı HgO , 50 cm³ 1+5 H_2SO_4 'de çözülür ve 100 cm³'e seyreltilir.

H_2SO_4 - HgSO_4 - K_2SO_4 çözeltisi: 267 g K_2SO_4 1300 cm³ damıtık suda çözülür, 400 cm³ derişik H_2SO_4 ilave edilir. 50 cm³ HgSO_4 ilave edilir ve damıtık suyla 2 dm³'e seyreltilir. Bu reaktif 14°C'den daha aşağıda kristalize olur.

NaOH - $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ çözeltisi: 500 g NaOH ve 25 g $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ damıtık suda çözülür ve 1 dm³'e tamamlanır.

Fenolftalein indikatör çözeltisi: 0,5 g fenolftalein 50 cm³ %95'lik etil alkolde çözülür, üzerine 50 cm³ damıtık su konur. 0,02 N NaOH ile hafif pembe renk görülünceye kadar titre edilir.

Metil oranj indikatör çözeltisi: 0,05 g metil oranj 100 cm³ damıtık suda çözülür.

Karışık indikatör çözeltisi: 2 hacim %0,2 metil kırmızısı(%95'lik etil alkolde)ve 1 hacim %0,2 metilen mavisi (%95'lik etil alkolde)karıştırılır. Bu çözelti her 30 günde bir yenilenmelidir.

İndikatör-H₃BO₃ çözeltisi: 20 g H₃BO₃ damıtık suda çözülür ve 10 cm³ karışık indikatör çözeltisi eklenir ve 1 dm³'e tamamlanır. 30 günde bir yenilenmelidir.

0,02 N H₂SO₄ çözeltisi: Yoğunluğu 1,84 olan ve %95'lik H₂SO₄'den 0,563 cm³ alınıp 1 dm³'e tamamlanır. Bu çözelti 0,02 N Na₂CO₃' e karşı ayarlanır.

F.1.3. Tayin yöntemleri

F.1.3.1. Amonyak azotu

Organik azot miktarı önceden tahmin edilen atık su (bkz. Çizelge F.1), belirlenen oranda alınarak 400 cm³'e seyreltilir. Gerekiyorsa pH 7'ye ayarlanır. 25 cm³ fosfat tampon çözeltisi katılır. 50 cm³ indikatör-borik asit çözeltisi içine soğutucu ucunu batırıp 200 cm³ kadar damıtılır. Sonra standart 0,02 N H₂SO₄ çözeltisi ile indikatör-borik asit çözeltisinin ilk rengi olan açık leylak rengine kadar titre edilir. NH₃-N miktarı denklem F.1'den hesaplanır.

F.1.3.2. Organik azot

Kjeldahl balonunda kalan çözeltiye 50 cm³ asit-sülfat çözeltisi katılır. Eğer büyük miktarda azotsuz organik madde varsa her gram katı madde için ilave 50 cm³ asit-sülfat çözeltisi katılır. Çözelti kaynatılır ve berraklaştıktan sonra 20-30 dakika daha kaynatılır.

Kalıntı soğutulup 300 cm³ amonyaksız su katılır. İndikatör olarak fenolftalein kullanılarak hidroksit-tiyosülfat çözeltisi ile bazik yapılır. 50 cm³ indikatör-borik asit çözeltisi içine 200 cm³ kadar damıtılır. Çözelti 0,02 N H₂SO₄ ile açık leylak renge dek titre edilir. Örnek yerine aynı hacimde kullanılan damıtık su alınarak bir kördeneme yapılır.

F.1.4. Hesaplama

Hesaplama her iki azot testinde aynıdır.

$$N(\text{g/m}^3) = (A-B)(280)/C \quad (\text{F.1})$$

Buradaki simgelerin anlamları şöyledir:

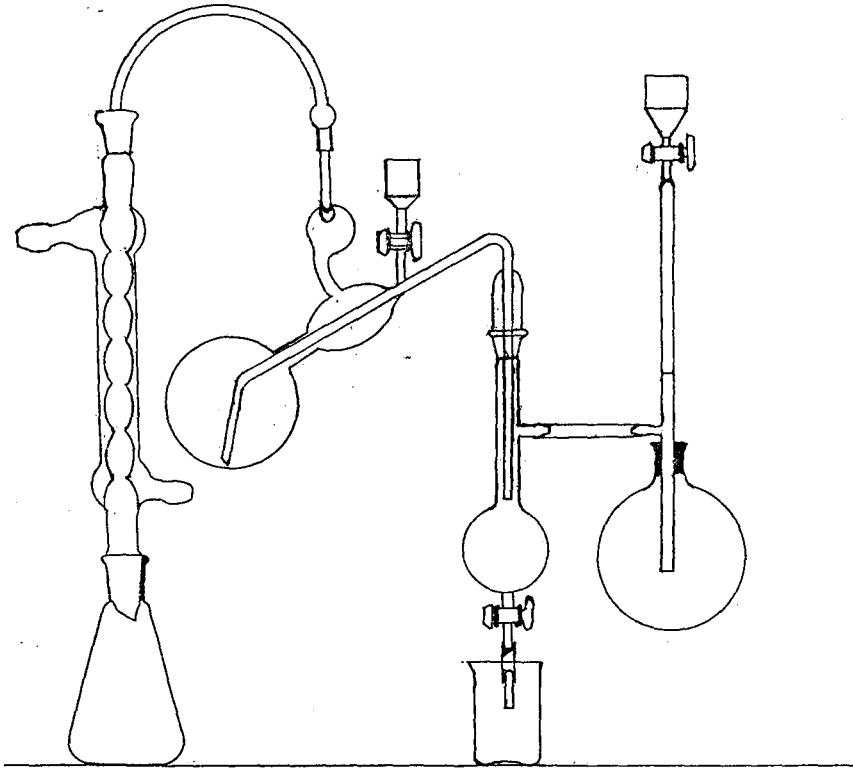
A: Örnek için H₂SO₄ sarfiyatı (cm³)

B: Kördeneme için H₂SO₄ sarfiyatı (cm³)

C: Örnek hacmi (cm³)

Çizelge F.1. Tahmin edilen organik azot miktarına göre alınacak örnek hacmi(Standart Methods,1967)

Örnekte organik azot(g/m ³)	Örnek hacmi(cm ³)
0-10	250
10-20	100
20-50	50
50-100	25



Şekil F.1. Makro Kjeldahl azot tayin düzeneği.

F.2. Nitrat Azotu

F.2.1. Gereçler

pH metre, spektrofotometre, 50 cm³ hacminde deney tüpleri, süzgeç kağıdı, ölçüm kaşığı.

F.2.2. Ayraçlar

Çinko sülfat çözeltisi: 100 g ZnSO₄.7H₂O damıtık suda çözülür ve 1 dm³'e tamamlanır.

NaOH çözeltisi: 240 g NaOH 500 cm³ suda çözülür, 1 dm³'e tamamlanır.

Stok KNO₃ çözeltisi: 0,7218 g susuz KNO₃ damıtık suda çözülür, 1 dm³'e tamamlanır. Bu çözelti 100 g/m³ azot içerir.

Standart KNO₃ çözeltisi: 50 cm³ stok KNO₃ çözeltisi 500 cm³'e seyreltilir. 1,0 cm³'ü 0,01 mg N içerir.

Sodyum azid çözeltisi: 1,0 g NaN₃ damıtık suda çözülür ve 1 dm³'e tamamlanır (Zehirlidir, yutmayınız).

Hidroklorik asit çözeltisi (1+4): 1 hacim derişik HCl, 4 hacim damıtık su.

Sülfanilik asit reaktifi: 0,60 g sülfanilik asit 70 cm³ sıcak suda çözülür, soğutulur, 20 cm³ derişik HCl konur ve 100 cm³'e seyreltilir.

Çinko: İyice öğütölmüş 1,000 g çinko tozu ve 200 g NaCl bir şişede iyice karıştırılır. Kullanımdan önce her seferinde şişe iyice çalkalanmalıdır.

Naftilamin-hidroklorür reaktifi: 0,60 g 1-naftilaminhidroklorür 1 cm³ derişik HCl'de çözölür, 100 cm³'e seyreltilir, karıştırılır. Berrak değilse filtre edilebilir ve soğukta korunur.

Sodyum asetat çözeltisi: 16,4 g NaC₂H₃O₂ veya 27,2 g NaC₂H₃O₂.3H₂O damıtık suda çözölür, 100 cm³'e tamamlanır. Berrak değilse süzölür ve soğukta korunur.

F.2.3. Çalışma eğrisinin hazırlanması

Deney tüplerine standart KNO_3 çözeltisinden uygun aralıklarla derişimlerde çözelti oluşturacak şekilde pipetle konur. 1 cm^3 $1+4 \text{ HCl}$ ve 1 cm^3 sülfanilik asit katılır, $40-45 \text{ cm}^3$ 'e seyrelterek iyice karıştırılır. $\text{Zn}+\text{NaCl}$ karışımı çalkalanır ve 1 cm^3 katılır. Tüp 10 kez ters çevrilir, 2 dk beklenir ve 10 kez daha ters çevrilir. Çabucak 50 cm^3 'lük kaba süzülür. Çinko ile değme süresi kritiktir, çinko katıldıktan 7 dk sonra süzölmelidir. Süzöntüye 1 cm^3 naftilamin hidroklorür katılır ve karıştırılır. 1 cm^3 sodyum asetat katılır ve karıştırılır. Renk oluşumu için 5 dk bekletilir, 50 cm^3 'e seyreltilir ve 520 nm 'de kırmızımsı-mor renk ölçölür. Absorbans ölçömleri tüm ayraçların katıldığı bir kör örneğe karşı ölçölmelidir. Böylece hazırlanan çalışma eğrisi ayraçların her yenilenisinde yeniden hazırlanmalıdır.

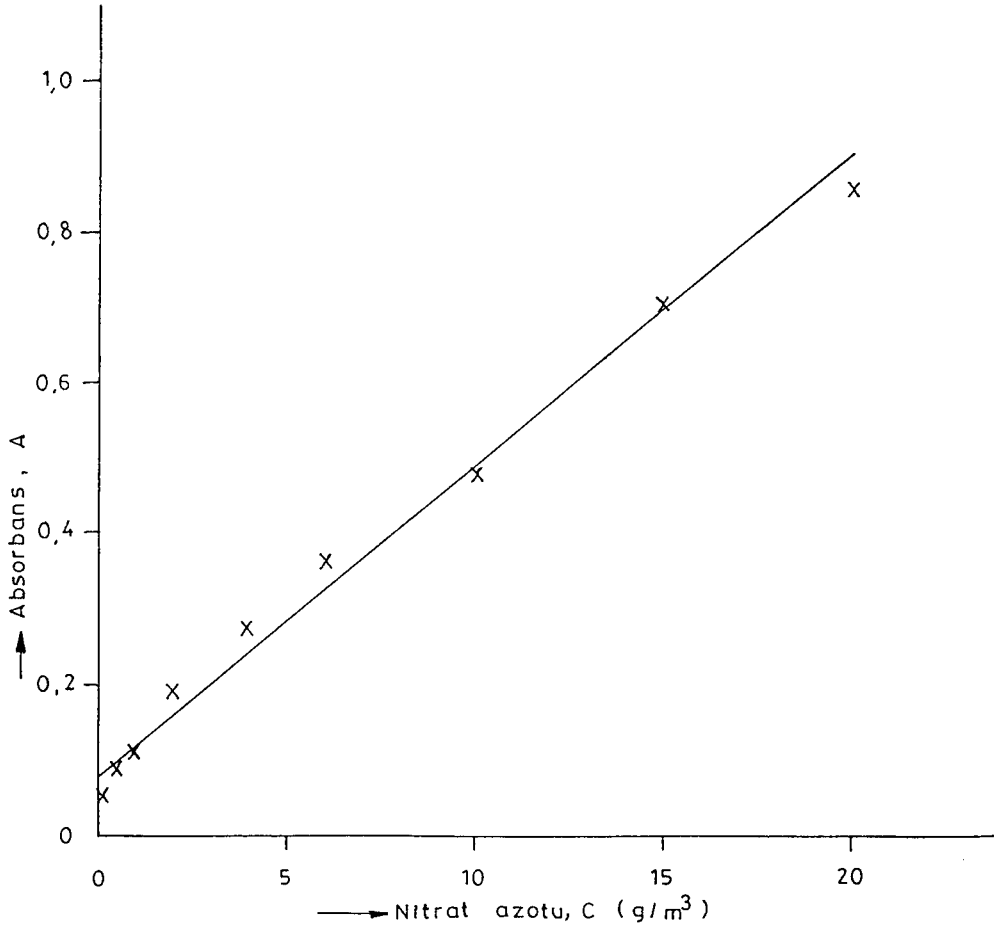
F.2.4. Tayin yöntemi

50 cm^3 ya da daha az örnek alınarak asitle korunmuşsa pH 7'ye nötürleştirilir. Örnek askıda madde ve renk içeriyorsa 1 cm^3 ZnSO_4 katılır ve iyice karıştırılır. $0,4-0,5 \text{ cm}^3$ NaOH çözeltisi katılarak pH 10,5 yapılır ve yine karıştırılır. Birkaç dakika beklenip ağır bir çökelek ve üstte berrak renksiz bir çözelti kalması gözlenir. Santrifüjle veya süzerek ayrılır, süzgeç kağıdı biraz suyla yıkanır. Süzöntünün pH'ı yaklaşık 7 yapılır. Nitritleri parçalamak için 50 cm^3 örneğe 1 cm^3 NaN_3 katılır. 1 cm^3 $1+4 \text{ HCl}$ katılır ve sıçratmadan yavaşça kaynatarak 40 cm^3 'e getirilir. Oda sıcaklığına soğutulur ve deney tüpüne konarak kap $1-2 \text{ cm}^3$ damıtık su ile

tüpün içine yıkanır. 1 cm³ sülfanilik asit katılır ve iyice karıştırılır. Zn+NaCl karışımı iyice sallanıp 1 cm³ katılır. Tüp 10 kez ters çevrilir, 2 dk beklenir, 10 kez daha çevrilir, 2 dk beklenir, 10 kez daha çevrilir ve çabucak 50 cm³'lük balonjojeye süzülür. Çinko ile değme süresi kritiktir ve karıştırmadan 7 dk sonra süzülmelidir. Süzüntüye 1 cm³ naftilamin-hidroklorür katılır ve karıştırılır. 1 cm³ sodyum asetat katılır ve karıştırılır, renk oluşumu için 5-15 dk beklenir. 50 cm³'e tamamlanır ve kırmızımsı-mor renk spektrofotometrede 520 nm'de ölçülür. Sülfanilik asit dışındaki tüm ayraçlar katılarak hazırlanan bir kör örneğe karşı absorbans ölçülmelidir. Çalışma eğrisi tercihan örnekteki nitrat derişimine yakın bilinen en az bir standart nitrat çözeltilisi ile denetlenmelidir.

F.2.5. Nitrat azotu çalışma eğrisi

Yapılan deneylerde kullanılan çalışma eğrisi Şekil F.2'de verilmiştir. Şekilde elde edilen deney noktaları işaretlenmiştir ve regresyon analizi yapılarak denklemi $A = 0,042 c + 0,078$ olarak bulunan doğru (korelasyon katsayısı = 0,992) çizilmiştir.



Şekil F.2. Nitrat azotu çalışma eğrisi

F.3. Nitrit Azotu

F.3.1. Gereçler

pH metre, spektrofotometre, süzgeç kağıdı.

F.3.2. Ayraçlar

Sülfanilik asit, naftilamin-hidroklorür ve sodyum asetat ayraçları nitrat azotu tayininde kullanılanların aynısıdır.

Stok NaNO_2 çözeltisi: 0,493 g NaNO_2 damıtık suda çözülerek 1 dm³'e tamamlanır.

Standart NaNO_2 çözeltisi: 100 cm³ stok çözelti 1 dm³'e seyreltilir. Daha sonra bu çözeltinin 50 cm³'ü 1 dm³'e seyreltilir, 1 cm³ kloroform ilave edilir ve sterilize edilmiş şişede saklanır.

F.3.3. Çalışma eğrisinin hazırlanması

Hazırlanan standart NaNO_2 çözeltisinden belli hacimlerde alınarak tayin yönteminde anlatılan sıra izlenir.

F.3.4. Tayin yöntemi

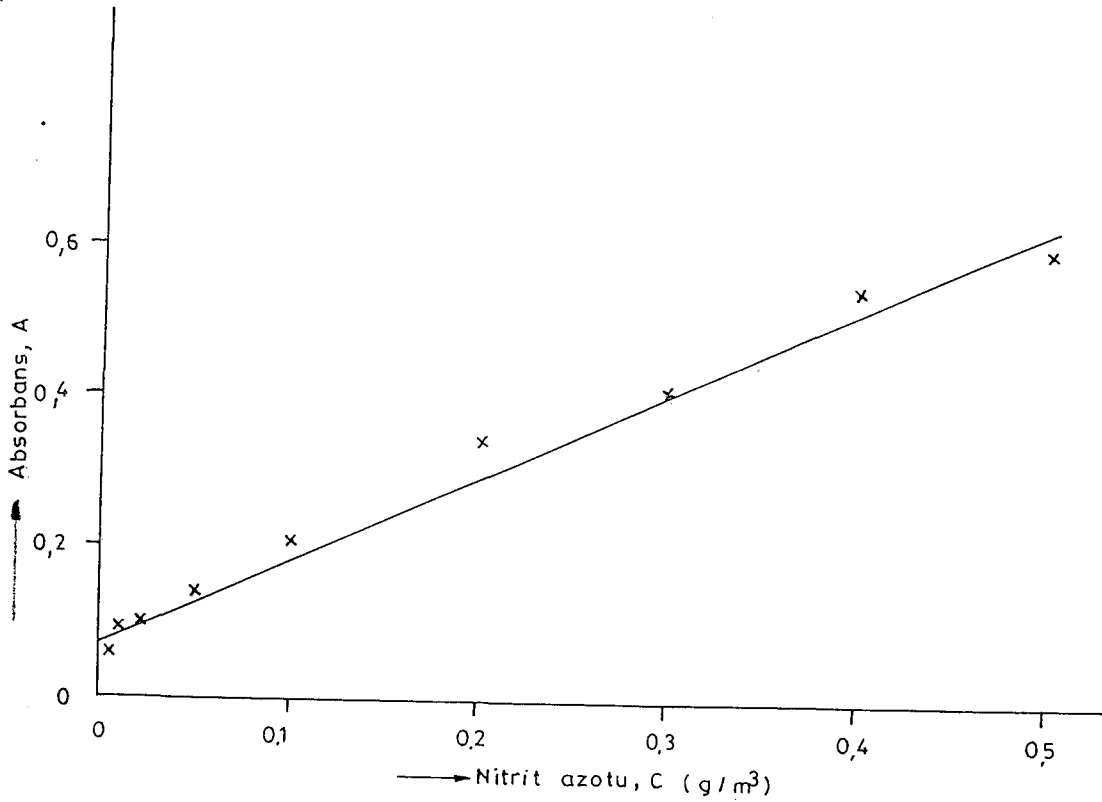
50 cm³'lük balonjojeye berraklaştırılmış 0,1-10 cm³ örnek (eğer gerekli ise ZnSO_4 ve NaOH ile nitrat tayinindeki gibi işlem yapılır) 20-25 cm³'e seyreltilir. Örnek asidik ya da bazikse birkaç damla seyreltik NaOH ya da HCl ile pH 6,5-7,5 arasına getirilir. 1 cm³ sülfanilik asit katıp (kör için konulmaz) karıştırdıktan sonra diazolama için en az 3 en çok 10 dakika beklenir. Bu çözeltinin pH değeri 1,4 dolayında olmalıdır. (Gerekirse 1+4 HCl katılır.) 1 cm³ naftilamin-hidroklorür ve 1 cm³ sodyum asetat ayraçları katılır. Bu sistemi pH 2,5' ta tamponlamalıdır. 50 cm³'e seyreltilir ve iyice karıştırılır. 10 dk sonra ve 30 dk'dan önce kırmızımsı-pembe renk spektrofotometrede kör örneğe karşı 520 nm'de ölçülür.

F.3.5. Nitrit azotu çalışma eğrisi

Yapılan deneylerde kullanılan çalışma eğrisi Şekil F.3' te verilmiştir. Şekilde elde edilen deney noktaları işaretlenmiştir ve regresyon analizi yapılarak denklemi

$$A = 1,10c + 0,085$$

olarak bulunan doğru (korelasyon katsayısı = 0,993) çizilmiştir.



Şekil F.3. Nitrit azotu çalışma eğrisi

EK AÇIKLAMALAR G

TOPLAM FOSFOR TAYİNİ (Şengül, 1984)

G.1. Gereçler

Mikrokjeldahl balonu, pH metre, spektrofotometre.

G.2. Ayraçlar

Kuvvetli asit çözeltisi: 300 cm³ derişik H₂SO₄ dikkatlice 600 cm³ damıtık suya ilave edilir ve soğutulur.

4 cm³ derişik HNO₃ konur, 1 dm³'e tamamlanır.

Amonyum molibdat çözeltisi: 25 g (NH₄)₆Mo₇O₂₄·4H₂O 175 cm³ damıtık suda çözülür. Dikkatli bir şekilde 266 cm³ derişik H₂SO₄, 400 cm³ damıtık suya katılır, soğutulur ve molibdat çözeltisine ilave edilerek 1 dm³'e tamamlanır.

Kalay klorür reaktifi: 2,5 g taze SnCl₂·2H₂O 100 cm³ gliserinde çözülür. Su banyosunda ısıtılır ve cam bagetle karıştırarak çözünmesi sağlanır.

Standart fosfat çözeltisi: 219,5 g KH₂PO₄ damıtık suda çözülür ve 1 dm³'e tamamlanır. 1 cm³'ü 50 µg fosfor içerir.

G.3. Çalışma Eğrisinin Hazırlanması

Bilinen derişimde çözelti hazırlanarak tayin yöntemindeki işlemler uygulanır ve bulunan absorbans değerleri derişime karşı grafiğe geçirilerek çalışma eğrisi hazırlanır.

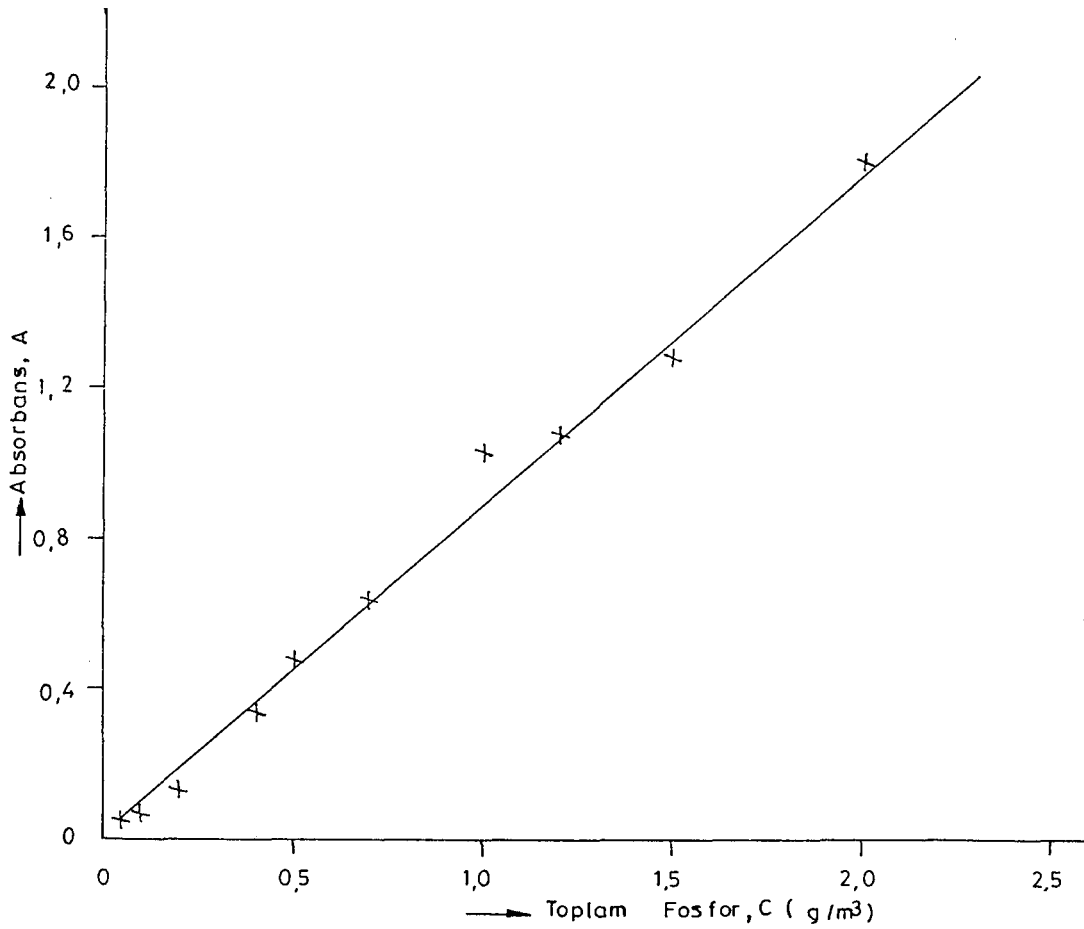
G.4. Tayin Yöntemi

Mikrokjeldahl balonuna ölçülmüş örnek konur. 1 cm³ derişik H₂SO₄ ve 5 cm³ derişik HNO₃ katılır. Çekerocakta kaynatılarak çözelti renksiz hale gelinceye dek beklenir, soğutulur, 20 cm³ kadar damıtık su katılır. 1N NaOH ile nötürleştirilir. Askıda ve bulanıklık veren maddeler

varsa süzülür ve balonjojede 100 cm^3 'e tamamlanır. Önişlemlerle renk ve bulanıklığı giderilmiş $0,2 \text{ mg}$ 'dan fazla fosfor içermeyen 100 cm^3 örneğe 1 damla fenolftalein damlatılır. Renk pembeleşirse kuvvetli asit çözeltisi damlatılarak renk giderilir. Penguin giderilmesi için beş damladan fazla asit gerekirse önişlem sırasında daha az örnek alınarak sonunda 100 cm^3 'e tamamlanır. Örneğe 4 cm^3 molibdat çözeltisi katarak çalkalanır. $0,5 \text{ cm}^3$ (10 damla) kalay klorür katılır, çalkalanır; bu sırada sıcaklık $20-30^\circ\text{C}$ arasında olmalıdır. 10 dakikadan sonra 12 dakikadan önce olmak üzere geliştirilen renk 690 nm 'de ölçülür ve çalışma eğrisinden sonuca geçilir. Örnek yerine damıtık su ile ayraçlar kullanılarak kör deney yapılmalı ve renk ölçümleri kör örneğe karşı olmalıdır. Her örnek için en az bir standart günlük olarak hazırlanmalıdır.

G.5.Toplam Fosfor Çalışma Eğrisi

Yapılan deneylerde kullanılan çalışma eğrisi Şekil G.1' de verilmiştir. Şekilde elde edilen deney noktaları işaretlenmiştir ve regresyon analizi yapılarak denklemi $A = 0,91c - 6,02 \times 10^{-3}$ olarak bulunan doğru (korelasyon katsayısı = 0,996) çizilmiştir.



Şekil G.1. Toplam fosfor çalışma eğrisi.

EK AÇIKLAMALAR H

YAĞ ve GPES TAYİNİ (Şengül, 1984)

Burada standart yöntem izlenmeyerek kısa bir yöntem uygulanmıştır ve elde edilen sonuçlar yaklaşıktır.

H.1. Gereçler

500 cm³'lük ayırma hunisi, rodajlı 250 cm³'lük balon, süzgeç kağıdı, su banyolu damıtma düzeneği.

H.2. Ayraçlar

Derişik HCl, n-hekzan, Na₂SO₄ (susuz).

H.3. Tayin Yöntemi

500 cm³ örnek alınır, asitlendirerek pH' si 2 veya daha düşük bir değere ulaştırılır. Genellikle 5 cm³ HCl yeterlidir. Örnek, ayırma hunisine aktarılır. 30 cm³ n-hekzan ile örnek şişesi yıkanır ve ayırma hunisine aktarılır. Tıpası kapatılıp 2 dakika kuvvetlice çalkalanır. Daha önce darası alınmış balona, çözücüyle ıslatılmış ve filtre kağıdı yerleştirilmiş bir huniden, ayırma hunisindeki n-hekzan fazı süzülür. Berrak bir n-hekzan fazı elde edilemezse hunideki filtre kağıdı konisine 1 g Na₂SO₄ konarak emülsiyon bunun üzerinden yavaşça süzülür. Bu işlem 2 defa 30'ar cm³ n-hekzan ile tekrarlanır ve bütün özütler toplandıktan sonra filtre kağıdı, 10-23 cm³ n-hekzan ile yıkanır ve balona eklenir. Damıtma balonu, su banyosunda damıtılarak n-hekzan ortamdan tamamen uzaklaştırılır. Daha sonra bu balon etüvde 103-105°C'de kurutularak desikatöre konur ve soğuduktan sonra tartılır.

H.4. Hesaplama

$$\text{Yağ ve gres (g/m}^3\text{)} = (A-B)(1000)/C \quad (\text{H.1})$$

Buradaki simgelerin anlamları şöyledir:

A: Toplam ağırlık (balon+yağ ve gres) (mg)

B: Balonun darası (mg)

C: Örnek hacmi (cm³)

EK AÇIKLAMALAR I

SIYANÜR TAYİNİ (Standart Methods, 1967)

Örnekteki siyanür derişimine göre damıtmadan sonra titrasyon yöntemi veya spektrofotometrik yöntem kullanılır. Bu yöntemler sırasıyla verilecektir.

I.1. Gereçler

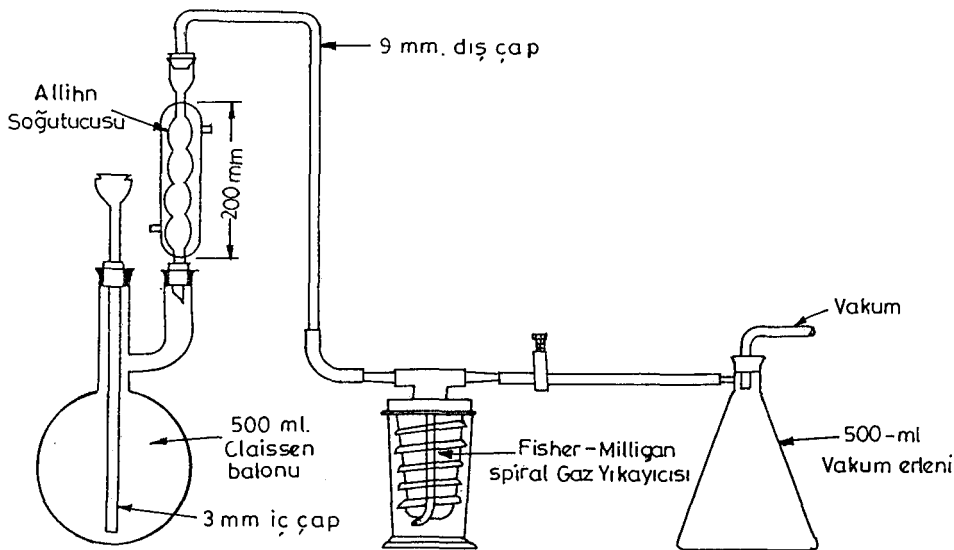
Şekil I.1' de gösterilen siyanür damıtma düzeneğini oluşturmak için gerekli malzemeler.

I.2. Ayraçlar

NaOH(1N): 4 g NaOH 100 cm³ damıtık suda çözülür.

HgCl₂ çözeltisi: 34 g HgCl₂ 500 cm³ damıtık suda çözülür. (Zehirlidir, ağıza gelmemesine dikkat edilmelidir)

MgCl₂ çözeltisi: 51 g MgCl₂.6H₂O 100 cm³ damıtık suda çözülür.



Şekil I.1. Siyanür damıtma düzeneği.

I.3. Tayin Yöntemi

500 mg' dan daha fazla siyanür içermeyen (gerekliyorsa örnek damıtık suyla 250-500 cm³'e seyreltilir) atık su damıtma balonuna konur. Gaz yıkama şişesine 50 cm³ 1N NaOH konur, gerekliyorsa yıkama şişesinde yeterli seviye elde etmek için seyreltilir. Vakum saniyede bir hava kabarcığı çıkacak şekilde ayarlanır. Bu hava, HCN için balondan yıkama şişesine bir taşıyıcı olacaktır ve hava giriş borusuna HCN girişini önleyecektir. Hava akış hızı saniyede iki kabarcık da olabilir. Hava hızı çok yüksek ise gaz yıkayıcı bütün HCN' yi tutamaz. Hava giriş yerinden balona 20 cm³ HgCl₂ ve 10 cm³ MgCl₂ eklenir. Giriş yeri damıtık suyla yıkanır, balondakilerin 3 dakika hava verilerek karışması sağlanır. Hava giriş yerinden her 100 cm³ çözeltiye 5 cm³ derişik H₂SO₄ karşılık gelecek şekilde yavaşça asit eklenir, hava giriş yeri bir kere daha damıtık su ile balon içine yıkanır.

Buhar soğutucunun yarısına kadar yükselmeyecek fakat hızlı şekilde bir saat kadar damıtılır, ısıtıcı kapatılır fakat hava verilmeye devam edilmelidir. 15 dk sonra hava kesilir. Soğutucudan gaz yıkama şişesine gelen bağlantı borusu damıtık suyla yıkanır. Yıkama suyu gaz yıkama şişesine eklenir ve bu çözelti tam 250 cm³'e seyreltilir.

Siyanür derişimi 1 g/m³'ten büyükse titrasyon yöntemi, 1 g/m³'ten daha düşükse spektrofotometrik yöntem seçilir. Siyanür derişim düzeyi bilinmiyorsa 200 cm³ alınarak titre edilir. Siyanür derişimi 1 g/m³'ten azsa kalan 50 cm³ çözelti spektrofotometrik ölçüm

için yeterlidir ve gerekirse daha da seyreltilir. Yıkama şişesine tekrar 50 cm^3 1N NaOH ilave edilir ve işlemler yinelenir. Dayanıklı siyanürler varsa bu kez onlar da parçalanıp damıtılmış olur.

I.3.1. Titrasyon yöntemi

I.3.1.1. Gereçler

5 cm^3 'lük Koch mikrobüreti.

I.3.1.2. Ayraçlar

NaOH (1N): 4 g NaOH 100 cm^3 damıtık suda çözülür.

İndikatör çözeltisi: 0,02 g paradimetilaminobenzalrodanin 100 cm^3 asetonunda çözülür.

Standart AgNO_3 çözeltisi (0,0192N): 3,27 g AgNO_3 1 dm^3 damıtık suda çözülür. Standart NaCl çözeltisine karşı K_2CrO_4 indikatörü ile arjentometrik yöntem ile standardize edilir. Bu çözeltinin 1 cm^3 'ü 1 mg siyanüre eşdeğerdir.

K_2CrO_4 indikatörü: 50 g K_2CrO_4 az miktar suda çözülür. Açık kırmızı çökelek oluşana kadar AgNO_3 ilave edilir. Bir gece bekletilir, süzülür, 1 dm^3 'e tamamlanır.

Ayarlama: 0,01 N NaCl çözeltisinden birkaç adet erlene 10'ar cm^3 alınır. %5'lik K_2CrO_4 indikatöründen birkaç damla ilave edilerek AgNO_3 çözeltisi ile titre edilir. Bütün klorür çöktükten sonra kırmızı bir gümüş kromat çökeleği oluşur.

I.3.1.3. Tayin yöntemi

Önişlem damıtma içeriyorsa pH ayarı yapılmaksızın 250 cm^3 'e seyreltilen damıttıktan uygun hacimde alınır.

Örnek damıtılmayacaksa pH=11 veya daha yüksek bir değere ayarlanır. 250 cm^3 'e seyreltilir, $0,5 \text{ cm}^3$ indikatör çözeltisi eklenir. Standart AgNO_3 ile renk kanarya sarısından sarımsı kırmızı renge dek titre edilir. Aynı nicelikte

alkali ve su içeren bir kördeneme de yapılır. Titrasyonda $2-10 \text{ cm}^3 \text{ AgNO}_3$ harcanacak şekilde örnek hacmi seçilir. İndikatör miktarı en iyi sonucu verecek şekilde ayarlanmalı ve bütün titrasyonlar için aynı miktar kullanılmalıdır. Hesaplama için denklem I.1'e bakınız.

I.3.1.4. Hesaplama

$$\text{CN}^-(\text{g/m}^3) = \frac{(A-B)1000}{\text{cm}^3 \text{ orijinal örnek}} \times \frac{250}{\text{damıtıktan alınan cm}^3} \quad (\text{I.1})$$

Burada, A: örnek için harcanan standart AgNO_3 çözeltisi(cm^3),
B: kördeneme için harcanan standart AgNO_3 çözeltisi(cm^3).

I.3.2. Spektrofotometrik yöntem

I.3.2.1. Gereçler

Spektrofotometre, pH metre, 50 cm^3 'lük lastik tıpalı deney tüpleri.

I.3.2.2. Ayraçlar

$\text{NaOH}(0,2 \text{ N})$: 8 g NaOH 1 dm^3 damıtık suda çözülür.

$\text{CH}_3\text{COOH}(1+4)$: 1 hacim asit, 4 hacim damıtık su karıştırılır.

Stok siyanür çözeltisi: $2,51 \text{ g KCN}$ 1 dm^3 damıtık suda çözülür. Her hafta kontrol edilmelidir. 1 cm^3 'ü 1 mg CN^- içerir.(Zehirlidir, ağıza gelmemesine dikkat edilmelidir.)

Standart siyanür çözeltisi: 10 cm^3 stok çözelti 1 dm^3 'e seyreltilir, iyice karıştırılır, bunun 10 cm^3 'ü 100 cm^3 'e seyreltilir. 1 cm^3 'ü $1 \mu\text{g CN}^-$ içerir ve günlük hazırlanır.

Kloramin-T çözeltisi: 1 g madde 100 cm^3 suda çözülür ve günlük hazırlanır.

1 fenil-3 metil-5 pirazolon çözeltisi(dovgun): 75°C sıcaklıktaki suya pirazolon eklenir($0,5 \text{ g}/100 \text{ cm}^3$).

Ara sıra karıştırılarak oda sıcaklığına soğutulur.

Bis pirazolon: $17,4 \text{ g}$ 1fenil-3metil-5pirazolon

100 cm³ etil alkolde çözülür. 25 g fenil hidrazin eklenir. 6-8 st geri soğutucu altında kaynatılır. Bir gece oda sıcaklığında bekletilir. Ertesi gün 1-2 st geri soğutucu altında kaynatmak yeterlidir. Sıcakken süzülür, %95'lik sıcak etil alkol ile yıkanır, havada kurutulur. Kuru olarak uzun süre saklanabilir.

Karışık pridin-pirazolon ayracı: 0,025 g bis pirazolon 25 cm³ pridine iyice karıştırılıp çözülür ve süzülür. Buna 125 cm³ pirazolonun sudaki doygun ve süzülmüş çözeltisi katılır. Bu karışık ayraç bekledikçe pembe bir renk oluşacaktır fakat 24 st içinde kullanılırsa bu siyanürle oluşacak rengi etkilemez. Günlük hazırlanmalıdır.

I.3.2.3. Tayin yöntemi

HCN' nin soğrulduğu ve 250 cm³'e tamamlanan çözeltiden uygun nicelikte tüpe alınıp 0,2 N NaOH ile 15 cm³'e seyreltilir. 1+4 asetik asitle pH=6-7'ye getirilir.

Kördeney 15 cm³ 0,2 N NaOH ile hazırlanır. Ayrıca 0,2; 0,4; 0,6; 0,8 ve 1,0 g siyanür içeren standartlar oluşturulur. 1+4 asetik asitle pH 6-7 arasına avarlanır. Asit miktarı; örnek, kördeneme ve standartların hepsinde yaklaşık aynı olmalıdır.

0,2 cm³ kloramin-T çözeltisi konur, tüp kapakları kapatılır. 2-3 kez ters çevrilerek karıştırılır, 1-2 dk tepkime için beklenir.

5,0 cm³ karışık pridin-pirazolon konur, kapatılır, ters çevrilip karıştırılır ve renk gelişimi için 20 dk beklenir. 25 cm³'e seyreltilir ve 620 nm'de kör örneğe karşı absorbans okunur. Renk çok koyu ise daha az örnek ve kör ile deneme yapılır.

I.3.2.4. Hesaplama

Örnekteki siyanür derişimi su formülden hesaplanır:

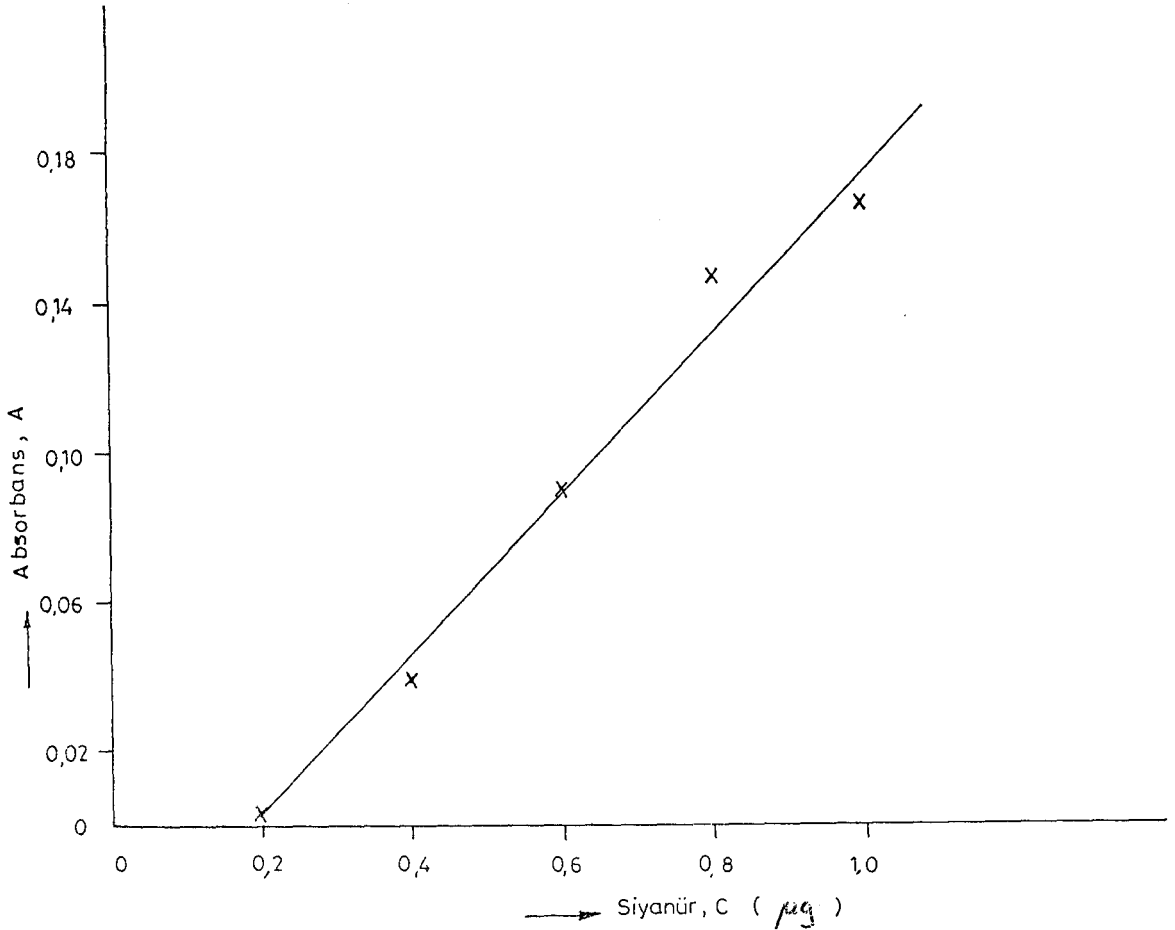
$$\text{CN}^-(\text{g/m}^3) = \frac{\mu\text{g CN}^-(\text{çalışma eğrisinden})1000}{\text{renkli çözeltide bulunan cm}^3 \text{ orijinal örnek}} \quad (\text{I.2})$$

I.3.2.5. Siyanür çalışma eğrisi

Yapılan deneylerde kullanılan çalışma eğrisi Şekil I.2'de verilmıştır. Şekilde elde edilen deney noktaları işaretlenmiştir ve regresyon analizi yapılarak denklemi

$$A = 0,22c - 0,04$$

olarak bulunan doğru(korelasyon katsayısı=0,991) çizilmiştir.



Şekil I.2. Siyanür çalışma eğrisi.

EK AÇIKLAMALAR İ

AĞIR METAL TAYİNLERİ(Standart Methods, 1967)

Ağır metallerden bakır, çinko, kadmiyum, krom(toplam), kurşun ve nikel tayinleri verilecektir. Metallerin çoğu kompleks iyonlar oluşturdıkları, atık su ve kanalizasyon sularında bulunan organik bileşiklerle girişim yapabildiklerinden dolayı organik maddenin bir önışlemlerle giderilmesi gereklidir. Bu işlem $\text{HNO}_3\text{-H}_2\text{SO}_4$ ile yapılmıştır.

İ.1. Bakır

İ.1.1. Gereçler

Spektrofotometre ve 125 cm³'lük konik şekilli cam ya da teflon kapaklı ayırma hunileri, pH kağıdı.

İ.1.2. Ayraçlar

Tekrar damıtılmış su, kloroform, metil alkol, derişik sülfürik asit.

Stok bakır çözeltisi: Tam 0,2000 g temizlenmiş elektrolitik bakır tel ya da levha 250 cm³'lük erlene alınır. 10 cm³ tekrar damıtılmış su ve 5 cm³ derişik HNO_3 çekercokakta yavaşça ilave edilir. Tepkime yavaşladıktan sonra bakırın çözünmesini tamamlamak için ısıtılır ve kaynatılır. Soğutulur, 50 cm³ su konur ve 1 dm³'e seyreltilir. 1 cm³'ü 200 µg bakır içerir.

Standart bakır çözeltisi: 50 cm³ stok çözelti 500 cm³'e seyreltilir. 1 cm³'ü 20 µg bakır içerir.

Hidroksilamin hidroklorür çözeltisi: 50 g $\text{NH}_2\text{OH.HCl}$ 450 cm³ damıtık suda çözülür.

Neocuproin reaktifi: 0,10 g 2,9dimetil-1,10fenantrolin hemihidrat 100 cm³ metil alkolde çözülür. 1 ay veya daha fazla dayanır.

Sodyum sitrat çözeltisi: 150 g $\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 400 cm³ suda çözülür. 5 cm³ $\text{NH}_2\text{OH} \cdot \text{HCl}$ ve 10 cm³ neocuproin konur. Bakır safsızlıklarını gidermek için 50 cm³ kloroform ile özütlenir, kloroform fazı atılır.

Amonyum hidroksit (6N): 400 cm³ derişik NH_4OH (%28-29'luk) 600 cm³ tekrar damıtılmış suyla seyreltilir. Bir polietilen şişede saklanır.

İ.1.3. Çalışma eğrisinin hazırlanması ve tayin yöntemi

1,00 ile 10,00 cm³ (20,0 ile 200 µg bakır) arasında değişik hacimlerde standart bakır çözeltileri ve doğrudan doğruya 10,00 cm³ örnek ya da bakır içeriği fazla ise belli hacimde alınıp 100 cm³'e seyreltilen örnekten 10,00 cm³ alınarak 150 cm³'lük beherlere konur. Tekrar damıtılmış su ile 10 cm³'e seyreltilir, 1 cm³ derişik H_2SO_4 konur. 5 cm³ $\text{NH}_2\text{OH} \cdot \text{HCl}$ ve 10 cm³ sodyum sitrat çözeltisi konarak iyice karıştırılır. Bir pH kağıdı kullanılarak pH 4-6 arasına gelecek şekilde damla damla NH_4OH konarak nötrleştirilir. Ayırma hunilerine konur. 10 cm³ neocuproin ve 10 cm³ kloroform konur, kapatılır. 30 saniye veya daha fazla çalkalanır. Bu işlem bakır-neocuproin kompleksini kloroformla özütlemek için yapılır. Faz ayrımı beklenir. Alttaki kloroform fazı, sulu fazdan hiç almamaya dikkat ederek 25 cm³'lük balonjojelere alınır. Sulu faz 10 cm³ kloroformla bir kez daha özütlenir ve özüt, bir önceki kloroform fazına eklenir. Birleştirilmiş özütler metil alkol ile 25 cm³'e seyreltilir, iyice karıştırılır. 457 nm'de ölçülür. Referans olarak 10 cm³ tekrar damıtılmış suya örneğe uygulanan işlemlerin tümü uygulanarak elde edilen kör örnek kullanılmalıdır. Standart örnekler yardımıyla hazırlanan çalışma eğrisinden µg bakır niceliği okunur.

İ.1.4. Hesaplama

Çalışma eğrisinden okunan değer yardımıyla örnekteki bakır derişimi şu formül kullanılarak hesaplanır:

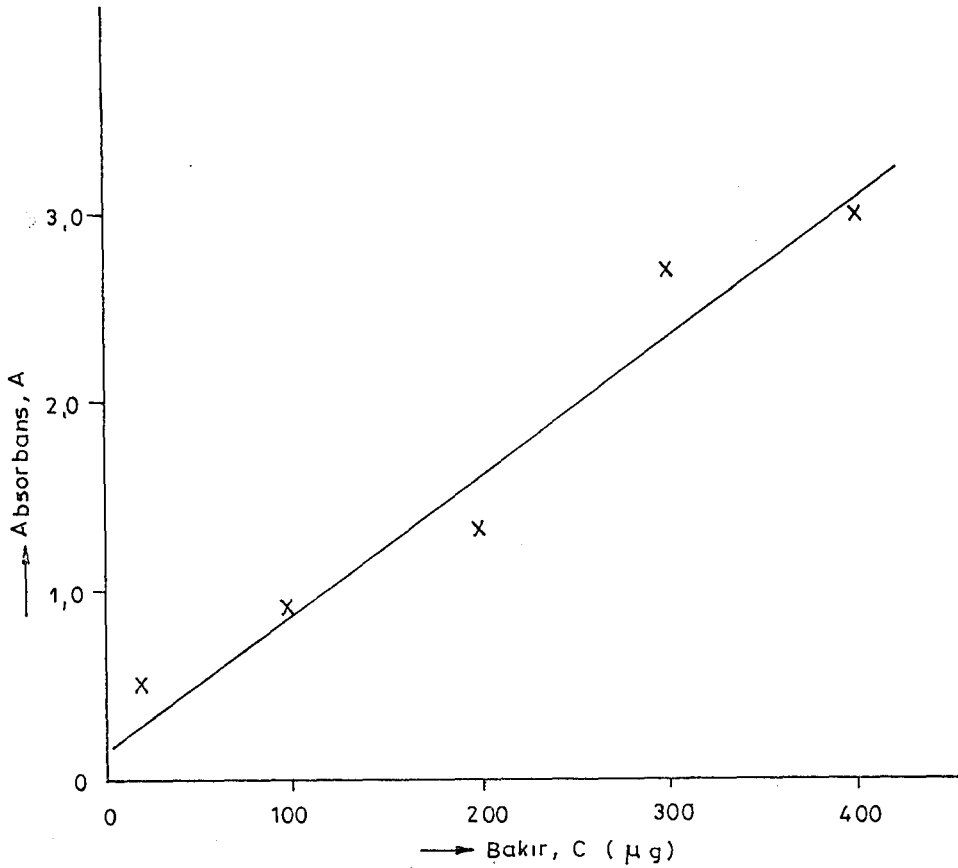
$$\text{Cu}(\text{g}/\text{m}^3) = (\mu\text{g Cu}/\text{cm}^3 \text{ örnek})(100/\text{cm}^3 \text{ seyreltilmiş örnek}) \quad (\text{İ.1})$$

İ.1.5. Bakır çalışma eğrisi

Yapılan deneylerde kullanılan çalışma eğrisi Şekil İ.1'de verilmiştir. Şekilde elde edilen deney noktaları işaretlenmiştir ve regresyon analizi yapılarak denklemi

$$A = 7,55 \cdot 10^{-3} C + 0,107$$

olarak bulunan doğru (korelasyon katsayısı = 0,99) çizilmiştir.



Şekil İ.1. Bakır çalışma eğrisi.

İ.2. Çinko

İ.2.1. Gereçler

Bakırdaki gibi.

İ.2.2. Ayraçlar

Standart çinko çözeltisi: 1 g çinko 1+1 HNO_3 'te çözülür, seyreltilir ve azot oksitlerini gidermek için kaynatılır. 1 dm³'lük balona konarak seyreltilir. 1 cm³'ü 1 mg çinko içerir.

Tekrar damıtılmış su, karbon tetraklorür.

Metil kırmızısı indikatörü: 0,1 g metil kırmızısı 7,4 cm³ 0,05 N NaOH' te çözülür ve 100 cm³'e seyreltilir.

Sodyum sitrat çözeltisi: 10 g $\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 90 cm³ suda çözülür. Çinkoyu uzaklaştırmak için 10 cm³ ditizon I çözeltisi ile çalkalanır ve süzülür.

Potasyum siyanür çözeltisi: 5 g KCN 95 cm³ tekrar damıtılmış suda çözülür. Zehirli olduğundan ağıza değdirilmemelidir.

Bis (2-hidroksietil) ditiokarbamat çözeltisi: 4,0 g dietanolamin ve 1 cm³ CS_2 , 40 cm³ metanolda çözülür. Her 3 veya 4 günde bir yenilenir.

Ditizon I çözeltisi: 50 mg difeniltiokarbazon 500 cm³ CCl_4 ' te çözülür. Serin ve karanlık bir yerde saklanır.

Ditizon II çözeltisi: 125 cm³ ditizon I, 500 cm³'lük ayırma hunisine konur. 100 cm³ damıtık su ve 3 cm³ NH_4OH konur, iyice karıştırılır ve CCl_4 fazı atılır. 125 cm³ saf CCl_4 konur, derişik HCl ile tam asidik yapılır ve karıştırılır. CCl_4 fazı çekilir ve 50'şer cm³'lük tekrar damıtılmış su ile yıkanır. Saf CCl_4 ile 250 cm³'e seyreltilir. Karanlık ve serin bir yerde saklanır ve 1 haftadan fazla kullanılmaz.

Sodyum sülfür I çözeltisi: 3 g $\text{Na}_2\text{S} \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ 100 cm^3 çinkosuz suda çözülür.

Sodyum sülfür II çözeltisi: 4 cm^3 sodyum sülfür I, 100 cm^3 'e seyreltilir. Her deneyde taze olarak hazırlanmalıdır.

İ.2.3. Çalışma eğrisinin hazırlanması ve tayin yöntemi

Tam kullanımdan önce cm^3 'te $2,0 \mu\text{g}$ Zn içeren çözelti elde etmek için, 5 cm^3 standart çinko çözeltisi 250 cm^3 'e seyreltilir ve son çözeltiden 10 cm^3 alınarak tekrar damlatılmış su ile 100 cm^3 'e seyreltilir. 5, 10, 15 ve 20 cm^3 çözelti ($10-40 \mu\text{g}$ Zn içerir), 20 cm^3 su (kördeneği için) ve $10-40 \mu\text{g}$ arasında çinko içeren örnek 125 cm^3 'lük ayırma hunilerine konarak her biri 20 cm^3 'e ayarlanır.

Her bir ayırma hunisine 2 damla metil kırmızısı ve 2 cm^3 sodyum sitrat konur. Bu noktada indikatör sarı değilse, sarı olana kadar damla damla derişik NH_4OH konur. 1 cm^3 KCN ve indikatör nötral, şeftali rengine dönene kadar damla damla CH_3COOH konur.

5 cm^3 CCl_4 'le metil kırmızısı özütlenir ve sarı CCl_4 fazı atılır. 1 cm^3 ditiokarbamat çözeltisi konur. 10 cm^3 saflaştırılmış ditizon II çözeltisi ile 1 dakika karıştırılarak özütlenir.

CCl_4 fazı başka bir ayırma hunisine aktarılır ve 5'er cm^3 ditizon II çözeltisiyle ard arda yeşil ditizon renginde bir dönüşüm olmayıncaya kadar özütlenir, sulu faz atılır.

Birleştirilmiş ditizon özütleri 10 cm^3 'lük sodyum sülfür II çözeltisiyle özütlenir ve fazlar ayrılır. 10'ar cm^3 'lük sodyum sülfür II çözeltisiyle tepkimeye girmemiş olan ditizon II çözeltisi uzaklaştırılana kadar yıkamaya devam edilir. Sulu faz renksiz veya uçuk sarı olana kadar, genellikle 3 yıkama yeterlidir.

Sonuçta ayırma hunisinin alt borusunda yapışıp kalan su damlaları bir çubuğa sarılmış pamukla alınır. Pembe CCl_4 çözeltisi kuru 50 cm^3 'lük balona konur ve ayırma hunisinde kalan son damlalar taze birkaç cm^3 CCl_4 ile alınır. CCl_4 ile işarete kadar seyreltilir.

535 nm'de çinkoditizonat çözeltisini bir kör örneğe karşı absorbens okunur ve standart çözeltiler yardımıyla çalışma eğrisi çizilir. Örneğin absorbens değeriyle çalışma eğrisinden $\mu\text{g Zn}$ bulunur.

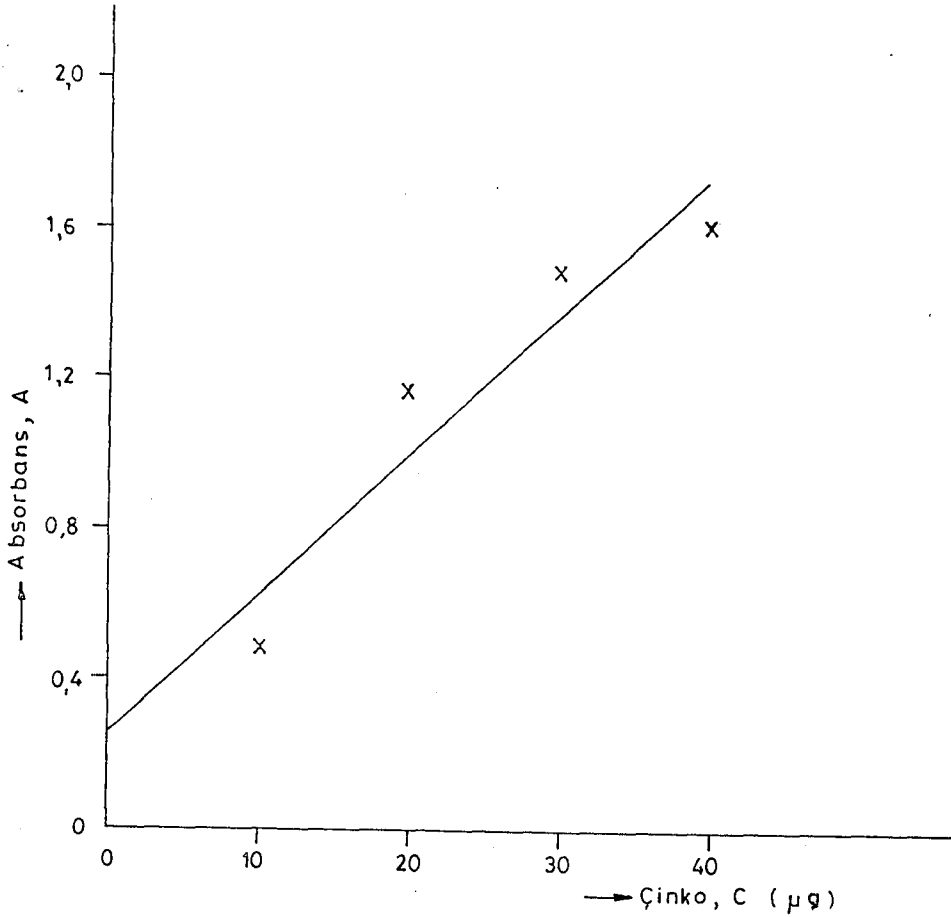
İ.2.4. Hesaplama

Örnekteki çinko derişimi şu formülle hesaplanır:

$$\text{Zn}(\text{g/m}^3) = (\mu\text{g Zn/cm}^3 \text{ örnek})(100/\text{cm}^3 \text{ seyreltilmiş örnek}) \quad (\text{İ.2})$$

İ.2.5. Çinko çalışma eğrisi

Yapılan deneylerde kullanılan çalışma eğrisi Şekil İ.2'de verilmiştir. Şekilde elde edilen deney noktaları işaretlenmiştir ve regresyon analizi yapılarak denklemi $A = 0,0368c + 0,26$ olarak bulunan doğru (korelasyon katsayısı = 0,95) çizilmiştir.



Şekil İ.2. Çinko çalışma eğrisi.

İ.3. Kadmiyum

İ.3.1. Gereçler

125 cm³'lük cam kapaklı ayırma hunileri, 25 cm³'lük balonjojeler ve spektrofotometre.

İ.3.2. Ayraçlar

Tekrar damıtılmış su, kloroform, karbontetraklorür, NH₄OH, derişik HCl.

Stok kadmiyum çözeltisi: 0,1000 g saf kadmiyum metali 20 cm³ tekrar damıtılmış su ve 5 cm³ HCl'de çözülür ve 1 dm³'e seyreltilir. Polietilen kapta korunur.

Standart kadmiyum çözeltisi: 5 cm³ stok kadmiyum çözeltisine 2 cm³ derişik HCl ilave edilir ve tekrar damıtılmış suyla 200 cm³'e seyreltilir. Taze olarak hazırlanır. 1 cm³'ü 2,5 µg kadmiyum içerir.

Potasyum-sodyum tartarat çözeltisi: 50 g KNaC₄H₄O₆·4H₂O 250 cm³ suda çözülür, ayırma hunisine konur. 50'şer cm³ ditizon II çözeltisiyle ağır metal safsızlıklarından arındırmak için özütlenir. Ditizon ve sarı renkli oksitlenme ürünleri azar azar kloroformla özüt renksiz oluncaya dek özütlenir. Son olarak kloroformu uzaklaştırmak için CCl₄ ile özütlenir. Polietilen şişede saklanır.

NaOH çözeltisi(2,5N): 50 g NaOH 450 cm³ suda çözülür, polietilen şişede saklanır.

Ditizon I çözeltisi: 0,1 g difeniltiokarbazon 100 cm³ kloroformda çözülür.

Ditizon II çözeltisi: 100 mg saf ditizon 500 cm³ CCl₄'te çözülür. Bu stok çözelti soğukta korunur. Kullanımdan önce stok çözeltiden 75 cm³ alınır, 250 cm³'lük ayırma hunisine konur. 75 cm³ damıtık su ve 3 cm³ derişik

NH_4OH konur, iyice çalkalanır, CCl_4 fazı atılır. Organik faz renksizleşene kadar taze CCl_4 ile özütlenir, organik özütler atılır. Daha sonra 75 cm^3 CCl_4 konur, 1+1 HCl ile asidik yapılır ve iyice çalkalanır. CCl_4 fazı atılır, 100 cm^3 damıtık suyla yıkanır, yıkama suyu atılır. CCl_4 fazı 150 cm^3 'e seyreltilir. Ancak yarım gün kullanılır.

Dimetilglioksim çözeltisi: 1 g dimetilglioksim 100 cm^3 %95'lik etil alkolde çözülür.

Sodyum hidroksit çözeltisi(0,5N): 10 g NaOH 490 cm^3 damıtık suda çözülür ve polietilen şişede saklanır.

İ.3.3. Çalışma eğrisinin hazırlanması

Standart kadmiyum çözeltisi $1-10 \text{ cm}^3$ 'lük kısımlar halinde ayırma hunilerine konur. Her biri tekrar damıtılmış suyla $15-20 \text{ cm}^3$ 'e seyreltilir. 10 cm^3 potasyum-sodyum tartarat çözeltisi ve 10 cm^3 2,5N NaOH konur.

Ayırma hunisindeki sulu çözeltiye 5 cm^3 ditizon II çözeltisi ilave edilir ve iyice çalkalanır. CCl_4 fazı temiz bir ayırma hunisine aktarılır ve aynı çözeltinin 5 cm^3 'lük kısımlarıyla sulu faz tekrar özütlenir. Organik faz ilkiyle birleştirilir. Organik özüt renksiz kalana kadar veya hafif sarı olana kadar ditizon çözeltisinin 3 cm^3 'lük kısımlarıyla özütlemeye devam edilir, özütler bir öncekiyle birleştirilir.

15 dakika beklenerek 515 nm'de 20 cm^3 damıtık su alınarak tüm işlemlerin uygulandığı kör örneğe karşı absorbands okunur. Çalışma eğrisi hazırlanır.

İ.3.4. Tayin yöntemi

Önişleme uğratılmış örnekten $2,5-20 \mu\text{g}$ Cd içerecek kadar bir hacim ve kör örnek olarak aynı hacimde damıtık su alınır. Gümüşü çöktürmek için $0,2 \text{ cm}^3$ derişik HCl

katılır, karıştırılır ve iki dakika bekletilir. Gerekiyorsa süzülür ve yıkanır. Süzüntü ve yıkama suları birleştirilerek 5 cm³ potasyum-sodyum tartarat çözeltisi katılır ve derişik HCl ya da NH₄OH ile pH = 2,0 yapılır. Bu çözelti 125 cm³'lük ayırma hunisine konur ve 5'er cm³ ditizon I çözeltisiyle ditizon fazı yeşil kalana kadar özütlenir, özütler atılır. Organik faz renksiz kalana kadar 10'ar cm³ kloroformla yıkanır, kloroform fazı atılır. Sonuçta 5 cm³'lük CCl₄ ile yıkanır ve CCl₄ fazı atılır.

Sulu çözelti 150 cm³'lük behere konur, 5 cm³ potasyum-sodyum tartarat çözeltisi konur ve derişik NH₄OH ile pH 8,5-9,0'a ayarlanır. Çözelti aynı ayırma hunisine geri konur ve beher biraz suyla çalkalanıp ilave edilir.

5 cm³ dimetilglioksim çözeltisi konur ve 30 saniye kuvvetlice çalkalanır. 10'ar cm³ kloroformla aşırı dimetilglioksimin beyaz çökeleği uzaklaştırılana dek 3 veya daha çok kez özütlenir, özütler atılır. Sulu çözelti fazı 5 cm³ CCl₄ ile yıkanır ve CCl₄ fazı atılır. (Not:nikel ya da kobalt yoksa dimetilglioksimle yapılan işlem uygulanmayabilir.)

Ayırma hunisindeki sulu çözeltiye 10 cm³ 2,5N NaOH konur ve karıştırılır. 5 cm³ ditizon II çözeltisi konur ve karıştırılır. CCl₄ fazı temiz bir ayırma hunisine alınır ve sulu faz aynı çözeltinin 5 cm³'lük kısımlarıyla tekrar özütlenir. Organik faz ilkiyle birleştirilir. Organik özüt renksiz kalana veya hafif sarı olana dek ditizon çözeltisinin 3 cm³'lük kısımlarıyla özütlemeye devam edilir, özütler öncekilerle birleştirilir.

Birleştirilen organik özütler, 20 cm³ 0,5N NaOH ile iki kez ve sonra damıtık suyla yıkanır. Her bir

durumda sulu çözelti uzaklaştırılır.

Kadmiyum-ditizon kompleksinin kırmızı çözeltisi 25 cm³'lük balonjojeye süzülür, az bir CCl₄ ile süzgeç kağıdı yıkanır ve 25 cm³'e CCl₄ ile seyreltilir, iyice karıştırılır. 15 dakika içinde 515 nm'de kör örneğe karşı absorbens ölçülür. Çalışma eğrisinden µg Cd okunur.

İ.3.5. Hesaplama

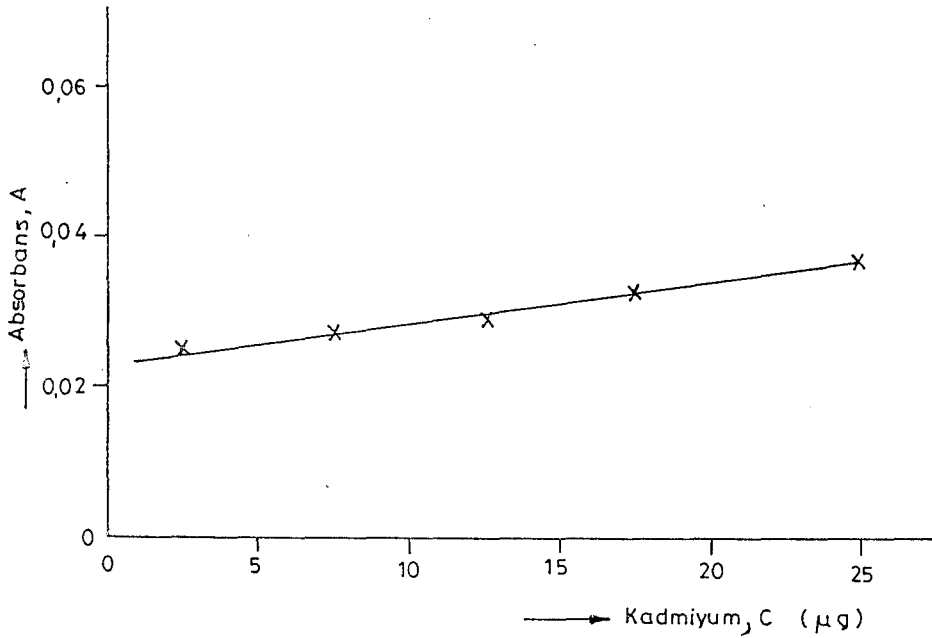
Kadmiyum derişimi şu formülle bulunur:

$$Cd(g/m^3) = (\mu g Cd/cm^3 \text{ örnek})(100/cm^3 \text{ seyreltilmiş örnek}) \quad (İ.3)$$

İ.3.6. Kadmiyum çalışma eğrisi

Yapılan deneylerde kullanılan çalışma eğrisi Şekil İ.3'te verilmiştir. Şekilde elde edilen deney noktaları işaretlenmiştir ve regresyon analizi yapılarak denklemi $A = 5,48 \times 10^{-4} c + 0,023$

olarak bulunan doğru(korelasyon katsayısı=0,993) çizilmiştir.



Şekil İ.3. Kadmiyum çalışma eğrisi.

İ.4. Toplam Krom

İ.4.1. Gereçler

Kadmiyumdaki gibi.

İ.4.2. Ayraçlar

Derişik HNO_3 , 1+1 H_2SO_4 , kloroform.

Stok krom çözeltisi: 0,1414 g $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ damıtık suda çözülür, 1 dm^3 'e seyreltilir. 1 cm^3 'ü 50 μg krom içerir.

Standart krom çözeltisi: 10,00 cm^3 stok çözelti 100 cm^3 'e seyreltilir. 1 cm^3 'ü 5 μg krom içerir.

KMnO_4 çözeltisi: 4 g KMnO_4 100 cm^3 suda çözülür.

Sodyum azid çözeltisi: 0,5 g NaN_3 100 cm^3 suda çözülür.

Difenilkarbazid çözeltisi: 0,25 g 1,5-difenilkarbazid 50 cm^3 asetonunda çözülür. Koyu renkli şişede saklanır, renksizleştiği zaman atılır.

Cupferron çözeltisi: 5 g $\text{C}_6\text{H}_5\text{N}(\text{NO})\text{ONH}_4$ 95 cm^3 damıtık suda çözülür.

NaNO_2 çözeltisi: 0,1 g NaNO_2 100 cm^3 damıtık suda çözülür.

İ.4.3. Çalışma eğrisinin hazırlanması ve tayin yöntemi

10-100 μg Cr içeren standart krom çözeltileri, örnek ve kör örnek aynı işlemlere uğratılır. Örnek için ön işlem gerekliyse standart ve kör örneklerle de uygulanır.

Molibden, vanadyum, demir ve bakırın ayırımı için cupferron ile özütlenir. Bunun için süzölmüş örnekler 125 cm^3 'lük ayırma hunilerine konur ve damıtık suyla yaklaşık 40 cm^3 'e seyreltilir. Buz banyosunda soğutulur. Buzlu cupferron çözeltisinden 5 cm^3 konur, iyice karıştırılır ve buz banyosunda 1 dakika bekletilir. 5'er cm^3 'lük kloroformla 3 kez özütlenir. Her seferinde ayırma hunisi iyice çalkalanır, fazların ayırımı beklenir ve kloroform

fazı atılır. Özütlenmiş sulu çözelti 125 cm³'lük erlenlere konur, ayırma hunisi az miktarda damıtık suyla yıkanır ve yıkama suları erlene boşaltılır. Kloroformun uçması için 5 dakika kaynatılır ve soğutulur.

Metil oranj indikatörü kullanarak çözelti bazik olana kadar derişik NH₄OH konur. 1+1 H₂SO₄ damla damla konarak asidik yapılır ve 1 cm³ fazlası konur. 5 damla H₃PO₄ konur. Çözeltinin hacmi yaklaşık 40 cm³'e ayarlanır ve kaynama taşı konarak kaynatıncaya kadar ısıtılır. Koyu kırmızı renk vermesi için 2 damla KMnO₄ çözeltisi konur. Solma varsa KMnO₄'ten 2 damla daha konur. 2 dakika daha kaynatılır. 1 cm³ NaN₃ çözeltisi konarak yavaşça kaynatmaya devam edilir. 30 saniye kaynatmadan sonra kırmızı renk tamamen solmazsa NaN₃ çözeltisinden 1 cm³ daha konur. Renk tamamen kaybolduktan sonra 1 dakika kaynatılır ve soğutulur.

Soğumuş çözelti 100 cm³'lük balonjojeye konur, 100 cm³'e seyreltilir ve karıştırılır. 2 cm³ difenilkarbazid çözeltisi konur, karıştırılır ve tam renk gelişimi için 5-10 dakika bırakılır. 540 nm'de kör örneğe karşı absorbands ölçülür. Standart örnekler yardımıyla hazırlanan çalışma eğrisinden µg Cr okunur.

İ.4.4. Hesaplama

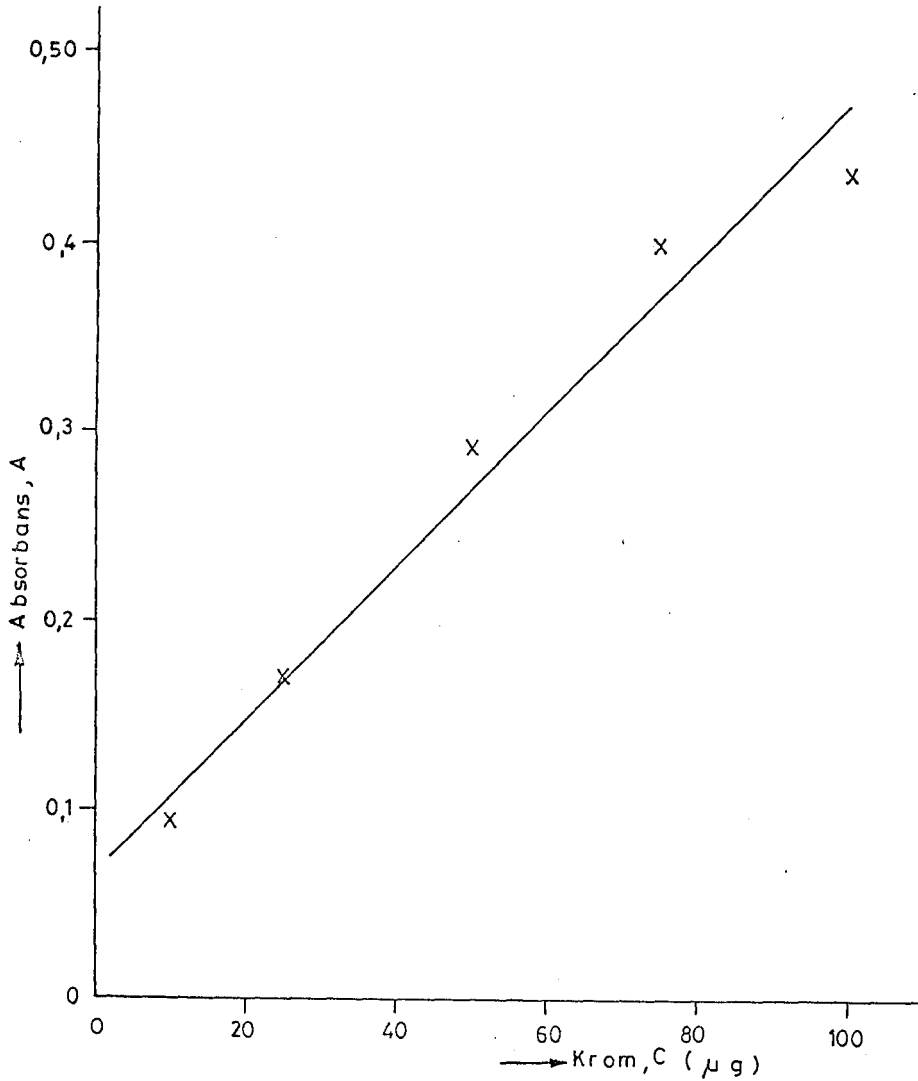
Okunan µg Cr değeri yardımıyla aşağıdaki formülden toplam krom derişimi bulunabilir:

$$\text{Cr(g/m}^3\text{)} = (\mu\text{g Cr/cm}^3\text{ örnek})(100/\text{cm}^3\text{ seyreltilmiş örnek}) \quad (\text{İ.4})$$

İ.4.5. Krom(toplam) çalışma eğrisi

Yapılan deneylerde kullanılan çalışma eğrisi Şekil İ.4'te verilmiştir. Şekilde elde edilen deney noktaları işaretlenmiştir ve regresyon analizi yapılarak denklemi $A = 3,962c + 0,073$

olarak bulunan doğru(korelasyon katsayısı=0,986) çizilmiştir.



Şekil İ.4. Krom(toplam) çalışma eğrisi.

İ.5. Kurşun

İ.5.1. Gereçler

Diğerleri gibi.

İ.5.2. Ayraçlar

Fenolftalein indikatör çözeltisi, derişik NH_4OH ,
1+1 NH_4OH , 1+99 NH_4OH , CCl_4 , CHCl_3 , derişik HCl .

Standart kurşun çözeltisi: 100 mg çok saf kurşun
2 cm^3 derişik HNO_3 ve 2 cm^3 damıtık suda çözülür, 1 dm^3 'e
seyreltilir. Polietilen şişede saklanır. 1 cm^3 'ü 100 μg
kurşun içerir.

Hidrazin asetat çözeltisi: 15 cm^3 hidrazin hidrat,
50 cm^3 asetik asitte çözülür, 100 cm^3 'e seyreltilir.

Sodyum tartarat çözeltisi: 10 g $\text{Na}_2\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
100 cm^3 suda çözülür. Ditizon II ile organik çözücü fazı
yeşile dönenen kadar özütlenir. Ditizon kloroform ile
çözelti su beyazına dönenen kadar özütlenerek uzaklaştırı-
lır, CCl_4 ile iki kez özütlenir.

Ditizon I çözeltisi: 250 mg ditizon 50 cm^3 kloroform-
da çözülür, süzülür, süzgeç kağıdı azar azar kloroformla
birkaç kez yıkanır. Filtrat ayırma hunisine konur,
1+99'luk NH_4OH ile kloroform fazının yeşil rengi hemen
hemen giderilene kadar özütlenir. Kloroform fazı atılır
ve birleştirilmiş özütler 15'er cm^3 kloroform ile dört
kez özütlenir. Kloroform özütleri atılır. 2 cm^3 derişik
 HCl ilavesi ile ditizon çöker, amonyak ile nötrleştirir-
ilir. Çöken ditizon 25 cm^3 'lük kloroform ile birkaç kez
özütlenir ve son olarak birleştirilen özütler kloroformla
250 cm^3 'e tamamlanır. Çözelti soğukta korunur. Yeşil rengin
giderek azalması bozunmayı gösterir.

Ditizon II çözeltisi: 125 mg ditizon 50 cm³ kloroformda çözülür, süzülür. Süzgeç kağıdı azar azar kloroformla yıkanır ve filtratlar birleştirilir. Filtratlar 1+99 NH₄OH ile kloroform tabakasının yeşil rengi hemen hemen kayboluncaya dek özütlenir. Sulu faz CCl₄ ile yıkanır. CCl₄ özütleri 2 cm³ derişik HCl ile çalkalanarak NH₄OH ile nötrleştirilir. Çöken ditizon CCl₄ ile özütlenir. Son özütler CCl₄ ile 500 cm³'e tamamlanır. Bu çözelti soğukta korunur.

Timol mavisi indikatörü: 0,4 g indikatör 100 cm³ damıtık suda çözülür.

KCN çözeltisi: 10 g KCN 100 cm³ damıtık suda çözülür(zehirlidir!).

Alkali KCN çözeltisi: 175 cm³ derişik NH₄OH'e 15 cm³ KCN çözeltisi ve 7,5 cm³ Na₂SO₃ eklenir. (Sodyum sülfitten kurşunu uzaklaştırmak için 10 g Na₂SO₃ 100 cm³ suda çözülür ve organik faz yeşil olana kadar ditizon I ile özütlenir. Kloroformu uzaklaştırmak için CCl₄ ile 4-5 kez özütlenir.) 500 cm³'e seyreltilir.

İ.5.3. Çalışma eğrisinin hazırlanması ve tayin yöntemi

1-10 cm³ (10-100 µg Pb içerir) standart kurşun çözeltileri ve 10-100 µg Pb içeren örnek 10 cm³'e damıtık su ile, 25 cm³'lük beherde seyreltilir. 10 cm³ damıtık su da kör örnek olarak alınır. 10-15 damla fenolftalein damlatılır, 1+1 NH₄OH ile nötrleştirilir. 20 cm³ hidrazin asetat çözeltisi konur, 90-95°C'ye kadar en az 10 dakika su banyosunda ısıtılır ve soğutulur.

Kalay ve bizmut yoksa onları ayırmak için gerekli işlemler yapılmayıp şöyle devam edilir.

10 cm³ sodyum tartarat ve 5 damla timol mavisi ko-

nur. Gerekirse indikatörü maviye çevirmek için derişik NH_4OH konur. 10 cm^3 KCN çözeltisi konur. Tartarik asit çözeltisi veya $1+1 \text{ NH}_4\text{OH}$, indikatör yeşile dönünceye kadar katılır ve böylece $\text{pH} = 8,5$ olur. 5 cm^3 ditizon II ile özütlenir, iyice karıştırılır ve çözücü fazı başka bir ayırma hunisine ayrılır. Sulu çözeltinin diğer faza geçmesi önlenir.

Yeşil rengi ard arda iki özütlemeye göre dek $2'$ şer cm^3 ditizon II çözeltisi ile sulu faz özütlenir. Bütün özütler bir öncekiyle birleştirilir. Bütün özütlemelere aynı miktarda ditizon konulmalıdır. Özütleme sayısı arttıkça kör örneğin rengi biraz artar. Sulu faz 5 cm^3 CCl_4 ile özütlenir ve diğer özütlere eklenir.

CCl_4 özütleri birleştirilir, 20 cm^3 alkali KCN çözeltisi konur ve iyice çalkalanır. Alkali sulu çözeltinin rengi, ditizon tuzunun oluşumundan dolayı sarımsı olacaktır. Ditizonun yeşil rengi, kurşun ditizonatın pembe rengiyle yer değiştirecektir.

CCl_4 fazı 25 ya da 50 cm^3 'lük balonjojeye aktarılır. Sulu faz $2'$ şer cm^3 CCl_4 ile iki kez özütlenir. Bütün özütler birleştirilir ve sulu faz atılır. Özütler işarete dek CCl_4 ile seyreltilir, iyice çalkalanır ve süzülür. 520 nm 'de saf CCl_4 'e karşı absorbanı ölçülür. Kör örneğin absorbanı çıkarılarak düzeltme yapılmalıdır. Çalışma eğrisinden $\mu\text{g Pb}$ okunur.

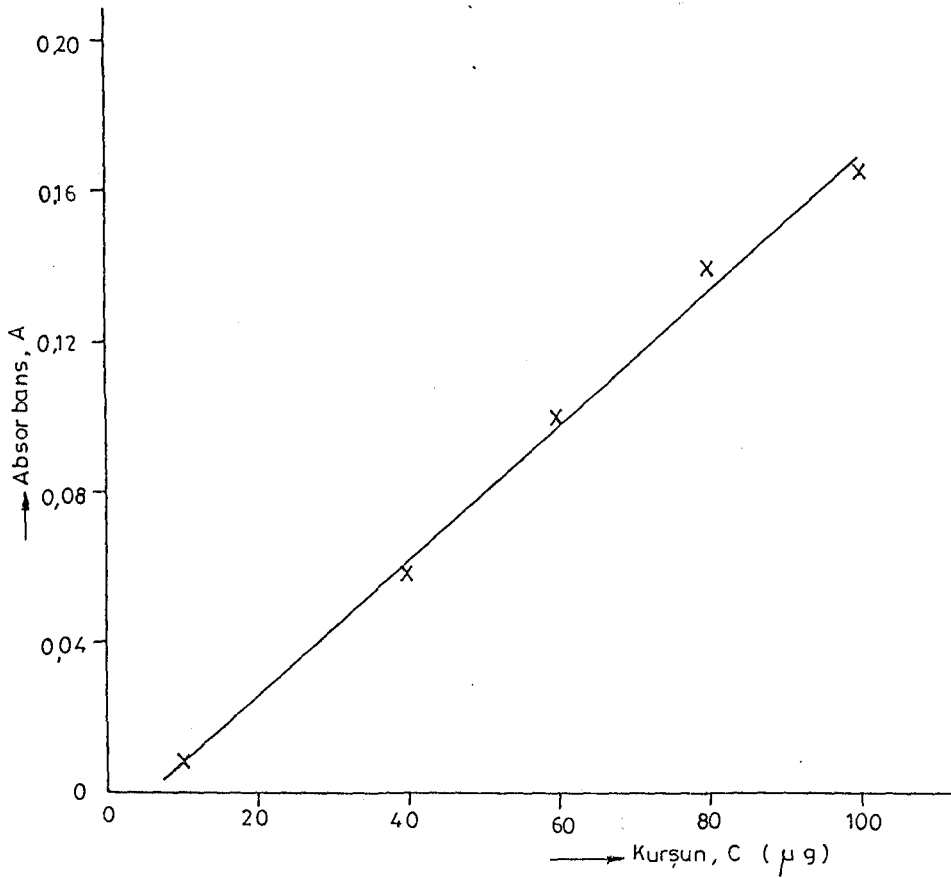
İ.5.4. Hesaplama

Şu formülle kurşun derişimi hesaplanır:

$$\text{Pb}(\text{g/m}^3) = (\mu\text{g Pb/cm}^3 \text{ örnek})(100/\text{cm}^3 \text{ seyreltilmiş örnek}) \quad (\text{İ.5})$$

İ.5.5. Kurşun çalışma eğrisi

Yapılan deneylerde kullanılan çalışma eğrisi Şekil İ.5'te verilmiştir. Şekilde elde edilen deney noktaları işaretlenmiştir ve regresyon analizi yapılarak denklemi $A = 1,8 \times 10^{-3}c - 9,65 \times 10^{-3}$ olarak bulunan doğru (korelasyon katsayısı=0,998) çizilmiştir.



Şekil İ.5. Kurşun çalışma eğrisi.

İ.6. Nikel

İ.6.1. Gereçler

Diğerleri gibi.

İ.6.2. Ayraçlar

Derişik NH_4OH , %95'lik etil alkol, metil oranj indikatörü, derişik asetik asit.

Standart NiSO_4 çözeltisi: 0,4479 g $\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 1 dm^3 damıtık suda çözülür. 1 cm^3 'ü 100 μg Ni içerir.

Hidroklorik asit(1,0N): 85,5 cm^3 derişik HCl 1 dm^3 'e tamamlanır.

Bromlu su: damıtık su bromla doyurulur.

Heptoksim ayracı: 0,1 g 1,2-sikloheptandiondioksim (heptoksim) 100 cm^3 %95'lik etil alkolde çözülür.

Sodyum tartarat çözeltisi: 10 g $\text{Na}_2\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 90 cm^3 damıtık suda çözülür.

Sodyum hidroksit çözeltisi(6N): 240 g NaOH 1 dm^3 damıtık suda çözülür.

Cupferron çözeltisi: 1 g cupferron 100 cm^3 damıtık suda çözülür. Soğukta saklanır veya her deney için taze hazırlanır.

Hidroksilamin hidroklorür çözeltisi: 10 g $\text{NH}_2\text{OH} \cdot \text{HCl}$ 90 cm^3 damıtık suda çözülür. Günlük hazırlanır.

İ.6.3. Çalışma eğrisinin hazırlanması

50-250 μg Ni içerecek şekilde standart nikel sülfat çözeltisinden pipetle 100 cm^3 'lük balonjojelere konur. 25 cm^3 1N HCl ve 5 cm^3 bromlu su konur. Akan çeşme suyuyla soğutulur ve 10 cm^3 derişik NH_4OH , 20 cm^3 heptoksim ve 20 cm^3 etil alkol konur. 100 cm^3 'e seyreltilir ve karıştırılır. 20 dakika beklenerek 445 nm'de aynı şekilde hazırlanan bir kör örneğe karşı absorbanlar okunur ve çalışma eğrisi hazırlanır.

İ.6.4. Tayin yöntemi

Bakır ve demirin ayrılması: 50-250 μg nikel içeren önişleme uğratılmış örnek ve kör örnek olarak aynı hacimde damıtık su ayırma hunilerine alınır. 10 cm^3 sodyum tartarat, 2 damla metil oranj ve çözelti indikatöre göre bazik olana kadar 6N NaOH damla damla konur, karıştırılır. 1 cm^3 CH_3COOH konur ve ayırma hunisi çeşme suyuyla soğutulur. 4 cm^3 taze cupferron konur, karıştırılır ve oluşan herhangi bir çökelek 10 cm^3 kloroformla özütlenir. Faz ayrımı beklenir ve ipeğimsi beyaz çökelek oluşana dek cupferron konur. Karışım iyice çalkalanır, fazların ayrılması beklenir ve kloroform fazı atılır. 10 cm^3 kloroform ile tekrar özütlenir, kloroform fazı atılır. 1 cm^3 taze $\text{NH}_2\text{OH}.\text{HCl}$ çözeltisi konur, karıştırılır, birkaç dakika beklenir.

Nikelin ayrılması: 10 cm^3 heptoksim konur ve nikel kompleksi önce 15 cm^3 kloroformla bir kez, sonra 10'ar cm^3 kloroformla iki kez özütlenir. Üçüncü özütlemeye kloroform fazı renksiz değilse, renksizleşene dek özütlemeye devam edilir. Kloroform fazı bir ayırma hunisinde toplanır. Nikel, kloroformdan 15 cm^3 1,0N HCl ile özütlenir. Faz ayrımı beklenir ve kloroform fazı başka bir ayırma hunisine aktarılır. 10 cm^3 1,0N HCl ile çalkalanır, bu da önceki 15 cm^3 HCl çözeltisine katılır.

Absorbans çalışma eğrisinin hazırlanmasında anlatıldığı gibi saptanır.

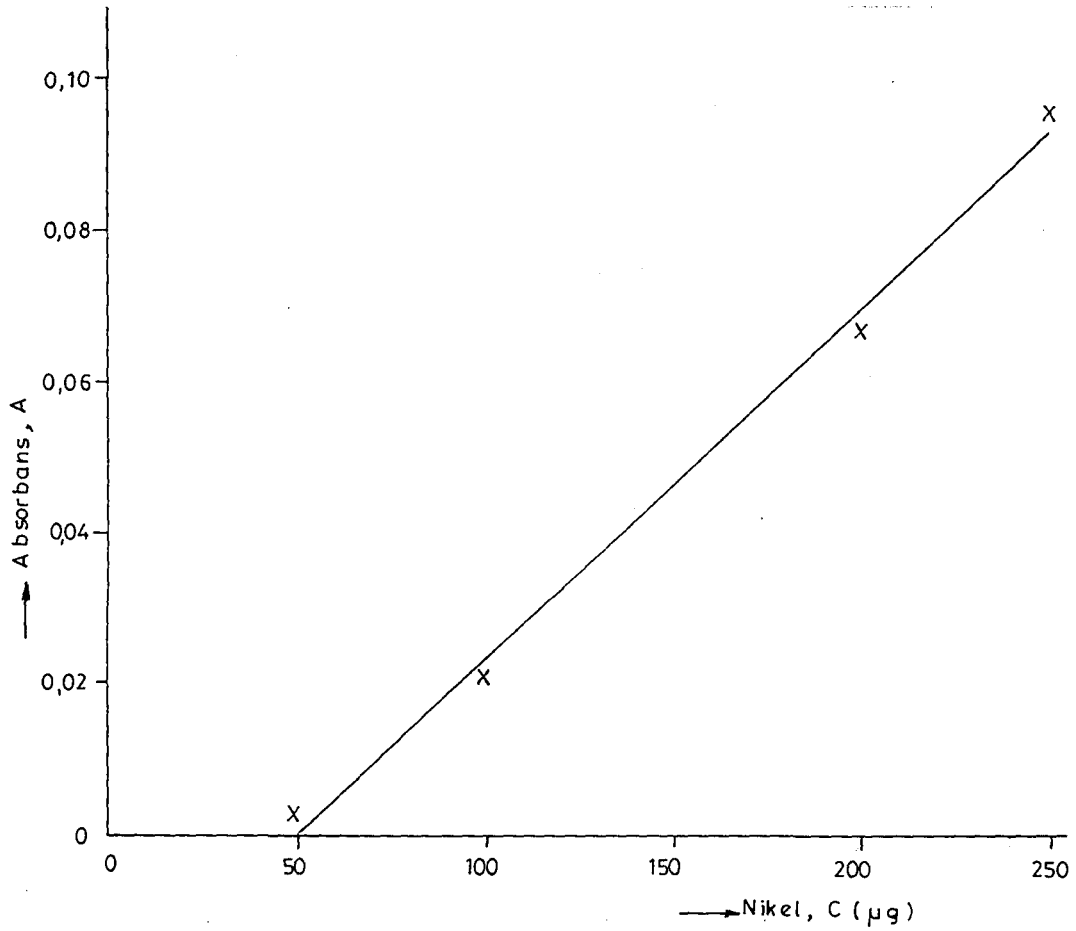
İ.6.5. Hesaplama

Aşağıdaki formülden nikel derişimi bulunur:

$$\text{Ni}(\text{g}/\text{m}^3) = (\mu\text{g Ni}/\text{cm}^3 \text{ örnek})(100/\text{cm}^3 \text{ seyreltilmiş örnek}) (\text{İ.6}).$$

İ.6.6. Nikel çalışma eğrisi

Yapılan deneylerde kullanılan çalışma eğrisi Şekil İ.6'da verilmiştir. Şekilde elde edilen deney noktaları işaretlenmiştir ve regresyon analizi yapılarak denklemi $A=4,64 \times 10^{-4} c - 0,02$ olarak bulunan doğru (korelasyon katsayısı=0,997) çizilmiştir.



Şekil İ.6. Nikel çalışma eğrisi.

EK AÇIKLAMALAR J

ATIK SU ÖRNEKLERİNİN KORUNMASI(Tchobanoglous,1979)

Özellik	Koruma	Max. Bekleme Süresi
Asitlik-Alkalilik	4°C'de soğutma	24 st
BOİ	4°C'de soğutma ¹	6 st
Kalsiyum	Gerekmez	
KOİ	2 cm ³ /dm ³ H ₂ SO ₄	7 gün
Renk	4°C'de soğutma	24 st
Klorür	Gerekmez	
Siyanür	NaOH ile pH 10	24 st
Çözünmüş oksijen	Hemen ölçüm	Beklenmez
Florür	Gerekmez	
Sertlik	Gerekmez	
Toplam metaller	5 cm ³ /dm ³ HNO ₃	6 ay
Çözünmüş metaller	Filtrat: 3 cm ³ /dm ³ 1+1 HNO ₃	6 ay
Amonyak-N	40 g/m ³ HgCl ₂ , 4°C	7 gün
Kjeldahl-N	40 g/m ³ HgCl ₂ , 4°C	Kararsız
NO ₃ -N, NO ₂ -N	40 g/m ³ HgCl ₂ , 4°C	7 gün
Yağ ve gres	2 cm ³ /dm ³ H ₂ SO ₄ , 4°C	24 st
Organik karbon	2 cm ³ /dm ³ H ₂ SO ₄ (pH2)	7 gün
pH	Yoktur	
Fenolikler	1,0g CuSO ₄ ·H ₂ PO ₄ ile pH 4,0 , 4°C	24 st
Fosfor	40 g/m ³ HgCl ₂ , 4°C	7 gün
Katılar	Yoktur	
Özgül iletkenlik	Gerekmez	
Sülfat	4°C'de soğutma	7 gün
Sülfür	2 cm ³ /dm ³ Zn asetat	7 gün
Bulanıklık	Yoktur	

¹Organik madde içeren örneklerin korunması için -25°C'ye yavaş soğutma yöntemi kullanılabilir.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- Ahmad, S. and Mahmoud, T.A., 1982, Wastewater from a sugar refining industry, Water Research, 16, 345-355.
- Aziz, J.A. and Tebbutt, T.H.Y., 1980, Significance of COD, BOD and TOC correlations in kinetic models of biological oxidation, Water Research, 14, 319-324.
- Akdeniz, K., 1985, Bazı endüstriyel ve evsel atık suların adsorpsiyon yöntemi ile arıtılması, Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 64 s.
- Baban, A. ve Çamlılar, S., 1986, Boya endüstrisi atık sularının arıtılması, Kimya Mühendisliği Dergisi, sayı: 119, 18-20.
- Bates, M.H. and Torabian, A., 1981, The effects of the COD:P ratio on laboratory activated sludge systems, Water Research, 15, 999-1004.
- Benefield, L., Seyfarth, R. and Shindala, A., 1978, Lab. study helps solve aerobic digester problems, Water and Sewage Works, 62-70.
- Berkün, M., 1982, Effect of inorganic metal toxicity on BOD-I, Methods for the estimation of BOD parameters-II, Water Research, 16, 559-564.
- Blok, j., 1974, Respirometric measurements on activated sludge, Water Research, 8, 11-18.
- Bohac, C.E. and Sierka, R.A., 1978, Activated sludge treatment conserves water, Water and Sewage Works, 68-72.
- Çadırcı, N., 1977, Türkiye'de kullanılan sentetik deterjanların biyolojik bozunmalarının aktifleşmiş çamur ünitesinde incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 111 s.

KAYNAKLAR DİZİNİ(devam)

- DSİ, 1980, Department of Water Supply and Sewerage, Protection of Inland Water Quality, Forsuk River Pilot Project, TUR/77/019.
- Dünya Gazetesi, 2 Kasım 1987, Çevre Koruması, Dünya Dosyası 54 nolu ek.
- Edwards, G.L. and Sherrard, J.H., 1982, Measurement and validity of oxygen uptake as an activated sludge process control parameter, JWPCF, 54(12), 1546-1552.
- Enuysal, M., 1977, Basma sanayinin atık su problemleri, Eskişehir Sümerbank Basma Fabrikasında atık su karakter belirleme çalışmaları, TÜBİTAK VI. Bilim Kongresi, Çevre Araştırma Grubu Tebliğleri, Ankara, 101-112.
- Environmental Protection Agency, 1975 and World Health Organization European Standards, 1970.
- Eskişehir Belediyesi, Şubat 1988, Eskişehir Nazım İmar Planı.
- Gonzales-Martinez, S. and Norouzian, M., 1984, Aerobic and anaerobic intermediate storage of activated sludge, JWPCF, 56(11), 1173-1177.
- Green, M. and Shelef, G., 1981, Sludge viability in a biological reactor, Water Research, 15, 953-959.
- Gürbüz, E., 1985, Bazı endüstriyel ve evsel atık suların fizikokimyasal çöktürme yöntemi ile arıtılması, Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 70 s.
- Hartz, K.E., Zane, A.T., Bhagat, S.K., 1985, The effect of selected metals and water hardness on the oxygen uptake of activated sludge, JWPCF, 57(9), 942-947. (Chemical Abstracts, 27 Jan. 1986, vol. 104.)

KAYNAKLAR DİZİNİ(devam)

- İpekoğlu, A.N., Çadırcı, N., 1978, Türkiye'de kullanılan sentetik deterjanların biyolojik bozunmalarının aktif çamur ünitesinde incelenmesi, Kimya Mühendisliği Dergisi, Mayıs-Haziran sayısı, sayı:88, 17-22.
- Judkins, J.F., 1984, Textile wastewater, JWPCF, 56(6), 642.
- Keiji, N. and Iwasaki, K., 1986, Treatment of wastewater containing high concentration BOD components, Japan Tokkyo Koho, JP 6147, 600.(Chemical Abstracts, 29 June 1987, vol.106.)
- Kestioğlu, K., Şengül, F., 1-5 haziran 1983, İzmir yöresindeki bazı endüstriyel sıvı atıkların biyolojik ayrışabilirliklerinin incelenmesi, Çevre 83, II. Ulusal Çevre Mühendisliği sempozyumu, Atatürk Kültür Merkezi, İzmir.
- Kirk-Othmer, 1984, Encyclopedia of Chemical Technology, John Wiley and Sons, A Wiley-Interscience Publication, vol.24.
- Kor, N., 1974, Çevre Sağlığı ve Teknolojisi, cilt:I, Kullanılmış suların uzaklaştırılması ve tasfiyesi, İTÜ Matbaası, sayı:994, Gümüşsuyu, İstanbul, 525s.
- Kor, N., 1975, Tekstil sanayi sıvı atıklarının zararlı etkileri ve tasfiye metodları, İTÜ Dergisi, 33, 47-58.
- Lester, J.N., Sterritt, R.M., 1985, Microbial accumulation of heavy metals in wastewater treatment processes, Soc. Appl. Bacteriol. Symp. Ser., 14, 141-153. (Chemical Abstracts, 19 May 1986, vol.104.)
- Monson, J.G., Burstein, D., Loven, A.W., 1978, Separate vs. combined industrial and municipal wastewater treatment-an evaluation, Water and Sewage Works, 125, 50-59.

KAYNAKLAR DİZİNİ(devam)

- Muslu, Y., 1985, Su temini ve çevre sağlığı, cilt:III, İTÜ Kütüphanesi, sayı:1314, Gümüşsuyu, İstanbul, 792 s.
- Nakaoka, S., et al., 1983, Adsorption of synthetic dyes on activated sludge, World Textile Abstract, 14, 3247.
- Nelson, J.K. and Puntenney, J.L., 1983, Performance comparison of the air and high-purity-oxygen activated sludge systems, JWPCF, 55(4), 336-340.
- Otsuka, Y. and Watanabe, A., 1986, Activated sludge process for wastewater, Japan Kokai Tokkyo Koho JP 61, 278, 398.(Chemical Abstracts, 15 June 1987, vol.106)
- Ott, R., 1973, Mitbehandlung von Abwasser aus Industrie und Gewerbe in öffentlichen Klarwerken, Industrieabwasser, 8-11.
- Picard, M.A., 1978, Combined physico-chemical and biological processes for treatment of domestic wastes, New Processes of Wastewater Treatment and Recovery, Ellis-Horwood Ltd. Chichester, chapter 13.
- Polprasert, C. and Raghunandana, H.S., 1985, Wastewater treatment in a deep aeration tank, Water Research, 19(2), 257-264.
- Resmi Gazete, 4 Nisan 1971, Su Ürünleri Kanunu, sayı:13799.
- Resmi Gazete, 11 Ağustos 1983, Çevre Kanunu, No:2872, sayı:18132.
- Resmi Gazete, 13 Mart 1984, Atık Suların Kanalizasyon Şebekesine Deşarj Yönetmeliği, sayı:18340.
- Resmi Gazete, 28 Şubat 1985, Tarım Orman ve Köyişleri Bakanlığı 10 numaralı sirkülere, sayı:18680.
- Rudolfs, W., 1967, Pis su tasfiyesinin prensipleri, (Çev. Y. Muslu), İTÜ Kütüphanesi, sayı:692, 141 s.

KAYNAKLAR DİZİNİ(devam)

- Sahlmen, F., Brockmann, R., Janz, H., 1985, Verfahren zur biologischen Abwasserreinigung, Ger. Offen. DE 3327034 (Cl. C02 F3/12), 10 p. (Patent)
- Samsunlu, A., 1975, Endüstri kullanılmış sularının aktif çamur ile arıtılması ve kinetiği, Ege Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Fakültesi, yayın no: 10.
- Samsunlu, A., 1977, Endüstri pis sularının bakterilerin aktivitelerine etkileri, TÜBİTAK VI. Bilim Kongresi, Çevre Araştırma Grubu Tebliğleri, Ankara, 115-126.
- Samsunlu, A., 1980, Endüstri kullanılmış sularının evsel pis sularla birlikte arıtılabilirliklerinin "indirgenabilirlik faktörü" yardımı ile belirlenmesi, TÜBİTAK VII. Bilim Kongresi, Çevre Araştırma Grubu Tebliğleri, İstanbul, 259-265.
- Schlichting, P., Ditrich, H.W., Schmook, K.H., Blitzke, R., 1980, Anwendung des Belebtschlammverfahrens zur gemeinsamen Reinigung von unterschiedlichen Industrie- und Kommunalabwässern, Wasserwirtschaft-Wassertechnik, 30(7), 247-249.
- Sehic, O.A., 1981, Fluidised sand recycle reactor for aerobic biological treatment of sewage, Cooper, P.F. and Atkinson, B.(Eds.), Biological fluidised bed treatment of water and wastewater, 179-189.
- Sekizawa, T., Fujie, K., Kubota, H., Kasakura, T., Mizuno, A., 1985, Air diffuser performance in activated sludge aeration tanks, JWPCF, 57(1), 53-59.
- Sloan, W.H., 1984, Irrigation of public use areas by land application of combined industrial and domestic waste effluent, JWPCF, 56(5), 474-481.

KAYNAKLAR DİZİNİ(devam)

- Speitel, G.E. and Hughes, M.M., 1982, Considerations in modeling activated sludge process, The Journal of Environmental Engineering Division, Proceedings of the American Society of Civil Engineers, vol.108, no:EE5, 991-1002.
- Standart Methods for the Examination of Water and Wastewater, 1967, APHA, Inc. 1740, Broadway, New York, N.Y. 10019, 542 p.
- Stover, E.L. and Kincannon, D.F., 1983, Biological treatability of specific organic compounds found in chemical industry wastewaters, JWPCF, 55(1), 97-109.
- Suschka, J., 1980, Biooxidation in a continuous activated sludge process, Water Research, 14, 197-205.
- Şengül, F., Müezzinoğlu, A., Samsunlu, A., 1982, Çevre mühendisliği kimyası, Ege Ün. İnşaat Fak. Ders Notları, no:39, 267 s.
- Şengül, F., Türkman, A., 1984, Su ve atık su analizleri laboratuvar notları, Dokuz Eylül Ün., Müh.Mim.Fak., İzmir, yayın no:72.
- Tchobanoglous, G., 1979, Wastewater engineering: Treatment disposal reuse, second edition, Tata McGraw-Hill Publishing Company Ltd., New Delhi, 920 p.
- TÜBİTAK Bülteni, 1985, Yüksek organik madde içerikli endüstriyel atık suların arıtılması, biyogaz ve gübre üretimi, cilt:2, sayı:6, TÜBİTAK Matbaası, Ankara, sayfa:18.
- Tünay, O., 1976, Kullanılmış suların arıtılmasında biyolojik yöntemler, Kimya Mühendisliği Dergisi, Ekim sayısı, 28-34.

KAYNAKLAR DİZİNİ(devam)

- Vavilin, V.V., Vasilyev, V.B., 1978, Mathematical models of biological waste treatment processes for the design of aeration tanks, Water Research, 12, 491-501.
- Vian, A., Mirada, F., Rodriguez, J.J., 1985, Copper(2+), zinc(2+) and nickel(2+) effects on activated sludge, Journal of Environmental Science Health, part A, A20(7), 823-835.(Chemical Abstracts, 10 March 1986, vol.104)
- Vismara, R., 1985, A model for autothermic aerobic digestion, Water Research, 19(4), 441-447.
- Vosloo, P.B.B., 1973, Oxygen requirements in the activated sludge process, Water Pollution Control, 72(2), 209-212.
- Winkler, M.A. 1981, Biological treatment of wastewater, Ellis-Horwood Publishers, John Wiley and Sons Ltd. 301 p.
- Wruble, W.E., Plummer, C.C., Hammer, M., 1974, Biological denitrification and phosphate removal, Journal of the Environmental Engineering Division, 100, EE5, 1199-1203.
- Wu, Y.C., Hsieh, H.N., Carey, D.F. and Ou, K.C., 1984, Control of activated sludge bulking, Journal of Environmental Engineering, 110(2), 472-491.

ÖZGEÇMİŞ

2.4.1959 tarihinde Eskişehir'de doğdum. İlk, orta ve lise öğrenimimi Eskişehir'de tamamladıktan sonra E.İ.T.İ.A. Endüstri Bilimleri Fakültesi Kimya Mühendisliği Yüksek Okulunu 1980 yılında iyi derece ile bitirdim. 1983 yılında Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans programını bitirerek Kimya Yüksek Mühendisi ünvanını aldım. 1982 yılından bu yana Anadolu Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Kimya Mühendisliği bölümünde Araştırma Görevlisi olarak çalışmaktayım.

