



TMMOB KİMYA MÜHENDİSLERİ ODASI

İSTANBUL ŞUBESİ

ATIKSU ARITMA SİSTEMLERİ

1991



**TMMOB
KİMYA MÜHENDİSLERİ ODASI
İSTANBUL ŞUBESİ**

ATIKSU ARITMA SİSTEMLERİ

Editör

Doç. Dr. Günay KOCASOY

**KİMYA MÜHENDİSLERİ ODASI İSTANBUL ŞUBESİNCE 18-22 EYLÜL
1989 TARİHİNDE İ.T.Ü. SOSYAL TESİSLERİNDE DÜZENLENEN “ATIK-
SU ARITMA SİSTEMLERİ OKULU” NOTLARINDAN DERLENMİŞTİR.**

Kasım 1991

Yayımlayan:

TMMOB

Kimya Mühendisleri Odası

İstanbul Şubesi

Mis Sok. 22/4

Beyoğlu 80800 İstanbul

Telefon: 149 00 09 — 151 31 65

Faks: 149 00 09

ATIKSU ARITMA SİSTEMLERİ

Editör

Doç. Dr. Günay KOCASOY

1. Baskı Eylül 1989

2. Baskı Kasım 1991

KMO İstanbul Şubesi 31. Dönem Yönetim Kurulu

Başkan: Mehmet SAYSEL / 2. Başkan: Prof. Dr. Emre DÖLEN /

Sekreter Üye: Dilek ER / Sayman Üye: Melih ESEN /

Üye: Tarık KARAYEL / Üye: Hatice OKUMUŞ / Üye: Zafer Can ÇİÇEKOĞLU

KMO İstanbul Şubesi 32. Dönem Yönetim Kurulu

Başkan: Mehmet SAYSEL / 2. Başkan: Melih ESEN /

Sekreter Üye: Dilek ER / Sayman Üye: İlker ERDOĞAN /

Üye: Zafer Can ÇİÇEKOĞLU / Üye: Işık KOPUZ / Üye: Münevver YEŞİL

SUNUŞ

Günümüz Türkiye'sinin en önemli sorunlarından birisini oluşturan "ÇEVRE KİRLİLİĞİ" konusunda Odamız yıllardır üzerine düşen görevleri yerine getirmeye çalışıyor. Gerek konunun ölümcül boyutlarına dikkati çekerek, gerekse alınması gereken önlemleri öne çıkararak.

Çevre kirliliğini önlemenin bir boyutu da hiç kuşkusuz Arıtma Tesisleri'nin kurulması, işletilmesidir. Günümüzde "Çevre Teknolojisi" yeni bir "Teknoloji" olarak ülkemize giriyor. Her teknoloji gibi "Çevre Teknolojisi" de bilinçli bir seçimi, uygulamayı ve kullanımı gerektiriyor. Burada ülkemizin "Arıtmayan" "Arıtma Tesisleri" ile dolmasının tehlikelerine dikkatleri çekmeyi yararlı görüyoruz.

"Atıksu Arıtma Sistemleri"nin bilinçli bir seçim, uygulama ve kullanımla küçük, büyük tüm işletmelerin doğal bir parçası olması gerekiyor.

Kimya Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi olarak değerli öğretim üyeleri ve uzmanların katılımıyla 18-22 Eylül 1989 tarihinde yapılan "Atıksu Arıtma Sistemleri Okulu"nu düzenlerken, konunun değişik boyutlarıyla ve bir bütün olarak ele alınmasını, işletmecilerin ve her meslekten teknisyenlerin "Arıtma Sistemleri" kurma ve işletme çabalarına yardımcı olmayı amaçladık.

Bu Okul Programı Notlarından derlenen kitabımızın 1. baskısı kısa sürede tükendi. Kitabın 2. baskısını yapmayı ülkemizdeki "Çevre Teknoloji" birikimine Odamız katkılarının sürmesi açısından zorunlu bir görev saydık.

Elinizdeki bu özgün çalışmanın hazırlayıcıları değerli öğretim üyelerine ve uzmanlara, Editör olarak ayrı bir emek veren Doç. Dr. Günay Kocasoy'a teşekkürlerimizi sunuyoruz.

Yönetim Kurulu A.
Başkan
Mehmet SAYSEL

ÖNSÖZ

Atıksuların arıtılması kalkınma çabası içinde olan ülkemiz için güncel bir konu haline gelmiştir. Ancak konunun bu tip tesis yapmaya mecbur olanlar tarafından gerektiği gibi bilinmemiş olması kendilerini gereğinden fazla endişelendirmekte ve hatta bazan hatalı kararlar almaya sevketmektedir. Örneğin sanayicilerinizin bir kısmı bu tip tesisleri yapabilecek bilgi birikiminin ülkemizde olmadığı kanaatine kapılıp çözümü ithal teknolojilerde aramaktadır. Aslında bu düşünce doğru değildir. Türkiye’de bugün herhangi bir evsel veya endüstriyel atıksu arıtma tesisini yapabilecek bilgilere sahip bir mühendis kadrosu vardır. Aslında ülkemizde yapıpta çalışmayan arıtma tesisleri yok değildir. Hatta bunların sayılarının beklenilenin çok üstünde olduğu söylenebilir. Ancak Türkiye’yi bir arıtma tesisi mezarlığına dönüştürmekte olan neden bilgili mühendislerin yokluğu değildir. Asıl neden konuyu gerektiği gibi bilmeyen işverenlerin bu tip tesisleri ehli olmayan kişi ve/veya kuruluşlara yaptırtmasıdır.

Kimya Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi bu nahoş duruma son vermek için 18-22 Eylül 1989 tarihleri arasında "Atıksu Arıtma Sistemleri" başlıklı bir kurs tertiplemeyi kararlaştırmıştır. Kursun amacı, tahmin edileceği gibi, katılanları bir arıtma tesisi projelendirebilecek bir uzman seviyesine getirmek değildir. Asıl amaç konuyu genel hatları ile anlatmak ve arıtma konusuna daha bilinçli bir şekilde yaklaşmayı sağlamaktır. Kursta anlatılacak olan konular ve konuşmacılar bu amaç gözönüne alınarak seçilmiştir.

Bu kurs ile ilgili olarak hazırlanan bu kitabın sadece kursa katılanlara faydalı olması düşünülmemiştir. Kitap, konuya ilgi duyan herkesin başvurabileceği ve atıksu arıtılması ile ilgili olarak aradığı genel mahiyetteki bilgileri bulabileceği bir referans kitabı olarak ta düşünülmüştür.

Kitapta değişik konular uzmanlaşmayı amaçlamayan sanayici, yönetici, mühendis ve çevre konusuna ilgi duyan aydın kişilerin ve hatta Çevre Mühendisliği Bölümü’nden başka bölümlerde okuyan öğrencilerin ilgi ve ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde planlanmıştır. Örnek olarak herkes için son derece önemli olan "örnek alma" ve "kirleticili parametrelerin özellikleri" konuları ayrıntılı bir şekilde anlatılmıştır. Fiziksel, kimyasal ve biyolojik arıtma yöntemleri genel bilgi verebilecek şekilde anlatılmış, ancak ülkemizde çok fazla kullanılan "aktif çamur" ile ilgili tasarım esasları da özetlenmiştir. Kitapta uygulamadan birkaç örnek verildikten sonra yönetici ve işletmeciler için oldukça önemli olan "mevzuat", "arıza giderme" ve "şartname hazırlama" konuları da ele alınmıştır.

Bu kitabın editörlüğünü yapmak gibi zor ve aynı zamanda şerefli görevi bana veren Kimya Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi’ne teşekkür etmeyi borç bilirim. Değişik konuları inceleyen kıymetli adamlarımız ve teknik elemanlarımız yazılarını vaktinde vermiş olsalardı bu yayının kurstan önce hazırlanmış olmasına imkân olmazdı. Hepsine ayrı ayrı teşekkürlerimi iletirim. Nihayet Kimya Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi Başkanı Sayın Mehmet Sayse’ye vermiş bulunduğu tüm destekten ötürü, genel yönetimi ve sekreteryaya görevlerini başarı ile yürüten Sayın Zafer Can Çiçekoglu ve Mustafa Tezcan’a ve baskı işlerini çok kısa bir zamanda gerçekleştiren Sayın Erol Söğüt’e teşekkür ederim.

Bu kitabı "Çevre Teknolojisi" sahasında Kimya Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi tarafından yayınlanacak yeni kitapların takip edeceği ümidi ile saygılarımı sunarım.

Doç. Dr. Günay KOCASOY
Editör

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
Günay KOCASOY	
ÇEVRE KİRLİLİĞİNE GENEL BAKIŞ.....	1
GİRİŞ	1
TERMINOLOJİ.....	
ATIKLARIN ÇEVREYE ETKİSİ	2
Alıcı Ortamın kirlenmesine Neden Olan Kaynaklar	3
Su Kirlenmesi Türleri	4
Su Kirliliğinin Etkilenme Mekanizması	7
KAMU-YAPIMCI-DANIŞMAN-İŞLETME İLİŞKİSİ	8
Günay KOCASOY	
KİRLİTİCİ PARAMETRELERİN ÖZELLİKLERİ	11
GİRİŞ	11
GENEL ÖZELLİKLER.....	12
Fiziksel Özellikler.....	12
Kimyasal Özellikler	12
Günay KOCASOY	
ÇEVRE KİRLİLİĞİ İLE İLGİLİ ÇALIŞMALARDA ÖRNEK ALMA VE SAKLAMA YÖNTEMLERİ.....	17
GİRİŞ	17
ÖRNEK ALMA VE SAKLANMASI İLE İLGİLİ GENEL HUSUSLAR	18
ÖRNEK ALMA VE SAKLAMADA DİKKAT EDİLECEK HUSUSLAR	19
ÖRNEK TOPLAMA YÖNTEMLERİ	21
ÖRNEK MİKTARI	22
ÖRNEĞİN SAKLANMASI.....	23

İlker ERDOĞAN

SU KİRLİLİĞİ KONTROLÜ YÖNETMELİĞİ, İSKİ YÖNETMELİKLERİ VE DİĞER İLİŞKİN YASALAR	29
GİRİŞ	29
AMAÇ, KAPSAM VE YASAL DAYANAK	30
İdare Kavramı	30
Çevre Kanunu ve Diğer Mevzuat	31
İLKELEER	33
SU ORTAMLARININ KALİTE SINIFLANDIRILMASI	33
SU KALİTESİNE İLİŞKİN PLANLAMA ESASLARI VE YASAKLAR	34
ATIKSULARIN BOŞALTIM İLKELEERİ	37
Kanalizasyon Sistemine Boşaltım	37
Alıcı Su Ortamına Doğrudan Boşaltım Esasları	37
Endüstriyel Atıksu Deşarj Standartları	38
Evsel Nitelikli Atıksular İçin Deşarj Standartları	45
Derin Deniz Deşarjları İle Alıcı Ortalama Boşaltım	45
BOŞALTIM İZİNİ ESASLARI	47
ATIKSU ALTYAPI TESİSLERİNDEKİ UYGULAMALAR	48
Kanalizasyon Sistemine Bağlantı Kısıtları	48
Atıksu Altyapı Tesislerine Bağlanabilecek Atıksuların Özellikleri ...	49
Kanalizasyon sistemine Bağlantı ve Boşaltımların Kontrol Düzeni ..	49
ÇEŞİTLİ HÜKÜMLER	49
Geçici Maddeler	49
Geçiş Dönemi Uygulaması	50
İSKİ YÖNETMELİĞİ	50
Ön Arıtma Gereği	50
İSKİ Yatırım ve İşletme Giderlerine Katılım	52

.Semih ABUT

FİZİKSEL ARITIM	55
FİZİKSEL ARITIM	55
NOMENKLATÜR	80
ELEME	57
Tanım ve İşlev	64
Izgaralar	57
KUM TUTMA	64
Tanım ve İşlev	64
Yatay Akışlı Kum Tutucular	67
Kare Kum Tutucular	68
Havalandırılmalı Kum Tutucular	68
Kumun Tasfiyesi	69

DENGELEME	70
Tanım ve İşlev	70
Dengelemenin Konumu	70
Konstrütf Özellikler ve Donanımlar	71
Hacim Gereksinimi	72
KARIŞTIRMA	75
Tanım ve İşlev	75
Karıştırıcı Tipleri	77
Analiz	77
ÇÖKELTME VE BERRAKLAŞTIRMA	80
Tanım ve İşlev	80
Çökelme Türleri	81
Birincil Çöktürme İşlemi	82
Çöktürme Analizi	88

Necip HARFUŞ

SU VE ATIKSULARIN ARITILMASINDA HAVALANDIRMA, YÜZDÜRME, ADSORPSİYON VE İYON – DEĞİŞTİRİCİ ARITMA ÜNİTELERİNİN PRATİK – UYGULAMALI KULLANIM ESASLARI	97
GİRİŞ	97
1. GRUP HAVALANDIRMA + YÜZDÜRME	97
HAVALANDIRMA	98
Amaç – Yöntem	98
Kullanım Alanları	98
Pratik Uygulama Sahaları	98
Havalandırma Teknolojisi	99
YÜZDÜRME	103
Amaç – Yöntem	103
Kullanım Alanları	103
Pratik Uygulama Sahaları	103
Yüzdürme Teknolojisi	105
II. GRUP: YÜZE TUTUNMA	108
Amaç – Yöntem	108
Kullanım Alanları	108
Pratik Uygulama Sahaları	109
Yüze Tutunma Teknolojisi	110
İYON DEĞİŞİMİ	112
Amaç – Yöntem	112
Kullanım Alanları	112
Pratik Uygulama Sahaları	112
İyon Değişimi Teknolojisi	113

Olca TUNAY

KİMYASAL ARITMA	119
KİMYASAL OKSİDASYON	119
NOTRALİZASYON	123
DEZENFEKSİYON	127
PIHTILAŞTIRMA VE YUMAKLAŞTIRMA	131
SUSUZLAŞTIRMA	135

Kriton CURI

BİYOLOJİK ARITMA	141
GİRİŞ	141
DOĞADA ORGANİK KİRLİTİCİLERİN YOK OLMASI	142
BİYOLOJİK ARITMA YÖNTEMLERİ	142
Aerobik Arıtmanın Esasları	142
Aerobik Arıtma Prosesleri	143
Anaerobik Arıtma Prosesleri	145
KONVANSİYONEL AKTİF ÇAMUR İLE UZUN HAVALANDIRMALI AKTİF ÇAMUR SİSTEMLERİNİN PROJELENDİRİLMESİ	145
Havalandırma Tankı	146
Çökeltme Tankı	148
Çamur Geri Dönüşü	149
ÖRNEK	150

Nursen İPEKOĞLU

İLERİ ARITMA	155
GİRİŞ	155
DEZENFEKSİYON	155
Isı İle Dezenfeksiyon	156
Işık İle Dezenfeksiyon	156
Kimyasal Maddeler İle Dezenfeksiyon	156
DEZENFEKSİYON İŞLEMİ	157
Klorinasyon	158
Klorun Amonyak İle Reaksiyonları	161
KARBON ADSORPSİYONU	161

Şeyda ESKİCİ

YÜNLÜ TEKSTİL ENDÜSTRİSİ ARITIMINDA BİR UYGULAMA	165
YÜN ENDÜSTRİSİ ATIKSU ÖZELLİKLERİ	165
YÜN TERBİYE ATIKSULARININ ARITILMASI	165
BİR YÜNLÜ TEKSTİL ENDÜSTRİSİ ATIKSU ARITMA TESİSİ ...	167

Sevil ÇALIŞKAN**ATIKSU ARITMA TESİSLERİNİN İŞLETMESİYLE İLGİLİ BAZI**

GÖRÜŞLER	173
TEKSTİL ENDÜSTRİLERİNİN GENEL KARAKTERLERİ	173
Sistem Seçimi	174
Sistem Dizaynı	174
Otomasyon	175
Kimyasal Madde Seçimi	175
Geri Kazanma	175
TÜRKİYE GENELİNDE ENDÜSTRİYEL ATIKSU ARITIMINDA	
KARŞILAŞILAN GÜÇLÜKLER	176

Merih KERESTECİOĞLU**ARITMA SİSTEMLERİNDE ENSTRUMENTASYON VE OTOMATİK**

KONTROL	179
OTOMATİK KONTROL KAVRAMI	180
Sistem	180
Durağan Şartlar	180
Süreç Denetimi	181
Değişken Dinamik Koşullar	181
Kontrol	182
DÖNGÜ ŞEMALARI	185
Döngü Elemanları	185
P & DİYAGRAMLARI	188
ARITMA TESİSLERİNDE ÖLÇÜLÜ VE KONTROL	188
Debi Ölçümleri	188
Seviye Ölçümleri	192

Ekrem EKİNCİ**Kırtın CURI****ARITMA TESİSLERİ İÇİN TASARIM VE YAPIM HAZIRLIĞI İLE İLGİLİ**

ŞARTNAME HAZIRLANMASI	205
GİRİŞ	205
YAKLAŞIM	206
DANIŞMANLIK ŞARTNAMESİ	207
Endüstriyel Kuruluş Hakkında Genel Bilgi	207
İşin Kapsamı	207
Süre–Tesliman Garantileri	209
Performans Garantileri	209
Tarafların Sorumlulukları ve Müeyyideler	209
Bedel ve Ödeme Şartları	209
YAPIM ŞARTNAMESİ	209
SONUÇ	210

Ahmet BABAN

BIYOLOJİK ARITMA SÜRECİNDE MİKROORGANİZMALARIN

DAVRANIŞI.....	211
GİRİŞ	211
İKİNCİ DERECELİ ARITMA	211
Biyolojik Arıtma Birimi	212
Damlatmalı Filtre.....	212
Prosesin Başlaması.....	216
Genç Çamur	216
Ciliates ve Bakteriler.....	216
Eğitimdeki Düşüş	217
Gerçek Uygulama.....	218
Çökeltme Tankı.....	218
Uzatmalı Havalandırma	219
Modifikasyonlar	219
Sıcaklığın Etkisi	219
pH Değişmesi	220
Çözünmüş Oksijen	220
Çözüm	221

ÇEVRE KİRLİLİĞİNE GENEL BAKIŞ

Doç. Dr. GÜNAY KOCASOY

Boğaziçi Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi
Kimya Mühendisliği Bölümü
80815 Bebek-İSTANBUL

1- GİRİŞ

Ülkemizde son yıllarda nüfusun hızlı artışı ve endüstrileşme çabaları sonucunda çevre kirliliği önemli bir sorun olmaya başlamıştır. Eskiden halkın zevkle içinde yüzdüğü denizler naoh kokular yaymaya başlamış, balık kaynayan körfezler adeta bir çöle dönüşmüş, hava teneffüs edilemeyecek dercede kirlenmiş ve doğa gitgide güzelliklerini kaybetmeye başlamıştır. Bu durumun en önemli etkeni şüphesiz nüfusun hızlı artışıdır. Örnek olarak onyedinci yüzyıla kadar medeniyet insanları epidemik hastalıklardan, açlıktan ve diğer felaketlerden koruyabilecek düzeye erişmemiştir. Böylece dünya nüfusu hemen hemen beşyüz milyon civarında sabit kalmakta idi. (Vesilind, 1975). Bunun karşılığında da önemli çevre kirliliği görülmemekte idi. Ancak onyedinci yüzyılda tıbbın ilerlemesi sonucu hızlanmış, bu artış ve doğal kaynakların bilinçsiz kullanılmasından ötürü doğanın ekolojik dengesi olumsuz etkilenmiştir.

Ülkemizde çevre kirlenmesinin en önemli iki etkeni düzensiz kentleşme ve bilinçsiz endüstrileşmedir. Ülkenin kalkınması için kurulmaları teşvik edilen fabrikalar bazan kanunun açıklarından istifade ederek, bazan da bilgisiz-

likten dolayı endüstriyel atıkları bilinçsiz bir şekilde çevreye vermeye başlamışlardır. Ülkemizde "kirleten öder" prensibinin hatalı uygulanarak "ödeyen kirlendir" şekline dönüşmesi sonucunda olumsuz etkiler artmıştır.

Ülkemizin yaşadığı tecrübelerden bir diğeri de iyi niyetli sanayicilerin yaptırdığı arıtma tesislerinin istenilen şekilde çalışmamasıdır. Aslında bunun başlıca nedeni konuyu bilmeyen sanayicilerimizin ihale safhasından başlayarak tesis gerçekleşip işletmeye alınmaya kadar olan süreçte gereken denetimi yapmamasıdır. Bu seminerin amacı sanayicilerimize arıtma tesisi projelendirebilmeleri için gereken bilgileri vermek değildir. Projelendirme uzun eğitim ve tecrübe gerektirir. Amaç genel bilgiler vererek ihale safhasından işletme anına kadar yapılacakları takip edebilmeleri için gereken bilgileri vermektir.

2- TERMİNOLOJİ

Bu bölümde kursta görülecek tüm terimlerin tanımı verilmeyecektir. Bu terimlerin ilgili bölümlerde açıklanması daha doğru bir yaklaşım olarak kabul edilmiştir. Ancak genel mahiyette olan "çevre korunması", "ekolojik denge" vb. bazı terimler 2872 sayılı Çevre Kanunu'nun "Tanımlar" maddesinden (Madde 2) alınarak aşağıda verilmiştir.

a) Çevre Korunması: Bu terim ekolojik dengenin korunması, havada, suda, toprakta kirlilik ve bozulmaların önlenmesi ve çevrenin iyileştirilmesi için yapılan çalışmaların bütünüdür,

b) Ekolojik Denge: İnsan ve diğer canlıların varlık ve gelişmelerini sürdürebilmeleri için gerekli olan şartların bütünüdür,

c) Çevre Kirliliği: İnsanların her türlü faaliyetleri sonucu, havada, suda ve toprakta meydana gelen gelişmelerle ekolojik dengenin bozulması ve aynı faaliyetler sonucu ortaya çıkan koku, gürültü ve atıkların çevrede meydana getirdiği arzu edilmeyen sonuçları,

d) Kirleten: Fiilleri sonucu doğrudan veya dolaylı olarak çevre kirliliğine sebep olan gerçek ve tüzel kişileri,

e) Atık: Herhangi bir faaliyet sonucunda çevreye atılan ve bırakılan zararlı maddeleri,

f) Alıcı Ortam: Atıkların bırakıldığı yakın veya uzak çevreyi ifade eder.

3- ATIKLARIN ÇEVREYE ETKİSİ

Bu bölümde atıksuların "çevre" olarak adlandırılan "alıcı ortam"a etkileri incelenecektir. Konu a) Alıcı ortamın kirlenmesine neden olan kirlenici kaynaklar b) Su kirlenmesi türleri ve c) Su kirliliğini etkileme mekanizması olmak üzere üç kısımda ele alınacaktır.

3.1– Alıcı Ortamın Kirlenmesine Neden Olan Kaynaklar

Atıksuların akıtıldığı alıcı ortam herhangi bir akarsu, göl veya deniz olabilir. Alıcı ortamın kirlenmesine neden olabilecek kaynaklar oldukça fazladır. Bu kirlenici kaynakların en önemlileri aşağıda verilmiştir.

a) Endüstrilerden Atılan Atıksular: Deniz kenarında kurulan endüstriler doğrudan doğruya, içerilerde bulunanlar ise akarsular vasıtası ile atıksularını denizlere boşalttıkları zaman önemli kirlenme sorunları yaratmaktadır. Bunun sonucunda denizlerde ve/veya diğer alıcı ortamlarda oksijen azalması, sudaki askıdaki katı parçacıkların artması, yağ, ağır metal ve toksik kimyevi maddelerin konsantrasyonunun artması, alıcı ortamın sıcaklığının değişmesi gibi sorunlar meydana gelmektedir.

b) Yerleşim Merkezlerinden Atılan Evsel Atıksular: Evsel atıksuların tasfiye edilmeden çevreye akıtılması mikrobik kirlenmeye, oksijen azalmasına, azot ve fosfor konsantrasyonunun artmasına ve bazan alıcı ortama fazla miktarda katı madde, ağır metal ve toksik madde eklenmesine neden olmaktadır.

c) Yerleşim Merkezlerinden Kaynaklanan Yağmur Suları: Ayrık atıksu toplama sistemi olan yerleşim merkezlerinde, yağmur suları, yağmur toplama kanalları vasıtası ile akarsu, göl veya denizlere akıtılmaktadır. Bu atıksular yağmur sırasında sürüklenen katı parçacıkları taşıdıkları için alıcı ortamdaki katı madde konsantrasyonu önemli ölçüde artmaktadır.

d) Yaygın Kirlenici Kaynaklar: Yukarıda "a", "b" ve "c"de sıralanan kaynaklar alıcı ortama bir noktadan akıtılmakta ve böylece kontrolleri nisbeten kolay olmaktadır. Ancak tarım alanlarından, ormanlık alanlardan vb. yerlerden yağmurlardan sonra akan sular genellikle bir kanalizasyona toplanmadan, serbestçe yüzeyden veya yeraltından akarak alıcı ortama erişmektedirler. Bu atıksuların toplanması veya kontrol edilmesi çok zordur. Bu tip sular aşağıdaki noktalardan kaynaklanabilir.

- i) İskan Sahalarından: Bu sahalardan kaynaklanan atıklar hemen hemen her türlü kirleniciyi ihtiva etmektedir. Bunlardan askıdaki katı maddeler, toksik maddeler ve ağır metaller çevreye en büyük zararını vermektedirler. Bunlardan başka alıcı ortamdaki oksijenin azalmasına sebebiyet veren bakteriler, besi maddeleri ve yağlar da içerebilen bu atıksular, bu maddelerden dolayı da alıcı ortamın kirlenmesine sebebiyet verebilirler.
- ii) Zirai Alanlardan ve Çiftliklerden: Buralardan gelen sular tabii ve suni gübrelerden kaynaklanan çok miktarda besi maddesi içerirler. Ayrıca bu kaynaktan gelen sulardan dolayı alıcı ortamdaki bakteri, askıdaki ve erimiş katı madde ve pestisidlerin konsantrasyonu da artmaktadır.

- iii) Maden Ocaklarından: Maden ocaklarından gelen sular toksik metaller açısından çok zengin olurlar.
- iv) Ormanlık Arazilerden vb.
- v) Diğer Kaynaklardan: Yaygın kirletici kaynakların çevreye olumsuz etkileri çok fazladır. Örneğin A.B.D. Su Kalite Konseyine göre, yaygın kaynaklardan alıcı ortalama sürüklenen sedimentler, evsel ve endüstriyel atıksuların tasfiye edildikten sonra taşıdıkları sedimentlerden 360 kez daha fazladır. (U.S. Council on Environmental Quality, 1978)

e) Alıcı Ortalama Atılan Katı Atıklar:

f) Alıcı Ortalama Akıtılan Petrol Mamulleri (Kocasoy, 1984).

3.2– Su Kirlenmesi Türleri

Kirlenmenin akarsu, göl ve denizlerdeki etkisini sistematik bir şekilde inceleyebilmek için alıcı ortam kirlenmesi aşağıdaki sınıflara ayrılabilir.

a) **Mikrobiyolojik Kirlenme:** Halk sağlığı açısından en önemli kirlenme sayılabilecek olan bu sınıf, alıcı ortama atılan ve akıtılan atıkların içinde patojenik mikroorganizmaların bulunmasından kaynaklanmaktadır. Bu tip mikroorganizmalar, yok oluncaya kadar, alıcı ortam halk sağlığı açısından tehlikeli addedilmektedir.

Alıcı ortamda mikrobiyolojik kirlenmeyi meydana getiren patojenik mikroorganizmaların türünü ayrı ayrı tesbit etmek pratik açıdan çok zordur. Bu nedenle mikrobiyolojik kirlenmenin tesbiti indikatör olarak adlandırılan belli mikroorganizmaların yardımıyla yapılmaktadır. Ancak bir mikroorganizmaların mikrobiyolojik kirlenmenin indikatörü olarak kullanılabilmesi için aşağıdaki şartları yerine getirmeleri gerekmektedir (Curi, 1980).

- i) Tabii ve arıtılmış sularda bulunabilecek mikroorganizmaların güvenilir bir ölçüsü olmalı,
- ii) Nisbeten kolay ve ekonomik analizlerle tesbit edilebilmeli,
- iii) Patojenik mikroorganizmaların çok üstünde bir konsantrasyonda bulunmalı,
- iv) Sayısal değerlendirme ve niteliksel ayrışma uygun olmalı,
- v) Alıcı ortamdaki çevre şartlarına patojenlerden daha dayanıklı olmalıdır.

Uygulamalı çalışmalarda genellikle, yukarıdaki özelliklere büyük ölçüde uyan, sayıca çok fazla olan ve kolaylıkla tesbit edilen koliform bakteri grubu indikatör olarak kullanılmaktadır. Ancak, streptococcus fecalis, salmonella, Clostridium perfringens ve pseudomonas aeruginosa'nın indikatör olarak kul-

lanılmalarını önerenler de vardır (Lin, 1974; WHO/UNEP, 1977; Grunnet, 1978).

Atıksu alıcı ortama akitıldığı zaman, bağırsak orijinli mikroorganizmaların konsantrasyonu, atıksuyun alıcı ortam içinde seyrelmesinden dolayı azalır. Buna ilaveten bağırsak orijinli mikroorganizmalar alıcı ortamdaki çevre şartlarına uyamadıkları için bazı kimyasal, fiziksel ve biyolojik olaylar sonucunda yok olmakta veya etkisiz hale gelmektedirler.

b) Organik Kirlenme: Bu tür kirlenme alıcı ortamdaki organik madde konsantrasyonunun artmasından doğmaktadır. Alıcı ortamın kirlenmesi ile ilgili çalışmalarda genellikle akıtılan organik kirleticiler ayrı ayrı tayin edilmektedirler. Bunun yerine bu kirleticilerin çevreye etkilerini dolaylı bir yoldan verebilen ve "Kirleticiler Parametrelerin Özellikleri" başlıklı bölümde detaylı bir şekilde anlatılan biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOİ), kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) gibi bazı parametreler kullanılmaktadır.

Atıksular bir alıcı ortama boşaltıldığı zaman bünyelerinin ve alıcı ortam hidrodinamiğinin zorunlu kıldığı biçimde hareket ederler. Çökebilir maddeler çökerler, yüzebilenler su yüzeyine çıkarlar, askıdaki katı maddeler difüzyon ve dispersiyon tesiri ile seyretilirler ve suyun içinde bulunan bakterilerin faaliyetiyle biyokimyasal ayrışma tabi olurlar. Buna göre aerobik bakteriler organik maddeyi karbondioksit, su ve sabit bileşiklere dönüştürür. Bu işlem sırasında bakteriler suyun içinde bulunan çözünmüş oksijeni kullanırlar. Suyu eklenen organik madde az olduğu hallerde, oksijen kullanımı da az olur ve kolaylıkla havalandırma yolu ile oksijeni atmosferden geri alır, böylece alıcı ortamda önemli bir oksijen azalması yer almaz ve dolayısıyla hissedilebilir olumsuz bir etki oluşmaz. Ancak organik kirleticilerin fazla olduğu durumlarda önemli oksijen azalmalarının yer almasına sebebiyet verirler. Alıcı ortamda çözünmüş oksijenin azalması, sucul hayatı önemli ölçüde etkiler. Oksijen değerinin 4.0 mg/L altına düşmesi birçok balık türünün yok olmasına sebebiyet verir.

Alıcı ortama atılan organik kirleticilerin çok fazla olduğu durumlarda aerobik bakteriler ayrışım sırasında suyun içindeki tüm oksijeni tüketebilirler ve alıcı ortamda anaerobik veya septik şartlar hakim olur, bu şartlar altında biyolojik ayrışım anaerobik bakteriler tarafından sürdürülür. Anaerobik ayrışım sonucunda organik madde karbondioksit, metan, hidrojen sülfür ve diğer bazı bileşikler meydana gelir. Bu gazların bazılarının H_2S 'de olduğu gibi nahoş bir kokusu vardır. Böylece alıcı ortama atılan organik kirleticilerin fazla olması, ortamın ekolojik dengesini yalnız bozmakla yetinmemekte aynı anda nahoş kokulara da sebebiyet vermektedir. Haliç'teki durum bu kirlenmenin en iyi örneğidir. Tabiat organik kirlenmeyi biyokimyasal reaksiyonlar ve seyrelme yolu ile kendi kendine bertaraf edebilir. Ancak bu kirleticilerin çevreye zarar vermemesi için alıcı ortamın aşırı derecede organik kirleticilerle yüklenmemesi lazımdır.

c) **İnorganik Kirlenme:** Suyu eklenen birçok madde, inorganik kirlenmeye neden olmaktadır. Bunların arasında demir, manganez, klorürler, ağır metaller, azot, fosfor ve diğer birçok madde sayılabilir. Bu parametrelerin herbirinin çevreye etkisi farklıdır. Bu nedenle burada ayrı ayrı açıklanmayacaktır. Doğanın bu kirleticileri zararsız hale getirme yolu ise, çökeltme ve seyreltmedir.

d) **Petrol ve Petrol Ürünlerinden Kirlenme:** Petrol ve Petrol ürünlerinden meydana gelen kirlenme daha önce anlatılan sınıflara girebilmesine rağmen, deniz bilimleri açısından ayrı incelenmesi gerekir. IMCO, FAO, UNESCO, WHO, WMO, LAEA ve UN eksperlerinden oluşan ve alıcı ortam kirlenmesini ilmi açıdan incelemeyi amaçlayan komisyonunun bildirdiğine göre her yıl denize değişik yollarla akıtılan petrol ve petrol ürünleri 2 ile 20 milyon ton arasında değişmektedir (Gesamp, 1977). ABD Bilim Akademisine göre 1973 yılında denizlere akıtılan petrol ve petrol ürünleri 6,1 milyon ton olmuştur.

Petrol ve petrol ürünlerinin yoğunluğu deniz suyunun yoğunluğundan ortalama % 10 daha azdır, dolayısı ile % 10 kadarı su seviyesinin üstünde kalan petrol ürünlerinin sahile vuruncaya kadar yüzeyde kalacağı düşünülebilir. Ancak bu düşünce doğru değildir. Bütün bu işlemler birkaç ay aldığı için hepsinin tamamlanması ancak petrol ürünlerinin sahilden uzak bir yerde döküldüğü zaman gerçekleşebilir.

Petrol ürünleri kıyıya yakın noktalardan denize akıtıldığı zaman reaksiyonların tamamlanması için yeterli zaman olmadığından, kıyıya sürüklenirlerse değişikleri katı yüzeylerin üstünde yapışkan bir tabaka oluştururlar. Petrol ürünlerinin toksik etkileri olduğu bilinen bir gerçektir. Düşük kaynama noktasına sahip bazı bileşiklerin suda yaşayan birtakım canlılara anestezi ve narkotik etkileri vardır. Ayrıca, benzen, tolien, ksilen gibi maddeler toksiktir. Petrol ürünlerinin suda çözünen bileşiklerinden heksahidrobenzoik asit ve naftanik asitlerin de çeşitli balıklara toksik etkileri vardır (Nelson-Smith, 1971).

Petrol ürünleri katran, 3, 4- benzo(α)- piren gibi bazı kanserojenler de içermektedirler. Petrol ve Petrol ürünleri yukarıda anlatılanlardan başka, aşağıdaki etkileri de gösterirler:

a) Petrol ve petrol ürünlerinin deniz yüzeyinde meydana getirdikleri tabakalar ışık geçirgenliğini azaltırlar. Bu ise sucul ortamdaki bitkisel hayatın fotosentez olayını doğrudan etkiler.

b) Deniz ve göl yüzeyinde meydana gelen petrol ve petrol ürünleri tabakası atmosferden alıcı ortama oksijen transferini engeller, böylece alt tabakadaki çözünmüş oksijen miktarı azalır.

c) Deniz yüzeyi petrol tabakası ile kaplanınca yüzücü ve dalıcı kuşlar olumsuz etkilenirler. Şöyle ki bu kuşların tüyleri birbirine yapışır ve uçuş yetenekleri ile soğuğa karşı mukavemetleri kaybolur.

d) Petrol ürünlerinin deniz dibine çöken parçacıkları, tabanda yaşayan canlıları belli bir süre için olumsuz etkilerler (Velioğlu, 1980).

e) **Isısal Kirlenme:** Isısal kirlenme alıcı ortamdaki tabii sıcaklığı değiştirecek doğal dengeyi bozan kirlenmedir. Alıcı ortamın sıcaklığını değiştirebilecek ısı kaynaklarının varoluşu ekolojik dengeyi ve su kalitesini önemli bir şekilde etkiler. Isısal kirlenmenin ana kaynağı termal santrallerdir. Ancak birçok kez değişik endüstrilerin soğutma suları da termal kirlenmeye sebebiyet verebilir. Alıcı ortama, sıcaklığı farklı olan bir atıksuyun deşarj edilmesi, aşağıdaki etkileri yaratabilir.

i) **Ekolojik Etkiler:** Su sıcaklığının artması plankton ve deniz dibi canlı türlerinin çoğalma hızlarını etkiler ve böylece sudaki canlı popülasyonu değişikliğe uğrar. Sıcaklığın değişmesinden doğan ekolojik etkileri olumlu veya olumsuz olarak ayırmak çok zordur. Ancak mavi-yeşil algler gibi sıcaklıkla çoğalma hızları artan birçok tür arzu edilmemektedir. Ayrıca, birçok tür yaşamlarını belli sıcaklık limitleri dahilinde sürdürebilmektedir. Bu limitlerin haricine çıkmak, yaşamlarını olumsuz etkilediği gibi (Zison, 1977), canlıların metabolizma hızını da etkiler (Vesilind, 1981).

ii) **Su Kalitesine Etkileri:** Su sıcaklığının artması suyun oksijene doygunluk seviyesini düşürmektedir. Böylece sıcaklığın artması ile bir taraftan suyun içinde çözünebilecek oksijen miktarı azalmakta, diğer yandan "i" maddesinde bahsedildiği gibi bakterilerin metabolizması ve dolayısı ile oksijen kullanımı artmakta ve böylece anaerobik şartlara daha hızlı varılmaktadır.

iii) **Sedimentlere Etkisi:** Su sıcaklığının artması ile suyun içinde bulunan katı parçacıkların çökme hızı da artmaktadır. Böylece dip kompozisyonu etkilenmektedir (Zison ve arkadaşları, 1977).

3.3- Su Kirliliğinin Etkilenme Mekanizması

Su kirlenmesi genellikle kirleticinin kaynaklanması, kirleticinin taşınması ve kirleticinin çevreyi etkilemesi olmak üzere üç olaydan oluşur (Curi, 1980).

Kaynak, insanoğlunun bir faaliyetinden doğabileceği gibi "*endüstriyel atıklar vb.*" doğrudan doğruya tabii bir olay neticesinde de oluşabilir. Kirleticinin alıcı ortama eklendiği anda atık içindeki konsantrasyonundan başka, alıcı ortalama akıtılan toplam kirleticisi miktarı da önemlidir. Bu iki parametre, alıcı ortamdaki konsantrasyonu tayin eder. Alıcı ortamdaki konsantrasyon ise kirleticinin çevreye tesirini tayin eden faktördür.

Kirleticinin kaynaktan alıcı ortama taşınması değişik yollardan olabilir. Doğrudan doğruya alıcı ortama akıtılabileceği gibi, yüzeyden veya yeraltından sızarak da alıcı ortama ulaşabilir. Kirleticinin, kaynaktan, tesiri görüneceği alıcı ortama taşınması sırasında, seyrelerek özelliklerinde değişiklikler olabilir.

Kirleticinin tesiri, kirleticinin cins ve miktarına ve alıcı ortamın cinsine göre değişik olabilir. Örneğin içinde balık yaşayan bir ortama az miktarda

organik madde akıtıldığı zaman, bu maddeler balıklar için besin vazifesini görebilir. Ancak alıcı ortama akıtılan organik madde miktarı çok fazla atılır- sa, sudaki çözünmüş oksijen miktarı azalır ve balıkların ölümüne sebebiyet verebilir.

ABD Çevre Kalitesi Konseyi'ne göre, "su kirliliği, kıymetli maddelerin arzu edilmedikleri bir ortamda toplanması" olarak tarif edilmektedir (Vesilind, 1975). Bu esasa göre alıcı ortama kirleticilerin akıtılması, alıcı ortamı kirletmekten başka geri kazanılmadıkları takdirde, kıymetli olabilecek maddelerin de kaybına sebebiyet vermektedir.

Meadows ve arkadaşlarına (1972) göre, doğada kirlenme geometrik bir hızla artmaktadır. Bu iddia doğru olarak kabul edildiği takdirde, kirlenme ile mücadelenin alıcı ortam fazla kirlenmeden başlatılması gerektiği anlaşılmaktadır. Meadows, kirlenmeyi, hergün hacmini iki misline çıkaran bir çiçeğe benzetmektedir. Böyle bir çiçek bir göle yerleştirildiği takdirde, her geçen gün gölün daha büyük bir kısmını kaplayacaktır. Bu çiçek, gölün yarısını kaplayıncaya kadar yok edilebilir. Ancak, en geç gölün yarısını kapsadığı gün yok edilmezse, çok geç olacak, çünkü bir sonraki gün hacmini iki misline çıkartarak gölün tamamını kaplayacaktır.

Doğa, kendi kendini temizleme kapasitesine sahiptir. Ancak bu olay kirlenme fazla ilerlemeden çok daha kolay olmaktadır. Örneğin, kirlenmeye başlamış olan Gemlik Körfezi, içine kirleticilerin akıtılması durdurulursa belli bir sürede kendi kendini temizleyecektir.

Yukarıda izah edilenlerden anlaşılacağı gibi kirleticilerin en kolay kontrol edilebilecekleri nokta "kaynak"tır. Bu nedenle çevrenin etkili bir şekilde korunması için atıkların kaynaktan taşınması önlenmelidir.

4- KAMU-YAPIMCI-DANIŞMAN-İŞLETME İLİŞKİSİ

Atıksulardan çevrenin kirlenmesinin önlenmesi,

a) Endüstrilerin temiz -az ve zararsız atıklı- teknolojileri kullanmaya başlamaları veya,

b) Atıksularını arıtarak uzaklaştırmaları ile mümkün olabilir. Ancak her iki yöntem de belli bir yatırım gerektirdiği için herhangi bir baskı olmadığı takdirde nadiren gerçekleşebilir. Bu nedenle bu önlemler devlet kuruluşlarının -bazan kamuoyunun baskısı ile- hazırladıkları mevzuat sonunda uygulanmaktadır. Aslında sanayiciler konuyu gerektiği kadar bilmedikleri veya çok mas-raflı olduğuna inandıkları için arıtma tesisi yaptırmaktan kaçınmakta veya bazan ucuz yöntemlere başvurumaktadırlar. Bunun sonucunda ise verimli çalışmayan tesisler ortaya çıkmaktadır.

Çevre konusunda yapılan yatırımların çok kârlı olacağı inancı, bu sahaya atılan proje ve yapımçı firmaların hızlı bir şekilde artmasına neden ol-

maktadır. Ne yazık ki bu sahaya giren herkes gereken bilgi ve tecrübeye sahip değildir. Bütün diğer mühendislik hizmetlerinin kimlerin yapmaya yetkili olduğu belirlenmiş olmasına rağmen, arıtma tesisi projelendirmesinin ve yapımının kimlerin yetkisinde olduğu henüz belirlenmiş değildir, bu durum ise bu sahaya yalnız kâr amacı ile girenlerin sayısının artmasına yardımcı olmaktadır. Kurulan arıtma tesislerinin gerektiği gibi denetlenmeyip, çalışmayan tesislerin yapımçı firmalarının teşhir edilmemesi veya edilememesi bu konuda bilgisi ve tecrübesi olmayan firmaların bu sahada bir süre daha kalmalarını sağlamaktadır.

İdeal kamu, yapımçı, danışman, işletme ilişkisi aslında şu şekilde olmalıdır.

a) Devlet uygulanacak standartları detaylı ve eksiksiz olarak belirlemelidir. Bunun ülkemizde şu anda tam olarak yapıldığı söylenemez. Örnek olarak Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği atıksuların arıtılması ile ilgili bilgileri vermiş olmasına rağmen arıtma neticesinde oluşan çamurların nasıl uzaklaştırılacağını gereken detaylarla belirtmemiştir.

b) Sanayici bütün diğer yatırımlarında yaptığı gibi arıtma tesisi ile de ilgili gereken incelemeleri yapıp, bu konuda konunun uzmanı olan bir danışmandan istifade etmelidir.

c) Genel prensip olarak önce proje tamamlanmalı ve ancak proje kabulünden sonra tesisin yapımı ihaleye çıkarılmalıdır. Bu yaklaşım yapımıcının daha fazla kâr yapmak amacı ile hatalı uygulamalar yapmasını önlemektedir.

d) Projenin tatbikatı ve arıtma tesisinin inşası sırasında ciddi bir kontrol gerçekleştirilmelidir.

e) Tesis bittikten sonra işletmeye alınmalı ve işletecek personel yetiştirildikten sonra tesis işverene devredilmelidir.

f) İşveren belli aralıklarla tesisin verimini kendisi denetlemelidir.

g) Denetleyici kuruluş tesisin mevzuatın öngördüğü şekilde çalışıp çalışmadığını denetlemeli ve sonuçları kamuya duyurmalıdır.

Yukarıda tarif edilen yaklaşım sağlıklı bir kamu-yapımçı-danışman-işveren ilişkisinin kurulmasını sağladığı gibi, yapılabilecek yanlışlıkları da en aza indirmektedir.

KAYNAKLAR

- Curi, K., *Çevre Şartlarına Bağlı Olarak T₉₀ Değerinin Değişimi*, Boğaziçi Üniversitesi, İstanbul, 1979.
- Curi, K., Tekeli, S., "Su Kirliliği Kavramı" / *Atıksu Tanımlama ve Arıtma Semineri*, TÜBİTAK, MAE, Gebze, 1980.
- GESAMP, Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Pollution, "Impact of Oil on the Environment", Report and Studies, No. 6, FAO, Rome, 1977.
- Grunnet, K., "Selected Microorganisms for Coastal Pollution Studies", *Coastal Pollution Control, Vol III*, WHO-DANIDA, Polyteknisk Forlag, Trykkeriet Viborg a-s, Denmark, 1978.
- Kocasoy G., *Denizlerde Çevresel Etki Değerlendirmesi ve Deniz Deşarjlarına Uygulanması*, İstanbul Üniversitesi, İstanbul 1984.
- Lin, S.D., *Evaluation of Methods for Detecting Coliforms and Fecal Streptococci in Chlorinated Sewage Effluents*, Illinois State Water Survey, Report of Investigation 78, Illinois, 1974.
- Nelson-Smith, A., "Effects of Oil on Marine Plants and Animals", Hepler P. (edit). *Water Pollution by Oil*, Applied Science Publishers Ltd., Essex, 1971.
- Resmi Gazete, "Çevre Kanunu", Kanun No. 2872, Resmi Gazete Sayı 18132, Ankara, 1983.
- U.S. Council on Environmental Quality, *Environmental Quality*, Ninth Annual Report, U.S. Government Printing Office, Washington, D.C., 1978.
- Velioğlu, S. G., "Petrol ve Petrol Ürünlerinin Çevreye Etkileri", *Çevre Haberleri*, 5 Ocak 1980.
- Vesilind, P.A., *Environmental Pollution and Control*, An Arbor Science Publishers Inc., Michigan, 1979.
- WHO / UNEP., *Health Criteria and Epidemiological Studies Related to Coastal Water Pollution*, World Health Organization, Copenhagen, 1977.
- Zison, S.W. ve arkadaşları, *Water Quality Assessment—A Screening Method for Nondesignated 208 Areas*, EPA 600/9-77-023 Environmental Research Laboratory, EPA: Athens, Georgia, 1977.

KIRLETİCİ PARAMETRELERİN ÖZELLİKLERİ

Doç. Dr. GÜNAY KOCASOY

Boğaziçi Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi
Kimya Mühendisliği Bölümü
80815 Bebek-İSTANBUL

1- GİRİŞ

Alıcı ortamda ve atıksularda kirletici parametrelerin hassas bir şekilde tayin edilmesi;

- a) atıksuların çevreye etkilerinin tesbiti,
- b) arıtmada uygulanacak yöntemin seçimi,
- c) arıtma tesisinin veriminin tayin edilmesi ve
- d) çevre kirliliği denetimi

için çok önemlidir.

Tüm kirleticilerin özelliklerini incelemek bu çalışmanın amacı dışında olduğu için takip eden kısımlarda en önemli kirletici parametrelerin tanımlanması ve bir sonraki bölümde ise numune alma ve muhafaza etme yöntemlerinin anlatılması ile yetinilmiştir. Söz konusu kirletici parametrelerin tayini "Standart Methods for the Examination of Water and Wastewater" (APHA, AWWA, WPCF, 1985) adlı kitapta verilmiştir.

2- GENEL ÖZELLİKLER

2.1- Fiziksel Özellikler

Bu sınıfa giren en önemli katı madde miktarı, sıcaklık bulanıklık, renk ve kokudur.

a) Katı Maddeler: Bunlar suyun içinde çözünmüş halde olduğu gibi süspansiyon halinde de bulunabilirler. Katı maddeler; toplam katı madde, askıdaki katı madde, uçucu katı madde, sabit katı madde, çökebilen katı madde olarak sınıflandırılırlar.

Bunlardan atıksuda bulunan uçucu katı madde miktarının az olması atığın biyolojik stabilitesini gösterir. Çökebilen katı madde miktarından ise atıksu arıtma tesisinin işletilmesi hakkında çok faydalı bilgiler elde edilir.

b) Sıcaklık: Atıksuların bu özelliği alıcı ortamın sıcaklığını artırmak sureti ile burada yaşayan flora ve faunayı etkileyebilir. Alıcı ortamda bulunan balıkların göç etmelerine engel olmaktan başka sıcaklığın artışı organik maddeleri dekompoze eden bakterilerin metabolizmalarını hızlandırmakta, suyun içindeki çözünmüş oksijenin doygunluk değerinin düşmesine neden olmaktadır.

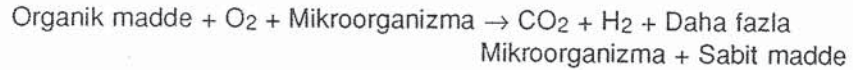
c) Bulanıklık: Alıcı ortamın bulanıklığının içine akıtılan bir atıksudan dolayı artması, suyun estetik görünümünü bozmaktadır. Ayrıca bulanık bir alıcı ortamda patojjenik mikroorganizmaların yok olma süreleri de artmaktadır.

d) Renk ve Koku: Alıcı ortamın estetik açıdan kullanımını etkileyen bu parametreler hakkında toplanılan bilgiler atıksuların yaşları ve genel özelliklerinin tesbitine de yardımcı olmaktadır.

2.2- Kimyasal Özellikler

a) Organik Parametreler

i) Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOİ): Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı ayrışabilen organik maddelerin, aerobik şartlar altında bakteriler tarafından ayrıştırılıp sabit hale gelmeleri sürecinde bakteriler tarafından kullanılan oksijendir. Diğer bir deyişle, kullanılan oksijen miktarı, kullanılan maddelerin miktarı ile orantılı olduğundan BOİ organik maddeler miktarının tayini için kullanılan dolaylı bir yol sayılabilir. Aerobik ayrışımı gösteren biyokimyasal reaksiyon şu şekilde yazılabilir.



BOİ, genellikle iki kademeye ayrılmaktadır. Birinci kademeli BOİ, karbon kökenli BOİ olarak bilinir. Zamanla değişimi aşağıdaki bağlantı ile hesaplanabilir.

$$y_1 = L_0 (1 - 10^{-kt}) \quad (1)$$

Burada,

y_1 = "t" anına kadar görünen birinci kademeli BOİ değeri,

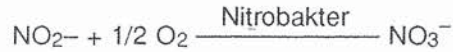
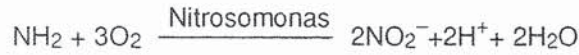
L_0 = toplam karbon kökenli BOİ,

k = ayrışma katsayısı,

t = zaman

olarak gösterilir.

Atıklar alıcı ortamda 10–15 günden fazla kaldığı zaman ikinci kademeli BOİ görülmeye başlar. Azot kökenli BOİ olarak da bilinen bu kademede su içindeki NH_3 özel bakterilerce NO_2^- ve NO_3^- 'e dönüştürülerek önemli derecede oksijen sarfına yol açarlar. İkinci dereceli BOİ sırasında yer alan reaksiyonlar şu şekilde gösterilebilir.



İkinci dereceli BOİ'nin zamanla değişimi;

$$y_2 = L_n (1 - 10^{-k_n t})$$

denklemleri ile ifade edilebilir. Burada;

y_2 = "t" anına kadar görülen ikinci kademeli BOİ,

L_n = toplam azot kökenli BOİ,

k_n = ikinci kademeli ayrışma katsayısı,

t = zaman,

olarak gösterilmiştir.

Toplam biyokimyasal oksijen ihtiyacı ise

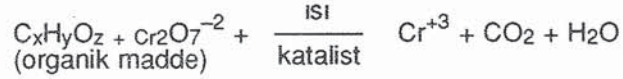
$$Y = y_1 + y_2$$

olarak hesaplanabilir.

BOİ değeri yukarıdaki denklemlerden görüldüğü gibi zamana göre değişmektedir. Ancak bundan başka sıcaklık ve diğer bazı parametreler de BOİ değerini etkilemektedir. Bu nedenle BOİ değerinin laboratuvar ortamında standart şartlar altında ve 20°C sıcaklıkta yapılır.

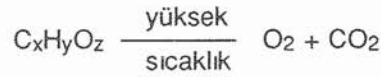
ii) Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ): Kimyasal oksijen ihtiyacı organik maddelerin dolaylı bir şekilde tayini için kullanılan bir yöntemdir. Bu parametre ile organik maddeler, kimyasal stabilizasyonu için gerekli oksijen

miktarı cinsinden belirlenirler. Kimyasal stabilizasyon için yükseltgen olarak potasyum dikromat, katalist olarak ise cıva-sülfat kullanılmaktadır. Okside olabilen organik maddenin miktarı reaksiyona giren potasyum dikromata orantılı olduğu için organik madde miktarı kolaylıkla tayin edilebilir. Bu işlem sırasında aşağıdaki reaksiyon yer alır.



KOI'nin BOİ'ye nazaran en önemli üstünlüğü kısa bir sürede tayin edilebilmesidir. BOİ için 5 gün gerekmesine karşılık KOİ deneyi üç saatte tamamlanabilir. Ancak KOİ deneyinde biyolojik yollarla ayrışabilen ve ayrışamayan maddelerin ayırt edilmesinin olanaksızlığı bu parametrenin en büyük dezavantajıdır.

(iii) Toplam Organik Karbon: Bu yöntemle organik maddenin yüksek sıcaklıkta okside edilmesi neticesinde meydana gelen karbondioksit ölçülerek organik madde miktarı tayin edilir. Aşağıda verilen reaksiyonda görüldüğü gibi,



meydana gelen karbondioksit miktarı organik madde miktarına orantılıdır. Toplam organik karbon tayini özel cihazların yardımı ile yapılır.

b) İnorganik Parametreler

i) Toplam Azot: Önemli bir besin maddesi olan azotun konsantrasyonu flora ve faunanın cins ve miktarını önemli bir şekilde etkilemektedir. Sahillere arıtılmadan atılan atıksular daha ziyade akıntıların az olduğu bölgelerde denizdeki azot miktarını artırmakta, bu ise denizin produktivitesini etkilemektedir. Bunun neticesinde denizin ışık geçirgenliği azalmakta ve ve estetik açıdan olumsuz etkileri olmaktadır. Hatta bazı yerlerde ötrofik şartlar dahi meydana gelebilmektedir (Bazzini, 1975). Atıksuların arıtılmadan atıldığı deşarj noktalarında genel olarak yosunlar artmakta, midye yatakları meydana gelmektedir. Böylece bu alanlar yüzmek amacı ile fazla kullanılmamaktadırlar.

Atıksuda bulunan azot miktarı biyolojik arıtmayı etkileyen önemli bir parametredir. Yokluğu halinde arıtmayı sağlayan bakterilerin üremesi gerçekleşmeyeceği için özel olarak azot eklenmesi söz konusu olmaktadır.

ii) Toplam Fosfor: Önemli diğer bir besi maddesi olan fosfor bileşikleri de azot bileşikleri gibi yukarıda bahsedilen etkilere sahiptir.

c) Mikrobiyolojik Parametre–Koliform Konsantrasyonu

Standart Methods for the Examination of Water and Wastewaters'a göre aerobik, fakultatif, anaerobik çubuk şeklindeki gram negatif, tohumlaşmayan ve laktozu 35°C sıcaklıkta 48 saat içinde fermente ederek gaz oluşmasını sağlayan bakteriler olarak tanımlanan koliformlar alıcı ortamın kirlenmesinin tayininde kullanılan en önemli parametrelerden biridir. Bağırsak orijinli (feka) ve bağırsak orijinli olmayan diye iki gruba ayrılmalarına rağmen (Grunnet, 1978) ülkemizde sucul ortamın kirlenmesi ile ilgili çalışmalarda ikisinin toplamının –toplam koliformun–indikatör parametre olarak kullanılması adet haline gelmiştir (Kor, Sarıkaya, Göknıl, 1977; Samsunlu, 1977; Curi, 1977, 1982). Aslında suların bakteriyolojik kirlenmesinin tayininde toplam koliformun indikatör parametre olarak kullanılması American Water Works Association (AWWA, 1971) tarafından da önerilmektedir. Patojenik olmayan koliformların en önemli diğer bir özelliği de patojenik mikroorganizmaların muhtemel varlığını isbatlamasıdır (Lin 1974, AWWA 1971, Crain and Dickson, 1973, Grunnet, 1978, Grunnet, 1978). Türkiye'den başka birçok ülkede de koliform grubunun indikatör olarak kullanılmasının başlıca nedenleri:

— Tüm sıcak kanlıların bağırsaklarında bulunması ve dışkı ile birlikte çok büyük miktarda çevreye verilmesi. Bir insanın dışkıları ile bir günde dışarı atılan koliform bakterilerinin sayısı 125×10^8 – 400×10^9 ; 100 ml taze atıksudaki koliform sayısı ise 10^7 – 10^9 arasında değişmektedir (Camp, 1963; Camp ve Meserve, 1974; Arceivale, 1973; Parker, 1975).

— Alıcı ortamdaki çevre şartlarına patojenlerden daha dayanıklı olması,

— Sayısal değerlendirilmesinin ve niteliksel ayrılmasının nisbeten kolay ve ekonomik analizlerle gerçekleştirilebilmesidir.

Bağırsak orijinli organizmaların konsantrasyonu seyrelmeden dolayı düşmekte, ayrıca sayıları da alıcı ortamdaki çevre şartlarına uymadıkları için azalmaktadır. Bu mikroorganizmaların azalmalarına en önemli etkenler alıcı ortamın sıcaklığı, ışık şiddeti ve dalga boyu, alıcı ortam suyunun tuzluluğu, suyun içindeki mikroorganizmalar, besin maddeleri, organik maddeler, bula-nıklık vs.nin olduğu izlenmiştir. (Kocasoy, 1984).

KAYNAKLAR

- APHA, AWWA, WPCF, *Standart Methods for the Examination of Water and Wastewaters*, 16th Edition, APHA, AWWA, WPCF, Washington D.C. 1985.
- Arceivala, S.J., *Simple Waste Treatment Methods*, ODTÜ, Ankara, 1973.
- AWWA, *Water Quality and Treatment: A Handbook of Public Water Supplies*, The American Water Works Association, Inc. Mc. Graw-Hill Book Co., New York, 1963.
- Camp, T.R., *Water and Its Impurities*, Rainbold Publishing Corp. New York, 1963.
- Camp, T.R., Meserve, R.L., *Water and Its Impurities*, 2nd edition, Dowden. Hutchinson and Ross, Inc., Pennsylvania, 1974.
- Crain, J.Jr., Dickson, K.L., (edit) *Biological Methods for the Assesment of Water Quality*, American Society for Testing and Materials (STP 528), Baltimore, 1973.
- Curi, K., "Use of a Statistical Model for the Determination of the Die-away Rate of Coliforms", in *Environmental Systmes Planning Design and Control*, Pergamon Press, 1980.
- Curi, K., Ordu Deniz Deşarjı, Boğaziçi Üniversitesi, İstanbul, 1982.
- Grunnet, K., "Selected Microorganisms for Coastal Pollution Studies", *WHO Coastal Pollution Control, Vol. III*, Copenhagen, 1978.

ÇEVRE KİRLİLİĞİ İLE İLGİLİ ÇALIŞMALARDA ÖRNEK ALMA VE SAKLAMA YÖNTEMLERİ

Doç. Dr. GÜNAY KOCASOY

Boğaziçi Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi
Kimya Mühendisliği Bölümü
80815 Bebek-İSTANBUL

1- GİRİŞ

Çevre kirliliği ile ilgili etüdlerle takip edilmesi gereken yöntemler en detaylı şekilde American Public Health Association, American Water Works Association ve Water Pollution Control Federation tarafından yayınlanan ve beş senede bir yenilenen "Standart Methods for the Examination of Water and Wastewater" adlı eserle verilmektedir. Konu ile ilgilenenlerin kullanabilecekleri diğer önemli kaynaklar ise;

a) United States Environmental Protection Agency tarafından yayınlanan "Methods for Chemical Analysis of Water and Wastes" ve "Handbook for Monitoring Industrial Wastewater",

b) Kanada Çevre Bakanlığı tarafından yayınlanan "Handbook of Analytical Methods for Environmental Samples"dır.

Bu yayınların bir nüshaları mevcutları olduğu müddetçe resmi kuruluşlara ücretsiz olarak gönderilmektedir.

Yukardaki yayınlar şu adreslerden temin edilebilir:

a) U.S. Environmental Protection Agency
Environmental Monitoring and Support Laboratory
26 W. St. Clair Street
Cincinnati, Ohio 45268
U.S.A.

b) Ministry of the Environment
Laboratory Services Branch
P.O. Box 213
Rexdale, Ontario
M9W 5L1 Canada

Çevre kirlenmesi ile ilgili ölçümlerde tayin edilmesi gereken parametreler atık kaynağına göre farklılıklar gösterir. Başbakanlık Çevre Genel Müdürlüğü'nce hazırlanan 4 Eylül 1988 tarih ve 19919 sayılı Resmi Gazete'de yayınlanan Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği kıta içi su kaynaklarının kalite kriterlerini, rekreasyon amacıyla kullanılan kıyı ve deniz sularının sağlanması gereken standart değerleri, deniz suyunun genel kalite kriterlerini, değişik endüstriler için atıksuların alıcı ortama deşarjı için önemli olan parametrelerini ayrı ayrı vermektedir. Çevre kirliliği ile ilgili çalışmalarda ölçülen parametrelerin tayin yöntemleri yukarıda isimleri verilen yayınlarda detaylı bir şekilde verilmektedir.

Çevre kirlenmesi ile ilgili çalışmalarda son derece önemli olan husus örneklerin doğru bir şekilde alınarak analizlerin yapılacağı ana kadar muhafaza edilmesidir. Bu nedenle bu konu bu raporda detaylı bir şekilde anlatılmaktadır.

2. ÖRNEK ALMA VE SAKLAMASI İLE İLGİLİ GENEL HUSUSLAR

Bir örneğin analizinde deney sonuçlarının doğruluğu kadar örneğin de doğru yöntemlerle alınıp saklanması önemlidir. Örnekler çok değişik maksatlar için toplandığından örnek toplama yöntemleri de çok farklıdır. Bu nedenle burada örnek toplanması hakkında genel bilgi verilecektir.

Örnek hacmi bütün deneylerin yapılabilmesi için gereken miktarda olmalıdır. Bu hacmin örneğin laboratuara kolay taşınabilmesi için mümkün olduğu nisbette az olmasına, fakat örneğin, örnek alınan ortamın tipik karakteristiklerini taşımasına dikkat edilmelidir. Aynı zamanda örneğin alınmasından deneylerin yapılmasına başlanana kadar örneğin karakteristiğinde değişiklik olmamasına özen gösterilmelidir.

Su ve atıksu çalışmalarında genellikle örnek alma yöntemi laboratuvar elemanlarınca tesbit edilir. Yukarıdada bahsedildiği gibi örnek, örnek alınan ortamın tüm özelliklerini gerçekçi bir biçimde yansıtmalıdır. Fakat şunu da

unutmamak gerekir ki örnek alınan ortam karakteristiği zaman, alan derinlik ve bazan akış hızıyla değişmektedir.

3. ÖRNEK ALMA VE SAKLAMADA DİKKAT EDİLECEK HUSUSLAR

Örnek Laboratuvarca tesbit edilen yöntemle alınmalı ve bozulup kirlenmeden laboratuara getirilmelidir. Örnek alınacak şişe örnek suyu ile iki üç kez çalkalanmalıdır. Bazı ortamlardan örnek alınacağı zaman örneğin ortamın bütün karakteristiklerini taşıyabilmesi için belirli aralıklarla veya değişik noktalardan alınarak karışım örnek hazırlanması gerekmektedir. Örnek toplama yöntemleri lokal şartlara ve aranacak parametrelere bağlı olarak çok değiştiğinden her ortama tatbik edilebilecek genel bir yöntemin detaylı olarak verilmesi mümkün değildir. Bazen tek bir karışım örneğin tabi tutulduğu işlemlerde (parçalama, karıştırma, süzme vs. gibi) özellikle çok dikkatli olunmalıdır. Bazı metaller, bilhassa kurşun, bu işlemlerden fazlasıyla etkilenirler.

Bütün şartları kapsayan bir yöntem önermek imkansız olduğundan genellikle seçilecek teknik, analizi yapan elemanın insiyatifine bırakılmalıdır. Genel olarak askıdaki katı maddeler santrifüj yapılarak veya süzülerek ayrıştırılır. Çoğunlukla, eğer gravimetrik ve hacimsel analizlerde ters bir etki yapmayacaksa ve kalorimetrik deneylerin hesaplanmasında düzeltme yapılabilecekse az miktardaki bulanıklığa tolerans gösterilebilir. Sonuçlar rapor edilirken örneğin süzülüp süzülmediği, yani bir ön ön işleme tabi tutulup tutulmadığı belirtilmelidir.

Örnek alınan yerin bütün özellikleri saptanmalı ve mümkünse örnek alma noktaları harita üzerinde iyice belirlenmelidir. Örnek alınan yerin aşağıdaki özelliklerinin saptanarak örnek şişesinin üzerine yapıştırılacak etikete yazılması ve ayrıca başka bir yere kaydedilmesi gereklidir:

- a) Örnek alınan yerin adı
- b) Örnek alınan yerin mevkii
- c) Örnek alma noktası
- d) Örnek alma tarihi ve saati
- e) Su sıcaklığı
- f) Deşarj veya diğer bir karışım yerinden alınıyorsa özellikleri
- g) Akım durumu
- h) Hava koşulları
- i) Örnek alma yeri civarındaki su kalitesinde etkili olabilecek endüstriyel tesisler vs.
- j) Örnek endüstriden alınıyorsa örneğin alındığı noktanın belirtilmesi (proses kazan çıkışı yıkama kazan çıkışı, v.s.)
- k) Örneği alan kişi.

Endüstriyel kuruluşlardan örnek alınırken aşağıdaki hususlara dikkat edilmelidir:

a) Tesisin kaç deşarjı bulunduğu dikkatli bir şekilde tesbit edilmelidir. Sanayicilerin bazan denetleyicileri aldatmak için başvurduğu bir yöntem tesislerinden kaynaklanan nisbeten temiz atıksuları görünür bir noktadan, kirli olanları ise görünmeyecek şekilde deşarj etmeleridir. Bu tip kaçamakların önlenmesi su girdi-çıkışlarının incelenmesi ile mümkün olur.

b) Atıksu örneği, atıksuyun türbülansının yüksek olduğu bir noktadan alınmalıdır. Durgun noktalar, savak hemen öncesi ve hemen sonrası bu amaç için kullanılmamalıdır.

c) Örnek alınırken, örnek alma kabı su yüzeyinin 3-4 cm. altına batırılmalıdır.

d) Örnek alma birkaç kere tekrarlanmalı ve imkanı varsa bu işlem fabrika yetkililerine önceden haber vermeden gerçekleştirilmelidir. Bunun aksi fabrika yetkililerine atıksularının kalitesini ayarlama imkanı vermektedir. Arıtma tesislerinin çıkışından örnek alındığı zaman, arıtma birimlerinin içi evvelce temiz su ile doldurulmuş olmadığından emin olunmalıdır.

Su şebekesinden örnek alınacaksa, borudan bir müddet su akıtılmalı ve ondan sonra örnek alınmalıdır. Aynı zamanda borunun çapı, uzunluğu ve suyun akış hızı da gözönünde tutulmalı, rapor edilmelidir.

Kuyudan örnek alınacağı zaman önce bir miktar su pompalanmalı ondan sonra örnek alınmalıdır ki alınan örnek kuyuyu besleyen yeraltı sularını temsil edecek özellikte olsun. Bazen pompalama hızı belirtilen bir hızla olmalı ve bu hız rapor edilmelidir.

Nehir veya akarsulardan alınan örneklerde analiz neticeleri örneğin alındığı derinlik, akış hızı ve sahilden uzaklığı ile değişebilmektedir. Gerekli gereçlerin bulunduğu durumlarda akarsuyun ortasında üstten dibe kadar değişik derinliklerden örnek alıp, daha sonra bu örneklerden karışım hazırlanmalıdır. Eğer sadece bir örnek alınacaksa akarsuyun orta kısmında orta derinlikten alınmalıdır.

Göller ve rezervuarlar mevsimsel tabakalaşmalar, yağmur ve rüzgar gibi tabii şartlardan fazlasıyla etkilenirler. Lokal şartlarda ve araştırmanın amacına göre örneğin alınacağı yere, derinliğe ve ne kadar sıklıkta örnek alınması gerektiğine karar verilir. Örnek toplamada en önemli şey örneğin toplandığı ortamın tipik karakteristiklerini taşıyor olmasıdır. Örnek toplamada gözönünde tutulacak diğer bir hususta örnekte hangi parametrelerin tayin edileceği ve sonuçların hangi amaç için kullanılacağıdır.

4. ÖRNEK TOPLAMA YÖNTEMLERİ

a) Kapma Örnek (Grab Sample)

Belli bir yerden bir örnek alındığı zaman örnek sadece o yerin o andaki kompozisyonunu belirtir. Bununla beraber ortam büyük bir su kütlesi ve zamanla değişken olmayıp, oldukça uzun bir süre için sabit ise örneğin daha uzun bir zaman için ve daha büyük bir su kütlesini temsil ettiği söylenebilir. Bu durumlarda ortamdaki sadece bir kapma örnek almak yeterlidir. Bazı yüzeysel sular ve atıksu deşarjları bu tip ortama örnek olarak gösterilebilir.

Ortamın sabit olmayıp, zamanla değişken olduğu durumlarda ise belirli aralıklarla kapma örnek alınır ve her bir örnek ayrı ayrı analiz edilir. Bu durumda ortamın ne kadar değişken olduğu da anlaşılabilir. Örnek alma sıklığı ortamın değişkenliğine göre 5 dakikadan birkaç saate kadar değişebilir.

Ortamın karakteristiği zamanla değil de mekanla değişiklik gösteriyorsa, örnekleri değişik noktalardan almak gerekmektedir.

Atıksu çamurlarından, çamur seddelerinden ve çamurdan örnek alınırken dikkatli olunmalıdır. Belirli bir yöntem önerilmemekle beraber alınan örneğin tipik olmasına özen gösterilmelidir.

b) Karışım (Kompozit) Örnek

Karışım örnek dediğimiz zaman genellikle aynı noktadan değişik zamanlarda alınan kapma örneklerin debilerine orantılı olarak karıştırılıp hazırlanan örnekler anlaşılmaktadır. Bu tip hazırlanan örnekte parametrelerin ortalama konsantrasyonu kolayca izlenebilir ve bu ortalama konsantrasyon bir atıksu taşıma tesisinin randımanını hesaplamakta kullanılır. Bu şekilde laboratuvarlarda çok sayıda örnek analizi yapılarak toplam ve ortalama neticelerin hesaplanmasına gerek kalmamış olur. Bu nedenle 24 saat aralıklarla örnek alınıp karışım hazırlanması ve bu örneğin analizinin yapılması standartlaşmıştır. Ancak, bazı durumlarda endüstri tesislerinde vardiyayı, daha kısa zamanı veya periyodik bir operasyonunun tam bir devrini kapsayan karışımlar hazırlanması tercih edilir.

Örneğin bekleme süresi içinde değişmeye uğrayabilecek olan parametrelerinin tayininde karışım örnekler kullanılmamalı, bu parametreler örnek toplanır toplanmaz, eğer mümkünse örneğin alındığı yerde tayin edilmelidir.

Çözünmüş gazlar, bakiye klor, çözünebilen sülfür, sıcaklık ve pH hemen tayini yapılması gereken parametrelerden birkaçıdır. Çözünmüş oksijen pH, sıcaklık gibi parametrelerin değişmesi demir, mangan, alkalinite veya sertlik gibi parametrelerin de değişmesine neden olur. Aynı noktadan değişik zamanlarda alınarak hazırlanan karışımlarda sadece örneğin bekletilmesiyle

değişmeyen parametrelerin tayini yapılmalıdır. Örnekler ağız çapı en az 35 mm olan 120 mL'lik şişelere her saat başı bazan her yarım saatte bir ve hatta 5 dakikada bir alınır ve bu örnekler bütün örneklerin toplanması tamamlandıktan sonra debilerine orantılı olarak büyük bir şişede karıştırılır ve saklanır. Örneklerin saklanması için koruyucu kullanılacaksa örnek alınır alınmaz koruyucu eklenir. Bazen her örneğin ayrı ayrı analizi gerekebilir.

Toplanan örneklerin akış hızına orantılı hacimlerde hazırlanması tercih edildiği gibi bazan da bu şarttır. Kanalizasyon, çıkış suları ve atıksuların analizi için 2-3L'lik örnek yeterlidir.

Sürekli örnek almak için otomatik örnek alma gereçlerinin de mevcut olmasına rağmen örnek aşağıda anlatılan şekilde saklanmadıkça kullanılmamalıdır. Örnek alacak gereç ve şişeler hergün iyice temizlenmelidir.

c) Entegre Örnekler

Bazan aynı anda, veya birbirine çok yakın zamanlarda değişik noktalardan kapma örnekler alınır ve bunlardan karışımlar hazırlanır. Genişlik ve derinlikle karakteristiğinde değişiklik gösteren nehirlerden bu tip örnek almak gereklidir. Burada ortalama kompozisyonu bulmak için birçok noktalardan alınan örnekler akış hızlarına (debilerine) orantılı olarak karıştırılarak karışım örnek hazırlanır. Birçok atıksu birleştirilerek tek bir tasfiye sistemine tabi tutulacaksa yine bu tip örnek hazırlamak gerekmektedir. Bu tip hazırlanan örneğin analizinden çok faydalı bilgiler elde etmek mümkündür.

Tabii ve suni göllerin kompozisyonlarında mevkii ile değişiklikler görülmektedir. Bu sularda çoğu zaman toplam veya ortalama rakkamların fazla bir önemi olmayıp lokal değişimler daha önemlidir. Bu durumlarda örnekleri, karışım hazırlamaktansa, tek tek incelemek daha yararlıdır.

Entegre örnek hazırlamak için belli derinlikten, üstteki su tabakasıyla karıştırmadan örnek alabilmek için özel gereçlere ihtiyaç vardır. Örnek alınacak suyun değişik yerlerdeki hacminin, hareket şeklinin ve kompozisyonunun bilinmesi gerekmektedir. Bundan dolayı entegre örnek toplamak oldukça zor bir işlem olup her su için uygulanabilecek belli bir yöntemi detaylı olarak vermeğe imkân yoktur.

5. ÖRNEK MİKTARI

Fiziksel ve kimyasal analizler için 2 L'lik örnek alınmalıdır. Bazı analizler için ise daha fazla örneğe ihtiyaç vardır.

Kimyasal, bakteriyolojik ve mikroskopik analizler için ayrı ayrı örnek alınmalıdır; çünkü bunların herbiri için değişik yöntemlerle örnekler toplanmalı ve saklanmalıdır.

6. ÖRNEĞİN SAKLANMASI

Evsel atıkları, endüstriyel atıkları ve tabii suları hiçbir değişikliğe uğramadan saklamak, örneğin nevi ne olursa olsun, onun içindeki bütün maddeleri değişikliğe uğratmadan muhafaza etmek mümkün değildir. Örneklerde bazı saklama teknikleri uygulanarak örneğin toplanmasından sonra oluşacak biyolojik ve kimyasal değişiklikler yavaşlatılabilir.

Bu bekleme sırasında örnekteki bazı elementler diğerlerinden daha fazla etkilenir, değişikliğe uğrarlar... Bazı katyonlar cam eşyanın cidarında adsorpsiyonlanarak kaybolabilirler. Alüminyum, kadmiyum, krom, bakır, demir, kurşun, manganez, gümüş ve çinko bunlardan bazılarıdır. Bu nedenle metallerin analizi için örnekler ayrı bir temiz şişeye alınmalı ve nitrik asitle pH'ı 2.0'nin altına düşürülerek metallerin cam kabın cidarlarına yapışması ve çökmesi minimuma indirilmelidir.

Örneğin sıcaklığı ve pH'ı çok çabuk ve oldukça önemli miktarda değişebilir, çözünmüş gazlar (oksijen, karbondioksit) ise hemen hemen tamamen kaybolur. Sıcaklık, pH ve çözünmüş gazlar hemen sahada tayin edilmelidir. pH-alkalinite-karbondioksit dengesindeki değişme ile kalsiyum karbonat çökelmekte, bunun neticesi olarakta kalsiyum ve toplam sertlik değerleri düşük çıkmaktadır.

Demir ve manganez düşük valanslı durumlarında kolayca çözünebilmekte, buna karşın yüksek valanslı durumlarında ise oldukça sabittirler. Bundan dolayı bu katyonlar çökelirler veya çözünürler. Mikrobiyolojik faaliyetler ise örneğin birçok parametresinin değişmesine sebep olurlar. Bunlar nitrat-nitrit-amonyak miktarının değişmesi, fenol ve BOİ miktarının düşmesi, sülfatın sülfite indirgenmesi gibi değişikliklerdir. Sülfid, demir (II), iyot ve siyanür oksidasyon neticesi kaybolur. Renk, koku ve bulanıklık parametreleri bekleme esnasında değişikliğe uğrarlar. Sodyum, boron, silisyumdioksit (SiO_2) cam kaptan etkilenirler. Krom (Cr^{+6}) kromik iyonuna indirgenir.

Örnekte oluşan biyolojik değişmeler ise elementlerin oksidasyon durumlarını etkilerler. Herkesce bilinen azot ve fosat döngüleri, örnek içerisindeki biyolojik değişmelerden dolayı oluşan bir durumdur.

Örneğin koruma ve saklama şartlarını bütün değişimleri önleyecek şekilde kesin olarak belirlemek imkansızdır. Bu önlemler daha ziyade analizin tecrübesine bırakılmalıdır.

a) Örnek Toplandığı Andan Analizin Yapılmasına Kadar Geçen Zaman:

Örnek toplanmasından analizin yapılmasına başlanana kadar geçecek zaman ne kadar kısa olursa, analiz neticeleri o kadar fazla güvenilir olacaktır. Bazı parametreler ve fiziki değerler için analizin hemen yapılması gereklidir.

Örnek toplandığı andan analizin yapılacağı ana kadar örneğin ne kadar zaman bekletilebileceğini katiyetle söylemek imkânsızdır. Bu örneğin karakterine, tayin edilecek parametrelere ve örneği saklama şartlarına bağlıdır. Mikroorganizmaların teşekkül edip büyümesiyle örnekte meydana gelen değişiklikler örnek karanlıkta ve düşük sıcaklıkta saklanarak önlenmektedir. Analiz neticeleri rapor edilirken örneğin ne kadar bekletildiği ve eğer koruyucu kullanıldı ise hangi koruyucunun kullanıldığı rapora yazılmalıdır.

b) Örnekleri Koruma Yöntemleri

Örneklerin korunması oldukça zordur, çünkü örneğin içeriğini korumak için kullanılan koruyucu maddeler ne olursa olsun bazı deneyleri ters etkilemektedir. Bu nedenle en ideali, örneğin alınır alınmaz analizinin yapılmasıdır. Analizin hemen yapılmadığı durumlarda örneğin bir sonraki güne kadar düşük sıcaklıkta (4°C) saklanması bekli de en iyi yöntemdir. Ancak yapılacak deneye ters bir etkisi olmayacaksa kimyevi koruyucu maddelerde kullanılır. Bu maddeler kullanılacaksa, koruyucu örnek alınır alınmaz, direkt olarak örnek şişesine konulmalıdır ki toplanmış olan örneğin hepsi toplanır toplanmaz muhafaza edilmeğe başlanmış olsun. Aynı kimyevi madde bütün parametrelerin saklanması, muhafaza edilmesi için kullanılamaz; bu nedenle hangi deneyler yapılacaksa o parametrenin muhafaza edilmesi için gerekli olan kimyevi madde kullanılmalıdır. Örnekteki askıdaki maddeleri tam olarak muhafaza edecek herhangi bir kimyevi madde veya yöntem yoktur. Koruyucu olarak, birçok deneylere ters etkisi olduğundan, formaldehit katiyetle kullanılmamalıdır.

Saklama yöntemleri oldukça kısıtlı olup, genellikle biyolojik faaliyeti, kimyasal bileşiklerin faaliyetini durdurmak, ve elementlerin buharlaşmasını önlemek için kullanılmaktadır.

pH'L kontrol edebilmek ve kimyasal faaliyetleri durdurmak için soğukta muhafaza etmek ve dondurmak gibi saklama yöntemleri kullanılmaktadır. Saklama yöntemleri detaylı olarak Tablo 1'de verilmektedir.

7. SONUÇ

Çevre kirliliği ile ilgili çalışmalarda örnek alınırken yukarıdaki hususlara dikkat edildiği takdirde hatalı sonuç elde etme ihtimali önemli bir şekilde azalacaktır.

KAYNAKLAR

- APHA-AWWA, WPCF., *Standart Methods for the Examination of Water and Wastewater, 16 Edition*, Washington D.C. 1985
- Ontario Ministry of the Environment, *Handbook Analytical Methods for Environmental Samples*, Laboratory Services and Applied Research Branch, Ontario, 1983.
- EPA, Methods for Chemical Analysis of Water and Wastes, US EA-600 4-79-020 Environmental Monitoring and Support Laboratory, Ohio, 1979.

TABLO 1 - ATIKSU ÖRNEKLERİNİN SAKLANMASI^x

Ölçülecek Parametre	Minimum Örnek Hacmi mL	Maksimum Saklama Zamanı	Koruyucu	Saklama Sıcaklığı	Örnek Toplama Kabının Cinsi	Diğer Bilgiler
Asidite	100	24 saat	-	40°C	Polietilen veya Borosilikatlı Cam	1.Örnek çalkalanmamalı 2.Havayla temas etmemeli 3.Örnek alma şişeleri ağzına kadar tamamen doldurulmalı ve ağzı sıkıca kapatılmalı
Alkalinite	200	24 saat	-	40°C	Polietilen veya Borosilikatlı Cam	Asiditenin aynısı
Azot	500	Mümkün olan en kısa zamanda	0.8mL H ₂ SO ₄ /L örnek	40°C	Polietilen veya Cam	Analizden önce NaOH veya KOH ile nötrleştirilmesi
Amonyak Azotu	100	Mümkün olan en kısa zamanda	0.8mL H ₂ SO ₄ /L örnek	Donma noktasının hemen üstünde	Polietilen veya Cam	Analizden önce pH = 7'ye ayarlanmalı
Nitrat	100	Mümkün olan en kısa zamanda	a)40 mg HgCl ₂ /L örnek b) -	40°C -200°C	Polietilen veya Cam	Koruyucu olarak asit katiyetle kullanılmalıdır
Nitrit	100	Mümkün olan en kısa zamanda	a)40 mg HgCl ₂ /L örnek b) -	40°C -200°C	Polietilen veya Cam	Koruyucu olarak asit katiyetle kullanılmalıdır
BOİ	1000	24 saat (6 saati geçmemesi tercih edilir.)	-	40°C	Polietilen veya Cam	Örnek alma şişeleri ağzına kadar tamamen doldurulmalı ve ağzı sıkıca kapatılmalı
Bulanıklık	100	Aynı gün en fazla 24 saat içinde analiz yapılmalı	-	-	Polietilen veya Cam	Karanlıkta saklanmalı
Çözülmüş Oksijen	500	Hemen	-	-	300 mL'lik Cam BOİ şişeleri	Mangan sülfat çözeltisi, Alkali iyot ve H ₂ SO ₄ eklenerek çözülmüş oksijen bağlanır.

^xTabloda verilmeyen parametreler için örneklerin özel bir işleme tabi tutulmaları gerekmemekte, örnek polietilen veya cam kaplarda toplanarak buzdolabında saklanmalı ve en kısa zamanda analiz yapılmalıdır.

TABLO - 1' ATIKSU ÖRNEKLERİNİN SAKLANMASI
(devam)

Ölçülecek Parametre	Minimum Örnek Hacmi ml	Maksimum Saklama Zamanı	Koruyucu	Saklama Sıcaklığı	Örnek Toplama Kabının Cinsi	Diğer Bilgiler
Fenoller	500	4 saat veya koruyucu eklendikten sonra 24 s.	H ₃ PO ₄ ile pH5,4'e ayarlanmalı ve CuSO ₄ .5H ₂ O/L örnek eklenmeli	5-10°C	Cam	Örnekte H ₂ S veya SO ₂ varsa örnek havalandırılmalı veya karıştırılmalı
Florür	300	-	-	-	Polietilen	-
Fosfor	100	Örnek alınır alınmaz süzülmesi	40 mg HgCl ₂ /L örnek	-10°C	HNO ₃ veya sıcak seyreltik HCL ile yıkanmış cam	Cam esya, içinde fosfat bulunan deterjanla yıkanmalı Çözünmüş fosfatlar süzülerek hemen ayrıştırılır.
İyot	500	Hemen	-	-	Polietilen veya Cam	-
CO ₂	100	Hemen	-	-	Polietilen veya Cam	-
Katı Madde	100	-	-	-	Polietilen veya borosilikatlı Cam	-
KOI	100	Mümkün olan en kısa zamanda	H ₂ SO ₄ ile pH2 ye ayarlanmalı	-	Polietilen veya Cam	Örnek alma şişeleri ağzına kadar tamamen doldurularak ağzı sıkıca kapatılmalı
Klor	500	Hemen	-	-	Polietilen veya Cam	Işıktaki fazla tutulmamalı ve çalkalanmamalı
Klorofil	500	a)Hemen b)30 gün	-	- 40°C	Polietilen veya Cam	Karanlıkta saklanmalı

TABLO 1 - ATIKSU ÖRNEKLERİNİN SAKLANMASI
(devam)

Ölçülecek Parametre	Minimum Örnek Hacmi mL	Maksimum Saklama Zamanı	Koruyucu	Saklama Sıcaklığı	Örnek Toplama Kabının Cinsi	Diğer Bilgiler
Metaller	-	Örnek alınır alınmaz süzülmesi	5 mL derişik HNO_3/L örnek	-	Polietilen veya Cam	Cözünmüş metaller süzülerek hemen ayrıştırılır.
Organik Karbon, toplam	100	Mümkün olan en kısa zamanda	HCl ile pH ≤ 2 'ye ayarlanmalı	0°C (HCl ile korunmadığı zaman)	Cam(koyu renkli)	Işıktta fazla tutulmamalı
Organik Maddeler	500	Mümkün olan en kısa zamanda	a) - b) 0.8mL H_2SO_4 örnek	Donma noktasının hemen üstünde 40°C	Polietilen veya Cam	-
Ozon	1000	Hemen	-	-	Cam	-
Pestisitler	-	-	-	-	Cam	-
pH	-	Hemen	-	-	Polietilen veya Borsilikatlı Cam	-
Renk	500	-	-	-	Cam	-
Sıcaklık	-	Hemen	-	-	-	-
İlrika	-	Hemen	-	-	Polietilen	-
Siyanür	500	24 saat	NaOH ile pH ≤ 12 'ye ayarlanır	40°C	Polietilen veya Cam	-
Sülfat	-	Hemen	-	-	Polietilen veya Cam	-
İzotuluk	250	Hemen	-	-	Cam	-
Yağ ve Gres	1000	-	HCL ile pH ≤ 2 'ye ayarlanmalı	-	Geniş ağızlı cam kap	-

SU KİRLİLİĞİ KONTROLU YÖNETMELİĞİ İSKİ-YÖNETMELİKLERİ VE DİĞER İLİŞKİN YASALAR

Kimya Müh. İLKER ERDOĞAN

İSKİ Genel Müdürlüğü – İstanbul

GİRİŞ

Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, 9 Ağustos 1983 tarih ve 2872 sayılı Çevre Kanunu ile mezkur kanunda ek ve değişiklikler yapan kanun hükümlerine uygun olarak hazırlanmış olup, amacı ülkenin yeraltı ve yerüstü su kaynakları potansiyelinin her türlü kullanım amacıyla korunmasını, en iyi biçimde kullanımının sağlanmasını ve su kirlenmesinin önlenmesini ekonomik ve sosyal kalkınma hedefleriyle uyumlu bir şekilde gerçekleştirmek üzere su kirliliği kontrolü esaslarının belirlenmesi için gerekli olan hukuki ve teknik esasları ortaya koymaktadır.

Yukarıda temel amacı verilmiş olan Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği şu bölümlerden oluşmaktadır.

1. Bölüm: Amaç, Kapsam ve Yasal Dayanak
2. Bölüm: İlkeler
3. Bölüm: Su Ortamlarının Kalite Sınıflandırılması
4. Bölüm: Su Kalitesine İlişkin Planlama Esasları ve Yasaklar
5. Bölüm: Atıksuların Boşaltım İlkeleri

6. Bölüm: Boşaltım İzni Esasları
7. Bölüm: Atıksu Altyapı Tesislerindeki Uygulamalar
8. Bölüm: Çeşitli Hükümler

1– AMAÇ, KAPSAM VE YASAL DAYANAK

9 Ağustos 1983 tarihli ve 2872 sayılı Çevre Kanununda verilen esaslara göre hazırlanan Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'ndeki önemli teknik terim ve kavramları açıklayarak çevre ve kirlenme konularını ele alalım.

Alıcı ortam ve sınıflar, atık, atıksu, atıksu altyapı tesisleri, Atıksu Altyapı Tesisleri Yönetimi, atıksu arıtımı, atıksu kaynakları, atıksu toplama havzaları hemen hemen artık günlük kullanım diline giren kavram oldular. Teknik olarak yönetmelik önemli kirleticisi atıksu kaynakları ve önemli olmayan kirleticisi atıksu kaynaklarını ayırt etmiştir. Evsel ve endüstriyel atıksu kaynakları da ayrı ayrı tarif edilmiştir. İçme ve kullanma suyu ile bunlara ait havza kavramı belirlenmiş, içme ve kullanma sularının dışındaki Kıta içi su kaynaklarının konumu, kıyı çizgisi, kıyı koruma bölgesi, koy ve körfezlerin tarifi yapılmıştır.

Kuşaklama kanalının ne olduğu, ön arıtma tesisi olarak nelerin kabul edileceği, su kirliliği kontrol standartlarını, seyrelme, tehlikeli ve zararlı maddeler, yeraltı suları, zehirlilik gibi kavramlara bu yönetmelikte diğer kavramlarla birlikte yer verilmiştir.

1.1– İdare Kavramı

Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nde adı geçen İdare:

a) 2872 sayılı Çevre Kanununun 3.3.1988 tarih ve 3416 sayılı kanunla değişik 12.nci maddesi uyarınca atık, artık ve yakıtların arıtılması, uzaklaştırılması, zararsız hale getirilmesi ve ithali ile ilgili hususlarda denetleme ile yetkili kılınan Başbakanlık Çevre Genel Müdürlüğünü,

b) Kurum, Kuruluş ve İşletmelere İşletme ve Kullanma izni verilmesi ve denetim görevinin ifasında yetkili olmak üzere; 1593 sayılı Umumi Hıfzısıhha Kanunun 268–275'inci maddelerine göre Sağlık ve Sosyal Yardım Bakanlığı'nı, 2634 sayılı Sanayi ve Ticaret Bakanlığının Teşkilât ve Görevleri hakkındaki Kanuna göre Sanayi ve ticaret Bakanlığı ile diğer kurum ve kuruluşları, 5442 sayılı İller İdaresi, 3030 sayılı Büyükşehir Belediyelerinin Yönetimi, 1580 sayılı Belediye Kanunlarının verdiği yetkiler doğrultusunda mülki amirleri, Büyükşehir ve Şehir Belediye Başkanlıklarını,

c) Atıksu Altyapı tesislerinin bulunduğu yörelerde bağlantı izni ile bağlantı kalite kontrol izin belgelerini veren ve kontrol eden atıksu altyapı tesisleri yönetimini,

d) Derin deniz deşarj izni için, İller Bankası Genel Müdürlüğünün görüşü ve Çevre Genel Müdürlüğünün uygun görünüşü alınmak suretiyle Büyükşehir Belediye Başkanlıklarını, Büyükşehir Belediye Başkanlıklarını, Büyükşehir Belediye hudutları dışında ise mahallin en büyük mülki amirini,

e) Yeraltı sularının kullanılması ve korunmasında 167 sayılı Yeraltı Suları Kanunu ve 6200 sayılı Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğünün teşkilât ve vazifeleri hakkındaki kanun uyarınca yetkili kılınan Devlet Su İşleri Genel müdürlüğünü,

f) 2872 sayılı Çevre Kanununun 15 ve 16'ncı maddelerinde söz edilen faaliyetlerin durdurulması hallerinde Sağlık ve Sosyal Yardım Bakanlığı, Başbakanlık Çevre Genel Müdürlüğünü ve mahallin en büyük mülki amirini,

g) 2872 sayılı Çevre Kanununun 3301 sayılı kanunla değişik 20, 21, 22 ve 23'üncü maddelerinde belirtilen İdari nitelikteki cezaların verilmesinde mezkur kanunun 3301 sayılı kanunla değişik 24'üncü maddesinde yetkili kılınan kamu kurum ve kuruluşlarını,

h) Bir çevre yönetim planının birden fazla mülki idareyi içine alan "havza" kapsamında oluşturulması gereği duyulduğu takdirde, ilgili valilikleri ve ilgili Devlet Su İşleri Bölge Müdürlüklerini, kapsamaktadır.

1.2. Çevre Kanunu ve Diğer Mevzuat

Anayasanın 56'ncı maddesinde "Herkes, Sağlıklı ve dengeli bir çevrede yaşama hakkına sahiptir. Çevreyi geliştirmek, çevre sağlığını korumak ve çevre kirlenmesini önlemek Devletin ve vatandaşların görevidir." demektedir.

Diğer yandan 2872 sayılı Çevre Kanunundaki Mahalli İdarelerin görevleri bölümünde Merkez Çevre Kurulu, İl Çevre Kurulu, gibi hem merkezi planlama birimleri ile ilgili Bakanlıkları, Ticaret, Sanayi ve Ziraat odalarını ve ilgili bilimsel kuruluşları göreve çağıran ve üç ayda bir toplanıp kararlar verebilen organizasyonlarının oluşmasını da mecbur tutmaktadır.

Diğer yandan Çevre ve korunmasına ilişkin yürürlükte olan bugüne kadar; 36 Kanun, 4 Kanun Hükmünde Kararname, 11 Uluslararası Sözleşmeler, 12 tüzük, 5 yönetmelik, özel çevre koruma bölgesi oluşturulması amacıyla çeşitli Bakanlar Kurulu Kararları yayımlanmıştır.

Görüldüğü üzere Türk Çevre Mevzuatı uzun bir dönemde değişik amaçlı koruma mevzuatı halinde yürütülmüş olup, su kirliliği konusunda eksiklerine rağmen Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği ve Çevre Genel Müdürlüğü gelecek dönemler için etkinleştirilmek istenmektedir.

Tablo 1: Kıtaçi su kaynaklarının sınıflarına göre kriterleri

SU KALİTE PARAMETRELERİ	SU KALİTE SINIFLARI			
	I	II	III	IV
A) Fiziksel ve inorganik-kimyasal parametreler				
1. Sıcaklık (°C)	25	25	30	> 30
2. pH	6.5-8.5	6.5-8.5	6.0-9.0	6.0-9.0 dışında
3. Çözünmüş oksijen (mg O ₂ /l) ^a	8	6	3	< 3
4. Oksijen doygunluğu (%) ^a	90	70	40	< 40
5. Klorür iyonu (mg Cl ⁻ /l)	25	200	400 ^b	> 400
6. Sülfat iyonu (mg SO ₄ ²⁻ /l)	200	200	400	> 400
7. Amonyum azotu (mg NH ₄ ⁺ -N/l)	0.2 ^c	1 ^c	2 ^c	> 2
8. Nitrit azotu (mg NO ₂ ⁻ -N/l)	0.002	0.01	0.05	> 0.05
9. Nitrat azotu (mg NO ₃ ⁻ -N/l)	5	10	20	> 20
10. Toplam fosfor (mg PO ₄ ³⁻ -P/l)	0.02	0.16	0.65	> 0.65
11. Toplam çözünmüş madde (mg/l)	500	1500	5000	> 5000
12. Renk (Pt-Co birimi)	5	50	300	> 300
13. Sodyum (mg Na ⁺ /l)	125	125	250	> 250
B) Organik parametreler				
1. KOİ (mg/l)	25	50	70	> 70
2. BOİ (mg/l)	4	8	20	> 20
3. Organik karbon (mg/l)	5	8	12	> 12
4. Toplam Kjeldahl-azotu (mg/l)	0.5	1.5	5	> 5
5. Emülsifiye yağ ve gres (mg/l)	0.02	0.3	0.5	> 0.5
6. Metilen mavisi aktif maddeleri (MBAS) (mg/l)	0.05	0.2	1	> 1.5
7. Fenolik maddeler (uçucu) (mg/l)	0.002	0.01	0.1	> 0.1
8. Mineral yağlar ve türevleri (mg/l)	0.02	0.1	0.5	> 0.5
9. Toplam pestisid (mg/l)	0.001	0.01	0.1	> 0.1
C) İnorganik kirlenme parametreleri^d				
1. Civa (µg Hg/l)	0.1	0.5	2	> 2
2. Kadmium (µg Cd/l)	3	5	10	> 10
3. Kurşun (µg Pb/l)	10	20	50	> 50
4. Arsenik (µg As/l)	20	50	100	> 100
5. Bakır (µg Cu/l)	20	50	200	> 200
6. Krom (toplam) (µg Cr/l)	20	50	200	> 200
7. Krom (µg Cr ⁶⁺ /l)	ölçülmeyecek kadar az	20	50	> 50
8. Kobalt (µg Co/l)	10	20	200	> 200
9. Nikel (µg Ni/l)	20	50	200	> 200
10. Çinko (µg Zn/l)	200	500	2000	> 2000
11. Siyanür (toplam) (µg CN/l)	10	50	100	> 100
12. Florür (µg F ⁻ /l)	1000	1500	2000	> 2000
13. Serbest klor (µg Cl ₂ /l)	10	10	50	> 50
14. Sülfür (µg S ²⁻ /l)	2	2	10	> 10
15. Demir (µg Fe/l)	300	1000	5000	> 5000
16. Mangan (µg Mn/l)	100	500	3000	> 3000
17. Bor (µg B/l)	1000 ^e	1000 ^e	1000 ^e	> 1000
18. Selenyum (µg Se/l)	10	10	20	> 20
19. Baryum (µg Ba/l)	1000	2000	2000	> 2000
20. Alüminyum (mg Al/l)	0.3	0.3	1	> 1
21. Radyoaktivite (pCi/l)				
alfa-aktivitesi	1	10	10	> 10
beta-aktivitesi	10	100	100	> 100
D) Bakteriyolojik parametreler				
1. Fekal koliform (EKS/100 ml)	10	200	2000	> 2000
2. Toplam koliform (EKS/100 ml)	100	20000	100000	> 100000

(a) Konsantrasyon veya doygunluk yüzdesi parametrelerinden sadece birisinin sağlanması yeterlidir.

(b) Klorüre karşı hassas bitkilerin sulanmasında bu konsantrasyon limitini düşürmek gerekebilir.

(c) pH değerine bağlı olarak serbest amonyak azotu konsantrasyonu 0.02 mg NH₃-n/l değerini geçmemelidir.

(d) Bu gruptaki kriterler parametreleri oluşturan kimyasal türlerin toplam konsantrasyonlarını vermektedir.

(e) Bora karşı hassas bitkilerin sulanmasında kriteri 300 mg/l'ye kadar düşürmek gerekebilir.

2- İLKELER

Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'nin bu bölümünde su kirliliği konusundaki ilkeler, çevre koruma alanları oluşturulması, Havza Planlarının yapılması, suların korunacağı kirletici etkilerin hangilerinin olduğundan bahsetmektedir.

Su kirliliği konusundaki temel ilkeler şunlardır:

a) Su kirliliği kontrolü açısından her türlü kirletici kaynağın bir izin belgesine bağlanması esastır. Ayrıca evsel kaynaklı atıksular için, konuta giren temiz su miktarının çıkan atıksuya eşit olduğu kabul edilir.

b) Endüstriyel atıksu kaynaklarının izne bağlanabilmesi için endüstri tipi, üretim ilişkileri, atıksu-proses ilişkilerini belirten bir raporun İdareye verilmesi gereklidir. İzin belgesi periyodik olarak yenilenir.

c) Kıta içi yüzeysel suların, yeraltı sularının ve deniz sularının çeşitli amaçlarına göre sınıflandırılması sağlanmalı ve kirlilik olan bölgelerin önceliklerinin belirlenmesi esastır.

Çevre Koruma alanlarının tesbiti yanında, su kaynaklarından etkin bir biçimde yararlanılabilmesi için bu kaynakların kullanım alanlarının önceden hazırlanmış bir havza planına uygun olarak bilinmesi gereklidir. Diğer yandan havza planlarının ilgili Valiliklerce ve ilgili Devlet Su İşleri Bölge Müdürlüğünce yapılması esastır.

3- SU ORTAMLARININ KALİTE SINIFLANDIRILMASI

Yönetmeliğin bu bölümünde Kıta içi Yüzeysel Sular, Göl Suları, Yeraltı Suları, Deniz ve Kıyı sularının sınıflandırılması yapılmaktadır. Ayrıca Kıta içi Yüzeysel Sular, Göl Suları, Yeraltı Suları, da Kalite bölgelerinin tesbiti ve bunlara ait yapılacak işlemler ile Deniz Sularının Kalite Kriterleri de verilmektedir.

Kıta içi yüzeysel suları; Yüksek Kaliteli Su, Az Kirlenmiş Su, Kirlenmiş su, Çok Kirlenmiş su olarak dört gruba ayrılmış ve bu sınıflandırmaya esas olan parametreler Tablo 1'de verilmektedir.

Göller, göletler, bataklıklar ve baraj haznelerinin ötrafikasyon kontrolü sınır değerleri Tablo 2'de açıklanmaktadır.

Tablo 3'de Rekreatyon amacıyla kullanılan kıyı ve deniz sularının sağlama gereken standart değerler belirtilmiştir.

Deniz suyuna ait genel kalite kriterleri Tablo 4'de belirtilmektedir.

Tablo 2: Göller, göletler, bataklıklar ve baraj haznelerinin

İstenen özellikler	Kullanım alanı	
	Doğal koruma alanı ve rekreasyon	Çeşitli kullanımlar için (doğal olarak tuzlu, acı ve sodalı göller dahil)
pH	6.5–8.5	6–10.5
KOİ (mg/1)	3	8
ÇO (mg/1)	7.5	5
AKM (mg/1)	5	15
Toplam koliform sayısı (EMS)/100 ml	1000	1000
Toplam azot (mg/1)	0.1	1
Toplam fosfor (mg/1)	0.005	0.1

ötrofikasyon kontrolü sınır değerleri

Diğer yandan yeraltı suları ile Deniz ve kıyı sularına kullanım amaçlarına uygun olarak sınıflandırılır. Yeraltı suları: Yüksek Kaliteli Yeraltı Suları, Orta Kaliteli Yeraltı Suları, Düşük Kaliteli Yeraltı Suları olarak üç gruba ayrılmaktadır. Deniz ve Kıyı Suları Kullanım amaçlarına göre beklenen kaliteleri açısından aşağıdaki sınıflamaya tabi tutulur.

A) Sınıf D 1: Su Ürünleri Üretimi

- a) Yoğun ticari balıkçılık, su ürünleri avcılığı yapılan açık denizler.
- b) Yoğun kıyı balıkçılığı ve kabuklu su ürünleri yetiştirme alanları.
- c) Dalyancılık alanlar.

B) Sınıf D 2: Rekreasyon

C) Sınıf D 3: Ticari, endüstriyel ve diğer kullanımlar.

Kalite sınıflandırma çalışmalarını İdareler yürütmektedir. Gerekğinde DSİ görüşü alınarak uzman kuruluşlara yaptırılabilir.

4- SU KALİTESİNE İLİŞKİN PLANLAMA ESASLARI VE YASAKLAR

Yönetmeliğin bu bölümü; İçme ve kullanma suyu temin edilen Kıta içi yüzeysel sularla ilgili kirlenme yasakları ile koruma alanları hakkında açıklamalar getirmektedir.

Tablo 3: Rekreatasyon amacıyla kullanılan kıyı ve deniz sularının sağla-
ması gereken standart değerler

Parametre	Standart	Düşünceler
Renk	Doğal	Estetik açıdan deniz suyunun doğal renginden farklı olmamalıdır.
Koku ve tat	Doğal	Doğal koku ve tadı dışında olamaz.
Işık geçirgenliği	2 metreden fazla	Estetik açıdan deniz suyunun doğal bulanıklığından farklı olmamalıdır. Bu değer Secchi disk ölçümüyle 2 metreden az olamaz.
pH	6-9	
Yağ ve gres (mg/l)		Estetik açıdan deniz suyunun doğal yağ ve gres içeriğinden farklı olmamalıdır.
Toplam koliform (EMS/100 ml)	1000	15 günde bir periyodik, şüpheli durumlarda ise İdarenin isteği üzerine; çoklu tüp fermentasyon veya membran filtre tekniği ile
Fekal koliform (EMS/100 ml)	200	
Metilen mavisi ile reaksiyon veren yüzey aktif maddeler (mg/l)	Kalıcı köpük teşkil etmeyecek seviyede olacaktır. Ayrıca 0.3 mg/l lauril sülfat eşdeğerinin altında olmalıdır.	Herhangibir şüpheli durumda ilgili İdarenin isteği üzerine yapılan analiz üzerinden mg/l lauril sülfat eşdeğeri olarak
Fenoller (mg/l)	Fenol kokusu duyulmayacak kadar az olacak ancak 0.005 mg/l'nin altında olması gerekir.	Herhangibir şüpheli durumda ilgili İdarenin isteği üzerine fenol analizi yapıp verilen değer in aşılmaması gerekir.
Çözülmüş oksijen	Doygunluğun %80' den az olmayacaktır.	
Katran kalıntıları ve yüzen maddeler	Bulunmayacaktır.	

Tablo 4: Deniz suyunun genel kriterleri

Parametre	Kriter	Düşünceler
pH	6.0-9.0	-
Renk ve bulanıklık	Doğal	Doğal suiçi yaşam için gerekli fotosentez aktivitesinin, ölçüm derinliğindeki normal değerini %90'dan fazla etkilemeyecek kadar olmalıdır.
Yüzer madde	-	Yüzer halde yağ, katran vb. sıvılarla çöp vb. sıvılarla çöp vb. katı maddeler bulunamaz.
Asıdada katı madde (mg/l)	30	-
Çözülmüş oksijen (mg/l)	Doygunluğun %90'ından fazla	Çözülmüş oksijen değerleri derinlik boyunca izlenmelidir.
Parçalanabilir organik kirleticiler	-	Seyreldikten sonra çözülmüş oksijen varlığını yukarıda öngörülen değerden daha fazla tehlikeye düşürecek miktarda olmamalıdır.
Ham petrol ve petrol türevleri (mg/l)	0.003	Su, biyota ve sedimanda ayrı değerlendirilmeli ve tercihan hiç bulunmamalıdır.
Radyoaktivite	-	Sözkonusu deniz ortamına ait doğal radyoaktivite tür ve seviyeleri aşılmayacaktır. Yapay radyoaktivite ölçülmeyecek düzeyde bulunacaktır.
Üretkenlik	-	Sözkonusu deniz ortamına ait mevsimsel üretkenlik seviyeleri korunacaktır.
Zehirlilik	Bulunmayacak	
Fenoller (mg/l)	0.001	
Çeşitli ağır metaller		
Bakır, (mg/l)	0.01	
Kadmiyum, (mg/l)	0.01	
Krom, (mg/l)	0.1	
Kurşun, (mg/l)	0.1	
Nikel, (mg/l)	0.1	
Çinko, (mg/l)	0.1	
Civa, (mg/l)	0.004	
Arsenik, (mg/l)	0.1	
Amonyak, (mg/l)	0.02	

İçme ve kullanma su rezervuarlarının korunması için alınacak genel önlemlerin yanında Mutlak koruma Alanı, Orta Mesafeli Koruma Alanı, Uzun Mesafeli Koruma Alanı teşkil edilmesi ve bu alanlardaki gerekli önlemlerin açıklanması yapılmaktadır.

Ayrıca Göllerle ilgili kirletme yasakları, Yeraltı Suları ile ilgili kirletme yasakları ve düzenlemeler, Denizlerle ilgili kirletme yasakları ve Petrol Boşaltımlarının Kontrolü ile ilgili düzenlemelerden de bahsetmektedir.

5. ATIKSULARIN BOŞALTIM İLKELERİ

Atıksuların alıcı su ortamlarına boşaltılmasıyla ilgili hem temel hem detaylı açıklamalar bu bölümde ele alınmıştır.

5.1– Kanalizasyon Sistemine Boşaltım

Alıcı ortam standartları verilmeden önce kanalizasyon sistemlerine atıksu boşaltımı için uygulanacak temel ilkeler şunlardır.

A) Kanalizasyon sistemi bulunan yerlerde her türlü atıksuların kanalizasyon şebekesine bağlanması, ilke olarak birhak mecburiyetidir.

B) Atıksu oluşmasına sebep olan gerçek ve tüzel kişiler, kanalizasyon sisteminden ve arıtma ile deşarj tesislerinden yararlanmalarının doğuracağı bütün harcamaları karşılamakla yükümlüdürler.

C) Bir endüstriyel atıksuyun kanalizasyon sistemine doğrudan bağlanabilmesi için;

1) Kanalizasyon sisteminin yapısına ve çalışmasına zarar verip engel olmaması,

2) Kanalizasyon sisteminin bağlandığı arıtma tesisinin çalışmasını ve verimini olumsuz yönde etkilememesi,

3) Bir klasik biyolojik arıtma tesisinde arıtılmayacak maddeler içermemesi, gerekmektedir.

5.2– Alıcı Su Ortamına Doğrudan Boşaltım Esasları

Alıcı su ortamlarında kirlenmenin önlenmesi için yapılacak uygulamalarda aşağıdaki genel esaslar geçerlidir.

A) Kent dışında kalan ve doğrudan alıcı ortama deşarj yapan atıksu kaynakları için münferit veya ortama ritma tesisleri yapılarak bunların arıtılması gereklidir.

B) Deşarj standartlarının sağlanması amacıyla, atıksuların yağmur suları, soğutma suları, az kirli yıkama ve buna benzer sularla seyreltilmesi yasaktır.

C) "Tehlikeli ve Zararlı Maddeler" Tebliğinde yer alan maddelerin atıksularında bulunması ve alıcı ortamlara deşarjları bu Tebliğ'de öngörülen şartlarda geçerlidir.

D) Her türlü katı atık ve atıklarla, arıtma çamurları ve fosseptik çamurlarının alıcı ortamlarına boşaltılmaları yasaktır.

E) Gerçek veya tüzel kişiler, faaliyet türlerine göre, alıcı su ortamlarına verdikleri atıksular için bu yönetmelikte verilen deşarj standartlarını sağlama-kla yükümlüdürler.

F) Aynı sanayi kuruluşu içinde birden fazla sektörün bulunması halinde, bu sektörler için ayrı ayrı verilen değerler arasında en kısıtlayıcı olanı esas alınır.

G) Sulama ve drenaj kanallarına atıksu deşarjında, alıcı su ortamına doğrudan boşaltımda kullanılan hükümler aynen geçerlidir.

5.3– Endüstriyel Atıksu Deşarj Standartları

Türkiye'de kurulu halde bulunan endüstri tipleri küçük Sanayi Bölgeleri, Organize sanayi bölgeleri ve diğer küçük işletmeler göz önüne alınarak, Standartlar endüstri bazında ayrı ayrı hazırlanmıştır. Çeşitli endüstriyel atıksular karışımı ise, karışık endüstriler sektörü olarak ayrıca grup standartlarıyla temsil edilmektedir.

Öte yandan, evsel nitelikli atıksuların alıcı su ortamlarına deşarjlarında uyulması gereken standart değerlerde benzer şekilde verilmiştir.

Endüstriler üretim tiplerine göre gruplandırılmış ve onaltı tane sektör oluşturulmuştur. Bu sektörler, sektörlerin içerdiği endüstri tipleri ve bu gruplara ait standart değerler aşağıda verilmiştir.

5.3.1– Gıda Sanayi Sektörü

Bu sektörde; un ve makarna üretimi, maya üretimi, süt ve süt ürünleri sıvı yağ rafinasyonu, zeytinyağı ve sabun üretimi, mezbaha ve entegre et tesisleri, balık ve kemik unu üretimi, et yan ürün işleme tesisleri sebze ve meyve yıkama ve işleme tesisleri, bitki işleme, şeker üretimi tuz işletmeleri, tavla balıkçılığı, su ürünleri değerlendirme ve buna benzer sanayi kuruluşlar yer almaktadır.

Sektörün genel parametreleri, BOİ5, KOİ, AKM, Yağ ve Grestir. Su kirliliği Kontrol Yönetmeliği'nde alıcı su ortamına atıksu deşarj standartlarının konsantrasyon birimi cinsinden verilmesi durumunda, üç ayrı limit verilmiştir. Bunlar, anlık, 2 saatlik ve 24 saatlik kompozit çıkış suyu numunelerinden elde edilen konsantrasyonları ifade etmektedir. Sonuçların ortalamasının anlık

ve 2 saatlik kompozit için verilen standardı aşmaması mecburiyeti yüzünden verilecek olan parametre değerleri Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'nin 2 saatlik kompozit numune değerleridir. Bu sektörlere ait standart değerlerin maksimum ve minimum değerleri seçilmiştir.

Gıda sanayi Sektörüne ait standartlar şunlardır.

BOİ ₅	:	50 – 60 mg/1	
KOİ	:	170 – 250 mg/1	max: 500 mg/1
AKM	:	100 – 200 mg/1	
Yağ ve Gres	:	30 – 60 mg/1	
pH	:	6 – 9	

5.3.2– İçki Sanayii Sektörü

Bu sektörde; alkolsüz içkiler "meşrubat üretimi", alkol ve alkollü içki üretimi, malt üretimi, bira imali, melastan alkol üretimi gibi sanayiler yer almaktadır.

Sektörün genel parametreleri BOİ₅, KOİ, pH'dır.

BOİ ₅	:	50	ort.
KOİ	:	120 – 300 mg/1	
pH	:	6 – 9	

5.3.3– Maden Sanayii Sektörü

Bu sektörde; demir ve demirdışı metal cevherleri, kömür üretimi, bor üretimi, seramik ve topraktan kap-kacak üretimi, çimento ve taş kırma gibi sanayiler yer almaktadır.

Sektörün özelliğinden dolayı genel parametreler olan KOİ, AKM, pH yanında Pb, CN-Hg, Cd, Cu, Toplam Krom ve Balık Bioteneyide önemli parametreler olmaktadır.

KOİ	:	80–100 mg/1
AKM	:	70–100 mg/1
pH	:	6–9

5.3.4– Cam Sanayii Sektörü

Bu sektörde; cam eşya, düz cam ve pencere camı, cam yünü hazırlama, gümüş kaplamalı ve kaplamasız ayna imalatı sanayiler yer almaktadır.

Sektörün parametreleri ve standart değerleri şunlardır.

KOİ	:	160 – 250	mg/1
Florür	:	30	mg/1
Ni	:	3	mg/1
Ag	:	1	mg/1
Pb	:	1	mg/1
Sülfat (SO_4^-)	:	3000	mg/1
pH	:	6	g

5.3.5. Kömür Hazırlama İşleme ve Enerji Üretimi Sektörü

Bu sektörde, toz kömürü ve linyit kömürü hazırlama, kok ve hava gazı üretimi ve benzerleri, termik santraller, nükleer santraller jeotermal santraller, soğutma suları ve buhar kazanları ve benzeri tesisler bulunmaktadır.

Sektörü belirleyen parametreler ve standart değerleri şunlardır.

KOİ	:	150 – 200	mg/1
AKM AKM	:	150	mg/1
Toplam CN	:	0,5	mg/1 (24 saatlik)
Sıcaklık	:	35 C°	
Yağ ve Gres	:	20	mg/1
pH	:	6–9	

5.3.6– Tekstil Sanayii Sektörü

Bu sektörde; Açık elyaf, iplik üretimi ve terbiyesi, Dokunmuş kumaş terbiyesi, pamuklu tekstil ve benzerleri, yün yıkama, terbiye dokuma, örgü kumaş terbiyesi, halı terbiyesi, sentetik tekstil terbiyesi gibi kuruluşlar yer almaktadır.

Sektörü belirleyen parametreler ve standartları şunlardır.

BOİs	:	80 – 120	mg/1
KOİ	:	250 – 400	mg/1
AKM	:	140 – 160	mg/1
Amonyum Azotu ($\text{NH}_4\text{--H}$)	:	5	mg/1
Sülfür (S^{-2})	:	0.0.1	mg/1
Süfit	:	1	mg/1

Toplam Krom	:	2	mg/1
Yağ ve Gres	:	10	mg/1
Balık Biyodeneyi(ZSF)	:	4	
pH	:	6-9	

5.3.7- Petrol Sanayii Sektörü

Bu sektörde; petrol rafinerileri ve petrol dolum tesisleri bulunmaktadır.

BOİs	:	100	mg/1
KOİ	:	400	mg/1
AKM	:	60 – 120	mg/1
Yağ ve Gres	:	20 – 40	mg/1
Hidrokarbonlar	:	6 – 15	mg/1
Fenol	:	2	mg/1
Toplam Krom	:	0.5-2	mg/1
Sülfür (S^{-2})	:	2	mg/1
pH	:	6-9	

5.3.8- Deri ve Deri Mamulleri Sanayi sektörü

Bu sektördeki alıcı ortama deşarj standartları şunlardır.

BOİs	:	150	mg/1
KOİ	:	250	mg/1
AKM	:	200	mg/1
Yağ ve Gres	:	30	mg/1
Sülfür (S^{-2})	:	2	mg/1
Krom ⁺⁶	:	0.5	m/1
Toplam Krom	:	3	mg/1
Balık Biyodeneyi (ZSF)	:	4	mg/1
pH	:	6-9	

5.3.9- Selüloz, Kâğıt ve Karton Sektörü

Bu sektörde; yarı selüloz üretimi, hurda kâğıt, saman ve kâğıttan ağartılmış selüloz üretimi, ağartılmış selüloz Üretimi, saf selüloz üretimi, nişasta katkısız kâğıt üretimi, nişasta katkılı kâğıt üretimi, kırpıntı kâğıt üretimi, parşömen kâğıdı gibi sanayii kuruluşları bulunmaktadır.

Bu sektördeki alıcı ortam standartları şunlardır.

Selüloz Grubu için;

BOİ ₅	:	270 – 300	mg/1
KOİ	:	800 – 1500	mg/1
AKM	:	50 – 3 – 80	mg/1
Çökebilir katı madde	:	3 – 6	mg/1

Diğer gruplar için

BOİ ₅	:	35 – 40	mg/1
KOİ	:	75 – 60	mg/1
Çökebilir katı madde	:	0,5 –	mg/1

5.3.10– Kimyasal Sanayii Sektörü

Kimya sektörü 16 gruba ayrılmıştır. Bunlar klor, alkali üretimi perborat ve diğer bor ürünler sanayi, zırnık üretimi, boya üretimi boya hammadde ve yardımcı madde üretimi, ilaç üretimi, gübre üretimi, azot içeren gübre üretimi, fosfatlı gübre ve fosforik asit üretimi, plastik madde üretimi, tıbbi ve zirai müstahzar üretimi, deterjan üretimi, kauçuk üretimi, petrokimya ve hidrokarbon üretimi, soda üretimi, karpit üretimi, baryum bileşikler üretimi, dispers oksitler üretimidir.

Bu sektörün alıcı ortam parametreleri üretim çeşidine göre değişmekte olup genel parametreler KOİ₅, BOİ₅, AKM, PH, Azot, Fosfat ve bazı metaller ile

KOİ	:	80 – 200	mg/1
BOİ ₅	:	50	mg/1
AKM	:	65 – 00	mg/1 (1500 mg/1 soda üretimi)
Balık Biyodeneyi (ZSF)	:	3 – 6	

5.3.11– Metal Sanayii Sektörü

Bu sektörde 17 tane alt grup bulunmaktadır. Bunları genelde metal hazırlama ve işleme, galvanizleme, dağlama, elektrolitik kaplama, metal renklendirme, çinko kaplama, su verme ve sertleştirme işlemi, iletken plaka imalatı, akü imalatı, sulama emayeleme, metal tozlama ve zımparalama, metal cilalama ve vernikleme, laklama ve demir dışı metal sanayi alüminyum üretimi, dökümhane ve şekillendirme tesisleridir.

Bu sektördeki parametreler ve standart değerleri genelde metalleri içermektedir.

KOİ	:	100 – 600	
AKM	:	125	mg/1
Yağ ve gres	:	20	mg/1
Toplam Krom	:	2	mg/1
Kurşun (Pb)	:	0,5	mg/1
Bakır (Cu)	:	23	mg/1
Nikel (Ni)	:	3	
Kadmiyum (Cd)	:	0,5	mg/1
Amonyat Azotu (NH ₄ -N)	:	100 – 400	mg/1
Balık Biyodeneyi (ZSF)	:	2 – 10	
Toplam Siyanür (CN)	:	0,1 – 1	mg/1
Civa (Hg)	:	0, – 05	mg/1
pH	:	6 – 9	
Al	:	3	mg/1

5.3.12– Ağaç mamülleri ve Mobilya Sanayii

Bu sektördeki alıcı ortam parametreleri BOİ₅, KOİ, çökebilir katı madde ve pH dir.

5.3.13– Seri Makina İmalatı, Elektrik Malzemeleri ve Teçhizatı, Yedek Parça Sanayi Sektörü

Bu sektörün genel parametreleri şunlardır.

KOİ	:	250	mg/1
Yağ ve Gres	:	20	mg/1
Krom (Cr)	:	0,5	
Amonyum azotu (NO ₃ -N)	:	150	
Kurşun (Pb)	:	2	
Toplam Siyanür (CN)	:	0,5	
pH	:	6 – 9	

5.3.14– Taşıt Fabrikaları ve (Yemekhaneler) Sektörü

Bu sektörde motorlu ve motorsuz taşıt tamirhaneleri, otomobil, kamyon, traktör, minibüs, bisiklet, motosiklet ve benzeri taşıt aracı üreten fabrikalar, tersaneler ve gemi söküm tesisleri yer almaktadır.

Sektörün genel parametreleri metal sanayinin standart parametreleriyle uygunluk göstermektedir. KOİ, AKM, Yağ ve Gres, Amonyum Azotu, Toplum siyanür, Cr, Cd, Pb, Cu, Hg, Al, pH ve balık biyodeneyidir.

KOİ	:	400	mg/1
AKM	:	80	mg/1
Yağ Gres	:	20	mg/1
Toplam CN	:	1	mg/1
Toplam Cr	:	0,5	mg/1

5.3.15– Karışık Endüstriler

Bu sektörde, Büyük ve küçük organize sanayi bölgeleri ve sektör belirlenmesi yapılmayan diğer sanayiler yer almaktadır.

Bu sektörde tüm genel parametreler yer almaktadır.

BOİs	:	100	mg/1
KOİ	:	160	mg/1
AKM	:	200	mg/1
Yağ Gres	:	20	mg/1
Top	:	2	mg/1
Top Krom	:	2	mg/1
Pb	:	2	mg/1
Top CN	:	1	mg/1
Ca	:	3	mg/1
pH	:	6–9	

5.3.16– Endüstriyel Nitelikli Atıksu Üreten Diğer Tesisler

Bu sektörde, içme suyu filtrelerinin geri yıkama suları, endüstriyel soğutma suları, hava kirliliği kontrol amacıyla kullanılan filtre su ve çamurları, benzin istasyonları, yer ve taşıt yıkama atıksuları, katı atık değerlendirme ve bertaraf tesislerinden gelen atıksular, tutkal ve zambak üretimi atıksuları yumuşatma, demineralizasyon ve rejenerasyon, aktif karbon yıkama tesisleri yer almaktadır.

Bu sektörün genel parametreleri şunlardır.

BOİs	:	50	100	mg/1
KOİ	:	160	250	mg/1
AKM	:	150	200	mg/1
Yağ ve Gres	:		20	mg/1
Sıcaklık	:		35°C	
pH	:	6	9	

5.4– Evsel Nitelikli Atıksular İçin Deşarj Standartları

Evsel nitelikli atıksu kaynaklarından doğrudan veya arıtma tesislerinden arıtılmış olarak çıkan suların alıcı su ortamlarına deşarjında istenen standart değerde kirlilik ham BOİ₅ olarak kirlilik yüküne göre değişmektedir.

a) Kirlilik yükü ham BOİ₅ olarak 60 Kg/günden küçük (Eş değer nüfus 1000 kişiye kadar)

BOİ ₅	:	50	mg/1
KOİ	:	180	mg/1
AKM	:	70	mg/1
pH	:	6	

b) Kirlilik yükü ham BOİ₅ olarak 60–600 Kg/gün (Nüfus 1000–10000)

BOİ ₅	:	50	mg/1
KOİ	:	160	mg/1
AKM	:	60	mg/1
pH	:	6 – 9	

c) Kirlilik yükü ham BOİ₅ olarak 600 Kg/günden büyük (Nüfus 10.000)

BOİ ₅	:	50	mg/1
KOİ	:	140	mg/1
AKM	:	45	mg/1
pH:	:	6 – 9	

d) Stabilizasyon havuzları sistemiyle Arıtma yapan kentsel atıksu arıtma tesisleri

BOİ ₅	:	75	mg/1
KOİ	:	150	mg/1
AKM	:	200	mg/1
pH	:	6 – 9	

5.5– Derin Deniz Deşarjlarıyla Alıcı Ortama Boşaltım

Denize kıyısı olan yerleşimler ve kıyı bölgelerinde bulunan endüstriler için, alıcı ortamda yeterli seyreltme kapasitesinin bulunduğunu ayrıntılı mühendislik çalışmaları sonucunda kanıtlanması halinde, atıksuların ve diğer suların derin deniz deşarjıyla bertarafına izin verilir. Bu durumlarda evsel ve endüstriyel atıksular için alıcı ortama doğrudan deşarj için belirlenmiş olan

deşarj standartları uygulanmaz. Yapılacak deşarjın alıcı ortamda ekolojik dengeleri bozmayacağı ve özellikle ağır metaller, deşarjın alıcı ortamdaki ekolojik dengeleri bozmayacağı ve özellikle ağır metaller, nütriyentler ve tehlikeli ve zararlı maddeler tebliği'nde belirtilecek diğer maddelerin birikim yapmayacağı bir çevresel etki değerlendirme çalışması ile isbat edilirse bu yönetmeliğin 42'inci maddesi uyarınca izin verilir.

5.5.1– Derin Deniz Deşarj Kriterleri

Atıksuların derin deniz deşarjlarıyla bertaraf edilmesi durumunda alıcı ortamlar için uygulanacak derin deniz deşarj kriterleri Tablo.5'de verilmiştir.

Tablo.5 Derin Deniz Deşarjına izin verilebilecek atıksuların özellikleri:

	<u>Sınır</u>	<u>Düşünceler</u>
pH	6 – 9	
Sıcaklık	35°C	
AKM	350	mg/1
Yağ Gres	10	mg/1
Yüzer madde	Bulunmayacak	
BOİ ₅	250	mg/1
KOİ	400	mg/1
Toplam Azot	40	mg/1
Toplam Fosfor	10	mg/1
Yüzey Aktif Maddeler		Biyolojik olarak parçalanması TSE standartlarına uygun olmayan maddelerin boşaltımı prensipte yasaktır.
Diğer Parametreler	:	Tehlikeli ve zararlı maddeler yönergesinde bu parametreler için verilen sınır değerlere uygulanmalıdır.

5.5.2– Derin Deniz Deşarjı için Diğer Hususlar

Derin deniz deşarjı için aşağıdaki hususlar dikkate alınmalıdır.

a) Derin deniz deşarjındaki ilk seyrelme (S₁) değeri 40'ın altında bulunmamalı, tercihen S₁ 100 olmalıdır.

b) Minimum deşarj derinliği 20 m. olmalı, minimum deşarj boyu ise nüfus ve debiye göre belirlenmelidir.

Nüfus	Debi	m ³	Minumum Deşarj Boru Boyu
1000	200	m ³ /gün	500 m.
1000–10.000	200–2000	m ³ /gün	1300 m.

c) Yaz aylarında T₉₀ değeri Ege ve Akdeniz'de en az 1,5 saat, Karadeniz'de ise 2 saat alınabilir. Kış aylarında T₉₀ değeri 3–5 saat civarındadır.

d) Derin Deniz Deşarjında; sıcaklık, en muhtemel sayı (EMS) olarak toplam ve fecal koliform ve katı ve yüzen maddelere ayrıca dikkat edilmelidir. Bunların deniz ortamını hızla değiştirmesinden kaçınılmalıdır.

6– BOŞALTIM İZİNİ ESASLARI

Bu yönetmeliğin esaslarına uymak şartı ile, alıcı su ortamlarına her türlü evsel ve/veya endüstriyel nitelikli atıksuların menbağından deşarjı için idare-den izin alınması mecburidir. Her atıksu deşarjı için bu yönetmelik çerçevesinde idarenin istediği çıkış suyu kalitesinin ve diğer şartların sağlanması gerekir. Alıcı su ortamına her türlü atıksu deşarjı için izin, Mahalli çevre kurullarının alacağı karar ve görüşler doğrultusunda Büyükşehir Belediye hudutları içerisinde Büyükşehir Belediye Başkanlıkları, Büyükşehir Belediye hudutları dışında ise mahallin en büyük mülki amiri yetkilidir.

6.1– Deşarj İzinin Verilmesine İlişkin Esaslar

- Atıksu deşarj izni 3 yıl süre ile geçerlidir.
- İlgili idare bir alıcı su ortamının durumuna göre alıcı su ortamına deşarj izni vermemek ve deşarjları bu yönetmelikte öngörülen sınırların ötesinde kısıtlamakla yetkilidir.
- Deşarj izni alan kurum, kuruluş ve işletmeler atıksu deşarj standartlarını aşmamaya kanunen yükümlüdürler. İzin sahibi olmak bu nedenle cezai ve hukuki müeyyideden kurtulmayı gerektirmez.
- Su ortamının durumuna ve izin sahibinin konulan hükümlere uygun şekilde deşarj yapmaması durumlarında idare deşarj iznini sınırlandırabilir veya geri alabilir.
- Derin deniz deşarj izni İller Bankası Genel Müdürlüğü'nün görüşü ve Çevre Genel Müdürlüğü'nün uygun görüşü alınmak suretiyle Büyükşehir Belediye hudutları içerisinde ilgili Büyükşehir Belediye Başkanlığı, Büyükşehir Belediye hudutları içerisinde ilgili Büyükşehir Belediye Başkanlığı, Büyükşehir Belediye hudutları dışında ise mahallin en büyük mülki amiri tarafından en geç altı ay içerisinde üç yıl süreyle verilir.

7– ATIKSU ALTYAPI TESİSLERİNDEKİ UYGULAMALAR

Atıksu alt yapı tesisleri yönetimleri Çevre Kanunun 11.nci fıkrası boyunca sorumluluk bölgelerinde oluşan atıksuların toplanması iletilmesi ve bertaraf edilmesi işlemlerini yerine getirirler. Bu yönetimler toplanan atıksuların bu yönetmelikte belirtilen esaslar çerçevesinde bertarafı ile yükümlüdür.

Bu yönetimlerin yetki sınırları içindeki taşınmaz mal sahipleri için; atıksularını bu tür ortak atıksu altyapı tesislerine bağlamak ve bu tesisleri kullanmak bir hak ve mecburiyettir.

Evsel atıksuların yazılı bir belge karşılığında endüstriyel ve karışık atıksuların ise düzenlenecek bağlantı kalite kontrol izin belgesindeki koşulları sağlaması halinde atıksu altyapı tesisleri yönetimi tarafından atıksu bağlantı izni verilir.

7.1– Kanalizasyon Sistemine Bağlantı Kısıtları

Atıksu altyapı tesisleri kapsamında inşa edilen ve işletilen kanalizasyon sistemlerine yapılacak bağlantılar aşağıdaki kısıtlamalara tabidir.

- a) Kanalizasyonun ayırık sistemde olması halinde yağmur suları ve kirli olmayan drenaj suları, kanalizasyona bağlanamaz.
- b) İzne esas olan atıksu miktarları ve özellikleri yağışsız havada belirlenir.
- c) Kesikli çalışan işletmeler, kanalizasyon sistemine bağlantı yapmadan önce ön arıtma tesislerinin gerekli olup olmadığına bakılmaksızın dengeleme havuzu inşaa etmek mecburiyetindedir. Dengeleme havuzu bulundurmeyen tesislerde izne esas olacak atıksu miktarları ve kirlilik yükleri tesisten çıkacak. Maksimum atıksu miktarı ve kalitesi dikkate alınarak tesbit edilir.
- d) Kirlletici maddeler ihtiva etmeyen soğutma sularının yetkili atıksu altyapı tesisleri yönetiminin özel onayı olmadan kanalizasyon sistemine bağlanması yasaktır.
- e) Endüstriyel atıksular ön arıtma gereğini ortadan kaldırmak üzere kirlenmemiş sularla seyreltilerek kanalizasyon sistemine verilemez.
- f) Arıtma tesisinin arıtma verimini, çamur tesislerinin işletilmesini, çamur bertarafını veya çamur değerlendirilmesini olumsuz yönde etkileyen maddeler, atıksu tesislerini tahrip eden, fonksiyonlarını ve bakımlarını engelleyen, zorlaştıran, tehlikeye sokan maddelerin atıksu altyapı tesislerine verilmesi yasaktır.

7.2 – Atıksu Altyapı Tesislerine Bağlanabilecek Atıksuların Özellikleri

Önemli kirletici atıksu kaynağı tanımına giren endüstri atıksularının atıksu altyapı tesislerine kabul edilmesi için Tablo. 6’da belirtilen standartlara uyum göstermesi şarttır.

Atıksuların özellikleri nedeni ile, atıksu altyapı tesisine doğrudan bağlantıları, atıksu altyapı tesisleri yönetimleri tarafından uygun görülmeyen endüstriler, kuruluş, işletme bakım, kontrol ve belgeleme harcamaları kendilerine ait olmak üzere bu yönetmelikle tanımlanmış olan bir ön arıtma tesisi kurmak ve işletmek yükümlüğündedir.

7.3 – Kanalizasyon Sistemine Bağlantı ve Boşaltımların Kontrol Düzeni

Atıksu üreten kurum ve işletmelerin kanalizasyon sistemine atıksu bağlantısının yapıldığı yerde veya ön arıtma tesisi çıkışında kolayca ulaşılabilen ve çalışmaya müsait bir kontrol bacası inşaa edilir. Kontrol düzeninin tesbit edemeyeceği ani dökülme ve deşarjların olabileceği kaynaklar için atıksu altyapı tesisleri yönetimleri ilave tedbirler belirtir.

Atıksu altyapı tesisleri kullanım çerçevesinde “yönetmeliğin ihlali kapsamına giren davranışların görülmesi halinde gerçek ve tüzel kişiler hakkında ilgili atıksu altyapı tesisleri yönetimleri tarafından tanzim edilecek tutanağa göre 2872 sayılı çevre kanunun 3301

sayılı kanunla değişik 20, 21, 22 ve 23.maddeleri uyarınca cezai işlem yapılır.

8 – ÇEŞİTLİ HÜKÜMLER

Yönetmeliğin bu bölümünde yeni çıkacak tebliğler denetim ve kovuşturma esasları geçici maddeler anlatılmaktadır.

8.1- Geçici Maddeler

a) Çevre Genel Müdürlüğü tarafından bu yönetmelik yürürlüğe girmeden önce kurum, kuruluş ve işletmelere verilmiş olan deşarj sınırları yönetmeliğin yürürlüğe girmesinden itibaren 3 (üç) yıl süre ile geçerlidir. Bu dönemin sonunda bu yönetmelikteki sınırlara uyulması mecburidir.

b) Büyükşehir Belediyelerinin yetki bölgesi içinde bu yönetmelik yürürlüğe girmeden önce kurum, kuruluş ve işletmelere verilmiş olan “deşarj kalite kontrol ruhsat”larında belirtiln kriterlerinin geçerliliği bu yönetmeliğin yürürlüğünden itibaren 3 (üç) yıl uzatılmıştır.

8.2– Geçiş Dönemi Uygulaması

Bu yönetmeliğin yürürlüğe girdiği tarihten başlayarak 6 (altı) ay içinde atıksu üreten ve deşarj eden ve deşarj izin belgesi ile bağlantı kalite kontrol izin belgesi bulunmayan mevcut kurum, kuruluş ve işletmeler bu konuda yetkili idareye başvurarak sözü edilen izin belgesini almak mecburiyetindedir.

Mevcut veya kurulacak tesisler için izin verilmesi, arıtma tedbirlerinin alınmasına bağlandığı takdirde atıksu altyapılarının projelendirilmesi, bağlantı yapılması, arıtma tesisi inşaatı ve işletmeye alınabilmesi için geçiş dönemleri belirlenmiştir. Bu geçiş dönemleri 1,5 yıl ile 2,5 yıl arasında değişmektedir.

9– İSKİ YÖNETMELİĞİ

İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü'nce yürütülen "Atıksuların Kanalizasyon Şebekesine Deşarj Yönetmeliği" 3009 sayılı Kanunla değişik 20.11.1981 tarih, 2560 sayılı İSKİ kuruluş Kanunu ile tanımlı ve sınırlı görev ve yetki alanı içinde halen mevcut ve yeni kurulacak tüm atıksu kaynaklarına aiz düzenlemeleri kapsamak üzere 1984 yılında yürürlüğe girmiştir.

İSKİ Yönetmeliği ile Su Kirliliği Yönetmeliği genel yaklaşımlar ve teknik kıstaslar açısından uyum sağlamakta olup, deşarj kriterleri ve arıtma zorunluluğu gibi temel kavramlarda ayrılmaktadırlar.

9.1– Ön arıtma Gereği

Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'nde tüm endüstriler için arıtma deşarj standartları verildiği halde, İSKİ Yönetmeliğinde atıksularda ön arıtma istenmektedir. Ön arıtma koşulları, kanalizasyon şebekesinin, atıksu havzalarının ve deşarj edildikleri ortamların özellikleri gözönünde alınmak suretiyle belirlenir; diğer yandan, kanalizasyon şebekesinin taşıdığı toplam debi ve yükün %1 den fazla veya endüstriyel atıksu debisi 100 m³/günden fazla olan edüstriyel atıksu kaynakları "Önemli Kirlletici Kaynaklar" olarak tanımlanır.

Önemli kirlletici kaynakların atıksu özellikleri; aşağıda belirlenen kalite ölçülerinin herhangi birinden yüksek ise ön arıtma uygulanır. Tekil bir atıksu örneğinde izin verilebilir maksimum değerler veya İSKİ standartları aşağıdadır.

Tablo 25: Atıksuların atıksu altyapı tesislerine deşarjında öngörülen atıksu standartları

Parametre	Kanalizasyon sistemleri tam arıtma ile sonuçla- nan atıksu altyapı tesis- lerinde	Kanalizasyon sistemleri derin deniz deşarjı ile sonuçlanan atıksu alt- yapı tesislerinde
Sıcaklık (°C)	40	40
pH	6.5-10.0	6.0-10.0
Akıda kntı madde (mg/l)	500	350
Yağ ve gres (mg/l)	250	50
Katran ve petrol kö- kenli yağlar (mg/l)	50	10
Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) (mg/l)	4000	600
SO ₄ ²⁻ (Sülfat) (mg/l)	1000	1000
Toplam Sülfür (S) (mg/l)	2	2
Fenol (mg/l)	20	10
Serbest klor (mg/l)	5	5
Toplam azot (N) (mg/l)	- (a)	40
Toplam fosfor (P) (mg/l)	- (a)	10
Arsenik (As) (mg/l)	3	10
Toplam siyanür (Toplam CN ⁻) (mg/l)	10	10
Toplam kurşun (Pb) (mg/l)	3	3
Toplam kadmiyum (Cd) (mg/l)	2	2
Toplam krom (Cr) (mg/l)	5	5
Toplam civa (Hg) (mg/l)	0.2	0.2
Toplam bakır (Cu) (mg/l)	2	2
Toplam nikel (Ni) (mg/l)	5	5
Toplam çirke (Zn) (mg/l)	10	10
Toplam kalay (Sn) (mg/l)	5	5
Toplam gümüş (Ag) (mg/l)	5	5
Cl ⁻ (Klorür) (mg/l)	10000	-
Yüzey aktif maddeler	Biyolojik olarak parçalanması Türk Standartlarına Enstitüsü standartlarına uygun olmayan maddeler- rin boşaltım prensip olarak yasaktır.	

(a) Bu parametrelere atıksu değeriendirilmesinde bakılmıyacaktır.

Parametre	İzin Verilebilir Maksimum değer	
Bois	250	mg/1
KOİ	800	mg/1
AKM	350	mg/1
Toplam Azot (N)	30	mg/1
Toplam Fosfor (P)	8	mg/1
Yağ ve Gres	50	mg/1
Anyonik Yüz. Akf. Mad.	5	mg/1
Arsenik (As)	3	mg/1
Antimon (Sb)	3	mg/1
Kalay (Sn)	5	mg/1
Bor (B)	3	mg/1
Kadmiyum (Cd)	5	mg/1
Toplam Krom (Cr)	5	mg/1
Bakır (Cu)	10	mg/1
Kurşun (Pb)	3	mg/1
Nikel (Ni)	10	mg/1
Civa (Hg)	1	mg/1
Gümüş (Ag)	5	mg/1
Toplam Siyanür (CN)	10	mg/1
Balık Biyodeneyi	100%	
Sülfat (SO-2)	1000	mg/1
Sıcaklık	40°C	
Fenol	10	mg/1
Toplam Sülfür	2	mg/1
pH	5,5-10	

9.2 İSKİ Yatırım ve İşletme Giderlerine Katılım

Atıksu kaynaklanan her kuruluş Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliğinde atıksu arıtma tesisi yapmakla yükümlüdür.İSKİ Yönetmeliğine göre; atıksu kaynağı olan her kuruluş, Yönetmeliğinin 3. Maddesinin (d) fıkrası uyarınca kullandığı ortak tesisler

(Kanalizasyon Şebekesi, Arıtma Tesisi, Deniz Deşarjı vs. İçin yatırım ve işletme giderlerine İSKİ’ce saptanan oranlar dahilinde katılır.

Parametreleri, İSKİ limitlerini aşan kuruluşlar İSKİ’nin onayınca saptanan değer üzerinden İSKİ Yatırım ve İşletme Giderlerine katılırlar.

$$\text{Yatırım Gideri } Y = 10000 \times V \times K \left(3 \left(\frac{C - C_t}{C_t} \right) + 17 \right)$$

$$\text{İşletme Giderleri} \quad I = axV \left(\frac{I}{3} \left(\frac{C-C_t}{C_t} + 1 \right) \right)$$

Yatırım giderlerine katılmayan her endüstriyel atıksu kaynağı kanalizasyon ve arıtma tesisleri işletme giderlerine aşağıda belirlenen formüle göre saptanacak oranda katılırlar.

$$I = axV \left(\frac{C-C_t}{C_t} + 1 \right)$$

İSKİ gerekli gördüğü hallerde kanal yapısını bozan arıtma tesisinin çalışmasını engelleyen ve zehirli maddeler içeren atıksu kaynakları yatırım ve işletme giderlerine katılmış olsalar bile bir ön arıtma isteyebilir.

Not: 1990 yılından itibaren Yatırım ve İşletme Giderlerine katılma payları kaldırılmıştır.

KAYNAKLAR

Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, Resmi Gazete sayı 19910 Tarih 4 Eylül 1988

İSKİ Atıksuların Kanalizasyon Şebekesine Deşarj Yönetmeliği

Çevre Kanunu: Kanun No 2872 Resmi Gazete, sayı 18132 Tarih 11 Ağustos 1983

Türk Çevre Mevzuatı: Türkiye Çevre Sorunları Vakfı Ankara Aralık 1988

FİZİKSEL ARITIM

Kimya Y. Müh. SEMİH ABUT

BORAL Mühendislik ve Taahhüt A.Ş.
Vali Konağı Cad. YKB Han 4-2
Nişantaşı-İSTANBUL

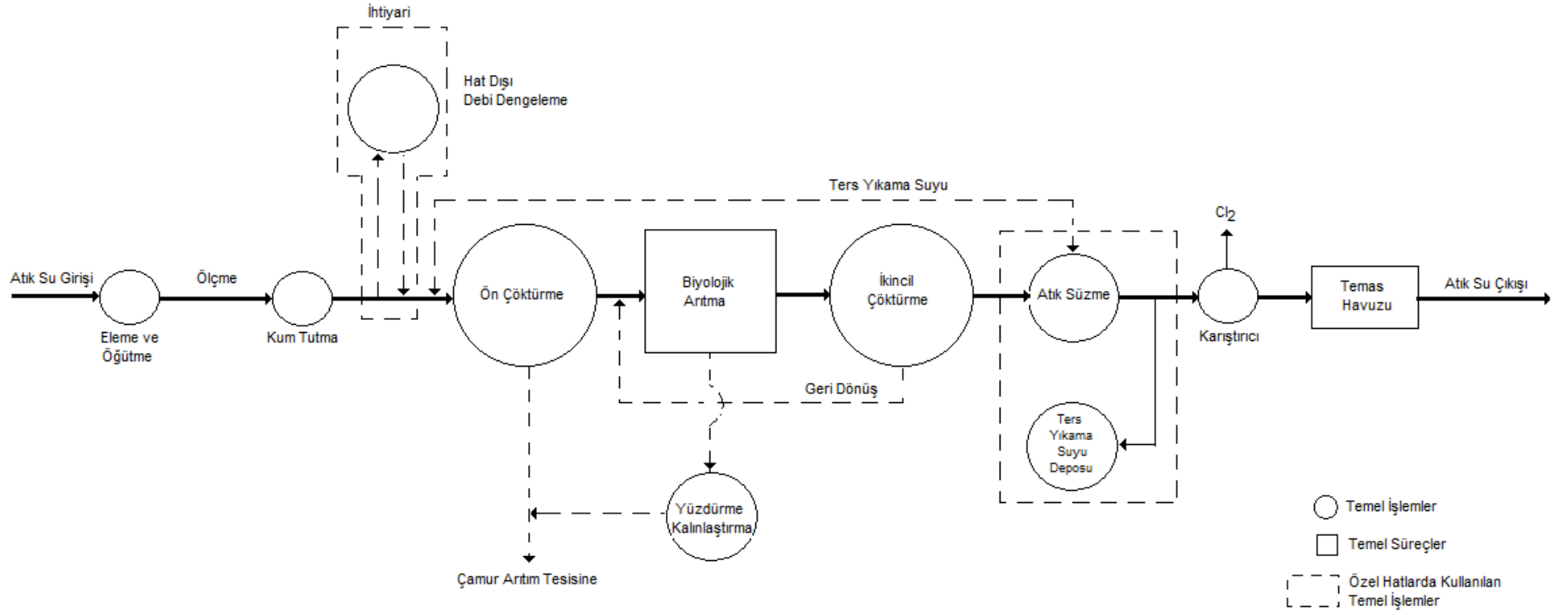
Atıksu arıtma tesislerinde üç grup temel işlem ve süreç vardır. Bunlar:

- Fiziksel işlemler
- Kimyasal süreçler
- Biyolojik süreçlerdir.

Genel olarak fiziksel işlemler sayıca fazladır, ancak Kimyasal ve biyolojik süreçler de çok önemli rol oynarlar. Şekil a'da bir atıksu arıtma tesisinde fiziksel işlemlerin muhtemel yeri görülmektedir. Başlıca fiziksel birim işlemler:

- Eleme : Kaba ve çökebilir katıların çarpma suretiyle karşılanarak elenmesi
- Öğütme : Kaba katı parçacıkların yaklaşık aynı ebatlara öğütülmesi
- Kum Tutma : Atıksudaki kum, çakıl, kül gibi organiklerden farklı özgül ağırlıktaki maddelerin ayrıştırılması
- Dengeleme : Debi, BOİ ve AKM yüklerinin dengelenmesi
- Karıştırma : Kimyasallar ve gazların atıksu ile karıştırılması veya katıların askıda tutulması
- Yumaklaştırma : Gravite ile çökmelerini sağlamak için, küçük parçacıkların daha büyük yumaklar haline getirilmesi
- Çöktürme : Çökebilir maddelerin ayrıştırılması ve çamurun kalınlaştırılması
- Yüzdürme : Yoğunlukları suyununkiye yakın olan askıdaki ince parçacıkların yüzdürülerek alınması
- Süzme : Biyolojik veya kimyasal arıtmadan sonra kalan ince askıdaki katıların süzülerek ayrıştırılması
- Mikro-eleme : Görevi süzmedeki gibidir.

Başlıca fiziksel işlemler sırasıyla ele alınacaktır.



Şekil A- Atıksu Arıtma Tesislerindeki Temel İşlemler

ELEME

1.Tanım ve İşlev

Genel olarak atıksu arıtma tesislerinde ilk rastlanan temel işlem elemedir.

Eleme, kaba ve çökebilir katı parçaların engel oluşturma suretiyle alıkonma işlemidir. Bu işlem genel olarak uniform boyutta açıklıklara sahip olan elekler tarafından gerçekleştirilir.

Eleme işleminin amacı atıksu içinde bulunan kaba katı maddelerin uzaklaştırılması suretiyle, arıtma tesisindeki pompa ve diğer mekanik teçhizatı korumak, vana, boru ve benzeri aktarma cihazlarının tıkanmasını önlemektir. Kaba katı maddeler bezler, sopalar, tahta parçaları ve atıksuyu ne şekilde karıştığı açıklanamayan maddelerdir. Bunun dışında tesise gelecek katı atık yükü hafifletilmiş ve yüzücü maddeler tutulmak suretiyle dezenfeksiyon işlerinin verimi artırılmış olur.

2 . Izgaralar

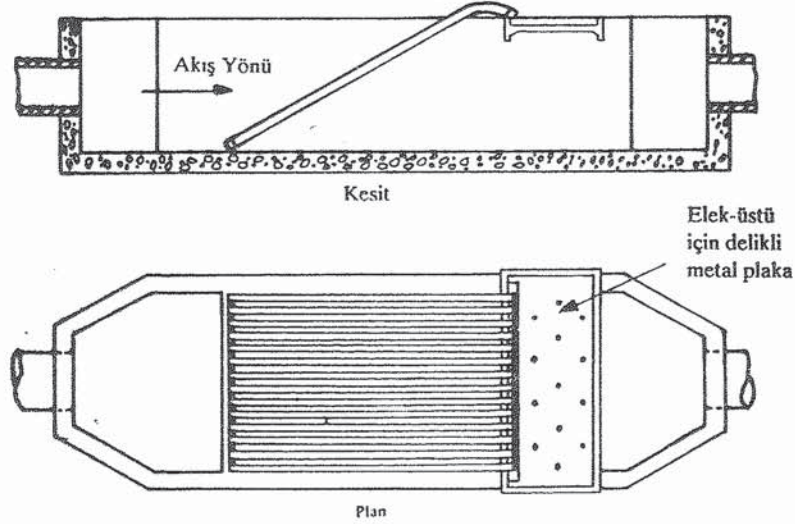
Uygulamada en fazla kullanılan eleyiciler ızgaralardır. Izgaralar ‘elle temizlemeli’ ve ‘mekanik temizlemeli’ olarak sınıflandırılmaya tabi tutulurlar. Bu iki tip ızgaranın bazı özellikleri aşağıdaki tablo’da verilmiştir.

Tablo 1 ‘ Elle temizlemeli’ ve ‘Mekanik temizlemeli’ Izgaraların Tasarım Bilgileri Karşılaştırılması

Tanım	Elle Temizlemeli	Mekanik Temizlemeli
<u>Çubuk Boyutu</u>		
Genişlik, mm	5 – 15	5 – 15
Derinlik, mm	25 – 75	25 – 75
Çubuk aralığı,mm	25 – 50	15 – 75
Dikeye göre eğim, derece	30 – 45	0 – 30
Yaklaşma hızı, m/s	0.3 – 0.6	0.6 – 1.0
Kabul edilebilir yükseklik kaybı, mm	150	150

2.1 Elle Temizlemeli Izgaralar

Şekil 1 bir elle temizlemeli ızgarayı örneklendirmektedir.



Şekil 1– Elle Temizlemeli Izgara

Elle temizlemeli ızgaralar genellikle küçük boyutlu arıtma tesislerinde kullanılır. Önceleri 10.000 kişilik nüfusa kadar elle-temizlemeli ızgaralar tercih edilebiliyordu. Artık küçük tesislerde dahi mekanik temizlemeli ızgaralar tercih edilmektedir. Böylece iş gücünden tasarruf edildiği gibi, tıkanma dolayısıyla taşma gibi sorunlar da önlenmektedir.

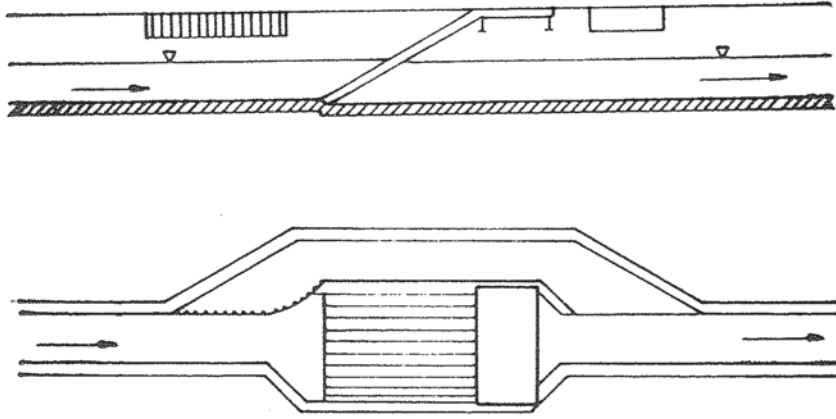
Izgaranın boyu, tutulan maddeler tırmıkla alınabilecek şekilde ayarlanmalıdır. Izgaranın üst tarafından delikli bir drenaj plakası olmalı ve tutulan maddeler geçici olarak burada bırakılmalıdır. Burada su drene olur ve katı maddeler tasfiye edilmek üzere alınır.

Izgaraların alüminyum veya paslanmaz çelik malzemeden yapılması gerekir.

Genel olarak yabancı maddelerin ızgarada tutulabilmesi için yaklaşma hızının 0.45 m/s gibi bir değerle sınırlandırılması uygundur. Hızı düşürmek için kanal kesiti daha geniş tutulabileceği gibi, ızgara daha yatık bir eğimle de yerleştirilebilir. Yabancı maddeler ızgarada biriktiği sürece, basınç yükselecek ve ızgara daha fazla suya batmış duruma geçecektir. Izgaranın yapısal tasarımı tamamen tıkanması durumunda çökmesini önleyecek biçimde olmalıdır.

Kanalın derinliği belirlenirken ızgaranın altındaki istinad parçasının da mevcudiyeti dikkate alınmalıdır.

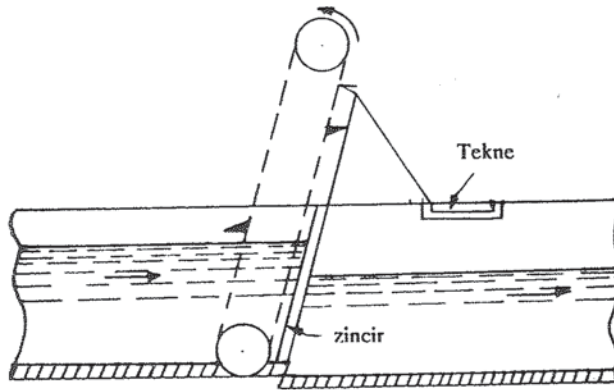
Tamir, arıza ve esas ızgaranın tıkanması gibi haller ve yağmurlu havalarda feyezan suları düşünülerek ızgaranın çevresine bir by-pass ve taşma kanalı yerleştirilmelidir. (Şekil 2). Bu kanal girişine de ayrıca, kaba bir ızgara düşey olarak ve 100 mm çubuk aralıklı konulması yararlıdır.



Şekil 2– Kaba ızgara etrafında By-pass Kanalı.

2.2 Mekanik Temizlemeli ızgaralar

Şekil 3 mekanik temizlemeli ızgaraları örneklendirmektedir.



Şekil 3– Mekanik Temizlemeli ızgara

Mekanik – temizlemeli ızgara satın alınacak bir ekipmandır. Ancak tasarım mühendisi aşağıdaki gibi bilgileri hazırlamalıdır.

- Izgara kanalının boyutları
- Kanalda su seviyesinin değişkenliği
- Çubuklar arasındaki aralık
- Izgaranın hangi yöntemle kontrol edileceği

İki ızgara ünitesi paralel kullanıldığı takdirde, biri işletmederken diğeri bakıma alınabilir. Kanalda memba ve mansap taraflarında, engelleme kalasları için yarıklar bırakılmalıdır. Bu suretle boyama, zincir kablo veya dişli değiştirme, çubuk düzeltme gibi bakım işlemleri yapılabilir. Sadece bir ekipman kullanılırsa, elle-temizlenen bir ızgarası olan ikinci bir kanal mutlaka by-pass olarak öngörülmelidir. Normal işletmede by-pass kanalı engelleme kalasları veya kanal kapağı ile kapatılmış olmalıdır.

Genellikle tarakların hareketi sonsuz zincir ve zincir dişlileri sayesinde sağlanır. Eşdeğer nüfusu 20.000'e kadar olan yerlerde makina ile temizlenen epri çubuklu ızgaralar kullanılabilir. Nüfusun 20.000'i geçtiği yerlerde düz çubuk kullanılması pratiktir.

Genel olarak ızgaraların "Kapat", "Manuel" ve "Otomatik" kontrolleri mevcuttur. Manuel'de ızgaralar sürekli çalışırlar. Otomatikte, ızgaradaki tıkanma belirli bir düzeye varınca temizleme mekanizması otomatik olarak harekete geçer. Bu düzey tıkanma sonucu, menba ve mansap taraflarındaki seviye farkının belirli bir değere ulaştığı düzeydir. Pratikte bu değer en fazla 0.6 – 0.7 m'dir. Temizleme mekanizması 10 – 15 dk. Çalıştıktan sonra memba ve mansap taraflarındaki kot farkı rahatlıkla sıfıra inmiştir ve artık temizleme mekanizmasının çalışmasına gerek kalmamıştır.

Izgara mekanizmaları yer üstünde ise bir metal kılıf içinde muhafaza edilir. Mekanizma kanal içerisinde ise, işletme zorluğu dikkate alınarak metal muhafaza kullanılmaz.

Tutulan maddelerin ızgara eleği üzerinde birikmes, zamanla koku ve sinek oluşumuna neden olabilir. Çoğu kez bunların ızgarayı izleyen bir öğütücüde parçalanarak, çökeltim havuzundaki çamurla çökmesi sağlanır. Bu tip bir öğütücü ile teçhiz edilmiş bir ızgara Şekil. 4'te gösterilmiştir.

2.3 Tutulan Maddelerin Uzaklaştırılması

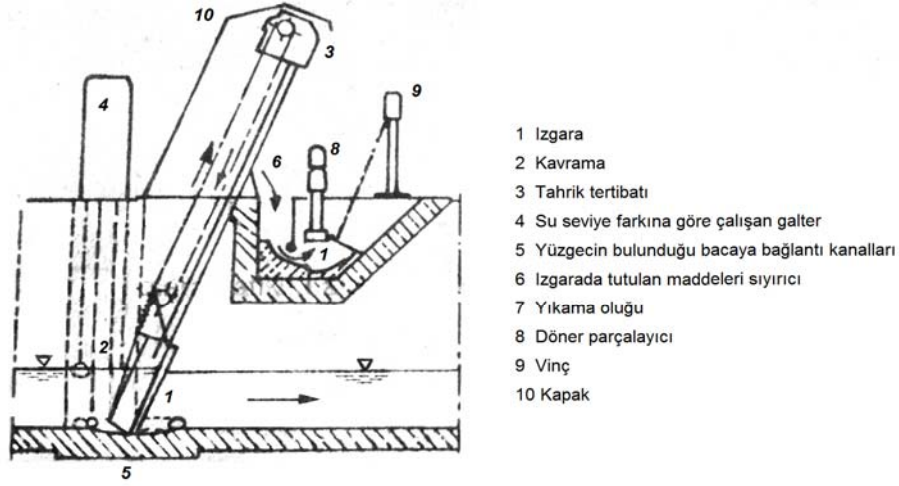
Tutulan maddelerin uzaklaştırma yöntemleri:

a)çöpe karıştırma

b)toprağa gömme

c)yakma

d)öğütölerek parçalandıktan sonra tekrar ızgara önündeki suya iade edilmek üzere arıtma tesisinde muameleye tabi tutmalıdır.



Şekil 4 - Öğütücü ile Teçhiz Edilmiş Izgara

2.4 Izgara ve Kanal Tasarımında Dikkat Edilecek Hususlar

Temiz ızgaralarda yükseklik kaybı aşağıdaki formülle hesaplanabilir.

$$h_L = \beta \left(\frac{w}{b} \right) h_v \sin \theta$$

h_L = yükseklik kaybı, m

β = Çubuk şekil katsayısı (bkz. Tablo 2)

w = max. Çubuk genişliği, m

b = min. Çubuk aralığı, m

h_v = ızgaraya gelen akış hız yüksekliği, m

θ = ızgaranın yatayla açısı

Yukarıdaki formül temiz ızgaralar için geçerlidir. Izgara tıklandıkça yükseklik kaybı artmaktadır.

Tablo 2 β Katsayısı

Çubuk tipi	
Keskin üçlü dikdörtgen	2.42
Dikdörtgen, menba tarafı	
yarı dairesel kesitli	1.83
Dairesel	1.79
Dikdörtgen, menba ve mansap uçları yarı dairesel kesitli	1.67

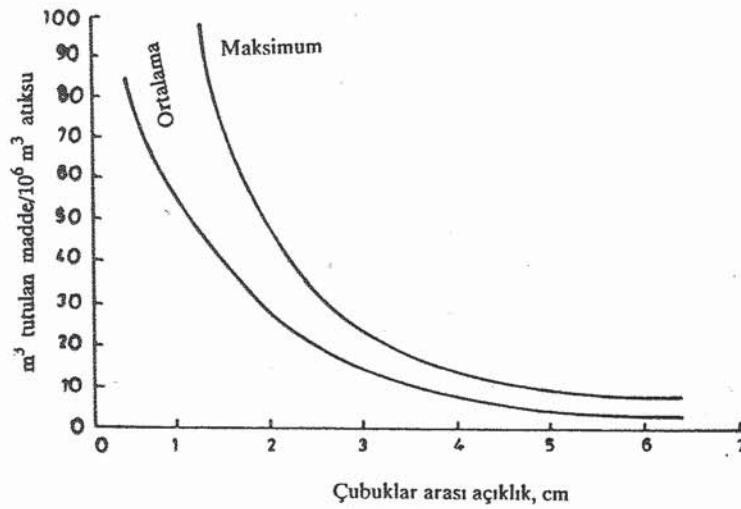
Kanaldaki akış hızı kendi kendine sürüklenme değeri 0.4 m/s'den az olmamalıdır.

Kanaldaki akış hızı ızgarada tutulan maddeleri sürükleyip götürecektir. Değer olan 1 m/s'den az olmalıdır.

Izgara aralıklarından geçen akış hızı ise, ızgara temiz iken 0.61–1.21 m/s değerleri arasında tavsiye edilmektedir.

2.5 Tutulan Madde Miktarı

Tutulan madde miktarı kullanılan ızgara veya elek'e, ayrıca kanalizasyon sistemi ve coğrafi bölgeye bağlıdır. Izgaralarda tutulan madde miktarı



Şekil 5– Mekanik Temizlemeli Izgaralarda Tutulan Madde Miktarı

0.0035–0.375 m³/1000 m³ atıksu; ortalama bir değer 0.015 m³/100 m³'dür. Şekil 5 çubuklar arasındaki açıklığa karşı ortalama tutulan madde miktarını vermektedir.

Eleklerde toplanan katı madde miktarı ise yaklaşık olarak 0.0375–0.225 m³/1000 m³ atıksu olarak belirlenmiştir ki bu da askıda katı maddenin % 5–15'ne tekabül eder.

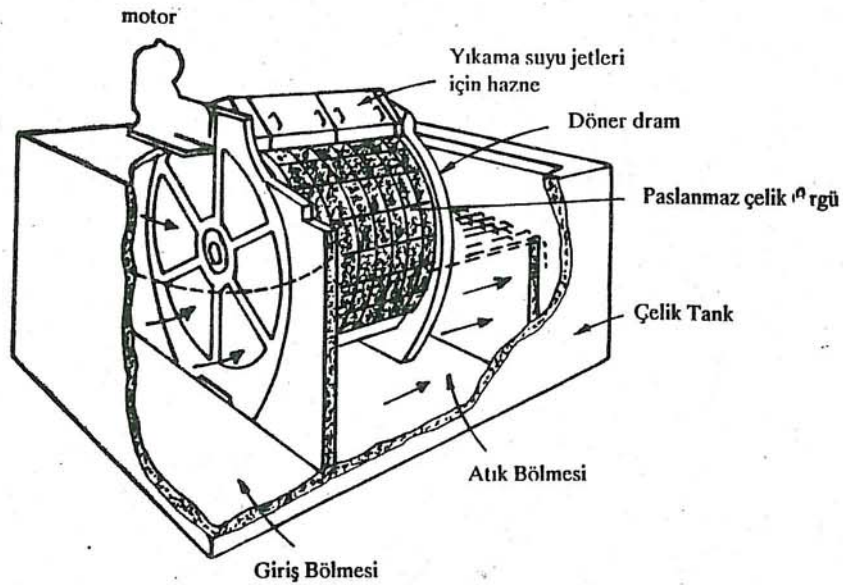
3– Elekler

Günümüzde kaba elekler genellikle disk veya dram tipi olup, paslanmaz çelik veya demir–dış metal tel örgülüdür. Açıklıklar genellikle 6–20 mm arasındadır.

Disk tipi elek'in düşey dairesel bir eleme alanı olup, bir miktar su yüzeyi üzerinde kalan yatay bir milin etrafında döner. Bunların çapı 1.2 – 5.5 m arasında değişkendir. Dram tipi elek yaklaşık 4 dev/dak yatay eksen etrafında döner ve yarıdan bir nebze az batık olarak çalışır. Atıksu dramın bir ucundan girer ve elek kumaşından dışarı çıkar. Dram eleklerin çapı 1–1.5 m, boyları ise 1.2–3.7 m arasında değişkendir.

Disk ve dram tipi eleklerde, katılar dönme suretiyle su yüzeyinin üstüne taşınır ve yüksek basınçlı jetlerle alıcı oluklara atılır.

Şekil 6 dram tipi bir elek'i örneklendirmektedir.



Şekil 6– Bir mikroetek

KUM TUTMA

1-Tanım ve İşlev

Atıksu arıtma tesislerinde kum tutma tabir edilen işlem kum, çakıl, kül hatta yumurta kabuğu, kemik parçası, cam ve metal bazı maddeleri atıksudan ayırmak için öngörülmüştür.

Kum (grit)'deki maddelerin büyük bir bölümü aşındırıcıdır ve pompa ve çamur susuzlaştırma ekipmanları gibi mekanik aksamda aşınmaya neden olabilir. Ayrıca kum kalıntıları hidrolik kuvvetin düşük olduğu boru, tank, durultucu bölgelerinde yağ absorplar ve katılaşabilir. Bunun dışında, kum tabir edilen maddeler biodegradable (biyolojik olarak bozunabilir) olmadıklarından, çamur çürütücü-lerde lüzumsuz yer işgal edebilirler. Tüm bu nedenlerle kumları, organik askıda katı maddeden ayır-mak gerekir.

Atıksudaki kum miktarı yöresel, iklimsel koşullar ve evsel sanayi atıksu özelliklerine bağlı olarak değişkendir: 4-200 m³/106 m³ arasında olduğu belirlenmiş ve ortalama bir değerin 15 m³/106 m³ arasında olduğu belirlenmiş ve ortalama bir değerin 15 m³/106 m³ atıksu olacağı kabul edilmiştir.

Başlıca kum tutucu tipleri yatay – akış ve havalandırmalı tiplerdir. Yatay akış tipinde akış kanal şeklindeki kum tutucu boyunca yatay yöndedir ve akışın doğrusal hızını ünitenin boyutları veya çıkıştaki özel savakın boyutları belirler. Havalandırmalı kum tutucuda helezoni akışlı bir havalandırma tankı mevcuttur ve helezoni akış ünitenin boyutları ve tanka verilen hava miktarı ile kontrol altında tutulur.

2-Yatay Akışlı Kum Tutucular

Yatay akışlı kum tutucular 0.2 mm çaplı 2.65 özgül ağırlığı olan parçacıkları çöktürmek üzere tasarlanmıştır. Bu tip kum tutucularda yatay akış hızını 0.3m/s civarında tutmak çok önemlidir. Bu değerin %25 üzerine çıktığı takdirde, bir miktar kum çökelmeye tabi olmadan atık su ile sürüklenir. Bu değerin %25 altında kaldığı takdirde hedef alınmayan organik parçacıklar da çökebilir.

Uygulamada akış miktarı değişken olacaktır. Buna karşılık hızı sabit tutmak için bazı önlemler almak gerekir. (Şekil1)

Öncelikle akış kanalının, birbirine paralel iki bölme halinde tasarlanması önerilir (Şekil 1a). Böylece normal debide bir bölme çalıştırılıp,

pik debide her iki bölme çalıştırılabileceği gibi; bir bölme çalıştırılırken diğer bölmedeki kum tasfiye edilebilir.

Bunun dışında kanalın çıkışında bir oransal savak kullanımı (Şekil 1b) veya kanal kesidinin parabolik seçilmesi hızı sabit tutmayı sağlayan yöntemlerdir. Pratikte, parabolik keside yakın bir trapezoidal kesit (Şekil 1c) inşa edilir.

Örnek – Kanal Tipi Kum Tutucu İlke Tasarımı

(Peavy, Rowe, Tchobanoglous, Enviromental Engineering'den). Bu ilke tasarımı kavramları belirtmek açısından verilmektedir. Ayrıntılara girilmemiştir.

Bir kum tutucu çapları 0.2 mm, özgül ağırlığı 2.65 kolan parçacıkları tutmak için tasarlanmaktadır. Çökelme hızı şekil faktörüne bağlı olarak 0.016– 0.022 m/s arasında olabilecektir. Maksimum atıksu debisi 10.000 m³/gün için kanal boyutları ne olmalıdır.

Çözüm

1. Dikdörtgen bir kesit ve derinlik (D): 1.5 x genişlik (w) kabul edelim.

$$A = w \times 1.5 w = 1.5 w^2$$

$$= Q/v = \frac{10.000 \text{ m}^3}{\text{gün}} \times \frac{\text{s}}{0.3 \text{ m}} \times \frac{\text{gün}}{86.400 \text{ s}}$$

$$= 0.39 \text{ m}^2$$

$$w = 0.51 \text{ m}$$

$$D = 0.76 \text{ m}$$

2. Çökelme hızı 0.02 m/s kabul edilerek, tutma süresi:

$$t = D/v$$

$$= 38 \text{ s} \times 0.3 \text{ m/s}$$

$$: 38 \text{ s}$$

3. Uzunluğun bulunuşu

$$L = t \cdot nh$$

$$= 38 \text{ s} \times 0.3 \text{ m/s}$$

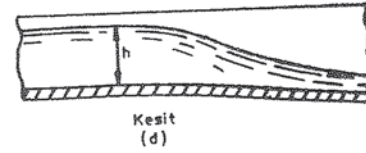
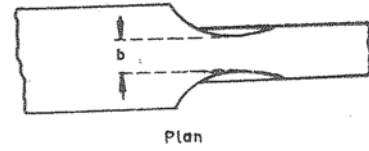
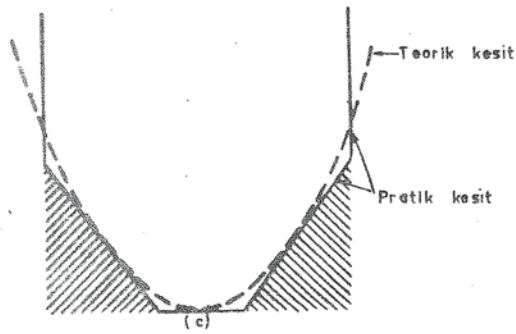
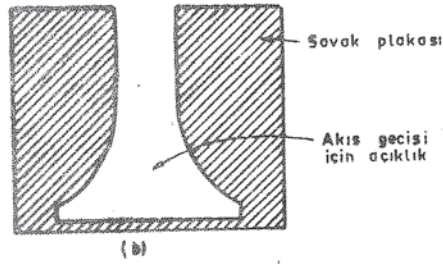
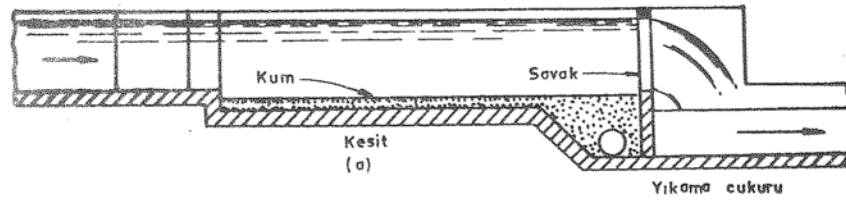
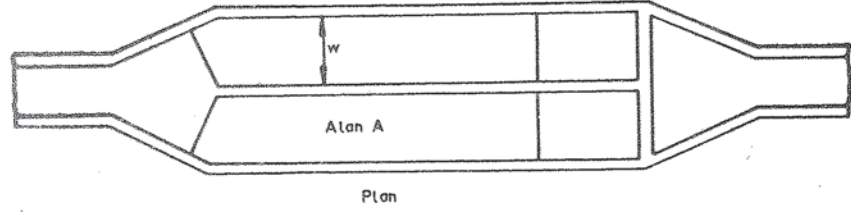
$$= 11.4 \text{ m}$$

Kanal boyutları

$$\text{genişlik} = 0.51 \text{ m}$$

$$\text{derinlik} = 0.76 \text{ m}$$

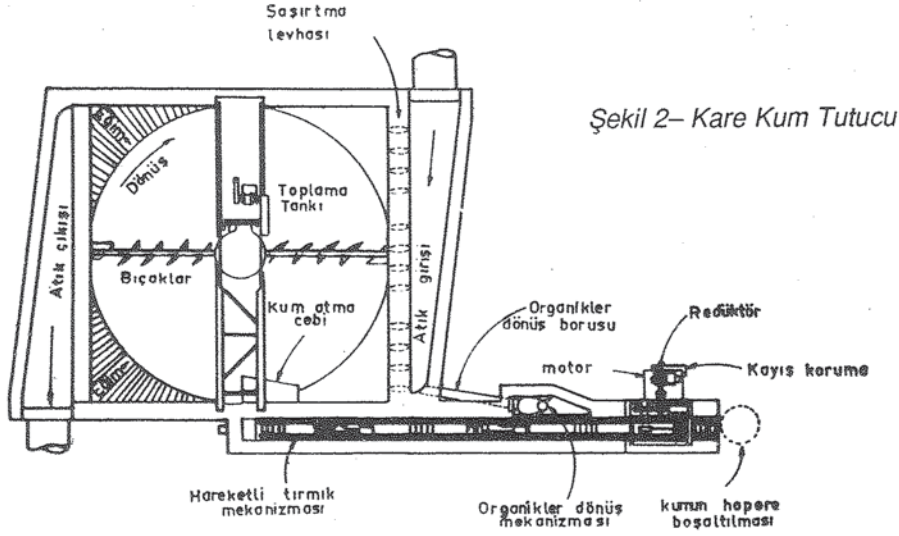
$$\text{uzunluk} = 11.4 \text{ m}$$



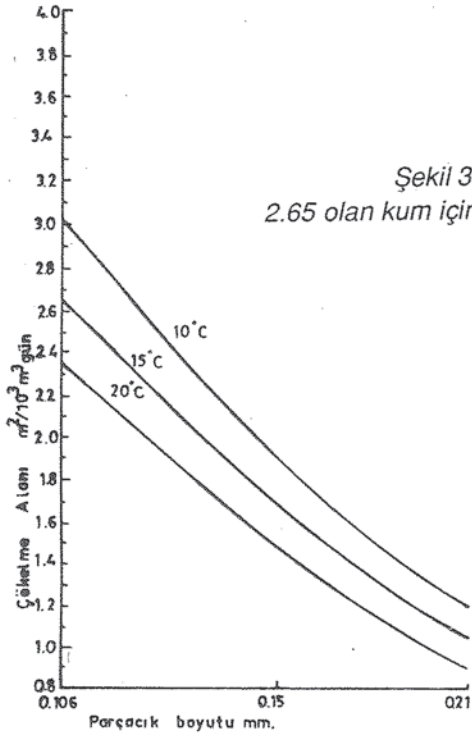
Şekil 1 Kum Tutucu Hızını Sabit Tutmak için Alınan Önlemler
a) Savak kontrolü çift bölmeli kum tutucu b) Oransal akış savağı
plakası c) Kanal kesiti d) Çıkış Boğazı $Q = kbh^{3/2}$

3- Kare Kum Tutucular

Kare kum tutucu Şekil 2'de örneklendirilmiş olup, bunlardan 2 adet kullanılması tavsiye edilir. Bu tanklar parçacık çapı ve atıksu sıcaklığına bağlı olan yükselme hızlarına göre tasarlanır. Tipik tasarım eğrileri Şekil 3'de verilmiştir.



Şekil 2- Kare Kum Tutucu



Şekil 3- Atıksuda özgül ağırlığı 2.65 olan kum için belirtilen sıcaklıklarda gerekli alan

Kare kesitli kum tutucularda, katılar döner mekanizmayla havuzun bir köşesindeki çukura taraklanır ve buradan bir meyil boyunca itişli bir tarak mekanizmasıyla alınır. Meyil boyunca organik katı maddeler kumda ayrışır ve havuza geri dönerler. Böylece daha temiz ve kuru bir kum elde edilir. Kum tutucular zaman zaman temizliğe tabi tutulur.

4- Havalandırmalı Kum Tutucular

Yatay akışlı kum tutucularda kum yıkama ekipmanlarına gerek duyulması ve kum taşıma ekipmanlarındaki aşırı aşınma, özellikle büyük arıtma tesislerinde havalandırmalı kum tutucuların tercih edilmesine neden olmuştur. Havalandırmalı kum tutucuların diğer bir faydası da, istenmeyen gazların atıksudan sıyrılması ve havalandırma sayesinde atıksuyun aerobik duruma getirilmesi ve arıtımının kolaylaştırılmasıdır.

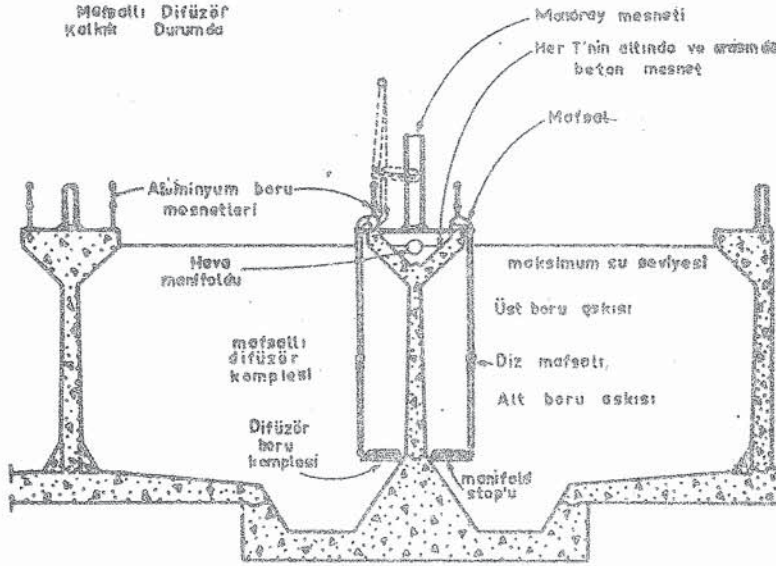
Sıkıştırılmış hava enjeksiyonu ile yaratılan türbülans hafif organik katı partikülleri askıda tutarken, daha ağır olan kum dibe çöker.

Bu tip kum tutucuda yatay hız değil, yuvarlama hızı (karıştırma hızı) tayin edicidir. Bu hız çok yüksekse kum havuzdan dışarı taşınır; çok düşükse organik katı maddeler de kumla birlikte çökebilir. Fakat hava miktarıyla oynamak suretiyle bu hızın rahatça ayarlanabilmesi talihli bir durumdur. Havalandırmalı kum tutucuların boyutlandırması pik debide tutma zamanına göre yapılır. Tipik tasarım parametreleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1- Havalandırması Kum Tutucular için Tipik Tasarım Verileri

Tanım	Değer Aralık	Tipik
Boyutlar		
Derinlik, m	2-5	
Uzunluk, m	7.5-20	
Genişlik, m	2.5-7.0	
Genişlik-derinlik oranı	1:1-5:1	2 :1
Pik Debide Tutma zamanı, dk	2-5	3
Hava miktarı $m^3 / dk. m$ uzunluk	0.15-0.45	0.3
Kum ve Çamur miktarı $Kum, m^3/10^3 m^3$	0.004-0.200	0.015

Şekil 4 bir havalandırmalı kum tutucu örneklendirmektedir.



Şekil 4— Havalandırmalı Kum Tutucu

Toplanan kum, monoray üzerinde hareketli kepçe, zincir, kovalı, vidalı, konveyörler, pompalar, hava ile kaldırma yöntemlerle uzaklaştırılabilir.

5- Kum'un Tasfiyesi

Bazı kumlar, özellikle yatay akışlı kum tutuculardan çıkan kumlar, fazla miktarda biyolojik bozunur organik madde içerebilir. Bu organik madde kötü kokuya neden olabilir, sinek, fare vs. davet edebilir. Bu nedenlerle bu tür kumlar yıkanmalıdır. Yıkama tarak veya vidalı oluklarda yapılır, kum ve organik madde birbirinden ayrıştırılır.

Kum tesiste yığıldığı alandan kamyonlarla boşaltma sahasına nakledilir.

Kum zemine yağma yerine yükseğe kaldırılarak hopperlerde de bekletilebilir: hopper altındaki kapakçıklar açılarak kum tasfiye kamyonlarına boşaltılır. Hopperlerdeki yapışmayı kırmak için hava ile kabartma yapılabilir veya silo vibratörü kullanılır. Kum yükseğe kaldırmadan prometik yöntemle (hava ile) de boşaltma sahasına nakletmek bir başka usuldür.

Kumun nihai tasfiyesi saniter usullerle gömme, ya da insinere ederek (yakarak) steril bir kül haline getirmedir.

DENGELEME

1- Tanım ve İşlev

Atıksu arıtma tesislerinde atıksu debileri genellikle sabit değildir. Debi dengeleme işleminin amacı bu değişkenliklerden meydana gelen çeşitlilik durumlarını sabitleştirmek ve mansap tarafındaki ekipmanlara düzenli ve kararlı bir akış sağlamaktır.

Debi dengeleme havuzu debideki değişkenlikleri bünyesinde bertaraf eden bir depolama tankıdır.

Dengeleme havuzu hat üzerine veya hat dışına yerleştirilebilir. Hat-üstü dengelemede atıksu hattı dengeleme havuzu üzerinde geçer: yani dengeleme havuzu seri konumundadır. Hat dışı dengelemede ortalama günlük debinin üzerindeki debi fazlası by-pass'a yerleştirilmiş dengeleme havuzundan geçirilir; yani dengeleme havuzu paralel konumdadır.

Dengelemenin yararları:

- dengelemeden sonra atıksuyun arıtılabilirlik özelliği artırılır.
- müteakip biyolojik arıtma iyileştirilir zira şok yüklerden gelen inhibitor maddelerin etkisi ve pH değişiklikleri kararlılığa kavuşur.
- Katı yüklemedeki sabitlik ikincil çöktürme tanklarının performanslarını artırır; yüzey alan gereksinimlerini azaltır.
- atık filtre alanı gereksinimleri azalır ve filtre performansı yükselir.
- sabit yükleme yapılması, bilahare kimyasal madde dozlaması ve süreç denetim (proses kontrolü) da iyileştirir.
- Pik yüklerin fazla olduğu tesislerde bir tek dengeleme havuzuyla yükü almak ve müteakip ünitelerin yükünü azaltmak ekonomik bir alternatiftir.

Hat-üstü dengelemenin yararı atıksu içindeki tüm yapıcı maddelerin dengelenmesindeki başarısıdır. Hat dışı dengeleme atıksu maddelerini dengeleme, bunlara yeknesaklık kazandırmada o denli başarılı değildir. Buna karşılık pompalama gereksinimlerini azaltır; sadece ortalama debi fazlasını dengeleyip pompalamak yeterli olabilir.

2- Dengelemenin Konumu

Dengeleme havuzunun optimum konumu her atıksu arıtma tesisi için ayrıca etüd edilmelidir.

Genel olarak dengeleme eleme ve kum tutma işlemlerinden sonra yapılmalıdır.

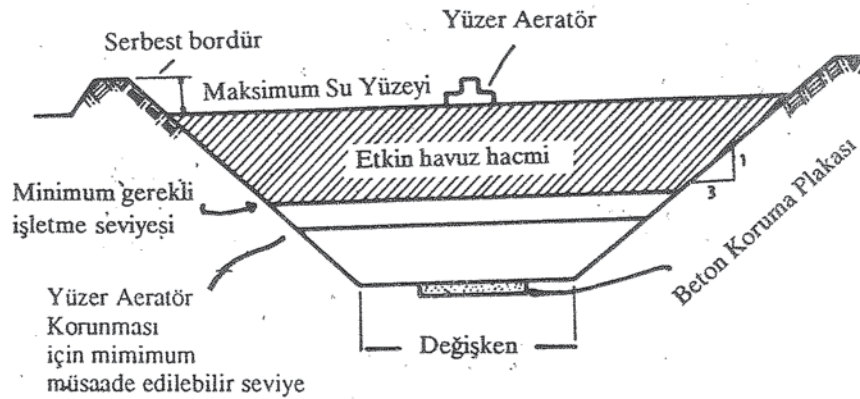
Dengeleme havuzu birincil arıtma işleminden önce yerleştirilebilir. Ancak bazen dengelemenin birincil arıtmadan sonra ve biyolojik arıtmadan önce yapıldığına da rastlanır. Zira birincil arıtmadan sonra yapılan dengelemede çamur ve köpük sorunları azalacaktır. Birincil ve biyolojik arıtmadan önce yapılacak dengeleme tasarımında katıların çökelme ve konsantrasyon değişkenliklerini giderecek kadar karıştırma ve koku sorunlarını bertaraf edecek kadar havalandırma öngörülmelidir.

3— Konstrüktif özellikler ve Donanımlar

Dengeleme havuzları toprak, beton veya çelikten inşa edilebilir. Toprak havuzların maliyeti daha düşüktür. Bunların kenar eğimleri 3:1 veya 2:1 olabilir. Şekil 1 tipik bir toprak dengeleme havuzu kesiti vermektedir. Aerator kullanıldığı takdirde, aeratör altına yerleştirilen bir beton plaka aşınmaya karşı koruma sağlar. Toprak havuzlarda kaplama malzemeleri de kullanılabilir. Aeratorün korunabilmesi için, minimum bir seviye gereklidir.

Bu seviye 1.5–2 m civarında olmalıdır. Su seviyesi üzerindeki serbest bordür yüzey alanına ve rüzgâr koşullarına bağlıdır.

Hat-üstü dengeleme havuzu tercih edilmesi halinde havuz geometrisinin sürekli akış karıştırmalı reaktör şeklinde seçilmesi uygundur. Bu nedenle ince uzun geometriler tercih edilmemelidir. Akıntıyı karıştırıcı ekipmana yakın noktadan vermek kısa devre olasılığını azaltır.



Şekil 1— Toprak Dengeleme Havuzu Kesiti

Dengeleme havuzlarında gereksinim duyulan bazı düzenekler:

- 1- havuz cidarında birikebilecek katılar veya yağları atacak temizleme donanımı
- 2- pompaların bozulma olasılığına karşı bir taşkan düşünülmesi
- 3- yüzer madde ve köpüğün alınması için yüksek seviye düzeneği
- 4- köpük sorun olduğu takdirde, havuzun kenarlarında köpük kırma düzenekleri.

Karıştırma ve Hava Gereksinimleri – Pompalama

Gerek hat-üstü, gerekse hat-dışı dengeleme havuzlarında karıştırma ve havalandırma gereksinimleri vardır. Karıştırma ekipmanları tank muhtevasını karıştırır ve katıların çökmesini önler. Karıştırma gereksinimi azaltmak için, kum tutma üniteleri dengeleme havuzlarından önce yerleştirilmiş olmalıdır. 220 mg/1'lik AKM'li bir atıksu için, karıştırma gereksinimi 0.004 – 0.008 kW/m³'dür. Atıksuyun septik hale gelmesini havalandırma engeller. Aerobik koşulların sağlanması için hava gereksinimi 0.01–0.015 m³/m³.dk. mertebesindedir.

Karıştırma ve havalandırma aynı zamanda mekanik aeratör (havalandırıcı) kullanarak sağlanır. Özellikle dairesel kesitli tanklarda bafıl gerekebilir. Aeratör minimum işletme seviyeleri 1.5 m'yi aşabilir. Ekipmanların korunması için alçak seviye kontrolleri gereklidir.

Dengeleme havuzunda gerekli pompalama basıncı, dinamik kayıplar, seviye farklılığı ve havuzun boşaltma yüksekliğidir. Pompalama dengelemeden sonra, önce veya her iki durumda olabilir. Günlük debi farkları dikkate alındığında, dengeleme öncesi pompalama kapasitesinin daha yüksek olması gerektiği görülür.

4- Hacim Gereksinimi – Örnek Çözüm

Tablo 1'de verilen gündelik debi farklılıkları için gerekli dengeleme hacminin bulunması istenmektedir.

Tablo 1 Örnek–Dengeleme Havuzu için
Debi Bilgileri

	Verilen Bilgi Ortalama debi m ³ /s	Tüketilen Bilgi Belirtilen zaman sonunda kümülatif hacim m ³
Geceyarısı	–1	0.275990
1–2	0.220	1.782
2–3	0.165	2.376
3–4	0.130	2.844
4–5	0.105	3.222
5–6	0.100	3.582
6–7	0.120	4.014
7–8	0.205	4.752
8–9	0.355	6.030
9–10	0.410	7.506
10–11	0.425	9.036
11–öğle	0.430	10.584
öğle–1	0.425	12.114
1–2	0.405	13.572
2–3	0.385	14.958
3–4	0.350	16.218
4–5	0.325	17.388
5–6	0.325	18.558
6–7	0.330	19.746
7–8	0.365	21.060
8–9	0.400	22.500
9–10	0.400	23.940
10–11	0.380	25.308
11–Geceyarısı	0.345	26.550
Ortalama	0.307	

Öncelikle her saat sonunda kümülatif hacimler hesaplanır.

Hacim, m³ = (q_i, m³/s) (3600 s/h (1.0 h)

Örneğin 1. saatin sonunda:

$$V_{G-1} = (0.275 \text{ m}^3/\text{S}) (3600 \text{ S/h}) (1.0 \text{ h}) \\ = 990 \text{ m}^3$$

2. saat sonunda

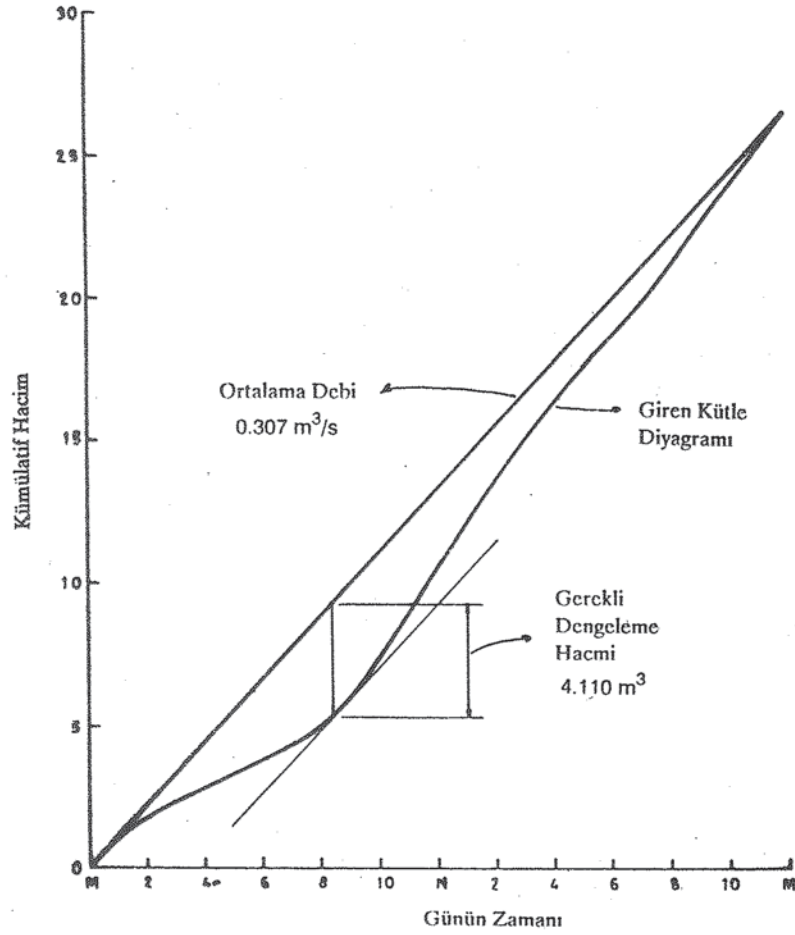
$$V_{1-2} = (0.220 \text{ m}^3/\text{s}) (3600 \text{ S/h}) (1.0 \text{ h}) \\ = 792 \text{ m}^3$$

2. saat sonunda kümülatif hacim 990 + 792 = 1782 m³

Bundan sonra kümülatif hacimler zamana karşı grafikte çizilir. (Şekil 2).

Başlangıç noktasından son noktaya çekilen doğrunun eğitimi günlük ortalama debiyi vermektedir. (Burada $0.307 \text{ m}^3/\text{s}$)

Kümülatif hacim zaman eğrisinin en düşük noktasından ortalama debi doğrusuna paralel bir teğet çekilir. Bu teğetle ortalama debi doğrusu arasındaki düşey mesafe gerekli dengeleme hacmini verir. Bu örnekte 4110 m^3 'dür.



Şekil 2- Dengeleme Hacmi Belirlenmesi için Grafik

KARIŞTIRMA

1- Tanım ve İşlev

Karıştırma temel işlemi, kimyasal süreçlerde sık karşılaşılan, birden fazla maddenin birbiriyle karışması için uygulanan bir işlemdir. Karıştırılan maddeler iki veya daha fazla sıvı olabileceği gibi, sıvıların içinde katıların askıda tutulması, katılar veya gazların eritilmesi de söz konusu olabilir.

Su ve atıksu arıtma tesislerinde de karıştırma işlemine sık rastlanır.

Bazı örnekler:

— Kimyasalların atıksuya ilavesi. Örneğin ikincil çökeltme tanklarından sonra, atıksuya klor veya hipoklorit karıştırılması.

— Vakum filtrelerden önce, susuzlaştırma işlemini kolaylaştırmak için katkı maddeleri ilave edilerek karıştırılması.

— Vakum filtrelerden önce, susuzlaştırma işlemini kolaylaştırmak için katkı maddeleri ilave edilerek karıştırılması.

— Çürütme tankında, karıştırma suretiyle besi maddeleri ve mikroorganizmalar arasında yakın bir kaynaşma sağlanması.

— Biyolojik arıtma süreçlerinde, organizmalara gerekli havanın temini için havanın aktif çamurla karıştırılması. bu işlemde hava diffüzyon yoluyla verilebilir, ya da havalandırıcı (aeratör) tabir edilen mekanik karıştırıcılar kullanılır. Bu konu biyolojik arıtma bahsinde ele alınmaktadır.

— Flokülasyon işlemi için, alüminyum veya demir sülfat gibi yumaklaştırıcı veya kireç ve polielektrolit gibi yardımcı maddelerin suya ilave edilerek flokülasyonun sağlanması

— Muhtelif kimyasal maddelerin dozlama için hazırlanması

Sıvıların karıştırılması için çeşitli yöntemler mevcuttur:

— açık kanallarda şaşırtma plakları ile hidrolik düzenin bozulması

— Venturi flume'ler

— Borular

— Pompalar

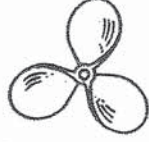
— Statik mikserler

— Havuz ve tank ve kaplardaki mekanik karıştırıcılar

Yukarıda ilk beş maddede, karıştırma akış rejimindeki türbülans ile sağlanmıştır.

Mekanik karıştırıcılarda ise türbülans mekanik bir pervane (impeller) sayesinde sağlanır. Başlıcı pervane tipleri paddle (kürek), türbin ve gemici pervanesidir.

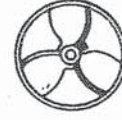
Şekil 1 muhtelif karıştırıcı tiplerini örneklendirmektedir.



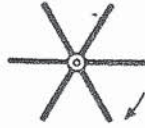
a) Standart 3 Kanatlı
Gemici Pervanesi



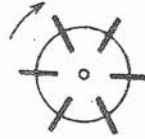
b) Weedless
Tipi
Gemici Pervane



c) Korumalı
Gemici Pervanesi



d) Açık Düz
Kanatlı Türbin



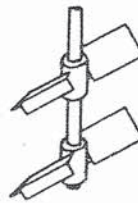
e) Bıçaklı Disk
Türbin



f) Eğik Kanatlı
Türbin



g) Kapalı Eğik
Kanatlı Türbin



h) Düz Paddle
Tipi Karıştırıcı



i) Paddle
Konstrüksiyon

Şekil 1– Çeşitli Karıştırıcı Tipleri

2- Karıştırıcı Tipleri

Arıtma tesislerinde en yaygın rastlanan karıştırıcı tipleri:

- paddle
- türbin
- gemici pervanesidir.

Paddle karıştırıcıların sıvıyla temas eden geniş bir yüzey alanı olduğundan, bunlar yavaş olarak döndürülürler. Bu tür karıştırıcılar özellikle flokleştirme ve yumaklaştırma işlemlerinde alum, kireç, polielektrolit gibi maddelerin atıksu veya çamurla karıştırılması için kullanılır. İyi bir flok eldesi için 15–30 dakikalık alıkoyma süreleri uygundur. Buna karşılık hızlı (flaş) karıştırma tanklarında, kimyasalların atıksu ile karıştırılması için, türbin veya gemici pervanesi kullanımı ve 2–5 dakikalık karıştırma süreleri yeterlidir.

Türbin tipi karıştırıcılar genel amaçlı olup, özellikle sıvıların birbirleriyle karışımı, çamur karıştırma gibi uygulamalarda başarılıdır. Sık rastlanan hızlar 25–100 d/dak arasındadır.

Gemici pervaneler ise kuvvetli eksenel akımlar yaratırlar; katıların askıda tutulması, gazların sıvılarla karıştırılması uygulamalarında başarılıdır.

Pervanelerin sıvı kütleyi savurması sonucu vortex (girdap) oluşabilir ki bunun mutlaka giderilmesi gerekmektedir. Vortex oluşumu akışkan hızı ile pervane hızı arasında bir fark yaratır ve böylece karıştırma etkinliğini azaltır. Eğer karıştırma kabı oldukça küçükse, vortex oluşumu pervane millerini merkezden kaçık veya düşeyle açmak suretiyle kenardan yerleştirmek suretiyle önlenir. Dairesel tanklardaki yaygın uygulama dört adet, simetrik, tank çapının 1/10'u genişliğinde düşey bafıl yerleştirmektir. Bunlar kütlenin döner hareketini etkin bir şekilde kırarak, düşey karışıma yardımcı olurlar. Kare şeklinde beton havuzlarda bafıl kullanılması gereksizdir.

3- Analiz

Eylemsizlik ve viskozite kuvvetlerinden hareketle Rushton karıştırıcıların güç gereksinimi için aşağıdaki formüllerin geçerliliğini kanıtlamıştır.

$$\text{Laminer rejimde:} \quad P = k \mu \eta^2 D^3 \quad (1)$$

$$\text{Türbülent rejimde:} \quad P = k \rho^3 \Delta^5 \quad (2)$$

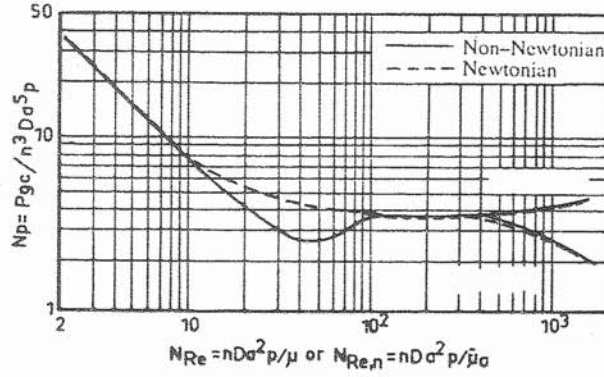
Burada:

P: Göç gereksinimi, W

k: Katsayı (bkz. Tablo 1)

μ : akışkanın dinamik viskozitesi, N. S/m²

ρ : akışkanın kitlesel yoğunluğu, kg/m³



Şekil 2-
non-newtonları
Sıvılar için
Güç Korelasyonu-
Altı Kanatlı Türbin

D: pervanenin çapı, m

n: devir/s

k için değerler Tablo 1'de verilmiştir. Türbülent rejim için, vortex koşullarının tank cidarından % 10 çıkıntılı 4 adet bafıl kullanmak suretiyle giderildiği varsayılmıştır.

Tablo 1 Karıştırma Gereksinimi için
k değerleri

Pervane	Laminer Rejimde (1)	Türbülent Rejimde (2)
Gemici pervane, kare hat ve 3 kanat	41.0	0.32
Gemici pervane, hat ve 2, 3 kanat	43.5	1.00
Türbin, 6 düz kanat	71.0	6.30
Türbin, 6 eğimli kanat	70.0	4.80
Fan türbin, 6 kanat	70.0	1.65
Düz paddle, 6 kanat	36.5	1.70
Yarı Açık türbin, 2 eğimli kanat	97.5	1.08
Yarı Açık türbin bafılsız	172.5	1.12

Denklem (1) Reynolds sayısı 10'nun altında denklem (2) Reynolds sayısı 10.000'nin üstünde olduğu hallerde geçerlidir. Bu iki sayı arasındaki geçiş bölgesi için Şekil 2 kullanılabilir.

Reynolds sayısı:

$$Re = \frac{D^2 n \rho}{\mu}$$

Burada D: pervane çapı, m

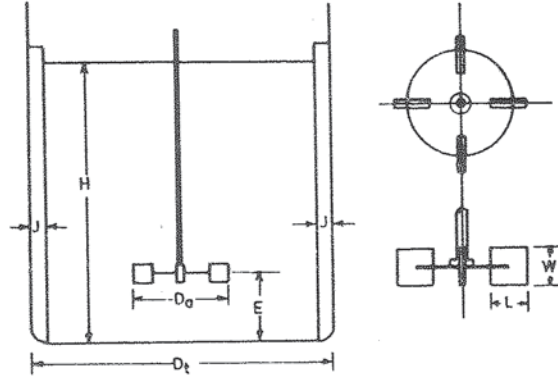
n: devir/s

ρ : akışkanın kütleli yoğunluğu, kg/m³

μ : dinamik viskozite, N.s/m²

$$\frac{D_a}{D_t} = 0.3 \quad \frac{H}{D_t} = 1 \quad \frac{J}{D_t} = \frac{1}{12}$$

$$\frac{E}{D_a} = 1 \quad \frac{W}{D_a} = \frac{1}{5} \quad \frac{L}{D_a} = \frac{1}{4}$$



Şekil 3– Tipik karıştırıcı Tank Oranları–Örnek

Arıtma tesislerinde karıştırma işlemleri daha ziyade türbülent rejimde cereyan eder.

Karıştırıcılar laboratuvar ve pilot deneylerinden scale-up (büyütme) yapmak suretiyle veya imalatçı bilgilerinden yararlanarak tasarlanabilir.

1/2 – 1 HP/1000 gal hafif bir karıştırma

2–3 HP/1000 gal kuvvetli bir karıştırma

4–10 HP/1000 gal şiddetli bir karıştırma sağlayan güç değerleridir.

Karıştırıcı tasarımıda diğer önemli bir kriter çevresel hız kavramıdır. Pervane çevresel hızı çok hafif bir karıştırma için 2 m/s, şiddetli bir karıştırma için 8 m/s değerleri arasında yer alır.

$$\text{Çevresel hız: } \hat{v} = \frac{\pi D n}{60}$$

D: pervane çapı, m

n: d/dak

Burada n değeri belirlenebilir.

Diğer taraftan pervane çapı/tank çapı oranı belirli sınırlar içinde kalmalıdır. Örneğin türbin tipi karıştırıcılarda D/T = 0.2 – 0.35 değerleri arasında kalmalıdır.

Karıştırıcı tasarım için yararlı referanslar elde verilmiştir.

Şekil 3 karıştırıcı bir tankın oranlarını örneklendirmektedir.

ÇÖKELTME VE BERRAKLAŞTIRMA

1– Tanım ve İşlev

Çökeltme ve berraklaştırma işlemleri aynı fiziksel ilkenin, çöktürme (veya sedimentasyon) işleminin uygulamaları olup, katı partiküllerin dibe çökerek berrak sıvı fazdan ayrılması esasına dayanır. Berraklaştırmada esas amaç üstte duru su elde edilmesi olup, su arıtma tesislerinde daha yaygın uygulama bulur ve bunu genellikle bir çökeltme işlemi izler. Çökeltme ise daha ziyade birincil atıksu arıtmada kullanılır, burada amaç çamurun berrak su fazından çökeltme suretiyle ayrılmasıdır. Çökeltme ve berraklaştırma ekipmanları ilke olarak birbirine benzer, ayrıntılarda amaca yönelik farklılıklar göze çarpar.

Çökeltme işleminin bazı uygulamaları:

- kum (grit) ayırma
- birincil çöktürme havuzlarında partikül madde ayırma
- aktif çamur sürecinde biyolojik flok çökmesi
- kimyasal yumaklaşma sürecinde kimyasal flok çökmesi
- çamur kalınlaştırıcılarda (tikener) katıların kalınlaştırılma işlemi.

NOMENKLATÜR

- A = alan m^2
A_s = yatay kesit alan, m^2
A_x = düşey kesit alanı, m^2
d = tank çapı, m
dp = parçacık çapı, m veya mm
g = yerçekimi ivmesi m/s^2
L = havuz uzunluğu m
Q = atıksu debisi m^3/s
qo = yükselme hızı m^3/m^2 gün
t° = parçacık çökme zamanı, s
vh = yatay hız bileşkeni, m/s
vo = parçacık çökme hızı m/s
vt = terminal çökme hızı, m/s
V = Havuz hacmi, m^3
W = havuz genişliği
Zo = no çökme hızlı parçacık derinliği, m

GREK

- p_p = parçacık yoğunluğu kg/m^3
p_w + su yoğunluğu kg/m^3
μ = viskozite $kg/m.s$

2- Çökelme Türleri

Parçacıkların çökmesi sırasında dört tür çökelme mekanizmasına rastlanır.

Bunlar:

1. Tip – Ayırık parçacık
2. Tip – Flocculant (Yumuklaşan)
3. Tip – Engelli (veya zone veya bölgesel)
4. Tip – Kompresyon (veya basınç)

Değişik çökelme türleri Şekil 1'de gösterilmiştir.

1. Tip Çökelme Ayırık Parçacık

Düşük katı konsantrasyonunda süspansiyon halinde parçacıklar kendi başlarına (ayırık olarak) hareket ederek komşu parçacıklarla herhangi bir girişimde bulunmadan münferit olarak çökelme eğilimindedirler.

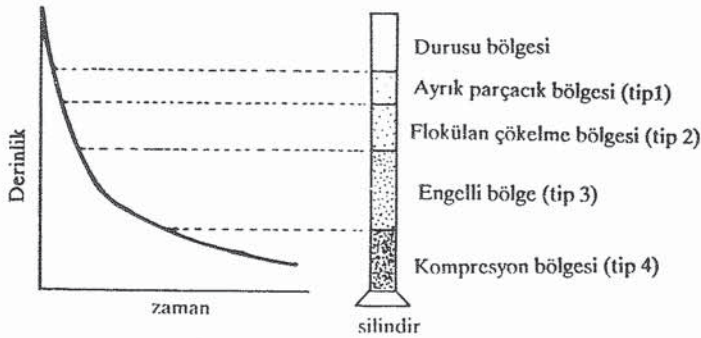
Örnek olarak atıksudaki kum, çakıl gibi maddeler ayırık çökelerler.

2. Tip Çökelme Flocculant Çökelme (yumaklaşma)

Yine seyreltik çözeltilerde, bazı parçacıklar yumaklaşmaya başlarlar. Böylece kitleleri artar ve daha hızlı çökelerler.

ÖRNEK

- AKM'nin bir kısmı birincil çökelme tanklarında bu şekilde çökeler
- İkincil çökelme tanklarının üst bölgelerinde
- Kimyasal floklar (yumaklar) da bu şekilde çökeler.



Şekil 1– Aktif Çamurda 4 Ayırık Çökelme Bölgesi

3. Engelli Çökelme veya bölgesel Çökelme

Ara konsantrasyonlarda artık parçacıklar arası kuvvetler komşu parçacıkların çökmesini engellemeye başlar. Parçacıklar birbirlerine göre sabit pozisyonlarda kalma eğilimindedir ve parçacıklar kütlesi bir birim olarak çöker. Çökelen kütlenin üzerinde bir katı – sıvı interfazı oluşur.

Bu tür çökelmeye biyolojik arıtma tesislerinde, ikincil arıtma birimlerinde rastlanır.

4. Kompresyon Çökmesi

Bir noktadan sonra parçacıklar o kadar yoğunlaşırlar ki yapısal bir kütle oluşur ve artık çökme bu kütlenin kompresyonu ile gerçekleşir. Kompresyon olayı üstteki sıvı fazdan sürekli çökelmekte olan parçacıkların ağırlığı etkisiyle meydana gelmektedir.

Bu olaya, çamur kütlesinin dip kademelerinde, ikincil çökme birimlerinin dibinde ve çamur kalınlaştırma işlemlerinde rastlanır.

5- Birincil Çöktürme İşlemi

Birincil çöktürme (primer sedimantasyon) atıksudaki organik askıda katı maddelerin (AKM) yoğunlaştırmak suretiyle uzaklaştırılmasını sağlayan bir temel işlemdir. Atıksudaki birincil çöktürme işlemlerinin kuram ve uygulaması esas olarak içme suyu eldesi için ham suyun berraklaştırılma işlemini andırır.

Atıksudaki AKM genellikle yapışkan yapıdadır ve doğal olarak flokleşir. Bu nedenle birincil çöktürme işlemleri 2. Tip Çökme (flokülant çökme) şeklinde seyreder ve kimyasal yumaklaştırıcı ve mekanik karıştırma ve floklama işlemleri gerekmez. Organik madde sudan az miktarda ağırdır ve 1.0 – 2.5 m/h hızlarla yavaşça çöker. Daha hafif maddeler, yağlar ve gresler yüzeyde yüzer ve buhar sıyrılarak alınmalıdır.

Birincil çöktürme uzun dikdörtgen tanklarda veya dairesel kesitli tanklarda gerçekleştirilir.

Birincil çöktürme için tasarım ilkeleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1 Birincil Çöktürme Tankları için
Tasarım İlkeleri

Parametre	Değer	
	Aralık	Tipik
Alıkoyma süresi, h	1.5–2.5	2.0
Yükselme hızı, m ³ /m ² gün		
Ortalama debi	32–48	
Pik debi	80–120	100
Savak Yüğü, m ³ /m ² . gün	125–500	250
Boyutlar, m		
Dikdörtgen		
Derinlik	3–5	3.6
Uzunluk	15–90	25–40
Genişlik	3–24	6–10
Çamur kazıyıcı hızı, m/dk	0.6–1.2	1.0
Dairesel		
Derinlik	3–5	4.5
Çap	3.6–60	12–45
Taban eğimi, mm/m	60–160	80
Çamur kazıyıcı hızı, devir/dk	0.02–0.05	0.03

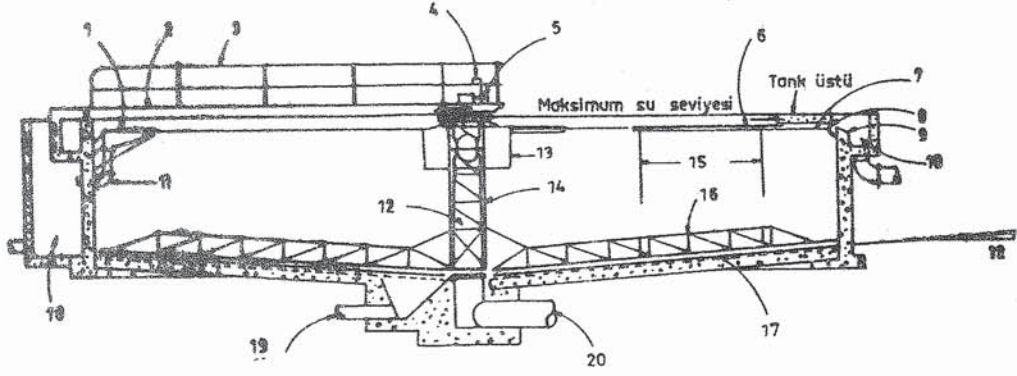
* Mekanik çamur ayırma ekipmanları dikkate alınarak, tanklar 6.0 m'den daha geniş olmayan bölmelere ayrılmalıdır.

Büyük tesislerde müşterek duvarları olan çok sayıda dikdörtgen tanklar inşaat maliyetini azalttığı için tercih edilmelidir. Küçük tesislerde, çamur uzaklaştırmanın kolaylığı dikkate alınarak dairesel tanklar kullanılır. Birincil arıtmada kullanılan bazı çöktürme tankı örnekleri Şekil 2'de verilmiştir.

Köpük Uzaklaştırma

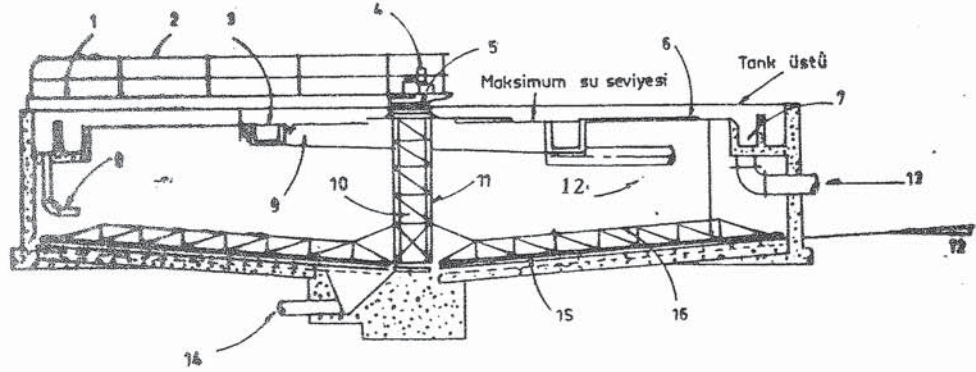
Dikdörtgen kesitli tanklarda, yüzer maddeler, kazıyıcıların bir miktar suya dalarak tankın boşaltma istikametine doğru kazıyarak hareket etmeleri suretiyle sağlanır. Yüzer maddeler boşaltma savaklarından bir hazneye alınarak, burada bir köpük savağı üzerinden veya bir transvers köpük kazıyıcı vasıtasıyla toplanır.

Dairesel tanklarda ise, çamur kazıyıcı tahrik mekanizmasına bağlı bir köpük sıyırma kolu mevcuttur. Köpük eğik bir önlükten köpük haznesine atılır. Herhalikarda köpük uzaklaştırma düzeneği ile köpük atma savağı arasında bir bafıl (perde) bulunmalıdır. Köpük atma düzeneği Şekil 3'de örneklenmiştir. Ayrılan köpük genellikle elek üstü, yıkanmamış kum ve çürütülmüş çamur ile birlikte imha edilir.



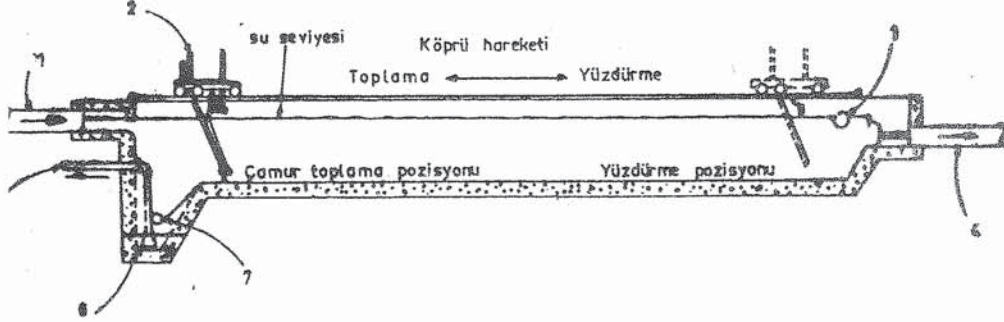
Şekil 2-a

1. Köpük oluşu, 2. Köprü, 3. Korkuluk, 4. Tahrik ünitesi, 5. Döner tabla, 6. Yüzey sıyrıcı, 7. Oymak sıyrıcı bıçak, 8. Köpük bafı, 9. Atık savağı, 10. Atık kanalı, 11. Köpük borusu, 12. Giriş yükselme borusu, 13. Giriş hafı, 14. Tahrik kafesi, 15. Sayırıcı destekleri, 16. Çubuklu tırmık kolu, 17. Sıyrıcı bıçaklar, 18. Köpük haznesi, 19. Çamur boşaltma borusu, 20. Giriş borusu



Şekil 2b

1. Köprü, 2. Korkuluk, 3. Savak yeri için alternatif 2 (merkez), 4. Tahrik ünitesi, 5. Döner tabla, 6. Yüzey sıyrıcı, 7. Savak yeri için alternatif 1 (kenar), 8. Giriş, 9. Çıkış oluşu, 10. Merkezi ayak, 11. Tahrik kafesi, 12. Çıkış borusu, 13. Çıkış borusu, 14. Çamur çekme borusu, 15. Sıyrıcı bıçaklar, 16. Çubuklu tırmık kolu



Şekil 2c

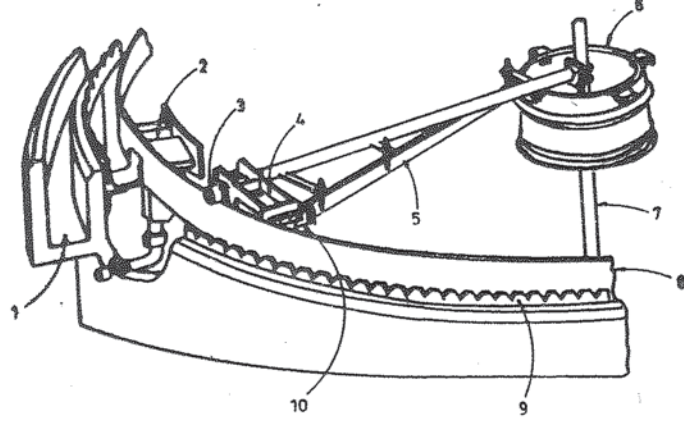
1. Giriş, 2. hareketli köprü, 3. Köpük oluğu, 4. Çıkış, 5. Çamur boşaltma, 6. Çamur hoperi, 7. Kollektör

Şekil- 2 Tipik Birincil berraklaştırıcılar: a) dairesel havuz, ortadan beslemeli; b) dairesel havuz, kenardan beslemeli; c) uzun dikdörtgen havuz, yüzer köprü çamur kazıyıcılı

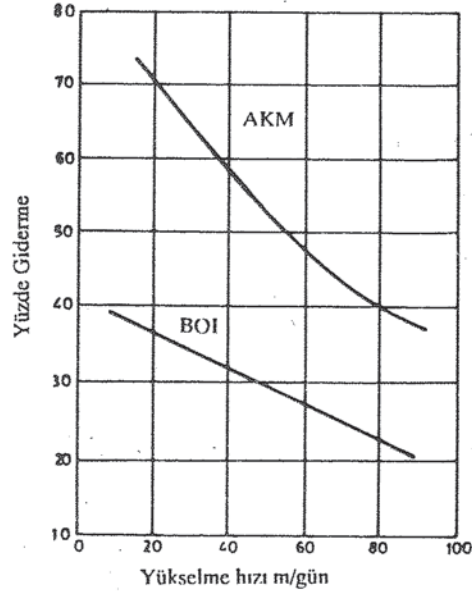
Çamur Uzaklaştırma

Çamur birincil çöktürme tanklarından aneorabik koşullar teşekkül etmeden alınmalıdır. Çamur aneorabik olarak bozuşmaya başlarsa, gaz baloncukları oluşur ve bunlar katı parçacıkları kaldırarak yüzeye taşır. Bu olay çamurun kıvamını bozar ve uzaklaştırma verimini olumsuz etkiler. Çamur uzaklaştırma sistemi tankın en uzak noktasındaki çamuru, çökelmeye başlamasından itibaren, 30 dk – 1 h arasında çamur hopperine taşıyacak şekilde tasarlanmalıdır. Hopperden çürütücüye çamur taşıma sık aralıklarla yapılmalıdır.

Birincil çöktürmede ayrıştırılan çamur miktarı, gelen atıksuyun özelliği, berraklaştırıcının verimliliği ve çamurun özgül ağırlık, su miktarı vb. gibi özelliklerine bağlıdır. İyi tasarlanmış birincil tankların çamur ayrıştırma verimi Şekil 4'te görüldüğü gibi yükselme hızına bağlıdır. İyi işletilen sistemlerde ortalama AKM ayrıştırma % 50–60 mertebesindedir. BOI ayrışması ise sadece ayrılan katıların BOI'sine ilişkindir ve birincil çökelme tanklarında erimiş organiklerin biooksidasyonu ihmal edilebilecek mertebededir.



1. Çıkış kanalı, 2. Köpük oluğu, 3. Sıyrıcı tekerleği, 4. Mafsallı sıyrıcı bıçak, 5. Sıyrıcı bıçak, 6. Giriş oluğu, 7. Tahrik mili, 8. Köpük bafı, 9. Savak plakası, 10. Değişirilebilir üretan şerit
Şekil 3 – Köpük Alma Düzeneği



Şekil 4– Yükselme Hızına Bağlı Olarak AKM ve BOI Giderme

Örnek Birincil Çöktürme Tankı İlke Tasarımı

Bir belediye atıksuyu ortalama debisi 5000 m³/gün, pik debi 12.500 m³/gün'dür. Ortalama debide AKM'nin yaklaşık % 60'ını ayıracak birincil bir berraklaştırıcı tasarlanması istenmektedir.

Çözüm

1. Şekil 4'den, % 60 için, yükselme hızı 35 m³/m² gün bulunur.
Gerekli yüzey alanı:

$$\frac{5000 \text{ m}^3/\text{gün}}{35 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{gün}} = 143 \text{ m}^2$$

2. Dairesel bir tankın çapı:

$$d = \frac{4 A^{1/2}}{\pi} = \frac{4 \times 143^{1/2}}{3.14} = 2.06 \text{ h}$$

3. Yan cidar derinliği 3 m kabul edilerek, gerekli tank hacmi:

$$143 \times 3 = 429 \text{ m}^3$$

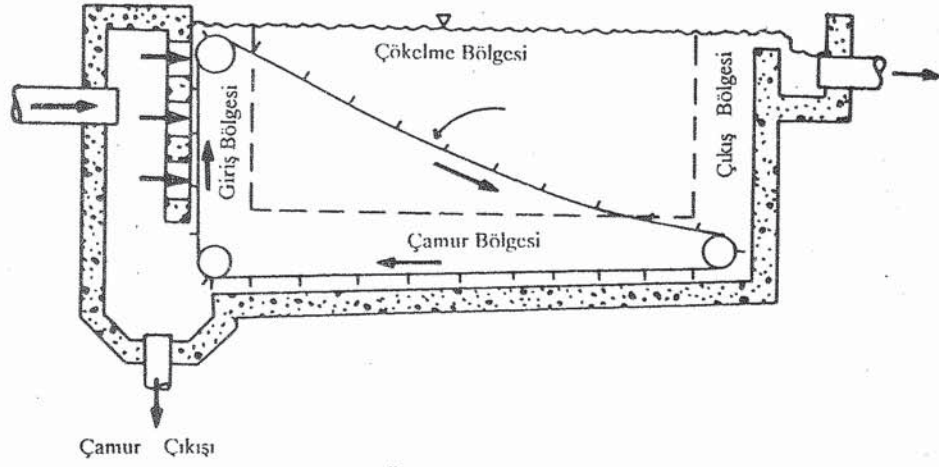
Ortalama debide alıkoyma zamanı:

$$\frac{429 \text{ m}^3}{5000 \text{ m}^3/\text{gün}} = 0.09 \text{ gün} = 2.06 \text{ h}$$

4. Pik debide, yükselme hızı

$$\frac{12.500 \text{ m}^3/\text{gün}}{143 \text{ m}^2} = 87 \text{ m/gün}$$

ve alıkoyma zamanı 50 dakikadır (düşükçe bir değer). Şekil 4'ten buna teka-bül eden AKM ayırma verimi, pik debide, % 38 mertebesine düşer.



Şekil 5- Örnek Dikdörtgen Tank

4- Çöktürme Analizi

4.1 Uzun Dikdörtgen Havuzlar

Uzun dikdörtgen havuzlar büyük debiler için uygundur. Örnek bir dikdörtgen tank Şekil 5'de gösterilmiştir. Bunların uzunlukları genişliklerinin 2-4 misli, derinliklerinin 10-20 mislidir. Tabanın hafif eğimli olması çamur kazımayı kolaylaştırmak içindir. Yavaşça hareket eden mekanik bir kazıyıcı zincirle tahrik edilen ahşap paletlerden imal edilmiştir ve çökelen maddeleri sürekli çekerek pompalanmak üzere çamur hopperine boşaltır.

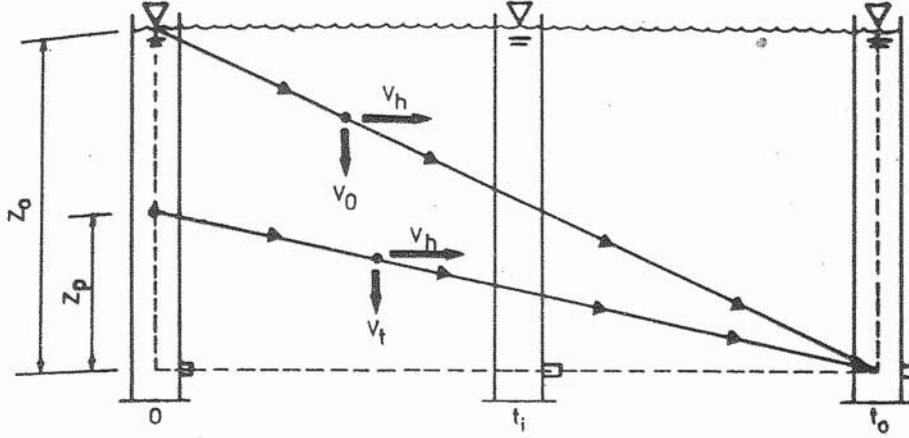
Şekil'den görüleceği gibi dikdörtgen çöktürme tankı dört farklı bölgeye ayrılır:

- 1- giriş bölgesi: burada hafıllar giren suyu karşılar ve akışın tank içerisinde yatay ve dikey dağılımını sağlar.
- 2- çıkış bölgesi: burada su yukarı hareket eder ve çıkış savağından tankı terkeder.
- 3- çamur bölgesi: tankın tabanından kazıyıcı mekanizmasının hemen üzerine kadar olan bölgedir.
- 4- çökelme bölgesi: tankın geri kalan hacimi işgal eder.

Burada asıl inceleme konusu edilen bölge çökelme bölgesidir.

Şekil 6 çökelme bölgesini çökelme silindirlere mevcutmuş gibi canlandırmaktadır.

Şekilden görüleceği gibi herhangi bir ayrık parçacığın iki hız bileşkeni vardır.



Şekil 6– Uzun Dikdörtgen Havuzlarda Ayrık Parçacıkların Çökelişi

Düşey bileşken, Stoke kanuna göre hareket eder:

$$v_t = \frac{g (\rho_w - \rho_p) d_p^2}{18 \mu}$$

Yatay bileşken:

$$v_h : Q/A \text{ dir}$$

A kesit alanı olup, genişlik çapı derinliğe eşittir.

Z0 derinliğini to zamanında kateden bir parçacığın hızı v_s kabul edilir.

Bazı parçacıklar to süresince çökme bölgesini yatay olarak da katederek diğer uca çökelecektir. Başlangıç derinliği Zp olan bir parçacık da Zp/vt = to zamanında çöker. Çökme bölgesindeki katı partiküllerin çökme oranı kendi çökme hızlarının vt çökme hızlarına oranına eşittir.

Diğer taraftan to zamanı çökme alıkoyma zamanına eşittir.

$$t_o = \frac{V}{Q} = \frac{L Z_0 W}{Q}$$

o halde:

$$\frac{Z_O}{v_o} = \frac{LZ_O W}{Q}$$

$$v_o = \frac{Q}{LW}$$

$$n_o = \frac{Q}{As}$$

Buradan görüleceği gibi, ayırık parçacıklar için çökelme bölgesinde, hangi boyutta parçacıkların çökelebileceği hususunda havuz derinliği etken değildir.

Buna karşılık flokülant (yumuklaşan) çöktürmede derinlik bir etkindir ve parçacıkların hızı derinlikle artar.

Ayrık parçacık çökmesinde havuz derinlikleri 2.5–3 m, flokülant çökelmede 3–4 m alınır. Seyreltik çözeltilerde, yükselme hızı ayırık parçacıklar için 1.0–2.5 m/h, flokülant çökelmede 0.6–1.0 m/h'dir.

Alıkonma süreleri ayırık parçacıklarda 2–4 hy flokülant süspansiyonlarda 4–6 h'dir.

Yüzeydeki parçacıkların paletlerle sürüklenip gitmemesi için, yatay hızlar ağır ayırık parçacıklarda 36 m/h'yi aşmamalıdır. Savak hızları ise ağır ayırık parçacıklarda 14 m³/h savak m uzunluğunu, hafif yumaklaşmış parçacıklarda 6 m³/h–m değerini aşmamalıdır.

Örnek 2. Tip Çökelme İçin Uzun Dikdörtgen Çökelme Havuzu

Tasarımı

Bir kentde 15.000 m³/gün su arıtılacaktır. Pıhtılaşma (koagülasyon) suretiyle flokülant (yumaklaşan) parçacıklar oluşturulur ve bir silindir (sütun) analizi 3.5 m derinlikte 20 m/gün'lük bir yükselme hızının tatminkar sonuç verdiğini göstermiştir. Tank boyutları ne olmalıdır.

Çözüm

1. Bakım ve onarım kolaylığı açısından müşterek cidarlı iki paralel tank tercih edilir. Her birinin kapasitesi 7500 m³/gün olacaktır.

$$Q = q \cdot A_s$$

$$7500 \text{ m}^3/\text{gün} = A_s \times 20 \text{ m/gün}$$

$$A_s = 375 \text{ m}^2$$

2. Uzunluk / genişlik oranı 3/1 alınır, yüzey boyutları hesaplanır:

$$W \times 3W = 375 \text{ m}^2$$

$$\text{Genişlik} = 11 \text{ m (yaklaşık)}$$

$$\text{Uzunluk} = 34 \text{ m (yaklaşık)}$$

3. Alıkonma zamanı kontrol edilir.

$$t = \frac{\text{hacim}}{\text{debi}} = \frac{11 \text{ m} \times 34 \text{ m} \times 3.5 \text{ m}}{\frac{7500 \text{ m}^3 \times 1 \text{ gün}}{\text{gün} \quad 24 \text{ h}}} \\ = 4.19 \text{ h} \longrightarrow \text{uygundur.}$$

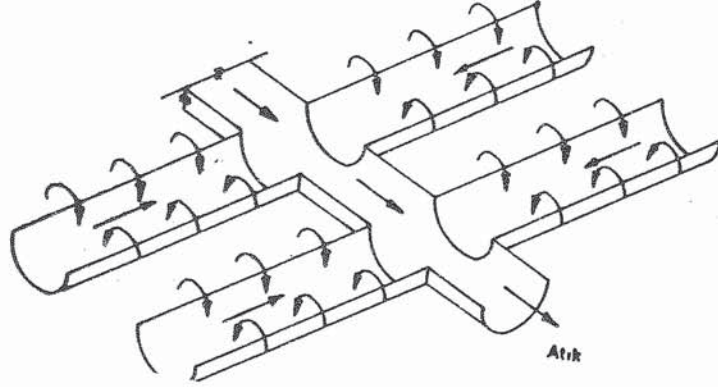
4. Yatay hız kontrol edilir.

$$v_h = \frac{Q}{A_x} = \frac{7500/24}{11 \times 3.5} = 8.1 \text{ m/h}$$

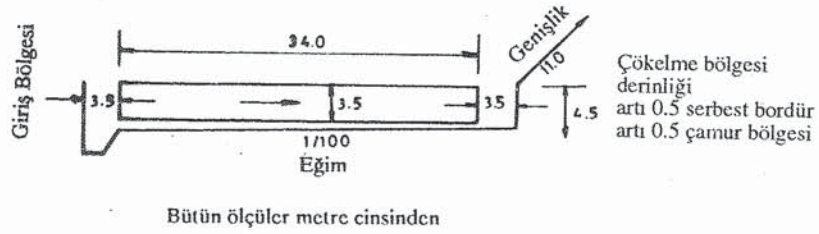
5. Savak taşma hızı kontrol edilir.

Savak boyu 11 m'dir.

$$\frac{7500}{24} \times \frac{1}{11} = \frac{28.4 \text{ m}^3}{\text{h m}}$$



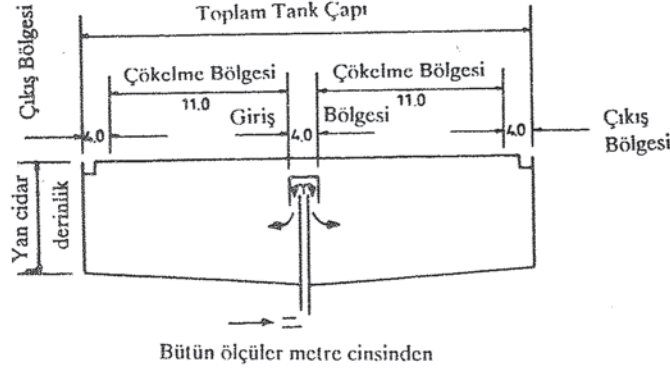
Şekil 7 Savak Boyunu Uzatma Yöntemi



Şekil 8— Örnek Dikdörtgen Tank Boyutları

Bu değer tatminkar olmadığı için savak boyu uzatılmalıdır. Şekil 7'deki düzenek kullanılır.

6. Giriş ve çıkış bölgeleri uzunluğu, çökeltme bölgesi derinliği kadar (3.5 m) yapılır. Çamur bölgesi ve diğer tasarım boyutları Şekil 8'de görüldüğü gibi seçilir.



Şekil 9- Örnek Dairesel Tank Boyutları

4.2. Dairesel Havuzlar

Dairesel havuzda akış tank merkezinden girerek çevreye doğru yönel-
diği vakit su yatay hızı sürekli düşecektir. Dolayısıyla ve çökme hızı olan bir
parçacığın mutlak hızı çevreye doğru azalacaktır. Bunun sonucu parçacık
güzergahı bir hat değil bir parabol olacaktır.

Dairesel kesitli tankların bazı avantajları vardır. Çamur alma mekaniz-
maları daha basittir. Bütün çevre savak olarak kullanılabileceği egöre aşırı
taşma olmaz. İnce su düzlemlerinin taşmasını engellemek için V dişli metal
savaklar yapılır, böylece etkin taşma alanı kısıtlanır. Taşma plakalarının düz
olması çok önemlidir. Hafif bir eğrilik veya seviyesizlik kısa devre taşmaya
neden olur. Bunu kontrol edebilmek için 30 m üzerinde tank çapları tavsiye
edilmez.

Dairesel havuzlarda yükselme hızı ve alıkoyma zamanı değerleri dik-
dörtgen kesitli havuzlardaki gibidir. Yatay hızlar ve savak taşma hızları
önemli tasarım kısıtları değildir.

Örnek Dairesel Çöktürme Tankı Tasarımı

Bir önceki örnekteki bilgiler kullanılarak, çöktürme tankının çapı hesapla-
nacaktır.

1. İki tank seçilir

20 m/gün yükselme hızı ile her birinin alanı

$$A_s = 375 \text{ m}^2$$

2. Çap hesabı

$$\text{II } d^2/4 = 375 \text{ m}^2$$

$$d = 22 \text{ m (yaklaşık)}$$

3. Giriş, çıkış ve çamur bölgeleri Şekil 9'da gösterildiği gibidir.

KAYNAKÇA

Eleme

1. CURI, K., VELİOĞLU, S.G., Editörler, **III. Atık Tanımlama ve Arıtma Kursu**, Boğaziçi Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, İstanbul, Sayfa 21–25, (1980).
2. FAIR, G.M., GEYER, J.C., OKUN, D.A., **Elements of Water Supply and Wastewater Disposal**, 2. nd Edition, John Wiley and Sons Inc., New York, Sayfa 362–367, (1971).
3. METCALF and EDDY Inc., **Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, Reuse**, 2. nd Edition, McGraw Hill Publishing Company Ltd., New Delhi, Sayfa 182–186, 312–318, (1981).
4. MUSLU, Y., **Kullanılmış Suların Tasfiyesi**, Cilt I, İstanbul Teknik Üniversite Matbaası, Sayfa 1–27, (1974).
5. PEAVY, H.S., ROWE, D.R., TCHOBANOGLOUS, G., **Environmental Engineering**, Mc Graw Hill Book Company, New York, Sayfa 217–219, (1987).

Kum Tutma

1. CURI, K., VELİOĞLU, S.G., Editörler, **III. Atık Tanımlama ve Arıtma Kursu**, Boğaziçi Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, İstanbul, Sayfa 27–36, (1980).
2. FAIR, G.M., GEYER, J.C., OKUN, D.A., **Elements of Water Supply and Wastewater Disposal**, 2.nd Edition, John Wiley and Sons Inc., New York, sayfa 390–393, (1971).
3. METCALF and EDDY Inc., **Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, Reuse**, 2. nd Edition, Mc Graw Hill Publishing Company Ltd., New delhi, Sayfa 322–330, (1981).
4. MUSLU, Y., **Kullanılmış Suların Tasfiyesi**, Cilt I, İstanbul Teknik Üniversite matbaası, Sayfa 93 6126, (1974).
5. PFAVY, H.S., ROWE, D.R., TCHBANOGLOUS, G., **Environmental Engineering**, Mc Graw Hill Book Company, New York, Sayfa 221–224, (1987).

Dengeleme

1. METCALF and EDDY Inc., **Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, Reuse**, 2. nd Edition, Mc Graw Hill Publishing Company Ltd., New Delhi, Sayfa 187–195, 330–333, (1981).

Karıştırma

1. CHOPEY, N.P. and HICKS, T.G., Editors, **Handbook of Chemical Engineering Calculations**, Mc Graw Hill book Company, New York, Chapter 12, Sayfa 1–20, (1984).
2. Liquid Agitation, **Chemical Engineering Series**, 12 papers starting dec. 8, 1975.
3. LUDWIG, E.E., Applied Process Design for Chemical and Petrochemical Plants, Gulf Publishing Company, Volume I. Sayfa 160–181.
4. Mc CABE, W.L. and SMITH, J.C., **Unit Operations of Chemical Engineering**, Mc Graw Hill Ltd., New York, Sayfa 221–264, (1976).
5. RUSHTON et al, Power Characteristics of Mixing Impellers, **Chemical Engineering Progress**, Vol, 46, No. 9, (1950).

Çökeltme ve Berraklaştırma

1. CURI, K., VELİOĞLU, S.G., Editörler, **III. Atık Tanımlama ve Arıtma Kursu**, Boğaziçi Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, İstanbul, Sayfa 37–40, (1980).
2. FAIR, G.M., GEYER, J.C., OKUN, D.A., **Elements of Water Supply and Wastewater Disposal**, 2, nd Edition, John Wiley and Sons Inc., New York, Sayfa 367–390 (1971).
3. FOUST, A.S., WENZEL, L.A., CLUMP, C.W., MAUS, L., ANDERSEN, L.B., **Principles of Unit Operations**, Wiley International Edition, New York, Sayfa 465–472, (1960).
4. LASH, L.D., KOMINEK, E.G., Primary Waste Treatment Methods, **Chemical Engineering**, Vol. 82, No. 21, Sayfa 49–61.
5. METCALF and EDDY Inc., **Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, Reuse**, 2. nd Edition, Mc Graw Hill Publishing Company Ltd., New Delhi, Sayfa 201–221, 336–349, (1981).
6. MUSLU, Y., **Kullanılmış Suların Tasfiyesi**, Cilt I, İstanbul Teknik Üniversitesi Matbaası, Sayfa 43–94, (1974).
7. PEAVY, H.S., ROWE, D.R., TCHOBANOGLOUS, G., **Environmental Engineering**, Mc Graw Hill Publishing Company, New York, Sayfa 123–131, 224–229, (1987).
8. SEIFERT, J.A., Selecting Thickeners and Clarifiers, **Chemical Engineering**, Vol. 94, No. 14, Sayfa 111–118, (1987).

SU ve ATIK SULARIN ARITILMASINDA HAVALANDIRMA, YÜZDÜRME, ADSORPSİYON ve İYON- DEĞİŞTİRİCİ ARITMA ÜNİTELERİNİN PRATİK-UYGULAMALI KULLANIM ESASLARI

Dr. NECİP HARFUŞ

Boğaziçi Üniversitesi
Çevre Bilimleri Enstitüsü
80815 Bebek-İstanbul

GİRİŞ

Arıtma ünitelerin, iki grupta toplanması, su ve atıksu arıtımı yaklaşımı ve genel pratik-uygulamalı kullanım koşulları tayinini kolaylaştırmaktadır. Çalışmamızda, detay tasarımı ele alınmamıştır.

1.inci GRUP: HAVALANDIRMA (Aeration) + YÜZDÜRME (Flotation)

Her iki arıtma ünitesi de, sudaki, bilhassa görünen ve değişik kaynaklardan gelen organik veya inorganik ince veya kaba âskıda katı maddelerin giderimi için uygulanmaktadır. Arıtma tesisinin ilk arıtma ünitelerini teşkil etmektedirler.

1- HAVALANDIRMA (Aeration)

1-1 Amaç-Yöntem

Gaz-sıvı dengesi temeline dayanan ve gazdan suya veya sudan gaza kütle aktarımıyla gerçekleşen havalandırma prosesi, suda bulunan çeşitli görünmeyen hafif-uçurucu erimiş gazlı organik veya inorganik kökenli askıda katı maddelerin giderimi için uygulanmaktadır.

1-2 Kullanım Alanları

Su ve atık sudaki, tad ve kokuya sebep veren amonyak, karbondiyoksit, hidrojen kükürt, metan ve uçucu organik bileşik gazlarını gidermektedir. Aynı zamanda, yükseltgenme (oxidation) amacıyla kullanılmaktadır: Suyu oksijen, ozon veya klor gazlarıyla zenginleştirilmesinde (sterilizasyon), ve sudaki demir ve manganez oranlarının düşürülmesinde kullanılır. Diğer yanda, çamurun kurutulması (air drying) ve yoğunlaştırılması (concentration), sırayla havalandırma ve yüzdürmeyle gerçekleşmektedir.

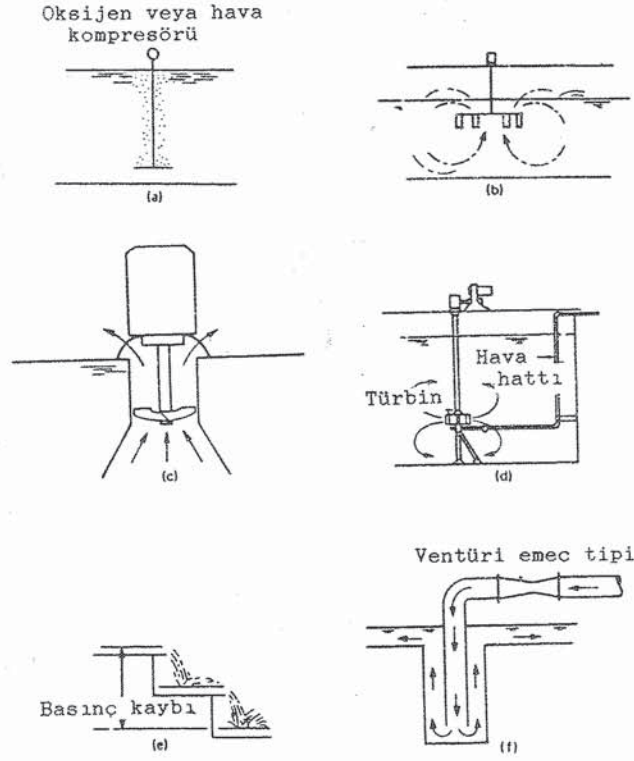
1-3 Pratik uygulama sahaları

İçme suyundaki yüksek dozlu karbondiyoksit, demir ve manganez giderimi ile nahoş kokuyu ortadan kaldırmak, aynı zamanda, yüksek (BOİ/KOİ) evsel ve sanayi atık suların arıtımında, biyolojik havalandırma şeklinde uygulanmaktadır.

Çeşitli havalandırma yöntemleri, değişik ekipmanlarla yapılmaktadır. (Şekil-1).

Yararlı önemli proses ekipmanları: Üfleyici veya kompresör, veya çeşitli tip ve ebatla mekanik karıştırıcılar, örn. türbin, kürek, fırça., veya püskürtücüler.

Gerekli işletme malzemeleri: hava, veya klor gazı, ozon, oksijen, kükürt diyoksit (sudaki aşırı klorun giderimi için) gazları, veya karbondiyoksit gazı (pH düşürmek için).



Şekil 1- Çeşitli Havalandırma Sistemleri

- (a) Yayınmış havalandırma (d) Karıştırıcı-havalandırma sistemi
 (b) Türbin karıştırıcı tip (c) Çağlayan türü havalandırma
 havalandırma
 (e) Mekanik yüzeysel havalandırıcı (f) Ejektör (venturi) tipi havalandırıcı

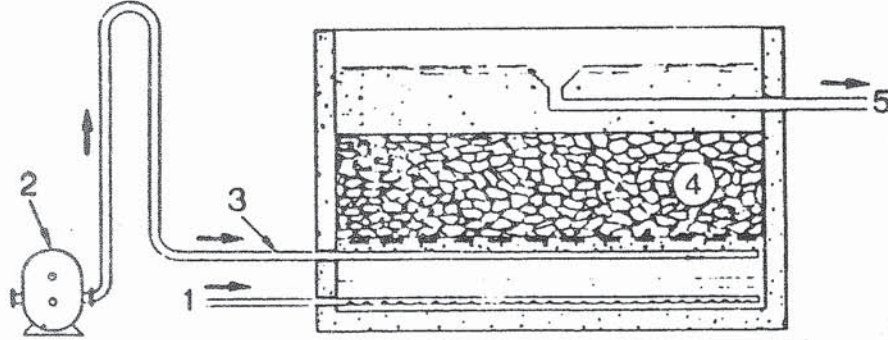
1-4 Havalandırma Teknolojisi

Önemli iki havalandırma tipi tanımlanmaktadır. Soğurma ve sıyırma yöntemleri.

1-4-1 Soğurma (Abrosption): Gazın Suda Erimesi

Atmosferdeki hava-su karışımli sistemlerin dışında, gaz soğurma tesisleri genelde yayınmış (diffused) gaz temeline dayanmaktadır. Gazın, örn.

oksijen, ozon, klor vb..., atıksu havuzunun içerisinde yer alan delikli borunun üzerindeki memelerden geçip ve üst atık-suyla karışmaktadır (Şekil-2). Çeşitli giriş çıkış akış biçimleri düşünülebilir, örn. havuz veya silindirik şeklinde tankın iki yanda, veya dairesel savak olabilir.



Şekil 2- Yayınmış Gaz Sistemi

1- Atıksu girişi; 2- Gaz üfleyici; 3- Gaz girişi; 4- Ara temas kütlesi örn. özel kum, çakıl... (derin havuzlar için, ve düşük askıda katı maddeli atık sularda) 5- Arıtılmış su çıkışı

Diğer yanda, atıksu durumunda, biyolojik havalandırma esnasında mekanik karışım, örn. yüzeysel havalandırıcı, veya hava üfleyici, vasıtasıyla yapılmaktadır böylece oksijenin soğurmasını ve değişik organik bileşiklerin atık sudan atılmasını, sağlamaktadır.

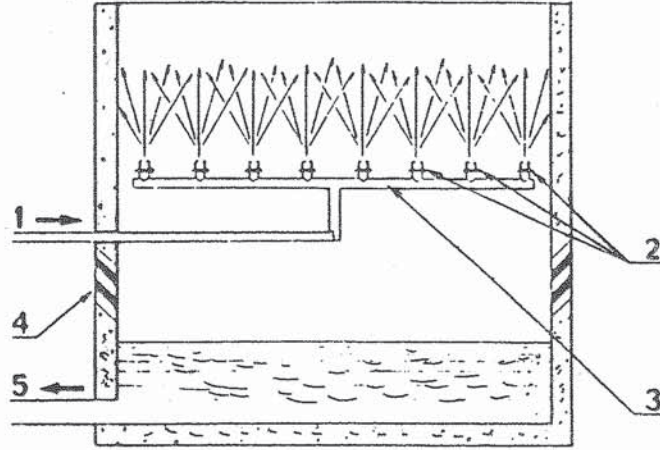
Ejektör ise, (venturi tipi), seyrek hallerde, yalnız karbondiyoksit ve klor gazlarının soğurmasında kullanılmaktadır.

Amonyak, klor ve kükürtdiyoksit gazlarının, suda soğurmaları hızlı olduğundan, özel, maliyeti yüksek yatırımlar gerektirmemektedir; örn. mevcut havuz, boru veya kanalda uygulanabilirler. Fakat, saf oksijen ve ozon gazlarını, atık suda nisbeten daha hızlı soğurdıkları halde, suda soğurmaları yavaş olmaktadır, dolayısıyla maliyeti yüksek ileri tasarımı ekipman sistemleri gerektirmektedirler.

Karbondiyoksit ve havadaki oksijenin, su ve atıksuda soğurması, su-gaz ters geçişi sağlanan dolgulu kulelerde (Packed column), etkilidir.

1-4-2 Sıyırma (Stripping). Su Veya Atıksuyun Gazın İçerisinde Dağılımı

Atmosferdeki hava-atıksu karışımı, püskürtmeli (spray) (Şekil-3) veya damlalıklı (trickling), doğal veya cebri olarak (Şekil-4,5) dolgulu veya dolgu-suz kulelerde, pompa basıncında yapılmaktadır.



Şekil 3- Püskürtmeli Kule

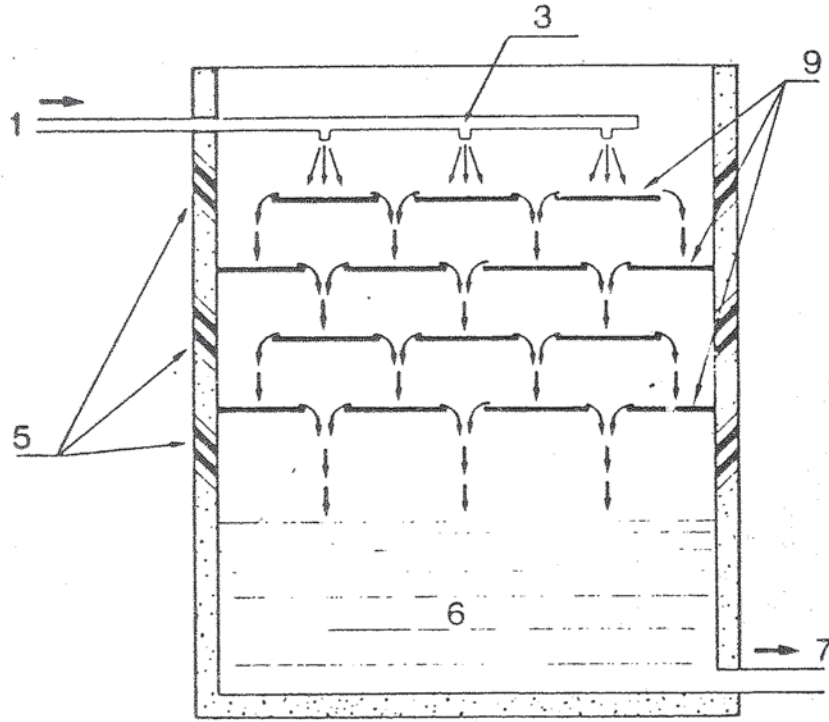
- 1- Atıksu girişi
- 2- Püskürtme memeleri
- 3- Ana boru ve bölmeleri
- 4- Havalandırma delikleri
- 5- Arıtılmış su

Sıyırma havalandırma yöntemlerinin sayesinde, atık sudaki uçucu (volatile) organik bileşikler metan, amonyak, karbondiyoksit, hidrojen kükürt, vb... gazların, % 50-70 arası giderimi sağlanmaktadır.

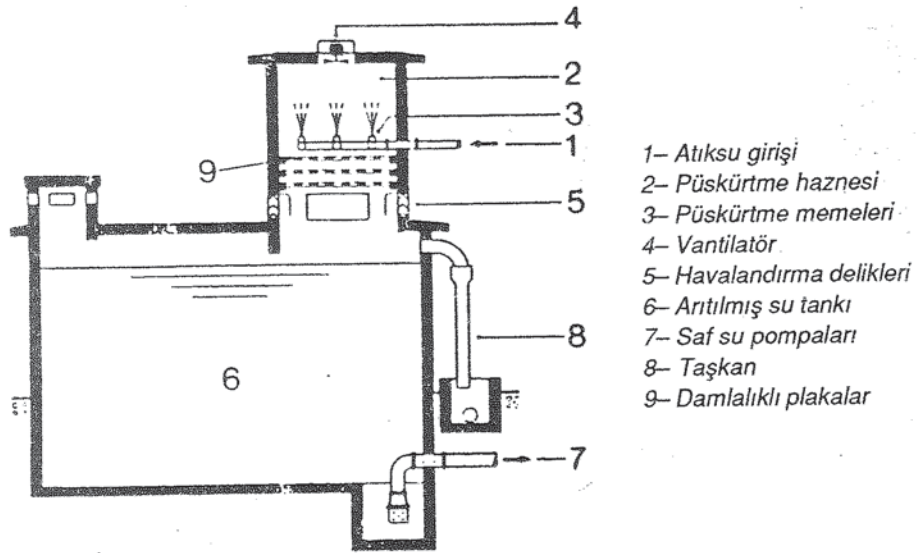
Evsel atıksuların havalandırılması, genellikle, aktif çamur tankının içerisinde, hızlı türbin tipi karıştırıcılarla (mekanik yüzeysel karışım türü) gerçekleşmektedir. Askıda ince katı atık madde derişimi. 300-500 mg/litre'den fazla olduğu durumlarda, BOİ giderimi randımanını yükseltmek amacıyla, toplam aktif çamurun % 50'sini geçmemek şartıyla, ön-havalandırmaya, 10-20 dakikalık sürede, ayrı veya ön-çökeltme tankında (uzun, bölmeli) tabi tutulmaktadır.

Havalandırma süreleri, su arıtımında tercih edilen, püskürtmeli ve damlalıklı 1.5 sn. arası, yayınmış 10-30 dk. arası ve atıksu arıtımında tercih edilen mekanik-karışımli, yüzeysel tipi için 2 sn. derin tipi için 2-6 saat arası olmaktadır. Sözü geçen havalandırma sistemlerinin, az masraflı olup ve kullanımı diğer havalandırma yöntemlerine göre daha yaygındır; aynı zamanda, soğutma sistemlerinin tasarımı, sıyırma sistemlerinin tasarımına nazaran daha karmaşıktır.

Havalandırma tipi seçiminde, sabit pH'da, gaz-su ve su-gaz karışım nisbetleri, atık yükleri ve nisbi çözünürlükler/buharlaştığı (Relative solubility / volatilities), atık cinsi ve sistemdeki ısı/basınç oranı, gaz ve atıksu miktarları, havalandırma süresi ve bileşik kütle aktarma sayısı, tayini dikkate almak gerekmektedir.



Şekil 4- Doğal havalandırma



Şekil 5-Cebri havalandırma

Tasarımın sonucunda, havalandırma ünitesinin ebatları, tipi, gaz ve atık-su kapasiteleri belirlenmektedir.

Havalandırmayla gerçekleşen su/atıksu arıtımı, atık giderme yüzdesinin randımanı düşüktür ve tümüyle oluşmamaktadır; örn. korozyonu önlemek amacıyla, yayınlmış havalandırma tipi uygulandığında, atıksudaki karbon-diyoksit miktarı tam azalmamaktadır, aynı zamanda alkaliniteyi yükseltmek için, kireç ilavesine gerek duyulmaktadır, bu durumda pH değişmektedir (yükselmektedir).

Diğer örnekte, havalandırma vasıtasıyla gerçekleşen tad giderimi işlemi, sorunlar yaratmaktadır ve koku azalacağına fazlalaşmaktadır. Nitekim, nisbeten ucuz bir arıtma yöntemi olduğu halde, havalandırma arıtma yöntemin kullanımı sınırlı kalmaktadır.

2- YÜZDÜRME (Flotation)

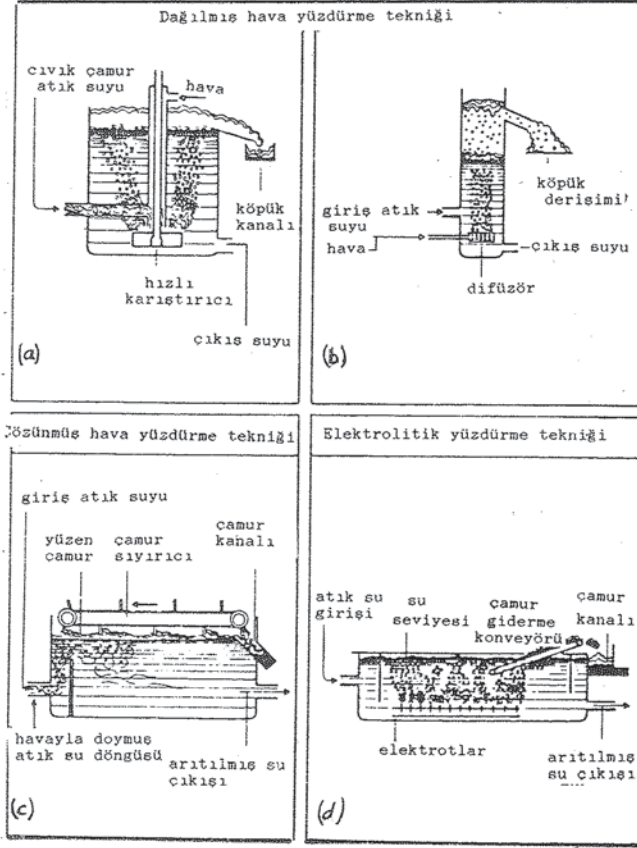
2-1 Amaç-Yöntem: Katı veya sıvı-sıvı ayırımı ilkesine dayanan, yukarıya doğru akan gazla (gn.hava) gerçekleşen yüzdürme prosesi, sudaki bulunan hafif batmayan ince veya kaba askıda katı maddelerin, örn. yumak, lif, mineraller, vb... ve atık sudaki bulunan askıda organik veya inorganik bileşiklerin ve yağ cinsi maddelerin, mikroskopik gaz kabarcıklar vasıtasıyla (bubbles) yüzeye kadar getirilip, tabaka halinde bırakılmaktadır. Daha sonra, sıyrıcılar aracılığıyla, yüzen tabaka, alttaki su tabakasından ayrılmaktadır.

Gaz kabarcıkların oluşumu: suda doymun (saturated) vaziyette, basınç altında bulunan gazın, sistemin basıncı düştüğünde veya atmosfer basıncında, gaz, kabarcıkların oluşumu meydana getirilmektedir.

Atık suda, ince partikülleri, örn. koloit, sıvı asıltı (emulsion), vs... bulunması halinde, yüzdürme prosesini çabuklaştırmak amacıyla, sık olarak, özel kimyasal madde, yüzdürme tankına veya daha önceki üniteye, ilave edilmektedir; örn. pH ayarlayıcı maddeler, demir veya alüminyum sülfatlar, vb... Çökelme prosesinin ters işlemi olarak tanınan yüzdürmenin, aynı zamanda havalandırmayla ortak noktası, gaz kullanımıdır (burada, hava).

2-2 Kullanım Alanları: Su ve bilhassa atıksu arıtımında, hidrokarbonlar lateks, reçineli maddeler, lifler, algler, pigmentler, metal hidroksitler, yağ, gres ve çeşitli askıda ince mineraller gideriminde; aynı zamanda biyolojik çamur, örn. aktif çamur ve kimyasal yoluyla yumaklaştırılmış çamurun, koyulaştırılmasında (thickening), kullanılmaktadır.

2-3 Pratik Uygulama Sahaları: Evsel atıksu arıtımında, cebri-hava yağ ayırıcı (forced-air oil separator) olarak kullanılmaktadır; aynı zamanda, petrokimya, konserve, conta, gıda, maden ocakları, çamaşırhane, vb... atıkların arıtımında, çökelme tankının yerine veya içinde veya daha önce uygulanmaktadır.



Şekil 6- Çeşitli Yüzdürme Sistemleri

Su arıtımı için, pratikte, uygulanmamaktadır, ancak yüzeysel sularda yüzen yeşil bitkiler, alg cinsinden maddeleri gidermek için tercih edilmektedir.

Atıksu akışı esnasında, yüzdürme tankı, kum tutucu ünitenin içinde veya ardından yer almaktadır; aynı zamanda pıhtılaştırma-yumaklaştırma ünitelerinin ardından ve çökeltme + biyolojik arıtma ünitelerinden önce sıralanmaktadır. Böylece mümkün olduğu kadar, diğer arıtma ünitelerinin yüzde atık giderme verimi etkilenmemiş bulunmaktadır.

Çeşitli yüzdürme yöntemleri, farklı ekipmanlarla ve ünitelerde yapılmaktadır. (Şekil-6).

Yararlı önemli proses ekipmanları: Hava kompresörü, veya içitleri (injector), yüksek basınçlı (antrifüj) pompa, basınç tankı, basınç düşürücü sistemi (pompa, vana, vb...), çeşitli tip mekanik karıştırıcılar, örn. çark-türbin tipi, çamur kaldırma ve uzaklaştırma sistemi (sludge removal and pumping system).

Gerekli İşletme Malzemeleri: Hava (gaz), çeşitli kimyasal madde: atık suyun kalitesine göre: demir sülfat, klorür, veya: alüminyum sülfat, aktif sili-ka, amil alkol, çam yağı, kresilik asidi. Özel köpürücü madde, veya sıvı-asıl-tısı giderici (zorunlu olmayan).

2-4 Yüzdürme Teknolojisi

İki temel yüzdürme tipi uygulanmaktadır: hızlı karışım (mekanik veya türbülans esaslı) ve çözünmüş hava yüzdürme tekniği veya hava-kabarcığı (köpüğü) tekniği (Dissolved-air flotation, DAF).

2-4-1 Hızlı Karıştırmalı Yüzdürme Sistemleri

2-4-1-1 Mekanik Esaslı Hava-Su Besleme Sistemleri

Yüzdürme tankı, dikdörtgen veya genelde silindirik şeklindedir; üflen-en hava ve atıksu, sırasıyla, karıştırıcının (türbin tipi) üstünden ve altından bes-lenmektedir ve tankın içerisinde çok hızlı dağılıp karıştırılmaktadır. Atıksuyun kalma süresi 2-20 dk. Böylece oluşan, 0.1-1 mm çaplı, hava kabarcıkları sayesinde, askıda katı maddelerin ayırımı sağlanmaktadır (Şekil: 6, a). Örn. maden ocaklarının, polimer, elastomer, köpük oluşturan atıksularında, pH'L, ayarlandıktan sonra, bu yöntemle tasfiyelerini müsbet sonuçlar vermiştir.

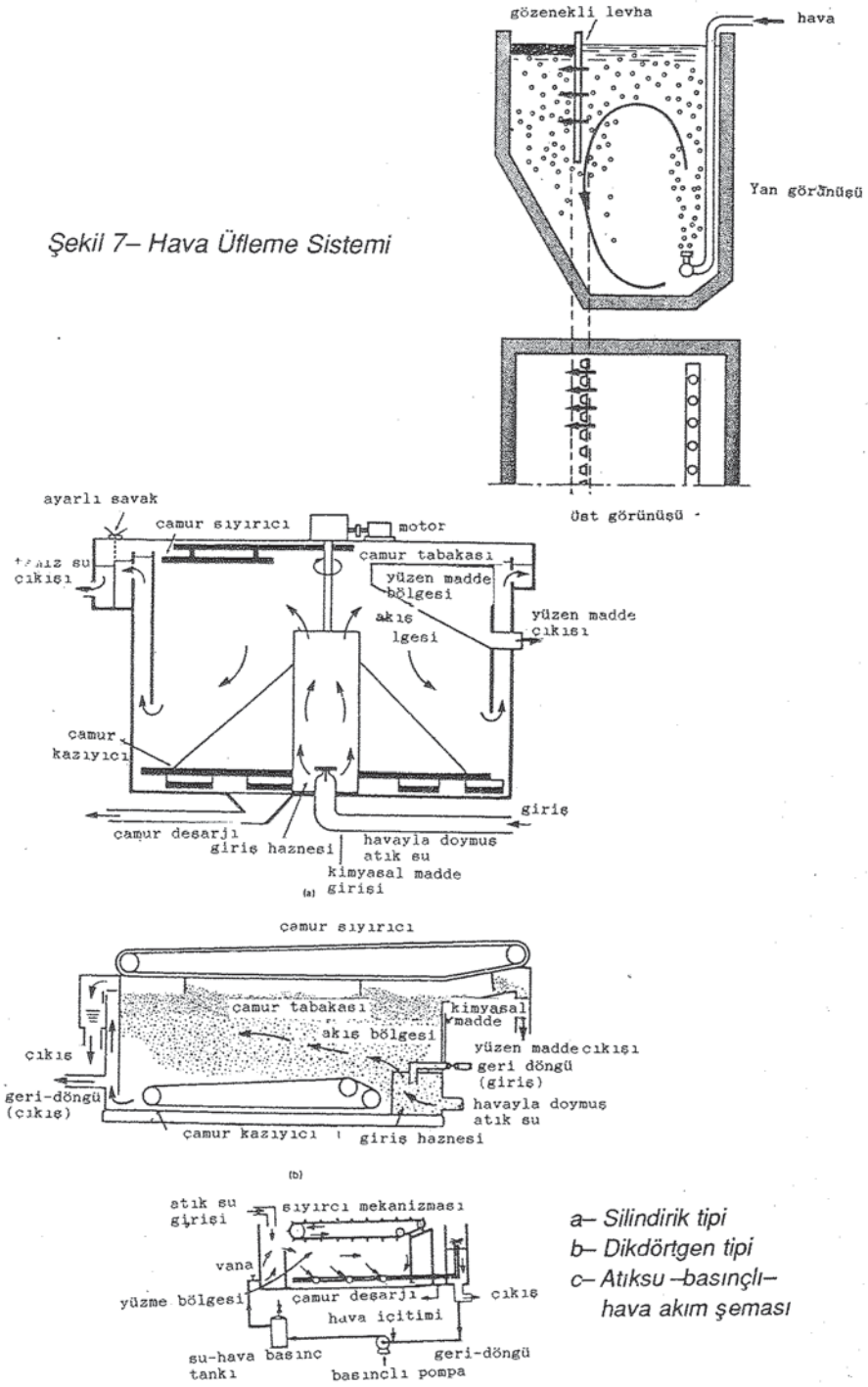
2-4-1-2 Türbülans Esaslı Hava Üfleme Sistemleri

Bazı yağ (ince veya kalın tabaka halinde), iri lifler, kâğıt, vb... gibi yük-sek konsantrasyonlu atıksularında, ekonomik açıdan, karıştırıcı yerine, yüz-dürme tankı, iki bölüme ayrılmaktadır: birinci bölümde-basınçlı havayla atık su karışımı sıvı asıltı halindeyken, özel yapılı gözenekli (Porous) ayırıcı levha arasından geçip, ikinci bölümde çok ufak 0.1-0.05 mm çap. hava kabarcı-kları (köpük) haline dönüşmektedirler. Sistemde, atık su kalış süresi, 2-5 dk. arası. Türbülans esasına dayanan bu sistem, tasarımı, diğer sisteme naza-ran daha karmaşıktır (Şekil: 6b, 7).

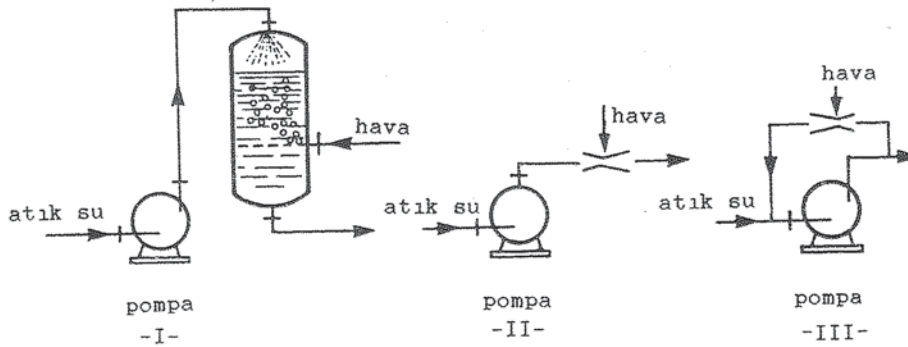
2-4-2 Çözünmüş Hava-Yüzdürme Tekniği (DAF)

50-100 m³/saat üzerinde yüksek kapasiteli tesisler için kullanılan en yaygın yüzdürme tipidir. Tankın geometrik şekilleri: dikdörtgen, tercihen su arıtımı için; veya silindirik, tercihen atık su arıtımı için (Şekil: 6c, 8a, b).

Şekil 7- Hava Üfleme Sistemi



Şekil 8- Çözünmüş Hava Yüzdürme Tekniği



Şekil 9- Hava-Su Karışımı Yöntemleri

Suda doygun (saturated) halde bulunan basınçlı hava (1.5–3.5 atm. arası), yüzdürme tankında, sistemin basıncı, atmosfer basıncı, atmosfer basıncı veya boşluk basıncına (ort. 200 mm civa) düştüğünde, çok ufak kabarcıklar halinde, 40–70 mikron çap arasında, suyun içinde serbest bırakılmaktadır.

Kimyasal madde ilaveli basınçlı atıksu ile karışımı, geri döngüyle (recycle) birlikte, tankın tabanından girmektedir ve yüzdürme tankındaki çeşitli perdeler (Baffles) çarparak, dağılmaktadır. Yüzen çamurlu maddeler, kazıyıcı veya sıyrıcı vasıtasıyla, ayrı bir bölüme deşarj edilmektedirler ve özel çamur pompayla uzaklaştırılmaktadırlar (Şekil: 8a, b).

Hava, sisteme çeşitli yollarla basılmaktadır (Şekil: 9); genelde, atık su pompasının, emiş hattına kompresörle injekte edilmektedir ve ara basınç tankında 2–3 dk. tutulduktan sonra, yüzdürme tankına suyla birlikte sevk edilmektedirler (Şekil: 8 c). Bu yöntem pahalı olmasına rağmen işletmesi düzenli olmaktadır.

Bu yüzdürme tekniği, petrol, deterjan, yağ–gliserin... gibi sanayi atıksularının arıtımında, 60–95 % arası atık giderme verimi sağlamaktadır; ayrıca kötü kokuları ortadan kaldırmaktadır. Mamafih, DAF sistemlerin tasarımı karmaşık, maliyeti yüksek ve işletmesi zor, mekanik karışımli sistemlere nazaran. Dolayısıyla, sıkı olmayan koşullar altında, yüzdürme tankı yerine, basit çökelme tankı tercih edilmektedir.

Diğer tarafta elektrolitik yüzdürme tekniği (Şekil: 6d); 20–40 m³/saat arası, küçük debili derişimli tuzlu atık suların arıtımında tercih edilmektedir. Atık sudaki hidrojen ve oksijen hava kabarcıkları, suyun elektroliz metoduyla oluşmaktadırlar. Bu sistem maliyeti çok yüksek olduğundan, pek kullanılmamaktadır.

Ufak hava kabarcıkların oluşumuna bağlı bulunan, yüzdürme arıtma üniteleri tasarımında, tespit edilmesi gereken önemli parametrelerin; katı atığın

yüzeysel ve fiziksel yapısal özelliklerini ve aşağıda doğru hızı, yüzdürme alanı ve zaman birimine göre arıtılacak katı atığın miktarı, çözünmüş hava miktarı/sudaki katı madde derişim oranı ve buna bağılı olarak hava yükü ve atık su debisi, geri döngü (recycle) oranı bilhassa kimyasal madde ilaveli sistemler için (20–120 % arası değışmektedir), atıksuyun sistemde kalma süresi (gen. 2–30 dk. arası).

Tasarımın sonucunda, yüzdürme tankının ebatları (alanı ve yüksekliğı, gen. 2–4 m arası), gerekli hava miktarı ve basıncını, atıksu kapasitesi, üretilen yüzen çamurun miktarı, ilave edilecek kimyasal madde miktarı, su–hava basınç tankın ebatları, vs... ortaya konulmaktadır.

DAF yüzdürme üniteleri, tek veya diğ er arıtma sistemlerin kapsamında, paket olarak piyasada satılmaktadırlar.

II nci GRUP: YÜZE TUTUNMA (Adsorption) + İYON DEĞİŞİMİ (Ion Exchange)

Her iki arıtma ünitesi, suda erimiş, görünmeyen ve değışik kökenli organik veya inorganik atık maddelerin giderimi için uygulanmaktadır. Arıtma tesisinin en son tasfiye üniteleri teşkil etmektedirler.

3– YÜZE TUTUNMA (Adsorption)

3–1 Amaç–Yöntem: Su ve atıksuda, erimiş vaziyette bulunan ve biyolojik çürüme olasılığı az olan çeşitli kokulu, ornatılmış (substituted) ağır, doğal veya yapay organik hidrokarbonlu maddelerin, tutan (adsorbent) – tutunan (adsorbate) arasındaki elektrostatik ve yüzey–aktif güçlerin sayesinde, tutanın ara yüzeyinde birirmektedirler.

Tutma kapasitesi tükendiğı zaman, tutan madde, ileri safhada yenilenmektedir (regeneration).

Tutunan moleküllerin, tutanın ara yüzey gözeneklerde tutunması, çeşitli karmaşık fiziko–kimyasal kutuplanma (polarisation), dağılma etkileşmesi (dispersion–interaction) ve hidrojen bağıları (hydrogen bonds) sebeplerden kaynaklanmaktadır.

Toz veya granül halinde, kesikli (batch) veya sürekli–dinamik (continuous–bed) sistemlerde, aktif karbon yüze tutunma açısından en yüksek arıtma performansı sağlamaktadır.

3–2 Kullanım Alanları: Su arıtımında, erimiş halde, tad ve kokuya sebep veren klorlu–hidrokarbon bileşikler ve bazı ağır metallerin giderimi ve son zamanlarda, atık su arıtımında, çürümeyen erimiş biyolojik atıkların, yüzey aktif maddelerin, tarım ilaçları ve bazı zehirli metal iyonları gibi atıkların giderimi için uygulanmaktadır (Tablo: 1).

Tablo 1– Aktif Karbonla Tutulan Atıkları

Kolay tutunan maddeler

Kokulu solventler: benzin, toluen, nitrobenzenler, vs...

Klorlu kokulu maddeler: FCB'ler, klorobenzen, klornaftalen fenol ve klorofenoller

Çok çekirdekli kokulu maddeler: Asenaften, benzopiren, vs...

Böcek öldürme ve tarım ilaçları: DDT, aldrin, klordan BHC'ler, heptlor, vs...

Kokulu olmayan klorlu atıkların: Karbon tetraklorür, kloroalkil eterler, heksaklorobutadien, vs...

Yüksek molekül ağırlıklı hidrokarbonlar: Boya, benzin, aminler, vs...

Zor tutunan maddeler:

Alkoller

Düşük molekül ağırlıklı ketonlar, asitler ve aldehitler

Şeker ve nişasta maddeleri

Çok yüksek molekül ağırlıklı veya kolloitsel organik maddeler

Düşük molekül ağırlıklı alifatikler.

Kolay tutunan metaller:

Antimon, arsenik, bizmüt, krom, kalay, gümüş, civa, kobalt, zirkonyum.

Zor tutunan metaller:

Kurşun, nikel, titanyum, vanadyum, demir, bakır, kadmiyum, çinko, baryum, selenyum, molibden, manganez, tungsten, radyum.

Kolay tutunan inorganik bileşikler:

Klorlu, bromlu, iyodlu, florür.

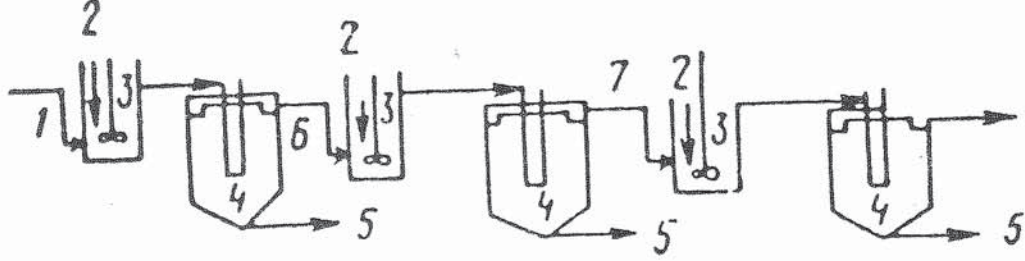
Zor tutunan inorganik bileşikler.

Nitrat, fosfat, klorür, bromür, iyodür.

3–3 Pratik Uygulama Sahaları: İçme suyu arıtımında (tad ve koku giderimi için), sanayi ve evsel atık su arıtımında: deterjan, gıda, meşrubat, fenol, petrokimya, hidroksil türevleri ve klorlu hidrokarbonlu atık suları. Yüksek kaliteli su elde etmek dışında, yüze tutunma arıtma yönteminin, bilhassa atıksuda, kullanımı sınırlıdır.

İçme su arıtımında, kimyasal pıhtılaştırma–yumaklaştırma ve yüzdürme–çöktürme arıtma üniteleri ardından, aynı zamanda, atıksu arıtımında ise, biyolojik arıtmadan sonra uygulanmaktadır. Uygulama genelde, yüksek ve dar basınçlı kolon içinde gerçekleşmektedir.

Yararlı Önemli Adsorpsiyon Ekipmanları: Basınçlı aktif karbon kolonu, basınçlı pompa, aktif karbon cıvık çamurun (slurry) besleme ünitesi, ko-



Şekil 10- Üç Basamaklı Adsorpsiyon Ünitesi

- | | |
|---------------------------|--|
| 1, 6, 7- Atık su girişi | 4- Çökeltme tankları |
| 2- Aktif karbon ilavesi | 5- Kullanılmış aktif karbon çamurun çıkışı |
| 3- Mekanik karıştırıcılar | |

rozyona karşı plastik kaplama boru ve ekipmanlı sistemler, aktif karbon yenileme ünitesi (regeneration unit) (opsiyon olarak).

Gerekli İşletme Malzemelerin: Aktif karbon (toz veya granül), hızlı mekanik karıştırıcı ve yumaklaştırıcı kimyasal madde.

3-4 Yüze Tutunma Teknolojisi

İki yüze tutunma yöntemi uygulanmaktadır: Toz aktif karbonla uygulanan kesikli (batch) açık veya kapalı tankta, veya granül aktif karbon ile uygulanan sürekli akış (continuous flow) basınçlı kolonda.

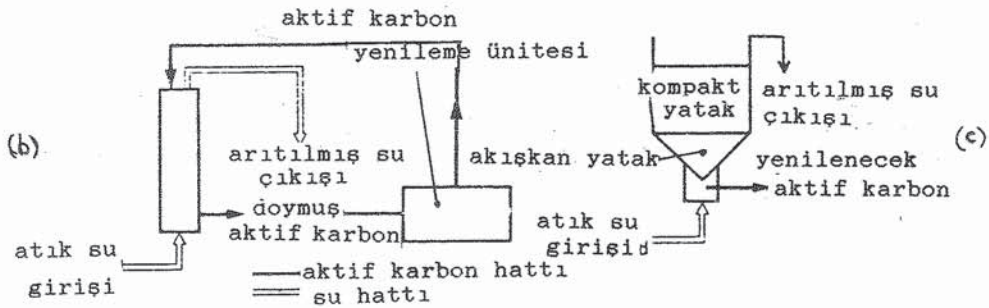
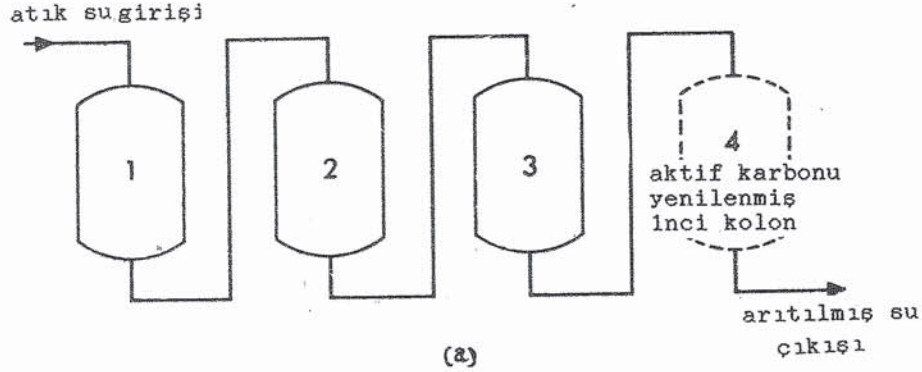
3-4-1 Kesikli Adsorpsiyon Sistemleri

Genellikle düşük kapasiteli su ve atıksu arıtılmasında uygulanmaktadır. Aktif karbon cıvık çamuru (slurry), beton depolama tankından, kimyasal yumaklaştırıcı maddeyle, birlikte, çökeltme ve süzme (filtration) ünitelerden önce, tek veya çok basamaklı dikdörtgen veya silindirik tankına sevk edilmektedir (Şekil: 10).

Ortalama aktif karbon derişimi, 2-30 mg/L arasında ve kalma süresi, ort. 20 dk.

3-4-2 Sürekli Adsorpsiyon Sistemleri

Değişik kapasitede su ve nisbeten az derecede atıksu (bilhassa evsel tipi), arıtılmasında yaygın olarak kullanılmaktadır. Tane büyüklüğü, yoğunluk



Şekil 11– Aktif Karbon Adsorpsiyon Sistemleri

(a) Sabit yatağı

(b), (c) Akışkan yatakları

ve kırılgenlik (friability) özelliklerini taşıyan granül aktif karbon, basınçlı, içi kaplı çelik kolon yatakları halinde, çökelme ve süzme üniteleri ardından ve sterilizasyondan önce, uygulanmaktadır, (Şekil: 11). Çeşitli aktif karbon akış-yatakları bulunmaktadır; en önemli olanlar: yerçekimi-akış sabit yatağı (fixed bed) ve akışkan yatağı (fluidised bed).

a) Yerçekimi-Akış Sabit Yatağı: Atıksu, sırayla veya paralel olarak, birden fazla dizilmiş aktif karbon kolonlarının içinde, tabaka halinde sıralanmış kum-ince çakıl-aktif karbon, üzerinden geçip aşağıda doğru akmaktadır (Şekil: 11 a).

Ünitelerin performansını yükseltmek amacıyla, birinci aktif karbon kolonu, tükendiği (exhausted) anda, yenilenmektedir (regenerated), daha sonra diğer aktif karbon kolonlarının ardından sıralanmaktadır.

Bu sistem, az miktarda kullanılacak aktif karbon durumlarında tercih edilmektedir.

b) Akışkan Yatağı: Bu yöntem, yeni teknoloji teşkil etmektedir; buna rağmen kullanımı yaygın olmamaktadır. İki sistem kapsamaktadır: Birincisi,

atıksu yukarıya doğru akarken, aktif karbon yatağın bir kısmını yerinden yükseltmektedir (Şekil: 11 b); diğer sistem ise, aktif karbon üstten ve atıksu, ters yönden, alttan beslenmektedirler (Şekil: 11 c). Akışkan yatağı sistemi, çok miktarda kullanılacak aktif karbon durumlarında tercih edilmektedir, örn. 50–200 mg/L aktif karbon.

Yerçekimi ve akışkan yatağı sistemlerin temizlenmesi, geri yıkama suyuyla yapılmaktadır; bazen, iyi karışım sağlanması için, basınçlı hava kullanılmaktadır. Aynı zamanda, tükenmiş (exhausted) aktif karbon yenilenmektedir.

Sürekli adsorpsiyonlu sistemler, kesikli sistemelere nazaran, daha pratik ve ekonomiktir. Aynı zamanda, az bulanık atıksular için, süzme yerine geçmektedirler.

Aktif karbon ünitelerinin tasarımı için, ele alınacak esas faktörler: atıksu ve aktif karbon temas süresi (gen. 15–35 dk. arası), hidrolik yükleme hızı, aktif karbon yatağın derinliği ve kolonların sayısı. Diğer tarafta geri yıkama suyunun miktarı, hızı ve yıkama süresi, aktif karbon adsorpsiyon kapasitesi (tutunan atığın ağırlığı/aktif karbon ağırlığı oranı) önemli parametrelerin arasındadır.

Tasarım sonucunda aktif karbon kolonunun ebatları (kesit alanı ve aktif karbon derinliği), kolon sayısı, aktif karbon miktarı, tek kolonun arıtma süresi (cycle), vs... tayin edilmektedir. Aktif karbon tasarımında, dikkat edilecek diğer husus: evsel ve organik yükü yüksek atıksuların arıtılmasında, anaerobik koşulları ve bakterilerin oluşumunu önlemek amacıyla, BOİ derişimi düşük, kısa temas zamanı ve erimiş oksijen seviyesi yüksek tutulması gerekmektedir; nitekim aktif karbon üniteleri, biyolojik arıtmadan sonra yerleştirilmektedir.

4- İYON DEĞİŞİMİ (Ion Exchange)

4-1 Amaç-Yöntem: 0.2–2 mm çapında granül, doğal veya sentetik yapılı reçinelerin işlevsel gruplarına elektrostatik güçlerin sayesinde tutunan, hidroksil (R–HO–) veya hidrojen (RH +) bağları ile, aynı yükte + / –, su veya atıksuda çözünmüş inorganik iyonlu tuzların, örn. kalsiyum Ca ++, magnezyum Mg ++,..., veya metallerin örn. Cr⁶⁺, Zn²⁺..., değişiminden ibarettir.

4-2 Kullanım alanları: Su arıtımında, çeşitli erimiş katyonları ve anyonların gideriminde; atıksu arıtımında ise, çeşitli erimiş metal iyonları örn. çinko, bakır, nikel, krom, vs..., siyanür, fenol, formaldehit, bazı organik bileşiklerin, örn. anilin, piridin, formik asidi, klorlú organik maddelerin, tarım ilaçları ve bazı tuzlar, örn. nitratlar, klorür, sülfatlar, vb... atıkların giderimi, etkin şekilde sağlanmaktadır.

4-3 Pratik Uygulama Sahaları: İçme suyu arıtımında, yumuşatma veya sertlik gidermek için (karbonat) ve demineralizasyon; diğer yanda bazı sanayi atıksuların arıtımında örn. metalürji, kaplama, petrokimya, hastanelerin, nükleer ve çeşitli araştırma merkezlerin atıksuları.

Elektronik, farmasötik veya tıp alanında, aşırı-saf proses suyu elde etmek amacıyla, iyon değişimi uygulanmaktadır.

Bu çeşitli, atıkların gideriminin sağlanması için, değişik yapısal özelliklerde tip reçineler kullanılmaktadır.

Su ve atıksu arıtma tesislerinde, genelde iyon değiştirici, adsorpsiyon yerine veya ardından, basınçlı kolon içinde, son tasfiye ünitesi olarak teşkil etmektedir.

Yararlı önemli iyon-değiştirici ekipmanları: İçi kaplı basınçlı kolon, basınçlı pompa, korozyona dayanıklı yenileme asit veya baz solüsyon pompaları, reçine taşıma ünitesi (basınçlı hava veya özel sıvı-pompa vasıtasıyla).

Gerekli işletme malzemeleri; Çeşitli belirli tip katyonlu ve/veya anyonlu tip reçineler (granül halinde), reçinenin yenilemesi için, asit ve/veya alkali (baz) solüsyonlar, reçine tabanında oluşturacak destek tabakası materyallerin, örn. antrasit, kömür, vb...

4-4 İyon Değişimi Teknolojisi

Yüze tutunma teknolojisinde olduğu gibi, kesikli ve sürekli sistemler uygulanmaktadır. Atık suyun cinsine göre, hafif veya kuvvetli katyonlu ve/veya hafif veya kuvvetli anyonlu reçineli yatakların, ayrı ünite olarak veya karma (mited), tek ünite kullanılmaktadır.

Katyonlu reçine değiştirici sistemlerde, asit yenileme solüsyonu ve anyonlu reçine değiştirici sistemlerde, bazı yenileme solüsyonu kullanılmaktadır.

Katyonlu reçine değiştirici sistemlerde, asit yenileme solüsyonu ve anyonlu reçine değiştirici sistemlerde, baz yenileme solüsyonu kullanılmaktadır.

Diğer yanda, reçine, devamlı suyun içinde depolanmaktadır.

4-4-1 Katyonlu Reçine Değiştirici: İki Gruba Ayrılmaktadır:

Kuvvetli asid tipi reçine: Molekülünde, hidrojen (R-H), sülfonik (R-HSO₃) veya fosforik R-H₂PO₃) radikalleri bulunmaktadır.

Atıksudaki yaklaşık bütün katyonları, örn. kalsiyum, magnezyum, sodyum, vb... hidrojen ile değiştirilmektedir (demineralizasyon); nitekim, asit tipi katyonlu reçine, en başta gelen iyon değiştirici kolonu olmaktadır.

Sodyum türü reçinesi, (R-Na), su yumuşatması ve demir-manganez giderimi için kullanılmaktadır.

Hafif asid tipi reçine: Molekülünde, karboksilik (R-HCO₂) radikalleri bu-

lanmaktadır. pH 4–5 üzerindeyken, alkali tuzlu atık suların arıtımında kullanılmaktadır, örn. alkali kalsiyum veya magnezyum.

Reçinenin türüne göre, HCl, H₂SO₄ veya NaCl solüsyonlarıyla yenilenmektedir.

Katyonlu iyon-değişimi genel tepkimesi:



4-4-2 Anyonlu Reçine Değiştirici: İki Gruba Ayrılmaktadır:

Kuvvetli Baz Tipi Reçine:

Molekülünde, dördüncül amonyum radikali: R-N(CH₂)₃, ve R-N(CH₂)₂, -CH₂-CH-OH, veya hidroksid radikali: R-OH, bulunmaktadır.

Silika, karbon diyoksit, nitratlar, sülfatlar ve hafif iyonizedilmiş anyonların gideriminde kullanılmaktadır ve demineralizasyonu tamamlamak amacıyla katyonlu reçine değiştirici sistemlerin ardından, sıralanmaktadır.

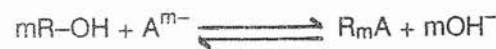
Hafif Baz Tipi Reçinenin:

Molekülünde, birincil, ikincil, üçüncül ve dördüncül aminlerin karışımından oluşmaktadır, R-(NH₂).

Sudaki HCl, H₂SO₄ gibi asitliği gidermek için uygulanmaktadır; aynı zamanda kuvvetli baz tipi reçinelerin ardından sıralanmaktadır.

Reçinenin türüne göre, yenilenmesi, NaOH, NH₄ OH, NaCl, veya Na₂CO₃ solüsyonlarıyla gerçekleşmektedir.

Anyonlu iyon değişimi genel tepkimesi:



Hafif asid ve baz reçine tipleri yenileme randımanları, kuvvetli asid ve baz reçine tiplerine nazaran daha yüksektir (% 90 mertebesinde).

4-4-3 Kesikli İyon Değiştirici Sistemleri: Kesikli aktif karbon adsorpsiyon sistemlerine benzemektedirler.

Reçine ve atıksuyu, aralıklarla ve çeşitli aşamalarla, geometrik tankı içerisinde ilave edilip karıştırılmaktadırlar.

Sistemin dengesi sağlandıktan sonra, temiz su üstten, yan savaklardan veya değişik çıkış boru sistemlerden, deşarj edilmektedir.

Bu yöntem, ekonomik olmadığından, pek uygulanmamaktadır; tersine sürekli kolon sistemleri tercih edilmektedir.

4-4-4 Sürekli İyon Değiştirici Kolon Yatak Sistemleri:

Değişik kapasitede su ve atıksu arıtımında, basınçlı içi kaplı çelik kolon yatakları, en yaygın iyon değişimi arıtma türü teşkil etmektedirler. Atıksu, üstten aşağıya doğru veya tabandan yukarıya doğru, yenileme solüsyonun yönünde veya karşı yönünde akmaktadır.

Bilhassa su arıtımında, iyon değiştirici, değişik düzenlemelerle ve aşamalarla, tek veya karma reçine tipi, sabit yatak ve ilaveten, atıksu akışı alttan veya üstten yapılmaktadır.

4-4-4-1 Sabit Yatak Sistemleri:

Kasyon ve anyonu reçine eşanjörleri, ayrı üniteler olarak, ard arda kullanılmaktadır. Atıksu, reçine yatağın içinden, üstten aşağıya doğru akmaktadır. Reçinenin, asit veya baz solüsyonlarıyla yenileme işlemi, üstten aşağıya doğru, veya karşı yönde yukarıya doğru uygulanmaktadır. O halde, reçine yatağında, çeşitli bağlı bulunan iyonların dağılımına göre, yenileme solüsyonun beslenmesi iki şekilde yapılmaktadır: Atıksu ile yenileme solüsyonu akışları aynı yönde: aşırı arıtılmış saf su gerekmediği hallerde, kullanılmış en yaygın yöntemdir ve tasarımı nisbeten basittir. Fakat, yenileme solüsyonunun sarfiyatı fazladır.

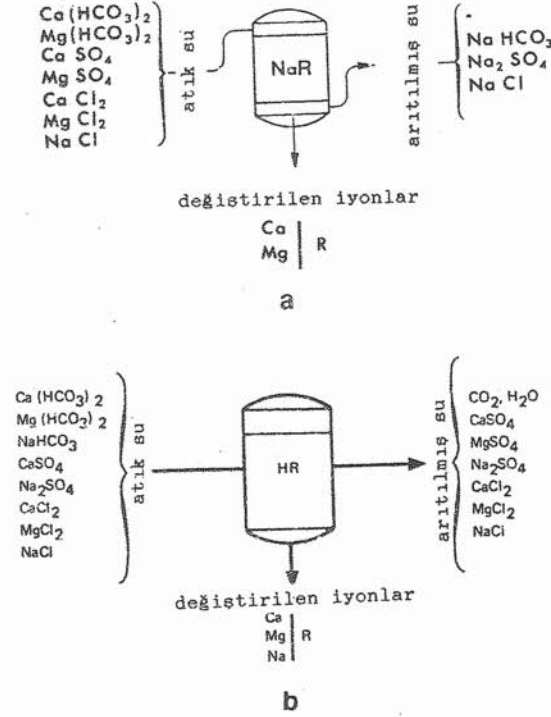
Atıksu ile yenileme solüsyonu akışları ters yönde: yüksek kaliteli su üretiminde kullanılmaktadır; az miktarda yenileme solüsyonu harcanmaktadır. Buna rağmen, tasarımı daha karmaşıktır, çünkü reçine yatağının akışkantiğının önlenmesi gerekmektedir. Her iki yenileme metodu, değişik reçinelerle, farklı performans göstermektedirler.

4-4-4-2 Karma Yatak Sistemleri

Kuvvetli asid ve baz reçineleri, aynı kolonun içerisinde, karışık vaziyette bulunmaktadırlar. Her iki reçinenin, asit yenileme solüsyonu, alttan ve baz yenileme solüsyonu üstten, aynı anda, beslenmektedirler. Bazlı reçinenin asitli reçineden daha hafif olduğundan en üstte yerleşmektedir.

Yenileme solüsyonlarının çıkışları, kolonun ortasından gerçekleşmektedir. Bu yöntemle, asitli ve bazlı yenileme solüsyonu üstten aynı anda, beslenmektedirler. Bazlı reçine asitli reçineden daha hafif olduğundan en üstte yerleşmektedir.

Yenileme solüsyonlarının çıkışları, kolonun ortasında gerçekleşmektedir. Bu yöntemle, asitli ve bazlı yenileme solüsyonlarının sarfiyatları az olmaktadır. Sonunda, basınçlı hava vasıtasıyla, yeniden iki reçinenin karışımı sağlanmaktadır.



Şekil 12 — Su Yumuşatma Sistemi

4-4-4-3 İyon Değişimi Proses Uygulama Sistemleri:

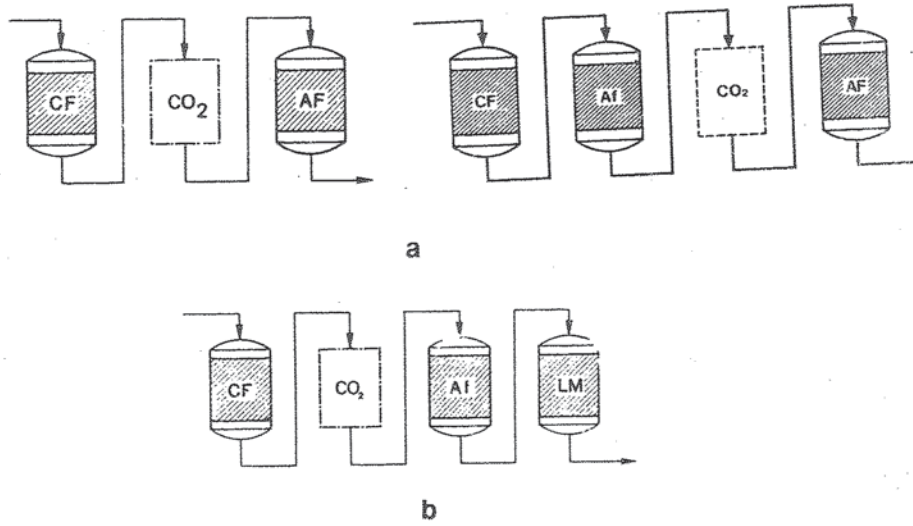
Su ve atık su çeşitlerine göre, aynı zamanda istenilen arıtılmış su derecesine göre, farklı iyon değiştirici sistem düzenlemeleri uygulanmaktadır.

a) Su yumuşatması: Sudaki karbonat ve magnezyum sertliğini gidermek için. Tek aşamalı sodyum (R-Na) (Şekil: 12 a) veya hidrojen (R-H) (Şekil: 12 b) kuvvetli ve/veya hafif asid-katyonlu tip iyon reçinesi kullanılmaktadır.

b) Demineralizasyon: Suyun bütün katyonları ve anyonlarından arındırılması kuvvetli asid-katyonlu tip iyon reçinesi (R-H) + hafif ve/veya kuvvetli R-(N)n veya R-OH baz anyonlu tip iyon reçinesi kullanılmaktadır.

Hafif asid anyonları atık suda bulunuyor ise, örn. karbon diyoksit ve silika, o halde kuvvetli ve hafif baz-anyonlu tip iyon reçineleri, birarada tercih edilmektedir; nitekim yenileme solüsyonların sarfiyatı azalmaktadır ve randıman yükselmektedir. Diğer yanda, atık sudaki karbon diyoksit miktarı fazla ise, havalandırma ünitesi ilave edilmektedir (Şekil: 13 a).

Genelde, ekonomik açısından, hafif ve kuvvetli baz-anyonlu tip iyon reçineleri, ayrı ünite yerine, tek ünite de toplanmaktadır: karma yatak sistemi (Şekil: 13 b).



Şekil 13- Su Demineralizasyonu

a) Konvansiyonel sistem

b) Karma yatak sistemi

CO₂: havalandırma ünitesi

CF: kuvvetli tip asit katyonlu tip iyon reçinesi

AF: hafif baz anyonlu tip iyon reçinesi

AF: kuvvetli baz anyonlu tip iyon reçinesi

LM: hafif ve kuvvetli baz anyonlu tip iyon reçineleri'birarada (karma)

Atıksu arıtılmasında, katyon ve anyon eşanjörler arasında çeşitli birleşmeler bulunmaktadır (Şekil: 14).

Farklı atıksular için, gittikçe belirgin değişik yeni sentetik reçineler üretilmektedir.

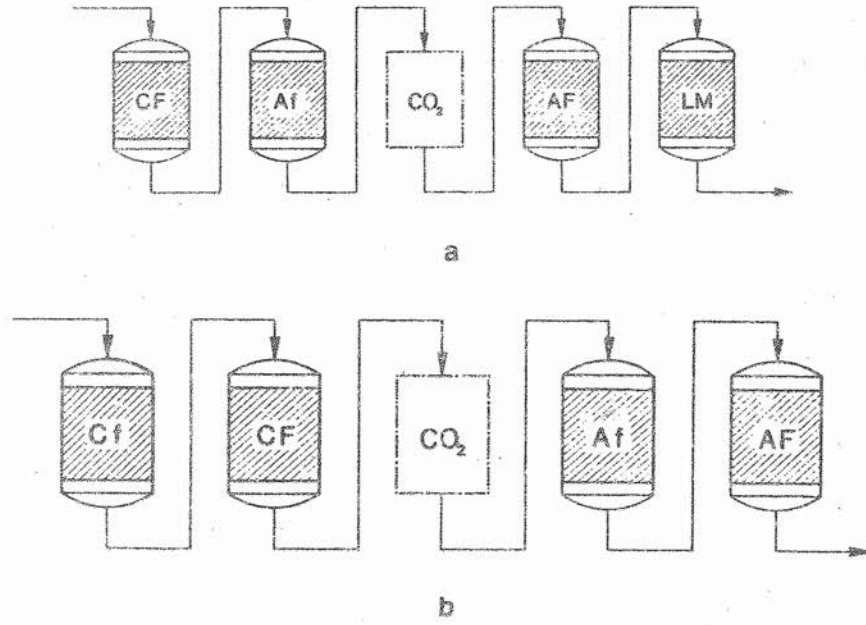
İyon değiştiricilerin, en önemli özellikleri; reçinenin iyon-bağlama kapasitesidir; mg/g veya kg/m³ (bağlanan iyon ağırlığı/reçinenin ağırlığı veya hacmi, oranı).

İyon değiştirici genel işletme düzeni, sırasıyla şu adımlardan ibarettir:

1- Bağlama devri: atıksu ile reçine, bir süre (Cycle) temasta kalmaktadır.

2- Dışatım devri (exhaustion): iyon değiştiricinin, iyon bağlama kapasitesi tükenmiş bulunmaktadır; neticede, yenilenmeye alınmaktadır.

3- Geri yıkama: reçinenin, temiz suyla tabandan veya üstten, geri yıkaması. Böylece, arada kalan pislikleri giderilmektedir.



Şekil 14- Katyon ve Anyon Eşanjörlerin Çeşitli Birleşmeleri".

4- Yenileme: Belli % asid veya baz solüsyonlarıyla, katyonlu veya anyonlu reçinenin baştaki molekül-radikalı haline dönüştürülmesi.

5- Çalkalanma (yavaş + hızlı): temiz suyla gerçekleşmektedir, başlangıçta yenileme solüsyonun hızıyla (yavaş), sonra proses atıksuyunun hızıyla (hızlı); böylece yenileme solüsyonlardan geri kalanı giderilmektedir.

İyon değiştiricinin tasarımında, reçinenin tipi, kapasitesi, hacmi, yatak tipi, suyun akış hızı ve yatağın derinliğinin tayini gerekmektedir. Sonunda, iyon değiştirici kolon sayısı, tipi ve ebatları tesbit edilmektedir.

KAYNAKLAR

- Water Treatment Handbook*, Firmin-Didot S.A., Degremont, France, (1979).
 WPCF, ASCE Joint Committee, *WasteWater Treatment Plant Design*, Lancaster Press Inc., USA, 1982).
 MONTGOMERY, J.M., *Water Treatment Principles and Design*, John Wiley and Sons. Inc., USA, 1985.
 HAMMER, M.J., *Water and Wastewater Technology*, John Wiley and Sons. Inc., USA, 1986.

KİMYASAL ARITMA

Prof. Dr. OLCAY TÜNAY

İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi
Çevre Mühendisliği Bölümü

KİMYASAL OKSİDASYON

Su ve atıksu arıtımında kimyasal oksidasyon, çeşitli nedenlerle istenmeyen bileşiklerin zararsız bileşiklere dönüştürülmesi veya daha sonraki arıtma işlemleri için uygun yapıya getirilmesi amacıyla uygulanır. Kimyasal oksidasyonun yukarıdaki tanımdan da anlaşılacağı üzere her zaman tam olarak gerçekleşmesi gerekli olmayabilir. Örneğin siyanürün siyanata kadar oksitlenmesi yeterli olabilir. Oksidasyon çevre mühendisliğinde önceleri tad ve koku kontrolü için havalandırma yapılması ile başlamış daha sonra kullanım alanları genişlemiştir. Kimyasal oksidasyonun çevre mühendisliğindeki başlıca kullanımları arasında

- | | |
|------------------------------------|-----------------------|
| — demir ve mangan giderilmesi | — siyanür giderilmesi |
| — dezenfeksiyon | — sülfür giderilmesi |
| — organik bileşiklerin giderilmesi | — amonyak giderilmesi |
| — alg kontrolü | — krom indirgenmesi |
| — renk giderilmesi | — korozyon kontrolü |
| — tad ve koku giderilmesi | |

sayılabilir. Kimyasal oksidasyon uygulamasında arıtma amacına bağlı olarak çeşitli kısıtlamalar söz konusudur. Oksitlenme ürünlerinin zararlı olmaması arıtma veriminin yüksek olması ve uygun sürede gerçekleşmesi, oksitleyici maddenin ekonomik olması kısıtlayıcı faktörler arasındadır. Bu faktörler nedeniyle kimyasal oksidasyon uygulamaları çok yaygınlaşmamıştır.

Teori

Kimyasal oksidasyon, serbest veya bir bileşik yapısında bulunan bir elementin, oksidasyon düzeyinin diğer bir deyimle değerliğinin yükseltilmesi ile sağlanır. Bir element veya bileşiğin oksidasyonu biyolojik süreçler içinde oluyor ise bu biyooksidasyon adını alır. Kimyasal indirgenme oksidasyon düzeyinin indirilmesi ile sağlanır. Yükseltgenme ve indirgenme olayları oksidasyon – redüksiyon (redoks) reaksiyonları ile gerçekleşir. İnorganik maddelerin redoks reaksiyonlarının tanımı kolaydır. Ancak organik maddelerin oksidasyonunda reaksiyonların ve bu reaksiyonlarla ilgili değişkenlerin tanımında güçlükler bulunmaktadır. Bir redoks reaksiyonu iki yarı reaksiyondan oluşur. Bunlar "oksidasyon yarı reaksiyonu" ve "redüksiyon yarı reaksiyonu" dur. Bu reaksiyonlar mutlaka "birlikte" oluşurlar. Redoks reaksiyonlarının stokiyometrisinde eşdeğer ağırlıklar esas alınır. Bir oksidasyon redüksiyon reaksiyonunun gerçekleşip gerçekleşmeyeceği reaksiyonun serbest enerji değişiminden yararlanılarak belirlenebilir. Toplam redoks reaksiyonunun serbest enerji değişimi yarı reaksiyonların serbet enerji değişimi toplamı ile bulunabilir. Çözültü içerisinde gerçekleşen oksidasyon redüksiyon reaksiyonlarında her yarı reaksiyon için bir elektrod potansiyeli tanımlanır. Elektrod potansiyeli hidrojen iyonunun hidrojen gazına redüksiyonu yarı reaksiyonu referans alınarak belirlenir. Serbest enerji ve elektrod potansiyeli arasındaki ilişki

$$\Delta G = -nFE \quad (1)$$

bağıntısı ile verilir. Burada ΔG serbest enerji değişimi, n reaksiyonda transfer olan elektron sayısı, F ise Faraday sabitidir. İki yarı reaksiyonun elektrod potansiyellerinin toplamı ile toplam reaksiyonun elektrod potansiyeli ancak yarı reaksiyonlardaki elektronlar birbirini dengeliyor ise mümkündür. Elektrod potansiyelleri standart şartlar için (bileşenlerin konsantrasyonlarının birim olması) verilir, ayrıca sıcaklık ve basınç da bu sabitlerin değerini etkiler. Çalışılan koşullarda elektrod potansiyelinin değeri Nernst denklemi ile elde edilebilir.

$$E = E^0 - \frac{RT}{nF} \ln Q$$

denklemi için



$$\frac{b_{\{C\}}^c \cdot c_{\{D\}}^d}{d_{\{B\}}^b \cdot c_{\{A\}}^a} = Q$$

R: gaz sabiti
T: mutlak sıcaklık
E: istenen koşullarda elektrod potansiyeli
E° = standart koşullarda elektrod potansiyeli

Bir reaksiyonun gerçekleşmesi E değerinin pozitif olması ile mümkündür. E değeri büyük olan reaksiyon indirgenme eğilimi fazla olan reaksiyondur. Dolayısıyla iki yarı reaksiyon bir redoks reaksiyonu oluşturduğunda E değeri büyük olan indirgenir. E değeri büyük olan madde diğerine göre daha güçlü oksitleyicidir denir. Termodinamik olarak bir redoks reaksiyonunun mümkün olması özellikle denge durumunda cereyan etmeyen organik madde oksidasyonlarında reaksiyonun gerçekleşeceğini göstermez. Bu durumda aktivasyon enerjisi önem taşır. Reaksiyon hızına

- reaksiyona giren maddelerin konsantrasyonları
- sıcaklık
- sistemin bileşimi ve bileşen değişkenliği
- yabancı madde ve katalizörler
- pH

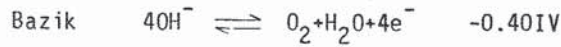
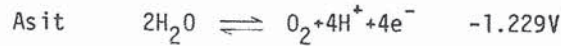
etki eder.

Uygulama

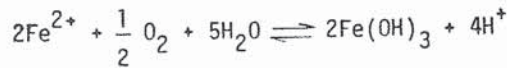
Oksidasyon uygulamaları aşağıda kullanılan başlıca oksidasyon vasıtaları ele alınarak incelenmiştir.

Oksijen

Yaygın ve ekonomik bir oksidasyon vasıtasıdır. Oksijen ile oksidasyon daha çok havalandırma işlemi ile yürütülür. Oksidasyon için elektrod potansiyelleri



dir. Oksijenin molekül halindeki reaktifliği az, reaksiyon hızı düşüktür. Başlıca kullanım alanları, biyolojik oksidasyonun yanında demir ve mangan gidermedir. Demir giderme



reaksiyonu uyarınca gerçekleşir. Reaksiyon kinetiği

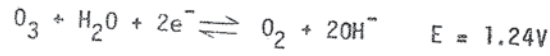
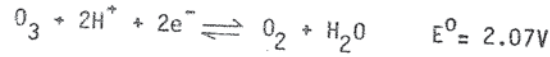
$$-\frac{d [\text{Fe(II)}]}{dt} = k [\text{Fe(II)}] [\text{OH}^-]^2 p\text{O}_2$$

$$K \approx 1.5 \times 10^{13} \text{ l}^2/\text{mol}^2\text{-atm-dk.}$$

olarak verilir. reaksiyon hızı pH'nın artması ile artar, ayrıca bakır ve fosfat gibi iyonların katalizör etkisinden yararlanır. Mangan II iyonunun oksidasyon işlemi daha karmaşıktır. Oksidasyon MnO_2 nin katalizör etkisini de içeren otokatalitik, çok adımlı bir reaksiyondur. Oksidasyon hızı demire göre çok düşüktür. Bu nedenle yüksek pH kullanılan işlemler dışında yalnızca havalandırma ile mangan giderilmesi pratik olmaz.

Ozon

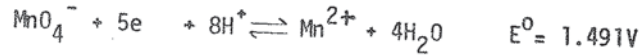
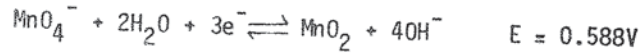
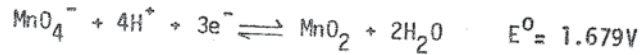
Ozon yüksek reaktivliğe sahip kuvvetli bir oksidan ve dezenfektandır. Ozonun oksitleme gücü sıcaklık ve pH'a bağlıdır. Elektrod potansiyelleri



dir. Başlıca kullanım alanları renk giderme, tad ve koku kontrolü, organik madde ve siyanür oksidasyonu ve dezenfeksiyondur.

Potasyum permanganat

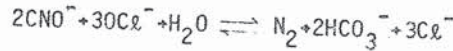
Katı halde olan ve suda çok çözünen potasyum permanganat uzun yıllar su arıtımında kullanılmış güçlü bir oksitleyicidir. Elektrod potansiyelleri



dir. Başlıca kullanım alanları tad ve koku kontrolü, demir ve mangan giderme, dezenfeksiyon ve fenol oksidasyonudur.

Klor

Klor H_2S , NO_2^- , Mn^{2+} ve Fe^{++} yi kolaylıkla oksitler. Oksitleme gücü pH ile artar. Siyanür oksidasyonunda en yaygın olarak kullanılan oksidandır.



Klor en yaygın olarak dezenteksiyonda kullanılır.

NÖTRALİZASYON

Nötralizasyon suların pH larının ayarlanması işlemidir. Atıksuyun pH sınırının ayarlanması çeşitli amaçlarla gerekebilir. Bunlar arasında, atıksuyun alıcı ortama veya kanalizasyona deşarjından önce deşarj standartlarını sağlamak üzere pH'sının nötr pH civarına getirilmesi, arıtma düzenlerinde biyolojik arıtmaya girişten önce pH ayarlanması, kimyasal çöktürme için uygun pH sağlamak üzere ayar yapılması sayılabilir. Nötralizasyon işleminin dizaynı nötralizasyon veya pH ayarlamasının amacına bağlı olarak yapılır. Ancak pH değişimi yönünden her dizayn için önemli olan husus suyun pH sınırın değişim karakteristiğidir. Aşağıda bu değişimin belirlenmesi ile ilgili esaslar özetlenmiştir.

Teori

pH değişimi asit-baz reaksiyonları çerçevesinde ele alınabilir. Kuvvetli asit baz reaksiyonu ile oluşan titrasyon eğrisi çok ani bir dönümü işaret eder. Diğer bir deyimle ekivalan noktasına yaklaştıkça eğim çok artar ve bu nokta civarında çok küçük miktarda asit veya alkali ilavesi pH ta önemli bir değişime neden olur. Suların nötralizasyonunda en güç sorun kuvvetli asit veya baz içeren suların pH ayarındır. Zayıf asit veya zayıf bazların nötralizasyonunda ekivalan noktası pH 7 den farklıdır. Nötralizasyon eğrisi ise daha az eğimli olup ekivalan noktası civarındaki değişimler ani değildir. Zayıf asit veya zayıf baz içeren çözeltinin bir tampon kapasitesi vardır. Tampon kapasitesi pH değişimine karşı direnci ifade eder ve

$$\frac{d [\text{H}^+]}{d \text{PH}} = \beta$$

tanımlanarak HA zayıf asidi için

$$\beta = 2.3 \left([H^+] + [OH^-] + \frac{[HA][A^-]}{[HA] + [A^-]} \right)$$

olarak tanımlanır. Çözeltide birden fazla asit varsa

$$[H^+] + [OH^-] = \beta_{H_2O}$$

$$\frac{[H A] [A^-]}{[H A] + [A^-]} = \beta_{HA}$$

$$\frac{[H B] [B^-]}{[H B] + [B^-]} = \beta_{NB}$$

alınarak

$$\beta = \beta_{H_2O} + \beta_{HA} + \beta_{HB} + \dots$$

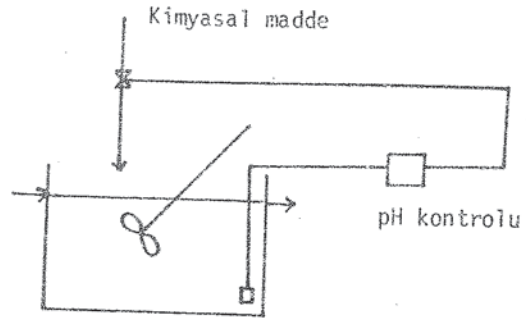
ifade genişletilir. Suyun bileşimi bilindiğinde tampon kapasitesi ile hesap yapılır. Bu amaçla tampon kapasitesi pH a karşı çizilerek değişimin şekli belirlenir ve titrasyonda tampon kapasitesinin uygun olacağı noktalar seçilir. Uygulamada suyun bileşimi genellikle bilinmez. Bu durumda suyun asidite veya alkalitesi titrasyon grafiği çizilerek de belirlenir. Temiz sularda alkalitenin esas bileşenleri inorganik karbon bileşikler olan karbonat ve bikarbonat iyonlarıdır. Atıksularda ise asidite veya alkaliteyi oluşturan çok farklı bileşenler olabilir. Bu nedenle deneysel çalışma sonuçları sistem dizaynına esas alınır.

Uygulama

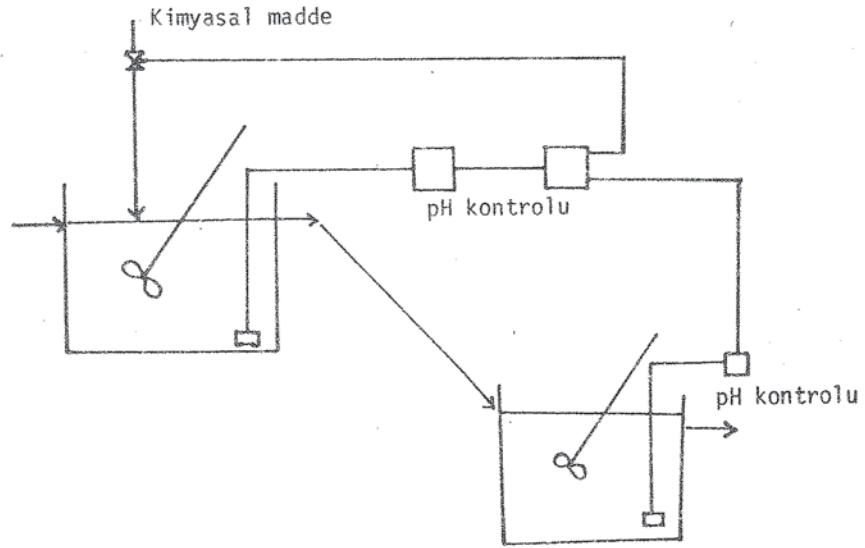
pH hidrojen iyonu konsantrasyonunun logaritmik bir fonksiyonu olduğundan sudaki hidrojen iyonu konsantrasyonunun dikkatle ayarı gerekir. Örneğin pH sı 2 olan bir çözeltinin pH'sını 3'e getirecek baz miktarının 1/10 u pH 3 ten 4 e 1/100 ü pH yı 4 ten 5 e ve 1/1000 i pH yı 5 ten 6 ya

getirecektir. Bu nedenle duyarlı bir pH ayarı için kontrol ve besleme düzeninin de çok duyarlı olması gerekir. pH ayarlama düzenlerinin , özellikle tamponlanmamış sularda kesikli olması tercih edilir. Ancak atıksu miktarının fazla olduğu hallerde sürekli reaktörlerin kullanılması gerekir. Sürekli reaktörlerde en basit pH kontrol düzeni aç-kapa tipi tam karışimli reaktörlerdir (Şekil 1). Burada tank içindeki pH ölçülür ve sağlanması istenen pH a bağlı olarak kimyasal madde ilavesi yapılır veya yapılmaz. Diğer bir deyimle kimyasal madde pH farkından bağımsız olarak belli bir debide verilir. Bu sistem sabit debide ve karakteri değişmeyen akımlar için kullanılabilir. Bekletme süresi 10 dakikadan başlayan bu düzende değişken debi ve karakterli akımlar için çok uzun bekletme süreleri gerekebilir. Bu sistemin daha etkin kullanımı için pH farklarına bağlı olarak besleme debisi kademelendirilebilir. Daha gelişmiş bir sistem değişken besleme debili sistemdir. burada besleme debisi pH farklarının bir fonksiyonu olarak tanımlanır. Ayrıca pH ayarının daha duyarlı olarak yapılabilmesi için ilave edilen kimyasal madde sistemin tampon kapasitesini artıracak türden örneğin amonyak, soda v.b. seçilebilir. Kimyasal madde debisinin, eğer su debisi sabit değilse su debisine göre de ayarlayan sistemler bulunmaktadır. Özellikle tampon kapasitesi yeterli olmayan sular için seri bağlı ve herbirinde pH kontrol ve besleme düzeni bulunan kademeli tanklar da kullanılabilir (Şekil 2).

Beslenecek kimyasal maddenin seçimi hem nötralizasyon düzeninin belirlenmesi açısından gereklidir hem de işletme ve ekonomi açısından önem taşır. Genelde sistemde belirli bir tampon kapasitesi var ise besleme kolaylığı ve düşük maliyeti nedeniyle kuvvetli asitler tercih edilir. Kuvvetli bazların örneğin sodyum hidroksitin fiyatı yüksek olduğundan baz ilavesi gerektiğinde kireç kullanımı daha yaygındır. Ancak kireç bir çökelti oluşturduğu için nötralizasyon sonrasında çamurun giderildiği sistemler bulunuyorsa kullanılabilir. Tampon sağlama yönünden amonyak da tercih edilen bir bazdır. Ancak amonyak ile sisteme azot verilmektedir ve azotun arıtma düzenleri veya deşarj standartları açısından kısıtlayıcı olduğu durumlarda kullanılamaz. Kimyasal madde seçiminde suyun yapısı, ilave edilen madde ile verebileceği reaksiyonlar ve arıtma sistemi bir bütün olarak düşünülmelidir. Bu faktörlerin değerlendirilmesi en iyi şekilde arıtılabilirlik deneyleri ile yapılabilir.



Şekil 1. Aç kapa tipi karışimli nötralizasyon



Şekil 2. Kademeli nötralizasyon

DEZENFEKSİYON

Dezenfeksiyon hastalık yapıcı (patojen) organizmaların yok edilmesi veya etkisiz hale getirilmesidir. Dezenfeksiyon bu yönüyle tüm organizmaların yok edildiği sterilizasyon işleminden ayrılır.

Dezenfeksiyon amacıyla fiziksel, kimyasal, mekanik ve radyasyona dayalı çeşitli dezenfeksiyon vasıtaları bulunmaktadır. Fiziksel olarak dezenfeksiyon ısı, ışık ve akustik yollar ile sağlanır. Mekanik dezenfeksiyon su ve atıksu arıtımında yer alan çöktürme, süzme gibi işlemler ile değişen verimlerde elde edilebilir. Radyasyon ile dezenfeksiyon elektromanyetik veya diğer tür ışınlama ile yapılabilir. Dezenfeksiyon için en yaygın kullanım bulan vasıtalar kimyasal dezenfeksiyon vasıtalarıdır. Bunlar arasında; klor ve klor bileşikler, brom, iyot, ozon, fenoller, alkol, ağır metal ve bileşikler, boyar maddeler, sabun ve deterjanlar, hidrojen peroksit, potasyum permanganat ve asit ve bazlar sayılabilir.

Dezenfektanların etkisi, başlıca, mikroorganizmaların hücre duvarının tahribi, hücre zarının geçirgenliğinin bozulması, protoplazmanın yapısının değiştirilmesi ve enzim inhibisyonu şeklinde olmaktadır. Kimyasal dezenfeksiyon vasıtaları daha çok hücre zarı, protoplazma yapısını bozma (oksidleme, çöktürme) ve enzim inhibisyonu ile etkili olur.

Dezenfeksiyonda etkili olan çeşitli faktörler bulunmaktadır. Bunlar aşağıda özetlenmiştir.

Dezenfektanın etki süresi son derece önemlidir. Dezenfeksiyon için gerekli temas süresi ancak bu hızın belirlenmesi ile seçilebilir. Dezenfektanların etki hızları için önerilen modellerden biri Chick kanunu olarak bilinir. Buna göre bir t temas süresi sonunda organizma sayısı N_t , $t=0$ da mikroorganizma sayısı N_0 ise

$$N_t = N_0 e^{-k t}$$

dir. Burada k bir sabittir. bu kanundan sapmalar genellikle

$$N_t = N_0 e^{-k t^m}$$

şeklinde sürenin belirli bir üstünün alınması ile düzeltilmektedir. Bazı hallerde ise

$$N_t = N_0 e^{k t^m}$$

formülü kullanılabilir. Dezenfektan konsantrasyonu yukarıdaki ifadelerde sabit kabul edilmektedir. Bu nedenle ancak sabit konsantrasyon veya belirli bir konsantrasyon aralığında geçerlidirler. Konsantrasyonun dezenfeksiyona etkisi ise

$$C^n t = \text{sabit}$$

ifadesi ile verilir. Burada C dezenfektan konsantrasyonu, n sabit, t ise belirli bir dezenfektan etki için gerekli süredir. Mikroorganizmaların sayısı, özellikle ortamda çok sayıda mikroorganizma olduğunda, dezenfeksiyonda önem taşır. Mikroorganizmaların sayısının dezenfeksiyona etkisi

$$C^q N_p = \text{sabit}$$

ifadesi ile tanımlanır. Burada q bir sabit, N_p belirli sürede azaltılan mikroorganizma sayısıdır.

Organizmaların cinsi ve fizyolojik durumu da dezenfeksiyon verimini etkiler. Bu etkiler belirli dezenfektanlar için deneysel olarak belirlenir.

Suyun kimyasal yapısı da gerek dezenfektanı harcama gerekse onların etkilerini engelleme açısından dezenfeksiyon veriminde önem taşır.

Sıcaklık genelde dezenfeksiyon hızını artırır. Sıcaklıkla dezenfeksiyon etkisinin değişimi Van't Hoff-Arrhenius denklemi ile karakterize edilebilir.

$$\ln \frac{t_2}{t_1} = \frac{E(T_2 - T_1)}{R T_1 T_2}$$

t_1, t_2 : T_1 ve T_2 sıcaklıklarında belirli dezenfeksiyon verimi için gerekli süreler

E : aktivasyon enerjisi

R : universal gaz sabiti

pH hem dezenfektanların reaktifliğini hem de mikroorganizmaların durumunu (örneğin yüzey yüklerini) etkileyerek dezenfeksiyon verimini değiştirir.

Isı ve ışık gibi fiziksel dezenfektanların şiddeti de dezenfeksiyon veriminde etkili olur.

Dezenfeksiyonda başta klor olmak üzere yaygın kullanımı olan dezenfeksiyon vasıtalarının kullanımı ve özellikleri aşağıda özetlenmiştir.

Klor

Klor çok etkili ve kullanımı kolay bir dezenfektandır. Klorun dezenfektan etkisi çok iyi tanımlıdır.

Klor suda başlıca hipokloröz asit (HOCl), hipoklorit iyonu ve kloraminler olarak bulunur. Hipokloröz asit dezenfeksiyonda en etkili olan türdür.

Klor suda kolayca çözünür.

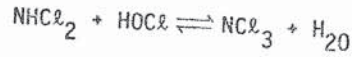
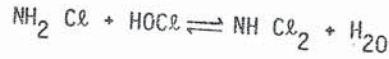
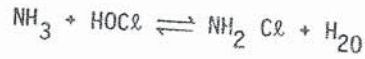


Hipokloröz asit zayıf bir asittir ve

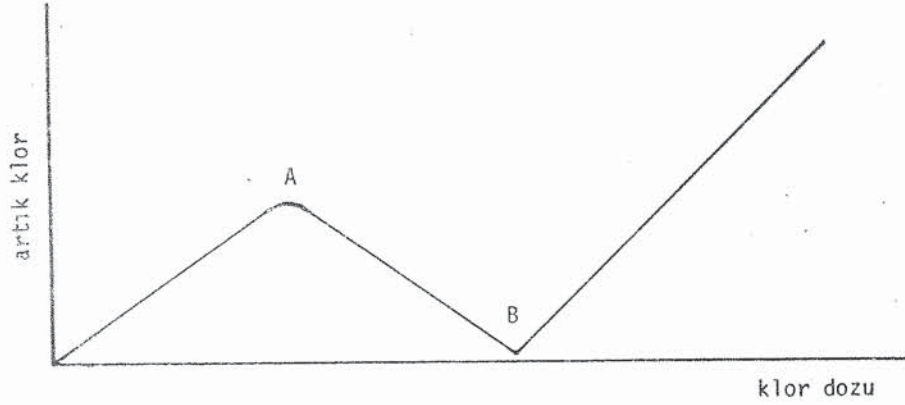


şeklinde iyonlaşır. HOCl ve OCl^- iyonu toplamına serbest hazır klor adı verilir. HOCl ve OCl^- nin dağılımı pH a bağlı olarak denge denkleminden yararlanılarak belirlenebilir.

Klor amonyakla kloraminleri verir. Bu reaksiyonlar



kırılma noktası klorlamasının esasını oluşturur. Kloraminler ve azotlu organik maddeler ile yaptığı bileşikler toplamına bağlı hazır klor adı verilir. İçinde amonyak bulunan suya klor ilave edildiğinde Şekil 3'de verilen değişimler görülür. Şekilde artık klor bağlı ve serbest hazır klor toplamını göstermektedir. Klor ilavesi ile kloraminlerin oluşumu başlar pH 7 civarında esas olarak monokloramin oluşur. A noktasında kloraminler klor ile ve kendi aralarında reaksiyon vererek klorür, azot gazı ve nitrat gibi iyonlara dönüşürler ve artık klor miktarı azalır. B noktası artık klorun minimum olduğu nokta olup bu noktada kloraminler pratik olarak tamamen parçalanır. Bu noktaya kırılma noktası adı verilir. Bu noktadan sonra ilave edilen klor serbest klor olarak ortamda kalır. Kırılma noktasının elde edilmesi için teorik olarak amonyak azotu molu başına 1.5 mol klor gerekir.



Şekil 3– Kırılma noktası reaksiyonları

Klor organik maddelerle katılma, substitusyon reaksiyonları verir veya organik bileşiği tamamen parçalayabilir.

Klor güneş ışığı ile klorüre dönüşerek bozunur.

Klorlamada gaz klorun yanında sodyum hipoklorit, kalsiyum hipoklorit ve kireç kaymağı kullanılmaktadır.

Klorlama kinetiği (12) denklemi ile ifade edilebilmektedir. Klorlamada Ct çarpımı değeri nötr pH da, 0–5°C için ve dirençli mikroorganizmaları yüksek verimle yoketmek için 12 olarak belirlenmiştir.

Klorlama temiz sulara uygulanan basit klorlama, suya amonyak ilavesi ile kırılma noktası klorlaması ve önce yüksek dozda klorun uygulanıp sonra kalan klorun bir kısmının giderildiği süper klorlama şeklinde uygulanabilir. Suda artık klor kalması dezenfektan etkinin devamı bakımından önemli bir avantajdır.

Klor giderilmesi SO₂, sodyum sülfid gibi indirgen bileşikler veya aktif karbon ile yapılır.

Ozon

Ozon yüksek bir dezenfektan etkiye sahiptir. Etkisi klora göre daha kısa sürede gerçekleşir ve klorun etkili olamadığı bazı virüslerin de etkisiz hale getirilmesini sağlar. Dezenfeksiyonu yapılacak sudaki organik maddeler ozonu süratle harcar. Ozon suda artık bileşik bırakmaz ancak bu avantaj suda artık dezenfektan kalmaması nedeniyle bir dezavantaj olarak da değerlendirilebilir. Ozonun en önemli dezavantajı maliyetinin yüksek olmasıdır. Buna rağmen kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır.

Hidrojen peroksit

Hidrojen peroksit kuvvetli bir oksitleyici olmasına karşın güçlü bir dezenfektan değildir. Ancak yüksek konsantrasyonda ve uzun temas sürelerinde etkili olur. Kullanımı sınırlıdır.

Potasyum permanganat

Potasyum permanganatın oksidasyon gücü klor ve ozona göre daha azdır. Ancak dezenfektan etkisi bu maddelerle kıyaslanabilir. Maliyeti yüksek olduğundan küçük ölçeklerde kullanılmaktadır.

Klor dioksit

Klor dioksit klordan daha kuvvetli bir dezenfektan olup sporları da yok eder. pH tan daha az etkilenir. Maliyeti yüksek olduğundan kullanımı sınırlıdır.

PIHTILAŞTIRMA VE YUMAKLAŞTIRMA

Pıhtılaştırma ve yumaklaştırma çevre mühendisliğinde kimyasal çöktürme, susuzlaştırma gibi temel işlemlerde yaygın olarak kullanılır. Pıhtılaştırma ve yumaklaştırma esas olarak suya kimyasal madde ilavesi ile suda bulunan askıda ve çözünmüş maddelerin yapılarını değiştirerek veya ilave edilen maddelerin oluşturduğu fiziksel etkenler ile sudan uzaklaştırılmasını amaçlar. Çözünmüş maddelerin çözünmeyen türlere dönüştürülmedikçe kimyasal çöktürme ile giderilme verimleri sınırlıdır. Çözünmüş maddelerin çözünmeyen türlere dönüşümü yapıldığında oluşan katı partiküllerin boyutları oldukça küçüktür. Bunlar çoğunlukla kolloid yapısındadır. Diğer taraftan suda bulunan ve basit çöktürme ile giderilemeyen askı maddeleri de kolloid boyutlarındadır. Bu nedenle pıhtılaştırma ve yumaklaştırma işlemi esas olarak sudaki kolloid haldeki maddelerin giderilmesini amaçlar.

Kolloid haldeki maddeler birbirleri ile ve su ile çeşitli etkileşimleri nedeniyle bir araya gelemeyebilir ve birleşemezler. Pıhtılaştırma işlemi kolloid haldeki maddelerin kimyasal maddeler ilavesiyle birbirleriyle birleşebilir yapıya dönüştürülmeleri ve yumaklaşmaya başlangıç oluşturacak kümelerin oluşturulması işlemidir. Yumaklaştırma işlemi ise pıhtılaşmış taneciklerin birleştirilerek sudan çökelme ile ayrılabilir büyüklük ve yapıda yumaklar haline getirilmesidir. Yumaklaştırma taneciklerin brownian hareketleri veya yavaş karıştırmadan yararlanılarak sağlanır.

Pıhtılaştırma ve yumaklaştırma başlıca, su arıtımında; bulanıklık giderilmesi ve sertlik giderilmesinde, atıksu arıtılmasında evsel atıksu arıtımında,

evsel atıksulardan fosfor giderilmesinde, endüstriyel atıksuların arıtılmasında; askıda madde; organik madde, renk, metal iyonu ve spesifik kirleticilerin giderilmesinde kullanılmaktadır.

Pıhtılaştırma ve yumaklaştırma işlemlerinin temel teorisi ve uygulama şekli aşağıda özetlenmiştir.

Teori

Pıhtılaştırma: Pıhtılaştırma olayı esas olarak kolloidlerin kararlı durumlarından uzaklaştırılmalarına dayanır. Bu nedenle önce kolloidlerin kısaca tanımları yapılacaktır.

Kolloidler suda çözünmeyen maddelerin suda oluşturdukları $1\mu - 1m\mu$ arasında boyuta sahip daneciklerdir. Kolloidal haldeki bir maddenin sahip olduğu çok geniş yüzey alanından dolayı yüzeysel özellikleri önem taşır. Kolloidlerin yüzeylerinde iyonizasyon, kompleks oluşumu v.b. nedeniyle elektrik yükleri oluşur. Kolloidler suya olan ilgilerine göre suya ilgisi olan (hidrofilik) ve su sevmeyen (hidrofobik) olarak iki gruba ayrılır. Hidrofil kolloidler bir su zarfı içinde bulunurlar. Termodinamik olarak kararlı (tersinir) kolloidlerin önemli kısmı hidrofildir. Termodinamik olarak kararlı olmayan (tersinir olmayan) kolloidler yavaş birleşen ve hızlı birleşen kolloidler olarak ikiye ayrılabilir. Su ve atıksu arıtımında termodinamik olarak kararlı olmayan kolloidler önem taşır. Bunlar esas olarak negatif yük taşıyan hidrofobik kolloidlerdir. Koagülasyon işlemi ile yavaş birleşen sistemler hızlı birleşen sistemlere dönüştürülür. Yavaş birleşen sistemler kararlı (stabil) sistemler olarak adlandırılır. Dolayısıyla koagülasyon kararlı kolloidlerin kararlılığının bozulması (destabilizasyon) nı amaçlar. Kolloidlerin destabilizasyonu için dört ayrı yöntem uygulanabilir. Bunlar;

- çift tabaka sıkıştırılması
- adsorbsiyon ile yük nötralizasyonu
- çökelek içinde tutulma
- adsorbsiyon ile köprü kurulması

Çift tabaka sıkıştırılması: Kolloid daneciklerinin sahip oldukları elektrik yükü sudaki zıt yüklü iyonları çekerek bir elektrik çift tabakası oluşturur. Danecik etrafında oluşan ilk tabaka hemen tamamen zıt yüklü iyonlardan oluşur. Bu tabakaya stern tabakası adı verilir, bu tabaka daneciğe tamamen bağlıdır (sabit tabaka). Stern tabakasından sonra yine zıt yüklü iyonların hakim olduğu ancak aralarında danecik ile aynı yükde iyonlarında bulunduğu tabaka gelir. Bu tabakanın bir kısmı danecik ile birlikte hareket eder. Tabakanın danecik ile birlikte hareket eden kısmı bir kesme yüzeyi oluşturur. Kesme yüzeyindeki potansiyele zeta potansiyeli adı verilir. Kesme yüzeyi dışında dağınık tabaka potansiyelin sıfır olduğu noktaya kadar (izelek-

trik nokta) devam eder. İki kolloid danesi birbirine yaklaşırken çevrelerindeki dağınık tabakaların yükleri birbirini iter. Bu itme gücü (potansiyel enerji) zeltinin iyonik gücü (toplam çözünmüş madde konsantrasyonu) arttıkça azalır. diğer taraftan kolloid danecikler birbirlerini Van der Waals kuvvetleri ile eker, bu kuvvetlerin etkisi danecikler arasındaki mesafe azaldıkça artar. Ortalama kolloidin yüküne göre ters yüklü ve kolloid ile elektrostatik etkileşim dışında başlıca bir etkileşimi bulunmayan bir elektrolit (pıhtılaştırıcı) ilavesi ile dağınık tabaka içinde yüksek konsantrasyonda zıt yüklü iyon sokulur ve bu tabakanın daraltılması sağlanır. Bu durumda çekme kuvvetleri önem kazanır ve bu kuvvetlerin itme kuvvetlerini dengelediği zaman kolloid tanecikler birleşebilir. İlave edilen elektrolitin etkisi elektrolitin yükü (iyon valansı) arttıkça artar. Çift tabaka sıkıştırılması teorik olarak çeşitli modeller ile açıklanabilir. Buna göre kolloid destabilizasyonu için gerekli madde dozajı belirlenebilir. Ancak su ve atıksu arıtımında ilave edilen maddelerin diğer etkileşimleri nedeniyle kullanılacak kimyasal madde dozajları ancak deney-sel olarak kavanoz testi uygulaması ile belirlenir.

Adsorbsiyon ile yk nötralizasyonu: Suya ilave edilen pıhtılaştırıcının etkisi, pıhtılaştırıcının su ve kolloid ile etkileşimlerine bağlıdır. Pıhtılaştırıcılaştırma kolloid yüzeyinde adsorblanarak yükleri dengeleyebilir, ancak bu iyonların fazlası bu defa kolloidler üzerinde kolloidlerin yüklerine ters yüklerin oluşumu ile kolloidlerin tekrar stabil hale gelmesine yol aabilir.

Çökelek içinde tutulma: Suya demir sülfat, demir klorür, alüminyum sülfat gibi metal iyonları ilave edildiğinde bunların suyla verdikleri reaksiyon sonucu hızla çökelen metal hidroksitler oluşur. Bu metal hidroksitler çökelirken kolloid danelerini de içine alarak sürükler. kelti içinde tutulma için metal hidroksitin çözünürlüğü ve ilave edilen doz ile çözeltide aşırı doyunluğun sağlanması önem taşır.

Adsorbsiyon ile köprü kurulması: Polielektrolit adı verilen uzun zincirli organik polimerler iyonlaşmış veya aktif kısımları kolloid ile temas ettiğinde kolloid üzerine adsorblanır. Bir polimer üzerine birden fazla kolloid bağlanabilir ve böylece danecikler bir polimer köprüsü ile bağlanırlar. Bu sırada polimerin bir kolloid üzerine sarılması ile kolloid tekrar stabil hale geçebilir.

Su ve atıksu arıtılmasında demir ve alüminyum tuzları suda iyonlaştıkları zaman demir ve alüminyum iyonları su ile hidroksokomplekslerini oluşturur. Bu türler kolloid yüzeylerinde kolaylıkla adsorbe edilir. Bu nedenle metal tuzlarının aktivitesine esas olarak bu türler olduğu dikkate alınarak uygulamada bu türlerin hakim olduğu pH lar tercih edilir. Arıtma işlemlerinde metal tuzu ve polielektrolit kullanımı ile destabilizasyonun sağlanması çoğunlukla adsorbsiyon, çökelti içinde tutulma ve köprüleme ile sağlanır. Pıhtılaştırmada askı maddesi konsantrasyonu önem taşır. Bazı hallerde pıhtılaştırmayı kolaylaştırmak üzere suya bentonit ve benzeri maddeler ilave edilebilir.

Yumaklaştırma

Yumaklaşma kolloidlerin Brownian hareketi ile veya yavaş karıştırma ile gerçekleşir. Brownian hareket ile yumaklaşma gerektirdiği süreler bakımından arıtma işlemlerinde yeterli olmaz. Yumaklaşma dışarıdan enerji verilerek (ortokinetik) yumaklaşma ile sağlanır. Ortokinetik yumaklaşma verimi

$$\ln \frac{N}{N_0} = - \frac{4}{3} \eta \Omega \bar{G} t$$

formülü ile verilir. Burada N danecik sayısı, N_0 yumaklaşma başlangıcında tanecik sayısı, Ω kolloidlerin hacimsel konsantrasyonu, $\bar{G}$ hız gradyanı ve t süredir. Hız gradyanı

$$\bar{G} = \left(\frac{P}{V\mu} \right)^{1/2}$$

ile belirlenebilir. Burada P suya verilen güç, V hacim μ suyun viskozitesidir.

Uygulama

Pıhtılaştırma ve yumaklaştırma kullanılan kimyasal maddeler:

- 1) Alum ($Al_2(SO_4)_3 \cdot 14H_2O$): Kristal suyu safiyete bağlı olarak değişir. Ticari alum 18 suludur. Alum katı halde bulunur. Çok etkili ve yaygın bir yumaklaştırıcıdır. Çökelti halinde koroziftir.
- 2) Demir III klorür. ($FeCl_3 \cdot 6H_2O$) Kristal halde bulunur. Çözelti halinde koroziyifliği yüksektir. Aluma benzer şekilde etkili ve yaygın bir kullanımı vardır.
- 3) Demir II sülfat ($FeSO_4 \cdot 7H_2O$) Kristal halde bulunur. Özellikleri demir III klorüre benzer, suda oluşturduğu demir II hidroksit çözünmüş oksijen ile $Fe(OH)_3$ e dönüşür.
- 4) Kireç: Sönmüş veya sönmemiş olarak kullanılır. Hem yumaklaştırıcı olarak etkilidir, hem de diğer yumaklaştırıcılarla birlikte ve suya alkalinite vermek üzere yaygın şekilde kullanılır.
- 5) Polielektrolitler: Sentetik ve doğal çok değişik yapıda polielektrolitler bulunmaktadır. İyonlaşma şekline bağlı olarak anyonik, katyonik ve iyonik olmayan polielektrolitler olarak sınıflandırılır. Anyonik polielektrolitler arasında poliakrilamidler yaygındır. Polielektrolitlerin çok sayıda türü bulunduğundan uygun polielektrolitlerin seçimi için tecrübe ve deneysel çalışma gerekir.

Kimyasal madde tür ve dozajının belirlenmesi

Yukarıda da belirtildiği gibi pıhtılaştırma ve yumaklaştırma için kullanılacak kimyasal maddenin teorik olarak belirlenmesi mümkün olmaz. Bunun için literatürdeki bilgilerden ve deneysel çalışmalardan yararlanılır. Kullanılacak kimyasal maddelerin dozajlarının belirlenmesi ancak deneysel olarak yapılabilir. Maksimum verimi sağlayan dozaj optimum doz olarak adlandırılır.

Karıştırma: Pıhtılaştırma hızlı karıştırma işlemi ile gerçekleştirilir. Bu işlemde hızla karıştırılan suya pıhtılaştırıcı ilavesi yapılır ve pıhtılaştırıcının suda homojen olarak dağılımı ve reaksiyona girerek pıhtılaşmanın oluşumu sağlanır. Hızlı karıştırma için çeşitli tip karışım vasıtalarından yararlanılabilir. Bu amaçla hidrolik olarak karışım sağlayan perdeli karıştırıcı v.b. düzenlerden, hava ile karıştırmadan ve mekanik karıştırıcılardan yararlanılabilir. Hızlı karıştırmada süre ve karışım derecesi uygulanan işleme ve prosese bağlıdır. Genelde G değeri 100 sn'in üzerinde istenir. Bekletme süresi 20 sn'den 10 dakikaya kadar değişebilir.

Yumaklaştırma için yine hidrolik karışım ve hava ile karıştırmadan da yararlanılabilirse de en yaygın kullanımı olan mekanik karıştırıcılardır. Perdeli veya türbin tipi karıştırıcılar arıtma ünitelerinde en yaygın kullanılan karıştırıcılardır. Yumaklaştırıcılarda karışım tek bir bölmede yapılabildiği gibi karıştırma şiddetinin giderek azaltıldığı bölmeli karıştırıcılarda da yapılabilir. Yumaklaştırma için uygun G değerleri 30–100 sn–1 arasındadır. Bekletme süresi olarak 10–60 dakika kullanılabilmektedir.

SUSUZLAŞTIRMA

Çevre mühendisliğinde uygulanan su ve atıksu arıtma işlemlerinin hemen hepsi bir tür atık oluşturur. Örneğin, ızgaralardan iri, katı, organik ve inorganik yapıda maddeler, kum filtrelerinden geri yıkama suları, kimyasal arıtmadan arıtma çamurları oluşur. Bu atıklar arasında miktar ve uzaklaştırılma zorluğu açısından en önemlisi arıtma çamurlarıdır. Arıtma çamurlarının başlıca kaynakları ve özellikleri Tablo 1 de verilmiştir.

Oluşan çamurların doğrudan veya yoğunlaştırma, stabilizasyon gibi işlemleri takiben kurutma yataklarına verilmesi mümkündür. Ancak bunun için gerekli arazi çoğu hallerde temin edilemez veya ekonomik değildir. Bu nedenle çamurların uzaklaştırılmasında çamur hacminin azaltılması öncelikli bir sorun olarak ortaya çıkar. Çamur hacminin azaltılması çamurun su içeriğinin azaltılması, diğer bir deyimle su giderme işlemi ile yapılır.

Tablo 1. Çamurların Kaynak ve Özellikleri

Kaynak	Yoğunluk	Katı içeriği %
Su arıtımı	1.03	1.0
Kimyasal çöktürme		
Evsel atıksu	1.02	1.5
İlk çökeltim		
Aktif çamur	1.005	0.8
(geleneksel)		
Damlatmalı		1.0250.7
filtre		
Fosfor giderme	1.03–1.05	3–8
(kireçle)		

Teori

Su giderme işleminin teorisi filtrasyon teorisi paralelinde geliştirilmiştir. D'Arcy kanununa göre bir kum yatağından geçen su için

$$\frac{dV_A}{d\theta} = K_D \frac{P}{L}$$

bağıntısı yazılabilir. Burada dV_A : yüzey alanı, $D\theta$ birim süre (L 'ye bağlı), L yatak genişliği, P yatak üzerinde oluşan katı madde keki üzerindeki basınç farkı, K_D : orantı sabiti. Bu bağıntı

$$\frac{dV_A}{d\theta} = \frac{P}{\mu R_T}$$

şeklinde yazılabilir. Burada μ akışkanın mutlak viskozitesi ve R_T kum yatağının toplam direncidir. Eğer kum tabakası bir destek üzerinde yer alıyor ise ve R_m bu destek kısmının direnci ve r_s kum kısmının direnci ise

$$\frac{dV_A}{d\theta} = \frac{P}{\mu(r_s - R_m)}$$

eğer destek kısmı direnci ihmal edilse

$$\frac{dV_A}{d\theta} = \frac{P}{\mu r_s}$$

ve r_s birim olarak ifade edilirse

$$\frac{dV_A}{d\theta} = \frac{P}{\mu r^* W}$$

elde edilir. r^* su gidermeye olan özgül direnç ve W birim filtrasyon alanında ki kekin katı madde miktarıdır. Buradan

$$r^* = P \left(\frac{1}{\mu} \frac{1}{W} \frac{d\theta}{dV_A} \right)$$

elde edilir. r^* nın birimi uzunluk / kütle olup, yaygın şekilde m/kg olarak ifade edilir. Buna göre r^* arttıkça sabit bir filtrasyon hızını sağlamak için gerekli basınç farkı artmaktadır. W birim hacimdeki katı madde konsantrasyonu cinsinden ifade edilebilir.

$$W = C^* V_A$$

Bu şekilde elde edilen

$$\frac{dV_A}{d\theta} = \frac{P}{\mu} \left(\frac{1}{r^* C^* V_A - R_m} \right)$$

sabit basınçta integresyonla

$$\frac{\theta}{V} = \frac{\mu r^* C^*}{2PA^2} V - \frac{\mu R_m}{AP}$$

elde edilir.

Özgöl direnç bir deney düzeninde $\frac{\Theta}{V}$ ye karşı V ölçülerek ve grafik olarak çizilerek belirlenir. Bazı çamur türlerinin özgöl dirençleri Tablo 2 de verilmiştir.

Tablo 2. Çamurların özgöl Dirençleri

Çamur	Özgöl direnç r (m/kg)	Sıkıştırılabilirlik Katsayısı
Demir tuzları ile kimyasal çöktürme	$1-5 \times 10^{13}$	0.8
Evsel atıksu ilk çöktürme	1.6×10^{14}	0.7
Aktif çamur atık çamuru	5×10^{14}	0.7

Su gidermede diğer önemli bir kavram sıkıştırılabilirliktir. Çamur özgöl direncini veren ifadenin integrasyonunda basıncın yanında çamur hacminin (porozite) da sabit olduğu kabul edilmiştir. Kum, kireç gibi malzemelerde bu kabul doğru olarak kabul edilebilir. Ancak alüminyum hidroksit gibi yumak yapısında maddeler ve biyolojik arıtma çamuru katıları basınç altında yapı değiştirir ve sıkışır. Sıkışabilen maddelerin özgöl direnci ise sıkışma ile artar. Bu artış

$$r = r_0 p^s$$

ile ifade edilir. Burada r_0 bir sabit, s ise sıkıştırılabilirlik katsayısıdır. Denklemin logaritmik koordinatlarda çizimi bir doğru verir ve bu doğrunun eğiminden yararlanılarak s bulunabilir. Sıkıştırılabilirliği yüksek olan çamurlara yüksek basınç uygulanması önemli bir yarar sağlamaz, buna karşın sıkıştırılamayan katı içeren çamurlara yüksek basınç uygulanabilir.

Çamur koşullandırma

Çamurların sularının giderilmesi ve uzaklaştırılma işlemleri için çeşitli koşullandırma işlemleri uygulanır. Bu işlemler çamurun su giderilmesinin kolaylaştırılması, stabilize edilmesi, fazla besi maddelerinin uzaklaştırılması gibi çeşitli amaçlarla gerçekleştirilir. Çamurun suyunun giderilmesi amacıyla uygulanan en yaygın koşullandırma işlemi kimyasal madde ilavesidir. Suyu alınacak çamura yumaklaşmayı sağlayacak kireç, alum, polielektrolit gibi yumaklaştırıcılar uygun dozlarda ilave edilerek çamurun özgöl direnci azaltılır. Uygun kimyasal madde ve dozaj seçimi deneysel olarak çamur özgöl direnci ve sıkışabilirliği ölçülerek yapılır.

Susuzlaştırma

Çamurun susuzlaştırılması çeşitli yöntemlerle gerçekleştirilebilir. Bunlar arasında başlıcaları vakum filtrasyonu, santrifüj, filtre pres, bant filtre ve çamur kurutma yataklarıdır. Bu yöntemler aşağıda özetlenmiştir.

Vakum filtrasyonu: Vakum filtrasyonu dönen bir tamburun iç kısmına vakum uygulanarak gerçekleştirilir. Tambur çevresi filtre bazı ile kaplanmıştır ve tambur içinde suyu alınacak çamurun bulunduğu hazneye kısmen batmış olarak döner. Bu dönüş esnasında çamurun katı kısımları filtre bezi üzerinde kek oluşturur ve bu kek tambur tekrar hazneye dalıncaya kadar kurur ve hazneye dalmadan önce bir sıyrıcı bıçak ile filtre bezinden sıyrılarak uzaklaştırılır. Vakum filtrenin verimi için teori kısmında verilen formülasyondan yararlanılarak aşağıdaki ifade önerilmiştir.

$$Y = \left(\frac{2PC_1 F_f}{\mu r \theta_R} \right)^{1/2} \cdot F_c$$

burada, Y: birim zamanda birim filtre alanında uzaklaştırılan katı madde (filtre verimi), F_f : kek oluşumu için kullanılan filtre alanı yüzdesi, F_c : düzeltme faktörü, c: çamurdaki katı konsantrasyonu ve θ_R dönüş hızıdır.

Vakum filtresi ile katı madde yüzdesi % 20–30 a kadar yükseltilebilir. İlk yatırımı fazla olduğu için genelde işlenecek çamur miktarının fazla olduğu yerlerde kullanılır.

Santrifüj: Santrifüj ile su giderme kase veya sepet tipi santrifüjlerde sağlanabilir. Çamur yapısına bağlı olarak katı madde oranı % 10–40 a yükseltilebilir. Sepet tipi santrifüj cihazları küçük arıtma tesislerinde kısmi susuzlaştırma için kullanılır. Santrifüjün susuzlaştırma işleminde kullanımı çok yaygın değildir.

Filtre pres: Filtre presler çamur suyunu yüksek basınçla uzaklaştırır. Filtre presler bir aks üzerine dizilmiş plakalardan oluşur. Plakalar filtre bezi ile kaplıdır. Merkezden plakalara beslenen çamur, plakalara basınç uygulanarak sıkıştırılır ve su filtre bezinden süzülerek alınır. Bez üzerinde kalan kek plakalar açıldıktan sonra sıyrılarak uzaklaştırılır. Filtre pres ile % 40 ın üstünde katı içeren kek elde edilebilir. Filtre sıkıştırması ele veya hidrolik olarak yapılabilir. Filtre preslerin verimi yüksek ve süzüntü suları berraktır. Kapasiteleri çok çeşitlidir. Özellikle kimyasal arıtma çamurlarının susuzlaştırılmasında yaygın olarak kullanılmaktadırlar.

Bant filtre: Bant filtreler, hareketli elek, mekanik filtre, kapiler ve döner tiplerde olabilir. Mekanik filtreler en yaygın kullanıma sahiptir. Bu tip

filtrelerde iki filtre bantı merdaneler arasında sürekli sonsuz hareket yapar. Bant arasına beslenen çamur mekanik olarak sıkıştırılarak suyu giderilir. Su giderme verimleri filtre pres kadar yüksek değildir.

Çamur kurutma yatakları: Arazinin uygun olduğu durumlarda en ekonomik çözüm kurutma yataklarının kullanımıdır. Kurutma yatakları, altında süzüntü suları için drenaj tetibatı bulunan kum yataklarından oluşur. Yatak üzerinde istenilen kuruluğa gelen çamur bir miktar kum ile birlikte sıyrılarak uzaklaştırılır. Yatak üzeri iklime bağlı olarak kapatılabilir.

KAYNAK

TÜNAY, O. "Temel Prosesler Dears Notları", İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi, 1988.

BİYOLOJİK ARITMA

Prof. Dr. KRİTON CURI

Boğaziçi Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi
Bebek, İSTANBUL

1. GİRİŞ

Biyolojik arıtma sırasında atıksuyun içinde bulunan askıdaki koloidal veya erimiş organik maddeler bakterilerce parçalanmakta ve çökelebilen biyolojik floklar ile sıvının içinde kalan, veya gaz olarak atmosfere kaçan sabit inorganik bileşkenlere dönüşmektedir. Biyolojik arıtma aslında organik kirleticilerin doğada yok edilmeleri için yeralan bioflokülasyon ve mineralizasyon proseslerin kontrollü bir çevrede ve optimum şartlarda tekrarlanmasından başka bir şey değildir. Böylece doğadaki reaksiyonlar hızlandırılarak daha kısa bir sürede, emniyetli bir ortamda gerçekleştirilmektedirler.

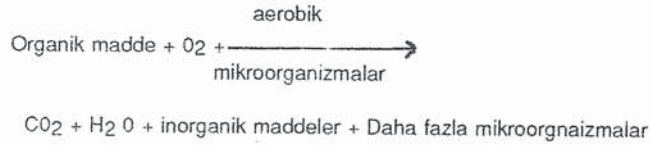
Bu yazı Atıksu Arıtma konusunda tertiplenen kısa bir kursa katılanlara genel bilgi vermeyi amaçlamaktadır. Bu nedenle biyolojik arıtma yöntemleri kısaca özetlendikten sonra ülkemizde yaygın bir şekilde kullanılan aktif çamur yönteminin tasarım esaslarını vermekle yetinilmiştir. Daha detaylı bilgi edinmeyi isteyenler Curi ve Eckenfelder (1980) veya Eckenfelder (1979)'e başvurabilirler.

2. DOĞADA ORGANİK KİRLETİCİLERİN YOK OLMASI

Biyolojik arıtmada organik kirleticilerin atıl ve zararsız hale dönüştürülmesinin doğada aynı amaç ile yer alan proseslerin kontrollü bir ortamda tekrarlanması olduğu yukarıda belirtilmiştir. Bu nedenle tabiatın "kendi kendini" temizleme mekanizmasının ne olduğunu incelemekte fayda vardır.

Organik kirleticilerin yok olması çok sayıda ve değişik mikroorganizmalarca gerçekleştirilmektedir. Bu mikroorganizmalar çok genel bir şekilde aerobik, fakültatif ve anaerobik olarak sınıflandırılabilirler. Aerobik mikroorganizmalar yaşamlarını sürdürebilmek için moleküler oksijene ihtiyaç vardır. Bunun için yalnız havalı ortamda varolabilirler. Bunların tam tersine "anaerobik" mikroorganizmalar oksijensiz ortamda yaşamakta, enerji ihtiyaçlarını organik maddelerden karşılamaktadır. "Fakültatif" mikroorganizmalar ise hem havalı hem havasız ortamda yaşayabilmektedir.

Doğada, herhangi bir organik kirleticisi alıcı bir ortama (akarsu, göl, deniz vs) aktıldığında burada bulunan aerobik mikroorganizmalar faaliyete geçerler ve



reaksiyonuna uygun olarak organik kirleticileri bertaraf ederler. Bu proses ortamda yeterli oksijen bulunduğu müddetçe devam edebilir. Ancak organik kirleticilerin miktarı fazla olduğu takdirde bakterilerce kullanılan oksijen sisteme atmosferden veya başka kaynaklardan eklenen oksijenden fazla olmakta, ve böylece kısa bir süre içinde mevcut oksijen yok olmakta ve sistem anaerobik (havasız) şartlara dönüşmektedir. Bu şartlar altında biyolojik parçalanmayı sürdüren bakteriler metan, karbondioksit ve az miktarda H₂S gibi gazlar meydana getirmektedir.

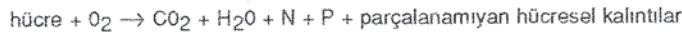
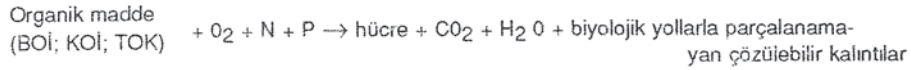
3. BİYOLOJİK ARITMA YÖNTEMLERİ

Biyolojik arıtma yöntemleri a) Aerobik b) Anaerobik olmak üzere iki ana sınıfa ayrılabilir.

3.1. Aerobik Arıtmanın Esasları

Bütün aerobik arıtma proseslerinde organik atıklar a) sentez ve b) oksidasyon yolu ile yok olurlar. Diğer bir deyimle organik maddelerin bir kısmı

Yeni hücrelere dönüşürken (sentez) geri kalan kısım gerekli enerjiyi üretmek amacıyla oksidasyona tabi tutulurlar. Organik maddeler yok olmaya başlayınca biyolojik hücrelerin bir kısmı gerekli enerjiyi sağlamak amacıyla kendi kendini oksitler (içsel solunum). Bu değişimi Eckenfelder (1979) aşağıdaki reaksiyonlarla ifade etmektedir:



Yukarıda izah edilen olay tüm aerobik biyolojik arıtma yöntemlerinde yer almaktadır.

3.2. Aerobik Arıtma Prosesleri

Aerobik arıtma proseslerinin en önemlileri şunlardır.

3.2.1. Aktif Çamur

Aktif çamur sistemi aerobik biyolojik aktif ürünlerin (mikroorganizma) atıksu ile havalandırılarak karıştırıldığı ve oluşan flokların ayrı bir yerde çöktirdiği sürekli bir sistemdir. Bu sistemde üretilen biyolojik çamurun bir kısmı aşı çamuru olarak geri dönüştürülüp sürekli gelen atıksu ile karıştırılır. Aktif çamur sisteminde mikroorganizmalar atıksudaki organik maddeleri çözümlenip oksidasyon-sentez işlemi ile organik maddeleri CO₂, H₂O, NO₃ ve SO₄ gibi son ürünlere dönüştürmektedir.

Sistemde istenilen verim bekleme süresinin ve aktif flokların konsantrasyonunun kontrol altında tutulması ile sağlanır. Sistemde havalandırma, basınçlı havalandırma (difüzer) veya yüzeysel karıştırıcılar ile sağlanmaktadır. Konvansiyonel aktif çamur sisteminde akım modeli piston akış şeklindedir.

3.2.2. Aktif Çamur Modifikasyonları

3.2.2.1. Tam Karışım Aktif Çamur

Tam karışım aktif çamur sisteminde giriş suyu ve geri dönüş çamuru havalandırma tankına eşit aralıklarla yerleştirilmiş noktalardan verilir. Bundan dolayı havalandırma tankı dengeleme tankı işlevi görüp organik yüklem ünlorm olarak dağıtılmakta ve oksijen kullanma hızı zamanla değişim göstermemektedir.

3.2.2.2. Kademeli Havalandırma

Kademeli havalandırmada amaç mikroorganizmaların ihtiyacı kadar oksijeni sağlamaktır. Bu sistemin konvansiyonel aktif çamur sisteminden farkı tank girişinde mikroorganizmaların oksijen ihtiyaçlarının fazla olmasından dolayı oksijenin daha fazla verilmesi (basıncılı hava difüzerlerinin daha sık yerleştirilmesi) ve tankın çıkışına doğru oksijen miktarının kademeli olarak azaltılmasıdır.

3.2.2.3. Kademeli Besleme

Kademeli besleme konvansiyonel aktif çamur sistemi ile tam karışımli sistemin bir varyasyonudur. Bu sistemde, giriş suyu havalandırma tankı boyunca değişik noktalardan eşit olarak dağıtılır, geri dönüş çamuru ise havalandırma tankı girişinden verilir, dolayısıyla verilen oksijenin daha verimli kullanılması sağlanır.

3.2.2.4. Kontakt Stabilizasyon

Kontakt stabilizasyon prosesi BOİ'nin büyük bir kısmını askıda veya koloidal formda olduğu atıksuların arıtılmasında uygulanmaktadır. BOİ'nin büyük bir kısmının çözünmüş halde bulunduğu endüstriyel veya evsel-endüstriyel atıksu karışımlarında projelendirilmeden önce laboratuvar da model çalışmalarının yapılması gerekmektedir. Bu proseste giriş suyu ve geri dönüş çamuru bir kontakt tankında 30-90 dak. arasında havalandırılarak organik maddelerin floklar tarafından absorbe edilmesi ve enerji kaynağı olarak kullanılarak yeni hacrelerin meydana gelmesi sağlanır.

3.2.2.5. Uzun Havalandırma

Uzun havalandırma prosesi nisbeten daha az organik yükleme ve daha uzun havalandırma süresi gerektirmekte ve mikroorganizmaların yaşam sürecinin içsel solunum bölümünde işlev görmektedir. Bu sistemde atıksudaki BOİ'nin sentezi sonucunda oluşan biyolojik olarak çözünebilen çamurun okside olması için yeterli havalandırma süresi sağlanmaktadır. Artık çamur arıtılmasını ve uzaklaştırılmasını kolaylaştırmak için bu sistemde ön çöktürme birimi kullanmamakta ayrıca artık çamurun çürütülmesine de yukarıda belirtilen sebepten dolayı gerek yoktur. Uzatmalı havalandırma prosesi atıksu debisi az olan küçük yerleşim birimlerinde ve paket tesislerde yaygın olarak kullanılmaktadır.

3.2.2.6. Stabilizasyon Havuzları ve Havalandırmalı Lagünler

Stabilizasyon (oksidasyon) havuzları atıksu arıtılması için boyutlandırılan nisbeten sığ toprak çukurlardır. Arıtma işlemi için gerekli oksijen algler tarafından fotosentez yolu ile karşılanır. Bu havuzlar derinliklerine bağlı olarak aerobik ve aerobik-anaerobik tipte yapılabilirler. Havalandırmalı lagünler ise stabilizasyon havuzlarının mekanik havalandırıcılar tarafından havalandırılan şeklidir. Her iki tipte sürekli akım esasına göre tasarlanmış olup dipte biriken çamur zaman zaman pompalar vasıtasıyla çekilerek uzaklaştırılır. Kullanılan filtre malzemesi çakıl, granit veya plastikten yapılmış özel şekiller olabilir. Oksijen ihtiyacı filtrede bırakılan çeşitli havalandırma delikleri vasıtasıyla karşılandığı gibi özel hava üfleyicilerinden de faydalanılabilir. Ayrıca atmosfer ile atıksu ve filtre yatağı arasındaki sıcaklık farkından oluşan konveksiyon da oksijen sağlar. Damlatmalı filtreler hidrolik ve organik yüklemeye göre hızlı ve yavaş olarak sınıflandırılırlar.

3.3. Anaerobik Arıtma Prosesleri

Atıksuyun anaerobik şekilde arıtılması organik ve inorganik maddelerin moleküler oksijenin bulunmadığı bir ortamda anerobik mikroorganizmalar tarafından çözümlenmesi ile gerçekleşir. Bu biyolojik işlem sırasında organik maddeler asit yapıcılar diye adlandırılan mikroorganizmalar tarafından organik asitlere dönüştürülür. Bundan sonra organik asitler metan yapıcı organizmalar tarafından metan ve CO₂ gazlarına dönüştürülür. Anaerobik arıtmanın en çok uygulandığı birimler çamur çürütme tankları, anaerobik filtreler, anaerobik havuz ve lagünlerdir.

4. KONVANSİYONEL AKTİF ÇAMUR İLE UZUN HAVALANDIRMALI AKTİF ÇAMUR SİSTEMLERİNİN PROJELENDİRİLMESİ

Ülkemizde yaygın bir şekilde kullanılmaya başlanan konvansiyonel aktif çamur ile uzun havalandırmalı aktif çamur sistemlerinin projelendirme esasları aşağıda verilmiştir. Anlatılan yaklaşımda havalandırmanın basınçlı hava ve difüzörlerle gerçekleştiği esas olarak kabul edilmiştir. Ancak yüzeysel havalandırıcıların kullanımı verilen yaklaşımda çok ufak değişikliklere neden olacaktır.

Takip eden kısımlarda verilen yaklaşım US EPA yaklaşımını esas olarak kabul etmiştir. Bu yaklaşım İller Bankası'nın yaklaşımından biraz farklı sonuçlar vermesine rağmen yazar tarafından daha kolay anlaşılabilen bir yöntem olduğu için tercih edilmiştir.

4.1. Havalandırma Tankı

4.1.1. Kriterler:

Havalandırma tanklarının projelendirilmesinde göz önüne alınması gereken kriterler Tablo 1 de verilmiştir (EPA, 1977).

Tablo 1: HAVALANDIRMA TANKI TASARIM KRİTERLERİ

KRİTER	KONVANSİYONEL AKTİF ÇAMUR	UZUN HAVALANDIRMALI AKTİF ÇAMUR
Tam karışımli sıvıda askıdaki katı madde konsantrasyonu (MLSS) mg/L	150–3000*	3000–6000
Organik madde/Mikroorganizma oranı (F/M _v), kgBOİ/kg MLVSS* gün ⁻¹	0.2–0.4	0.05–0.15
Mikroorganizmaların havalandırma tankında geçirdikleri ortalama zaman (çamur yaşı, Θ _c), gün	5–15	20–30
Havalandırma tankında hidrolik bekletme süresi, saat	4–8	18–36

* MLVSS: Tam karışımli sıvıdaki askıdaki ucucu katı madde

4.1.2. Boyutlandırma

Havalandırma tesisinin boyutlandırılması için önce sistemde uzaklaştırılacak olan toplam BOİ yükü

$$F = Q (S_o - S_e) / 10^3$$

denklemleri ile hesaplanır. Burada

F = uzaklaştırılacak organik madde yükü, kg/gün

Q = debi, m³/gün

S_o = giriş suyundaki sübstrat konsantrasyonu (BOİ-giriş), mg/L

S_e = çıkış suyundaki sübstrat konsantrasyonu (BOİ-çıkış) mg/L dir.

Bilahare Tablo 1 den sistemde istenilen F/M_v oranı için bir değer seçilir ve yukarıda hesaplanan F değeri kullanılarak reaktördeki mikroorganizma kütlesi M_v hesaplanır. $\frac{F}{M}$ oranı tanımından da anlaşılacağı gibi

$$\frac{F}{M} = \frac{(Q)(S_o - S_e)}{(MLVSS)(V)}$$

denklemleri ile ifade edilebilir. Burada V reaktörün hacmidir. Bu denklem V için çözülerek havalandırma tankının hacmi hesaplanabilir. Havalandırma tankı derinliğinin 3 ile 5 m arasında olması tavsiye edildiği (Parker, 1975, Metcalf ve Eddy 1972), genişliğinin de derinliğe eşit alınmasının iyi bir yaklaşım olduğu göz önüne alınırsa hesaplanan hacimden tankın ebatlarının hesaplanması kolaylıkla gerçekleştirilebilir.

4.1.3. Üretilen Çamur Miktarı

Aktif çamur sisteminde üretilen net çamur miktarı (EPA; 1977)

$$M_w = a(F) - b (M_v)$$

ifadesi ile hesaplanır. Burada

M_w = üretilen ucucu katı madde, kg/gün

a = Sentez fazında uzaklaştırılan her kg sübstrat için üretilen kg çamur miktarını ifade eden sabit

b = İçsel solunum fazında birim zamanında askıda olan tam karışımli sıvıdaki askıdaki ucucu katı madde oranını ifade eden sabit

Genellikle $a = 0.8-1.1$ ve $b = 0.08$ olarak alınır.

Yukarıdaki denklem

$$M_w = M_v (A(F/M_v) - b)$$

şeklinde de ifade edilebilir.

4.1.4. Çamur Yaşı

Mikroorganizmaların havalandırma tankında geçirdikleri zaman veya başka bir deyişle çamur yaşı (θ_c)

$$\theta_c = \frac{M_v}{M_w}$$

denkleminde hesaplanabilir.

4.1.5. Hidrolik bekletme süresi

Atıksuyun havalandırma tankındaki hidrolik bekletme süresi, t

$$t = \frac{V}{Q}$$

denklemini ile hesaplanır.

4.1.6. Oksijen ihtiyacı

Toplam oksijen ihtiyacı (O_R), sentez ve içsel solunum fazlarında gereken oksijen ihtiyacı (O_{RC}) ile nitrifikasyon sırasında gereken oksijen ihtiyacının (O_{RN}) toplamına eşittir. Bu parametreler

$$O_{RC} = M_v (a'(F/M_v) + b')$$

$$O_{RN} = 4.6 (NH_3)/10^3$$

$$O_R = O_{RC} + O_{RN}$$

ile hesaplanır. Burada

a' —enerji üretimi için kullanılan sübstratın toplam uzaklaştırılan sübstrata oranını ifade eden sabit

b' —içsel solunum fazında her kg tam karışımli sıvıdaki askıdaki ucucu katı madde (MLVSS) için bir günde kullanılan oksijen miktarı (kg cinsinden). Genelde $a' = 0.55$, $b' = 0.15 \text{ gün}^{-1}$ alınabilir.

Havanın yoğunluğu 1.2 kg/m^3 havadaki oksijen miktarı ağırlığa göre % 23.2 ve basınçlı havalandırma sistemlerinde oksijen transfer verimi % 8 olduğu göz önüne alınırsa ihtiyaç duyulan toplam hava hesaplanabilir.

4.2. Çökeltme Tankı

Havalandırma tankının ardından gelen çökeltme tankı bakteriyel flokların çökmesini sağladığı gibi, havalandırma tankına geri döndürülen çamurun yoğun olmasını da sağlar. Çökeltme tankı yüzey alanı tam karışımli sıvıdaki askıdaki katı madde miktarına derinliği ise çamur yoğunlaşma karakterine bağlıdır. Askıdaki katı maddelerin çökeltme hızı özgül ağırlığa, tek tek parçacıkların boyutuna, katı madde konsantrasyonuna ve su sıcaklığına bağlıdır. Parçacıkların özgül ağırlığı ise çamur yaşı ve organik madde tipine göre değişiklik gösteren mikroorganizmalara bağlıdır. Flokların içinde bulu-

nan ve biyolojik reaksiyona girmeyen maddelerin miktar ve tipide ayrıca çökeltme hızında etkilidir. Aktif çamur flokları biyoflokülasyon yolu ile birbirine bağlanan heterojen mikroorganizmaların bir aglomerasyonudur. Çözünmeyen ve reaksiyona girmeyen maddeler bu floklar tarafından tutulur. Çökeltme tankı boyutlandırılmasında aşağıdaki esaslar gözönüne alınmıştır (Metcalf ve Eddy, 1972; EPA 1977).

Kriterler

1. Çökeltme tankları atıksu debisinin büyük değişim göstermediği hallerde ortalama debiye göre, debinin değişim gösterdiği hallerde maksimum debiye göre boyutlandırılır.
2. Uzun havalandırmalı sistemlerde yüzeysel yükleme hızı maksimum debi alınır 32 m³/m²-gün, ortalama debi alınır 8-16 m³/m²-gün olmalıdır.
3. Katı madde yükleme hızı maksimum debide 242 kg/m²-gün, ortalama debide ise 145 kg/m²-gün den az olmalıdır.
4. Savak yükü maksimum debide 250 m³/m-gün, ortalama debide 125 m³/m-gün değerlerini aşmamalıdır.
5. Tank derinliği, oluşan çamur tabakasının şişmesini önleyecek şekilde seçilmelidir.
6. 2000-4000 mg/L MLSS konsantrasyonu için tank derinliği 3 m'den az olmamalıdır.
7. Çamur tabakasının üst yüzeyi ile normal su seviyesi arasındaki mesafe 1.2-1.5 m den az olmamalıdır. Çamur tabakası kalındığı 0.9-1.2 m den fazla olmamalıdır.
8. Hidrolik bekletme süresi 3-4 saat arasında olmalıdır.

4.3. Çamur Geri Dönüşü

Geri dönen çamurun debisi, Q_R

$$Q_R = \frac{Q \times MLSS}{C_S - MLSS}$$

geri dönme oranı r ise

$$r = \frac{Q_R}{Q}$$

denklemleri ile hesaplanabilir. Burada C_s çamurun katı madde konsantrasyonu olup 10.000 mg/L civarında bir değere sahiptir.

5. ÖRNEK

Debisi 1330 m³/gün ve BOİ'si 240 mg/L olan bir atıksu konvansiyonel aktif çamur yöntemi ile arıtılarak BOİ'sinin 30 mg/L ye düşürülmesi istenmektedir. Söz konusu arıtma tesisinin havalandırma ve çökeltme tankını projelendirin. Sonuçları uzun havalandırmalı aktif çamur yöntemi sonuçları ile karşılaştırın.

$$NH_3 = 20 \text{ mg/L}$$

Çözüm

Havalandırma tankı boyutlandırılması

Uzaklaştırılacak toplam BOİ yükü

$$F = Q (S_o - S_e)/1000 = 1330 (240 - 30)/1000 \\ = 279.3 \text{ kg/gün}$$

F/M_v oranı Tablo 1'den 0.4 alınarak

$$M_v = F/0.4 = 279.3/0.4 = 698.25 \text{ kg}$$

olarak hesaplanır. MLVSS = 2100 mg/L olarak alındığında

$$\frac{F}{M_v} = \frac{(Q)(S_o - S_e)}{(MLVSS)(V)}$$

$$V = \frac{(Q)(S_o - S_e)}{(MLVSS)(F/M)} = \frac{(1330)(240 - 30)}{(2100)(0.4)} = 332.5 \text{ m}^3$$

olarak bulunur.

Havalandırma tankı, (derinliği + 0.4 hava payı olmak üzere) 4.4 m olarak seçilirse tankın ebatları 4.0 x 20.8 x 4.4 m olarak tesbit edilir.

Çamur üretimi ve çamur yaşı

a = 1.0 b = 0.08 olarak kabul edildiğinde net çamur üretimi

$$M_w = M_v (a(F/M_v) - b) = \\ = 698.25 (1.0(0.4) - 0.08) = 223.44 \text{ kg/gün}$$

olarak bulunur.

$$\text{Çamur yaşı } \theta_c = \frac{M_v}{M_w} = \frac{698.25}{223.44} = 3.124 \text{ gün}$$

olarak hesaplanır.

Hidrolik bekletme süresi

$$t = \frac{V}{Q} = \frac{332.5}{1330} = 6 \text{ saat}$$

Oksijen ihtiyacı

$$ORC = M_v (a'(F/M_v) + b') = 698.85 (0.55(0.4) + 0.15) = 250.34 \text{ kg/gün}$$

$$ORN = 4.6 (1330)(20)/103 = 122.36 \text{ kg/gün}$$

$$OR = 380.7 \text{ kg/gün}$$

Gereken hava miktarı ise

$$380.7/(1.2)(0.232)(0.08) = 17093.2 \text{ m}^3/\text{gün}$$

olarak bulunur.

Çökeltme tankı

10° sıcaklığında, 1.5 m/saat çökeltme hızı, 16 m³/m²/gün yüzeysel yükleme hızı ve 1330 m³/günlük debi için gerekli yüzey alanı

$$A = 1330/16 = 83.125 \text{ m}^2$$

olarak bulunur. Bu durumda boyutları 6.5 m x 6.5 m (A = 42.25 m²) boyutunda iki adet Dortmund çökeltme tankı seçilebilir.

Tank derinliği 5.65 m (0.4 m hava payı) olarak seçilirse tank hacmi 120 m³ tank bekletme süresi ise 240 m³/1330 m³/gün = 0.18 gün = 4.3 saat olmaktadır.

Katı madde konsantrasyonu 4000 mg/L iken katı madde yükleme hızı

$$\frac{1330 \times 10^3 \text{ L/gün} \times 4000 \text{ mg/L}}{10^6 \text{ mg/kg} \times 84.5 \text{ m}^2} = 62.95 \text{ kg/m}^2\text{-gün}$$

olarak hesaplanır. Bu değer kabul edilen limitlerin altında kalmaktadır.

Çamur geri dönüşü

$$Qr = \frac{Q \times MLSS}{C_s - MLSS} = \frac{1330 \times 3000}{10000 - 3000} = 570 \text{ m}^3/\text{gün}$$

$$r = \frac{Q_e}{Q} = \frac{570}{1330} = 0.43$$

olarak hesaplanır.

Konvansiyonel aktif çamur yerine uzun havalandırmalı aktif çamur yöntemi kullanılmış olsaydı $F/M_v = 0.11 \text{ gün}^{-1}$, $MLSS = 4000 \text{ mg/L}$, $MLVSS = 2800 \text{ mg/L}$ olarak kabul edilecekti. Bu durumda;

Havalandırma tankı hacmi

$$V = \frac{1330 (240 - 30)}{2800 \times 0.11} = 907 \text{ m}^3$$

olarak bulunur. Bu hacim $4.5 \times 22.4 \times 4.9 \text{ m}$ ebatlarında iki havalandırma tankı ile elde edilebilir.

$$F = 1330 (240 - 30)/10^3 = 279.3 \text{ kg/gün}$$

$$\frac{F}{M_v} = 0.11 \text{ gün}^{-1}$$

olduğuna göre

$$M_v = \frac{279.3}{0.11} = 2539.1 \text{ kg}$$

olur.

Üretilen çamur ise

$$M_w = 2539.1(1(1(0.11) - 0.08)) = 76.2 \text{ kg/gün}$$

olarak bulunur.

Çamur yaşı

$$\theta_c = \frac{M_v}{M_w} = \frac{2539.1}{76.2} = 33.3 \text{ gün}$$

Hidrolik bekletme süresi ise

$$t = \frac{V}{Q} = \frac{907}{1330} = 0.68 \text{ gün} = 16.37 \text{ saat}$$

olarak hesaplanır.

Oksijen ihtiyacı

$$ORC = 2539.1 (0.55(0.11) + 0.15) = 534.5 \text{ kg/gün}$$

$$ORN = 4.6 \times 1330 \times 20/10 - 3 = 122.4$$

$$OR = 656.9 \text{ kg/gün}$$

olur. Bu ise

$$\frac{656.9 \text{ kg/gün}}{1.2 \text{ kg/m}^3 (0.232)(0.08)} = 29494.4 \text{ m}^3$$

havaya eşit olur.

Çökeltme tankları konvansiyonel yöntemindeki gibi aynı olmakta, geri dönen çamur debisi ise

$$Q_r = \frac{(Q)(MLSS)}{(C_s - MLSS)} = \frac{1330 \times 4000}{10000 - 4000} = 886.67 \text{ m}^3/\text{gün}$$

geri devir oranı ise

$$r = \frac{Q_r}{Q} = \frac{886.67}{1330} = 0.67$$

bulunmaktadır.

İki sistem karşılaştırıldığında aşağıdaki hususlar görülür:

- a) Uzun havalandırmadaki havalandırma tankı hacmi (907 m^3) konvansiyoneldekinden (279.3 m^3) çok daha büyüktür.
- b) Konvansiyonel sistemde üretilen çamur miktarı (223.44 kg/gün) uzun havalandırma sistemiyle (76.2 kg/gün) çok daha fazladır.
- c) Konvansiyonel sistemde gereken hava miktarı ($17093.2 \text{ m}^3/\text{gün}$) uzun havalandırma sistemiyle ($29494.4 \text{ m}^3/\text{gün}$) daha azdır.

KAYNAKLAR

Curi, K., Eckenfelder W.W., "Theory and Practice of Biological Wastewater Treatment" Sijthoff and Noordhoff, Alphen aan den Rijn, 1980.

Eckenfelder, W.W., "Principles of Water Quality Management" CBI Publishing Company, Boston, 1979.

EPA, "Wastewater Treatment Facilities for Sewered Small Communities", U.S. Environmental Protection Agency, Manual No EPA – 625/1 – 77 – 009 1977.

Metcalf and Eddy, Inc. "Wastewater Engineering Collection, Treatment and Disposal" Mc Graw Hill Inc., New York 1972.

Parker, H.W., "Wastewater Systems Engineering, Prentice Hall Inc., New Jersey, 1975.

İLERİ ARITMA

Prof. Dr. A. NURSEN İPEKOĞLU

İ.T.Ü. Kimya-Metalurji Fak.
Kimya Müh. Bölümü
80626 MASLAK/İSTANBUL

GİRİŞ

Su insan hayatında çok büyük öneme sahiptir. Başta ilaç, gıda, meyva suyu sanayileri olmak üzere tüm sanayi suları ve özellikle de içme suları berak, kokusuz, lezzetli olmalı ve sağlığa zarar verecek organizmalardan, metal iyonlarından arındırılmış bulunmalıdır. Yeryüzündeki su kaynakları kısıtlı olduğuna, bir kez kullanarak doğaya terkettiğimiz suyu yeniden kullanmak durumunda olduğumuza göre attığımız suyu en ileri yöntemlerle arıtarak doğaya vermemiz gerekir. Çünkü o suya çok kısa bir süre sonra yeniden ihtiyaç duyacağımızı bilmekteyiz. Suya istediğimiz özellikleri verebilmek ancak primer ve sekonder arıtmayı takip edecek olan karbon adsorpsiyonu, dezenfeksiyon gibi yöntemlerle sağlanabilir.

DEZENFEKSİYON

Dezenfeksiyon sağlık ve su otoriteleri tarafından sudan gelebilecek enfeksiyonlara karşı kullanılabilecek en etkili silah olarak tanımlanmaktadır.

Patojen organizmalar temizleme işlemi sırasında fiziksel olarak sistemden alınırlar. Ayrıca uygulanan işlemlerin türlü kademelerinde Patojenler öle-

rek veya tahrip olarak da sistemden ayrılırlar. Gayeli olarak yapılan dezenfeksiyon ise suyun içine dağılmış bulunan organizmaları öldürür. Dezenfeksiyonun amacı, hastalıkların su yoluyla insanlara geçmesini önlemek ve hastalık zincirini, çeşitli etken bileşikler kullanarak suya ulaşmadan kırmaktır.

Su dezenfektanlarının bazı özelliklerinin olması gereklidir.

- 1– Arıtılmakta olan atık suyun konsantrasyonu, bileşimindeki dalgalanmalar ve şartları dolayısıyla, düşünülen sıcaklık aralığında ve uygun bir temas süresinde suya nüfus ederek patojenleri öldürmesi,
- 2– Patojenleri öldürmek için gerekli olan miktarının insanlara ve evcil hayvanlara zararlı olmaması,
- 3– Temini, depolanması, uygulanmasının ucuz ve kolay olması,
- 4– Tatbik edilmekte oldukları atık sudaki konsantrasyonlarının kolay, çabuk ve tercihan otomatik olarak ölçülebilmesi,
- 5– Dezenfekte edilmekte olan suda, herhangi bir üremeye karşı kalıcı bir konsantrasyon temin edebilmesidir.

Su çeşitli şekillerde dezenfekte edilebilmektedir.

ISI İLE DEZENFEKSİYON

Suyu kaynama noktasına kadar ısıtmak bir dezenfeksiyondur. Sağlık ve su otoriteleri bakımından kaynamış su bir sigorta olarak kabul edilmektedir.

IŞIK İLE DEZENFEKSİYON

Güneş ışığı tabii bir dezenfektandır. Ultraviyole ışınları da iyi bir dezenfektandır. Çok kullanılan ultraviyole kaynakları, özel bir camdan veya kuartzdan yapılmış cıva buharlı lambalardır. Fakat ışık ile dezenfekte edilecek suyun fenolik veya diğer aromatik bileşikler, LAS gibi ışık absorplayici maddeler içermemesi, süspansiyon halinde madde taşımaması ve işlemden evvel çok iyi karıştırılmış olması gerekmektedir. Diğer cins ışıklar da dezenfeksiyon özelliği gösterebiliyorlarsa da mühendislik tatbikatı bakımından olumsuz var-sayılmaktadırlar.

KİMYASAL MADDELER İLE DEZENFEKSİYON:

Oksitleyici kimyasal maddeler;

1– Halojenler, klor, brom, iyot,

2– Ozon,

3– Potasyum permanganat ve hidrojen peroksit gibi maddelerdir.

Brom, yüzme havuzlarındaki sınırlı dezenfeksiyon için kullanılmaktadır. İyot da yüzme havuzu ve açık arazideki içme suyu dezenfeksiyonu için kullanılmaktadır. Ozon iyi bir dezenfektan olmakla birlikte pahalıdır, ayrıca işlem-den sonra suda ölçülebilen bir artık bırakmamaktadır. Bunlara rağmen ozu-nun özellikle koku ve renk gidermedeki kabiliyeti üstündür. Potasyum per-manganat oldukça pahalı bir dezenfektandır.

Kimyasal maddeler ile dezenfeksiyonda maddenin oksidasyon kapasite-si hiçbir zaman dezenfeksiyon kapasitesini belirlemez, örneğin hidrojen pe-roksit iyi bir oksitleyici olduğu halde zayıf bir dezenfektandır.

Gümüş iyonları bakterileri öldürmesine karşın, virüsleri öldürmez. 15 mg/l kadar düşük konsantrasyonlarda tatbik edildiğinde çok yavaş dezenfek-siyon elde edilir. Uygun konsantrasyon için ise pahalıdır. Bakır iyonları ise kuvvetli algisit olup, zayıf bakterisittir.

Alkali ve asitler ise patojenik bakterilere etkili değildirler, pH=3 ve pH=11 gibi alçak ve yüksek pH değerlerinde dayanıklı değildirler.

Özet olarak söylemek gerekirse büyük çaplı arıtma işlemlerinde ve en-düstri sularında rutin dezenfeksiyon işlemleri için etkili ve ucuz oluşundan do-layı klor kullanılmaktadır.

Atık suların klorlanmasına geçmeden önce muhtelif operasyon ve pro-seslerin karışım olan atık su temizleme ve içme suyu temin ünitelerinde klor-lamanın yerine göz atmakta yarar vardır.

ATIK SU TEMİZLEME TESİSİ

Sedimentasyon işlemi

- 1– Sıvı nakli (operasyon)
- 2– Sedimentasyon (operasyon)

Aktifleşmiş çamur işlemi

- 1– Gaz ve sıvı nakli (operasyon)
- 2– Gaz transferi (operasyon)
- 3– Biyolojik oksidasyon (proses)

DEZENFEKSİYON

Anaerobik sindirim

- 1– Sıvı nakli (operasyon)
- 2– Isı transferi (operasyon)
- 3– Anaerobik biyolojik bozunma

KURUTMA İŞLEMİ

- 1– Sıvı nakli (operasyon)
- 2– Kurutma (operasyon)

SU TEMİN İŞLEMİ

Koagülasyon işlemi

- 1– Sıvı nakli (operasyon)
- 2– Koagülasyon (proses)
- 3– Flokülasyon (operasyon)

Sedimentasyon işlemi

- 1– Sıvı nakli (operasyon)
- 2– Sedimentasyon (operasyon)

Kum Filtrelerinden Süzülme

- 1– Sıvı nakli (operasyon)
- 2– Poröz yataktan akış (operasyon)

DEZENFEKSİYON İŞLEMİ

- 1– Klorinasyon (proses)

Dezenfeksiyon özelliği dışında klorun diğer kullanım gayeleri;

- 1– Suda ve atık suda su yosunu ve benzeri organizmaları kontrol ve yoketmek,
- 2– Kanalizasyonlarda ve atık su tesislerinde, su kanallarındaki yapışkanlık meydana getiren organizmaların gelişimini önlemek,
- 3– Damlatmalı filitrelerde benzeri yapışkan organizmaları ve sinekleri yoketmek,
- 4– Pıhtılaşmaya yardım etmek,
- 5– Kokuyu kontrol etmek,
- 6– Arıtma tesislerindeki dinlenme havuzlarındaki çamur stabilizasyonu ve çamurun kurutulmasında çıkan kokuları kontrol etmek,
- 7– Tesislerdeki havasız şartları ayrıştırmayı geciktirmek veya azaltmak suretiyle kontrol etmek,

- 8– Alkali sanayi atıklarında siyanitleri siyanatlara dönüştürmek,
- 9– Hidrojen sülfidi yok etmek, böylece harç, çimento, boya gibi maddeleri bu gazın korozyon etkisine karşı korumak,
- 10– Aktif hale getirilerek sisteme geri döndürülen çamurun anlık oksijen ihtiyacını azaltmak,
- 11– Taşıma sularına boşaltılan atık suların Biyolojik oksijen ihtiyacını azaltmak,
- 12– Faydalı bir pıhtılaştırıcı olan klorlanmış demir sülfatın tesiste oluşmasına yardımcı olmaktır.

Suyun dezenfeksiyonunda karışmanın derecesi, bekleme süresinin uzunluğu, dezenfektanın konsantrasyonu en önemli etkenlerdir. Dezenfektan konsantrasyonu gereken dozajları ayarlama sorunudur, diğer bir deyişle yalnızca normal gereksinimleri değil, aynı zamanda olağan dışı koşullara cevap verebilecek yeterlilikteki besleme cihazı seçimidir.

Kimyasal dezenfeksiyon kinetiği ile ilgili ilk açıklama Miss Marriette Chick tarafından (1908)'de yapılmıştır.

$$\frac{-dN}{dt} = \text{ifadesinde}$$

$$\frac{-dN}{dt} = \text{söz konusu organizmaların sayılarının değişimi ile ifade edilmektedir.}$$

$$\frac{-1}{N} \frac{dN}{dt} = k_c \text{ Chick kanunu olarak bilinen ifadedir.}$$

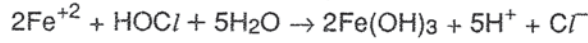
Eğer dezenfeksiyon oranı, dezenfektanın hücre duvarına doğru difüzyon oranı ile veya enzimin etkili bir reaksiyonun oranı ile tarif edilirse, sıcaklık etkisi genellikle Van-t Hoff-Arrhenius denklemine uyar.

$$\log \frac{t_1}{t_2} = \frac{E(T_2 - T_1)}{4,303RT_1T_2} = \frac{E(T_2 - T_1)}{4,56T_1T_2}$$

burada T_1 ve T_2 reaksiyon hızlarının karşılaştığı alt ve üst sıcaklıklardır, t_1 , t_2 öldürme için gerekli zaman (dak), E aktivasyon enerjisi (kal/mol), R ise gaz sabitidir.

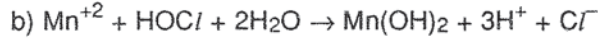
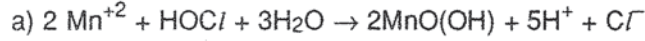
Klor gazı oda sıcaklığında 5–10 Atm. basınçlarda sıvılaştırılabilir. Silindir içinde sıkıştırılmış klor sıvı ve gaz halini birlikte muhafaza eder. Saf klorun donma noktası -150°C dır. Valflerde su bulunmayacağı sürece klor buzu teşekkül edemeyeceğinden donma olayı düşünülemez. Sıvı klor sulara orifiz-metre veya dozimetrelere ibaret olan ve klorinatör olarak adlandırılan aygıtlardan kontrollü olarak verilir.

Atık sularda bulunan ve klor ile reaksiyona giren başka maddeler Fe^{+2} , Mn^{+2} , NO_2^- , H_2S veya HS^- , HSO_3^- ve NH_3 'dir. Fe^{+2} 'nin oksidasyonu yüksek pH değerlerinde çok hızlıdır ve

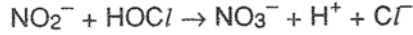


reaksiyonuna göre Fe^{+2} 'in çökeltilerek sudan ayrılması mümkündür. Özellikle pH <8 değerlerinde ve organik madde demir içeriyorsa bu reaksiyon daha önem kazanır.

Mn^{+2} 'in oksidasyonu için iki ihtimal vardır.

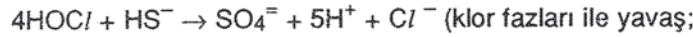
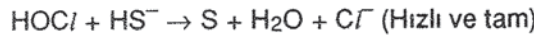


Her iki reaksiyonda asitli sularda yavaştır fakat pH >7.5 için etkilidirler. Nitrit oksidasyonuna ait reaksiyon basit ve stokimetricdir.



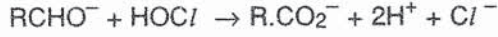
Reaksiyon alkali sularda (pH>9) yavaş, düşük pH değerlerinde ise hızlıdır.

Kükürdün muhtelif oksidasyon kademelerine sahip olmasından dolayı HS^- anyonunun oksidasyonunda değişik reaksiyonlar görülmektedir.



Sülfid anyonu özellikle kağıt fabrikaları artıklarında görülür. Reaksiyon $\text{HSO}_3^- + \text{HOCl} \rightarrow \text{SO}_4^{2-} + 2\text{H}^+ + \text{Cl}^-$ şeklindedir. Diğer oksitlenebilen kükürt bileşikleri de $\text{S}_2\text{O}_4^{2-}$, $\text{S}_2\text{O}_6^{2-}$, $\text{S}_3\text{O}_6^{2-}$ 'dir. Tüm bu bileşiklerin oksidasyonu tam ve hızlı reaksiyonlardır.

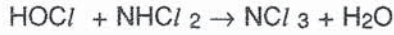
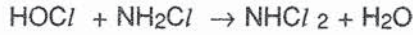
Aktif klorun organik maddelerle olan reaksiyonu genellikle yavaş ve su-
daki fazla klor konsantrasyonuna bağlıdır.



Fenol ve fenole benzer maddeler de klor ile reaksiyona girerler. Fenol
bileşikleri düşük konsantrasyondaki hipoklorit ile muamele edilirse klorofenol
bileşikleri meydana gelir, ancak hipoklorit fazlasında fenolu parçalamak
mümkün olur. Reaksiyon ürünleri kesinlikle tanınmaz.

KLOR'UN AMONYAK İLE REAKSİYONLARI

Suda bulunan amonyak klor ile üç önemli reaksiyon verir.



Bu bileşiklerin miktarları başta çözeltinin pH'sı olmak üzere NH_3 ve
 $HOCl$ 'in relatif konsantrasyonlarına bağlıdır. Temas zamanı ve sıcaklık ikinci
derecede önemlidir. Teorik olarak 1 mol NH_3 için 3 mol klor gereklidir, fakat
pratikte 2 mol klor ile kopma noktasına ulaşılır ve bundan sonra normal ol-
mayan reaksiyonlar oluşmaya başlar.

Klor gazı çok zehirli bir gaz olduğundan çok dikkatle kullanılmalıdır. Ha-
vada hacimce 3.5 ppm sınır değeri olarak kabul edilmektedir. 30 ppm öksür-
melere sebep olabilir, 40–60 ppm'lik değerinde klora sahip bir atmosferde 30
dakika kadar durulursa çok tehlikeli durumlar oluşabilir. Küçük bir tesisat ge-
rektiren durumlarda sıvı klor yerine $Ca(OCl)_2$, $NaOCl$, $CaClOCl$ gibi
bileşikler de kullanılabilir.

KARBON ADSORBSİYONU

Atık su temizlenmesinde kullanılan aktif karbon, toz veya granüler halde
kullanılmaktadır. Toz halindeki aktif karbon sulu çözeltiye doğrudan ilave edi-
lir, kesikli bir sistemde gerçekleştirilen bu uygulamada sistem uygun bir süre
karıştırılır ve çöktürmeye terk edilir. Dispers hale gelmiş olan karbon süzme ile
geri alınır, gerekiyorsa koagülant ile muamele edilir, arıtılamayan sularda aynı

işlem ikişer kez tekrarlanır. Bu yöntem koku ve renk giderme gibi giderilecek madde konsantrasyonunun az olduğu durumlarda kullanılır. Toz halindeki aktif karbon granüler haldeki karbona kıyasla 1/3 kadar kullanılır. Sistem içinde ilave bir yatırım gerektirmez.

Diğer yandan eğer büyük miktarlarda organik madde giderilmek isteniyorsa toz halinde aktif karbon kullanmak hiç de ekonomik değildir. Örneğin; ikincil temizlemeden sonra 30 mg/l (pek sık rastlanmayan bir değer) organik maddenin giderileceğini varsayarsak toz halindeki karbonun gerçek kapasitesini % 5 düşünerek atığın m³'ü başına en az 600 g karbon gerektiğini hesaplanabilir. Granüle haldeki aktif karbon dolgu kolonlar halinde kullanılabilir, su girişi gayeye göre kolonun üstünden veya altından yapılabilir. Granüle haldeki karbon kullanımı, reaksiyonun yavaşlığından etkilenmez, çünkü herhangi bir anda karbon yüzeyi/sıvı oranı çok yüksektir ve granüller yıllarca kullanılabilir.

İkincil arıtmadan çıkan lağım veya endüstriyel atık sular gibi organik madde içeriği çok fazla olan sularla çalışıldığı zaman aktif karbon yatağının yüksekliği 3–10 metre kadar olabilir. Aksi halde herhangi bir atık suyun organik madde içeriğini kontrol etmek için kullanılacak yatak yüksekliği 0.5–1 m olabilir. 10 cm/d.lık su–karbon teması için 1.5–3 m karbon yatağı, 40 cm/d.lık temas zamanı isteniyorsa 6–12 m karbon yatağı uygundur. Genellikle iki veya üç yataktan oluşan bataryalar yukardan akışlı operasyonlar için uygundur. Bazı işletmelerde dört yataktan oluşan bataryalar kullanılır, burada gaye rejenerasyon için yataklardan biri devre dışı bırakıldığında sistemin çalışmaya ara vermemesidir. Genellikle ilk yatak devre dışı bırakılır, böylece en taze yatağın son durumdaki atık su ile temasa gelmesi sağlanır. Ayrıca herhangi bir yatağın devre dışı kalması durumunda yedek olmak üzere diğer bir kolon da ilave edilebilir.

Aktif karbon adsorpsiyonu, karbonun atılma durumu hariç çok pahalı bir yöntem değildir. Çünkü kullanılmış karbon fırınlarda 900°C civarında ısıtılacak olursa organik madde buharlaşır ve karbonlaşarak uzaklaşır, aktif karbon parçacıklarının yüzeyi restore olur ve yeniden kullanılır hale gelir. İlk rejenerasyonda kapasitenin % 10'nu kaybolur, bir karbon yatağı en az 9 kez rejenera edilebilir, fakat her defasında kapasitesinin % 5'ini kaybeder. Karbon rejenerasyonunun maliyeti yeni karbonun yaklaşık % 10'udur, ayrıca her rejenerasyonda yatağın % 15–20'si kadar yeni karbon ilave etmek gereklidir.

Aktif karbon adsorpsiyonu su arıtımını savaşında en etkili silahlardan biridir.

İyon değişimi tekniği de (anyon ve katyon değiştiriciler) su arıtımında kullanılan bir tekniktir. Reçineler rejenera edilebilir, rejenerasyon çözeltisi problem olabilir.

Revers ozmos veya ultrasantrifüjleme istikbal vaad eden bir diğer yöntemdir. Özellikle tuzsuzlaştırma işlemlerinde kullanılır.

KAYNAKLAR

- 1) Sawyer, Chemistry for Sanitary Engineers, Mc. Graw Hill Book Company. 1960, New York, London.
- 2) Morris, J.C., Modern Chemical Methods. Volume 1,2. International Courses in Hydraulic and Sanitary Engineering. 1970-1971 Delft Netherlands.
- 3) Fair; Geyer; Okun; Water and Waste Water Engineering. John Wiley and Sons. Inc. New York 1968.
- 4) Eisenhower, H.R; "Oxidation of Phenolic Wastes" Journal WPCF. Volume 36. No=9. S=1124-1129.

YÜNLÜ TEKSTİL ENDÜSTRİSİ ATIKSU ARITIMINDA BİR UYGULAMA

Çevre Müh. ŞEYDA ESKİCİ

ARTAŞ Endüstriyel Tesisler Taahhüt ve Ticaret A.Ş.
Cihannuma Mah. Bostancıbaşı Sok. No. 13
Beşiktaş-İstanbul

YÜN ENDÜSTRİSİ ATIKSU ÖZELLİKLERİ

Bir koyunun sırtından alınan ham yünün yalnızca % 40'ı yün lifi olarak kullanılabilir. % 60'ını kum, yağ, hayvan pisiği, çöp vs. oluşturmaktadır. Örneğin, 2,5 kg ham yünün 1 kg'ı gerçek yün lifi geri kalan 1.5 kg'ı ise diğer, kirlilik yaratan malzemeleri olup atılmaktadır. Aynı zamanda kirliliği çözmek üzere kullanılan yaklaşık 100–200 gr kimyasal madde de (Nemerow 1971) atıksuya karışmaktadır. BOİ yönünden ifade edilecek olursa her 1 ton yıkanmış yün karşılığı 200–250 kg BOİ deşarj edilmektedir.

Yün yıkama ve terbiye işlemlerinden oluşan atıksu 9–10, 5 pH değerinde, 900 ppm BOİ, 3000 ppm toplam katı madde, 600 ppm toplam alkalinite, 4 ppm toplam krom, ve 100 ppm askıda katı madde içerir. Asıl BOİ kaynağı yün yağı ve yıkama sırasında ayrılan pislikler ile yıkamada kullanılan sabundur.

Her bir ton işlenen yük için yaklaşık 750 m³ atıksu kullanılmaktadır.

Çoğu yün fabrikaları, yünü yıkanmış olarak aldığından ana proseslerini dokuma, boyama ve terbiye işlemleri oluşturmaktadır. Bu fabrikaların atık-

suyunun içerdiği BOI'nın % 24'ü boyama, % 75'i dinkleme sonrası yıkama, % 1'i ise karbonizasyondan sonraki nötralizasyondan kaynaklanmaktadır.

YÜN TERBİYE ATIKSULARININ ARITILMASI

Tekstil atıklarının arıtılması için başlıca arıtım kademeleri aşağıdaki gibidir.

1. Dengeleme
2. Nötralizasyon ve kimyasal koagülasyon
3. Renk giderimi
4. BOD giderimi

Genellikle, kimyasal koagülasyon ve biyolojik arıtma BOI giderimi için kullanılan ana yöntemlerdir. Koagülant olarak alüminyum sülfat, demir-2 sülfat, demir-3 sülfat, Demir klorür, pH kontrolü için ise sülfirik asit, hidroklorik asit veya kireç sütü kullanılır. Belirli atıklar için her koagülantın en etkin olduğu, maksimum koagülasyonun sağlandığı pH değeri belirlenmelidir. Tablo-1 de bazı belirli atıkların, kimyasal koagülasyonla hangi oranlarda giderilebileceği konusunda yapılan bir çalışmanın sonuçları verilmiştir. (Nemerow, 1971).

Yün elyafları çubuklu veya elek tipi ızgaralardan geçirilerek % 20'ye varan askıda katı madde giderimi sağlanmaktadır. Katı maddesi tutulan atıksu debi ve kirlilik yönünden dengelenmek üzere bir havuzda toplanır.

Yapılan çalışmalarda, Alüminyum sülfat ($Al_2(SO_4)_3 \cdot 18 H_2O$) kullanarak % 60 civarında BOI giderimi ve aynı zamanda renk giderimi temin edilmiştir. pH 7 de uygun alümin dozajı 150 mg/l pH 8'de 200 mg/l olarak saptanmıştır.

Chamberlain'in yaptığı çalışmalarda kükürtlü boyalarda BOD giderimi ve ağartma için kimyasal koagülasyon yerine klorin kullanmıştır. Renk ve BOI giderimi için klorin kimyasal koagülanta yardımcı olmak üzere arıtımın son kademesinde de sisteme ilave edilmektedir.

Normal olarak klorin ihtiyacı 100-250 mg/l civarındadır.

Tekstil atıklarının biyolojik arıtımı için en çok ve başarıyla kullanılan aktif çamur sistemleridir.

Bunun yanında damlatmalı filtreler de kullanılmaktadır.

Aktif çamur arıtımı ile daha fazla BOI giderimi elde edilmekle birlikte uzun bekleme süresi nedeniyle daha fazla alana ihtiyaç duyulmaktadır.

En uygun BOI gideriminin elde edildiği pH 7-9 değerlerini temin etmek üzere atıksuyun başlangıç pH değeri kontrol edilmelidir. Atıksuyun karakterine göre bu pH aralığı 9-11 olabilmekle beraber pH 11'in üstünde BOI giderimi olmamaktadır. pH değeri genellikle asit ilavesi (H_2SO_4 ve HCl), CO_2 (karbondioksit gazı) ile veya baca gazı ile muamele edilerek düşürülmekte-

dir. Asit kullanımı etkili olmakla birlikte pahalıdır. Diğer metodlar ise ilk yatırımı yüksek olmasına rağmen işletme masraflarının azlığı ve problemsiz bir işletme nedeniyle tercih edilebilir.

TABLO 1– Bazı kimyasalların koagülasyonla BOI giderim oranları

Kimyasal Atık	BOI giderimi %
Sabun	90
Fenol	0
Jelatin	65
Yapıştırıcı	33
Emülsifiye mineral yağ	80
Salisilik asit	17
Benzoik asit	8
Asetik asit	8
Okzalik asit	86
Sodyum asetat	0

Eğer boyama prosesinden gelen atıksuda krom (+6) bulunuyorsa 50 mg/lt konsantrasyonlarda dahi biyolojik prosese zarar vermeyebilir. Ancak bunun üstünde krom konsantrasyonlarında veya biyolojik ortamı korumak gerekiyorsa yapılabildiği ölçüde kromlu atıkların ayrı bir yerde toplanması ve ayrı olarak arıtıma tabi tutulması sağlanmalıdır.

Biyolojik ve kimyasal çamurların suyunun giderilmesi için yatay sürekli-tekne tipi bir filtre, filtre pres veya kurutma yatakları kullanılabilir. Çamurun şartlandırılması için polielektrolit ilavesi yararlı olmaktadır.

BİR YÜNLÜ TEKSTİL ENDÜSTRİSİ ATIKSU ARITMA TESİSİ

Yünü ve sentetik karışık yünlü kumaş, triko ipliği, halı ipliği ve halı üretmekte olan bir yünlü tekstil fabrikasından kaynaklanan Atıksular 2 başlıkta toplanabilir.

1. Lojmanlardan, sosyal tesislerden ve fabrikadan kaynaklanan evsel nitelikli atıksular.

2. Prosesten kaynaklanan endüstriyel nitelikli atıksular.

Evsel nitelikli sular ortalama 1000 civarında personel ve lojmanlardan kaynaklanmaktadır.

Endüstriyel nitelikli atıksular ise yıkama, iplik ve kumaş boyama ve terbiye işlemlerinden oluşmaktadır. Tesisten günde ortalama 1200 m³ endüstriyel atıksu deşarj edilmektedir. Boyamada, bazik, metalkomplex ve kükürtlü boyalar, yıkamada bazı yumuşatıcılar, sülfirik asit, asetik asit, soda, yağ sö-

kücü ve ağartma için hidrojen peroksit gibi kimyasal maddeler kullanılmaktadır. Çeşitli tarihlerde atıksular üzerinde yapılan analiz sonuçları Tablo-1 de verilmiştir. Görüldüğü üzere AKM, BOİs, KOİ, yağ ve gres ve pH değerleri standartların üzerinde olup bu parametreler arıtma tesisi dizaynında esas alınmıştır. Arıtma tesisi çıkış suyunun su ürünleri kanunu ve ilgili tebliğlerinde yayınlanan standartlara uyması isteniyordu. Bu da göz önünde tutularak farklı noktalardan alınan atıksu örnekleri üzerinde yapılan arıtılabilirlik ve karakterizasyon çalışmaları sonuçlarının değerlendirilmesiyle Şekil. 1'de verilen Atıksu Arıtma Tesisi Akım Şemasının uygulanmasına karar

TABLO 2- Atıksu Analizleri

Parametreler	27.3.1984	28.4.1988	5.5.1988
Görünüş	gri	Sarı-gri	Koyu lacivert
sıcaklık °C	40	28	30
pH	6,90	7,0	7,0
İletkenlik μ ohms/cm	790	1365	1435
Bulanıklık, FTU	900	—	—
Azot, Kjeldahl mg/l	24.5	—	12
KOI mg/l	571	680	570
BOİ mg/l	350	410	395
Yağ mg/l	53	—	35
AKM mg/l	130	310	200

verilmiştir.

Tesis, fiziko-kimyasal ve biyolojik arıtma ünitelerinden oluşmakta olup evsel ve endüstriyel atıksular birlikte işlem görmektedir.

Fabrika alt yapısının uygun olmaması nedeniyle evsel atıksular endüstriyel atıksulardan ayrı toplanamamış ve birlikte arıtılmaları zorunluluğu doğmuştur.

Mevsime ve talebe göre yapılan siyah ve lacivert boyamada kullanılan, kromat içeren boyalar nedeniyle bu atıksuların biyolojik arıtmaya zarar vermek üzere ayrı arıtılmaları gerekiyordu.

Bunu sağlamak üzere kromatlı boyahane atıksuları ayrı bir toplama havuzuna kesikli olarak alındıktan sonra buradan pompa ile kromat indirgeme ünitesine alınmakta ve 6 değerlikli krom 3 değerliğe indirgendikten sonra diğer atıksularla birlikte kimyasal arıtım ünitelerine dahil edilmektedir.

Kromat indirgeme ünitesi kesikli çalıştırılmakta ve pH düzenlemek için asit ilavesi bir pH cihazından, indirgen madde ilavesi ise bir redoks cihazından kumandalı olarak otomatik yapılmaktadır.

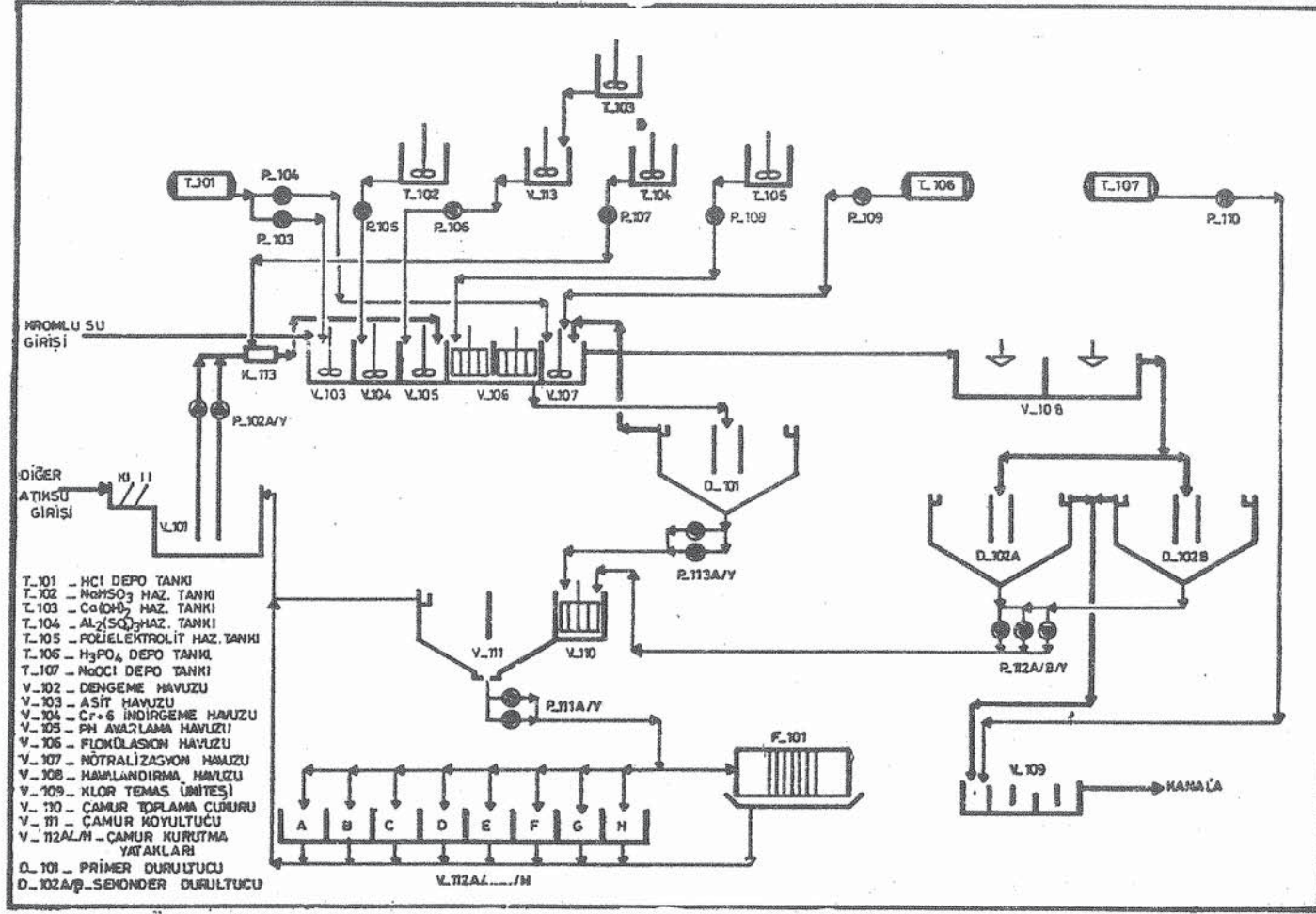
Ancak, daha ekonomik olması nedeniyle, siyah ve lacivert boyamada, kromat içermeyen başka bir boya kullanılması düşünülmekte olup bunun gerçekleşmesi halinde kromat indirgeme ünitesi devre dışı kalacaktır.

Yıkama, boyama ve apre işlemlerinden kaynaklanan atıksular, evsel atıksularla birlikte, içerdikleri elyaf, çöp v.b. katı maddelerin pompaları tıkanmasını önlemek üzere bir ızgara ünitesinden geçirilmektedir. Kaba ve ince olmak üzere ard arda yerleştirilen 2 adet çubuklu ızgarada katı maddeleri tutulan atıksular bir dengeleme havuzunda toplanmaktadır. Izgara önünde tutulan maddeler zaman zaman elle sıyrılarak çöple uzaklaştırılmaktadır. Dengeleme havuzunda debi ve kirlilik yönünden dengelenen ve bu amaçla zaman zaman havalandırılan atıksular kimyasal arıtma ünitelerine pompalanmaktadır.

Hızlı karıştırma bölümüne alınan atıksu alüminyum sülfat ilavesiyle koagüle edilmekte ve pH düzenlemesi için kireç ilave edilmektedir. Yapılan jar testlerde en uygun pH aralığı 8-8.5 olarak belirlenmiştir. Kireç ilavesi bu üniteye yerleştirilen bir pH kontrol cihazından kumandalı olarak otomatik yapılmaktadır. Koagüle edilen atıksu, yavaş karıştırma ünitesine alınarak burada sağlanan uygun hız gradyanı ve polielektrolit ilavesiyle oluşan flokların çökebilir iri yumaklar haline gelmesi temin edilmektedir. Yumaklaştırılan su doğal akışla primer durultucuya alınmakta ve dortmund tipi yapılan durultucuda oluşan yumaklar tabana çöktürülürken üst su, savaklanarak biyolojik arıtma ünitesine aktarılmaktadır. Biyolojik arıtma ünitesi pH düzenleme havuzu, uzun havalandırmalı aktif çamur sistemi ile çalışan bir havalandırma havuzu, sekonder durultucular ve klorlama bölümlerinden oluşmaktadır. pH düzenleme havuzunda, biyolojik ortam için uygun pH değerini ve fosfor ihtiyacını karşılamak üzere fosforik asit ilave edilen su havalandırma bölümüne alınmaktadır. Burada, mekanik yüzeysel aeratörlerle temin edilen oksijenin varlığında gelişen mikroorganizmalar yardımıyla organik maddelerin parçalanması ve yeni mikroorganizmaların oluşması sağlanmaktadır. Oluşan aktif çamur sekonder durultucularda çöktürülürken arıtılmış duru üst su savaklanarak klor temas ünitesine alınıp perdeli olarak dizayn edilen bu ünite de hipoklorit ile dezenfekte edildikten sonra Çorlu deresine deşarj edilmektedir.

Sekonder durultucu tabanından pompalarla çekilen aktif çamurun bir kısmı aşılama için havalandırma bölümüne geri döndürülürken fazla çamur, kimyasal çamurla birlikte bir havuzda toplanmakta ve buradan pompalarla filtre pres veya kurutma yataklarına basılarak su içeriği azaltılmakta, kuru çamur gömülerek yada fabrika çöpleriyle uzaklaştırılmaktadır.

Şekil 1 – Evsel ve Endüstriyel Atıksu Arıtma Tesisi Akım Şeması



Tesis çıkış suyunun kontrolü için gerekli analizler, arıtma tesisi bünyesinde kurulan bir çevre laboratuvarında sürekli yapılmakta ve sonuçlar cetveler halinde muhafaza edilerek gerekli müdahaleler anında yapılmaktadır.

Tesis şu anda % 90'nın üzerinde bir verimle çalışmakta olup su ürünleri deşarj standartlarının çok altında ve iyi kalitede arıtılmış su elde edilmektedir. Çıkış suyu ortalama değerleri aşağıdaki gibidir.

KOI	30-40 mg/l
BOD	15-25 mg/l
AKM	8-15 mg/l
Yağ ve Gres	0-5 mg/l
pH	7-7.5

Yakın bir geçmişte, yapağı yıkama ünitesi devreye girmiş olup burada oluşan atıksuların bir lanolin geri kazanma ünitesini takiben gerekli etüdlerin yapılmasından sonra arıtma tesisine ilavesi düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

Nemerow, L.N., Liquid Waste of Industry, Addison Wesley Publishing Company, Londra, 1971.

ATIKSU ARITMA TESİSLERİNİ İŞLETMESİYLE İLGİLİ BAZI GÖRÜŞLER

İnşaat Yük. Müh. SEVİL ÇALIŞKAN

MİMKO A.Ş. Hamidiye Sk. 3, Darphane-Beşiktaş

1. TEKSTİL ENDÜSTRİLERİNİN GENEL KARAKTERLERİ

Tekstil Atıksularında, yün yıkama, Boyama, kumaş yıkama (apreleme), haşıl sökme, merserizasyon gibi ana faktörlerden bir veya bir kaç kirlenme kaynaklarını oluşturmaktadır.

Atıksuların kaynakları, yapıları ve özellikleri ne olursa olsun tatbik oluncak arıtma metodlarını genellikle üç ana grupta toplayabiliriz. Bunlar fiziksel, kimyasal ve biyolojik metodlarla bunların bazı modifikasyonları veya kombinasyonlarıdır.

Tekstil fabrikaları atıksu arıtma üniteleri genel olarak aşağıdaki sırayı takip ederler:

1. Izgara Sistemi, 2. Nötralizasyon, 3. Kimyasal madde dozlama, pıhtılaştırma, yumaklaştırma, 4. Çökeltme, 5. Biyolojik Arıtma 6. Son Çökeltme, 7. Çamur Prosesi

Bu ana ünitelerin seçiminde, sonucu olumlu veya olumsuz etkileyecek bazı hususları sıralamak gerekirse bunlar;

- Sistem seçimi
 - Seçilen sistemin Dizaynı (Boyutlandırma)
 - Kimyasal Madde seçimi
 - Otomasyon
- gibi ana faktörlerden ibarettir.

Sistem Seçimi:

Arıtmada İSKİ Kanalizasyon Deşarj kriterleri esas alındığında, bir fiziksel arıtmayı bir kimyasal arıtmayla tamamlamak istenilen sonucu almaya yetmektedir. Bununla beraber pamuklu –Vizkon– polyester imalatından kaynaklanan atıksular için Biyolojik arıtma da söz konusu olmaktadır. Ancak Biyolojik Arıtmayı seçerken beraberinde getireceği ithal ekipmanları ve/veya büyük enerji giderlerini gözden uzak tutmamak gerekir.

Arıtmada Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği esas alındığında Kimyasal + Biyolojik veya Biyolojik + Kimyasal olmak üzere her iki metodun birlikte tatbiki şart olmaktadır. Atıksuyun durumuna ve arıtmadan çıkan suyun kullanma maksadına bağlı olarak bu iki arıtma metodundan biri daha ağırlıklı, diğeri arıtma verimini artırıcı takviye mahiyetinde olabilmektedir. Bazı durumlarda sadece biyolojik arıtma yeterli olmakla beraber, bu hallerde en azından pH ayarlama maksadıyla kısmi de olsa bir kimyasal arıtmaya ihtiyaç duyulmaktadır.

Sistem Dizaynı:

Kanımızca sistem seçildikten sonra uygulama alternatifleri çok artmaktadır. Gördüğümüz odur ki projeci alışageldiği sistemi tercih etmektedir.

Burada üzerinde hassasiyetle durulması gereken nokta şudur ki aynı hedefe varmak, aynı standardı tutturmak bir çok yolla mümkün olduğu halde acaba tatbik edilen proses en ekonomik olan mıdır? Bu sorunun cevabı her zaman tartışılabilir ve bir çok tesis işletmeye açıldıktan sonra da tartışılmaktadır.

Bilindiği gibi arıtma tesisleri dizaynında belli bir reçete ve tip vermek kabil değildir. Olsa olsa eldeki imkanlar, alışkanlıklar, yerel şartlar sonuca gitmeyi sağlayacaktır.

En iyi sonuç hedefe en ekonomik şekilde giden ve işletilmesi basit olan sonuçtur. Konuya bu açıdan yaklaşıldığında yapılan uygulamalardan elde edilen şu önerilerde bulunabiliriz:

— Her ne kadar klasik anlamda hızlı ve yavaş karıştırma üniteleri ile çöktürme işlemi ayrı ayrı hacimlerde yapılmakta ise de, gerek elektrik enerjisi ve gerekse yer ekonomisi sağlama açısından, ikili ortak kombinezonlar denenebilir. Örneğin, hidrolik bir hızlı karıştırma ile enerji tasarrufu, yavaş karıştırma ile çöktürmeyi aynı hacimde toplamak suretiyle de, maliyet ve yer tasarruf sağlanabilir.

Otomasyon:

Türkiye şartlarında otomasyonu asgaride tutmakta yarar görüyoruz. İşletmeye açıldıktan bir süre sonra ehil olmayan ellerdeki otomasyon kısımlarının tesislere fayda yerine zarar getirdiği bilinmektedir.

Örnek olarak cazibeli akışın sağlanabildiği, kot açısından uygun yerleştirmelerde dozaj pompaları yerine sabit yük altında çalışan şamandıralı dozaj ekipmanları, hem maliyet ve hem de enerji ekonomisi sağlamaktadır. Yine kurutma yatakları ile pres filtrelerin mukayesesi mutlaka yapılmalı, biri veya diğeri peşin fikirle yargılanmamalıdır. Her iki sistemin kendine göre fevkalade üstün tarafları vardır. Bunları işverenin imkanları ile lokal şartlar tayin edecektir.

Kimyasal Madde Seçimi:

Asit ve alkalilerin tipleri ile koagülan maddelerin seçiminde de ekonomi kadar, kullanılabilirlikleri de önemlidir. Örneğin ucuz ve kolay temin edilebilir olan kireç, kullanımlarda daima problem çıkartmaktadır. Payet kostik yerine eriyik kostik kullanıldığında hem dozajına güvenilemeyen bir madde kullanılmakta ve hem de gereksiz su taşımacılığı yapılmaktadır.

Geri Kazanma:

Sanayide kullanılan suların bir kısmını geri kazanmakta, su ekonomisi yönünden büyük yararlar vardır. Özellikle suların kıt ve pahalı olduğu yerlerde ek bir tesisle çeşitli maksatlar için yeterli kalitede su elde edilebilmektedir.

1989 Ağustos ayı fiyatlarıyla 1 m³ Apre atıksuyunun geri kazanma maliyeti 600–800 TL. iken, o bölgede tanklarla getirilen 1 m³ suyun bedeli 2000 TL'dir. Kaldı ki özellikle yaşadığımız bu kurak devrede çok defa tanklarla getirtilecek su dahi bulunmamaktadır.

Öte yandan, İSKİ Kanalizasyon deşarj kriterlerinden daha hassas kriterler uygulanması halinde geri kazanmanın işletmeye getireceği karlılığın daha da yüksek olacağı aşikardır.

2. TÜRKİYE GENELİNDE ENDÜSTRİYEL ATIKSU ARITIMINDA KARŞILAŞILAN GÜÇLÜKLER

Proje müellifi, planlama, ön etüt ve proje safhasında, ilk önce arıtma tesisinden çıkacak suyun özellikleri için hedeflenen değerleri iyi tesbit etmek mecburiyetindedir. Türkiye'de halen bir kaç büyük şehir belediyesi dışında kalan yerlerde arıtmadan çıkacak suyun kalitesi için Belediyelerin ve diğer denetimle ilgili kamu kuruluşlarının isteklerinde bazı belirsizlikler vardır. Bu belirsizlikler:

— Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğinin son bir yıldır yürürlükte olmasından;

— Su ürünleri Tüzüğü uygulama alanına giren sahaların henüz kesin olarak belirlenmemesinden;

— Gerek Belediye hudutları içerisinde bulunan, gerekse Organize Sanayi Bölgelerinde bulunan ve gerekse bunların dışındaki yoğun keşif sanayi alanlarındaki endüstrinin münferit veya müşterek arıtma uygulamaları ile ilgili politikaların yani parasal, idari ve hukuki esasların henüz daha tam belirlenmemiş olmasından;

— Su ortamlarının kullanma maksatları ile bunların kalite kriterlerinin henüz daha tam belirlenmemiş olmasından;

— Su ve atıksu tarifelerinin belirli esaslara bağlı olarak tesbit edilememesinden;

İleri gelmektedir. Bu sebeple kurulacak arıtma tesisinden nelerin hedefleneceği, yani bunun bir ön arıtma mı, yoksa bir nihai arıtma mı olacağı veya bir gezi kazanmanın ekonomik olup olmayacağı kesin olarak belirlenmemektedir.

Bununla birlikte bazı bölgelerde benzer endüstri kolları bir araya gelerek kendi arıtma tesislerini kurmaktadır.

Grup arıtmaların daha ekonomik ve denetlenebilir olmasına karşılık çabuk organize olunmaması, büyük yer ihtiyaçlarının kolayca karşılanamaması yıllara varan gecikmelere sebebiyet vermektedir. Bu bakımdan münferit arıtma tesislerinin devreye sokulmaları pratik ve çabuk olmaktadır. Özellikle çevreye verdikleri zararın sorumluluk duygusunu taşıyan endüstriler kendi arıtma tesislerini süratle realize etmektedirler.

Diğer taraftan arıtma tesisleri mekanik ekipmanları ile ölçü ve kontrol ekipmanları imalatı ve servisleri ile ilgili sanayi henüz yeni gelişmektedir. Bu bakımdan uzun yıllar işletmede başarı ile hizmet görmüş ekipman firmaları henüz gelişmektedir. Bilumum pompa ve çelik konstrüksiyonları ile hızlı ve yavaş karıştırıcılar, sıyırıcılar, redüktör ve varyatörler gibi mekanik aksamın

Türkiye'de imalatının bir hayli gelişmiş olmasına rağmen, blowerler, difüzörler, presfiltreler, pH metreler ve benzeri ölçü ve kontrol ekipmanlarının imalatları henüz istenen garanti seviyesine ulaşmamıştır.

Bütün bu belirsizlikler konuya iyi niyetle yaklaşan sanayiciyi "Biraz daha duralım bakalım ne olacak?" şeklinde "bekleme"ye sevketmektedir. İşveren daha sonraki aşamalarda kendisinden daha iyi bir arıtma istenebileceği endişesini taşımaktadır.

Nitekim konuyu İstanbul ve Civarı ölçeğinde ele alırsak İSKİ'nin Kanalizasyona deşarj standartları yanında, Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği ve hatta Su Ürünleri Yönetmeliğinin her üçü de uygulama alanı bulmaktadır. Mahalli otoriteler bazen bu uygulamaların tereddüdü içerisine düşmekte, uygulama o yerde halen mevcut bir kanal olup olmamasına bağlı olacak kadar değişiklik göstermektedir.

Öte yandan önceki yıllarda sanayicilerden hem arıtma tesisi için büyük avanslar alındığı hem de buna rağmen arıtma tesisi yapımı için zorlandıkları konusunda şikayetler alınmıştır. Bu da lokal otoritelerin bu konudaki kararsızlıklarına diğer bir örnektir.

Bütün bu belirsizliklere rağmen Arıtma tesisi yapımlarında katedilen yolu küçümsememek gerekir. Temennimiz, önümüzdeki yıllarda, gerek Resmi Sektör, gerekse Özel Sektör bazında daha az kaynak israfı ile daha verimli Arıtma tesisleri yapılmasıdır.

ARITMA SİSTEMLERİNDE ENSTRÜMANTASYON VE OTAMATİK KONTROL

Çevre Y. Müh. MERİH KERESTECİOĞLU

Sistem Planlama Proje ve İnşaat LTD. Şti.
Barbaros Bulvarı Keleşoğlu Çıkmazı Baras Han K: 6
Kışlaönü/Beşiktaş/İstanbul

Gelişen teknoloji ve bununla beraber ilerleyen katı hal fiziği uygulamaları, bilgisayar tekniklerinin gelişmesi ve nitelikli personel sorunu son yarım yüzyıl içinde enstrüman mühendisliği dalını süratle geliştirmiş ve kısa zaman önce sadece kimya teknolojisi dallarında kullanılan bu uygulama alanı süratle, makina, elektrik, çevre, trafik hatta şehircilik gibi çok değişik konularla entegre olmuş ve bu mühendisliklerin bir yardımcı dalı haline gelmiştir.

Enstrüman mühendisliğinin temel konusu, süreç denetimi ve denetim araçlarıdır.

Süreç denetimi bir durağan (Steady-state) veya değişken dinamik sistemde bazı değişkenlerin saptanması, ölçülmesi, kontrol edilmesi, farklı sinyallere çevrimi, gösterilmesi, iletilmesi, aritmetik işlemlere sokulması ve kaydedilmesi işlevlerin tümünü kapsar. Bu işlemler için kullanılan tüm araçlara ise enstrüman adı verilir. Bu konudaki çalışmaların ve derslerin dünya üniversitelerine bile 1950'den sonra girebildiğini hatırlatmak konunun gençliği hakkında bir fikir verebilecektir.

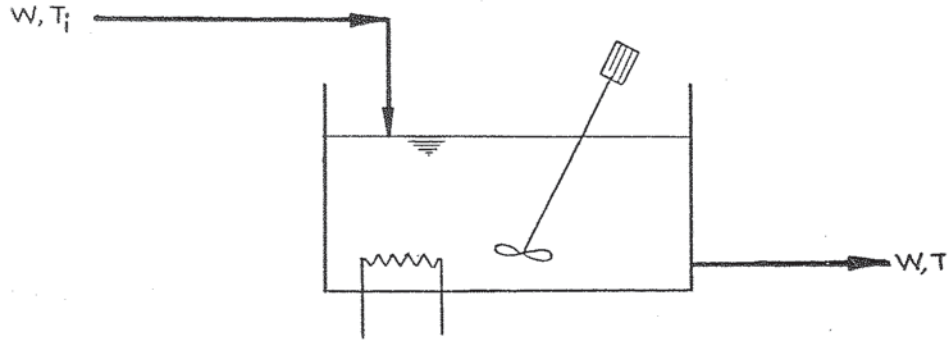
1. OTOMATİK KONTROL KAVRAMI

Otomatik kontrol kavramının geliştirilmesi için bir örnek üzerinde çalışalım.

1.1. SİSTEM

Süreç denetimi için öncelikle bir sistem söz konusudur. Sistem ana olarak ölçülen değişken, giriş değişkeni, istenen değer ve kontrol edilebilen parametrelerden meydana gelir.

Örneğin T_i sıcaklığında bir akışkan W hızıyla bir kaba aksın ve biz bu akışkanının sıcaklığını T_R 'ye yükseltmek isteyelim. Bunun için tam karışım bir reaktör kuralım, ve bir mikser ile karıştıralım. Bu karıştırmanın ideal olduğunu ve reaktörün her noktasında sıcaklığın T olduğunu varsayalım. Buharlaşma vb. söz konusu olmadığı için çıkış debisi de w olsun. İlave bir şart olarak akışkanın özgül ısı C sıcaklıkla farklılaşmasın.



Fark ettiğiniz gibi yapılabilecek tek şey bu akışkanı bir ısıtıcı ile ısıtmak olacaktır.

1.2 DURAĞAN ŞARTLAR

Sistemdeki tasarım parametreleri durağan olduğu takdirde ısıtıcının vermesi gereken ısı miktarı;

$$q_s = WC (T_s - T_i)$$

olarak hesaplanabilir.

Burada q_s durağan şartlarda verilmesi gereken ısı miktarıdır. Sistem tam karışımli olduğundan $T = T_i$ olmak durumunda ise;

$$q_s = WC (T_s - T)$$

olarak sabitlenir.

1.3 SÜREÇ DENETİMİ

Şimdi akışkan debisinde ya da giriş sıcaklığı T_i de değişiklikler olabileceğini varsayalım. Bu takdirde q_s ler her an için farklı bir değer olacak ve sürekli olarak değişmesi gerekecektir. Gelen akışkan sıcaklığı T_s 'nin üzerine çıktıkça q_s 'in büyümesi, ters halde küçülmesi, hatta $T_s = T$ durumunda sıfırlanması gerekir.

1.4 DEĞİŞKEN DİNAMİK KOŞULLAR

Sürecin makinalar tarafından kontrolü durumunda tüm meydana gelebilecek olasılıkların tek tek değerlendirilmesi gerekir. Bu noktada unutulmaması gerekli ana ilkenin hiç bir makinanın muhakeme yeteneğinin olmadığıdır. Bundan dolayı özellikle bağımsız değişkenin, yani sistemden haber alarak gerekli noktaya ayarlayacağımız değişkenin hangisi olduğunun iyi tayini gerekir. Tank sıcaklığı T 'nin T_i ve q dan nasıl etkileneceğini bilmek ve buna göre kontrolü yürütmemiz bu örnekte ana nokta olacaktır. Bu değişken dinamik koşullarda sistemde bir enerji dengesi yapılırsa,

$$\text{Sistemde birikim} = \rho VC \frac{dT}{dt}$$

olur, burada

ρ = Akışkan Yoğunluğu

V = Tank hacmi

t = zaman

Birikim = Giren enerji – Çıkan enerji.

olduğundan

$$\rho VC \frac{dT}{dt} = WC (T_i - T) + q$$

olacaktır.

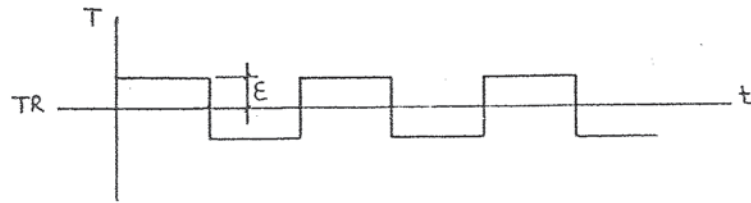
1.5 KONTROL

Üzerinde özellikle durulması gereken nokta, makinanın burada bir insan kontrolü olsaydı ne yapacak idi ise aynı işleri yürüteceğidir. Normalde yapılması gereken buradaki birikim değeri olan $\rho VC dT/dt$ değerinin sıfırlanmasıdır. İnsan veya makinanın T_i ve T değerlerine bakarak q 'yu değiştirmesi böylece birikimi sıfırlaması gerekir. Bu noktada $(T_R - T)$ değeri ideal şartlarda sıfır olması gerekir. Bu farka hata adını verirsek her kontrol sistemi hatanın minimize edilmesi prensibine dayanır.

Bunun sağlanması matematiksel olarak birkaç yolla olabilir.

1.5.1 AÇ-KAPA KONTROL

Sistemde çok basit bir kontrol yapmak için sistemin içine bir termometre yerleştirdiğimizi düşünelim. Tıpkı ev radyatörlerinde olduğu gibi bu termometre belli bir $T_R - T$ değerinde bir mekanizmayı çalıştırsın ve sabit q değerini sisteme yollasın. Bu durumda hata $\epsilon = T_R - T$ istenilen değerde seçilebilir. Böylece reaktörün içini istenen çıkış sıcaklığından ϵ kadar yüksek sıcaklığa gelinceye kadar ısıtılır sonra ısıtma durur. Giriş sıcaklığı T_i daha düşük olduğundan reaktör soğumaya başlar. İstenen değerin ϵ kadar altına düşünceye kadar soğuma devam eder. Bu anda tekrar ısıtıcı devreye girer. Böylece istenen sıcaklığı tam olarak sağlayamasa dahi bunun çok az alt ve üstünde bir ortalama sıcaklık tutulmuş olur. Burada ne kadar küçük olursa sapmanın o denli az olacağına dikkat çekmek gerekir. Bu şekilde çalışan bir sistem aşağıdaki grafikteki gibi bir sonuç verir.



1.5.2 ORANSAL KONTROL

Görüldüğü gibi aç-kapa kontroller çok basit olmakla beraber istenen değeri gerçekte hiçbir zaman sağlayamaz, hatta yaklaşımazlar, sürekli olarak belli bir miktar üzerinde ya da altında olarak salınırlar.

Daha iyi bir düşünce ile verilen ısıнын hatayla orantılı olarak değişmesini isteyebiliriz. Bunu formüle edersek,

$$q(t) = WC (T_R - T_{is}) + K_c (T_R - T)$$

Burada K_c pozitif bir reel sayıdır ve oran sabiti olarak tanımlanır. Görüldüğü gibi eğer $T_R = T$ olursa sistem durağan şartlara gelir ve $q(t) = q_s$ olur. Ancak T_R 'nin T 'den farklılaşması büyüdükçe $q(t)$ gittikçe daha büyük olarak sistemi düzeltmek üzere müdahale edecektir.

1.5.3 TÜREVSEL KONTROL

Oransal kontrollerin avantajlı tarafı bir durağan değere süratle gelmeleri olmakla beraber sabitlendikleri değerle istenilen değer arasında bazı farklılıklar yaratırlar. Bunun çözümü için daha ileri kontrol değerlerine başvurulur.

Türevsel kontrolün ama prensibi hata değişim oranını minimize etmektir. Bundan dolayı genellikle tek başına kullanılmaz, ancak oransal bir kontrolle beraber bulunur. Oransal kontrol hatayı minimize etmeye çalışırken, türevsel kontrol ise hata değişimine tepki gösterir.

Matematiksel olarak,

$$q(t) = WC (T_R - T_{is}) + K_c \tau_D \frac{d(T_R - T)}{dt}$$

olarak gösterilebilir. Burada K_c hata sabiti τ_D ise sistem özelliklerinden çıkan bir sabittir. Zaman sabiti olarak adlandırılır ve birimi zamandır.

1.5.4 İNTEGRAL KONTROL

Türevsel kontrol sistemin hatasının farklılaşmasını minimize ederken oransal kontrol ise sistemin hata ve zaman çarpımını minimize eder. Başka bir deyimle farklılaşma grafiğinin alanını sıfırlamaya çalışır. Bundan dolayı sapma minimize olmayabileceğinden tek başına değil genellikle oransal kontrol ile birlikte kullanılır. Matematiksel olarak;

$$q(t) = WC (T_R - T_{is}) + \frac{K_c}{\tau_I} \int_0^t (T_R - T) dt$$

olarak formüle edilebilir.

1.5.5 BİRLEŞİK KONTROLLER

Yukarda bahsedilen nedenlerle türevsel ve integral kontroller tek başlarına kullanılmazlar. En çok kullanılan tipler aşağıda verilmiştir.

Oransal Kontrol (P)

$$p = K_c \mathcal{E} + P_s$$

Oransal-İntegral kontrol (PI)

$$p = K_c \mathcal{E} + \frac{K_c}{\tau_I} \int_0^t \mathcal{E} dt + P_s$$

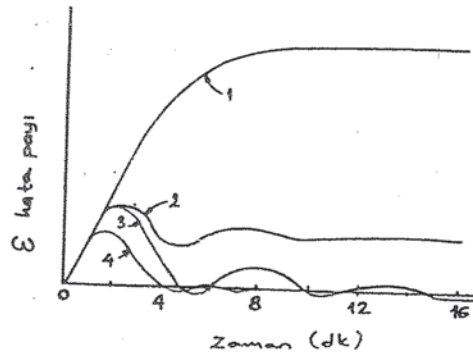
Oransal - türevsel kontrol(PD)

$$p = K_c \mathcal{E} + K_c \tau_D \frac{d\mathcal{E}}{dt} + P_s$$

Oransal-türevsel-integral kontrol (PID)

$$p = K_c \mathcal{E} + K_c \tau_D \frac{d\mathcal{E}}{dt} + \frac{K_c}{\tau_I} \int_0^t \mathcal{E} dt + P_s$$

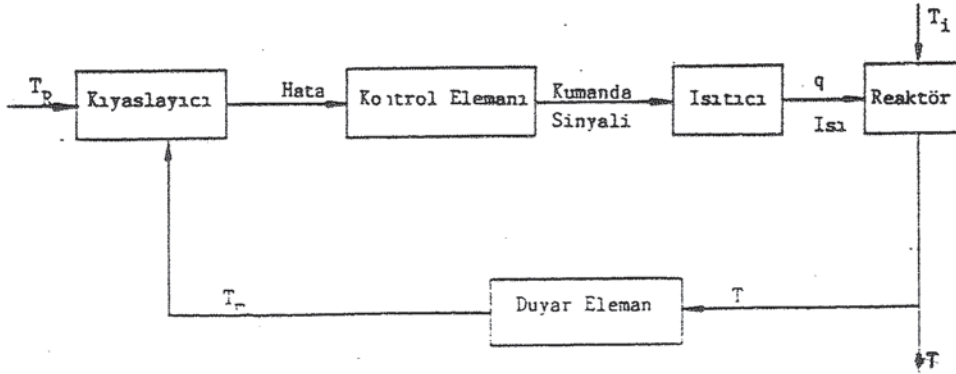
Değişik kontrol sistemleri altında giriş sinyallerinin çıkışa etkisi aşağıdaki grafikte gösterilmiştir.



2. DÖNGÜ ŞEMALARI

Görüldüğü gibi bir kontrol sisteminde bir bağımsız değişken, bir ölçü noktası sinyal iletimi, değerlendirilmesi ve bağımlı değişkenin kontrolü gerekmektedir.

Yukarıdaki Örnek için basit bir blok diagram çizersek aşağıdaki şekli alır.



Reaktöre giden T_i sıcaklığı T olarak çıkarken bu bir duyar eleman tarafından okunur. Okunan T_m değeri (T ye analog olmakla beraber farklı bir birimde olabilir. Sıcaklık olması şart değildir) bir kıyaslayıcıya gönderilir. Kıyaslayıcı kendi birimleri üzerinden T_R ile T_m karşılaştırır ve ε 'ı tesbit ederek kontrol elemanına yollar. (Potansiyometre). Bu eleman hangi fonksiyona göre ayarlanmış ise ona göre bir sinyali (P, PI, PD, PID) ısıtıcıya yollar ve ısıtıcı q ısını yollayarak reaktör ısını T 'ye değiştirir. Döngü böylece sürer.

2.1 DÖNGÜ ELEMANLARI

Yukarıda blok olarak gördüğünüz sistem içinde birçok değişik eleman kullanılır. Bu elemanlara daha önce de bahsettiğimiz gibi enstrüman adı verilir.

2.1.1 DUYAR ELEMAN

Döngünün ilk ve hissedici noktasıdır. Ölçülmek istenen ana parametreyi nicel ve nitel olarak duyabilir. Bu okuma sırasında okunacak parametre özelliğine göre mekanik, elektronik, elektrokimyasal vb. yöntemlerle çalışır. Okunan işleve göre duyar elemanlar aşağıda gösterilmiştir.

Kimyasal Analiz	O.R. potansiyel elektrodları
Kondüktivite	İletken elektrod
Yoğunluk	Çeşitli tartı sistemleri, ultrasonik algılayıcı
Debi	Ultrasonik algılayıcılar, cam tüpler, manyetik algılayıcılar, elektrodlar ve membranlar
Basınç	Membranlar, cam tüpler, hidrostatik sistemler
Pozisyon	Ultrasonik algılayıcılar, elektronik şalterler
Radyoaktivite	Radyoaktif algılayıcılar
Sıcaklık	Termokapl, ohmmetreler, sıvı kolonlar
Seviye	Şamandıralar, cam tüpler, ultrasonik algılayıcılar elektrodlar, ısı algılayıcılar, gerilim algılayıcılar

2.1.2 ÇEVİRİM ELEMANI

Çoğunlukla tek başına bulunmaz. Duyar elemanla ya da iletili elemanla birlikte imal edilir. Ana görevi duyar elemanın hissettiği tepkiyi ölçebilen bir sinyal cinsine çevirmektir. Bu sinyaller elektrik, elektronik, hidrolik, pnomatik, ısı v.b olabilirler. Çok kullanılan çevrim elemanları şunlardır.

- Potansiyometreler
- Röleler
- Piezoelektrik malzemeler
- Selenoid Vanalar

2.1.3 İLETİCİ ELEMAN

Ana görevi çevrim elemanından aldığı sinyali düzeltmek ve gerekli yere iletmektir. Genellikle lineer olmayan sinyalleri alır ve lineer durumda yollar. Duyar elemanla döngünün diğer kısımlarının bağıntı kuran ana elemanlardır. Gelen sinyal ne olursa olsun iletili elemanın sinyali genel olarak zayıf akım mertebesinde (mA veya mV). Bundan dolayı kontrol sinyallerinin uzaklık dolayısıyla zayıfladığı durumlarda ilave olarak hat üzerine bir yükseltici eleman konur.

2.1.4 KONTROL ELEMANI

Sistemden gelen sinyalin hatasını anlayıp gerekli düzeltmelerin yapılması için programlanmış elemanlardır. Basitçe aç-kapa, P, PI, PD, PID, olabilir gibi PLC dediğimiz kompleks bir sürecin tümünü de çevrime dahil edebilir. Kontrol elemanının gerekli sistem sabitlerinin önceden programlanmış olması gerekir. Kontrol elemanı sinyalini ileticiden alır ve kontrol araçlarına yollar.

2.1.5 ARİTMETİK TOPLAYICI (Summator)

İki ayrı değerin toplanması ve birlikte toplamının irdelenmesi halinde kullanılır. Örneğin iki ayrı tank çıkışındaki debilerin toplamına göre ortak girişte bazı ayarlamalar yapılması gerektiğinde kullanılır.

2.1.6 KONTROL ARACI

Kontrol döngüsünün sisteme geri döndüğü noktadaki elemandır. Alınan bilgilere göre gerekli değişiklikleri yapar. Kontrol elemanının yönetimi altında çalışır. Bu elemanlar çok değişik olabilmekle birlikte aşağıdakiler en çok kullanılanlardır.

- Kontrol vanaları
- Selenoid vanalar
- Dozlama pompaları
- Isıtıcılar
- Şamandıra sistemleri
- Motorlar
- Pompalar
- Tahrik elemanları

2.1.7 GÖSTERGELER

Duyar elemanın o andaki okumasını gösteren birimlerdir. Duyar elemandan kontrol elemanına gelen sinyalden hat alarak çalışırlar. Genellikle pompalara monte edilirler. İbrelî, Analog, Dijital tipleri mevcuttur.

2.1.8 TOPLAYICI SAYAÇLAR

Göstergeler duyar elemanın bir anda okuduğu değeri gösterirken, sayacılar bu değerin zamana göre integre edilmiş halini gösterirler. Böylece belli bir sıfır anından itibaren ne kadar birim sinyal çıktığını sürekli olarak izlerler. Bunların en güzel örneği evlerimizdeki su ve elektrik sayaçlarıdır.

2.1.9 KAYDEDİCİLER

Göstergelerin gösterdiği değerleri sürekli olarak kaydetmek için kullanılır. Tip olarak çok değişik olabilirler. Basit rekorderler sürekli ya da dairesel

kağıtlar kullanılır ve tek ya da farklı bir çok ölçümü aynı anda kaydedebilirler. Hızları hassasiyetlerini belirler. Kaydedici printerler belli andaki tüm değerleri ya da sürekli değerleri kaydedebilir. Çok kullanılan bir teknik de disk kaydedicilerdir.

2.1.10 ALARM CİHAZLARI

Belli sınır değerler geçildiğinde (ϵ_{max}) çeşitli uyarılar veren enstrümanlardır. Eğer sınır değer istenilen ϵ 'na eşitse sinyallerini ortak kontrol elemanından alabilmekle beraber genellikle ikinci bir kontrol elemanına ihtiyaç gösterirler. Sesli ya da ışıklı tipleri vardır.

3. P&I DİYAGRAMLARI

Bir tesisin çalışma sistemini, akış yönlerini, borulamasını ve temel tasarım özelliklerini, kontrol sistemlerini ve enstrümantasyonunu tümüyle gösteren ve detay tasarımcılara gerekli bilgileri yeterli olarak ileten şemalara P & I Diyagramları adı verilir.

P & I diyagramları bir nevi akım şemaları olmakla beraber aşağıdaki normlara uyarlar.

1. Mümkün olduğu kadar gerçeğe yakın olarak ve en kolay anlaşılacak şekilde şematize edilirler.
2. Mümkün olduğu kadar dik ve yatay çizgilerle yapılırlar.
3. Standart Lejant altında yapılırlar.
4. Tüm ekipmanları içerirler.
5. Tüm borulamayı ve özelliklerini içerirler.
6. Tüm enstrümantasyonu içerirler.

P & I Diyagramlarındaki standart lejantlar ekte verilmiştir.

4. ARITMA TESİSLERİNDE ÖLÇÜ VE KONTROL

Aritma tesislerinde en sık ortaya çıkan ölçüm ve kontroller debi, seviye, sıcaklık, pH ve OR ölçümleridir.

4.1 DEBİ ÖLÇÜMLERİ

Aritma tesisinde debi ölçümleri, gerek ham suda, gerek arıtılmış sularda gerekse bazı kimyasallar için sürekli olarak yapılırlar.

4.1.1 FARK BASINÇ ÖLÇÜMLERİ

Bu ölçüm yönteminde akışkanın iki noktadaki basıncı ölçülür ve bundan faydalanarak debi hesaplanır.

4.1.1.1. Orifismetreler

Buhar dahil sıvı ve gaz sistemlerde kullanılır. Özellikle temiz sular, gazlar, sıcak akışkanlar, düşük hızlı akışlarda işe yarar. Açık kanallar, yarı dolu akışlarda, abrasiv ve lifli akışkanlarda kullanılmaz. Hata payları % 0.6 civarındadır. Her türlü boruya uygulanabilir. Güç kullanmaz. Dik ve düzgün borulamada kullanılır. Yük kayıpları yüksektir. Montajı kolaydır.

4.1.1.2 Venturimetreler

Temiz su ve gazlarda kullanılırlar. % 1 hata payları vardır. Kirli sıvılarda da iyi sonuç alınabilir. Boru çapından bağımsız tek iletici kullanılırlar. Kapasiteleri sınırlıdır. Büyük borularda çok büyük ve ağır olurlar. Fark basınç ölçümü için en pahalı elemandır.

4.1.1.3 Akış Nozul ve Tüpleri

Venturimetrenin kullanıldığı yerlerde kullanılır. % 1 hata payı vardır. Ekonomiktir. Her çapta kullanılabilir. Kalibrasyonları data olarak sınırlıdır. Sürekli kalibrasyon gerekebilir.

4.1.1.4 PİTOT tübü

Temiz su ve gazlarda kullanılır. % 5 hata payı vardır. Ekonomiktir. Her boruya uygulanabilir. Ortalama hızı hesaplayan tipleri vardır. Temsil edici özellikte olmayabilir. Hata payları büyüktür. Basınç kaybı düşük olarak okunur.

4.1.1.5 Dirsekler

Temiz su ve gazlarda kullanılır. % 5– % 10 hata payları vardır. Çok ekonomiktir. Kolay monte edilir. Her boru çapında uygulanır. Düşük hızlarda büyük hatalar verir.

4.1.2 MANYETİK DEBİ ÖLÇERLER

Hareketli ve iyonik yapıdaki akışkanların oluşturdukları manyetik alan yardımıyla debiyi hisseden elemanlardır. Gazlar ve açık kanallar dışında her yerde kullanılırlar. Hassasiyetleri % 5'dir. Akışkandaki yoğunluk, viskozite değişikliklerinden etkilenmezler. Yük kayıpları sıfırdır. İki yönlü ölçüm yapılabilir. Akışı engellemezler, kolay demonte edilirler.

Fiyatları yüksektir. Büyük çaplarda çok ağır ve büyük olurlar.

4.1.3. KÜTLE ÖLÇERLER

Düşük hızlı akışlarda, her cins sıvıda kullanılır. Koroziv sıvılarda ve lifli akışkanlarda başarıyla uygulanırlar. % 0.5'den iyi hatayla çalışırlar. Kütleyi direkt olarak ölçtüğü için bazı uygulamalarda çok işe yararlar. Pahalı sistemlerdir. Yük kayıpları yüksektir. Çift fazlı akışlarda yanılırlar.

4.1.4 ÖSİLATÖR DEBİ ÖLÇERLER

4.1.4.1 Bluff Body Sistemleri

Özellikle temiz sıvılarda kullanılırlar. % 1 veya daha iyi hata verirler. Hareketli parçaları yoktur. Fiyatları düşüktür. Düz borulama isterler. Belli Reynolds sayısının altında viskozite yüksekse hassasiyet kalmaz.

4.1.4.2 Akışkan Ösilatör Sistemleri

Özellikle temiz sıvılarda kullanılırlar. Özellikleri Bluff Body ile aynıdır.

4.1.4.3 Vorteks Sistemler

Gazlarda kullanılır. % 2 hata payları olabilir. Hareketli parçaları yoktur. Pahalıdır.

4.1.5 POZİTİF DEPLASMANLI DEBİ ÖLÇERLER

Temiz su ve gazlarda kullanılırlar. Hataları % 0.5 civarındadır. Dik çalışmalarına karşılık boru boyları kısadır. Basit sistemlerdir. Mekanik olarak aşınan sistemlerdir. Kirden çok çabuk etkilenirler. Boyutları büyük ve ağırdır.

4.1.6 TURBİN DEBİ ÖLÇERLER

Özellikle temizsu ve gazlarda kullanılır. Hataları % 0.25 civarındadır. Çok hassastırlar. Montajları kolaydır. Boyutları küçüktür. Bazı tipleri enerji kullanmaz. Viskoziteye karşı hata yapabilirler. Dikey borularda ölçüm yaparlar.

4.1.7 ULTRASONİK DEBİ ÖLÇERLER

4.1.7.1 PULSE Tipi debi ölçerler

Temiz sıvılarda kullanılır. Hassasiyetleri % 1 civarındadır. Akış sınırlaması yoktur. İki yönlü ölçebilir. Her boruya uygulanabilir. Ancak dik konumda olmaları gerekir. Sudaki parçacıklar ölçümü bozar.

4.1.7.2 DOPPLER debi ölçerler

Özellikle kirli sularda uygulanır. Hassasiyetleri % 5 civarındadır. İnorganik parçalardan ve gazlardan etkilenmez. Proses kesilmeden monte edilebilir. Dik borulara monte edilir.

4.1.8 ROTAMETRELER

Temiz akışkanlarda uygulanır. Hassasiyeti % 5–10'dur. Ucuzdurlar. Direkt olarak gösterirler. Enerji kullanmazlar. Data iletimi için ek parçalar gereklidir. Dik monte edilirler.

4.1.9 DÜŞÜLÜ DEBİ ÖLÇERLER

4.1.9.1 Savaklar

Açık kanallarda tüm sıvılar için kullanılır. % 2 mertebesinde hassasiyet verirler. Temizlik isterler.

4.1.9.2 Flumlar

Savak uygulaması olan her yerde kullanılabilir. % 5 hassasiyetleri vardır. Temizlik istemezler. Yük kayıpları düşüktür.

4.2 SEVİYE ÖLÇÜMLERİ

4.2.1 CAM TÜPLER

En basit seviye ölçüm metodudur. Seviyesi ölçülen tankla birleşik kaplar şeklinde çalışan bir tüple, sıvının direkt ya da bazı yardımcı malzemelerle gözlenmesi prensibine dayanır.

4.2.2 ŞAMANDIRALI SEVİYE ÖLÇERLER

Yüzebilen bir şamandıranın kalkarak ağırlığı düşürmesi ya da bir makarayı sarması prensibine dayanırlar. Çok değişik tipleri vardır. Direkt olarak gösterenler olduğu gibi, mekanik sistemler yardımıyla çeşitli gösterge sistemlerine iletenleri vardır.

4.2.3 KONDUKTİF SEVİYE ÖLÇERLER

Tank içindeki iletken sıvıların elektrodla değerek yüksekliğinin ölçülmesi prensibiyle çalışırlar. Elektrodlar direkt olarak sıvı içinde bulundukları için korozif, yağlı ve kirli ortamlarda çalışamazlar.

4.2.4 KAPASİTİF SEVİYE ÖLÇERLER

Bir çubuk üzerindeki sıvı hareketi ile kapasitans değişiminden yararlanarak seviyeyi ölçerler. Direkt olarak sıvı ile temasta oldukları için bazı uygulamalarda sakıncalı olabilir. Seviyeyi kesiksiz olarak ölçebilirler.

4.2.5 ULTRASONİK SEVİYE ÖLÇERLER

Yollanan ses sinyalinin geriye gelmesi için geçen zamanı ölçerek seviyeyi tesbit ederler. Her türlü seviye için kullanılabilir. Özellikle durgun sıvılar için idealdir.

4.2.6 PİZOELEKTRİK SEVİYE ÖLÇERLER

Sıvı basıncının bir membran tarafından algılanıp pizoelektrik bir kristal yardımıyla elektrik sinyaline çeviren debi ölçerlerdir. Sıvının en alt seviyesine yerleştirilirler ve en kirli sularda bile kullanılabilir.

4.3 SICAKLIK ÖLÇERLER

4.3.1 TERMOKAPILLAR

Cisimlerin sıcaklık altında genişmesi prensibi ile çalışan metal çubuklardır. Sıcaklık değişimi ile devreleri kapayıp açabilirler.

4.3.2 KONTAKLI TERMOMETRELER

Sıvı yada metal termometrelerin bir kontak yaptırılarak çeşitli kontrol mekanizmalarına bağlanmış halleridir.

4.4 pH ve OR ÖLÇERLER

Kimyasal arıtmalarda çok kullanılan bu sistemlerde bir adet referans ve bir adet ölçüm elektrodu bulunur. Aradaki potansiyel farkı ile pH ya da istenen herhangi bir anyon veya katyonun konsantrasyonu milivolt olarak belirlenir ve ilgili değere çevrilebilir.

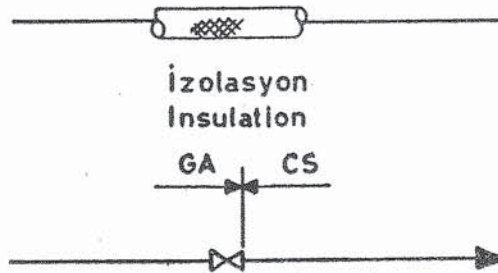
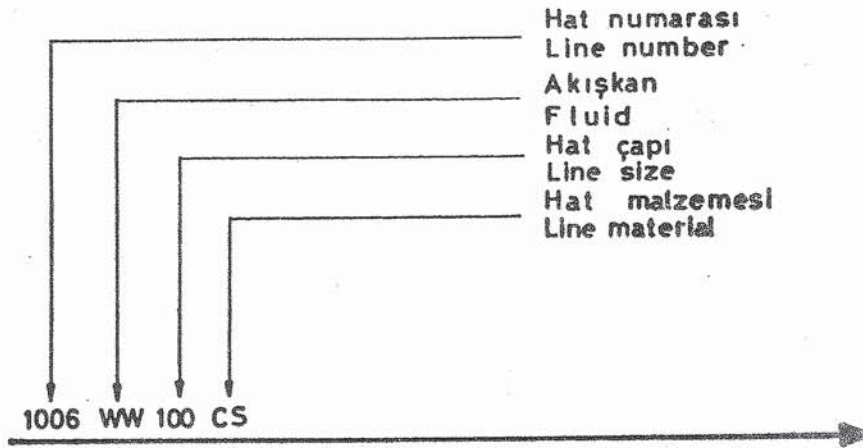
EKLER

ÇEŞİTLİ SIVILARA GÖRE DEBİ ÖLCÜM YÖNTEMLERİ

	Temiz Sıvılar	Kirli Sıvılar	Buhar veya Gaz	Viskoz Sıvılar	Korrozif Sıvılar	Aşındırıcı Sıvılar	Lifli Camurlar	Yüksek Sıcaklık Sistemleri	Cok Soğuk Sistemler	Düşük Hızlı Akımlar	Yarı Dolu Borular	İdeal Olmayan Akışkanlar	Açık Kanal
A	Orifis	1	3	1	2	2	4	1	1	1	4	3	4
	Venturi	1	2	1	3	3	3	3	3	3	4	3	4
	Park Basıncı	1	3	1	3	3	3	3	3	3	4	3	4
	Pilot tüpler	1	3	1	3	2	4	3	3	3	4	4	4
	Dirsek	1	2	1	3	2	2	3	3	4	4	3	4
B	Manometrik	1	1	4	2	1	1	3	4	2	3	2	3
	Merkezkaz	1	1	3	1	2	1	3	3	2	4	1	4
C	Termal	3	3	1	3	3	3	3	4	2	4	3	4
	Vorteks kırıcı	1	2	1	3	2	4	3	3	4	4	4	4
D	Salımlı Sıvılar	1	3	4	3	2	4	3	3	4	4	4	4
	Vorteks	4	4	1	4	4	4	3	4	4	4	4	4
	Pozitif Hareketli	1	4	1	1	3	4	3	3	1	4	4	4
F	Target	1	2	1	2	2	3	3	3	3	4	3	4
G	Türbin	1	3	1	2	3	4	3	3	3	4	4	3
H	Geçiş süresi	1	3	3	3	3	4	4	3	3	4	4	3
	Ultrasonik Doppler	4	1	4	-3	3	3	4	4	3	4	3	4
I	Değişken Alan	1	2	1	2	2	4	2	4	3	4	4	4
J	Savaklar ve Flumlar	1	2	4	4	3	3	4	4	2	1	4	1

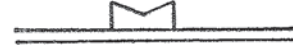
- 1 - TAVSİYE EDİLİR
 2 - KULLANILABİLİR
 3 - BAZI ŞARTLARDA KULLANILABİLİR.
 4 - KULLANILMAZ

HAT KODLAMASI LINE DESIGNATION

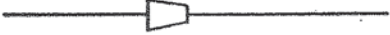
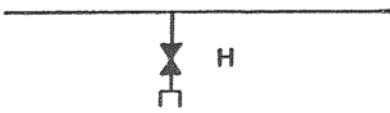
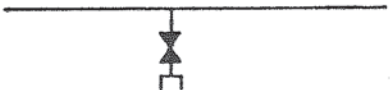


Boru malzeme değişimi
Pipe material change

HAT TANIMI LINE DESCRIPTION

SEMBOL SYMBOL	TANIM DESCRIPTION
	Açık Kanal Open Channel
	Proses Hatları Process Lines
	Gelecekteki Hatlar Future Lines
	Mevcut Hatlar Existing Lines
	Proje Sınırı Battery Limit
	Elektrik Sinyali Electrical Signal
	Pnömatik Sinyal Pneumatic Signal
	Hidrolik Sinyal Hydraulic Signal
	Parshall Savağı Parshall Flume
	V Savağı V Notch
	Ejektör Ejector
	Statik Mikser Line Mixer
	Hortum Flexible Hose

BORULAMA ELEMANLARI PIPING ELEMENTS

SEMBOL SYMBOL	TANIM DESCRIPTION
	Flanş Flange
	Kör Flanş Blind flange
	Redüksiyon Reduction
	Buhar Kapanı Steam Trap
	Numune Alma Noktası Sample Connection
	Gözetleme Camı Sight Glass
	Hidrant Hydrant
	Musluk Tap
	Dikdörtgen Savak Rectangular Weir

EKİPMAN TANIMI

EQUIPMENT DESCRIPTION

SEMBOL SYMBOL	TANIM DESCRIPTION
A	Karıştırıcı Aerator
B	Rögar Manhole
C	Üfleyici , Kompresör Blower , Compressor
D	Dram , Basınçlı kap Drum , Pressure Vessel
E	Isı Değiştirici Heat Exchanger
F	Sıyırıcı , Kazıyıcı Scraper
H	Filtre Filter
P	Pompa Pump
R	Reaktör Reactor
T	Havuz , Tank Basin , Tank
M	Karıştırıcı Mixer
G	Döner Dağıtıcı Revolving Distributor
Z	Diğer Others

MALZEME TANIMI
MATERIAL DESCRIPTION

SEMBOL SYMBOL	TANIM DESCRIPTION
A	Alüminyum Aluminium
CS	Karbon Çelik Carbon Steel
CA	Asbestli Çimento Cement Asbestos
GA	Galvanizli Çelik Galvanized Steel
NC	Beton Boru Nonreinforced concrete
PVC	Poli Vinil Klorür Polyvinyl Chloride
PE	Poli etilen Polyethylene
PP	Polipropilen Polypropylene
RC	Betonarme Reinforced Concrete
SS	Paslanmaz Çelik Stainless Steel

VANALAR VALVES

SEMBOLLER SYMBOLS

TANIM DESCRIPTION



Çek vana
Check valve



Süzgeçli dip vana
Foot valve with strainer



Sürgülü vana
Gate valve



Glob vana
Globe valve



Kelebek vana
Butterfly valve



Küresel vana
Ball valve



Diyafram vana
Diaphragm valve



İğne vana
Needle valve



Plug vana
Plug valve



Bıçak sürgülü vana
Knife gate valve



Teleskobik vana
Telescopic valve

**SEMBOLLER
SYMBOLS**

acık
open

kapalı
closed



**TANIM
DESCRIPTION**

Açılı vana
Angle valve



Üç yollu vana
Three-way valve



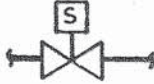
Kilitli volan (Gösterilen konumda)
Lockshield handle (As in shown position)



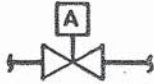
Pinç vana
Pinch valve



Kanal kapağı
Sluice gate



Solenoid vana
Solenoid valve



Pnömatik vana
Pneumatic valve

**SEMBOL
SYMBOL**

**TANIM
DESCRIPTION**



Saha Enstrümanı
Field Mounted Instrument



Pano Önü Enstrümanı
Panel Mounted Instrument



Pano Arkası Enstrümanı
Rear of Panel Mounted Instrument



Yüksek ve Alçak Alarm
High and Low Alarm



Lokal Pano Önü Enstrümanı
Local Panel Mounted Instrument



Lokal Pano Arkası Enstrümanı
Rear of Local Panel Mounted Instrument

ENSTRUMAN TANIMI INSTRUMENT DESCRIPTION					
İLK HARF / FIRST LETTER TAKİBEDEN HARFLER / SUCCEEDING LETTERS					
	ÖLÇÜLEN VEYA BASLATAN DEĞİŞKEN MEASURED OR INITIATED VARIABLE	DÜZELTİCİ MODIFIER	OKUNAN VEYA PASİF İŞLEVİ READOUT OR PASSIVE FUNCTION	ÇIKIŞ İŞLEVİ OUTPUT FUNCTION	DÜZELTİCİ MODIFIER
A	Analiz Analysis		Alarm		
B	Briyer Alevi Burner Flame				
C	Kondüktivite Conductivity			Kontrol Cihazı Controller	
D	Yoğunluk Density	Fark Differential			
E	Voltaaj Voltage (EMF)		Duyar Eleman Primary Element		
F	Akış Flow	Oran Ratio			
G	Ölçme Gaging		Cam Glass		
H	El Hand				Yüksek High
I	Akım Current		Gösterici Indicator		
J	Güç Power	Taramak Scan			
K	Zaman Time			Kontrol İstasyonu Control Station	
L	Seviye Level		Işık Light		Alçak Low
M	Nem Moisture				Orta Middle
N					
O			Orifis Orifice		
P	Basınç Pressure		Test Noktası Test Point		
Q	Miktar Quantity	Toplama Totalize			
R	Redüktivite Redoxivity		Keydedici Recorder, Printer		
S	Hız - Frekans Speed - Frequency	Emniyet Safety		Anektör Switch	
T	Sıcaklık Temperature			İletici Transmitter	
U					
V	Akışkanlık Viscosity			Vana, Damper Valve Damper	
W	Ağırlık, Kuvvet Weight, Force		Kıtlı Well		
X					
Y				Röle - Hesaplayıcı Relay - Computer	
Z	Pozisyon Position			Tetris - Son Kontrol Elemanı Actuator - Fin. Control El.	

ARITMA TESİSLERİ İÇİN TASARIM VE YAPIM HAZIRLIĞI İLE İLGİLİ ŞARTNAME HAZIRLANMASI

Prof. Dr. EKREM EKİNCİ

İTÜ Kimya Mühendisliği
Bölüm Başkanı
Ayazağa, İSTANBUL

Prof. Dr. KRİTON CURI

Boğaziçi Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi
80815 Bebek, İSTANBUL

1. GİRİŞ

Ülkemizde, bugüne kadar yapılmış olan atıksu arıtma tesislerinin birçoğunun istenilen verime ulaşmadığı ve hatta bazılarının hiç arıtmadığı bilinen acı bir gerçektir. Bu sonuç haksız olarak "Yerli firmalar bu işi bilmiyor" dedirtmekte ve arıtma sorunu için "ithal teknoloji" ile çare aranmaktadır. Aslında ülkemizde birçok arıtma tesisinin gerektiği gibi çalışmamlarının ana nedeni işverenlerin bu kadar önemli bir konu için danışmanlardan istifade etmeyi ihmal etmeleridir. Bunun neticesinde de;

- a) Tesisin inşası ile ilgili şartname ve projeler gerektiği gibi yapılmayabilir.
- b) Yapımcı firma seçimi doğru yapılmayabilir.
- c) Tesisin yapımı sırasında denetim gerektiği ciddiyette gerçekleştirilebilir.
- d) Tesisin işletmesi gerektiği gibi yapılmayabilir.

Bu sorunların meydana gelmemesi için konunun nasıl bir yaklaşım ile ele alınması gerektiğini belirtmek bu çalışmanın amacıdır.

2. YAKLAŞIM

Arıtma tesisi yaptırmayı düşünen işverenler genelde aşağıdaki iki yaklaşımdan birini takip ederler.

a) Tesisin projesini bu konuda uzmanlaşmış bir firma veya şahısa yaptırdıktan sonra tesisin yapımını gerçekleştirirler. Projeyi yapanın kontrollük görevini de yürütmesi ve proje tamamlandıktan sonra tesisi işletmeye almakla sorumlu olması tercih edilen bir yaklaşımdır.

b) Tesis anahtar teslimi olarak birine yaptırmak.

Bu iki yaklaşımdan birincisi genellikle—proje doğru yapıldığı zaman doğru sonuçlar vermekte, ikincisi ise oldukça riskli olmaktadır. Şöyleki, bir arıtma tesisinin, projesi belli olmadan ihale edilmesi, müteahhiti, bilgisizlik veya kolay kâr edinme arzusu, hatalı yöntemlere başvurmaya sevk edebilir. İşveren tam olarak ne isteyeceğini tarif edemediği bir konuda bir ihale açtığında müteahhitlerin işi almak arzusu ile çok düşük fiyatlar verebilmeleri ancak işi bu şartlarda aldıktan sonra ucuz fakat sağlıksız yöntemlere başvurmaları ihtimal dahilindedir. Böyle bir yaklaşım ise çalışmayan arıtma tesisleri doğurabilir. Bu nedenle herhangi bir arıtma tesisinin proje yapılmadan anahtar teslimi olarak ihale edilmesi tasvip edilmeyen bir yaklaşımdır.

Proje hazırlandıktan sonra tesisi gerçekleştirmek yaklaşımında en önemli şart projeyi yapacak olan firma veya şahsın seçiminde kriterin proje ücreti değil, projenin tecrübe ve dürüstlüğü olmalıdır. Dürüst olmayan bir proje yapımcısı işverenden çok az bir ücret almasına rağmen, alet ve malzeme seçiminden sağlıyabileceği kârlarla tesisin lüzumsuz derecede pahalı çıkmasına neden olabilir.

Bu nedenle proje—danışmanlık işleri için herkese açık ihalelere başvurmak doğru değildir. Bunun yerine iş ya bilgi ve becerisine güvenilen birine pazarlık usulü ile verilmeli, veya belli ön şartları yerine getirenlerden alınacak teklifleri değerlendirmek usulü ile karar verilmeli.

Projeyi yapanın kontrollük görevini de yürütmesini, tesisi işletmeye almasını, tesisi işleteceklerin yetiştirilmesini ve bir süre takip etmesini öngören yaklaşım genelde en iyi sonuçları vermektedir. Böyle bir yaklaşımda projeyi yapan tesisin istenilen verimde çalışmasından da sorumlu olmaktadır.

3. VERİLER

Bir arıtma tesisinin doğru projelendirilmesinde en önemli etken doğru ve güvenilir verilerin (debi, debi değişimi, kirlilik parametreleri vs.) olmasıdır. Bugün Türkiye’de çalışmayan tesislerin hemen hemen hepsinin yapımcıları olumsuz sonucun nedeni olarak işverenin kendilerine hatalı veri bildirdiğinden kaynaklandığını savunmaktadırlar. Veri kolaylıkla istismar edilebilecek

bir konu olduğundan bu konuda son derece dikkatli davranılmalıdır. Unutulmamalıdır ki "emniyette olmak" amacı ile bilinçsiz bir şekilde verilen, aslından çok daha büyük değerler de olumsuz etkiler yaratabilirler.

Bir arıtma tesisi yapmayı planlayan herhangi bir sanayici her şeyden önce atıksu özellikleri hakkında mümkün olduğu mertebede sağlıklı bilgiler toplamalıdır. Ancak, bu bilgileri ihale evraklarında belirtirken yalnız bir fikir vermek amacı ile bildirildiğini, ve doğruluklarının projeyi yapacak olan taraftan kanıtlanması gerektiğini belirtmek ileride doğabilecek ihtilaflar için işveren lehinde önemli bir husus olacaktır.

Kuruluşunuzun veri toplama imkanları bulunmadığı takdirde bu sorumluluğu tamamen projeyi yapacak olana bırakmak doğru olur.

4. DANIŞMANLIK ŞARTNAMESİ

Proje-kontrol-işletmeye alma prensibine göre yapılacak bir danışmanlık şartnamesinin aşağıdaki hususları ihtiva etmesi gerekir.

4.1. Endüstriyel kuruluş hakkında genel bilgi: Kuruluşun yeri, çalıştırdığı işçi sayısı, imalatı vs.

4.2. İşin Kapsamı: Danışmanlık hizmetleri ile ilgili olarak hazırlanacak şartnamede yapılacak işin kapsamı detaylı ve kapsamlı bir şekilde anlatılmalıdır. Örnek bir danışmanlık şartnamesinin işin kapsamı bölümünde arıtmanın hangi yönetmeliğe uygun yapılacağını belirtip, elde edilecek sonuçların ne olması gerektiğinden başka aşağıdaki kısımları da içermesi gerekmektedir.

- a. Atıksularla ilgili gerekli verileri toplamak,
- b. Laboratuvar tasfiye edilebilirlik çalışmalarını yapmak,
- c. Arıtma alternatiflerinin mukayeseli değerlendirmesini içeren bir raporu hazırlamak,
- d. Arıtma tesisinin avan ve tatbikat projelerini hazırlamak,
- e. Tesis ile ilgili teknik şartnameleri, alet spesifikasyonlarını ihtiva eden ihale dosyalarını hazırlamak ve takribi maliyetini hesaplamak,
- f. Yapım ile ilgili teklifleri değerlendirmekte işverene yardımcı olmak,
- g. Tesisin inşaat ve ekipman montajı sırasında kontrollük hizmetlerini gerçekleştirmek,
- h. Tesisin işletmeye almak,
- i. İspat denemelerini gerçekleştirmek,
- j. Tesisin işletecek personeli eğitmek,

k. Tesis ile ilgili olarak bir işletme bakım onarım ve arıza giderme el kitabını hazırlamak,

l. Tesisin işletmeye alınmasından 1 yıl süre ile danışmanlık ve kontrol-luk hizmetini sürdürmek ve çıkacak işletme problemlerinin çözümüne yardımcı olmak,

Yukarıda sıralanan maddelerin en önemlileri hakkındaki açıklayıcı bilgi aşağıda verilmiştir.

a) Atıksu Özellikleri: Yukarıda bölüm 3 de belirtildiği gibi atıksu özelliklerinin işveren tarafından verilebileceği gibi danışman tarafından da toplanması talep edilebilir. Verilerin doğruluk sorumluluğu daima danışmana ait olmalı, buna rağmen veri toplamı işlemi danışmanca gerçekleştirileceği takdirde bu işlemin kaç kere tekrarlanacağı ve numune alma şekli ne olacağı hakkında belli açıklamalar bulunmalıdır.

b) Tasfiye edilebilirlik çalışmaları: Endüstriyel tesislerden kaynaklanan atıksuları arıtılabilecek en uygun ve ekonomik arıtma yönteminin seçilebilmesi için laboratuvar ölçeğinde bir model çalışması yapılmasında fayda vardır. Bu çalışmalar sırasında en az

i.) Fiziksel-kimyasal ön arıtma birimleri ile ilgili tasarım parametreleri, ön arıtmada kullanılacak optimum arıtmayı veren kimyasal maddelerin cinsi ve miktarını,

ii.) Fiziksel-kimyasal arıtmayı takip edecek biyolojik arıtma ile ilgili tasarım parametrelerini tespit etmek gerekmektedir.

c) Arıtma alternatiflerini değerlendirme raporu: Arıtmada kullanılacak alternatifleri, gereken arazi, enerji sarfiyatı, çamur uzaklaştırma yöntemleri, işletme masrafları dahil avantaj ve dezavantajları ile sıralayan bir rapor hazırlanmalıdır. Bu rapor işveren tarafından incelendikten sonra danışman işveren işbirliği ile kullanılacak yöntem tesbit edilmelidir.

d) Avan ve tatbikat projelerinin hazırlanması: Avan proje arıtma birimlerinin tüm boyutlarını içeren mimari plan ve kesitler, yerleşim planı ve p l diyagramından oluşmalıdır. Avan proje işverence onaylandıktan sonra tatbikat projelerinin hazırlanmasına geçilmelidir. Tatbikat projeleri en az aşağıdaki bilgileri ihtiva etmelidir:

i. Betonarme hesap (DSİ'nin Su Tutucu Betonarme Yapıları Projelendirilmesine Ait Genel Teknik Şartname'sine göre yapılmalıdır) ve paftalar, mimari plan ve keşifler, detay projeleri,

ii. Standart katalog ekipmanı dışındaki ekipmanların spesifikasyonları detaylı çizimleri, imalatçı ve montaj çizimleri,

iii. Standart katalog mekanik ekipmanlarının spesifikasyonları, montaj çizimleri ve alternatifli imalatçı firma isim ve adresleri,

- iv. P I diyagramında verilen bütün enstrümanların spesifikasyonları ve montaj diyagramları,
- v. Elektrik malzemesinin spesifikasyonları ve uyarı mekanizmaları dahil edeltirir network planları,
- vi. Boru spesifikasyonları, izometrik detay çizimleri, boru montaj çizimleri
- vii. Çamur uzaklaştırma detayları

"İşin kapsamı bölümünde yer alması gereken ve yukarıda belirtilen diğer hususlar yeterince açık olduğundan ayrıca bir açıklama gerekmemektedir.

4.3. Süre – teslimat garantileri: Bu kısımda, şartnamede yer alan değişik işlerin teslim tarihleri bildirilmelidir.

4.4. Performans garantileri: Danışmanın tasarladığı tesisin hangi şartları yerine getireceği bu bölümde açık bir şekilde belirtilmeli ve deşarj parametreleri açıklanmalıdır.

4.5. Tarafların sorumlulukları ve müeyyideler: Tarafların sorumlulukları ve bu sorumlulukların yerine getirilmemesi halinde uygulanacak müeyyideler bu bölümde yer almalıdır.

4.6. Bedel ve ödeme şartları: Danışmanlık hizmetleri için ödenecek meblağ ve ödeme şekli şartnamede açıklanmalıdır.

5. YAPIM ŞARTNAMESİ

Projeler tamamlandıktan sonra gerçekleşecek olan inşaat ve montaj işleri ile ilgili şartnamenin içermesi gerekli olan hususlar aşağıda verilmiştir:

- a) İşin tarifi
- b) Kontrol ve kontrolluğun yetkileri – "müteahhit işi kontrolün sözleşmeye aykırı olmamak şartı ile vereceği emir ve talimatlara göre yapmaya mecburdur" şeklinde bir maddenin yer almasında fayda vardır. Ayrıca "kontrolün uygun bulmadığı malzemenin kullanılmayacağı" belirtilmelidir.
- c) Müteahhit'in sorumlu şantiye elemanının (şantiye şefinin) tahsil ve tecrübesinin ne olması gerektiği açıklanmalıdır.
- d) İnşaat ve tesis ruhsatnamesinin kimin tarafından alınacağı belirtilmelidir.
- e) Teknik bilgiler – projeler ve diğer spesifikasyonlar – danışmanlık şartnamesinde belirtildiği gibi olmalıdır.
- f) İşyerinin teslimi ve işyerinin kullanımı,
- g) Malzeme ve teçhizatın tasvip edilmesi,

- h) Deneyler –kontrol tarafından talep edildiği takdirde müteahhit şartname hükümlerinin yerine getirildiğini ispat etmek üzere gerekli deneyleri yapmaya veya yaptırmaya mecbur olmalıdır.
- i) Uygun olmayan iş ve malzeme – kontrolün vereceği müddet zarfında müteahhit tarafından sökülerek şantiye sahasından dışarıya çıkartılacaktır.
- j) İş yerinin temizlenmesi,
- k) Geçici kabul,
- l) As-built projesinin hazırlanması,
- m) Kat'i kabul
- n) İşin teslim tarihi,
- o) Gecikmeler ve müddet temdidi,
- ö) İşin bedeli ve ödeme şartları,
- p) Teminat,
- r) Sözleşmenin devir veya temlik,
- s) Sözleşmenin feshi,
- ş) Mucbir sebepler dolayısıyla işin tatiline mecburiyet hasıl olması
- t) Kazalara karşı sorumluluk
- u) İhtilafların halledilmesi

6. SONUÇ

İyi bir arıtma tesisinin yapılabilmesinin en önemli ön şartı doğru ve detaylı bir şartname hazırlamaktır. İmalatlarını iyileştirmek için hiç bir gayretten kaçınmayan sanayicilerimiz arıtma tesisi kadar önemli bir konuda doğru kararlara varılmasını sağlayacak ve sağlıklı şartnameleri hazırlıyacak danışmanların hizmetlerinden de istifade etmeyi ihmal etmemelidirler. Bunu yaptıkları takdirde çevrenin kirlenmesini önleyebilecek arıtma tesislerine sahip olmaları mümkün olacaktır.

BİYOLOJİK ARITMA SÜRECİNDE MİKROORGANİZMALARIN DAVRANIŞI

Çevre Y. Müh. AHMET BABAN

ENVİTEK A.Ş.
Bahariye Cad. 56 Kadıköy/İSTANBUL

GİRİŞ

Atıksuların çevre sağlığını tehdit etmeyecek şekilde içinde bulunan çözünür organik maddelerin arıtılmasında kullanılan en önemli yöntem şüphesiz biyolojik arıtma sistemleridir. Bir başka tanımla biyolojik arıtma doğada çeşitli şekillerde bulunan mikroorganizmaların gelişme sürecinin yapay olarak hızlandırılması, organik maddelerin bu organizmalar tarafından kullanılmasının sağlanması, ve organizmaların arıtılmış sudan uzaklaştırılmasıdır.

İKİNCİ DERECELİ ARITMA

İkinci dereceli arıtmanın amacı suyun içinde bulunan çözünmüş BOİ ile birinci dereceli arıtmada uzaklaştırılamayan katı maddeleri uzaklaştırmaktır. Bu amacın gerçekleştirilmesi için tabiyatta görülen prosesler hızlandırılmış bir şekilde uygulanır.

İkinci dereceli arıtma "biyolojik arıtma" olarak da isimlendirilir. Bu proses sırasında birtakım mikroorganizmaların faaliyetleri neticesinde atıksuyun için-

deki organik kirleticiler su, karbondioksit ve yeni mikroorganizmalara dönüştürülerek atıl ve zararsız hale getirilir. Sistem genellikle (a) biyolojik arıtma birimi ve (b) çökeltme tankından oluşur.

a) Biyolojik Arıtma Birimi

Biyolojik arıtma birimi olarak kullanılan en yaygın iki yöntem, 1) damlatmalı filtre ve 2) aktif çamurdur. Her iki yöntem de aerobik olmalarına rağmen, organik kirleticilerle bunları yokeden bakterilerin temas etme şekli farklıdır.

1) Damlatmalı Filtre

Bu birim içinde 6–10 cm büyüklüğünde kırma taş veya plastik, sert kömür vs. gibi dolgu maddeleri bulunan yuvarlak bir tanktan oluşur. Bu tankın üzerine ilk arıtmaya tabi tutulmuş atıksu aralıklı olarak verilir (Bu işlem genellikle tankın merkezi etrafında yavaşça hareket eden delikli bir borudan oluşan bir düzeneikle sağlanır). Bu şekilde filtreye verilen atıksu filtre dolgu malzemesinin üstünden süzülerek akmakta, bu arada, filtre yatağındaki boşlukların tamamı atıksu ile dolmadığından aerobik şartlar devam etmektedir. Bu işlem neticesinde atıksuyun içinde bulunan ve organik maddeleri parçalayan bakteriler taşların üzerinde bir ince tabaka meydana getirmektedir. Bu bakteriyel tabaka bilahare yakınından geçmekte olan organik kirleticileri adsorplayıp metabolizmaları ve üremeleri için kullanarak karbondioksit ve suya dönüştürmektedir. Ancak, zamanla bakteriyel tabaka kalınlaşmakta ve oksijen ve organik maddeler tabakanın alt kesimlerine ulaşamamaktadır. Böylece tabakanın alt kesiminde anaerobik şartlar oluşmakta ve nihayet burada oluşan gazların yardımı ile bakteriyel tabaka taştan ayrılıp çıkış suyu ile birlikte dışarı akmaktadır. Temizlenmiş taşın üzerinde kısa bir zaman içinde yeniden bir ince tabaka oluşmakta ve proses devam etmektedir.

Damlatmalı filtreden çıkan atıksu son çökeltme tankına verilir. Çökeltme tankındaki çamurun bir kısmı bazen damlatmalı filtreye, dolgu malzemesinin üstünde bakteriyel tabakanın oluşmasında bir nevi maya vazifesi görmek üzere, geri gönderilir.

Damlatmalı filtreler akış hızlarına göre "yavaş" ve "hızlı" olmak üzere ikiye ayrılır. Yavaş filtrelerde $2000-4000 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-gün}$, hızlı filtrelerde ise $10000-30000 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-gün}$ atıksu verilmektedir.

Damlatmalı filtrelerin en büyük avantajı organik yükün büyük değişimlere uğramasına rağmen verimi olumsuz yönde etkilememesidir.

2) Aktif Çamur

Aktif çamur prosesinin de amacı damlatmalı filtrelerde olduğu gibi atıksuyun içinde bulunan organik maddeleri karbondioksit, su ve yeni bakterilere dönüştürmek olmasına rağmen, bu amacın gerçekleştirilmesi için kullanılan yöntem oldukça farklıdır.

Bu proseste, aktif çamur tankına giren atıksu havalandırılmakta ve bu şartlar altında organik kirleticiler aerobik bakteriler tarafından parçalanmaktadır. Bu prosesin sonucunda oluşan yeni bakteriler havalandırma tankını takip eden çökeltme tankında çöktürülmekte ve bunun bir kısmı tekrar havalandırma tankına geri gönderilmektedir. Çöktürülen çamurun bir kısmının havalandırma tankına geri gönderilmesinin amacı tankta belirli bir mikroorganizma konsantrasyonunu muhafaza etmektir. Bu sistemde konvansiyonel aktif çamur prosesinde havalandırma tankındaki bekletme süresi 2-4 saat civarındadır. Uzatmalı havalandırmalı aktif çamur modifikasyonunda ise bu süre 18-32 saat civarında olmaktadır.

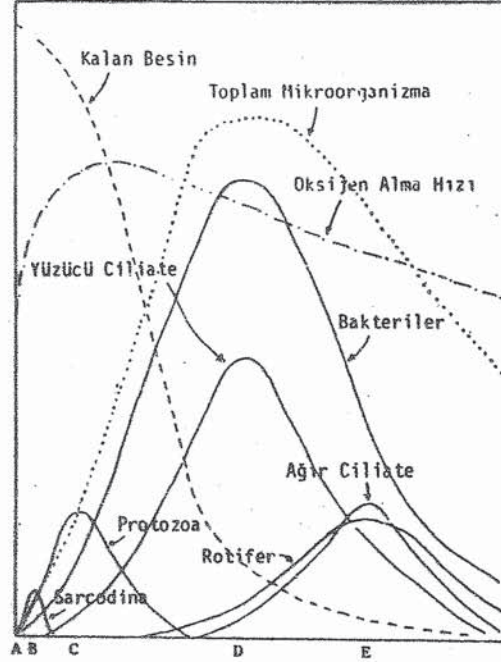
Aktif çamur prosesinin değişik safhalarının birbirleri ile olan ilişkileri görülebilirse bütün sistem daha iyi bir şekilde anlaşılabilir. Bu amaçla aktif çamur prosesi detaylı bir şekilde ele alınacaktır.

Aktif çamur prosesindeki değişik faktörlerinin birbirleri ile ilişkisini göstermeye yarayan gereçlerden biri "Göreceli üstünlük Diyagramı"dır. Şekil 1'de aktif çamur sistemi için bir göreceli üstünlük diyagramı verilmiştir.

Bu diyagramı daha iyi anlayabilmek için diyagram önce ideal şartlarda çalışan kesikli tip aktif çamur sistemi için kullanılacaktır. İdeal şartlar ile kastedilen sıcaklığın 20°C, pH'nın 6.5-8.5, çözünmüş oksijen konsantrasyonunun en az 2 mg/L olması ve yeterli besin maddelerinin (azot, fosfor gibi) bulunması ve toksik maddelerin olmamasıdır.

Şekil 1'de yatay eksen havalandırma süresini (aynı zamanda artan çamur yaşını), dikey eksen ise mikroorganizma sayısını göstermektedir. Kesikli çizgi kalan organik maddeyi (besin maddesi, başka bir deyişle BOİ değerini) göstermektedir. Dikey eksen kesikli çizginin en üst kısmı başlangıçta verilen organik madde miktarını veya atıksuyun giriş BOİ'ni gösterir. Proses ilerledikçe organik maddelerin veya BOİ'nin azaldığı görülmektedir. Noktalı eğri toplam mikroorganizma sayısını göstermektedir. Kesikli sistem çalıştırılmaya başlandığında çok az olan mikroorganizma sayısı, proses ilerledikçe artmakta ve bir noktada maksimuma ulaşmaktadır. Bu noktaya kadar atıksudaki besin (organik) maddeleri mikroorganizmalara yetmektedir. Bu noktadan sonra mikroorganizma sayısında azalma olmaktadır. Bu azalmanın sebebi mikroorganizmaların içsel solunum fazına girmeleri ve ölmeye başlamalarıdır.

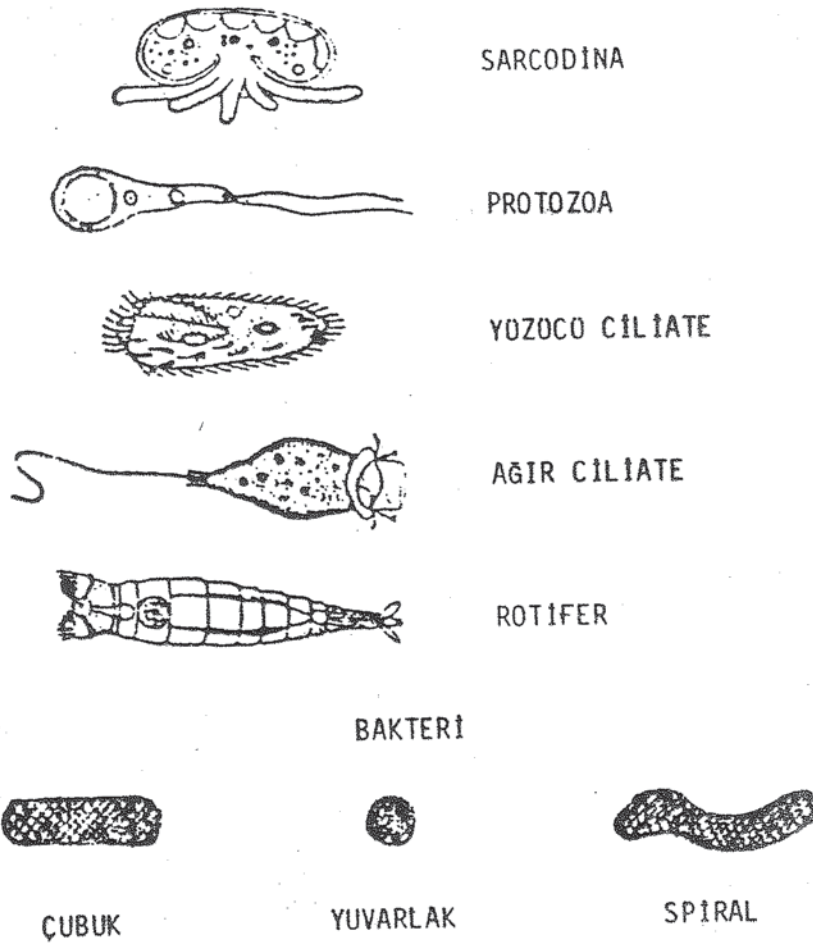
Yatay eksen (zaman ekseni) üzerindeki herhangi bir noktada belli bir besin veya BOİ değeri ve belli bir mikroorganizma miktarı bulunmaktadır. Eğer belli bir noktadaki kalan besin değeri mikroorganizma sayısına bölünürse o nokta için "Besin miktarı/Mikroorganizma miktarı" oranı elde edilir.



Şekil 1
GÖRECELİ ÜSTÜNLÜK DİYAGRAMI

- A- Atıksu tanka verilir ve havalandırma başlatılır. Ham atıksuda mikroorganizmalar mevcuttur fakat hiçbirinin sayıca üstünlüğü yoktur.
- B- Basit yapılı bir organizma olan Sarcodina sayıca en fazla olduğu noktaya ulaşır. Bunlar ancak besin maddesi fazla olduğu zaman yaşayabilirler.
- C- Protozoalar sayıca en fazla oldukları noktaya ulaşırlar. Bu organizmalar sarcodinalardan daha aktiftir ve besini hızla tüketirler.
- D- Yüzücü Ciliateler ve Bakteriler maksimum sayılarına ulaşırlar. Bunlar protozoaların kullandığından daha az bir besinle yetinirler. Klasik aktif çamur uygulaması bu noktada çalışır.
- E- Ağır Ciliateler ve Rotiferler sayıca üstünlük sağlarlar. Mikroorganizmaların hepsine yetecek besin kalmamıştır. Bazıları ölür.

Diyagramın sağına doğru gidildikçe besin miktarı azalmakta ve belli bir noktaya kadar mikroorganizma sayısı artmaktadır ki bu Besin/Mikroorganizma oranının proses ilerledikçe azaldığını göstermektedir. Şekil 1'deki nokta ve kesik çizgili eğri "Oksijen Alma Hızı (OAH)"ını göstermektedir. Prosesin başlangıcında mikroorganizma sayısı az olduğu için OAH düşüktür, fakat mikroorganizma sayısı arttıkça OAH hızla artmaktadır. OAH sadece mikroorganizma miktarına değil, mikroorganizmaların aktivitesine de bağlıdır. OAH mikroorganizma sayısının maksimuma ulaşmasından biraz önce en yüksek değerine erişir, daha sonra yavaş yavaş düşer.



Şekil 2- Aktif Çamur Prosesinde İşlev Gören Mikroorganizmalar

Prosesin Başlaması

Şekil 1'deki "A" noktası kesikli tip aktif çamur prosesinin başlamasını temsil etmektedir. Bu noktada, daha önce belirtilen ideal şartlarda içi evsel atıksu ile dolu bir tank ile prosese başlanılmaktadır. Havalandırma yeni başlamıştır. Arıtma için gerekli mikroorganizmalar atıksuda mevcuttur. Anlatım kolaylığı sağlaması için "A" noktasında hiçbir mikroorganizma türünün belli bir sayı üstünlüğüne sahip olmadığı kabul edilmiştir. Bütün proses boyunca çeşitli tipte mikroorganizma faaliyet göstermekte, ancak ideal şartlarda hiçbirisi proses üzerinde belirli bir etki yapacak şekilde çoğalmamaktadır. Daha sonra belirtileceği gibi eğer ideal şartlar sağlanamaz ise bazı istenmeyen türler büyük sayılara ulaşarak prosesi etkileyebilirler.

"B" noktasında sarcodina tipi organizmalar en yüksek sayıya ulaşırlar. Sarcodina çok ilkel bir organizma olup, yavaş hareket eder ve ancak besin miktarı çok fazla ise varlıklarını sürdürebilirler.

Genç Çamur

Şekil 1'de görüleceği gibi "C" noktası protozoa tipi organizmaların sayıca en yüksek değere ulaştığı noktadır. Protozoa sarcodinaya nazaran daha karmaşık bir yapıya sahiptir ve daha aktiftir. "C" noktasında besinler büyük bir hızla tüketilmektedir. Aktif çamur oluşumunda ilk belirgin nokta budur. Eğer bu anda tanka bakarsak beyaz veya çok açık kahverengili köpük oluştuğunu görürüz. Çamurun rengi açık kahverengidir. Eğer bu çamur bir mezüre konulacak olursa, yavaş çöktüğü ve üstte kalan sıvının temiz olmadığı görülür. Bunun sebebi Protozoaların devamlı hareket etmeleridir. Protozoaların bu aktivitesi OAH'nin yükselmesine sebep olur. Atıksudan uzaklaştırılan organik maddeler mikroorganizmalar tarafından iki amaç için kullanılmaktadır; yeni hücreler meydana getirmek ve aktiviteleri için gerekli enerjiyi sağlamak. Protozoalar çok çabuk çoğalırlar ve çok hareketlidirler. BOİ uzaklaştırma hızı "C" noktasında çok fazladır. Protozoalar çok iyi yumaklaşmakta ve çökmemektedir. "Çamur Hacmi İndeksi (ÇHI)" kötü çökme özelliklerinden dolayı normal değerlerden daha yüksektir. Bu anda alınacak numunenin BOİ'ye askıdaki katı madde miktarı yüksek olacaktır.

Ciliates ve Bakteriler

"D" noktasında yüzücü ciliateler ve bakteriler sayıca en çok oldukları değere ulaşırlar. Bu kısım konvansiyonel aktif çamur sisteminin işlediği alanıdır. Bakteriler basit hücreli olmalarına rağmen, besin miktarı azaldığı halde kalan besini parçalamada oldukça başarılıdır. Bakteriler besin (organik)

maddeleri iki şekilde parçalar ve beslenirler. Birinci yol "absorbsiyon", ikinci yol ise "adsorbsiyon"dur. Birinci işlemde çözünmüş BOİ (besin) hücre zarı arasından doğrudan emilir. İkinci işlemde ise bakterilerin yapışkan dış yüzeyinde tutulan çok ufak askıdaki maddeler bakterilerin ürettikleri enzimler vasıtasıyla parçalanarak çözünür ve daha sonra hücre zarı arasından emilir. Bakteriler protozoalara nazaran daha az hareket ederler ve daha düşük OAH'na sahiptirler.

Yüzücü ciliateler protozoalardan daha karmaşık bir yapıya sahip olup az besinle yaşayabilirler. Hücre zarının dışındaki saça benzeyen ciliaların hareketi ile yer değiştirirler. Protozoalara nazaran daha az hareket ederler bu yüzden daha az oksijen kullanırlar ve kalan besinle rahatlıkla idare edebilirler.

"D" noktasında tanka bakılacak olursa kahverengi bir köpüğün oluştuğu gözlenir. Karışımdan biraz alınıp bir mezüre konulursa çamurun iyi çöktüğü ve üstte temiz bir su kaldığı görülecektir. Organizmaların hareketliliklerindeki azalma daha yüksek bir çökme hızına sebep olur. İnce yapışkan dış yüzeyleri bakterilerin birbirleri ile birleşip daha büyük ve kolay çökebilen floklar meydana getirmelerini kolaylaştırır. Çamur hacmi indeksi (CHI) hesaplanacak olursa daha önceki noktalarda elde edilen değerlerden daha düşük bir değer elde edilir. OAH'da düşmeye başlar. Bunun sebebi hücre yapısına geçen besindeki azalma ve bakterilerin ve ciliatelerin az hareketli oluşlarıdır. Çıkış suyu BOİ düşük olacaktır.

Eğimdeki Düşüş

Diyagramdaki "E" noktası ağır ciliatelerin ve ortiferlerin sayıca en yüksek değere ulaştıkları noktayı belirtmektedir. Bu nokta uzatmalı havalandırma sonundadır. "E" noktasında organizmalar içsel solunum fazında işlev görmektedirler. Bu fazda mikroorganizmalara yetecek kadar besin kalmamıştır. Mikroorganizmalar yedekledikleri besinleri yer ve aktivitelerini azaltırlar. Bazıları ölür. Ölümden sonra hücreler parçalanır ve hücrede bulunan katı parçalar dışarı bırakılır, ancak bu katı maddeler besin olarak yenmez. Fakat hücre içindeki sıvı kalan mikroorganizmaların yaşamlarını sürdürmesi için besin olarak kullanılır.

Bu noktada tanka bakılırsa koyu kahverengi (yağlı görünüşlü) bir köpük oluştuğu görülür. Eğer karışımdan bir miktar alınıp mezüre konulacak olursa, hızlı çökelen, fakat iyi yumaklaşmayan ve granüler görünüşlü bir çamur gözlenir. Ağır ciliatelerin ve rotiferlerin büyük olması ve az hareketli olmaları hızlı çökmeyi sağlar, ancak bakteri sayısının azalması yumaklaşmanın iyi olmamasına ve granüler görünüşe sebep olur. Bazı ölü hücre parçalarının yüzeye çıktığı da görülebilir. CHI ve OAH çok düşüktür. Bu noktada çıkış suyu BOİ düşük olacak, fakat askıdaki katı madde miktarı biraz fazla olacak.

tır. Buna sebep yüzeye çıkan ölü hücre parçaları ve bakterilerin sayıca azalmasından dolayı askıdaki katı maddelerin iyi tutulamamasıdır.

Gerçek Uygulama

Buraya kadar ideal şartlarda çalıştırılan kesikli (batch) sistemden bahsedilmiştir. Gerçek uygulamalarda ise tesisler genellikle devamlı akım sistemine göre çalışırlar. Yine sıcaklık, pH, oksijen ve besinlerin ideal şartlarda olduğunu ve toksik madde bulunmadığını kabul edelim ve değişik aktif çamur prosesi uygulamalarını incelerken, akımın piston akım şeklinde olduğunu varsayalım. Buna göre atıksu bir bütün olarak sisteme girer, tank boyunca ilerler ve tankın sonundan dışarı çıkar.

İlk ele alınan uygulama klasik aktif çamur uygulamasıdır. Bu uygulamada sistem diyagramdaki "D" noktasında çalışır. "D" noktası yüzücü ciliatelelerin ve bakterilerin sayıca en fazla oldukları bölümdür. Devamlı akım sisteminde su havalandırma tankını terkettikten sonra bir çökeltme tankına alınır. Burada mikroorganizmalar çökmeye bırakılır ve temiz olan üst su deşarj edilir. Çökelen çamurun bir kısmı havalandırma tankına aşı çamuru olarak geri verilir, kalanı ise uzaklaştırılır. Gelen atıksuyun kuvveti besinin azlığına veya çokluğunu belirler. Mikroorganizmaların besinleri parçalayabilmek için belli bir süreye ihtiyaçları vardır. Bunun için havalandırma tankında belirli bir süre kaldıktan sonra çökeltme tankına alınırlar.

Çökeltme Tankı

Şimdi de çamur geri dönüş miktarının ve atılan çamur miktarının prosesi nasıl etkilediğine bakalım. Çökeltme tankı belli bir hacmi olan geçici bir depolama yerine benzetilebilir. Gelen atıksudaki besinin gün boyu gösterdiği artma veya azalmaya göre geri dönüş çamurunda artma veya azalma yapılabilir. Çökeltme tankı, kısa bir dönem için, Besin/Mikroorganizma oranındaki dalgalanmaları karşılayacak hacime sahiptir. Ancak uzun dönemde, atılacak çamur miktarı Besin/Mikroorganizma oranını belirleyecek faktördür.

Klasik aktif çamur prosesinde iyi çökebilen bir çamur elde edilir ve çıkış suyu BOİ ve askıdaki katı madde miktarı düşüktür. Sabit bir çamur geri dönüşü sağlandığında bile (giriş suyundaki besin miktarının artma veya azalmasına rağmen) gayet iyi sonuçlar elde edilebilir. Çıkış suyu kalitesinin iyiliği ve sistemin stabilitesi bu prosesin en çok kullanılan uygulamalardan biri olmasını sağlamıştır.

Hızlı aktif çamur uygulamasında ise mikroorganizma miktarı azdır ve Besin/Mikroorganizma oranı yüksektir. Bu proses protozoaların en çok olduğu alanda ("C" noktası) çalışır.

Uzatmalı Havalandırma

Diğer bir uygulama ise uzatmalı havalandırmadır. Bu uygulamada mikroorganizma miktarı fazladır ve Besin/Mikroorganizma oranı düşüktür. Bu proses "E" noktasında çalışır. Bu noktada ağır ciliateler ve rotiferler maksimum sayılarına ulaşırlar. Çıkış suyu BOİ düşüktür, ancak askıdaki katı madde miktarı biraz fazla olabilir.

Modifikasyonlar

Yukarıda anlatılan aktif çamur uygulamaları temel olan uygulamalardır. Bu uygulamalar üzerinde çeşitlemeler yapılabilir. Bunları sırasıyla kısaca belirtmekte fayda vardır.

İlk çeşitleme adım havalandırmadır. Bu uygulamada atıksu havalandırma tankına tank boyunca çeşitli noktalardan verilir. Böylece atıksuyun verildiği bir noktadan diğer bir noktaya gidinceye kadar diyagramdaki oluşumlar geçerli olmaktadır. Atıksuyun verildiği ikinci noktaya gelindiğinde tekrar diyagramın başına dönülmekte ve bu işlem böylece sürüp gitmektedir.

İkinci çeşitleme tam karışımli havalandırma diye adlandırabileceğimiz uygulamadır. Teorik olarak tam karışımli havalandırmada OAH ve mikroorganizma sayısı tank içerisinde her yerde aynıdır. Bu uygulamanın bir avantajı herhangi bir toksik maddenin tank içinde dağılıp seyrelmesi ve mikroorganizmalara olan etkisinin azalmasıdır.

Diğer bir çeşitleme kontakt stabilizasyon uygulamasıdır. Bu uygulamada giriş atıksuyu geri dönüş çamuru ile karıştırılır. Daha sonra diyagramdaki gelişmeler olur. Çamur çöktürmeye bırakılır ve üst suyu deşarj edilir. Çamur havalandırılır ve bir kısmı geri döndürülerek giriş suyu ile karıştırılır. Böylece mikroorganizmalara daha fazla havalandırma süresi verilmiş olunur.

Sıcaklığın Etkisi

Yukarıda anlatılan kısımlarda aktif çamur prosesi için ideal şartların var olduğu varsayılmıştır. Şimdi de ideal şartlardan sapmalar olduğunda ne gibi değişiklikler olduğunu görelim. İlk olarak sıcaklık ele alınacaktır. Eğer sıcaklık 20°C'den az ise bütün reaksiyon yavaşlıyacaktır. Diyagramdaki bütün eğriler açılacak ve eğrilerin üst noktaları daha uzun bir sürede meydana gelecektir. Aynı BOİ uzaklaştırma verimini elde etmek için çamur yaşı arttırılmalı veya Besin/Mikroorganizma oranı düşürülmelidir. Mikroorganizmaların reaksiyon hızının azalması OAH'nı da azaltacaktır. Çöktürme tankındaki su daha soğuk olduğundan daha yoğundur ve bu durum çamurun daha zor çökmesine sebep olur. Daha iyi çökelebilen bir çamur elde etmek için ça-

mur yaşının artırılması çökelme hızındaki azalmayı önleyebilir. Öte yandan normal sıcaklıktan daha yüksek sıcaklıkta mikroorganizmaların reaksiyon hızı, dolayısıyla OAH artar. Bu artış havalandırma tankındaki çözünmüş oksijen konsantrasyonunun azalmasına sebep olur. Yüksek sıcaklıkta diyagramdaki eğriler daralacak ve üst noktalar daha az bir çamur yaşında meydana gelecektir.

pH Değişmesi

Eğer pH 6.5–8.5'ten daha az olursa filamentli bakteriler çoğalır ve diğer yararlı bakterileri azaltırlar. pH 5–6.5 arasında iken fungi sayıca çoğalır, ve bakterileri azaltır. Bunların sayıca çoğalması çamurun yüzmesine sebep olur. pH 4–5 arasında ise funguslar bakterilere sayıca üstünlük sağlar ve kalan bakteriler de filamentli tip bakteriler olduğu için oluşan çamur yüzer ve birçok problemler yaratır. pH'nın 8.5'in üzerinde olması prosesi sıcaklığın azalmasında anlatılan yönde etkiler.

Çözünmüş Oksijen

Havalandırma tankındaki suda bulunması gereken çözünmüş oksijen miktarı 0.5–2.0 mg/L arasındadır. Çözünmüş oksijen miktarı 0.5 mg/L'nin altına düşerse funguslar çoğalır. Çözünmüş oksijen miktarı 2.0 mg/L'nin üzerine çıkarsa floklar bozulabilir. Ayrıca gereksiz enerji harcaması meydana gelir. Eğer gerekli besin maddeleri yoksa funguslar yine çoğalır. Atıksuda toksit maddeler varsa ancak ağır ciliatelerin ve rotiferlerin değişik tipleri yaşayabilir, fakat toksik madde miktarı fazlalaşırsa bütün mikroorganizmalar ölür.

Göreceli üstünlük Diyagramı tesis operatörünün meydana gelebilecek sorunların nedenlerini bulmasına ve çözüme ulaşmasına yardımcı olacaktır.

Biyolojik arıtma birimini takip eden son çökeltme tankının amacı biyolojik arıtma sırasında oluşan mikroorganizmaları arıtılmış atıksudan ayırmaktır. Son çökeltme tankının ana prensipleri ilk çökeltme tankından farklı değildir; ancak son çökeltme tankına verilen katı madde yükü daha fazla olduğundan bu tankta hidrolik bekletme süresi daha uzundur.

İkinci dereceli arıtma neticesinde atıksuyun içinde bulunan BOİ % 85 civarında, askıdaki katı maddeler ise % 80 civarında bir azalma gösterir.

Konvansiyonel arıtma tesislerinin değişik birimlerinden geriye kalan çamurun tasfiyesi ve uzaklaştırılması için değişik yöntemler kullanılmaktadır.

Arıtma tesislerinin biyolojik arıtma ünitelerinde karşılaşılabilecek sorunlar ve çözüm önerileri aşağıda özetlenmiştir.

Sorun

Havalandırma tanklarında fazla miktarda köpüğün meydana gelmes

Olası Neden 1

Atıksuya fazla miktarda deterjan eklenmesi

Çözüm

- Kullanılan deterjan miktarı azaltılır.
- Tanka verilen hava miktarı azaltılır (minimum erimiş oksijen konsantrasyonu 0.5 mg/L dir.)
- Köpük kırıcı duşlar çalıştırılır.
- Gerekirse tanklardaki mikroorganizmalara zarar vermeyen köpük kırıcı solüsyonlar eklenir.
- Tankın üzerine bir ağ gerilerek köpük bastırılır.

Olası Neden 2

Tanklardaki tam karışımli sıvıda askıdaki katı madde konsantrasyonu (MLSS) 2000 mg/L'den daha düşük.

Çözüm

Çökeltme tanklarındaki tüm çamur havalandırma tankına gönderilir. Tankın içine konsantre organik madde (vidanjörle getirilen foseptik suyu – septik olmaması gerekir) verilerek sistem bir süre böyle çalıştırılır. Gerekirse azot ve fosfor eklenir.

Sorun

Biyolojik artıma biriminden çıkan suların istenilen kalitede olmaması,

Belirtiler

- Çamur Hacmi İndeksi, CHİ değerlerinde yükselme bu değerin 50–200 arasında olması gerekir.
- Tam karışımli sıvıda askıdaki katı madde (MLSS) miktarında azalma bu değerin 3000–4000 mg/L arasında olması gerekir.

Olası Neden 1

Verilen atıksu miktarının proje debisinden çok fazla olması

Çözüm

- İmalat birimi uyarılarak mümkünse atıksu miktarını düşürmeleri sağlanır.
- Evsel atıksu miktarı kontrol edilir, fazla ise zerevuvarlar vs. kontrol edilerek azaltılır.
- Havalandırma tanklarında tam karışimli sıvıda askıdaki katı madde (MLSS) ve Çamur Hacmi İndeksi analizlerini uygulayarak MLSS miktarında yükselme (3000–4000 mg/L) ve çamur indeksinde 150 ye kadar düşme gözlenene kadar havalandırma tanklarına su verilmemelidir. Son çökeltme tankının tüm çamuru havalandırma tankına verilir.
- Tanklardan alınan numuneler üzerinde azot ve fosfor deneyleri yapılmalı ve gerekirse eklenmelidir.

Olası Neden 2

Organik yüklemdeki dalgalanmalar dolayısıyla mikroorganizmalar için yeterli besinin mevcut olmaması veya ani yüklemeler nedeniyle havalandırma tanklarındaki mikroorganizmaların tüketebileceklerinden daha fazla miktardaki kirlenici maddenin havalandırma tanklarına girmesi.

Belirtiler

Havalandırma tanklarından alınan numunelerin yapılan çamur hacmi indeksi, ÇHİ değerleri sabit değil.

Çözüm

- 1. Havalandırma tankına giren debinin proje debisinden farklı olup olmadığı kontrol edilmeli ve farklılıklar için üretim birimleri uyarılmalıdır.
- Havalandırma tanklarına giren evsel ve endüstriyel atıksulardan alınan numuneler üzerinde Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOİ), analizleri yapılmalı ve bu değerler sistemin normal çalışma düzeninde alınan numuneler üzerinde Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOİ), analizleri yapılmalı ve bu değerler sistemin normal çalışma düzeninde alınan değerlerle karşılaştırılmalıdır.
- Havalandırma tankında tam karışimli sıvıda askıdaki katı madde (MLSS) ve çamur hacmi indeksi (ÇHİ) analizleri en az günlük olarak yapılmalı.
- Havalandırma tankına giriş ve çıkış sularındaki askıdaki katı madde miktarı her gün ölçülmeli.
- Bu bilgiler ışığında yükleme miktarı istenilen BOİ/MLSS oranını temin edecek şekilde ayarlanmalı.

Sorun

Çökeltme tankı çıkış savaklarında floklar görüüyor ve tam karışimli sıvının çökeltme karakteristikleri iyi değil.

Belirli

Çamur hacmi indeksi (ÇHİ) analiz neticeleri değişken ve değerler normalden çok yüksek (ÇHİ 50–200 arasında olmalıdır).

Olası Neden

Havalandırma tankında oluşan flokların yeterince büyük ve ağır olmaları nedeniyle çökeltme karakteristiklerinin olumsuz yönde etkilenmesi

Çözüm

- Havalandırma tankındaki askıdaki katı madde miktarı kontrol edilmeli
- Havalandırma tankındaki sıvıya 30 dakikalık çökelebilir katı madde analizi uygulanmalı.
- Havalandırma tankındaki askıdaki katı madde miktarını düşürmek için, çamur yoğunlaştırma tankına çamur gidişini sağlayan vanalar açılır. Bu durumda çamur geri dönüşünü sağlayan havalandırma tanklarındaki vanalar kapalı tutulur.
- Mümkünse havalandırma tankına geri dönen aktif çamur, sodyum hipoklorit çözeltisi ile klorlanır.
- Evsel atıksu miktarı mümkünse azaltılarak katı madde yüklemesi düşürülür.

Sorun

Çökeltme tanklarında çökmesi gereken çamur yüzüyor.

- Çökeltme tanklarındaki çamurun gözle görülür şekilde yükselmesi
- Çökeltme tanklarının çıkış savağındaki yüzücü katı maddelerin gözlenmesi

Olası Neden

Havalandırma tanklarında düşük pH ve çözünmüş oksijen değerlerinden dolayı filamentli mikroorganizmaların üremesi.

Çözüm

- Havalandırma tanklarındaki tam karışimli sıvıda pH ve çözünmüş oksijen analizleri uygulanmalıdır. pH değerinin 5'den, çözünmüş oksijen değerinin ise 0.5 mg/L den az olmaması gerekir.
- Havalandırma tanklarından alınan sıvıda çökebilir katı madde analizi uygulanmalı ve bir mezürde çöken floklarla temiz üst suyu arasındaki yüzeyin hareketi takip edilmeli
- Havalandırma tanklarına geri dönen çamur miktarı ölçülmeli
- Havalandırma tanklarından alınan tam karışimli sıvıda NO_2 ve NO_3 analizleri yaptırılmalı
- Mümkünse havalandırma tankına giren evsel ve imalat atıksuyu debileri düşürülerek organik yük azaltılmalı
- Bulunabilirse daha önceden bir süre havalandırılan çürütülmüş aktif çamur havalandırma tankına verilir.
- Bir uzmana danışarak havalandırma tankına geri dönen aktif çamur kontrollü bir şekilde klorlanmalı (Sodyum Hipoklorit çözeltisi kullanılabilir).
- Havalandırma tanklarındaki difüzerlerdeki hava vanaları kısılmalı ve çökelme tankındaki çamurun bir kısmı yoğunlaştırma tankına verilmeli. Bu işlemler sırasında havalandırma tankındaki çamur yaşı azalırken nitrifikasyon duracaktır.
- Havalandırma tanklarına geri dönen çamur miktarı artırılmalı veya bütün çamur havalandırma tankına geri döndürülmelidir.
- Havalandırma tanklarına giren hava miktarı artırılmalı.
- Bir uzmana danışarak tanklarda mikroorganizmalar için gerekli besinin bulunup bulunmadığı araştırılmalı ve gerekirse azot ve fosfor ilave edilerek filamentli mikroorganizmaların üremeleri durdurulmalı.
- Biyolojik arıtma biriminin tekrar nitrifikasyon aşamasında işlev görmesini sağlamak için en az nitrat konsantrasyonunun 3 mg/L, nitrit konsantrasyonunun ise 1 mg/L olması gereklidir. Havalandırma tanklarında bu konsantrasyonların sürekli sağlanmasına çalışılmalıdır.

KAYNAKLAR

- ENVİTEX, Otomarsan Otobüs ve Motorlu Araçlar Sanayi A.Ş., Emniyet Kılavuzu ve İşletme Bakım Talimatı, Envitek İstanbul, (1987).
- ENVİTEK, Dyo – İzmir, Emniyet Kılavuzu ve İşletme Bakım Talimatı, Envitek, İstanbul, (1986).

İNDEKS

- Absorbpsiyon 211
- Adsorpsiyon 155-211
- Aerobik arıtma 141
- Aktif çamur, 211
 - kademeli beslemeli 141
 - kademeli havalandırmalı 141
 - modifikasyonları 141
 - örneği 141
 - tam karışımli 141
 - tasarımı 141
 - uzun havalandırmalı 141-211
- Aktif karbon 155
- Alıcı ortam 1
- Anaerobik arıtma 141
- Arıtma
 - Aerobik 141
 - Anaerobik 141
 - biyolojik 141-211
 - geri kazanma 173
 - ikinci dereceli 711
- Askıdaki katı madde 55
- Atık 1
- Atıksu 1, 11, 17, 29
 - endüstriyel 1
 - evsel 1, 211
 - katı madde miktarı 1
 - yağmur 1
 - yaygın kirletici 1
- Atıksu arıtma 173
 - alternatifleri değerlendirme 205 raporu
 - sistemleri arıza giderilmesi 211
 - yünlü endüstri 165
- Atıksu arıtma tesisi
 - anahtar teslimi 205
 - şartnamesi 205
 - tasarım verileri 205
- Atıksu özellikleri
 - yünlü endüstri 11, 165
- Azot 17
- Bekletme süresi 141, 211
- Berraklaştırma 55
- Birincil çöktürme 55
- Biyolojik arıtma 141, 211
- B.O.İ 17, 211
- Bulanıklık 17
- Chick Kanunu 119, 155
- Çamur
 - hacmi indeksi (ÇHİ) 119
 - yaşı 145
- Çevre
 - Genel Müdürlüğü 27
 - kirliliği 1, 27
 - korunması 27
- Çökelme hızı 55
- Çökeltme 55
 - birincil 55
 - engelli 55
 - flokulant 55
 - kompresyon 55
 - tankı 141
- Çözünmüş oksijen 11, 211
- Damlatmalı filtre 141, 211
- Dengeleme 55
- Dezenfeksiyon 119, 155
- Ekolojik denge 1
- Fakültatif 1, 141
- Fiziksel Özellikler 11
 - bulanıklık 11
 - katı maddeler 11
 - renk ve koku 11
 - sıcaklık 11
- F/M 141, 211
- Fosfor 17

- Göreceli üstünlük diyagramı 211
- Havalandırma 97
 - teknolojisi 57
 - uzatmalı 55
- Hidrolik bekletme süresi 141
- Isısal kirlenme 1
- Izgara
 - elle temizlemeli 55
 - mekanik temizlemeli 55
- İçsel solunum 141, 211
- İnorganik parametreler 17
 - azot 17
 - fosfor 17
 - koliform 17
- İdare 27
- İkinci dereceli arıtma 211
- İyon değiştirici teknolojisi 97
- Kademeli
 - beslemeli aktif çamur 141
 - havalandırmalı aktif çamur 141
 - nötralizasyon 119
- Karıştırma 55
- Kimyasal özellikler 11
 - BOİ 11
 - KOİ 11
 - TOK 11
 - organik 11
- Kirlitici parametreler 11
- Klor 119
- Klorlama 155
- Koagülasyon 165
 - BOİ giderimi 11, 17
- K.O.İ 17
- Koliform 1
- Kontakt stabilizasyon 141
- Kontrol ve denetim 29
- Kum tutucu 55
 - havalandırmalı 55
 - kanal 55
 - kare 55
 - yatay 55
- Lagün 141
- MLVSS 141
- Nötralizasyon 119
 - Kademeli 119
- Oksidasyon 119
 - kimyasal 119
- Oksijen 119
 - alma hızı (OAh) 211
- Organik kirlleticiler 141
- Ozon 119
- Örnek 17
 - alma 17
 - entegre 17
 - kapma 17
 - karışım 17
 - koruma 17
 - miktar 17
 - saklama 17
 - toplama 17
- pH 119, 211
- Pıhtılaştırma 119
- Pompalama 55
- Sediment 1
- Sedimentasyon 55
- sıcaklık 211
- Stabilizasyon Havuzları 141
- Su Kirlenmesi 1
 - İnorganik 1
 - mikrobiyolojik 1
 - organik 1
 - petrol ve petrol ürünleri 1
- Susuzlaştırma 119
- Tam karışımli aktif çamur 141
- Tekstil 173
- Uzatmalı havalandırma 141, 211
- Uzun havalandırmalı aktif çamur 141
- Van'ı Hoff – Arrhenius 119
- Yumaklaştırma 119
- Yüzdürme teknolojisi 97
- Yüze tutunma teknolojisi 97