BOS
Birleşik Oksijen Sanayi A.Ş.

ÇEVRE PROSESLERİNDE SAF OKSİJEN OZON VE KARBONDİOKSİT

Koç

KÜRŞAT BAŞDEMİR

ÇEVRE PROSESLERİNDE

SAF OKSİJEN
OZON VE
KARBONDİOKSİT

Kürşat BAŞDEMİR
ÇEVRE MÜHENDİSİ

ÇEVRE PROSESLERİNDE
SAF OKSİJEN, OZON VE KARBONDİOKSİT.
KÜRŞAT BAŞDEMİR

Her hakkı saklıdır. Yazarın ve Birleşik Oksijen Sanayi A.Ş.'nin izni olmadan şekil, tablo ve metinler tamamen veya kısmen tekrar, fotokopi, film veya başka yöntemle çoğaltılamaz.

Sipariş Adresi:
PK 80 GOSB / GEBZE / KOCAELİ
Tel: (19) 510100 (10 HAT)

Grafik, Dizgi ve Baskı: Sanat Matbaacılık A.Ş.

Kapak Tasarımı: Recep YÜKSEL

İÇİNDEKİLER

BÖLÜM 1
AKTİF ÇAMUR TESİSLERİNDE SAF OKSİJEN KULLANIMI

SAYFA NO

ÖNSÖZ 3
1. GİRİŞ 7
2. TEMEL BİLGİLER 9
2.1. GİRİŞ 9
2.2 MİKROBİYOLOJİ 10
2.3 KİNETİK MODEL GELİŞİMİ 12
3. AKTİF ÇAMUR TESİSİ DİZAYN KRİTERLERİ 14
3.1. HAVALANDIRMA TANKI DİZAYN KRİTERLERİ 14
3.2. ÇÖKELTME TANKI DİZAYNI KRİTERLERİ 15
3.3. ÇAMUR MİKTARI DİZAYN KRİTERLERİ 17
4. GEREKLİ OKSİJEN MİKTARI 18
4.1. KARBON İÇERİKLİ KİMYASALLARIN UZAKLAŞTIRILMASI İÇİN GEREKLİ OKSİJİN MİKTARI 18
4.2. AZOT İÇERİKLİ KİMYASALLARIN UZAKLAŞTIRILABİLMESİ İÇİN GEREKLİ OKSİJEN MİKTARI 20
5. OKSİJEN TRANSFERİ VE OKSİJENLENDİRME SİSTEMLERİ 22
5.1. GİRİŞ 22
5.2. OKSİJEN TRANSFERİ 22
5.3. AKTİF ÇAMUR TESİSLERİNDE OKSİJENLENDİRME SİSTEMLERİ 30

6. AKTİF ÇAMUR PROSES TİPLERİ 34
6.1. KLASİK AKTİF ÇAMUR PROSESİ 34
6.2. BASAMAK HAVALANDIRMALI AKTİF ÇAMUR PROSESİ 34
6.3. TAM KARIŞIMLI AKTİF ÇAMUR PROSESİ 35
6.4. UZUN HAVALANDIRMALI PROSESLER 35
6.5. KONTAK STABİLİZASYON AKTİF ÇAMUR PROSESİ 39

7. SAF OKSİJEN PROSESLERİ 40
7.1. SAF OKSİJEN ÜRETME YÖNTEMLERİ 40
7.2. SAF OKSİJEN PROSESLERİ 43
7.3. BİYOLOJİK ARITMA TESİSLERİNİN KAPASİTESİNİ ARTIRMA 57
7.4. DEĞİŞİK ENDÜSTRİLERDE SAF OKSİJEN UYGULAMALARI 58

BÖLÜM II
NEHİR GÖL VE DİĞER ALICI ORTAMLARIN OKSİJENLENDİRİLMESİ

1. GİRİŞ 71
2. NEHİRLERİN OKSİJEN İHTİYACI 71
2.1. NEHİRLERDE DOĞAL OKSİJENLENDİRME 71
2.2. NEHİRLERDE OKSİJEN AZALMASI VE NEDENLERİ 73
2.3. NEHİRLERİN OKSİJENLENDİRMESİ 76

3. GÖLLERİN VE DİĞER ALICI ORTAMLARIN OKSİJEN İHTİYACI 81
3.1. KÜÇÜK GÖL VE REZERVUARLARDA KİRLİLİK ETKİSİ 82
3.2. GÖL VE REZERVUARLARDA ÖTROFİKASYON VE KONTROLÜ 83
3.3. GÖL VE REZERVUARLARIN OKSİJENLENDİRİLMESİ 84

4. SAF OKSİJEN VE HAVA SİSTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI 85

BÖLÜM III
SAF OKSİJENİN ATIKSU KANALLARINDA KULLANIMI

1. ATIKSU KANALLARINDA HİDROJEN SÜLFÜR OLUŞUMU 89
1.1. GİRİŞ 89
1.2. KOKU PROBLEMİ 89
1.3. ZEHİRLİLİK ETKİSİ 89
1.4. KOROZYON 90
1.5. ATIKSU ARITMA TESİSİNDE OLUŞAN PROBLEMLER 90
1.6. KANALİZASYON SİSTEMLERİNİN DOĞASI 90

2. HİDROJEN SÜLFÜRÜ ÖNLEME YÖNTEMLERİ 93
2.1. GİRİŞ 93
2.2. STERİLİZE ETME YAKLAŞIMI 93
2.3. PROBLEMİ ÖNLEME YAKLAŞIMI 95
2.4. KISMİ ARITMA YAKLAŞIMI 97

3. ATIKSU KANALLARINA OKSİJEN ENJEKSİYONU 99
3.1. GİRİŞ 99
3.2. ATIKSU KANALLARINA OKSİJEN ENJEKSİYONUNUN FAYDALARI 99
3.3. OKSİJEN ENJEKSİYONU İÇİN GEREKLİ PARAMETRELER 100
3.4. GEREKLİ OKSİJEN MİKTARININ SAPTANMASI 104

BÖLÜM IV

OZONUN ÇEVRE PROSESLERİNDE KULLANIMI

1. GİRİŞ 109
2. OZONUN ÖZELLİKLERİ 109
3. OZONUN ÜRETİMİ 111
4. ARITMA TESİSLERİNDE OZON KULLANIMI 112
5. İÇMESUYU ARITMA TESİSLERİNDE OZON UYGULAMA METODLARI 115
6. HAVA İLE SAF OKSİJEN JENERATÖRLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI 119

BÖLÜM V

KARBONDİOKSİT GAZININ ÇEVRE PROSESLERİNDE KULLANIMI

1. GİRİŞ 123
2. KARBONDİOKSİT GAZININ ÖZELLİKLERİ 123
3. PH NÖTRALİZASYONU 124
4. SU YUMUŞATMA 134
5. SU SERTLEŞTİRME 136
6. NİTRAT UZAKLAŞTIRMA 138
7. MAVİ-YEŞİL YOSUN KONTROLÜ 139

ÖNSÖZ

Son yıllarda, hızlı nüfus artışı ve endüstriyel büyüme büyük altyapı sorunları oluşturmuştur. Geçmiş yıllarda çevre sorunları, işte bu altyapı sorunlarının fazla önemli olmayan bir parçası olarak gözükmekte idi. Günümüzde çevre sorunları diğer altyapı sorunları ile bağıntısına rağmen başlı başına ele alınan önemli bir olgudur.

Çevre sorunları, ekonomi ve endüstrinin ayrılmaz bir parçası olarak artık kabul edilmektedir. Endüstri, hem yatırımını yaparken çevreyi kirletmemeye yönelik önlemlerini alıyor, hem de çevre sorunlarını çözmeye yönelik ekipman ve kimyasalların üretimini sağlıyor.

Bu çalışmanın amacı yıllardır endüstriye hizmet veren, endüstriyel gazlardan bazılarının, özellikle saf oksijenin çevre proseslerindeki kullanım alanlarını anlatmak, kullanım teknikleri ve tasarım kriterlerini incelemektir. Kitapta faydalanılan ve kaynak olarak gösterilen elli kadar eser genellikle son yıllarda baskıya giren kitap ve teknik tebliğlerinden oluşmaktadır. Bu yönüyle de, özellikle yeni teknolojilere yer vermiş olmasının okuyucu açısından bir kazanç olduğu kanısındayım.

Bu çalışmanın hazırlanması ve ders notu haline getirilmesi konusunda önerilerde bulunan Boğaziçi Üniversitesi'nden Sn. Prof. Dr. Kriton Curi ve Orta Doğu Teknik Üniversitesi'nden Sn. Prof. Dr. Celal Ferdi Gökçay'ın isteklerini gerçekleştirebildiğimi umarım.

Bu kitabın dizgisi, baskısı ve kapak dizaynının yapılmasında her türlü maddi ve manevi desteği esirgemeyen Birleşik Oksijen Sanayi A.Ş. Firmasına teşekkür ederim.

Kürşat BAŞDEMİR

İSTANBUL 1993

BÖLÜM I

AKTİF ÇAMUR TESİSLERİNDE SAF OKSİJEN KULLANIMI

BÖLÜM I
AKTİF ÇAMUR TESİSLERİNDE SAF OKSİJEN KULLANIMI

I. GİRİŞ

TARİHÇESİ:

Aktif çamur, atıksuyun sürekli oksijenlendirilerek yumaklaşmış mikrobiyolojik kütle elde etme prensibine dayanır. Bu proses atıksuların, tam karışımlı hale getirildikten sonra, son çökeltme tankında organiklerin ayrıştırılmasını sağlar. Ancak ayrılan biyolojik kütlenin büyük bir kısmı,proses içinde tekrar kullanılır. Prosesin amacı atıksuda bulunan biyokimyasal oksijen ihtiyacı, kimyasal oksijen ihtiyacı ve askıda katı madde miktarını istenen limitlere indirmektir.

Atıksuların havalandırılması işlemi, 1888 yılından beri deneysel olarak yapılmaktadır. Ancak daha sonra çalışmalar damlatmalı filtrelere yöneltilse de, 1910 yılında Black ve Phelpss ilk büyük ölçekte ilkel aktif çamur sistemlerini kurmuşlardır.

1914 yılında Manchester şehri atıksuları aktif çamur tesisi kurularak arıtılmıştır. Bu tesislerde difüzör sistemi kullanılmıştır. I. Dünya savaşını takip eden yıllarda, ilkel difüzör sistemleri kullanılmaya devam edilmiş, ancak tıkanma probleminin engellenememesi,atıksu mühendislerini mekanik havalandırma yöntemlerine yöneltmiştir.

1920'li yılların başında, Hollanda'da Kessener yatay milli fırça havalandırıcıyı (brush aeratör) keşfetmiş, atıksuyu bir kanal içinde sürekli döndürerek hem havalandırmayı hem de karışımı sağlamıştır. 1940'lı yıllarda Almanya'da yatay milli Mammath rotorlar daha fazla oksijen verme amacıyla kullanılmaya başlamıştır. Daha sonraki yıllarda aktif çamur tesislerinin çeşitli modifikasyonları üretilmiş ve günümüzde de kullanılmaktadır.

Saf oksijen sistemleri, 1960'lı yıllarda etkin bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır. İlk kullanılan sistem Union Carbide Corporation şirketi tarafından geliştirilen, Wimpey-Unox prosesidir. Daha sonra Air Products şirketi benzer bir sistem geliştirmiştir. Bu iki sistemde de havalandırma tankının üzerindeki hava payı kıs-

mını oksijenle zenginleştirip, yüzeysel havalandırıcılarla oksijen verme prensibi kullanılmıştır.

1972 yılında ilk kez BOC LTD tarafından Vitox oksijenasyon teknolojisi uygulanmış ve bu tarihten sonra kapalı saf oksijen sistemleri yerine açık sistemler kullanılmaya başlanmıştır.

PROSESİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER

Evsel atıksuların biyolojik olarak arıtılması havalandırma ile kolayca halledilebilir. Ancak kuvveti atıksuların arıtılması için daha uzun havalandırma süreleri gereklidir. Septik koşullardaki atıksuların aktif çamur tesislerinde çamur çökeltmesini azalttığı gözlemlenmiştir. Yüksek konsantrasyonlardaki kirleticiler veya kuvvetli asitler ve bazlar gibi şok yüklemeler arıtılabilirliği azaltmaktadır. Normal koşullarda aktif çamur tesisi 7.0 - 8.0 pH değerlerinde çalışır.

Kloridler ve tuzlar oksijenin su içerisindeki çözünürlüğünü düşürdüğünden özellikle kıyı bölgelerde ciddi problemler yaratmaktadır. Sentetik deterjanlar ve diğer benzer maddeler havalandırma cihazlarının oksijen transferini engeller. Deneyler, biyolojik olarak parçalanabilir deterjanların kullanılması ile bu problemlerin ortadan kalkacağını göstermiştir.

Atıksuda bulunan ağır metaller (örneğin krom, nikel, civa ve bakır tuzları) aktif çamur tesislerindeki organizmalara toksik etki yaparlar. Bazı endüstriyel atıksularda düşük konsantrasyonda azot ve fosfor bulunduğundan besin yetersizliği sözkonusudur, bunlara ilave kimyasallar katılması gerekir.

Aktif çamur tesislerinde, serbest yağ ve yağlı maddeler bulunuyorsa son çökeltme tankı yüzeyinde çamur yumakları oluşmasına yolaçarlar.

Aktif çamur tesislerinde, bazı durumlarda ön çökeltme tankları gerekebilir. Fakat uzun havalandırmalı tesislerde, ön çökeltme tanklarına gerek yoktur. Bazı atıksularda askıda katı miktarı az ve organikler çözünmüş durumda olduğundan ön çökeltme tanklarına gerek yoktur. Atıksu ızgaralardan geçirildikten sonra doğrudan aktif çamur tesisine alınır.

Bazı endüstriyel atıksular da, evsel atıksular gibi parçalanabilir olacağından, aktif çamur tesislerinde arıtılabilirler. Atıksulardaki toksik madde konsantrasyonları minimum düzeye indirile-

rek bu proses uygulanır. Endüstriyel atıksular çok değişken debilerde ve kirlilik yüklerinde tesise girdiği için bir dengeleme tankına alındıktan sonra besleme yapılması önerilir.

Biyokütlenin büyüme hızı atıksu sıcaklığındaki değişim ile değişir. 6-25°C arasında atıksu sıcaklığındaki 10°C'lik artış, biyokütlenin 2 kat artmasına neden olur.

Birim hacimdeki hava miktarı yükseklik arttıkça düştüğünden oksijen transfer verimi de doğal olarak düşer. Ancak saf oksijen çözünürlüğü çok yüksek olduğundan yükseklik saf oksijen uygulamalarında önemli bir faktör değildir.

2. TEMEL BİLGİLER

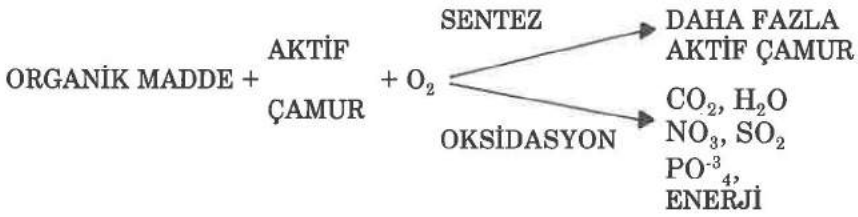
2.1 GİRİŞ:

Canlı organizmaların gerçekleştirdikleri reaksiyonlar sonucu atıksudaki çözünmüş ve çözünmemiş organik maddelerin çeşitli azot ve fosforlu bileşiklerin uzaklaştırılması genellikle biyolojik arıtım ile gerçekleştirilir. Organiklerin uzaklaştırılması için oksijenli ortamda yaşayabilen mikroorganizmalar kullanılır. Bu organizmaların yaşayabilmesi için moleküler oksijene ihtiyaç vardır. Doğada organiklerin alıcı ortamlara verilmesi ile ortamdaki aerobik mikroorganizmalar faaliyete geçer ve aşağıdaki reaksiyonu yaparlar.

$$\text{Organik Madde} + O_2 \xrightarrow[\text{mikroorganizma}]{\text{Aerobik}} CO_2 + H_2O + \text{inorganik madde} + \text{fazla mikroorganizma}$$

Doğada bu reaksiyon oksijen yeterince olduğu sürece gerçekleşir. Fakat oksijenin yetersiz kaldığı durumlarda havasız ortam oluşur. Mikroorganizmalar biyolojik parçalanmayı gerçekleştiremezler. Metan,karbondioksit ve H_2S gazları oluşur.

Aktif çamur tesislerinde de çalışma prensibi aynıdır. Bütün organik maddeler sentez ve oksidasyon ile parçalanırlar. Sentez organik maddelerin bir kısmının yeni hücrelere dönüşmesidir. Geri kalan organik maddeler gerekli enerjiyi üretmek için oksidasyona tabi tutulur. Organik maddeler yok olmaya başlayınca biyolojik hücrelerin bir kısmı gerekli enerjiyi sağlamak için kendi kendilerini oksitlerler bu olaya iç solunum denir.



ŞEKİL 1: Organik maddenin Aktif çamur tesisinde uzaklaştırılabilmesi için oluşan biyolojik faaliyet.

Aktif çamur tesisinde amaç oksijen vererek oluşan yumakların başka bir yerde çökeltilmesidir. Bu sistemde üretilen biyolojik çamurun bir kısmı tekrar döndürülerek sistemde kullanılır. Oksidasyon - sentez işlemi sonucunda CO_2, HO_2, NO_3 SO_4^{-2}, PO_4^{-3} gibi son ürünler oluşur.

2.2. MİKROBİYOLOJİ:

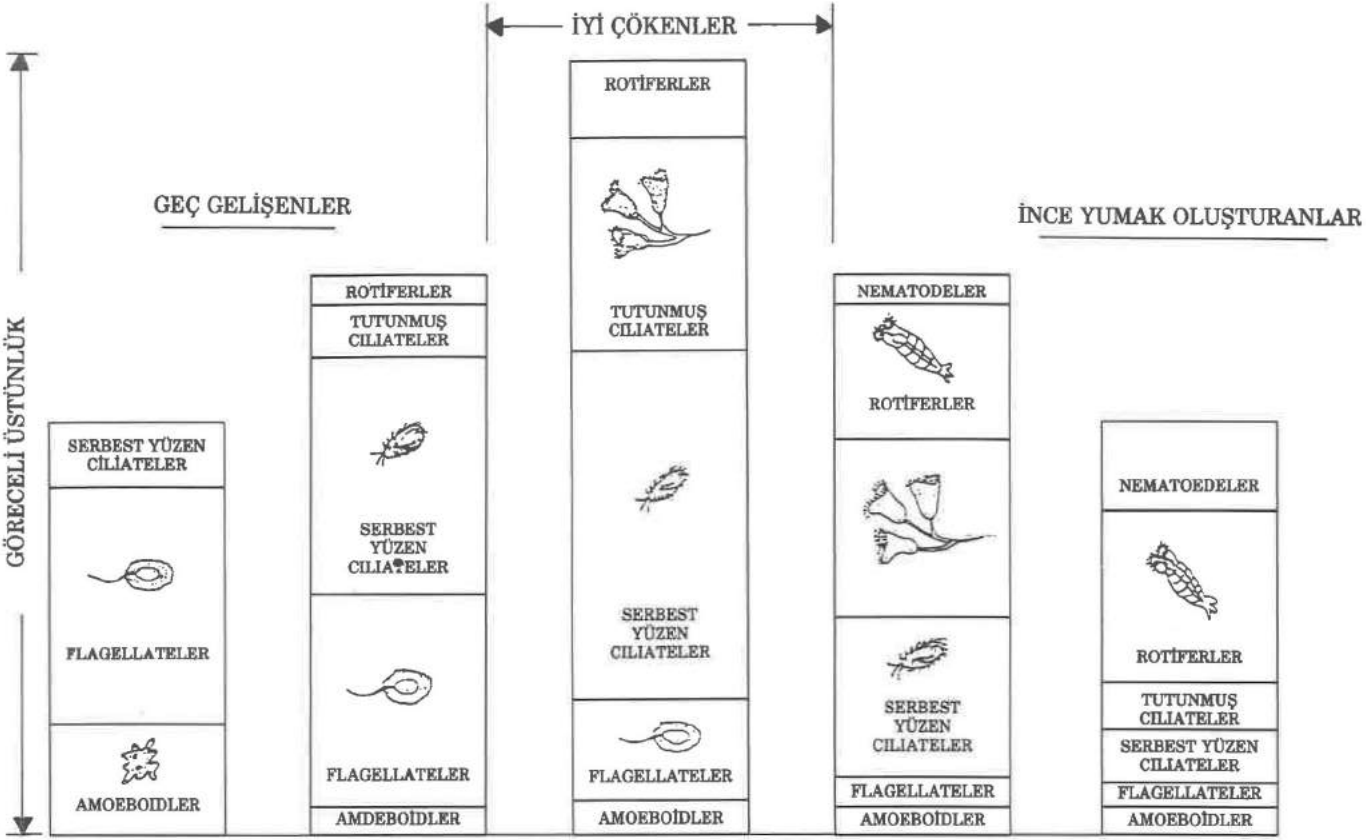
Aktif çamur tesislerinde bulunan ve aktif şekilde çalışan mikroorganizmaların oluşturduğu yumaklar havalandırma yolu ile küçük yumaklara dönüşür. Yumakların yapısını ve fonksiyonlarını atıksuda oluşan bakteriler belirler.

Aktif çamur tesislerinde gözlenen en önemli bakteriler protoza ve rotiferlerdir. Protoza, bakterileri yiyerek temiz atıksu çıkışını sağlar. Tesiste rotiferlerin bulunması ise daha stabil bir atıksu çıkışına sebebiyet verir. Filamentus bakterinin çokça gözlemlenmesi genellikle aktif çamurun çökelme veriminin düşük olduğunu gösterir. Atıksu arıtma tesisinde en çok bulunan mikroorganizma türünün protoza (ciliate) ve rotiferler olması aktif çamurun çok iyi çökeldiğini gösterir. Bazı filamentus bakterilerin bulunması iyidir, ancak çok miktarda bulunması çok önemli problemler yaratır. Filament bakterinin çok olması, bakterilerin biraraya gelerek yeterli büyüklükteki yumakların oluşmasını engeller.

Aktif çamurdaki önemli protozoalar üç gruba ayrılır:

1. Amoeboidler
2. Flagellateler
3. Ciliateler

AMOEBOİDLER : Genellikle tesisin devreye alındığı veya aktif çamur aktivitesinde bir bozulma olduğu dönemlerde gözlemlenir.



ŞEKİL: 2 ÇAMUR KALİTESİNE GÖRE GÖRECELİ MİKROORGANİZMA BÜYÜKLÜKLERİ

FLAGELLATELER : Genellikle mikroorganizmanın az,fakat organik yükün çok olduğu günlerde gözlemlenir. Diğer mikroorganizmalar daha uygun şartlarda çoğalırlar. Flagellateler daha yoğun çamur yumakları oluşturur ve sayılarında azalma gözükür.

CİLİATELER : Ciliateler aktif çamurun iyi çöktüğü koşullarda bol miktarda bulunurlar Ciliateler 2 gruba ayrılırlar bunlar yüzen ciliateler ve tutunmuş ciliatelerdir.

Yüzen ciliateler, aktif çamurda çok sayıda bakteri bulunduğu zamanlarda gözlemlenirler. Ortamda bulundukları zaman atıksu kalitesinde düzelme gözlenir.

Tutunmuş ciliateler, serbest yüzen ciliatelerin bulunan besini bitirmelerinin olanaksız olduğu dönemlerde oluşurlar. Çok sayıda tutunmuş ciliate ve rotiferler bulunması atıksuyun stabil ve arıtılabilir olduğunu gösterir. Mikroorganizmaların çeşitleri ve miktarları Şekil 2'de karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir. Bu şekilden yararlanarak atıksuyun karakteri hakkında bir fikir edinilebilir.

2.3. KİNETİK MODEL GELİŞİMİ

Mikroorganizmaların büyümeleri mikroskop altında, (a) Hücrelerin direkt sayımı (b) Sıvı içindeki bulanıklığın ölçümü (c) Katı ortamda görünen kolonilerin sayımı ile yapılabilir. Bu metodlarda mikroorganizmaların sayılarının sabit olduğu kabulüne dayanır. Ancak bu sayılar pratikte çok seyrek gerçeğe yakın sonuçlar verir. Aktif çamur yumaklarındaki mikroorganizmaları ölçmek için yukarıda bahsedilen yöntemlerin hiçbiri kullanılmaz. Mikroorganizmaların toplam kütlesini ölçmenin en uygun yolu askıda katı madde miktarının yani biyokütlenin kuru ağırlığını ölçmektir. Fakat atıksuda bulunan inorganik kalıntıları biyokütleden çıkarmak gerekir. Dolayısıyla gerçek biyokütle askıda uçucu katı madde miktarı kadardır.

Mikroorganizmaların büyüme hızı en kolay substrat konsantrasyonunu ölçmek veya oluşan CO_2 miktarını bulmakla mümkündür.

Bir sistemde bakteri üremesi ve substrat kullanımı aşağıdaki gibi ifade edilebilir.

$$\left(\frac{dx}{dt}\right) = y\left(\frac{df}{dt}\right) - bx$$

Buna göre,

$\frac{dx}{dt}$ = birim reaktör hacmi için net mikroorganizma üreme hızı (kütle/hacim -zaman)

Y = Dönüşüm oranı (kütle/kütle)

$\frac{df}{dt}$ = Birim reaktör hacmi için substrat kullanımı (kütle/hacim-zaman)

b = Mikroorganizma ölüm sabiti (zaman $^{-1}$)

x = Mikroorganizma konsantrasyonu

Substrat kullanım hızı, mikroorganizma ve substrat konsantrasyonları aşağıdaki ilişki şu şekilde formüle edilir.

$$\frac{df}{dt} = \frac{kSx}{k_s + S}$$

S = Substrat konsantrasyonu (kütle/hacim)

k = Birim mikroorganizma kütlesinin gerçekleştirilebileceği maksimum substrat kullanma hızı (zaman $^{-1}$)

Ks = Yarı -hız sabiti (kütle / hacim)

Yukarıdaki denklemin fonksiyonel grafiği çizildiğinde doğrusal olmadığı görülür.
Buna göre,

Eğer substrat konsantrasyonu, yarı hız sabitesinden daha küçük ise, bağıntı aşağıdaki gibidir.

$$\left(\frac{df}{dt}\right) = \left(\frac{k}{Ks}\right) \times S = k' \times S$$

Eğer substrat konsantrasyonu yarı hız sabitesinden büyük ise bağıntı şu şekildedir.

$$\frac{df}{dt} = kx$$

Daha evvelki bağıntıları dikkate alarak aşağıdaki bağıntı oluşturulabilir.

$$\frac{dx}{dt} = y\frac{ksx}{ks+S} - bx$$

3. AKTİF ÇAMUR TESİSİ DİZAYN KRİTERLERİ

3.1. HAVALANDIRMA TANKI DİZAYN KRİTERLERİ

Aktif çamur tesislerinde genellikle atıksu bir ızgara ve gerekiyorsa kum tutucu sisteminden geçtikten sonra ön çökeltme tankına alınır. Burada askıda katı madde miktarının bir kısmı ve biyokimyasal oksijen ihtiyacının % 30 - % 40'ı arıtıldıktan sonra atıksu havalandırma tankına geçer. Bu tankta bulunan mikroorganizmaların organik maddeleri oksitlemeleri sonucu oluşan yumaklar son çökeltme tankında çöktürülürler ve daha sonra da deşarj edilirler. Ancak son çökelme tankı dibinde biriken çamur tekrar havalandırma tankına gönderilir. Fazla çamur ise çamur işleme proseslerine aktarılır.

Aktif çamur tesisindeki yükleme kriterleri dört biçimde ifade edilebilir.
Bunlar:

A) Hacimsel yükleme,
b) Organik yükleme,
c) Çamur yükleme,
d) Yumak yüklemedir.

HACİMSEL YÜKLEME

Havalandırma tankı kapasitesi ve atıksu debisi arasındaki ilişkidir. Geleneksel olarak aktif çamur tesislerinde bekleme süresi 6 - 10 saattir.

$$\text{Bekleme zamanı (saat)} = \frac{\text{Havalandırma tankı toplam hacim } (m^3) \times 24}{\text{Atıksu debisi } (m^3/\text{gün})}$$

Pratikte bekleme süresi 5 saatin altında seçilmez. BOİ ve AKM standartlarını tutturabilmek için bu değer limittir.

ORGANİK YÜKLEME

Arıtma tesisinin organik yüklemesi aşağıdaki şekilde ifade edilir.

$$\text{Organik Yükleme (kg BOİ}/m^3\text{ gün)} = \frac{\text{Debi } (m^3/\text{gün}) \times \text{BOİ (mg/lt)}}{100 \times \text{Tank hacmi } (m^3)}$$

Normal koşullarda mevsimsel ve kapasite değişimleri organik yükleme kriterlerini fazla zorlamayacak şekilde olmalıdır.

ÇAMUR YÜKLEME

Atıksudaki organikleri ayrıştırmak için belirli miktarda biyokütleye ihtiyaç vardır. Atıksudaki organiklerle, (F) biyokütle arasındaki ilişki arıtabilirliğin göstergesidir. Organik maddeleri besin olarak tanımlarsak F/M veya çamur yükleme oranı aşağıdaki şekilde hesap edilebilir.

$$F/M = \frac{\text{BOİ yükü (kg/gün)} \times 1000}{\text{Havalandırma tank hacmi (m}^3\text{)} \times \text{MLVSS (mg/lt)}}$$

Klasik aktif çamur tesislerinde bu oran 0.25-0.5 kg BOİ/gün arasında değişirken saf oksijenli sistemlerde 0.1 - 0.9 kg BOİ/gün gibi geniş bir aralıkta seçilebilir. Düşük F/M oranları özellikle 0.15 in altı su kalitesini yükseltmek ve nitritikasyon için uygun değerlerdir. F/M oranı, ortalama BOİ konsantrasyonu ortalama debi ve ortalama MLVSS konsantrasyonu dikkate alınarak saptanır.
Bir başka değişle, bu oran aşağıdaki gibi de hesaplanır.

$$F/M = \frac{\text{BOİ (mg/lt)}}{\text{MLVSS (mg/lt)}} \times \frac{24}{\text{Bekleme süresi (saat)}}$$

3.2. ÇÖKELME VE DİZAYN KRİTERLERİ

FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ:

Aktif çamur tesisinde oluşturulan çamur yumaklarının ayrıştırıldığı yer çökeltme tanklarıdır. Çökeltme tankları çamur yumaklarının özgül ağırlığının sudan biraz daha yüksek olduğu prensibine dayanarak yerçekimi ivmesi ile çöktürme esası ile çalışır. Çökeltme esnasında tankda 4 ayrı evre oluşur bunlar,

1. Temiz Su Bölgesi: Bu bölge suyun yumaklardan tamamen ayrıştığı arıtılmış suyun ise savaklarla toplandığı bölgedir.

2. İlk Çökelme Bölgesi: Yumakların bulunduğu en üst bölgedir. Yumaklar bu bölgede çökerken katı konsantrasyonu genellikle sabittir.

3. Geçiş Bölgesi: Bu bölgede katıların konsantrasyonu daha yüksektir. Yumakların çökelme hızı çevredeki partiküllerin etkisi ile azalır.

4. Sıkıştırma Bölgesi: Geçiş bölgesinin altında bulunan bu bölgede çökelen çamur yukarıda çökelmekte olan çamur tabakaları tarafından sıkıştırılır. Çamurdaki su miktarı yumağın fiziksel yapısına bağlıdır. Örneğin filamentous büyümesi olduğunda açık bir yapıya sahip olacağından düşük özgül ağırlıktadır.

ÇÖKELME EĞRİSİ

Havalandırma tankından alınan tam karışımlı sıvı 1 litrelik ölçme silindirinde 30 dakika bekletilir ve çamur/su seviyesindeki değişim zamana göre incelenir. Oluşan eğriden çamur çökme hızı çıkarılır. Örneğin 5 m/st hızla çöken çamur iyi karakterde iken 0.5 m/st hızla çöken çamur daha kötü çökme karakterindedir.

Tam karışımlı askıda katı madde konsantrasyonunu bilmek önemlidir. Çünkü düşük MLSS konsantrasyonlarında daha iyi çökelme olmasına karşın yüksek MLSS konsantrasyonlarında çökeltme verimi düşüktür.

ÇAMUR HACİM İNDEKSİ : (SVI)

Çamur hacim indeksi çamur çökebilirliğini anlamak açısından en önemli parametredir. Tesislerde her gün yapılması gerekir. SVI, 1 gram katı aktif çamurun 30 dakikada çöktükten sonraki mililitre cinsinden hacmidir.

$$SVI = \frac{\text{30 dakika sonra çökelmiş çamur (\% Toplam çamur)}}{\text{Tam karışımlı askıda katı madde konsantrasyonu (\%)}}$$

ve ml/gr cinsinden ifade edilir.

Çamurun çökelebilirliği azaldıkça SVI çoğalır. Örneğin 200 değerindeki bir indeks zayıf çökelebilirlik (kabarma) durumundadır.

KARIŞTIRILMIŞ SPESİFİK HACİM İNDEKSİ (SSVI)

1975 yılında İngiltere'de Su Araştırma Merkezi tarafından geliştirilen yeni bir teknoloji ile aktif çamurun çökelebilirliğini ölçmek için karıştırıcılı bir silindir kap çökelme deneylerinde kullanılmaya başlanmıştır. Bu indekste bir karıştırıcı, silindiri, 1 devir/dakika hızla döndürmektedir. Bu sistem MLVSS konsantrasyon-

ların 3500 mg/lt değerinden yüksek olduğu durumlarda kullanılmaktadır. Yumakların çökelmesi esnasındaki duvar etkisi böylece ortadan kalkmaktadır. İndeks hesabı çamur hacim indeksinin aynısıdır.
40-50 ml/gr iken kötü çambur için 120 ml/gr dır.

ÇAMUR ÖZGÜL AĞIRLIĞI İNDEKSİ (SDI)

Çamur hacim indeksinde olduğu gibi 30 dakikalık bekleme süresinden sonra şu şekilde hesap edilir.

$$SDI = \frac{\text{Tam karışımlı Askıda katı madde konsantrasyonu (\%) x 100}}{\text{Çökelmiş çamur hacmi (toplam hacmin \% si)}}$$

SDI değeri gr/100 ml cinsinden ifade edilir. 2.0 değerinde çamur çökelir 0.5 veya altında çamur kötü çökelir.

DİZAYN KRİTERLERİ

Çökeltme tankları için kullanılan dizayn kriteri, yüzeysel yüklemedir. Birim m^2 alandan geçen debi miktarı esas alınır. Kabul edilen, maksimum değer 1.5 m^3/m^2/saat'dir. Debide tesise gelen maksimum miktar esas alınır. Fakat buna karşın MLSS konsantrasyonu ve çamur hacim indekside hesaba katılmalıdır. Bu değerler bilinmediği sürece genellikle yanlış tasarım yapılır.

Çıkış savakları için dizayn kriteri 250 m^3/m/gün değerini geçmemelidir.

3.3. ÇAMUR MİKTARLARI DİZAYN KRİTERLERİ

ÇAMUR YAŞI (Θc)

Aktif çamur tesisinde mikroorganizmaların kalma sürelerine çamur yaşı denir.

$$\text{Çamur yaşı } \Theta c = \frac{\text{Toplam mikroorganizma kütlesi}}{\text{Bir günde uzaklaştırılan miktar.}}$$

Çamur yaşı aktif çamur tesislerinde genellikle 10-20 gün arasındadır. Mikroorganizmaların sistemde bulundukları ortalama süre belli bir seviyenin altına düştüğünde biyolojik faaliyet durur. Bu süre için kritik çamur yaşı için 8 gündür. Çamur yaşı yüksek hızlı tesislerde 2-3 günü bulurken, uzun havalandırmalı sistemlerde 50 günün üzerindedir.

ÇAMUR ÜREMESİ VE ÜREME ORANI

Üreyen çamur miktarı, pH, F/M ve organik maddenin özelliklerine göre değişir. Ancak, evsel atıksu için kabaca her kg KOİ uzaklaştırılması için 0.4 kg kuru ağırlıkta çamur üretildiği kabul edilebilir.

4. GEREKLİ OKSİJEN MİKTARI

Aktif çamur tesislerinde gerekli oksijen miktarını saptamak için çeşitli bilimsel yaklaşımlar yapılmıştır. Günümüzde bu yaklaşımlardan bazıları oksijen miktarını bulmak için kullanılmaktadır. Ancak gerçek doğru çözüm yine de, pilot tesislerde analiz yapılarak bulunmasıdır. Aşağıda bunlara değinilecektir.

4.1. KARBON İÇERİKLİ KİMYASALLARIN UZAKLAŞTIRILMASI İÇİN GEREKLİ OKSİJEN İHTİYACI

Teorik oksijen gereksinimi atıksuyun $BOİ_5$ değerinin bilinmesi ile bulunabilir. Bilinen çevirme yöntemleri ile $BOİ_5$ değeri nihai BOİu değerine dönüştürülebilir. Bu konuda iki yaklaşım yaygın olarak kullanılmaktadır. Bunlar Pirt (1965) ve Lawrence'dir. (1975)

PIRT YAKLAŞIMI

Bu yaklaşıma göre oksijen gereksinimi, sentezleme ve enerji oluşturmak için gerekli miktarların toplamına eşittir. Pirt 1965 yılında, atıksuda bulunan organiklerdeki mikroorganizmanın yine organizmaları oksitlemeleri için enerji gerektiğini vurgulamıştır. Organik maddelerin yeni hücresel yapılara dönüşmesi ve bu hücresel yapıların enerji üretmek için oksitlenmeleri teorisine dayanarak oksijen gereksinimi saptanır.

1974 yılında Goodman ve Englande aşağıdaki formülü geliştirmişlerdir.

$$\frac{dO_2}{dt} = a\,\frac{(ds)\,u}{dt} + bx$$

Buna göre,

$\frac{dO_2}{dt}$ = Oksijen kullanım hızı kütle/hacim zaman.

$\frac{(ds)\,u}{dt}$ = Substratın zamana göre uzaklaştırılması

a_1 = Sentezleme için oksijen kullanım sabiti

b_1 = Enerji oluşumu için oksijen kullanım sabiti

Pirt yaklaşımının doğru olduğu kabul edilirse oksijen kullanım hızı aktif çamur tesisinde şu şekilde ifade edilebilir.

$$\frac{dO_2}{dt} = a_1 \frac{(dx)}{dt} + b.\,x$$

a_1 = Birim biyokütleyi oluşturmak için gerekli oksijen. Başka bir deyişle a_1 oksitlenen BOİ'nin kullanılan BOİ'ye oranıdır.

b_1 = Biyokütle solunumu için gerekli oksijen (zaman -1)

Limitlerde denklem aşağıdaki şekle dönüşür.

GEREKLİ OKSİJEN $= a_1\,(So - Se)\,Q + b_1\,X.V$

a, değerli literatürde 0.3 - 0.8 değerleri arasında değişirken solunum hızı b, değeri 0.05-0.18 arasındadır.

LAWRENCE YAKLAŞIMI

1975 yılında Lawrence tarafından geliştirilen yaklaşımda oksijen miktarını bulmak için Pirt'e göre daha değişik bir yöntem izlenmiştir.

Eğer organik maddelerin hepsi oksitlenebilselerdi, toplam oksijen ihtiyacı aşağıdaki gibi olacaktır.

Toplam oksijen = Q (BOİ) u giriş - BOİ u çıkış)

$BOİ_u$ GİRİŞ = Giriş Nihai Biyokimyasal Oksijen ihtiyacı

$BOİ_u$ ÇIKIŞ = Çıkış Nihai Biyokimyasal Oksijen ihtiyacı

Ne yazık ki, bütün organiklerin hepsi birden oksitlenemezler. Organik maddenin bir kısmı oksitlenerek enerjiye dönüştürülürken diğer bir kısmı ise yeni biyokütlelerin oluşturulmasında kullanılır. Dolayısıyla organik maddelerin yeni biyokütleye dönüşenleri sistemde eğer $C_5H_7NO_2$ formülü ile ifade edilirse oksitlenmesi için gerekli oksijen aşaıdaki kimyasal reaksiyonla bulunabilir.

$$C_5H_7NO_2 + 5\,O_2 \longrightarrow 5\,CO_2 + 2H_2O + NH_2$$

(113) (5x32)

Burada biyokütlenin moleküler ağırlığı 113 gr, denklemdeki oksijenin ağırlığı ise 160 gr olduğuna göre;

$$\frac{160}{113} = (1.42 \text{ birim } O_2) \,/\, (\text{birim oksitlenen biyokütle})$$

$$\left[\begin{array}{l}\text{Günlük gerekli}\\ \text{oksijen miktarı}\end{array}\right] = \left[\begin{array}{l}\text{Nihai BOİ olarak}\\ \text{toplam uzaklaştırılan}\\ \text{organik madde}\end{array}\right] - 1.42 \times \left[\begin{array}{l}\text{Günde atılan}\\ \text{toplam aktif}\\ \text{organizma}\end{array}\right]$$

Lawrence bu formülü aktif çamur tesisleri için aşağıdaki biçime dönüştürmüştür.

$$O_2 = Q\,(1-1.42\,Y_T)\,(So - Se) + (1.42)\,K_d\,X\,Va$$

Burada,

Q = Atıksu Debisi (m^3/gün)

Y_T = Dönüşüm katsayısı (g/g)

So = Nihai BOİ cinsinden organik madde giriş konsantrasyonu (mg/lt)

Se = Nihai BOİ cinsinden organik madde çıkış konsantrasyonu (mg/lt)

K_d = Çürüme faktörü (gün-1)

X = Tam karışımlı askıda uçucu katı madde konsantrasyonu (mg/lt)

Va = Reaktör hacmi (m_3)

4.2 AZOT İÇERİKLİ KİMYASALLARIN OKSİJEN İHTİYACI:

Yukarıdaki denklemlerin hiçbiri azot giderimi için gerekli olan oksijen miktarını vermez. Azot içerikli kimyasalların oksijen ihtiyacı için aşağıdaki reaksiyonları incelemekte fayda vardır.

Azot arıtımında oksitleme işlemi iki basamakta oluşur ve iki değişik bakteri görev yapar.

Bunlar aşağıdaki gibidir.

1. Nitrosomonas + NH^+_4 + 1.5 $O_2 \rightarrow 2H^+ NO_2^- + H_2O$

   Burada görüldüğü gibi 3.43 mg O_2 birim NH^+_4 'ü uzaklaştırmak için gereklidir.

2. Nitrobakter + NO^-_2 + 0.5 $O_2 \rightarrow NO^-_3$

   Burada da 1.14 mg O_2 oksijen NO_2'yi oksitlemek için gereklidir.

Bu durumda 1 mg NH_4^+'yı oksitlemek için toplam 4.57 mg oksijene ihtiyaç vardır.

Aktif çamur tesisindeki toplam azot için gerekli oksijen miktarını bulmak için aşağıdaki denklemden yararlanılabilir.

$$NOD = 4.57\ Q\ (N_o - N_e) / 100$$

NOD = Azot oksijen ihtiyacı (kg/gün)

Q = Atıksu Debisi (m^3/gün)

No = Giriş NH^+_4 konsantrasyonu (mg/lt)

Ne = Çıkış NH^+_4 konsantrasyonu (mg/lt)

N-NH_3'ün NO^-_3'e indirgenme işlemi sonucunda oksijen ile nitrifikasyon işlemi tamamlanır. Ancak oluşan NO_3 atığı ayrı bir proses ile arıtılması gereklidir. Bu işlem son çökeltme tankında çökeltme sorununu azalttığı gibi gerekli oksijen miktarında azaltmaktadır. Dentrifikasyon prosesi NO_3^-'ü N_2'ye çevirek azot arıtım işlemini tamamlanır. Reaksiyon aşağıdaki gibidir.

$$NO_3 + \text{Besin} \rightarrow N_2 + CO_2 + H_2O + \text{Hücreler}$$

Havasız ortamda gerçekleşen bu reaksiyon sonucu BOİ miktarında azalma olur. Yaklaşık 1 mg/lt NO_3-N, 3 mg/lt BOİ arıtımı yapar. BOİ miktarında olan bu azalma sonucu BOİ için gerekli oksijen miktarında o oranda azalma sağlar. Ortalama olarak oksijen miktarında genel toplamda % 15 azalma denitrifikasyon prosesi ile sağlanır.

5. OKSİJEN TRANSFERİ VE OKSİJENLENDİRME SİSTEMLERİ

5.1. GİRİŞ

Aktif çamur tesislerinde oksijen en önemli kimyasaldır. Tesisin çalışması için yeterli oksijen şarttır. Bu bölümde oksijenin su içinde çözülmesi ve bu çözülmenin havadan oksijen alındığında ve saf oksijen kullanıldığında ne şekilde olacağı üzerinde durulacaktır. Her iki sistemde, aynı prensipten yararlanarak gaz transferinin nasıl olacağı yolunda bizlere bir fikir verecektir. Daha sonra oksijenlendirme metodları üzerinde durulacaktır.

Aktif çamur tesislerinde oksijenlendirme işi için kullanılan ekipmanlar, gerek havalandırma ekipmanları, gerekse oksijenlendirme ekipmanları mutlaka yeterli miktarda oksijeni vermeleri ve tank içinde homojen bir karışımı sağlamaları şarttır.

5.2. OKSİJEN TRANSFERİ

Oksijenin suya transferinin nasıl olduğunu anlayabilmek için genellikle kabarcığın akışkana nüfuz etme yaklaşımı üzerinde durulur. Ayrıca, gazın çözünürlüğü, basıncı,ısısı ve konsantrasyonu gibi denge koşullarınında gözönünde bulundurulması gerekir.

Gaz transferi, bir gaz kabarcığının sıvıya iletimi demektir. Oksijenin sıvı faza geçişi Şekil 3'deki gibi aşağıdaki fazlarda oluşur.

a) Gaz fazından gaz tabakasına difüzyon. Bu proses çok hızlı bir şekilde gaz-sıvı arakesitinde doygunluk konsantrasyonuna ulaşmayı sağlar.

b) Gaz-Sıvı arakesitinden geçiş. Göreceli olarak çok yavaştır.

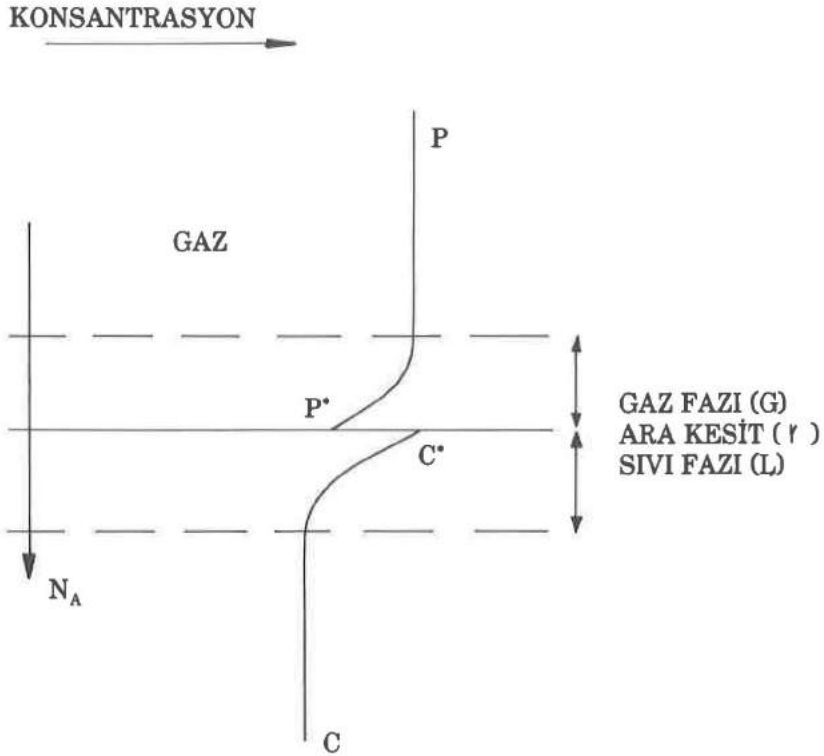
c) Sıvı tabakasından sıvı fazına geçiş.

Oksijen transferinin direncini bu üç fazdaki geçiş süreçleri belirler. Bu fazlarda, moleküllerin çok yüksek hızı, kısa mesafeler ve çok sayıda çarpışmalar geçişi yavaşlatır.

Oksijen transferindeki toplam direnç "R" ile ifade edilirse R, bütün dirençlerin toplamına eşittir.

$$R = R_G + R_I + R_L$$

R_G = Gaz tabakası direnci
R_I = Gaz-Sıvı arakesit direnci
R_L = Sıvı Tabakası direnci



ŞEKİL 3: SIVI - GAZ ARA KESİTİNDE GAZ KONSANTRASYONU

Genelde R_L, yani sıvı tabakası direnci gaz transferini kontrol eden faktördür. Gerçekte bütün dirençlerin miktarlarını tek tek saptamak zor olacağından, kütle transfer katsayısı (K_L) genel olarak miktarı belirler.

$K_L = I/R$

Transferin gerçekleştiği arakesit alanı da oksijen transfer hızını etkileyeceğinden oksijen transfer hızı aşağıdaki gibi ifade edilir.

$N_A = K_L \ A \ (Cs-C)$

Burada,

K_L = Kütle transfer katsayısı

A = Toplam arakesit alanı

Cs = Doymuş çözünmüş oksijen konsantrasyonu (mg/lt)

C = Sıvıdaki çözünmüş oksijen konsantrasyonu (mg/lt)

Yukarıdaki denklem şu şekilde de ifade edilebilir;

$$V.\frac{dc}{dt} = K_L A (Cs-C)$$

V = Sıvının hacmi, denklem yeniden düzenlendiğinde,

$$\frac{dc}{Cs-C} = K_L \frac{A}{V} dt$$

A/V ifadesini a olarak adlandırırsak,

$$\frac{dc}{Cs-C} = K_L a\, dt$$

Ancak genelde "K_L" ve "a" katsayıları her ikisi birlikte $K_L a$ olarak tek bir katsayı ile ifade edilir.

$K_L a$'YI ETKİLEYEN FAKTÖRLER

1. ISI :

$K_L a$ ısıya göre değişkendir. Standart koşullarda 20 °C'ye göre bağıntı aşağıdaki gibidir.

$$(K_L a)\ T = (K_L a)_{20}\ (1.024)^{T-20}$$

Aynı zamanda doymuş çözünmüş oksijen konsantrasyonlarının da ısıya göre değiştiği unutulmamalıdır.

2. YÜZEY - AKTİF MADDELERİN ETKİSİ

Bir akışkanda kabarcıkların birbirleriyle birleşme eğilimi o çözelti içerisindeki maddelere göre farklıdır. Küçük kabarcıkların oluşturabilmesi kütle transfer hızı açısından önemlidir. Örneğin atıksuda deterjan bulunması, kabarcık büyüklüğünü küçültür ve kütle transferini hızlandırır. Ancak aynı zamanda akışkandaki kabarcık birleşmeleri azaldığından kabarcık yüzeylerini hareketsiz ve rijit bir hale dönüştürür. Dolayısıyla K_L ve kütle transfer hızlarında düşüş olur. Bu örnek deterjanların iki zıt etkisi olduğunu göstermektedir.

3. YAĞ ASİTLERİ

Atıksuyun içerisinde yağ asitleri bulunması K_L değerini etkiler, çünkü gaz-sıvı arakesitlerinde absorblandıkları için gaz transfer hızını doğrudan etkiler.

OKSİJEN TRANSFERİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER

1. ATMOSFER BASINCI

Doymuş çözünmüş oksijen konsantrasyonu atmosfer basıncındaki değişikliklerden etkilenir. 760 mm civa basıncı standart atmosfer basıncı olarak kabul edildiğinde değişim aşağıdaki gibidir.

$$(Cs)_p = (Cs)_{760} \frac{(P-p)}{(760-p)}$$

Burada,

P = Doymuş suyun buharlaşma basıncı
p = İşletme koşullarında atmosfer basıncı

2. ALFA FAKTÖRÜ

Temiz su ve atıksu için K_La katsayıları değişiktir. Alfa faktörü bu korelasyonu sağlamak amacıyla kullanılır.

$$\alpha = \frac{(K_La)\ \text{ATIKSU}}{(K_La)\ \text{TEMİZSU}}$$

Alfa faktörü havalandırma süresi, havalandırma sistemi ve kirlilik derecesine göre değişir. 0.3 - 0.9 arasında geniş bir değişim aralığı vardır.

3. BETA FAKTÖRÜ

K_La değerinde olduğu gibi doymuş çözünmüş oksijen konsantrasyonunda da (Cs) temiz su ve temiz atıksu koşullarına göre bir değişim sözkonusudur. Beta faktörü bu değişimi ifade eder.

$$\beta = \frac{Cs\ ATIKSU}{Cs\ TEMİZSU}$$

ß değerinin genel olarak 0.9 civarında olduğu kabul edilir.

4. OKSİJENLENDİRME TİPİ

İki ayrı havalandırma tipi difüzör ve mekanik havalandırma oksijen transferinde farklı karakteristikler taşırlar. İnce kabarcıklı difüzörlerden çıkan kabarcıklar pisliklere karşı daha hassastırlar ve çabuk etkilenirler. Fakat mekanik havalandırıcılar yeni arakesitler yaratarak oksijen transferini yavaşlatırlar.

5. ASKIDAKİ KATILAR

Alfa faktörünü, askıda katı madde konsantrasyonu ve katıların yumaklaşma eğilimi gösterip göstermedikleri etkiler. Dolayısıyla oksijen transferi de etkilenir.

HENRY KANUNU

Henry Kanunu doymuş çözünmüş oksijen konsantrasyonunun saptanmasında önemli bir göstergedir. Bu kanun, bilinen bir ısıda, bir sıvının içinde çözünen gaz miktarının doğrudan o gazın kısmi basıncı ile orantılı olması esasına dayanır.

$Cs = p.H$

Buna göre

p = Gaz fazında oksijenin kısmi basıncı
H = Henry sabiti

HAVA İÇİN DOYGUNLUK KONSANTRASYONU

Oksijenin hava içindeki kısmi basıncı 0.21 atm olduğuna göre doygunluk konsantrasyonu normal koşullarda aşağıdaki gibi bulunur.

$Cs = 0.21 \times 40.6$
$= 8.5$ mg/lt

Sıcaklığa göre hava için doymuş çözünmüş oksijen konsantrasyonları Tablo 1'de verilmiştir.

SAF OKSİJEN İÇİN DOYGUNLUK KONSANTRASYONU

Saf oksijenin kısmi basıncı 1.0 atm olacağından doygunluk konsantrasyonu normal koşullarda aşaıdaki gibidir.

$Cs = 1.0 \times 40.6$
$= 40.6$ mg/lt

Görüldüğü gibi doymuş çözünmüş oksijen konsantrasyonu saf oksijende yaklaşık 5 kat daha büyüktür.

Saf oksijenin doygunluk konsantrasyonu ve hava için doygunluk konsantrasyonu karşılaştırılması Şekil 4 de gösterilmektedir.

Ancak pratik koşullarda bazı çözünmüş gazlar (karbondioksit ve azot) saf oksijene nüfuz edeceğinden oksijenin kısmi gaz basıncını düşürür ve doygunluk değeri de düşer.

Oksijen transfer hızını her iki durum için irdelemek amacıyla örnek olarak 1 mg/lt çözünmüş oksijen konsantrasyonundaki bir atığın aktif çamur tesisinde transfer hızını bulalım.

Havada oksijen transfer hızı

$= K_La \times (Cs - C)$
$= K_La \times (8.5 - 1)$
$= 7.5\ K_La$

Saf oksijenin transfer hızı

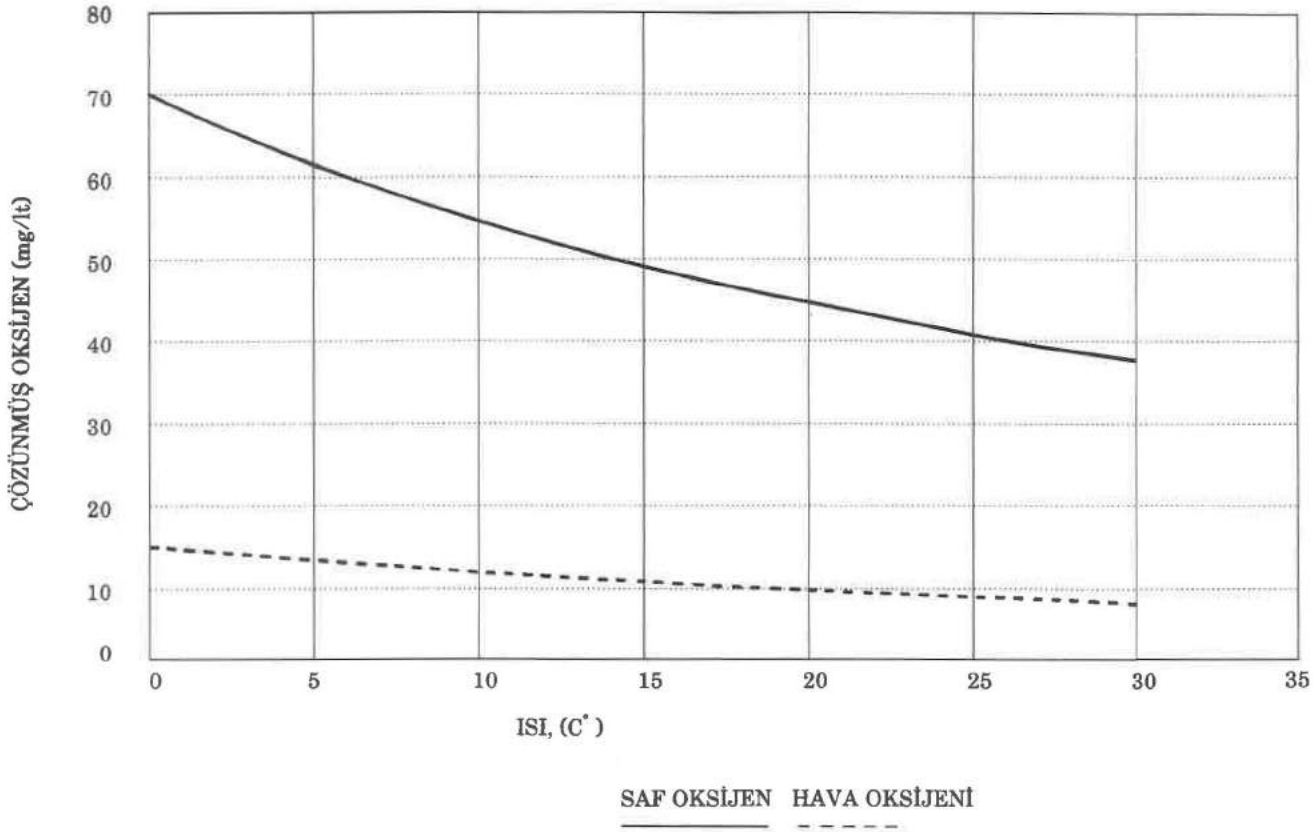
$= K_La \times (Cs - C)$
$= K_La \times (40.6 - 1)$
$= 39.6\ K_La$

Bu değerler yaklaşık olarak saf oksijenin havaya göre 5 kat daha fazla transfer hızının sahip olduğunu göstermektedir.

TABLO I

SAF SUDA ÇÖZÜNMÜŞ OKSİJEN DOYGUNLUK DEĞERLERİ

ISI °C	mg O_2/lt	ISI °C	mg O_2/lt
0	14.63	21	8.91
1	14.23	22	8.74
2	13.84	23	8.57
3	13.46	24	8.42
4	13.11	25	8.26
5	12.77	26	8.12
6	12.45	27	7.97
7	12.13	28	7.84
8	11.84	29	7.70
9	11.55	30	7.57
10	11.28	31	7.45
11	11.02	32	7.33
12	10.77	33	7.21
13	10.53	34	7.09
14	10.29	35	6.98
15	10.07	36	6.88
16	9.86	37	6.77
17	9.65	38	6.67
18	9.46	39	6.57
19	9.27	40	6.47
20	9.08		



ŞEKİL 4: SAF OKSİJEN VE HAVANIN SU İÇİNDE ÇÖZÜNÜRLÜĞÜ
(BOC LTD'nin izniyle yayınlanmıştır.)

5.3. AKTİF ÇAMUR TESİSLERİNDE OKSİJENLENDİRME SİSTEMLERİ

GİRİŞ

Aktif çamur tesislerinde oksijenlendirme, oksijen ihtiyacının karşılanması ve organik maddelerin ve biyokütlenin homojen şekilde karıştırılması işlemleri için yapılır.

Oksijenlendirme sistemleri genel olarak üç grupta toplanabilir.

(i) Basınçlı hava ile çalışan sistemler
(ii) Mekanik havalandırmalı sistemler
(iii) Saf oksijen sistemleri

Bu bölümde bu sistemler incelenecektir.

BASINÇLI HAVA İLE ÇALIŞAN SİSTEMLER:

Basınçlı hava ile çalışan sistemler, hava üfleyicilerden sağlanan hava kabarcıklarının havalandırma tankına hava gözenekli difüzörler yardımı ile verilmesi esasına dayanır.

Ancak bu gözenekli malzemenin zamanla tıkanması tesiste problem aratır. Hava içindeki toz gibi maddeler gözenekleri tıkayabilir. Ayrıca atıksu içerisinde bulunan bir takım kimyasalların çökmesi sonucu da çökelme problemi oluşabilir. Bu sistemlerin tesis maliyetleri çok yüksektir. İşletme ve bakım maliyetleri diğer sistemlere oranla yine biraz pahalıdır.

Kabarcık Büyüklüğü	Boyut
İnce kabarcıklı	$d < 2$ mm
Orta kabarcıklı	$d = 2 - 8$ mm
İri kabarcıklı	$d > 8$ mm

Bu sınıflandırmaya göre ince kabarcıklı havalandırma en iyi oksijen verimini,orta kabarcıklı havalandırma ise göreceli olarak daha kötü oksijen transferi ve iri kabarcıklı havalandırma sistemleri ise en kötü havalandırma verimini vermektedir.

Oksijenin suda çözünebilme verimi difüzörlerin sudaki derinliklerine gözenek çaplarına, hava akım hızına göre değişmektedir. Verim derinlik arttıkça ve gözenek çapı küçüldükçe artmaktadır.

Hava yoluyla oksijen transferi yapılan sistemde verim sisteme bağlı olarak 0.05 - 0.30 arasında değişmektedir.

En gelişmiş ince kabarcıklı sistemlerde oksijenlendirme verimi 2.0-2.5 kg O_2/kws değerine ulaşmaktadır. İri kabarcıklı sistemlerde ise verim 0.8-1.2 kg O_2/kws değerindedir.

İnce kabarcıklı diffüzörler genellikle 5000 eşdeğer nüfuzun altındaki tesislerde kullanılır. Ancak tıkanma sorunu olduğundan büyük tesislerde yüzeysel havalandırıcılar tercih edilmektedir. İri kabarcıklı difüzörler ise genellikle küçük tesislerde eşdeğer nüfusun 50-2000 olduğu atıksu tesislerde kullanılır. Bu tesisler genel olarak uzun havalandırmalı olarak projelendirilir.

MEKANİK HAVALANDIRICILAR

Mekanik havalandırıcılar genel olarak düşey milli mekanik havalandırıcılar ve yatay milli havalandırıcılar olarak sınıflandırılabilir.

Havalandırıcılar sabit bir köprüye veya duba üzerine monte edilerek çalıştırılırlar. Amaç tam karışımı sağlamak ve mikroorganizmanın yüzeydeki hava ile temasını sağlamaktadır. Aşağıdan çekilen aktif çamur hava ile temas ederek tekrar havuza ulaşır. Düşey milli havalandırıcılar genel olarak 3.0-5.5 m su derinliklerinde çalıştırılırlar. Bu tip havalandırıcılar 1-120 kw arasında motor gücüne sahip olabilirler. Bu tip havalandırıcılar aynı saft üzerinde birden fazla havalandırıcı ile de çalışır. Tesislerde gürültü ve çevreye verilen aerosol problemi, son yıllarda bu sistemlerden uzaklaşılmasına neden olmuştur.

Düşey milli havalandırıcılarda verim standart koşullarda 2.0 kg O_2/kws değerine kadar çıksa da tesis koşullarında 1.0 kg O_2/kws değerini geçmemektedir. Düşey milli havalandırıcılar 5000-1500000 eşdeğer nüfus değerlerinde yaygın olarak kullanılmışlardır.

Yatay milli havalandırıcılar genellikle fırçalar ve rotorlardır. Oksijen verimleri 1.2 - 2.0 kg O_2/kws'dir. 2.2-55 kw değerine kadar motor gücüne sahiptir. Oksidasyon hendeklerinde 0.9-2.7 m derinliklerinde kullanılır.

TABLO 2

TİPİK α DEĞERLERİ

HAVALANDIRICI	α DEĞERİ
İri Kabarcıklı Difüzörler	0.95
İnce Kabarcıklı Difüzörler	0.50
Jet Havalandırıcı	0.75
Yüzeysel Mekanik Havalandırıcı	0.90
Batık Türbinler	0.85

Standart koşullarda oksijen transfer verimleri Tablo 5'de gösterilmiştir.

TABLO 3

HAVALANDIRICILARIN STANDART OKSİJEN TRANSFER HIZLARI

HAVALANDIRICI TİPİ	STANDART OKSİJEN TRANSFER HIZI (kg O_2/kws)
İnce Kabarcıklı Difüzörler	1.2 - 2.0
İri Kabarcıklı Difüzörler	0.6 - 1.2
Jet Havalandırıcı	1.2 - 2.4
UNOX Saf Oksijen Sistemi	2.4 - 3.8
VITOX Saf Oksijenasyonu	2.8 - 4.2
Yüzeysel Havalandırıcı	2.1 - 2.4
Türbin Havalandırıcı	2.1 - 3.2
Oksidasyon Fırçası	2.4 - 3.2

OKSİJEN TRANSFERDE TESİS KOŞULLARININ ETKİSİ:

Standart oksijenasyon hızlarını, gerçek oksijenasyon hızlarına dönüştürmek için, sıcaklığa, yüksekliği, çözünmüş oksijen değerine ve diğer etkilere bağımlı olarak aşağıdaki formül yaygın olarak kullanılmaktadır.

$$AOR = SOR \times \beta \frac{Csw - C_L}{Cs} \times \theta^{T-20} \times \alpha$$

Burada,

AOR = Gerçek oksijen transfer hızı, kg O_2/kwst
SOR = Standart oksijen transfer hızı kg O_2/kwst
α = Göreceli atıksuda, suya göre oksijen transferi
β = Göreceli olarak atıksudaki suya göre oksijen doygunluk değeri, Aktif çamur için β = 0.95
θ = Isı doğrulama faktörü θ = 1.024
Cs = Havadan oksijen için doygunluk değeri Cs = 9.17 mg/lt
Csw = Tesiste basınç ve ısıya göre oksijen doygunluk değeri (mg/lt)

$$Csw = C_{14.7} \left(\frac{P}{14.7}\right)$$

C_L = Havalandırma tankındaki çözünmüş oksijen konsantrasyonu (mg/lt)
T = Atıksuyun ısısı, °C
$C_{14.7}$ = Oksijen transfer noktasındaki gerçek basınç
a) Yüzeysel havalandırıcılar için atmosfer basıncı
b) Diğerleri için atmosfer basıncı + tankın orta noktasındaki değer

Havalandırıcı tipine göre α değeri Tablo 2'de gösterilmiştir.

SAF OKSİJEN SİSTEMLERİ

Saf oksijen sistemlerinde,tesislerde üretilen oksijen genel olarak iki sistemle havalandırma tankına iletilir.

1. Kapalı Saf Oksijen Sistemleri
2. Açık Saf Oksijen Sistemleri

Saf oksijenin suda transfer hızı havadan oksijene göre 5 kat daha fazla olduğundan tesis koşullarındaki verim çok daha fazladır.

Kapalı sistemler genel olarak kullanılan ilk oksijen sistemleridir. Unox sistemleri olarak anılırlar. Oksijen transfer maksimum koşullarda % 90 değerine ulaşır. Üç kademeli olan bu sistemlerde yüzeysel havalandırıcılar kullanılır. Havalandırma tankının üzerindeki hava payı tamamen kapatılarak bu bölüme oksijen enjekte edilip havalandırıcıların oksijeni atıksuya nüfuz ettirmesi yoluyla transfer sağlanır. Bu sistemlerde kullanılan enerji yüzeysel havalandırıcıların kullandığı enerjidir. Oksijen verimi Tablo 3'de de görüldüğü gibi 2.4-3.8 kg O_2/kws'dir.

Açık sistemlere örnek 1970'li yıllarda BOC Ltd. tarafından geliştirilen Vitox oksijenasyon teknolojisidir. Bu teknoloji ile oksijen verimi % 99'lara kadar ulaşmıştır. Daha düşük oksijen konsantrasyonu ile sürekli kontrol altında tutulabilmektedir.

Vitox oksijenasyon teknolojisi 2.8 - 4.2 kg O_2/kws değerlerinde çalışmakta ancak oksijen kontrolü ile işletme masraflarında çok büyük tasarruflar sağlamaktadır.

6. AKTİF ÇAMUR PROSES TİPLERİ

6.1 KLASİK AKTİF ÇAMUR PROSESİ:

Bu proses, havalandırma tankı, son çökelme tankı ve geri döngü çamur sisteminden oluşur. Normal koşullar altında 6-12 saat havalandırma süresi vardır. Çökmüş çamur son çökeltme tankının altında havalandırma tankına gönderilir. Fazla çamur ise uzaklaştırılır. Havalandırma süresinin kısa oluşu bazı zamanlarda oksijen yetersizliğine neden olabilir. Düşük yüklemelerde nitrifikasyon problemi oluşabilir. Fazla çamur, genellikle geri döngü sisteminden uzaklaştırılır.

Bu prosesde hava difüzörleri veya mekanik havalandırma sistemleri oksijen verme yöntemleri olarak kullanılır. Saf oksijen sistemleri de uygulanabilir. Ancak kapalı sistemlerde havalandırma tankının üstü kapatılmalıdır. Açık saf oksijen prosesleri hem pratik ve oksijen kontrollü olduğundan hem de karışıma yardımcı bir ekipmana gerek duymadan sağlandığından uygulamada daha iyi neticeler vermektedir.

Klasik aktif çamurda çamur geri döngü oranı genellikle giriş debisinin %25 - %50'si kadardır.

6.2. BASAMAK HAVALANDIRMALI AKTİF ÇAMUR PROSESİ

Basamak havalandırmalı aktif çamur tesisinde, çamur geri döngüsü bir noktadan değil de, besin/mikroorganizma oranını dengeleyebilmek için birçok noktadan yapılır. Böylece pik oksijen ihtiyacı azaltılabilir. Bu proses 1939 yılında ilk defa Gould tarafından geliştirilmiş ve Talimans adasında uygulanmıştır.

Havalandırma tankında atıksu perde ile ayrılmış kanallardan çevrilir. Herbir kanala ayrı ayrı çamur döngüsü verilir. Her basamak için ayrı bir çamur geri döngü borulama sistemi yapılır.

Bu şekilde basamak havalandırma sayesinde oksijen ihtiyacı daha düzenli bir şekilde dağıtılır. Basamak havalandırma çözünmüş organiklerin teması ve yüksek BOİ yüklerine kısa temas sürelerinde cevap verir. Havalandırıcı olarak genellikle difüzör sistemleri uygundur. Bu tip proseslerde kapalı saf oksijen sistemlerini uygulamak imkansızdır. Ancak Vitox oksijenasyon teknolojisi ile hem tesisin kapasitesi arttırılabilir, hem de istenen standartlara kolayca erişilir.

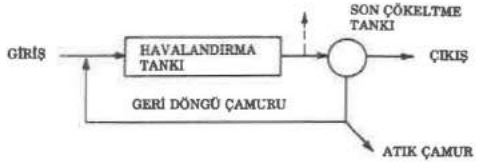
6.3. TAM KARIŞIMLI AKTİF ÇAMUR PROSESİ:

Bu prosesde tesise giren atıksu dengeli ve eşit olarak havalandırma tankına verilir. Geri döngü çamur atıksu sistemi ile birleştirilerek eşit dağılıma katılır. Oksijen de tesise eşit bir şekilde verilir. Bu ideal koşulun elde edilebilmesi için havalandırma tankları genel olarak dairesel veya kare biçiminde inşaa edilmektedirler. Mekanik havalandırıcıların verdiği oksijen ve karışım verimi bu tiplerde daha iyidir. Küçük aktif çamur tesisleri zaten tam karışımlı aktif çamur prosesi esasına uygun olduklarından bu şekilde çalışırlar.

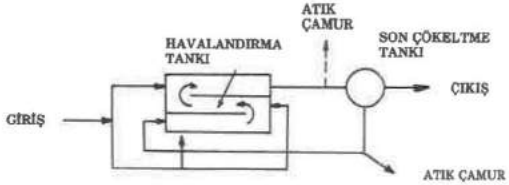
Bu tesislerde yüzeysel havalandırıcılar olduğu gibi difüzör sistemleri de kullanılabilir. Saf oksijen sistemleri ise hem dizayn açısından hem de tesisin kapasitesini artırma açısından oldukça uygundur.

6.4. UZUN HAVALANDIRMALI PROSESLER:

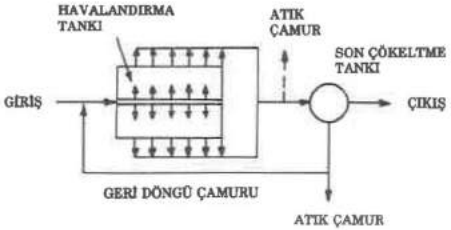
Uzun havalandırmalı prosesler tam karışımlı sistemler gibi çalışırlar ancak, göreceli olarak daha düşük organik yüklemelerde ve uzun havalandırma sürelerinde çalışırlar. Dolayısıyla F/M oranı çok düşük, çamur miktarı az ve çamur yaşı (Θc) yüksektir. Genellikle inşaat masrafları yüksek olduğundan 3800 m^3/gün kapasitesinin altındaki tesisler için uygundur. Bu proses genellikle paket prefabrik tesislerde, tatil sitelerinde, okullarda ve küçük yerleşkelerde uygulanır. Pratikte çamur miktarının az olması ve çamur proseslerinin yapılmaması avantajı olsa da, yine de çamur problemi ile karşılaşılmıştır. Ancak ön çökeltme tankına gerek olmayışı sistemin önemli avantajlarından biridir.



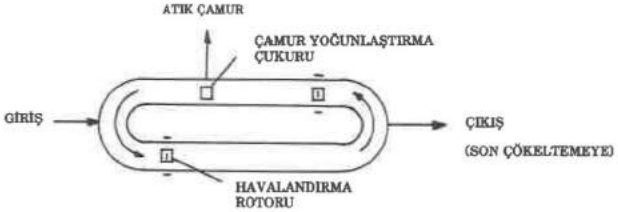
(a) KLASİK AKTİF ÇAMUR PROSESİ



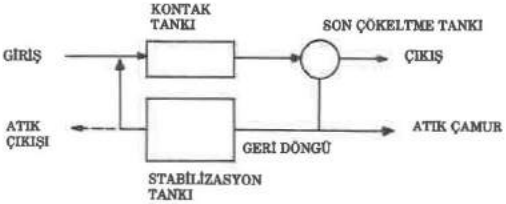
(b) BASAMAK HAVALANDIRMALI AKTİF ÇAMUR PROSESİ



(c) TAM KARIŞIMLI AKTİF ÇAMUR PROSESİ



(d) OKSİDASYON HENDEĞİ PROSESİ (UZUN HAVALANDIRMA)



(e) KONTAK STABİLİZASYON AKTİF ÇAMUR PROSESİ

ŞEKİL 5: AKTİF ÇAMUR PROSESİ TİPLERİ

TABLO 4

AKTİF ÇAMUR PROSESLERİ İŞLETME KARAKTERİSTİKLERİ

PROSES TİPİ	AKIŞ MODELİ	HAVALANDIRMA ŞEKLİ	BOİ UZAKLAŞTIRMA % VERİMİ	NOTLAR
Klasik Aktif Çamur Prosesi	Piston Akımlı	Difüzör veya mekanik havalandırma	85-95	Zayıf yükte atıksularda kullanılır. Şok yüklemelerde verim düşer.
Basamak Havalandırma prosesi projesi	Piston Akımlı	Difüzör	85-90	Endüstriyel BOİ yüklerinde verim düşer.
Tam karışımlı Aktif çamur prosesi	Tam Karışım	Difüzör veya Mekanik havalandırma	85-90	Şok yüklemelerde problem oluşur. Genelde uygulanan bir prosestir.
Uzun havalandırma prosesi	Tam Karışım	Difüzör veya Mekanik havalandırma	75-95	Küçük kapasitede arıtma tesislerinde uygulanır.
Kontuk Stabilizasyon Aktif çamur prosesi	Piston Akımlı	Difüzör veya Mekanik havalandırma	80-90	Paket tesislerde daha çok uygulanır.

TABLO: 5

KARŞILAŞTIRMALI AKTİF ÇAMUR PROSESLERİ DİZAYN PARAMETRELERİ

PROSES TİPİ	ÇAMUR YAŞI Ö (gün)	F/M ORANI	HACİMSEL YÜKLEME	MLSS (mg/lt)	Bekleme süresi (saat)	Qr/Q
Klasik Aktif Çamur prosesi	5 - 15	0.2 - 0.4	0.3 - 0.6	1500 - 3000	4 - 8	0.25 - 0.50
Basamak Havalandırmalı proses	5 - 15	0.2 - 0.4	0.6 - 1.0	2000 - 3500	3 - 5	0.25 - 0.75
Tam karışımlı A.çamur Prosesi	5 - 15	0.2 - 0.6	0.8 - 2.0	3000 - 6000	3 - 5	0.25 - 1.00
Uzun Havalandırmalı A.çamur Prosesi	20 - 30	0.05 - 0.15	0.1 - 0.4	3000 - 6000	18 - 36	0.75 - 1.50
Kontak Stabilizasyon	5 - 15	0.2 - 0.6	1.0 - 1.2	(1000 - 3000)[a] (4000 - 10000)[b]	(0.5-1.0)[a] (3 - 6)[b]	0.25 - 1.0

a: Kontak Ünitesi
b: Çamur stabilizasyon Ünitesi

Bu tesislerinde, saf oksijen sistemleri ile kapasitelerinin artırılması mümkündür. Havalandırma hacminin büyük olması karıştırma problemini doğurmuştur. Dolayısıyla uzun havalandırmalı tesislerde yüksek karıştırma enerjisi gerekir. Saf oksijen sistemleri karıştırma enerjileri, havalı sistemlere oranla düşük olduğundan enerji tasarrufu sağlarlar.

En çok kullanılan uzun havalandırmalı sistemlerden biri de oksidasyon hendekleridir. İlk kez Hollanda'da küçük kasabalarda uygulanan bu sistem daha sonra Avrupa'da ve ABD'de bir çok küçük yerleşim biriminde kullanılmıştır. Şekil: 5'de görüldüğü gibi elips biçimindeki bu tesisde hendek derinliği 1-1.5 m civarındadır. Dönme ve havalandırma işlemi Kessener Fırça karıştırıcısı ile yapılır ve dönme hızı genellikle 0.3 - 0.6 m/sn arasındadır.

6.5. KONTAK STABİLİZASYON AKTİF ÇAMUR PROSESİ:

Bu tip proseslerde aktif çamurdan BOİ uzaklaştırılması 20-40 dakikada geri döngü çamurunu atıksu debisi ile karıştırarak sağlanır. Çoğu zaman ön çökelme tankına gerek duyulmamaktadır. BOİ uzaklaştırılması işlemi iki fazda gerçekleşir. 1.Faz, 20-40 dakikada aktif çamur içinde çözünmüş ve askıdaki organiklerin absorblanması işleminin yapıldığı yerdir. 2. Fazda oksidasyon işlemi gerçekleştirilir. Normal aktif çamur tesislerinde bu iki işlem aynı tankta yapılırken kontak stabilizasyon sistemlerinde bu işlemler 2 fazda gerçekleştirilir.

Çökelen atıksu geri döngü aktif çamuru ile birleştirilip kontak tankında 30-90 dakika havalandırılır. Bu periyod esnasında organikler çamur yumakları tarafından emilir. Daha sonra çamur arıtılmış sudan çökelme yolu ile ayrıştırılır. Geri döngü çamuru çamur stabilizasyon tankında 3-6 saat havalandırılır. Bu süre boyunca absorblanan organikler enerji ve yeni hücrelere dönüşürler. Daha sonra çamurun bir kısmı (fazla çamur) alınırken gerekli MLSS'i sağlamak için diğer bir kısmı da geri döngü yapılır.

Bu prosesle havalandırma hacmini yaklaşık olarak % 50 oranında küçültmek mümkündür. Ancak evsel atıksuda iyi neticeler verdiği halde endüstriyel atıksularda aynı verim gözlenmemektedir.

Tablo 4 karşılaştırmalı olarak aktif çamur prosesleri işletme karakteristiklerini, Tablo 5 ise karşılaştırmalı olarak dizayn parametrelerini vermektedir.

7. SAF OKSİJEN PROSESLERİ

7.1. SAF OKSİJEN ÜRETME YÖNTEMLERİ

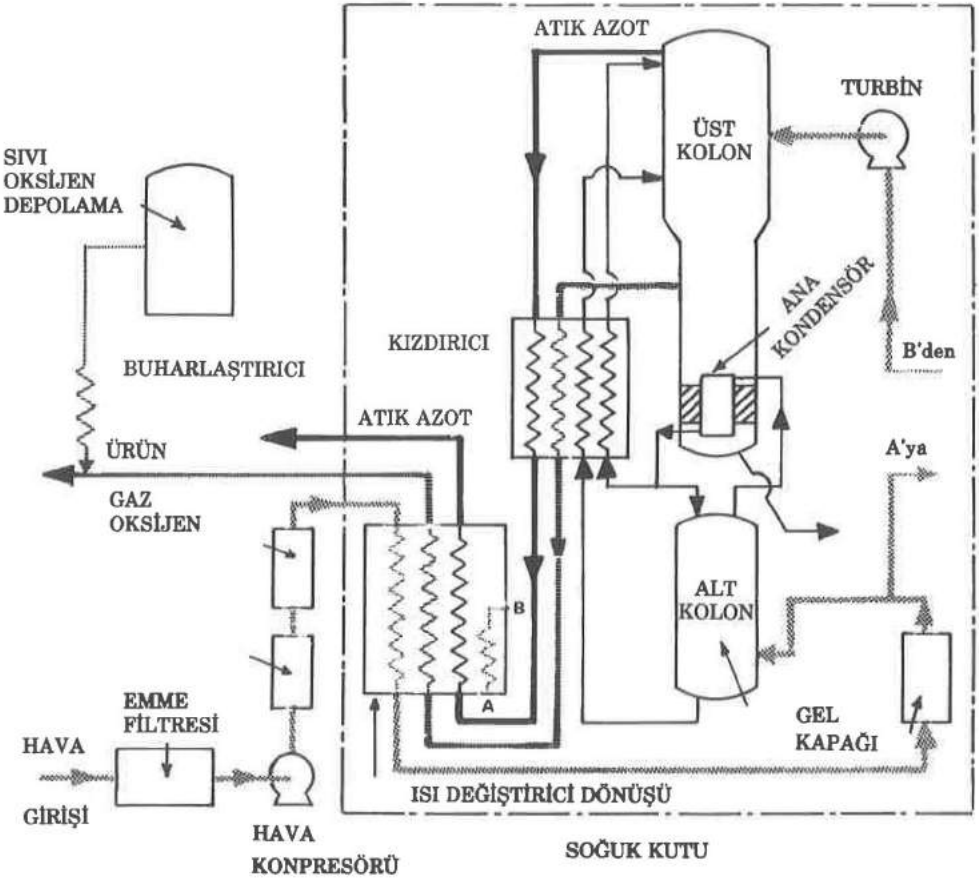
Saf oksijen havadan bir takım yöntemlerle ayrıştırılarak üretilir. Temel olarak iki değişik yöntem ile hava içerisindeki oksijen saflaştırılır. Bu yöntemler kriyogenik ve basınç azaltma-çoğaltma yöntemleri olarak sınıflandırılırlar. Kriyogenik yöntem ve hava içerdiği gazlara ayrıştırılırken basınç azaltma çoğaltma yönteminde ise yüksek basınç altında sadece oksijen, gaz halinde üretilir. Bu yöntemler aşağıda daha ayrıntılı açıklanacaktır.

KRİYOGENİK HAVA AYIRMA PROSESİ

Kriyogenik hava ayırma prosesi, havanın sıvılaştırılması ve bileşiklerine ayrılması için kısmi distilasyon esasına dayanır. Havada pek çok element ve bileşik bir arada bulunur. Ancak bunlardan sekiz tanesi değişmez konsantrasyonda bulunmaktadır. Bunlardan yedi tanesi ticari yönden önemlidir ve oksijen bu gazların en önemlilerindendir. Filtrelerde süzülmüş havanın önce sanrifüj bir kompresör ve ard soğutucu yardımıyla basıncı yükseltilir. Suyun ayrıştırılmasından sonra hava ters akım ısı değiştiricisine girer. Bu prosesten çıkan gaz ürün tarafından hava zıt akım ısı değişimi yoluyla şebnem noktasına kadar soğutulur. Soğutma işlemi ile rutubet ısı değiştirici geçit duvarlarında önce yoğunlaşır ve donar. Düşük ısıda CO_2 de donar ve ısı değiştirici geçit duvarında rutubet gibi birikir. Bu proses sonucu hava tamamıyle kuru ve karbondioksit gazından % 90 oranında ayrıştırılmış olur. Hidrokarbonları ve kalan karbondioksidi uzaklaştırmak için, gaz fazı sabit-yatak adsorpsiyonu kullanılır. Çünkü sıvı oksijen ortamında hidrokarbon bulundurmak tehlikelidir.

Bu prosesten sonra temizlenmiş hava çift kolonlu rektifikasyon ünitesine girer. Bu ünite bir ısı değiştirici ile orta yerinden ısısal bağlanımı bulunan iki raflı distilasyon oluşmaktadır.

Alt kolonu yoğunlaştırıcı üst kolonu ise bir buharlaştırıcı olan bu ısı değiştiricide oksijen azotten daha uçucu olduğu için, azot kolonlarda yükselirken oksijen aşağı iner. Böylece üst kolonun kondensör yönünde yüksek saflıkta oksijen oluşur. Alt kolonun kondensör yönünde de saf azot oluşur.



ŞEKİL 6: KRİYOGENİK HAVA AYIRMA ÜNİTESİ

Oksijenin kaynama noktası azotunkinden yüksek olduğundan alt kolonda basınç azotun yoğunlaşma ısısını yükseltmeye yetecek kadar yüksek olmalıdır. Azot yoğunlaştıktan sonra, ikiye ayrılır, bir kısmı kolona rifleks olarak geri dönerken diğer kısmı yöne riflaks olarak azot aşırı ısıtıcısı yoluyla, üst kolonu çevrilir.

Oksijence zengin bir sıvı akımı alt kolonun tabanından çıkar ve soğutulduktan sonra üst kolon için ana besleme akımını oluşturur. Üst kolona gelen iki akımda aşırı soğutulur. Oksijen ana kondensörden doymuş buhar halinde, azot ise üst kolonda yüksek saflıkta doymuş buhar halinde uzaklaştırılır. Azot ve oksijen akımları daha sonra 100 K'ye kadar ısıtıldıktan sonra ters akım ısı değiştiricilerine gönderilir ve ortam ısısına kadar ısıtılır. Bu işlemler sonucu % 99 saflıkta saf oksijen elde edilir ve büyük kriyogenik tanklarda depolanır.

Kriyogenik tesisler genellikle yılda birkez 5-7 gün bakım için çalmıştırılmaz ve içindeki nem ve hidrokarbonlar alınır. Çok kompresörlü tesislerin bakım zamanı 2-3 güne kadar düşer. Bu zaman boyunca depolardaki oksijen kullanılır.

BASINÇ AZALTMA-ÇOĞALTMA TESİSLERİ (PSA)

Oksijen aynı zamanda absorblayıcı olarak moleküler bir elekten geçirilerek basınç azaltma-çoğaltma prosesi gibi kriyogenik olmayan bir proseslede üretilir. Bu proses yüksek kapasitede ve % 90'ın üstünde saflıkta oksijen üretir.

Bu tesislerde atmosferden alınan hava 2-4 kg/cm^2 basınca tabi tutulur ve su soğutan ısı değiştiriciden geçirilir. Soğutucuda yoğunlaşır ve havanın nemi alınır. Daha sonra hava moleküler eleklerden oluşan absorblayıcıdan geçirilir.

Basınç altında, moleküler elekte nitrojen ve diğer kalıntılar absorblanır. Reaktörde kullanılmak üzere saf oksijen kalır. Absorblayıcı azotu ve oksijeni ayırırken atık azot vanalarla dışarı atılır. Elde edilen gaz halindeki ürün tesislerde kullanılmak üzere doğrudan alınır.

Basınç azaltma-çoğaltma proseslerinde tesise gelen oksijenin % 25'i saflaştırılabilir. Kompresör ve vanaların bakımı yılda 2 günü alır. Çok büyük atıksu arıtma tesisleri için önemli ekonomik kazançlar sağlar.

7.2. SAF OKSİJEN AKTİF ÇAMUR PROSESLERİ

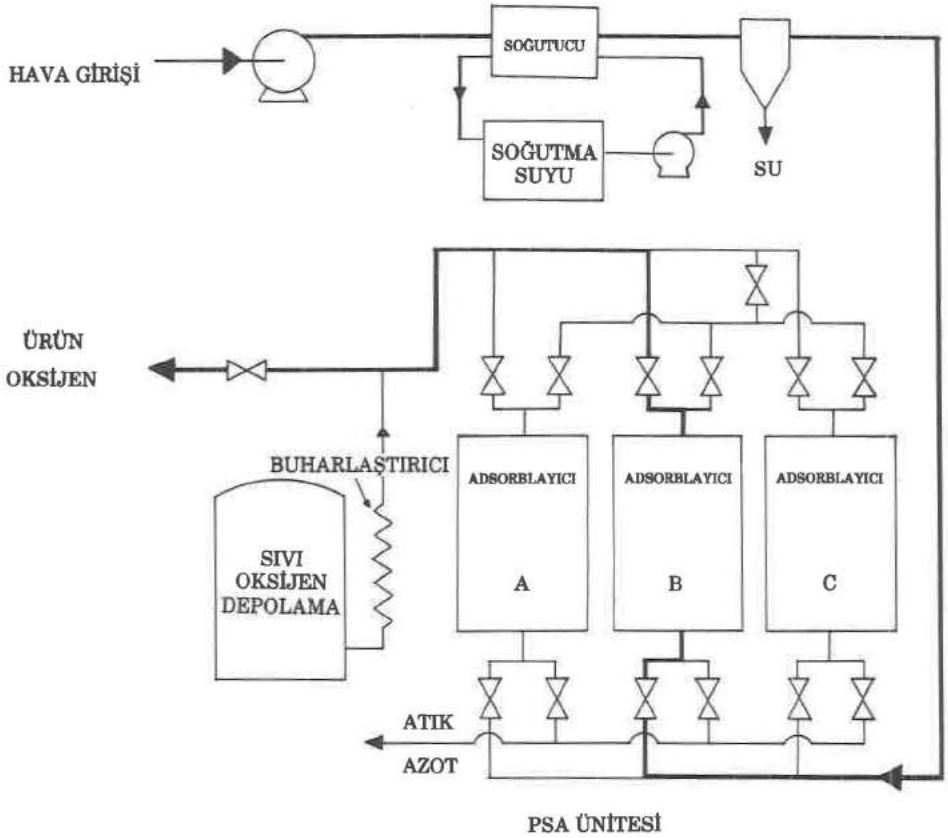
1960'lı yıllardan sonra oksijen üreten kuruluşlar, aktif çamur tesislerinde hava yerine saf oksijen kullanarak yeni prosesler geliştirmişlerdir. İlk çalışmalar evsel atıksuların arıtılması yolunda gelişmiştir. Union Carbide firması Unox sistemi ile bu alandaki ilk yeniliği yapan firmadır. Air Products and Chemical kuruluşu Oases sistemi, FMC kuruluşu Maron sistemi teknolojileri ile atıksu arıtma tesislerinde % 99 verime küçük hacimlerde ulaşılabilmiştir.

1990'lı yıllara doğru bu eğilim daha da artmıştır. Yüksek saflıkta oksijen kullanan sistemler enerji sarfiyatı ve ilk yatırım masrafları yönünden, havalı sistemlere oranla bir takım temel üstünlüklere sahiptir. Aktif çamur tesislerinde mikroorganizmaya sağlanan oksijenin maksimum transfer hızı havalandırma sistemlerinin verimliliğinin ölçüsüdür. Saf oksijenin suda çözündürülmesinin hava sistemlerine oranla beş kat daha fazla olması sistemin performansını daha da artırmıştır. Bu durum oksijenin suda çözünmesi için gerekli enerji miktarının ve oksijenin üretilmesi için gerekli enerjinin daha az olması nedeniyle, toplam gerekli enerji masrafının az olduğunu ortaya çıkarmıştır.

Saf oksijenli sistemler arıtma kapasiteleri yönünden de bir takım üstünlüklere sahiptir. Bu tesislerin büyüklükleri havalı sistemlere oranla 2 hatta 3 kat daha azdır. Ayrıca daha düşük miktarda çamur oluşturmaktadır. Aşırı yüklere karşı daha kolay uyum gösterirler.

Saf oksijen kullanan dünyanın en büyük atıksu arıtma tesisi 1978 yılında Amerika Birleşik Devletleri'nde Ditroit'de kurulmuştur. Bu tesisin yatırımının % 20'si oksijen sistemine ait olup, günde 400 ton oksijen üretmektedir.

Aktif çamur tesislerinde önemli faktörlerden biri, iyi verim alabilmek için tesise doğru miktarda çözünmüş oksijen sağlamaktır. Örneğin iyi verimin ölçüsü giderilen BOİ miktarı ise; kademeli aktif çamur tanklarında atıksuyun ve geri döngü çamurunun (mikroorganizma) karıştığı ilk aşamada gerekli oksijen verilmelidir. Evsel atıksu arıtma tesislerinde, bu aşama aktif çamur tanklarının ilk bölümüdür. Bu noktada solunum ihtiyacı maksimumdur ve havalı sistemlerde bu ihtiyacın anında karşılanması imkansızdır. Geleneksel olarak bu sorun, oksijenin atıksu girişinden ilk iki veya



ŞEKİL 7: BASINÇ AZALTMA - ÇOĞALTMA (PSA) OKSİJEN ÜRETME TESİSİ

üçüncü bölümlere verilerek çözümlenmeye çalışılmıştır. Fakat saf oksijen kullanımı ile böyle bir gereklilik ortadan kalkmakta ve atıksu girişi gereği gibi beslenmektedir.

Saf oksijenli arıtma prosesleri 2 ana bölümde incelenebilir. Bunlar kapalı prosesler ve açık proseslerdir.

KAPALI PROSESLER

Kapalı proseslere en iyi örnek yaklaşık 30 yıllık bir geçmişi olan Union Carbide firması tarafından geliştirilen Unox prosesidir. Bu proses yıllardan beri bir çok evsel ve endüstriyel atıksu arıtma tesislerinde uygulanmaktadır. Prosesin en belirgin özelliği Şekil 8'de görüldüğü gibi üst kısmının gaz koruyucu bir kaplama ile kapatılmasıdır.

Unox prosesi son 20 yılda ABD, Kanada, Avrupa'da yaygın bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır. Aktif çamur tesislerinde BOİ ve amonyak azotunun uzaklaştırılmasında kullanılan proses havalı sistemlere göre küçük boyutlarda tank, düşük enerji gerektirmektedir. Unox tesislerinde aynı zamanda ekonomik olarak yüksek çözünmüş oksijen konsantrasyonları tutulabilmektedir.

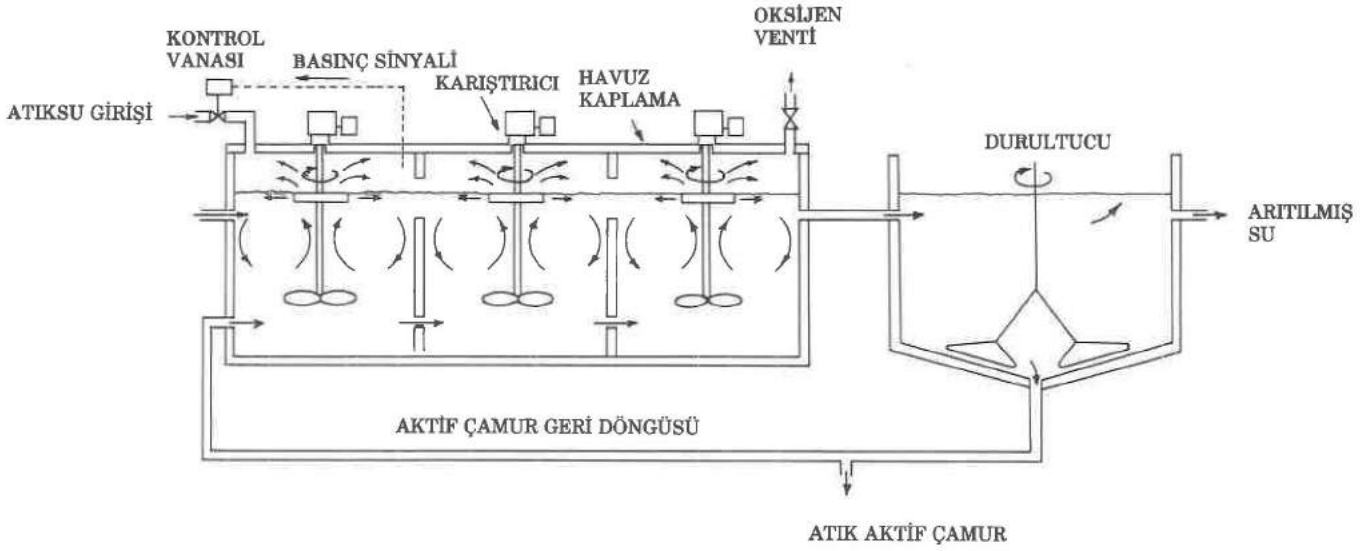
Ayrıca tesiste yüksek çamur çökme hızı, daha stabil ve az miktarda çamur oluşmaktadır.

Unox teknolojisinde aktif çamur havalandırma tankı çeşitli kompartmanlara ayırarak uygulanır. Tesiste oksijen 1. kompartımanın üst kısmından sağlanır. Atıksu girişi ve geri döngü çamuru batık bir şekilde yine 1. kompartmandan sağlanır. Oksijen 1. kompartmanı besledikten sonra sırasıyla bütün kompartmanlardan geçirilir. Son kompartmanda gaz atmosfere bir boru vasıtasıyla verilir.

Aynı zamanda sistem kapalı olduğu için karbondioksit gazı da bu yolla dışarı verilir.

Sistemin en büyük dezavantajı su üzerindeki hava payının gaz dışarıya çıkmayacak şekilde izole edilerek kapatılmasıdır. Son çökeltme tankının üstününde aynı şekilde kapatılması gerekir.

Aşağıdaki tabloda oksijen transfer hızının ve sistemdeki çözünmüş oksijen miktarlarının hava sistemi ile karşılaştırılması yeralmaktadır.



ŞEKİL 8: UNOX KAPALI SAF OKSİJEN AKTİF ÇAMUR TESİSİ

TABLO 6

ÇÖZÜNMÜŞ OKSİJEN TRANSFER VERİLERİ

PARAMETRE	UNOX	HAVA
K_La (Yüzeysel havalandırıcı kg O_2/saat) (mg/lt)	6.35	6.35
Ortalama doygunluk Ç.O.kons (mg/lt)	31.0	9.2
Ç.O. Konsantrasyonu (mg/lt)	6.0	2.0
Oksijen transfer kapasitesi (kg/saat)	159	46

Karşılaştırmalı yapılan pilot çalışmalar sonucu Unox tesislerinden hem daha az çamur hem de daha iyi çökelen çamur çıktığı gözlemlenmiştir. Pilot çalışmalarda SSVI değerinin 60 ml/gr olduğu ve genel olarak kritik SSVI değerinin 75 ml/gr olduğu ortaya çıkmıştır. Ancak bu değerler MLVSS konsantrasyonunun 5000 mg/lt olduğu durumunda alınmıştır. Daha yüksek konsantrasyonlarda daha büyük çökeltme alanlarına gerek vardır.

Unox sisteminin avantajları kısaca şu şekilde özetlenebilir.

1. Yüksek oksijen ihtiyaçlarını karşılayabilir.
2. Küçük havalandırma tanklarında yüksek MLVSS konsantrasyonlarına ulaşılabilir.
3. Daha iyi çamur çöktürme ve yoğunlaştırma
4. Uzaklaştırılan birim BOİ'de daha az çamur oluşumu
5. Daha hızlı oksijen transferi
6. Daha stabil arıtma
7. Kokusuz arıtma

Unox sisteminin en önemli dezavantajı ise tesisin üzerinin kapatılması problemi ve bundan dolayı karbondioksit gazının sistemden zor çıkarılmasıdır. Dolayısıyla pH da azalmalar gözlemlenir. Bu problem de nitrifikasyon oluşumunu zorlaştırır.

EPA, 1977 yılında ABD'da yapılan deneyler sonucu Unox sisteminin tipik dizayn kriterlerini saptamıştır. Tablo 7 bu kriterleri göstermektedir.

PROSES KONTROLÜ

1- REAKTÖRDEN GAZ ALMA: Kullanılmayan oksijen (sağlanan oksijenin %10'u) ve karbondioksit gazı oksijenlendirme tankının son bölümünden alınır. Alınan gazdaki oksijen oranının çokluğu ise (% 50 veya daha fazla) çok fazla miktarda gaz olduğunu gösterir. Saflığın az ve çok olma durumuna göre kontrol vanası açılır.

2- REAKTÖRDE GAZ BASINCI: Reaktörde gaz basıncı otomatik olarak kontrol edilir. Basınç genellikle 5 cm su sütununda tutulur. Tesise çok oksijen gerektiğinde 5 cm den 10 cm su sütununa basınç yükseltilir. Basınç ölçümü reaktörün birinci bölümünde yapılır.

3- ÇÖZÜNMÜŞ OKSİJEN: Çözünmüş oksijen Probu, reaktörün son bölmesine veya son çökeltme tankına yerleştirilir. Genellikle tesis 4-10 mg/lt oksijen konsantrasyonunda çalışır. Organik yük arttıkça 4 mg/lt çözünmüş oksijen konsantrasyonunun altına düşüleceğinden operatör vent vanasını açık duruma getirir. 10 mg/lt'nin üzerindeki artışlar ise ters işlem yapılarak giderilir.

TABLO 6

ÇÖZÜNMÜŞ OKSİJEN TRANSFER VERİLERİ

PARAMETRE	UNOX	HAVA
K_La (Yüzeysel havalandırıcı kg O_2/saat) (mg/lt)	6.35	6.35
Ortalama doygunluk Ç.O.kons (mg/lt)	31.0	9.2
Ç.O. Konsantrasyonu (mg/lt)	6.0	2.0
Oksijen transfer kapasitesi (kg/saat)	159	46

Karşılaştırmalı yapılan pilot çalışmalar sonucu Unox tesislerinden hem daha az çamur hem de daha iyi çökelen çamur çıktığı gözlemlenmiştir. Pilot çalışmalarda SSVI değerinin 60 ml/gr olduğu ve genel olarak kritik SSVI değerinin 75 ml/gr olduğu ortaya çıkmıştır. Ancak bu değerler MLVSS konsantrasyonunun 5000 mg/lt olduğu durumunda alınmıştır. Daha yüksek konsantrasyonlarda daha büyük çökeltme alanlarına gerek vardır.

Unox sisteminin avantajları kısaca şu şekilde özetlenebilir.

1. Yüksek oksijen ihtiyaçlarını karşılayabilir.
2. Küçük havalandırma tanklarında yüksek MLVSS konsantrasyonlarına ulaşılabilir.
3. Daha iyi çamur çöktürme ve yoğunlaştırma
4. Uzaklaştırılan birim BOİ'de daha az çamur oluşumu
5. Daha hızlı oksijen transferi
6. Daha stabil arıtma
7. Kokusuz arıtma

Unox sisteminin en önemli dezavantajı ise tesisin üzerinin kapatılması problemi ve bundan dolayı karbondioksit gazının sistemden zor çıkarılmasıdır. Dolayısıyla pH da azalmalar gözlemlenir. Bu problem de nitrifikasyon oluşumunu zorlaştırır.

EPA, 1977 yılında ABD'da yapılan deneyler sonucu Unox sisteminin tipik dizayn kriterlerini saptamıştır. Tablo 7 bu kriterleri göstermektedir.

PROSES KONTROLÜ

1- REAKTÖRDEN GAZ ALMA: Kullanılmayan oksijen (sağlanan oksijenin %10'u) ve karbondioksit gazı oksijenlendirme tankının son bölümünden alınır. Alınan gazdaki oksijen oranının çokluğu ise (% 50 veya daha fazla) çok fazla miktarda gaz olduğunu gösterir. Saflığın az ve çok olma durumuna göre kontrol vanası açılır.

2- REAKTÖRDE GAZ BASINCI: Reaktörde gaz basıncı otomatik olarak kontrol edilir. Basınç genellikle 5 cm su sütununda tutulur. Tesise çok oksijen gerektiğinde 5 cm den 10 cm su sütununa basınç yükseltilir. Basınç ölçümü reaktörün birinci bölümünde yapılır.

3- ÇÖZÜNMÜŞ OKSİJEN: Çözünmüş oksijen Probu, reaktörün son bölmesine veya son çökeltme tankına yerleştirilir. Genellikle tesis 4-10 mg/lt oksijen konsantrasyonunda çalışır. Organik yük arttıkça 4 mg/lt çözünmüş oksijen konsantrasyonunun altına düşüleceğinden operatör vent vanasını açık duruma getirir. 10 mg/lt'nin üzerindeki artışlar ise ters işlem yapılarak giderilir.

TABLO 7

UNOX PROSESİNİN TİPİK DİZAYN KRİTERLERİ

Giriş $BOİ_5$ konsantrasyonu (mg/lt)	Havalandırma süresi (saat)	F/M oranı (gün-1)	MLSS (mg/lt)	Geri döngü oranı (%)	Son çöktürme yüzey yüklemesi m^3/gün/m^2	Çıkış $BOİ_5$ (mg/lt)
188	1.60	0.62	5500	1.9	23	20
140	1.42	0.47	6250	-	65	25
200	3.33	0.36	4700	1.9	27	30
200	1.90	0.60	5600	2.8	20	20
350	3.5	0.53	6000	3.0	33	27
200	1.56	0.68	5600	2.0	22	20
110	1.48	0.51	4200	2.2	30	15
370	3.5	0.85	5000	2.0	25	50
133	1.74	0.46	5000	2.2	26	25
1600	13.0	0.42	8000	2.8	22	160

AÇIK PROSESLER

Bu kısımda bu proseslerin dünya literatüründe en gelişmiş örneklerinden biri olan BOC Ltd. patentli Vitox teknolojisinden bahsedeceğiz. Son derece esnek bir uygulama niteliğine sahip bu teknoloji, bir çok aktif çamur prosesinde uygulanmasının yanı sıra atık kollektör hatlarında koku kontrol prosesi ve de göller ve nehirlerin oksijenlendirilmesi için de kullanılır. Teknoloji yüksek hızda oksijenlendirme esas alınarak geliştirilmiş önceleri mevcut biyolojik arıtma tesislerin kapasitesini artırmak için kullanılmış daha sonraları ise yeni tesislerin sadece saf oksijenle projelendirmesinde de kullanılmıştır.

Kapalı sistemlerin dezavantajlarını ortadan kaldıran bu sistem, İngiltere'de BOC Ltd. tarafından geliştirilmiştir. Günümüzde 300'ün üzerinde tesis Vitox sistemi ile çalışmaktadır. Biyolojik arıtma tesislerinde amaç, yeteri kadar çözünmüş oksijeni mikroorganizmaların solunumu ve oksidasyon işlemi için kullanmaktadır. Dolayısı ile yüksek mikroorganizma konsantrasyonları için gerekli oksijen tesis çalıştığı sürece her zaman ihtiyaç kadar havalandırma tanklarına verilmelidir.

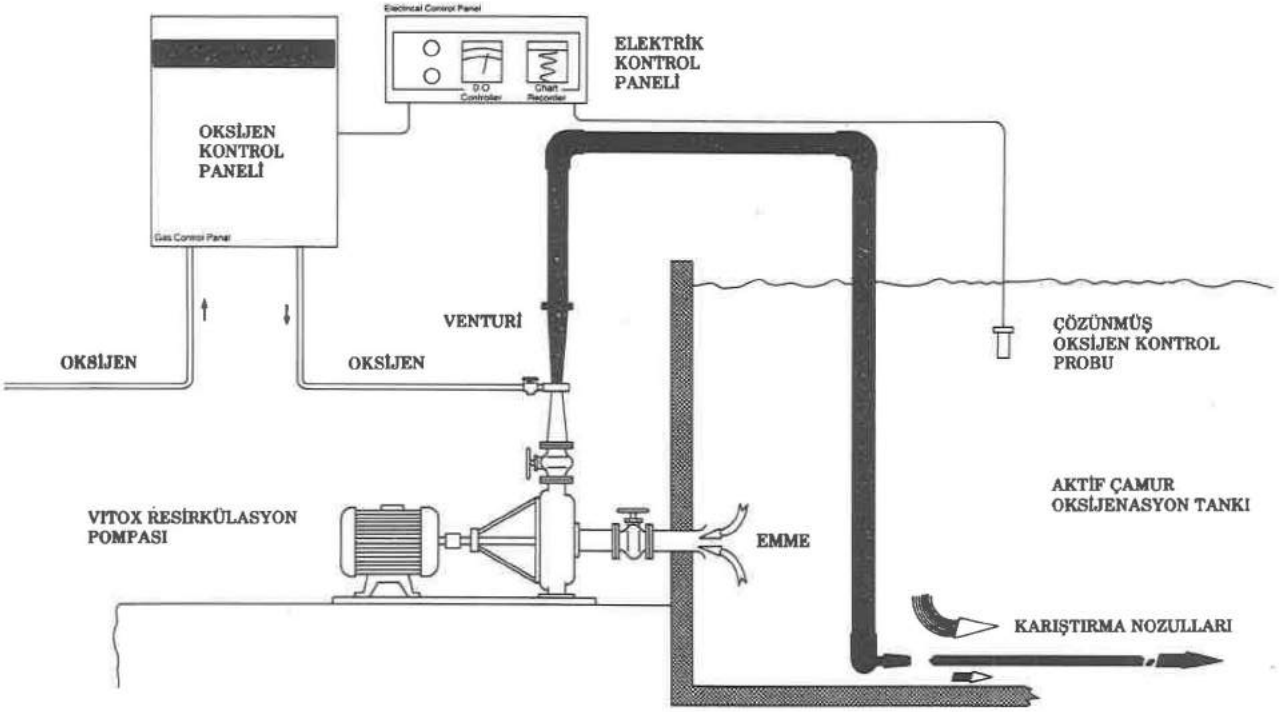
Daha önce de bahsedildiği gibi yüksek hızda oksijen transferinin yüksek çözünmüş oksijen konsantrasyonlarına kolayca ulaşma ve arıtım hızını arttırma gibi faydaları vardır.

Bilindiği gibi havalı sistemler azot ve oksijeni birlikte suya transfer ettikleri için yavaş çözünürler. Aynı koşullarda 15°C de 760 mm barometrik basınçta havadan çözünmüş oksijen konsantrasyonu 10 mg/lt civarında iken saf oksijen 46 mg/lt civarındadır. Saf Oksijenin çözünürlüğü basınçla orantılı olarak artmaktadır, ve saf oksijenin suya kazandırılması için gerekli enerji,havadan çok daha azdır.

Teknolojinin Bölümleri

Vitox oksijenasyon teknolojisi aşağıdaki bölümlerden oluşur.

1. Resürkülasyon Sistemi
2. Venturi Enjeksiyon Sistemi
3. Nozul Sistemi
4. Borulama Sistemi,
5. Oksijen Kontrol Paneli
6. Elektrik Kontrol Paneli
7. Çözünmüş Oksijen Prob. Takımı
8. Sıvı Oksijen Depolama Tankı
9. Buharlaştırıcı



ŞEKİL: 9 VITOX SAF OKSİJEN TEKNOLOJİSİ
AKTİF-ÇAMUR TESİSİ UYGULAMASI
(BOC LTD'nin izniyle yayınlanmıştır.)

Mekanik resürkülasyon bir pompa ile yapılmaktadır. Bu pompa hem kuruda çalışan hem de dalgıç bir pompa olabilir. Emme hattından aldığı aktif çamur tesisi suyunu basma hattında bir ventüri sistemi ile oksijenlendirerek tekrar havuza nozullar vasıtasıyla kazandırma esasına dayanır. Ancak, bu karışımı sağlayan ekipmanlar ve ekipman kapasiteleri uzun denemeler sonucu saptanmış ve her tesisin kapasitesine göre değişmektedir.

Oksijen tesisi ise, tankerlerle 20 gün -1 ay gibi periyodik dolumu yapılan ve emniyet açısından dünyadaki en ileri teknolojilerin uygulandığı sıvı oksijen tankı ve buharlaştırıcı sisteminden oluşmaktadır. Buharlaştırıcı tesisinden çıkan gaz haline dönüşmüş oksijen, oksijen panelinden geçerek pompa resürkülasyon sistemindeki ventüri yardımı ile sisteme iletilmektedir.

Bütün bu sistemi tamamlayan elektronik kontrol sistemi ise, şu şekilde çalışmaktadır. Havuzun içinde bulunan Ç.O. probu ile mesajlar 24 saat boyunca elektrik kontrol panosuna gönderilmektedir. Bu panoda kayıt edici sayesinde oksijenin bakteri tarafından kullanımı grafiksel olarak gözlemlenirken çözünmüş oksijen kontrol cihazı ile oksijen konsantrasyonu gözlemlenmektedir. Biyolojik arıtma havuzundan alınan mesajlar ile gaz kontrol panosu oksijeni gerektiği kadar vermektedir. Çok yüksek kirliliklerde pik sistemi açılarak ihtiyaç karşılanmaktadır. Dolayısıyla sisteme sadece gerektiği kadar oksijen verilmektedir.

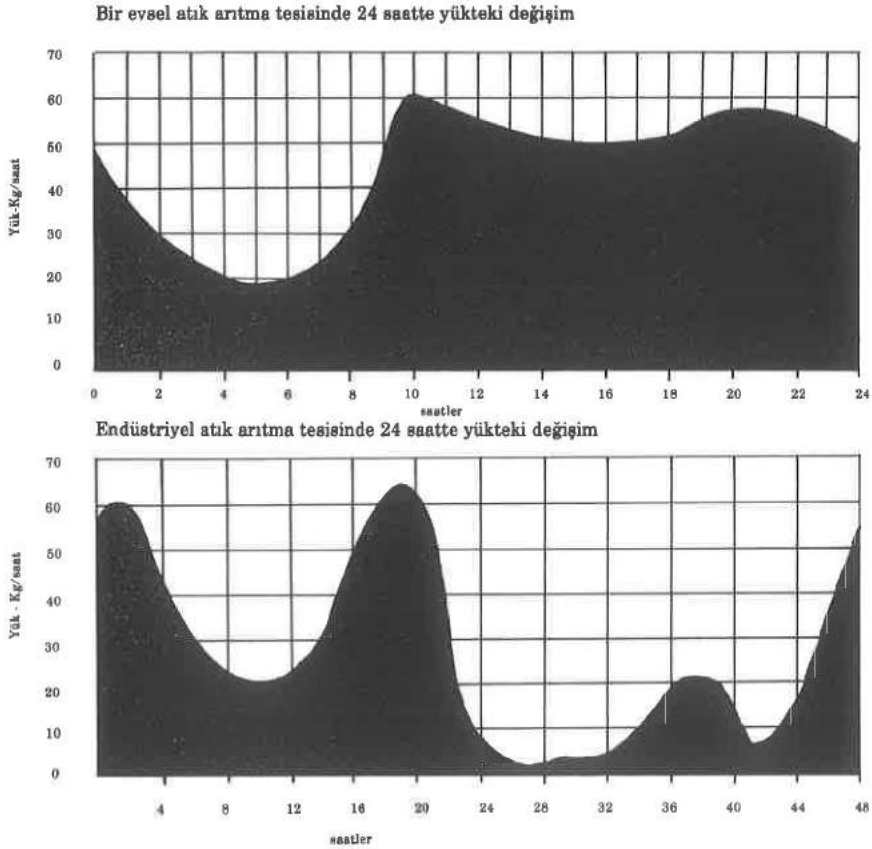
Nozullardan yüksek hızla çıkan oksijen havuzu %98 gibi bir oranda karışmakta ve bakteri ve organik maddeyle girdiği etkin reaksiyon sonucu % 97 - % 99 oranında biyolojik oksijen ihtiyacı veya kimyasal oksijen ihtiyacı giderimini sağlamaktadır.

Şekil 10'da görüldüğü gibi Evsel atıksu tesisine giren yüklerin 24 saat içinde dağılımını gösteren grafik ile endüstriyel yüklerin 24 saat içindeki dağılımını gösteren grafikleri karşılaştırdığımızda, şu önemli husus çarpıcıdır. Endüstriyel tesiste değişimler çok daha fazladır. Havalandırıcı bir ekipman seçerken pik değerler gözönünde bulundurulmalıdır. Bu ise çok fazlaca gereksiz elektrik tüketimine neden olmaktadır. Ancak, ülkemizde seçilen havalandırıcılar yeterince sık aralıkta ve pek çok sayıda atıksu analizi yapılmadığından genelde düşük kapasitededir. Pik değerleri karşılayamaz Bu durum ise, yapılan onca yatırımın boşa gitmesine ve istenen verime ulaşılmamasına neden olur. Ülkemizde bu durumda bir çok tesis vardır.

Vitox oksijenasyon sisteminin burada önemli bir nitelik aracılığı vardır. Yük ne olursa olsun oksijeni gerektiği kadar verir. Pik değerlerde artış minimum değerlerde ise azalış sağlar. Bu ise önemli ölçülerde enerji tasarrufu sağlar.

Bu nedenlerden dolayı istenen verime ulaşılamayan arıtma tesislerinde sisteme ilave edilerek verimi istenen ölçülere kolayca getirir.

Ayrıca, sistemde bulunan grafiksel kaydedici bakteri solunumunu göstermediği zamanlarda biyoalarm sistemi sinyal vererek operatörü uyarır. Böylece aksamalar anında farkedilir.



ŞEKİL: 10 EVSEL ENDÜSTRİYEL ATIKSU ARITMA TESİSİNDE ZAMANA GÖRE YÜK DEĞİŞİMLERİ

Biyoalarm:

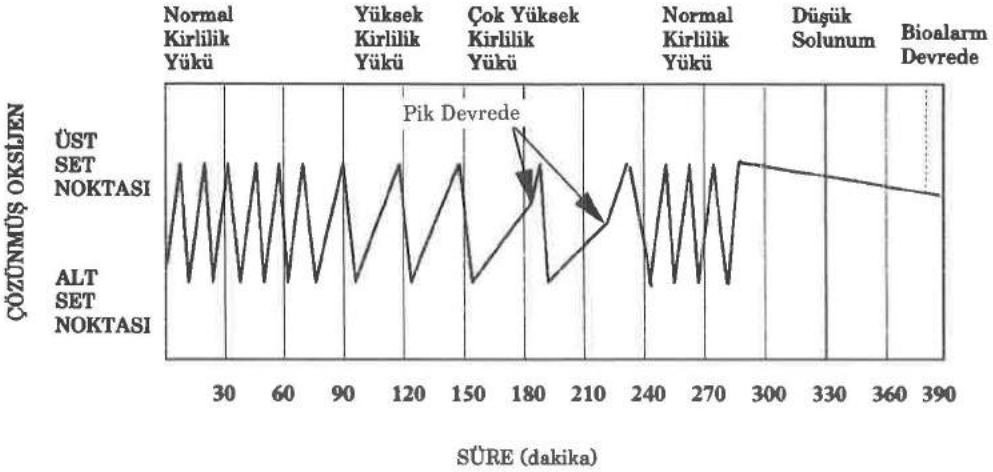
Biyoalarm aktif çamur tesisinin solunumunu izleyerek çözünmüş oksijen seviyeleri ile ilgili sorunları tesbit eder.

Aktif çamur sisteminizdeki aerobik bakterinin kirliliği okside ederek karbondioksit ve suya çevirmesi için düzenli miktarlarda çözünmüş oksijene gereksinimi vardır.

Bu nedenle bakteri aktivitesi için oksijen seviyesi sürekli kontrol altında tutulmalıdır. Böylece bakteri solunum oranının, mevcut çözünmüş oksijen oranını aştığı yerlerde alarm ile uyarılması mümkün olur.

Bunun zamanında tespit edilip önlem alınmadığı taktirde, kısa bir süre içinde bütün mikroorganizma ölebilir. Bu ise atıksu arıtma tesisinin iflası demektir.

Biyoalarm zamana karşı oksijen ihtiyacını izleyerek solunum oranı tespit eder. Böylece normal solunum oranının dışına çıkıldığını anında tespit eder ve alarm vererek gerekli müdahalenin zamanında yapılmasını sağlar.



ŞEKİL 11: ÇÖZÜNMÜŞ OKSİJENİN BELİRLENMİŞ LİMİTLERDE KAYDEDİLMESİ,

(BOC LTD'nin izniyle yayınlanmıştır.)

Çamur Çöktürme ve Uzaklaştırma:

İyi kalitede çıkış suyu elde etmenin önemli kriteri, aktif çamur prosesleri çökeltme tanklarındaki etkin çökeltme hızlarıdır. Yıllarca edinilen tecrübeler kanıtlamıştır ki Vitox prosesleri ile (özellikle tekstil, kağıt gıda ve kimyasal endüstrilerde) sonucu çok iyi çökeltme karakteristikleri oluşturulmuştur. Bu proseslerin çoğu 3000 mg/lt'den daha çok (bazı tesislerde 15000 mg/lt) çamur konsantrasyonlarında çalıştırılmıştır.

Üretilen çamurun uzaklaştırılan BOİ'ye oranı endüstriden endüstriye değişmesine rağmen, her durumda çamur uzaklaştırma önemli bir maliyet unsurudur. Bilinen günlük BOİ yükünde büyük tesis dizaynı ile, küçük miktarda çamur üretimi sağlandığı kabul edilen bir gerçektir. Dolayısıyla proses mühendisi tercihini büyük tesis ve küçük çamur miktarlarının karşılaştırılmaları ile yapmaktadır. Sabit BOİ yüklerine, yüksek mikroorganizma konsantrasyonları tatbik edilerek organik maddenin büyük bir oranı oksitlenebilir. Bu durum ise yüksek miktarlarda oksijen kullanımı gerektirirken az çamur atığı üretilmesini sağlar.

Pilot tesis çalışmaları saf oksijenli sistemlerin çökeltmede SSVI değerinin 60 ml/gr'a ulaşabildiği gözlemlenmiştir. Kritik endeks 75 ml/gr' dır. Bu denemeler MLSS konsantrasyonunun 5000 mg/lt olduğunda yapılmıştır.

Oksijen Transfer Verimi:

Farklı çözünmüş oksijen konsantrasyonlarında oksijen transfer verimi değişmektedir. Saf oksijenli sistemler yüksek çözünmüş oksijen konsantrasyonlarında daha verimlidir ve enerji tüketimi de hava sistemlerine nazaran daha azdır.

Vitox teknolojilerinin dizayn parametreleri Tablo 8'de verilmiştir.

TABLO 8

VITOX SİSTEMİNİN DİZAYN PARAMETRELERİ

Dizayn Parametresi	Miktarlar
Çamur Yaşı (gün)	5 - 25
F/M (gün - 1)	0.1 - 0.8
MLSS (mg/lt)	3000-12000
Arıtılan BOİ (mg/lt)	90 - 99
SSVI (ml/gr)	40 - 70

Enerji kullanımı açısından kapalı saf oksijen sistemi olan Unox'la oksijen transferi için harcanan güçlerin karşılaştırılması Tablo 9'a bakarak yapılabilir.

TABLO 9

STANDART OKSİJEN TRANSFER HIZLARI

OKSİJEN VERME EKİPMANI	STANDART OKSİJEN TRANSFER HIZI (kg O_2/kws)
UNOX	2.4 - 3.8
VITOX	2.8 - 4.2

Avantajları:

Vitox teknolojisinin avantajları şu şekilde özetlenebilir.

1- Vitox Teknolojisi özellikle mevcut arıtma tesislerine montaj yapıldığında ortalama 20 gün gibi kısa bir sürede bütün işlemleri bitmektedir.

2- Vitox saf oksijenle etkin bir reaksiyon ortamı yarattığı için havalı sistemlere nazaran bakteri faaliyeti çok daha etkindir. Tesis kapama ve açmalar da start-up yapılması çok daha kolaydır.

3- Havalı oksijenasyon sistemlerinde imkansız olan bu esneklik daha evvelde açıklandığı gibi önemli ölçülerde enerji ve oksijen tasarrufu sağlanmaktadır.

4- Bakteri oksijen ilişkisi grafiksel olarak sürekli incelendiği için hiçbir aksaklık olmamaktadır. Ancak bakteri faaliyetinde bir aksama olduğunda dahi hem grafiksel olarak faaliyeti gözlemlenmekte hem de kumanda panosundan biyoalarm ikaz sanyilleri gelmektedir.

5- Tesiste koku problemi olmamaktadır.

6- Tesiste ve özellikle oksijenle ilgili bölümde en hassas önlemler uygulanmakta ve tehlike problemleri söz konusu olmamaktadır.

7- Tesiste mekanik aksam olarak pompa sistemi vardır. Mekanik ekipmanların ömrünün 15 - 20 yıl olduğu kabul edilirse 20 yıl sonra değiştirilecek 1 pompa ile sistem aktivitesini devam ettirmektedir. Havalı sistemlerde bu maliyet oldukça yüklüdür.

8- Enerji tüketim miktarı ortalama miktarı 3.5 kg O_2/kws'tır. Bu değer tipik değerlerden 3 kat daha verimlidir.

9- Tesisin uygulanacağı havalandırma tanklarının boyutları ve çökeltme tanklarının boyutları tamamen optimizasyon bulunmaktadır. Bilgisayarda yaklaşık 50 ayrı tank boyutu saptanarak en düşük maliyetisi ve en az işletme gideri olan kriterler tespit edilmektedir. Bu sayede çok küçük boyutlarda optimum çözümler sağlanmaktadır.

10- Arıtma tesisleri tasarımları her ne kadar zamanla kapasitelerinin artacağı düşüncesi ile yapılsa da ülkemiz gibi ekonomik çalkantıların sıkça olduğu ülkelerde kapasite sorunları ileride sorun olmaktadır. Tesis kapasitelerinde artış Vitox saf oksijen sistemi ile kolayca sağlanmakta ve hiç bir ek inşaat masrafı gerekmemektedir.

7.3. BİYOLOJİK ARITMA TESİSLERİNİN KAPASİTESİNİ ARTTIRMA

Saf oksijen kullanan biyolojik arıtma tesislerinin daha az yer kapladığı ve verimin daha iyi olduğu artık bütün dünyaca bilinen bir gerçektir. Bundan yola çıkarak mevcut biyolojik arıtma tesislerinin kapasitelerini saf oksijen teknolojileri ile arttırmak, yatırım ve işletme masraflarında çok büyük tasarruflar sağlamıştır.

Mevcut aktif çamur tesisleri, zamanla artan nüfus ve gelişen endüstri nedeniyle ihtiyaca cevap verememektedir. Bundan dolayı genellikle çözüm, artan kapasiteyi karşılamak üzere yeni bir tesis yapmak olmuştur. Bu durum çok yüksek ilk yatırım masrafları gerektirmektedir. Saf oksijen teknolojileri böyle koşullarda karşılaştırma yapılamıyacak derecede avantajlı olmaktadır. Ama yine de bir karşılaştırma yapmak amacı ile, Whitlinghom Atıksu arıtma tesisinin kapasitesini arttırmak için kullanılacak Vitox teknolojisi ile diğer biyolojik arıtma seçeneklerinin bir karşılaştırmasını yapalım.

Norwich Atıksu Arıtma İdaresi'nin yaptığı araştırmada Vitox teknolojisi ve diğer sistemlerin ilk yatırım maliyetlerini karşılaştırmıştır. Buna göre Vitox ilk maliyeti; damlatmalı filtrelerin %2'si aktif çamur tesisi maliyetinin %3, dönen biyolojik disk sistemi maliyetinin % 1.7'si kadardır. Bununla birlikte Vitox teknolojisinin hiç bir inşaat ve ek ekipman masrafı getirmemesi çok ucuz

çıkmasını sağlamıştır. Dolayısıyla yeni bir havalandırma ve çökeltme tanklarının yapılmasına gerek kalmamıştır.

Saf oksijen teknolojisinin başarı ile uygulandığı diğer bir alan ise ön arıtma tesislerinin biyolojik arıtma tesislerine dönüştürülmesidir. Bir çok tesis ön çökeltme tanklarından sonra alıcı ortama deşarj yapmaktadır. Saf oksijenli tesislerin küçük olması ve çamurun iyi çökelmesi nedeni ile ön çökeltme tanklarından biri veya bir kaçı aktif çamur tankına dönüştürülerek kolayca aktif çamur sistemi kurulabilir.

İngiltere'de bazı büyük evsel atıksu arıtma tesisleri bu şekilde aktif çamur tesislerine dönüştürülmüştür.

Aynı şekilde, damlatmalı filtre tesislerinin kapasitesi arttığı zaman, damlatmalı filtre giriş hattından artan kapasite kadar bypass yapılarak kurulan saf oksijenli küçük aktif çamur tesisleri ile sorun çözülebilir.

Bu şekilde mevcut biyolojik arıtma tesislerinde koku problemide önlendiği gibi varsa yüzeysel havalandırıcıların devirleri de düşülerek köpük ve aerasol problemi engellenmektedir.

7.4. DEĞİŞİK ENDÜSTRİLERDE SAF OKSİJEN UYGULAMALARI

TEKSTİL ENDÜSTRİSİ ATIKLARI

Biyolojik arıtma tekstil endüstrisinde tam arıtma sisteminin bir parçasıdır. Bu arıtma genellikle aşağıdaki şekilde oluşur. Tesise giren atıksu ızgaradan geçirildikten sonra bir dengeleme tankına alınır. Daha sonra tesiste bulunan askıda katı madde yüküne göre bir ön çöktürmeye veya koagulasyon çöktürmesine tabi tutulabilir. Bu prosesler genellikle boya atıkları için kullanılır. Biyolojik arıtmaya giren atıksular son çökeltme tankına aktarılır. Daha sonra alıcı ortam deşarj standartına göre filtrelemeye alınırlar. Bazen de üçüncül arıtım yöntemleri gerekebilir.

Boya atıklarının bir çoğu doğada biyolojik olarak parçalanabileceğinden, biyolojik arıtma en ucuz yöntemdir. Dolayısıyla evsel atıklarla birlikte tesis içinde arıtılabilir.

Tekstil atıklarının aktif çamur tesislerinde arıtılabilmesi için en önemli nokta besin dengesinin sağlanmasıdır. Bunun içinde gerekli miktarda azot ve fosfat tesise ilave edilmelidir.

Evsel atıksular tesise alındığında gerekli besin miktarını sağlayacağından tesiste azot ve fosfata gerek yoktur.

Tesis için önemli parametreler aşağıdaki tabloda özetlenmiştir.

TABLO 10

TEKSTİL ATIKLARININ ARITILABİLMESİ İÇİN GEREKLİ KOŞULLAR

Isı (C)	35°C
BOİ : AZOT ORANI	20
BOİ : FOSFAT ORANI	100
pH DEĞERİ	6.5 - 9 (7 en iyi)
METALLER (Zn, Cu, Cr)	10 mg/lt

Tekstil atıklarının konvansiyonal sistemlerle arıtılabilmesi için çok uzun bekleme süresi gereklidir. Ayrıca parçalanması güç olan ve parçalanmayan maddelerin de direkt alıcı ortama iletildiği bir gerçektir.

Tekstil atıksularının saf oksijenle arıtılmasına örnek olarak İngiltere'de halı üreticisi bir fabrika olan Shaw Carpets verilebilir. Atıksu arıtma tesisine boya, tutkal, nişasta ve diğer tekstil atıkları girmektedir. Konvansiyonel havalı arıtma için yeterli bir alan yoktu. (45m x 26m) BOC Vitox teknolojisi ile çalışan aktif çamur prosesi kısa zamanda kuruldu ve 1988 yılından beri sadece tek kademeli olarak çalışmaktadır. İşletmelerin ileride kapasite artışını da karşılayabilecektir. Tesisin debisi 1750 m^3/gün'dür ve 1700 mg/lt olan $BOİ_5$ konsantrasyonu 40 mg/lt değerinin altına düşmüştür.

Biokimyasal oksijen ihtiyacında sağlanan verim % 98, kimyasal oksijen ihtiyacında sağlanan verim ise % 82'dir.

Ülkemizde saf oksijenli sistem Bozkurt Mensucat Tesisine kurulmuş ve tesisin kapasitesi 2000 m^3/gün değerine göre dizayn edilmiş çok küçük bir alanda ilerideki artışları karşılayacak şekilde kurulmuştur. Tesisin arıtma verimine esas olarak İSKİ limitleri alınmıştır.

KİMYASAL ENDÜSTRİ ATIKLARI

Kimyasal endüstrilerde biyolojik olarak parçalanabilen maddeler atıksu hatlarına verilmektedir. Bunların arıtılması için en ucuz yöntem yine biyolojik arıtma tesisleridir. Çok yüksek BOİ konsantrasyonlarına sahip olan bu tesislerde atıksu özellikle fenol gibi zor parçalanan kimyasallar içerir.

Aktif çamur tesislerinde özellikle tek basamaklı havalandırma yapılıyorsa saf oksijen sistemleri yapılan deneyler sonucu daha ekonomik bulunmuştur. Çünkü tam karıştırmalı bir havalandırma tankında motor gücünü ne kadar artsa da, oksijen transferi sabittir. Bu durumu engellemenin yolu iki tank kullanıp yük artışlarında ikinci tankı devreye sokmaktır ki bu çözüm ekonomik değildir. Değişken debi ve kirlilik yüklerine cevap veren kontrollü bir saf oksijen sistemi daha ekonomiktir.

Toksik maddeler iki ana katagoriye ayrılabilir. Bunlar, biyolojik parçalanabilenler (fenol ve formaldehit) ve biyolojik parçalanamayanlar (ağır metaller) Bu atıklarda yüksek MLSS konsantrasyonunda saf oksijen, toksitlenmeye karşı tesisin direncini artırır.

Fenoller tamamen biyolojik olarak parçalanabildiğinden çok uzun çamur yaşlarında tesisi çalıştırmak mümkündür. Substratların tamamen oksitlenmesi çamur yaşını çok uzatır. Gerekli miktarda oksijen verildiği sürece % 99 lara varan arıtım sağlanır. Bu tesislerde yüksek MLSS gereklidir. Özellikle fenollü atıklarda hidrolik bekleme süresi değil, biyokimyasal bekleme süresi önemlidir.

Fenollü çamurlar iyi çökelme karakterine sahiptir. Bu çökelme alanını azaltır. Ancak floklardaki kırılmalar flotasyon gerektirebilir. Vitox sistemindeki bio-alarm fenoller ve diğer toksik maddelerden dolayı oluşacak, bakteri faaliyeti ve solunum durması durumunda alarm vererek besi girişinin kesilmesi gerektiğini haber verir. Kış koşullarında yüzeysel havalandırma hava sıcaklığının su ile temasından dolayı verimi düşürür. Vitox tesisinde böyle bir durum yoktur. Bu ısıtma harcamalarını azaltır.

Kimyasal atıklara örnek olarak lastik ve ilaç endüstrilerine kimyasal malzeme temin eden İngiltere'deki Monsanta Şirketi verilebilir. Bu tesiste daha evvelde saf oksijen sistemi denenmiş kapasite artışı için Vitox sistemi uygulanmıştı. Yeni bir tesis düşünülürken konvansiyonel havalandıralı sistem ve anaerobik sistemler değerlendirildi. Fakat gerekli kontrol edilebilme ve tam bir çıkış suyu standardı sağlayamadıklarından uygun görülmedi.

Yeni tesisin KOİ yükü 8 ton/gün olup haftanın 7 günü çalışmaktadır. Biyolojik arıtma ise iki ayrı oksijenasyon tankında gerçekleştirilip herbiri 6000 kg/gün kapasiteli Vitox tesis içermekte ve hem oksijenasyon hem de karışım işlevini yürütmektedir.

Oksijenasyon tankları 22 kg/m^3 MLVSS konsantrasyonlarında çalışmakta ve çok düşük çamur dönüşüm oranları sağlayarak KOİ'nin tamamı CO_2 ve suya dönüşmektedir.

Tankın içindeki aktif çamur miktarı 110.000 kg iken günlük çamur kaybı sadece 30 kg/gün'dür. Çamur yaşı bakteri üretilmesine yetecek kafi zamanı sağlamaktadır.

Tüm tesis biri tesis yanında diğeri tesis uzağında iki ayrı kontrol istasyonu ile tamamen otomatik olarak çalışmaktadır.

Yeni tesis, imalata hiçbir rahatsızlık vermeden işletmeye alınmış, tesiste tüm dizayn spesifikasyonları fenol değerinin girişteki 100 mg/lt değerinden son çıkışta 0.2 mg/lt ve daha azına düşürülmesi dahil gerçekleştirilmiştir.

BİRA ENDÜSTRİ ATIKLARI

Bira fabrikalarında atıksu karakterlerindeki çok düzensiz değişimlerden dolayı ekonomik bir dizayn yapmak mümkün değildir. Atıksu karakteri sürekli olarak değiştiği için boyutlandırma yapmak çok zordur. Böyle durumlarda kontrollü mekanizmalarla arıtma yapmak zorunluluğu vardır.

Diğer gıda ürünleri gibi bira atıksuları da bir miktar hammadde kaçağı içerirler. Bira atıksularında, malt, arpa, pirinç, nişasta

maya bulunur. Arpaya uygulanan malt işlemi çok miktarda su kapasiteleri kullanılan ve içindeki organik yük miktarı çok fazla olan bir prosestir. Tesiste sağlıklı koşullarını oluşturmak için yüksek miktarlarda da temizleme çözeltileri gereklidir. Bu sabunlu çözeltiler yüksek pH değerlerine sahip olup, bira atıksuyunun önemli bir bölümünü içerirler. Bira ve bira ürünleri yüksek konsantrasyonlu organikleri içerdiği gibi, yağ, amonyak ve soğutucu asitler gibi atık kimyasallar da içerirler.

Bira fabrikalarında organik olarak çok kuvvetli nişastalar, şekerler ve alkol vardır. Bu durum atık suyun BOİ değerinin 1200 mg/lt veya daha üzerinde bir değer olduğunu gösterir. BOİ'nin büyük bir kısmı çözünür ve ancak ön çökeltme tankında % 10-%20'si ayrıştırılabilir. Bu yüzden yüksek verimde bir aktif çamur tesisi bu tip atıkları arıtmada kullanılır. Bazı besi maddeleri, azot ve fosfor gibi tesiste az miktarda bulunabilir. Dolayısıyla istenen limit olan BOİ: Azot: Fosfor oranı 100:5:1 değerlerine ulaştırılmalıdır.

Bira atıksularının pH değeri tipik olarak yüksektir, ancak temizleme çözeltileri, asitler ve kostikler çeşitli zamanlarda kullanıldığından tesise gelen atıksu pH değeri genel olarak pH 4 ve pH 10 değerleri arasında değişmektedir. pH'daki bu düzensiz değişim arıtma tesisinde işletme problemlerine yol açar.

Bira fabrikalarında genel olarak atıksu arıtmanın ilk basamağı kaba ızgaralardır. Otomatik kaba ızgaralar, cam, teneke odun parçaları gibi büyük parçaları ayrıştırmak üzere kullanılır. Bu prosesi takiben kum tutucular, arpa gibi büyük tanelerin ayrıştırılmasında kullanılır. Dolayısıyla bu tip atıklar bu şekilde diğer prosesleri etkilemeden ayrıştırılırlar.

Kaba ızgara içinde pH ayarı en uygun yerdir. Bu bölgede yüksek ve düşük pH alarmlı bir kontrol sistemi uygundur. Aynı şekilde kum tutucuda da pH kontrolü yapılabilir. Bazik ortamlarda ise otomatik kontrollü kostik ilavesi yapılır.

Daha sonra dengeleme tankına atıksu alınır. Burada hidrolik artışları dengelemek ve tesisi kontrol altında tutmak amaçlanır. Böylece sabit debide atıksu ön çökeltme tankına alınır.

Ön çökeltme tankında içki atıklarındaki askıdaki katı maddelerin %10-%60'ı ayrıştırılır. BOİ çözünmüş bir halde atıksuda bulunduğundan sadece %5-%15'i ayrıştırılabilir.

Yağ ve gresler ön çökeltme tanklarındaki köpük tutucular vasıtası ile alınabilirler.

Bira atıksularında besi maddeleri yetersizdir. Birçok bira atıksuyu hem azot hem de fosfor açısından fakirdir. Gerekli azot ve amonyak ön çökeltme tankının çıkışından verilebilir. Bazı bira fabrikalarında fosfor olarak fosforik asit kullanılır. İstenen BOİ: N: P Oranı 100:5:1 olduğu için dozlama bu oranlar dikkate alınarak yapılır.

Ön çökeltme tankından çıkan atıksular biyolojik arıtma tesisinin havalandırma tankına alınırlar. İçki fabrikası atıksuları da diğer gıda endüstrileri gibi biyolojik olarak oksitlenebilir karakterdedirler. Bu da bakterilerin, organik maddeyi çabukça kullandıklarının işaretidir. Havalandırma tankındaki minimum çözünmüş oksijen konsantrasyonu 0.5 mg/lt maksimum ise 5.0 mg/lt olarak tasarlanır. Bu değerin üstünde filament bakterilerin ürediğinden çamur kabarması gibi problemler oluşabilir.

Saf oksijen sistemleri bira fabrikalarında bu tür problemlerin kontrol altında tutulması için en etkin yöntemdir. Oksijen veriminin esnek karakterde istenilen seviyelerde tesise verilmesi ve çözünmüş oksijen konsantrasyonu istenen limitlere set edilebilmesi filament bakterilerin çoğalmalarına engel olur.

Tesiste MLVSS konsantrasyonunun istenen limitlerde tutulması genel olarak en çok sıcaklığa bağlı bir olgudur. Örneğin atıksu sıcaklığının 10°C artırılması ile biyokütle aktivitesi iki kat artar. Bu durum sıcak havuzlarda sık sık görüldüğünden gerekli oksijen miktarında artışlar olur. Bu durumda en önemli iş, çözünmüş oksijen konsantrasyonunu minimum değerlerde kontrollü olarak tutmaktır. Çünkü MLSS konsantrasyonunda istenmeyen artışlar olacaktır.

Bu durum son çökeltme tankının verimini de düşürür. Çökeltme alanı yetmeyeceğinden istenen verim elde edilemez.

Tesisteki en büyük problem filament bakterilerden dolayı kabarma sorununun olmasıdır. Bu bakterinin adı 'SPHAEROTILUS NATANS'dır. İçki fabrikalarında 10 çeşit filament bakteri etkin olarak bulunurlar. Çamur çökeltme problemi oluşturan bu bakterileri tanımlamak ve kontrol altında tutmak için aşağıdaki teknikler uygulanır.

1- Çamur numunesi mikroskop altında incelenir ve içerisindeki filament bakteri oranının %20'yi geçip geçmediği kontrol edilir. Eğer geçiyorsa çökeltme problemleri yaratacağı anlaşılır.

2- Kısa dönem çözümü olarak aşağıdaki önlemler alınabilir.
a. Askıda katı madde kaybını önlemek için polimer veya kimyasal ($FeCl_2$) dozlaması yapılır.
b. Filamentleri uzaklaştırmak için tesisten fazla çamur çekilir.
c. Geri döngü çamurunun H_2 O_2 veya Cl_2 dozlaması yapılır.

3- Uzun dönemde filament bakteri kabarma sorununu engellemek için aşağıdaki önlemler alınır.
a. Havalandırma tanklarında ve son çökeltme tanklarında düşük çözünmüş oksijen konsantrasyonları sağlamak.
b. Giriş suyu ile birlikte gerektiği kadar besi (azot ve fosfor) dozlaması yapılır.
c. Giriş suyunda yüksek miktarlarda sülfür bulundurmak
d. Düşük F/M oranlarında çalışmak

Yapılan araştırmalar göstermiştir ki çözünmüş oksijen konsantrasyonu filament bakterilerin oluşumu için mutlaka kontrol altında tutulmalıdır. Fakat bazı tesislerde çözünmüş oksijen konsantrasyonu 5-10 mg/lt değerlerinde iken filament miktarında azalma, 1-3 mg/lt değerlerindede filament konsantrasyonunda çoğalma gözlemlenmiştir.

KAĞIT ENDÜSTRİSİ ATIKLARI:

Kağıt endüstrisinde de bakteri büyümesine destek olan azot ve fosfor yeterli düzeyde değildir. Besin eklemesi biyolojik arıtmaya girmeden evvel yapılır. Ancak bazı kağıt endüstrisi atıkları fosfor yönünden zengin olduklarından sadece azot ilave edilir.

Kağıt endüstrisi atıklarını etkileyen bir diğer sorun da köpük kontrolüdür. Köpüğe neden olan kimyasallar biyolojik arıtma esnasında oksitlenirler. Köpüğün yarattığı problemler, mikroorganizmanın sıvı ortamdan çıkması, elektrik ekipmanlarını özellikle motorları kaplayıp zarar vermesi ve zamanla kuruyarak rüzgarlı zamanlarda hava kirliliğine neden olmasıdır.

Köpük problemi su spreyleme veya köpük uzaklaştırıcı kimyasallarla önlenir. Bazı durumlarda köpük problemleri dozlama pompaları kullanarak dahi önlenmeye çalışılır.

Dolayısıyla dipten karıştırıcılı sistemler bu problemi asgari düzeye indirirler.

Tesise giren atıksular asidik veya bazik olabilirler ve asitli sular için genellikle kireç, Cu (OH_2), kostik, NaOH kullanırken bazik sular için sülfirik asit kullanılır.

Kağıt atıksuları genellikle düzenli bir debi akışı gösterir ve geceleri dahi düzenliliğini sürdürür.

Aktif çamur tesislerinin son çökeltme tanklarındaki çamur hacim indeksleri yüksektir. Dolayısıyla genelde daha büyük alana sahiptirler. Tesiste koku problemi de oluşur bu problem selüloz proseslerinin atıksularından dolayıdır.

Kağıt Endüstrisi atıklarını arıtırken besin maddesi olarak evsel atıksu da kullanılır. Tesisin dizayn kapasitesini biraz artırsa da besin kimyasallarından tasarruf sağlar. Ayrıca evsel atıksu arıtma problemi de bu şekilde çözümlenmiş olur.

Havalandırma tanklarında MLSS konsantrasyonu havalı sistemlerde 2500 mg/lt civarındadır ve bunun yaklaşık % 70'i MLVSS'dir. Çözünmüş oksijen konsantrasyonu için kritik değer 2 mg/lt'dir. Fakat ani kirlilik yüklerinde bu kritik değerin altına düşüldüğünden tesiste çözünmüş oksijeni 4 mg/lt değerinin altında tutmamak gerekir. Ancak 4 mg/lt de havalandırıcılar yumakları kıracağından ve enerji sarfiyatları artacağından çözünmüş oksijen kontrollü saf oksijen sistemleri daha verimli ve ekonomiktir.

1973 yılında R.J. Grader, W. David South ve B.Ojordevic tarafından yapılan kağıt endüstrisi atıksularının saf oksijenli aktif çamur tesislerinde arıtılması ile ilgili pilot çalışma amaç olarak aşağıdaki faktörleri irdelemeye çalışmıştır.

1. Biyolojik olarak parçalanabilir maddelerin uzaklaştırma verimi
2. Yüksek yükleme ve kısa bekleme sürelerindeki verim
3. Çamur fazlası miktarının saptanması
4. Şok yüklemelere karşı direnç
5. Havalı sistemlerle bir karşılaştırma yapabilme

Yapılan çalışmada atıksular bir ön arıtmaya tabi tutulduktan sonra KOİ değerinin 800-1400 mg/lt, BOİ değerinin 250-500 mg/lt olduğu aralıklarda, yüksek MLVSS ve değişken F/M oranlarında parametreler incelenmiştir.

Çökeltme Verimi:

Kağıt Endüstrisi atıksularının çökelmesinin pek iyi olmadığı bilinen bir gerçektir. Fakat 4700-7500 mg/lt gibi yüksek MLSS konsantrasyonlarında 1.2-2.0 mt/saat çökelme hızları elde edilmiştir.

Aynı zamanda koyulaşması daha iyi olan çamur oluşturulmuştur. 4700-7500 mg/lt MLSS değerlerinde % 1.7-3.2 oranında çamur oluşturulmuştur.

Organik Madde Ayrıştırma Verimi

Organik madde uzaklaştırılması 0.46-1.40 gün^{-1} F/M aralığında ölçülmüş, yüksek F/M oranlarına rağmen çok iyi verim elde edilmiştir. (% 90 BOİ uzaklaştırma verimi sağlanmaktadır ancak çok fazla bir düşüş olmamaktadır.) Örneğin F/M oranının 1.4 gün^{-1} olduğunda 20 mg/lt BOİ oluşurken, 0.2 gün^{-1} değerinde 8 mg/lt çıkış BOİ'si oluşmaktadır.

Çamur Yoğunlaştırma ve Diğer çamur proses verimleri:

Saf oksijenli aktif çamur tesisinden alınan ve 6 saat bekleme süreli çamur yoğunlaştırıcıdan çıkan çamur konsantrasyonu % 3.25 - %4.25 aralığındadır. Ve yine her hangi bir kimyasal katmadan bu çamurun vakum filtre çıkış konsantrasyonu % 16'dır.

pH Kontrolü

pH kontrolü,saf oksijenli aktif çamur sistemlerinde bazen hiç bir kimyasal kullanmadan mümkündür. Havalandırma tankında oluşan CO_2 sistemde özellikle tutularak pH değerini 10'dan 8-7 değerlerine kadar indirmek mümkündür.

Yapılan çalışmalar kağıt endüstrisi atıkların saf oksijenli aktif çamur tesislerinde, havalı sistemlere nazaran çok daha ekonomik olduğunu göstermiştir.

Özet olarak kağıt sektöründe saf oksijenli arıtma tesislerinin avantajları şu şekilde sınıflandırılabilir.

1. 5000-8000 mg/lt gibi yüksek konsantrasyonlarda çalıştığından havalandırma tankı küçüktür.
2. Çamur fazlası az olduğundan ve daha konsantre çamur oluştuğundan (% 2.5 - % 3) çamur prosesleri yatırımı daha azdır.
3. Karıştırmanın hava ile teması az olduğundan köpük problemi oluşmaz.
4. pH kontrolünde önemli oranda kimyasal madde tasarrufu sağlanır.

KAYNAKLAR

1. The Institute of Water Pollution Control "Unit Processes of Activated Sludge", Temmuz, 1987
2. Horan N.J. Biological Wastewater Treatment Systems Theory and Operation", John Wiley and Sons, Newyork, 1991.
3. Barnes, Bliss, Gould, Walantine, "Water and Wastewater Engineering Systems", Pitmon Books Umited, London, 1981.
4. Tchobanoğlu George, "Wastewater Engineering Treatment, Disposal, Reuse", Metcalf and Eddy. Inc. New York 1981.
5. Benefield D. Larry, Randal Clifford W., "Biological Process Design for Wastewater Treatment", Prentice Hull, Inc. ABD, 1980.
6. Owen Willion F. "energy in Wastewater Treatment", Prentica-Hall, Inc. Englewood Cliffs, Newjersey, 1982.
7. EPA, "Handbook for Improving POTW Performance", Water Pollution Control Federation, 1985.
8. Barnes D, Bliss P.J. "Biological Control of Nitrogen in Wastewater Treatment", E and F.N. spon New York, 1983.
9. Wilson F, "Design Calculations in Wastewater Treatment" E.F.N. spon, New York 1981.
10. U.S. Environmental Protection Agency "Advanced Waste Treatment", California State University, Sacramento, 1989.
11. U.S. Environmental Protection Agency "Industrial Waste Treatment" California State Univercity, Sacramento, 1989.
12. Cowan J, Heap M, Millar A, Wilson G, "The New-bridge Problem" Scottish Branch Inst. Wat. Poll. Control 17 Ocak 1984.
13. Boon AG, Burgess DR, 1972. Inst Wat. Poll. Control 493.
14. Fuggle RW, "Biological Treatment of Paper and Board Mill Effluents" Paper Industries Research Assn, 17 Nisan 1984.
15. "Gould FJ, Oxygen in Wastewater Treatment "Water Service Fed. Haziran 1989.
16. Bessliever Edmund B, Schwarts Max, "The Treatment of Industrial Wastes", McGraw Hill Kogakusha, Ltd. New York, 1976.
17. Barnes D., Forstur C.F., Hrudey E., "Surveys in Industrial Wastewater Treatment, Manufacturing and Chemical Industries.", Longman Scientific Technical, New York, 1987.
18. Barnes D., Forster C.F., Hrudey E., "Surveys in Industrial Wastewater Treatment, Petroleum and Organic Chemical Industries", Longman Scientific Technical, New York.
19. Eckenfelder W. Wesley, "Industrial Water Pollution Control", McGraw-Hill Publishing Company, New York. 1989.

BÖLÜM II

NEHİR, GÖL VE DİĞER ALICI ORTAMLARIN OKSİJENLENDİRİLMESİ

BÖLÜM II
NEHİR, GÖL VE DİĞER ALICI ORTAMLARIN OKSİJENLENDİRİLMESİ

1. GİRİŞ

Uygarlık tarihinin başlangıcından beri, atıklar alıcı ortam olarak nehirlere göllere ve denizlere boşaltılmaktadır. Bu sorun yıllarca süregelmiş ve 19. yüzyılın sonlarında Sanayi Devriminin patlamasıyla çok büyük boyutlara ulaşmıştır. Birçok nehir doğal işlevini kaybetmiş bir atıksu yatağına dönüşmüştür. Göllerde ve diğer su akımının olmadığı sularda da oksijen azalması dolayısıyla havasız ortam oluşmuş ve içinde bulunan tüm canlılar ölmüşler ve tekrar su kaynağı olarak kullanma olanağından da yoksun kalmıştır.

Alıcı ortamda oksijen azalmasının temel nedeni atıksu kaynaklarından gelen organik maddeler ve dip çamurunun yaptığı solunumdur. Atıksuların arıtılmasından sonra alıcı ortama verilmemesi problemin çözümünü zorlaştırmıştır.

Ülkemizde de yıllarca, doğa güzelliklerinin vazgeçilemez parçası olan bir çok nehir, göl, körfez ve koy aynı nedenden dolayı güzelliklerini nostaljik kartpostallarda bırakmışlardır.

Alıcı ortamlarda tükenen oksijen sadece alıcı ortama tekrar kazandırılarak sağlanabilir. Yaşamın tekrar oluşturulması için koku probleminin engellenmesi için oksijenli ortamı oluşturmak şarttır.

Bu bölümde değişik alıcı ortamlarda oksijen problemi incelenecek ve bu problemlerin çözümü için ortalama oksijen kazandırma teknikleri üzerinde durulacaktır.

2. NEHİRLERİN OKSİJEN İHTİYACI

2.1. NEHİRLERDE DOĞAL OKSİJENLENDİRME

Nehirlerde genel olarak oksijen ihtiyacı, doğrudan atmosferden veya fotosentez yolu ile bitkilerden sağlanır. Bu oksijen miktarı nehirlerdeki çözünmüş oksijen seviyesini belirler. Fotosentez yolu ile yosunların sağladığı oksijen, onlara yansıyan güneş ışınlarının miktarı ile doğru orantılıdır.

Doğal oksijenlendirme hızı r_R ile ifade edilir ise,

$r_R = K^1_2 (Cs-C)$

K_2 = Doğal oksijenlendirme sabiti (gün^{-1})
Cs = Çözünmüş oksijen doygunluk konsantrasyonu (mg/lt)
C = Çözünmüş oksijen konsantrasyonu (mg/lt)

Doğal oksijenlendirme sabiti nehirin su kalitesi karakteristiği ile orantılıdır. Yaklaşık 60 yıldır O'Conner ve Dobbins tarafından geliştirilen aşağıdaki anfirik formül ile ifade edilir.

$$K'_2 = \frac{294\ 'D_L U)^{1/2}}{H^{2/3}}$$

D_L = Oksijen için moleküler difüzyon katsayısı (m^2/gün)
U = Ortalama nehir hızı (m/san)
H = Ortalama akış derinliği (m)

Moleküler difüzyon katsayısının, ısı değerine göre korelasyonu şu şekilde yapılır,

D_{LT} = 1.760×10^{-4} m^2/gün x 1.038^{T-10}
D_{LT} = Herhangi bir ısıdaki moleküler difüzyon katsayısı T (m^2/gün)

1.760×10^{-4} = 20 C'deki moleküler difüzyon katsayısı
T = ısı (°C)

TABLO I

DOĞAL OKSİJENLENDİRME SABİTLERİ

SU KAYNAĞI	20°C de K_2 sabitleri
Küçük havuzlar ve durgun sular	0.10 - 0.23
Durgun nehirler ve büyük güller	0.23 - 0.35
Yavaş akan geniş nehirler	0.35 - 0.46
Normal hızda geniş nehirler	0.46 - 0.69
Hızlı nehirler	0.69 - 1.15
Çok hızlı dereler ve şelaleler	1.15

BÖLÜM II
NEHİR, GÖL VE DİĞER ALICI ORTAMLARIN OKSİJENLENDİRİLMESİ

1. GİRİŞ

Uygarlık tarihinin başlangıcından beri, atıklar alıcı ortam olarak nehirlere göllere ve denizlere boşaltılmaktadır. Bu sorun yıllarca süregelmiş ve 19. yüzyılın sonlarında Sanayi Devriminin patlamasıyla çok büyük boyutlara ulaşmıştır. Birçok nehir doğal işlevini kaybetmiş bir atıksu yatağına dönüşmüştür. Göllerde ve diğer su akımının olmadığı sularda da oksijen azalması dolayısıyla havasız ortam oluşmuş ve içinde bulunan tüm canlılar ölmüşler ve tekrar su kaynağı olarak kullanma olanağından da yoksun kalmıştır.

Alıcı ortamda oksijen azalmasının temel nedeni atıksu kaynaklarından gelen organik maddeler ve dip çamurunun yaptığı solunumdur. Atıksuların arıtılmasından sonra alıcı ortama verilmemesi problemin çözümünü zorlaştırmıştır.

Ülkemizde de yıllarca, doğa güzelliklerinin vazgeçilemez parçası olan bir çok nehir, göl, körfez ve koy aynı nedenden dolayı güzelliklerini nostaljik kartpostallarda bırakmışlardır.

Alıcı ortamlarda tükenen oksijen sadece alıcı ortama tekrar kazandırılarak sağlanabilir. Yaşamın tekrar oluşturulması için koku probleminin engellenmesi için oksijenli ortamı oluşturmak şarttır.

Bu bölümde değişik alıcı ortamlarda oksijen problemi incelenecek ve bu problemlerin çözümü için ortalama oksijen kazandırma teknikleri üzerinde durulacaktır.

2. NEHİRLERİN OKSİJEN İHTİYACI

2.1. NEHİRLERDE DOĞAL OKSİJENLENDİRME

Nehirlerde genel olarak oksijen ihtiyacı, doğrudan atmosferden veya fotosentez yolu ile bitkilerden sağlanır. Bu oksijen miktarı nehirlerdeki çözünmüş oksijen seviyesini belirler. Fotosentez yolu ile yosunların sağladığı oksijen, onlara yansıyan güneş ışınlarının miktarı ile doğru orantılıdır.

Doğal oksijenlendirme hızı r_R ile ifade edilir ise,

$r_R = K^1_2 (Cs-C)$

K_2 = Doğal oksijenlendirme sabiti (gün^{-1})
Cs = Çözünmüş oksijen doygunluk konsantrasyonu (mg/lt)
C = Çözünmüş oksijen konsantrasyonu (mg/lt)

Doğal oksijenlendirme sabiti nehirin su kalitesi karakteristiği ile orantılıdır. Yaklaşık 60 yıldır O'Conner ve Dobbins tarafından geliştirilen aşağıdaki anfirik formül ile ifade edilir.

$$K'_2 = \frac{294\ 'D_L U)^{1/2}}{H^{2/3}}$$

D_L = Oksijen için moleküler difüzyon katsayısı (m^2/gün)
U = Ortalama nehir hızı (m/san)
H = Ortalama akış derinliği (m)

Moleküler difüzyon katsayısının, ısı değerine göre korelasyonu şu şekilde yapılır,

D_{LT} = 1.760×10^{-4} m^2/gün x 1.038^{T-10}
D_{LT} = Herhangi bir ısıdaki moleküler difüzyon katsayısı T (m^2/gün)

1.760×10^{-4} = 20 C'deki moleküler difüzyon katsayısı
T = ısı (°C)

TABLO I

DOĞAL OKSİJENLENDİRME SABİTLERİ

SU KAYNAĞI	20°C de K_2 sabitleri
Küçük havuzlar ve durgun sular	0.10 - 0.23
Durgun nehirler ve büyük güller	0.23 - 0.35
Yavaş akan geniş nehirler	0.35 - 0.46
Normal hızda geniş nehirler	0.46 - 0.69
Hızlı nehirler	0.69 - 1.15
Çok hızlı dereler ve şelaleler	1.15

2.1. NEHİRLERDE OKSİJEN AZALMASI VE NEDENLERİ

Nehirlerde oksijen azalmasına neden olan iki faktör vardır. Bunlardan birincisi, askıdaki organik maddelerin bakteriyel oksitlenmesi, ikincisi ise dipte biriken çamurun yaptığı solunumdur.

ORGANİK MADDELERİN OKSİJEN TÜKETİMİ

Biyokimyasal oksijen ihtiyacı, askıdaki organik maddelerin miktarını saptamak açısından belirleyici parametredir. Ortamın BOİ değeri arttıkça tabanda çökelme problemi de oluşur. Zamana göre BOİ ayrıştırma için çözünmüş oksijen konsantrasyonundaki değişim 1. derece aşağıdaki reaksiyonla belirlenir.

$$\frac{dc}{dt} = -k_1 L$$

L = 1. Basamak BOİ (mg/lt)
k_1 = Oksijen tüketim sabiti (san^{-1})

Zamana göre BOİ konsantrasyonundaki değişim aşağıdaki gibidir.

$$\frac{dL}{dt} = K_1 L - k_3 L$$

k_3 = Zamana göre BOİ ayrıştırma sabiti (san^{-1})

Bilindiği gibi biyokimyasal oksijen ihtiyacı, karbona dayalı organiklerin ihtiyacı ve azota dayalı organiklerin ihtiyacı toplamıdır. Karbona dayalı bakterilerin büyüme hızı, azot bakterilerinden hızlı olduğundan karbona dayalı reaksiyon daha önce gerçekleşir. Bu durumda reaksiyon iki basamaklı olarak gelişir.

Genel olarak arıtma tesislerinde karbona dayalı ($BOİ_5$) organikler artıldığından nehirlerdeki oksijen tüketimini, azota dayalı oksitlenebilen organikler belirler. Toplam kullanılan oksijen karbona dayalı ve azota dayalı olmak üzere aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$k_1 L = k_{10c} L_{oc} + k_{10N} L_{oN}$$

k_{10c}, k_{10N} = BOİ'nin kullandığı karbona dayalı ve azota dayalı maddelerin hız sabiti (san^{-1})

L_{oc}, L_{oN} = Karbona ve azota dayalı maddelerin konsantrasyonu (mg/lt)

DİP ÇAMURU SOLUNUMU İÇİN OKSİJEN İHTİYACI

Suyun içerisindeki ağır maddeler, nehir yatağının dibinde birikir ve havasız dip çamurunu oluştururlar. Yavaş hızla hareket eden nehirlerde dip çamuru, nehirlerin çözünmüş oksijen tüketimine ortak olur ve önemli oranlarda tüketime neden olurlar. Bazı durumlarda ise çökelme nedeni ile suyun BOİ konsantrasyonunda azalmaya neden olur.

Organik çamur oksijen ihtiyacı Fair, Moore ve Thomas'ın geliştirdiği aşağıdaki anfirik formülle edilebilir.

$$Y_m = 3.14\,(10^{-2}\,yo)\,CT\,w\,\frac{5 + 160\,w}{1 + 160w}\sqrt{ta}$$

Ym= Günlük maksimum dip çamur solunumu (gr/m^2)
Yo = 20 C'de toplam kg uçucu maddedeki dip çamurunun gr $BOİ_5$ konsantrasyonu
w = Günlük uçucu katı birikme hızı (kg/m^2)
ta = Çökelme zamanı (gün)
C_T = Isı korelasyon faktörü

ÇÖZÜNMÜŞ OKSİJEN SAĞ EĞRİLERİ

Nehirlerdeki gerçek çözünmüş oksijen seviyeleri kullanan ve kazanılan oksijen hızları ile orantılı olarak değişmektedir. Zamana göre nehirlerde çözünmüş oksijen seviyesinin düşmesi ve tekrar yükselmesi bizlere oksijen sağ eğrisi ve sağ noktasını gösterir. Bu eğriyi saptayabilmek için oksijeni tüketen ve tekrar üreten mekanizmaları kontrol altında tutabilmek gereklidir.

Ancak nehre herhangi bir noktadan atıksu deşarjı var ise o durumda nehrin yeni çözünmüş oksijen konsantrasyonu şu şekilde bulunur;

$$Co = \frac{QrCr + qwCw}{Qr + qw}$$

2.1. NEHİRLERDE OKSİJEN AZALMASI VE NEDENLERİ

Nehirlerde oksijen azalmasına neden olan iki faktör vardır. Bunlardan birincisi, askıdaki organik maddelerin bakteriyel oksitlenmesi, ikincisi ise dipte biriken çamurun yaptığı solunumdur.

ORGANİK MADDELERİN OKSİJEN TÜKETİMİ

Biyokimyasal oksijen ihtiyacı, askıdaki organik maddelerin miktarını saptamak açısından belirleyici parametredir. Ortamın BOİ değeri arttıkça tabanda çökelme problemi de oluşur. Zamana göre BOİ ayrıştırma için çözünmüş oksijen konsantrasyonundaki değişim 1. derece aşağıdaki reaksiyonla belirlenir.

$$\frac{dc}{dt} = -k_1 L$$

L = 1. Basamak BOİ (mg/lt)
k_1 = Oksijen tüketim sabiti (san^{-1})

Zamana göre BOİ konsantrasyonundaki değişim aşağıdaki gibidir.

$$\frac{dL}{dt} = K_1 L - k_3 L$$

k_3 = Zamana göre BOİ ayrıştırma sabiti (san^{-1})

Bilindiği gibi biyokimyasal oksijen ihtiyacı, karbona dayalı organiklerin ihtiyacı ve azota dayalı organiklerin ihtiyacı toplamıdır. Karbona dayalı bakterilerin büyüme hızı, azot bakterilerinden hızlı olduğundan karbona dayalı reaksiyon daha önce gerçekleşir. Bu durumda reaksiyon iki basamaklı olarak gelişir.

Genel olarak arıtma tesislerinde karbona dayalı ($BOİ_5$) organikler artıldığından nehirlerdeki oksijen tüketimini, azota dayalı oksitlenebilen organikler belirler. Toplam kullanılan oksijen karbona dayalı ve azota dayalı olmak üzere aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$k_1 L = k_{10c} L_{oc} + k_{10N} L_{oN}$$

k_{1oc}, k_{1oN} = BOİ'nin kullandığı karbona dayalı ve azota dayalı maddelerin hız sabiti (san^{-1})

L_{oc}, L_{oN} = Karbona ve azota dayalı maddelerin konsantrasyonu (mg/lt)

DİP ÇAMURU SOLUNUMU İÇİN OKSİJEN İHTİYACI

Suyun içerisindeki ağır maddeler, nehir yatağının dibinde birikir ve havasız dip çamurunu oluştururlar. Yavaş hızla hareket eden nehirlerde dip çamuru, nehirlerin çözünmüş oksijen tüketimine ortak olur ve önemli oranlarda tüketime neden olurlar. Bazı durumlarda ise çökelme nedeni ile suyun BOİ konsantrasyonunda azalmaya neden olur.

Organik çamur oksijen ihtiyacı Fair, Moore ve Thomas'ın geliştirdiği aşağıdaki anfirik formülle edilebilir.

$$Y_m = 3.14\,(10^{-2}\,yo)\,CT\,w\,\frac{5 + 160\,w}{1 + 160w}\sqrt{ta}$$

Ym= Günlük maksimum dip çamur solunumu (gr/m^2)
Yo = 20 C'de toplam kg uçucu maddedeki dip çamurunun gr $BOİ_5$ konsantrasyonu
w = Günlük uçucu katı birikme hızı (kg/m^2)
ta = Çökelme zamanı (gün)
C_T = Isı korelasyon faktörü

ÇÖZÜNMÜŞ OKSİJEN SAĞ EĞRİLERİ

Nehirlerdeki gerçek çözünmüş oksijen seviyeleri kullanan ve kazanılan oksijen hızları ile orantılı olarak değişmektedir. Zamana göre nehirlerde çözünmüş oksijen seviyesinin düşmesi ve tekrar yükselmesi bizlere oksijen sağ eğrisi ve sağ noktasını gösterir. Bu eğriyi saptayabilmek için oksijeni tüketen ve tekrar üreten mekanizmaları kontrol altında tutabilmek gereklidir.

Ancak nehre herhangi bir noktadan atıksu deşarjı var ise o durumda nehrin yeni çözünmüş oksijen konsantrasyonu şu şekilde bulunur;

$$Co = \frac{QrCr + qwCw}{Qr + qw}$$

Co = Nehrin atıksu ile karışmadan önceki çözülmüş oksijen konsantrasyonu (mg/lt)

Qr = Nehrin debisi (m^3/san)

Cr = Karışımdan önceki nehir çözünmüş oksijen konsantrasyonu (mg/lt)

qw = Atıksu debisi (m^3/san)

Cw = Atıksu çözünmüş oksijen konsantrasyonu (mg/lt)

Dolayısıyla atıksu karışımlarınında diğer faktörlerin yanısıra konsantrasyona olan etkisi göz önünde bulundurulmalıdır.

Nehri hiçbir atıksuyun karışmadığı ve debisinde herhangi bir değişimin olmadığı bir durumda oksijen sağ eğrisi şu şekilde analiz edilebilir.

$$dD = K^1L - K_2 D$$

Burada D = (Cs-C) dir.

L yerine $Loe^{-k't}$ değeri konulursa, (Lo, deşarj noktasındaki son BOİ değeridir)

$$dD + K'_2 D = K' Loe^{k't}$$

t = 0 anında ve D = Do anındaki durumda denklemin integrali alındığında,

$$D_t = \frac{K^1 Lo}{K^1_2 - K^1_1} \left(e^{K't} - e^{-K^1_2 t}\right) + Doe^{-k2\,t}$$

Burada, Dt = Herhangi te anındaki oksijen tüketimi (mg/lt)

Do = Atıksu deşarj anında (t=0) ilk oksijen tüketimi (mg/lt)

Çözünmüş oksijen konsantrasyonu minimum değere ulaştığında ki, bu durum kritik nokta olarak isimlendirilir, tc, Dc, değerleri dD/dt = 0 durumu için aşağıdaki gibi tanımlanır.

$$Dc = \frac{K^1}{K'_2} \quad Loe^{-k'tc}$$

Veriler yerine konulduğunda,

$$t_c = \frac{1}{K^1_2 - K^1} \ln\left[\frac{K^2}{K^1}\left(1 - \frac{(Do\,(K^1_2 - K^1)}{K^1 Lo}\right)\right]$$

Bu durumda çözünmüş oksijen konsantrasyonunun minimum olduğu noktanın, atıksu deşarj yerine uzaklığı

$Xc = tcV$

V = Nehrin hızı (m/san)

2.3 NEHİRLERİN OKSİJENLENDİRİLMESİ

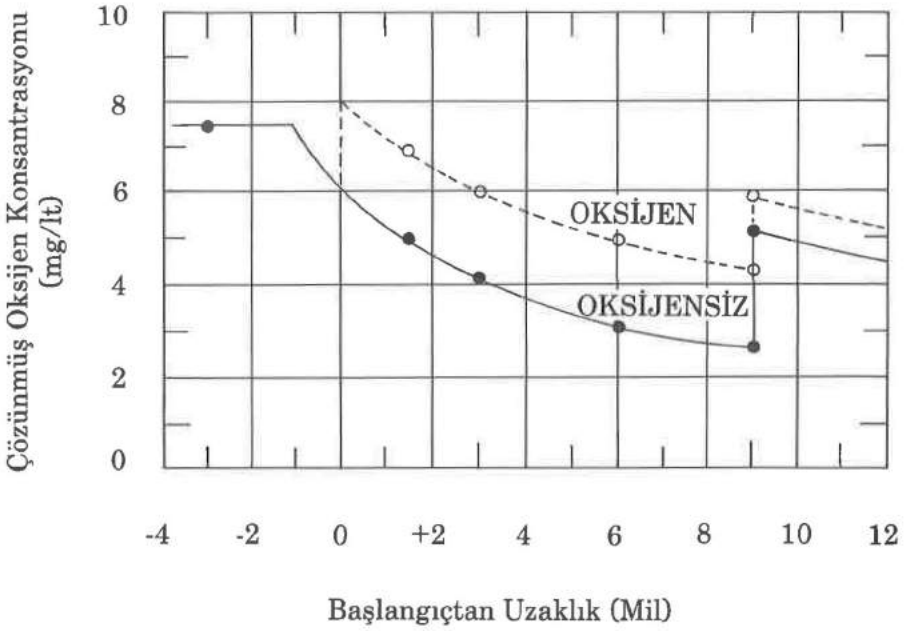
Oksijenin nehirlerde kullanılmasının nedeni, daha önce anlatılan nedenlerden dolayı çözünmüş oksijen seviyelerinin düşmesidir. Ayrıca suda bulunan organiklerin oksitlenmesi de bu şekilde sağlanır.

Bazı durumlarda, oksijen sağ eğrisinin, doğal havalandırmanın da yetersiz kaldığından dolayı devamlı düştüğü gözlemlenir. Böylece kritik sağ noktası yaşam için minimum gerekli 5-7 mg/lt çözünmüş oksijen konsantrasyonlarının altında olabilir. Bu istenmeyen durum ancak sağ noktası kontrol altında tutularak engellenebilir. Oksijen kontrollü oksijenlendirme tesisleri her zaman daha verimlidir.

Genel olarak iki sistem kullanılır. Bunlar havadan oksijenlendirme ve saf oksijen sistemleridir. Son yıllarda oksijenlendirme teknolojilerinde olan gelişmelerle nehirlerin kontrol altında tutulması oldukça yaygınlaşmıştır.

Teknolojinin ilk uygulamalarından biri, 1968 yılında Pearl Nehri'dir. Bu tesiste yapılan pilot tesis uygulaması sonucu nehirdeki çözünmüş oksijen seviyesi 6 mg/lt kadar artırılabilmiştir.

Bu uygulama sonucu elde edilen çözünmüş oksijen sağ eğrisi Şekil 1 de görüldüğü gibi 10 mil'lik uzunlukta çok iyi neticeler vermiş ve oksijen verimliliği daha da yükseltilerek daha iyi sonuçlar alınmıştır.



ŞEKİL 1
Pearl Nehrinde yapılan Oksijenlendirme çalışması

Daha sonraları 1972 Mole nehrinde yapılan uygulama bir savak sistemi ile toplanan atıksu, pompadan geçilerek nehir tabanına yerleştirilen enjeksiyon sistemi ile basma hattındaki oksijen enjeksiyonu ile nehre oksijen kazandırma sağlanmıştır. Bu tesis patenti B.O.C. Ltd Grubuna ait olan Vitox oksijenasyon teknolojisinin temelini oluşturmuştur.

Bu teknolojinin önemli uygulamalarından biri de Tees Nehridir. 1985 yılında kurulan tesis 7.5 Ton/gün oksijen kapasitesine sahiptir. Tesis Potrack Kanalizasyonu deşarjı ve Tees Nehri birleşim noktasına kurulmuştur. Nehre kanalizasyon tesisinden kuru hava koşullarında debi geldiği zaman problem oluşmaktadır.

Böyle zamanlarda kontrollü olarak oksijen enjeksiyonu yapılmış ve çözünmüş oksijen konsantrasyonunu kanal boyunca yükseltmiştir.

1988 yılında 10 ton/gün oksijen kapasiteli Thames nehri oksijenasyon tesisi 30 ton kapasiteli hareketli bir tesise dönüştürülmüştür. Yoğun yağışlarda yağmur suyu kanallarından boşalan sular nehri kirletmektedir. Kirlenen noktalara yaklaşan ünite oksijen enjeksiyonu yapmaktadır.

KÜÇÜKÇEKMECE GÖL-DENİZ BAĞLANTI KANALI OKSİJENLENDİRİLMESİ

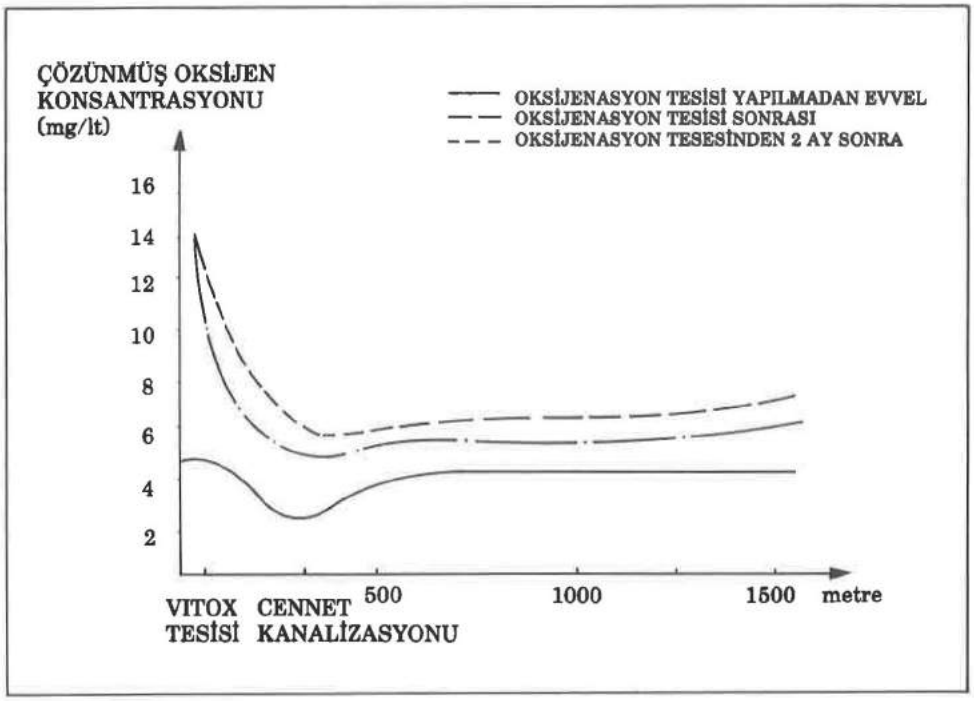
Bu gelişmiş saf oksijen teknolojisinin bir uygulaması da Küçükçekmece göl deniz bağlantı kanalında yapılmıştır. Bu çalışmanın özeti aşağıda verilmiştir.

Küçükçekmece Gölü, Marmara Bölgesi'nin kuzey kesiminde yeralan bir lagün gölüdür. Kuzeyden dökülen Sazlıdere ve bunun doğusundaki Menekşe deresi ile, kuzey batıdan gelen Nazlı Deresinin birleştiği ortak ağzın, yükselen deniz sularının altında kalması ile gölden önce bir körfez oluşmuştur. Göl ise lodos dalgalarının taşıdığı kumların yığılması ile körfez ağzının kıyı kordonuyla kapanarak bir lagüne dönüşmesi sonucunda oluşmuştur. Lagünü oluşturan kordon, batıdaki Soğuksu Burnu'ndan doğuya doğru gelişmiştir. Kordonun sonundaki kanal, göl ile deniz arasındaki bağlantıyı sağlar.

Küçükçekmece Gölü'nün denizle bağlantısı tam olarak kesilmediğinden suları bir miktar tuzludur. (İstanbul'u Edirne'ye bağlayan E5 karayolu gölü denizden ayıran bu kanalın üzerinden geçer).

Son yıllarda Küçükçekmece Gölü kıyılarında yoğun bir kentleşme hareketi gözlemlenmiştir. Bu gelişmenin yanısıra metal,tekstil ve plastik ağırlıklı bir çok endüstri atıksularını göle boşaltmaktadır.

Küçükçekmece Gölü'ne akan atıksuların azaldığı aylarda kirlilik yükü göl-deniz bağlantı kanalıyla Marmara Denizi'ne akmakta ve akımın çok yavaş olmasından dolayı kanal içerisinde çökelmeler ve dip çamur tabakasının kalınlaşmasına neden olmuştur. Küçükçekmece Belediyesi yaptığı çalışmalar sonucu kanal içerisindeki bu birikintileri büyük ölçüde temizleme çalışmalarını bitirmiştir.



ŞEKİL 2: KÜÇÜKÇEKMECE GÖL-DENİZ BAĞLANTI KANALI
VITOX OKSİJENASYON ÖNCESİ VE SONRASI OKSİJEN SAG EĞRİLERİ

Ancak, aynı zamanda balıkların geçiş yaptığı bu bağlantı kanalı, hem gölden gelen kirlilik hem de kanala deşarj yapan irili ufaklı kanalizasyon atıkları ve endüstriyel atıklarla sürekli tehdit altındadır. Ayrıca kanal dibinde biriken çamur kanaldaki oksijen tüketimini artırmıştır. Kanaldaki en önemli kirletici kaynaklar Mezbaha ve Cennet Mahallesi kanalizasyon atıklarıdır.

Küçükçekmece göl-deniz bağlantı kanalına kurulan VITOX Oksijenasyon Teknolojisi ile soruna en etkin çözümü getirmiştir. Bu sayede kirlenmiş olan kanaldaki kaybolan oksijen düzeyini tekrar eski haline getirilmektedir.

Vitox Oksijenasyon Teknolojisi, bir ventüri sistemi ile suyu oksijenle birleştirip mikro oksijen kabarcıkları oluşturarak çözünmeyi sağlar. Teknoloji, kanaldan çekilen suya oksijen verebilmekte ve herbiri sekiz jet nozulu olan iki kol ile tekrar kanala verebilmektedir.

Sistem özel bir dalgıç enjeksiyon sistemi ile oksijen çözünürlüğünü maksimize etmekte ve otomatik kontrol ünitesi ile enjekte edilen oksijen miktarı sürekli olarak kontrol altında tutulmakta ve bu suretle gereksiz oksijen tüketimi önlenmektedir.

Küçükçekmece Göl-Deniz Bağlantı kanalı oksijenasyon ünitesi yer seçimi için aşağıdaki faktörler gözönünde bulundurulmuştur.

A. Kanal boyunca olması gereken minimum çözünmüş oksijen konsantrasyonunun saptanması

B. Yoğun kirlilik noktalarına yakınlık

C. Akım yönünde göl denizden-göle olduğu zamanlarda göl içerisindeki kısmi oksijenasyonun etkili olması

Kanalda yapılan çözünmüş oksijen konsantrasyonu ölçme çalışmaları yaz aylarında maksimum çözünmüş oksijen konsantrasyonu 4 mg/lt olduğu saptanmıştır. Etkin akım yönünün gölden denize olması hesaba katılarak, oksijenasyonun en etkili noktasının hem yoğun kirlilik noktalarına yakın olması hem de göl çıkışına yakın olması gerekliliği saptanmıştır.

Böylece Lodos rüzgarıyla birlikte akım yönünün denizden göle doğru olması halinde de göl içerisindeki kısmi oksijenasyon çok daha etkili olacaktır.

Oksijenasyon yeri için Balıkçı Barınağı Adası seçilmiştir. Göl çıkışı olan Mimarsinan köprüsü altına 50 mt, mezbaha ve Cennet kanalizasyonu deşarj yerine ise 250 mt uzaklıktadır.

Kanal boyunca çözünmüş oksijen konsantrasyonunu yaz aylarında 4 mg/lt değerinin üzerine çıkmamaktadır. Gölden denize akış olduğu zamanlardaki çözünmüş oksijen değeri Vitox oksijenasyonu öncesi gözlemlenmiştir. Uzaklığa göre çözünmüş oksijen konsantrasyonu grafiği çizildiğinde oksijen sağ noktası oluşmakta ancak rüzgarın etkisiyle tekrar bir yükselme gözlemlenmektedir. Bunun sebebi ise kanalın yeterince uzun olmamasıdır.

Vitox oksijenasyonu kanalda yapılan ölçümler sonucu Şekil 2'de grafiksel değişimi vermiştir.

Çözünmüş oksijen konsantrasyonu oksijenlendirme tesisinden itibaren süper doygunluk değerlerine ulaştığından Ağustos ve Eylül 91 dönemlerinde 14-15 mg/lt değerlerine ulaşmıştır. Oksijen konsantrasyonunun çok kritik olduğu, mezbaha ve Cennet

Mahallesi kanalizasyon atıksuları deşarj yerlerinde 5-6 mg/lt çözünmüş oksijen konsantrasyonu değerlerinin altına hiçbir zaman inememiştir.

Oksijen çözünmüş oksijen problarından alınan mesajlarla kontrollü olarak kullanılması oksijen sarfiyatını azaltmıştır.

Küçükçekmece Göl-Deniz bağlantı kanalı oksijenlendirilmesi işi Ağustos ayında başlamıştır. Ağustos ayında sürekli oksijenin miktarının maksimum olması nedeniyle aralıksız olarak, yoğun bir şekilde devam etmiştir.

Oksijen gereksinimi, yağış koşullarına, mevsime, sıcaklığa ve gölden denize giden, denizden göle gelen su kalitesine göre değişim göstermektedir. Bu nedenlerden dolayı periyodik olarak çözünmüş oksijen konsantrasyonları 3 istasyon da her gün diğer atıksu analizleri de haftada bir yapılmıştır.

Yapılan analizler sonucu gerekli oksijen miktarı kış aylarına doğru oldukça azalmıştır. Ağustos 91'de 2.8 ton olan günlük oksijen ihtiyacı, Eylül 91'de 2.4 ton'a, Ekim 91'de 1.7 ton'a, Kasım 91'de ise su kalitesinin düşmesinden dolayı 0.8 Ton'a düşürülmüştür. Çalışma 1992 yılında da aynı şekilde sürdürülmüştür.

Gerek Küçükçekmece Gölünde gerekse bağlantı kanalında oksijen konsantrasyonundaki artıştan dolayı göldeki su ürünlerinde beklentilerin üzerinde artışlar gözlenmiştir. Balık sayıları ve çeşitlerindeki artışda gün geçtikçe artmaktadır.

Dikkati çeken önemli bir husus da özellikle kefallerin yumurtalarını Vitox Oksijen tesisi yakınına bırakmalarından dolayı tesisin etrafında oluşan yüzlerce kefal yavrusudur.

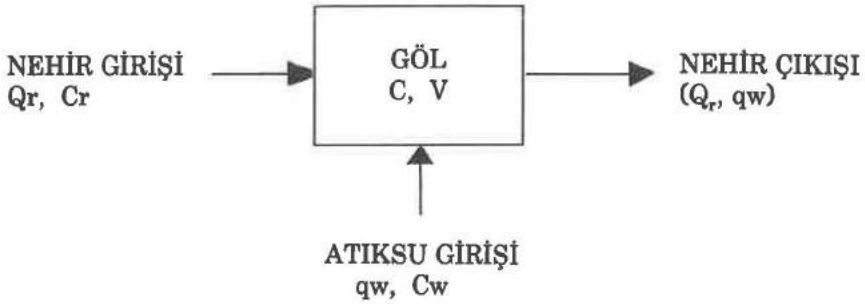
3. GÖLLERİN VE DİĞER ALICI ORTAMLARIN OKSİJEN İHTİYACI

Göllerin oksijen ihtiyacının artması, nehirlerde olduğu gibi kirlenme nedeniyledir. Nehirlerin döküldüğü nihai su yapıları göller ve diğer alıcı ortamlar olduğundan sorun bu şekilde buralara taşınmış olur. Göller ve bazı rezervuarlar içme suyu ihtiyacını karşılamak amacı ile kullanıldığından göllere gelen kirletici maddelerin kontrolü önemlidir.

3.1. KÜÇÜK GÖL VE REZERVUARLARDA KİRLİLİK ETKİSİ

Küçük göller ve rezervuarlar rüzgarın etkisi ile tam karışımlı bir haldedir. Dolayısıyla bu tip göllere giren ve çıkan su kaynaklarını da kapsayacak bir kütle dengesi kurulabilir. Bu denge basitçe aşağıdaki gibi ifade edilebilir.

BİRİKİM = GİREN - ÇIKAN + OLUŞAN + KULLANIM



ŞEKİL: 3
KÜÇÜK GÖL VE REZERVUARLARDA TAM KARIŞIM ŞEMATİK MODELİ

$$V \frac{dc}{dt} = (Qr + Cr + qwCw) - (Qr + qw)\,C + O + (-K'C)\,V.$$

V = Göl hacmi,
dc/dt = Göldeki kirlilik konsantrasyonundaki değişim,
Qr = Göle giren nehir debisi,
Cr = Nehirdeki kirlilik konsantrasyonu,
qw = Göle giren atıksu debisi,
Cw = Atıksudaki kirlilik konsantrasyonu,
K' = 1. Derece çürüme katsayısı (e tabanına göre).

Bu durumda:

$$W = QrCr + qwCw$$

Bekleme süresi ise,

$$to = \frac{V}{Q}$$

Q göle giren toplam (Qr = qw) debidir. Denklemde yerine konursa,

$$\frac{dc}{dt} + C\left(\frac{1}{to} + K'\right) = \frac{W}{V}$$

Bu 1. derece linear diferansiyel denkleminin, açık integrali alındığında,

$$C = \frac{W}{\beta V}\left(1 - e^{\beta t}\right) + Co\, e^{-\beta t}$$

$\beta = 1/to + K'$

Co = t = 0 anındaki göldeki konsantrasyon

t, değerinin sonsuza eşit olduğu varsayılırsa Ce, denge konsantrasyonu

$$Ce = \frac{W}{\beta V}$$

3.2. GÖL VE REZERVUARDA ÖTROFİKASYON VE KONTROLÜ

Göller ve rezervuarlarda temel kirliliklerden biri de ötrofikasyondur. Ötrofikasyon fosfor ve azot gibi besleyici maddelerin aşırı zenginleşmesinden olur. Bu aşırı besin sonucu göllerdeki en üstte bulunan epilmnion tabakasında yosun çiçekleri, su bitkileri ve yosun tabakası gözlemlenir. Bu durum en alt tabaka olan hipolimnionda oksijen azalmasına ve kötü kokular oluşmasına yol açar. Ötrofikasyon oluşumu ile, suda yaşayan bitkilerin çoğalması ve otobur türler tarafından tüketimleri sonucu bir dengesizlik oluşur. Bu oluşum sonucu bitkiler göl dibine çöker ve çürürler. Çürüme sonucu gölde dip çamuru oluşur ve oksijen tüketimini derin tabakalarda oluşturur.

Isı farklılıklarından dolayı derin göl ve rezervuarlarda sık sık termal akıntılar oluşur. Yaz aylarında, besin çokluğu nedeni ile aerobik yosun gelişimi ile oluşan çökelmeler ve su içerisindeki aşındırıcı maddelerin fermantasyonunu çözünmüş oksijeni tüketmesinden sonra anaerobik bir bölge oluşur. Bu bölgeye (derin bölge) hipolimnion denir. Havalı ortamın oluştuğu ve bitkilerin geliştiği üst bölge ise epliminiondur. Hipolimnion tabakasında yüzeyden oksijen sağlanamaması nedeniyle oksijensizlik oluşur. Organik

maddelerin çürümesi ve çökeltilerden gelen besleyicilerin serbest kalması nedeni ile toksit maddeler yeniden çözünür duruma gelebilirler. Amonyak gibi serbest kalan madde miktarı yeterli ise suda yaşayan bir çok canlı türünün gelişimi durabilir.

Göl ve rezervuarlar içmesuyu kaynağı olarak kullandıklarında arıtma tesislerinde bir takım problemlere yol açarlar. Amonyak azotu, demir ve manganez çözünmüş organik maddeler plankton yosunları ve gün boyunca değişen pH değeri başlıca sorunlardır. pH değerinde ve çözünmüş oksijen değerindeki hızlı değişimler havalandırma ve flokülasyon safhalarında problem yaratır.

Yosunlar filtreleri tıkar ve işletme problemi yaratır. Klor tüketiminde organik maddelerin oksidasyonundan kaynaklanan artışlar olur,flokülasyon da humin asitleri metal bileşiklerinin bir kısmını sabitleştirir ve alüminyum sülfat etkisini azaltır. Arıtma çıkışı dağıtım şebekesinde bakteri üremesi olur, mikrop ve diğer organizmaların gelişmesini artırır.

Ötrofikasyonu kontrol etmek için kullanılan yöntemler kısa, orta ve uzun dönem olarak üçe ayrılabilir.

Kısa dönemde yosunların oluşumunu engellemek için bakır sülfat ilavesi yapılır.

Orta dönemde ise suya oksijen enjekte etmek akıllıca bir yöntemdir. Ama uzun dönemde yapılacak gerçek önlem fosforun denetim altında tutulması arıtma tesislerinde 3. arıtma sistemlerinin kurulmasıdır.

Bu bölümde orta dönem önlem olan suyu oksijen enjekte edilmesinden bahsedilecektir.

3.3. GÖL VE REZERVUARLARIN OKSİJENLENDİRİLMESİ

Oksijeni azalmış göl,rezervuar ve diğer alıcı ortamların oksijenlendirilmesindeki amaç,oksijen seviyesini yükseltmektedir. Hipolimniyon tabakasının oksijen ihtiyacını karşılamak için saf oksijen kullanılır. Yapılan çalışmalar sonucu zaman içerisinde meydana getirilen çözünmüş oksijen konsantrasyonundaki artış dolayısıyla demir ve manganez miktarlarında da azalma olmuştur. Saf oksijen kullanıldığı gibi havalandırma da etkin bir yöntemdir. Saf oksijenli ve havalandırmalı sistemlerin karşılaştırılması daha sonra yapılacaktır.

Bu tip alıcı ortamlarda koku problemini engellemek için oksijen kullanımı yaygın bir yöntemdir.

Örneğin Hong Kong'daki Kowioon Koyu, 200 mt genişliğinde ve 1.5 km uzunluğunda bir koydur. Açık kanallarda gelen atıksu koyda alıcı ortamla birleşirler. Dolayısıyla 1.5 km koy boyunca denizde koku problemi oldukça yaygındır. 1986 yılında BOC Ltd. tarafından geliştirilen Vitox oksijenasyon teknolojisi koyda uygulanmış ve çeşitli miktarlara montajı yapılmıştır. Koydaki biyokimyasal oksijen ihtiyacı 30 mg/lt ve dip çamuru solunumu 20 g/m^2/gün gibi çok yüksek değerler olmasına rağmen çeşitli noktalardan oksijen veren 6 adet, toplam 10 ton/gün kapasiteli Vitox nozulları çözünmüş oksijen konsantrasyonunu minimum 4 mg/lt civarında tutarak problemi ortadan kaldırmıştır.

4. SAF OKSİJEN SİSTEMİ VE HAVA SİSTEMİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

İki sistem hem nehirler hem de göl ve diğer alıcı ortamlar bazında karşılaştırıldığında saf oksijen sisteminin aşağıdaki avantajları saptanmıştır.

1. Henry Kanununa göre saf oksijenin çözülürlüğü havaya göre 5 kat daha fazladır. Dolayısıyla 5 mg/lt çözünmüş oksijen konsantrasyonlarının üzerine çıkmak bir sorun oluşturmaz. Özellikle nehirlerde çözünmüş oksijen konsantrasyonu doygunluk seviyesine ulaşır.
2. Göllerde ve nehirlerde en az bulanıklık ve karışım sağlayacak şekilde oksijen teması sağlanır. Fiziksel koşullara göre kolayca adapte edilebilir.
3. İşletme çok kolaydır. Nehrin hem yukarı hem de aşağı tarafında otomatik kontrol mekanizmaları oluşturulabilir. Kontrol kolay ve hassastır.
4. Bazı durumlarda atıksuyun tam karışım noktasında enjeksiyon yapılır böylece atıksu oksijene doymuş olarak alıcı ortamla birleştiğinden daha etkin netice verir.
5. Saf oksijen sistemi havalı sisteme nazaran % 30 oranında daha ucuzdur.

Ancak alıcı ortamın çok sığ olması durumunda oksijen verimi düşeceğinden, saf oksijen uygun bir çözüm değildir.

KAYNAKLAR

1. Fair G.M., E.W. Moore and H.A. Thomas, Jr. "The Natural Purification of River Muds and Pollutional Sediments", Sewage Work, Cilt 13. sayfa 270, 756, 1941
2. Q'Conner D., and W. Dobbins "The mechanism of Reaeration in Natural Streams", j.Sa. Eng. Div AKCE, SA 6, 1956
3. Phelpa, E.B. "Stream sanitation", Wiley, New York, 1944.
4. Tachobanoglus, George; Wastewater Engineering: Treatment Disposal Reuse, sayfa 834-840
5. Başdemir K, "Küçükçekmece Göl-Deniz Bağlantı Kanalı Oksijenlendirme çalışması", Çevre ve Mühendis, Nisan 1992
6. Demongeot D. Trancort J. "Göllerde ve rezervuarlarda ötrifikasyon Kontrolü, Su Toplama Havzalarını koruma stratejileri Uluslararası Sempozyumu", Kasım 1992 sayfa 77-83
7. Doyle Timothy, "Oxygenation of Shallow Streams, Use of Commercial oxygen" sayfa 321-336
8. Amberg Herman, "Steram Rearation with Tonnage Oxygen use of Commercial Oxygen"sayfa 311 - 320

BÖLÜM III

SAF OKSİJENİN ATIKSU KANALLARINDA KULLANIMI

BÖLÜM III
SAF OKSİJENİN ATIKSU KANALLARINDA KULLANIMI

I. ATIKSU KANALLARINDA HİDROJEN SÜLFÜR OLUŞUMU

1.1 GİRİŞ

Hidrojen sülfür oluşum mekanizması atıksu için bir çok nedenden ötürü önemlidir. Hidrojen sülfürün neden olduğu olumsuz durumlar aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir.

(i) Koku Problemi
(ii) Zehirlilik etkisi
(iii) Korozyon etkisi
(iv) Atıksu arıtma tesisinde oluşan problemler

Bu yazının amacı bu problemleri irdelemek ve önlemek yöntemlerinin incelenmesidir.

1.2 KOKU PROBLEMİ

Hidrojen sülfür, kokmuş yumurta kokusunda ve mg/lt mertebelerinde atıksu içinde oluşmaktadır. Yerleşim alanlarında ve yerleşim alanlarına yakın yerlerde bu problem önemli ölçüde halkın tepkisini almaktadır. Sorun akımın turbulans oluşturduğu kanallarda ve kanalizasyon sisteminin havalandırıldığı yerlerde doruk noktasında hissedilir.

1.3. ZEHİRLİLİK ETKİSİ

Hidrojen sülfür zehirli bir gazdır. Solunum sistemi ile kısa zamanda beyne ulaşır ve herhangi bir belirti uyarısı algılanmadan bilinç kaybına ve ölüme yol açabilir. 150 mg/lt değerinin üzerindeki miktarlarda zehirlilik hızla artar ve önlenemez. Belirtileri gözlerin tahriş olması, heyecan, başdönmesi, burunda kuruluktur. Merkezi sinir sistemindeki etki hemen oluşur ve 500 mg/lt değerlerinde çok etkindir.

TABLO 1

DEĞİŞİK HİDROJEN SÜLFÜR KONSANTRASYONLARINA FİZİKSEL TEPKİ

TEPKİ	KONSANTRASYON (mg/lt)
Maksimum kabul edilebilir konsantrasyon	20
Birkaç saat sonraki uyarı belirtisi	70 - 150
Ciddi artış sonrası 1 saat deki maksimum etkili konsantrasyon	170 - 300
1/2 - 1 saat arası maruz kalmadaki tehlikeli konsantrasyon	400 - 700

1.4. KOROZYON

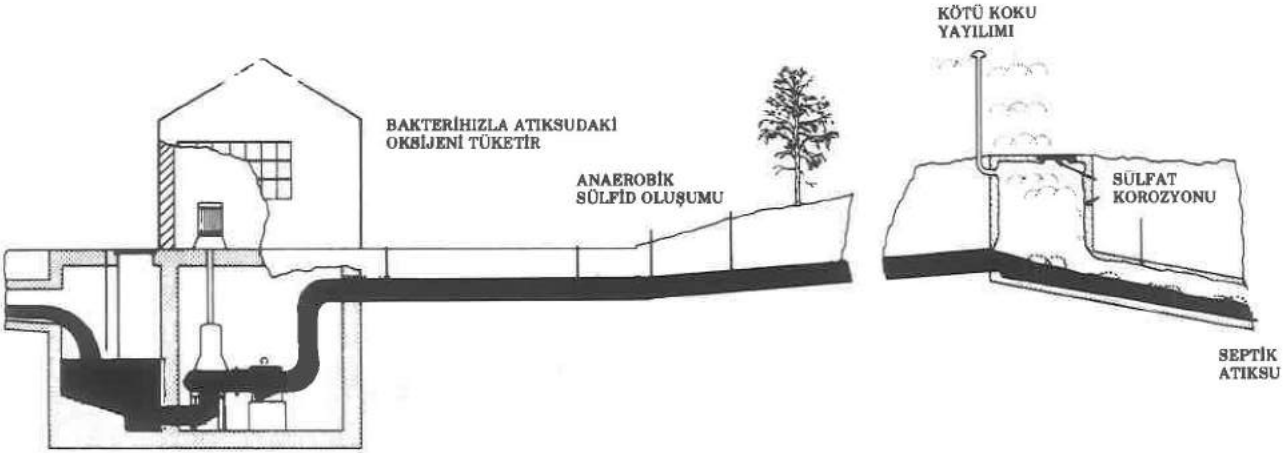
Hidrojen sülfür ve sülfirik asit, özellikle asbest veya çimento atıksu kanallarında, demir bağlantılarda ve bacalarda tahribata neden olur. Bazen kollektör hatlarında göçüklere bile sebebiyet verir.

1.5. ATIKSU ARITMA TESİSİNDE OLUŞAN PROBLEMLER:

Atıksu arıtma tesislerinde, septik koşullar oluşturan havasız ortamdaki hidrojen sülfür problem yaratır. Atıksuyun anaerobik karakteri ön arıtma bölümünde problemlere yol açar

1.6. KANALİZASYON SİSTEMLERİNİN DOĞASI:

Bütün yaşayan sistemler gibi atıksu kanallarında da bakteriyel bir sistem vardır. Evsel kökenli normal atıksu çok çeşitli formlarda bakteriler içerir. Bu bakterilerden bazıları insan sağlığını tehdit eden hastalıklara neden olabilir. (Tifo, sarılık, dizanteri gibi) Biyolojik arıtma tesislerinde çözünmüş oksijen bu bakterilerin yaşamlarını devam ettirmesi için gereklidir ve tesise gerektiği kadar oksijen verilir.



ŞEKİL 1: ATIKSU KANALLARINDA OKSİJEN TÜKENİŞİ
(BOC LTD'nin izniyle yayınlanmıştır.)

Ancak oksijen gereği kadar yoksa, bakteri bunu çevresindeki kaynaklardan sağlar. Oksijen genellikle sülfat ve nitratlar gibi kimyasal bileşiklerden sağlanır. Atıksu arıtmada bu durum havasız solunum diye isimlendirilir. Bu oksijen alma işlemi ortamda bir takım problemlere yol açar.

Sülfat için bu bozulma iki fazda oluşur.

(i) Sülfidin oluşumu :

Sülfat + Bakteri A $\longrightarrow$ Sülfid

Örnek

$SO_4 + 2C + H_2O$ + Bakteri A $\longrightarrow 2HCO_2 + H_2S$

Atıksuda pH'a bağımlı olarak Hidrojen Sülfid bulunur.

H_2S	$HS^- + H^+$	$2H^+ + S^-$	(pH değerleri)
5	9	14	

(ii) Sülfidin oksidasyonu:

Sülfid + Bakteri B $\longrightarrow$ Sülfirik asit

Örnek

$H_2S + 2O_2$ + Bakteri B $\longrightarrow H_2SO_4$

Evsel atıksu için tipik değerler aşağıdaki gibidir:

Organik kükürt	: 3 - 6 mg/lt
Deterjandan kükürt	: 4 mg/lt
Sülfat olarak	: 20 mg/lt

Atıksuda hidrojen sülfid oluşumu oksijen azlığı veya havasız ortamın oluşmasındandır. Bu durum en çok, atıksuyun tam dolu olarak pompalandığı boru hatlarında havasız ortam oluştuğundan olur. Genelde toplam oksijen gereksinimi atıksudaki mikroorganizma ve boru çeperlerinde oluşan salgıların solunum miktarı kadardır.

Cazibeli kanalizasyon sistemlerinde atıksu kanalı tam dolu değildir ve oksijen için yüzey alanı mevcuttur. Fakat eğer bu hatta oluşan septik durum cazibeli hattı etkiler normal oksijen ihtiyacından daha çok bir oksijen transfer ihtiyacı doğar.

Bir çok kanalizasyon sisteminde gündüz yüksek kapasitede debiler geçerken,geceleri bu değer düşer. Düşük debilerde bekleme süreleri daha uzun olduğu için hidrojen sülfid oluşumu daha çoktur.

2- HİDROJEN SÜLFÜRÜ ÖNLEME YÖNTEMLERİ

2.1. GİRİŞ

Hidrojen sülfür oluşumunu engellemek için üç değişik yaklaşım sözkonusudur. Bunlar, sterilize etme yaklaşımı, problemi önleme yaklaşımı ve arıtma yaklaşımı olarak isimlendirilebilir. Bu bölümde bu yaklaşımların üzerinde durulacaktır.

2.2. STERİLİZE ETME YAKLAŞIMI:

Biyolojik aktivite ve sülfidlerin oksidasyonunu kontrol altında tutmak için aşağıdaki kimyasallar kullanılır.

(i) Klor
(ii) Sodyum hipoklorit
(iii) Hidrojen Peroksit
(iv) Biyosidler
(v) A Atıksu Sartlandırıcısı

KLOR (Cl_2)

Klorun iki şekilde etkisi vardır: Bunlardan birincisi sülfidlerin oksitlenmesi, ikincisi ise, ilave sülfidlerin bakteriyel oluşumunu geciktirmektedir. Sülfid kontrolu için önerilen klor konsantrasyonu 5 - 10 mg/lt değerleri arasındadır.

Klor, sülfidi sülfata oksitlerken atıksuda çözünmüş halde kalır:

$$H_2S + 4Cl_2 + 4\,H_2O \longrightarrow SO_4^{-2} + 8Cl^- + 10\,H^+$$

Başka bir deyişle, birim ağırlıktaki sülfidi oksitlemek için 8,4 birim klor gerekmektedir. Fakat klor aynı zamanda atıksudaki başka bileşimleri de oksitlendiğinden dozlama miktarı artmaktadır. Klor, sülfit oluşumundan sonra uygulanır. Pratikte gerekli klor oranı sülfide göre 9:1 dir.

Klor atıksuda klorinatör cihazı kullanılarak uygulanır. Bu yönteme göre bir venturi sistemi, klor gazı ve temiz suyu birbirine karıştırır. Bu karışım esnasında klor gazı çözülür ve bu çözelti atıksuya verilir.

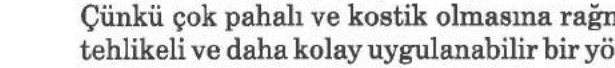
Klor son derece tehlikeli ve zehirli bir maddedir. Fakat atıksuyu sterilize ederek bir çeşit boruda arıtım gerçekleştirmektedir.

SODYUM HİPOKLORİT (NaOCl)

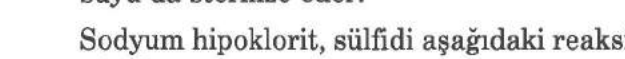
Sodyum hipoklorit çözeltesi, ağırlık olarak klorun % 12.5'i kadardır. Çözeltinin en az birim ağırlığının 17.6'sı bir birim sülfid için gerekli olan miktardır. Aynı şekilde atıksudaki başka birleşimlerle de oksitlenme reaksiyonunu gerçekleştirir.

Bu yöntem için depolama tankı ve bir dozlama pompası yeterlidir. Bir çok durumda, sodyum hipoklorit klor gazına tercih edilir. Çünkü çok pahalı ve kostik olmasına rağmen klora göre daha az tehlikeli ve daha kolay uygulanabilir bir yöntemdir. Klor gibi atıksuyu da sterilize eder.

Sodyum hipoklorit, sülfidi aşağıdaki reaksiyonda görüldüğü gibi oksitler:



$$NaOCl + H_2O \longrightarrow Na^+ + OH^- + HOCl^+$$



$$8Na^+ + 8OH^- + 8HOCl \longrightarrow 8NaCl + 6\,H_2O + SO^{-2}_4 + 6\,OH^-$$

HİDROJEN PEROKSİT (H_2O_2)

Sülfid kontrolü için hidrojen peroksid dozlaması ağırlık olarak bir birim sülfid için 1.5 - 2.5 birim H_2O_2 olarak uygulanır. Sülfid, oksitlenerek kükürde dönüştürülür.

$$H_2S + H_2O_2 \longrightarrow 2H_2O + S$$

Üretici firmalar 1 gr sülfid için 2 gr hidrojen peroksit önermektedirler. Bunun nedeni ise hidrojen peroksidin atıksuda, başka bileşikleri de oksitlemesidir. Hidrojen peroksit genellikle sülfid oluşumundan sonra uygulanır. Pahalı bir yöntemdir, ayrıca kostik ve depolamada bozulma gibi dezavantajları vardır.

Ancak deneyler göstermiştir ki gerçek dozlama oranı 4:1 dir. Bu ikinci bir reaksiyona sebebiyet verir.

$$4\,H_2O_2 + 4\,H_2S \longrightarrow SO^{-2}_4 + 2\,H^+ + 4\,H_2O$$

Depolama tankı ve dozlama pompası %20 - %50 çözeltiyi atıksuya vermek için dizayn edilir.

BIYOSİDLER

Uygun mikrobiyosidler kullanılır. Amaç mikrobiyolojik aktiviteyi azaltmak olsa da sülfat indirgenmesine karşı sınırlı bir sterilizesi vardır. Hidrojen sülfid oluşumunu engelleyemezler.

A ATIKSU ŞARTLANDIRICISI

A Atıksu şartlandırıcısı, demir sülfat ile nitrik asidin bir karışımıdır. Çökeltme yöntemi ile bütün H_2S arıtılır. Kimyasal karışımı, atıksunun pompalandığı ilk noktaya karıştırılır. Bu arıtma yönteminin avantajı, düşük işletme masrafları ve sorunun bir an önce çözümlenmesidir. Ancak doğru dozlama tahmini çok zor olduğu için uzun süre deneme-yanılma metodları uygulanır.

Atıksuyun havalı ortama dönüşmesi ve çeperlerde oluşan tabakanın yok edilmesi için aşağıdaki formül yaklaşık doğru bir değer vermektedir.

Dozlama (lt/hr) = Kanalın iç yüzey alanı $x3x10^{-3}$

Kimyasal karışım asit olduğu için dikkatli korunmalı ve iyi havalandırılmalıdır. Birçok metal, doğal plastik, ve betonda korozyon etkisi vardır.

2.3. PROBLEM ÖNLEME YAKLAŞIMI

Bu yaklaşım problemin oluşumuna meydan vermeden problemi yok etme esasına dayanır. Dolayısıyla hidrojen sülfid oluşmaz. Aşağıdaki metodlar uygulanır.

(i) Basınçlı hava enjeksiyon
(ii) Atıksu dizaynı
(iii) Oksijen enjeksiyonu

BASINÇLI HAVA ENJEKSİYONU

Basınçlı havanın pompaj hatlarına enjeksiyonu küçük hava kompresörleri (0.30-3.00 m^3/dak) ile yapılır. Önemli avantajı düzenli kimyasal temininin olmamasıdır.

Bu hava kompresörlerinin çok kabaca boyutlandırılması 2.54 cm için 30-60 lt/dak basınç kapasitesinin kullanılması esasına dayanır.

Bazı raporlara göre kompresörlerdeki oksijen oranı %10 - %20 değerleri arasındadır. Kimyasal proseslere oranla çok daha ucuz bir yöntemdir.

Basınçlı hava enjeksiyonu yönteminin önemli işletme problemleri yaratır. Bunlar, tıkanıklılık, pompa gücünü azaltma, mekanik bozukluklar olarak sıralanabilir. Birçok tesis bu nedenden dolayı çalışmamaktadır. Çalışan tesislerde yapılan araştırmalar kanallardan kaçan havanın koku problemi yarattığını ve sülfidin kısmen kontrol altında tutulabildiğini göstermiştir.

Biyokimyasal oksijen ihtiyacında azalmalar olduğu rapor edilmiştir. Ancak oksijen transferinin az olması nedeni ile bu azalma oranı ciddi miktarlarda değildir.

ATIKSU DİZAYNI

Atıksu pompaj hatları genellikle zemin seviyesinin 2.0 mt altındadır. Atıksu pompajı eğer çok uzun ise, bekleme süresi de bununla doğru orantılı olarak uzundur. Bunun sebebi, az enerji tüketimidir. Atıksu, 0.7 m/sn hızda (0.5 m/sn değerinin altına düşmeden) pompalanır. Dolayısıyla kanallarda çökelmeler olmaz. Bu şekilde atıksu saatte 2-2.5 km yol alır. Ancak pompaj sürekli olmadığından bu süre ortalama 5 km/st alınabilir.

Uzun pompaj hatlarından kurtulmanın bir yolu, atıksu kanallarının cazibeli akacak şekilde derin hatlardan geçirmektir. Ancak kazı masraflarında önemli miktarlarda artış sağlıyacağından pek tercih edilmemektedir. Bir başka yöntem ise yerinde yükseltmedir. Bu yöntem bir süre derin kazı yapıp daha sonra bacalarda dikey pompaj yapmaktır.

OKSİJEN ENJEKSİYONU

Oksijen enjeksiyonu yapılmasının en önemli nedeni atıksu kanallarında havalı ortamı oluşturma ve hidrojen sülfid oluşumuna engel olmaktır.

Pompaj hatlarında sülfidin oluşumu kenar tabakalarda başlar ve atıksu duvarlarında ürer. Bir çok araştırmacı oluşan sülfid miktarını saptamak için araştırmalar yapmıştır. Kabul edilebilir dizayn kriteri 20 °C'lik atıksuda 0,7 m/sn hızda, birim kanal yüzey alanında oluşan sülfid (mg/saat/m^2) miktarı atıksuyun $BOİ_5$ (mg/lt) değeri kadardır. Ancak bir çok pompaj hattı sürekli çalışmaz. Genellikle pompajlar normal zamanın %10-%50 sinde çalışırlar. Sülfid oluşumu atıksuyun hızı ile orantılı olduğundan, bu oluşum (mg/saat/m^2 pompanın çalıştığı zamanlarda $BOİ_5$ konsantrasyonuna, pompanın çalışmadığı zamanlarda da $BOİ_5$ konsantrasyonunun 1/5'ine eşit olduğu önerilir.

Örneğin eğer pompa zamanın % 60'ında çalışıyor ise, sülfid oluşma hızı, $BOİ_5$ = 250 mg/lt de,

0.6 x 250 + 0.4 x 250 x 0.2 = 170 mg/saat/m^2'dir.

Atıksu kanallarının kesit alanları büyüdükçe, sülfid kontrolü için oksijen tüketimi daha az verimlidir. Ancak kanal çapları büyüdükçe oksijen fiyatı da düşmektedir. Bunun sebebi de sistemin kullanım arttıkça daha ucuz bir depolama biçimine dönüşmesidir.

Ülkemiz gibi sıcak ülkelerde sterilize yöntemlere nazaran, oksijen enjeksiyon yöntemi çok daha ekonomiktir. Ayrıca sülfid kontrolünün yanısıra kısmi arıtma görevide gördüğünden önemli yatırım, ve işletme tasarrufları da sağlamaktadır.

2.4. KISMİ ARITMA YAKLAŞIMI

Bu yaklaşım hidrojen sülfidin oluşumunu engellemek için bir şey yapamaz ancak boruların kenar çeperlerine etkileri azaltır. Kullanılan metodlar

(i) Etkili havalandırma
(ii) Malzeme seçimi
(iii) Kireç ilavesi
(iv) Demir klorür ilavesi
(v)Hava ile temizleme

ETKİLİ HAVALANDIRMA

Doğal veya etkili havalandırma yöntemi atıksuda havalı ve solunabilir bir durum yaratır. Böylece hidrojen sülfid atıksudan alınarak havaya karıştırılır. Eğer kuru hava ile havalandırma yapılıyorsa, duvarlardaki nemlilik kalmaz ve korozyon problemini de engeller.

MALZEME SEÇİMİ

Atıksu borulama hatlarında sülfid koruzyonunu engelleyici malzeme kullanımı zararı azaltır. Örneğin, PVC, Plastik, fibercam borular korozyona karşı daha etkilidir.

KİREÇ ($Ca(OH)_2$)

Hidrojen sülfid, asidik bir gazdır ve alkali ortamlarda daha kolay çözünür. Eğer atıksuyun pH değeri 8.2 ye yükseltilirse hidrojen sülfidin büyük bölümü çözeltide kalır. Böylece koku ve korozyon kontrol altında tutulur. H_2S çözeltiden çıkmadığı için problem yaratmaz.

DEMİR KLORID ($FeCl_3$)

Demir sülfidler suda çözülmezler. Demir klorid atıksuya karışırsa sülfidlerle reaksiyona girip, demir sülfid olarak çöker ve böylece sorun yaratmazlar.

HAVA İLE TEMİZLEME

Bu yöntem ile hidrojen sülfidden dolayı koku problemi engellenir. Ancak çok pahalı bir yöntem olduğundan pek tercih edilmez.

3. ATIKSU KANALLARINA OKSİJEN ENJEKSİYONU

3.1. GİRİŞ

Atıksu kanallarında oksijen enjeksiyonu 1970'li yıllardan sonra hızla gelişen bir yöntemdir. Bu yöntem önceleri sadece sülfid oluşumunu engellemek için yapılmış daha sonra diğer bazı faydaları olduğu da saptanmıştır. Uzun kollektör hatlarında oksijen enjeksiyonu arıtma verimini de artırmaktadır. Bu araştırma B.O.C. Limited şirketi ve Steveage araştırma merkezinde ortak olarak yapılmış ve sonuçları gözlemlenmiştir.

Kanal iç duvarlarında ve atıksudaki bakteri, solunum yaparak organik maddeleri oksitler. Bu duvarlarındaki bakteri tabakası damlatmalı filtrelerde olduğu gibi solunum yapar. Ayrıca atıksudaki bakterilerde, solunum yaparak organik maddeleri oksitlerler. Bu şekilde organik madde konsantrasyonunda azalma olur.

Kanallardaki atıksu arıtımı için kullanılan oksijen yumaklar oluşturur. Bu yumaklar daha iyi çökelebilir çamur üretirler. Böylece arıtma verimi artar.

Araştırmalar 1 kg oksijenin 3 kg KOİ yükünü oksitlediğini ortaya koymuştur. Ancak bu verim ön çökelmeden sonra elde edilir.

3.2. ATIKSU KANALLARINA OKSİJEN ENJEKSİYONUNUN FAYDALARI

Oksijen enjeksiyonunun atıksularda sağlayacağı faydalar aşağıdaki gibi özetlenebilir.

ÖN ÇÖKELTME TANKLARINDA VERİM ARTIŞI

Normal olarak evsel atıksu arıtma tesislerinde ön çökeltme havuzlarında arıtma verimi %30-%35 mertebesindedir. Ancak bazı özel koşullarda bu verim %50 mertebelerine ulaşabilir.

Atıksu kanallarının septik olduğu durumlarda ön çökeltme verimi bu değerlerin de altındadır. Bunun nedeni büyük bir olasılıkla kanalizasyon sistemlerindeki uzun bekleme süreleri veya ön çökeltme tanklarındaki bekleme süresinin uzun olmasıdır. Bu koşullarda atıksu, koyu kahverengi veya siyah renktedir. Koku problemi vardır ve yumaklar azdır. Havasız ortam dolayısıyla atıksu yüzeyine gaz kabarcıkları çıkar.

Besleme kanallarına oksijen enjeksiyonu yapmak, atıksu verimini %30'lardan %50 değerlerine yükseltir. Böylece biyolojik arıtmaya girecek yük miktarı çok azalır.

Blokpan'da yapılan deneyler kimyasal oksijen ihtiyacının ön çökeltme havuzunda %25 arıtıldığını göstermiştir. Ancak oksijen enjeksiyonu ile bu değer %50'ye çıkmıştır.

KOKU VE KOROZYON KONTROLÜ:

Daha evvel bahsedildiği gibi oksijen enjeksiyonu koku problemini tamamen ortadan kaldırır.

İYİ KARAKTERDE ÖN ARITMA ÇAMURU:

Ön çökeltme tanklarından alınan çamur daha stabil ve iyi karakterde olduğundan hidrolik olarak anaerobik çürütücülerin kapasitesini artırabilir.

AKTİF ÇAMUR TESİSLERİNDE ÇAMUR KABARMASINI ENGELLEMEK:

Anaerobik karakterdeki çamurlar, aktif çamur tesislerinde kabarma yaparlar. Özellikle filamentus bakterilerde gözlenen bu kabarmayı oksijen enjeksiyonu engeller.

ATIKSUYUN BİYOLOJİK OLARAK KOLAY PARÇALANABİLİRLİĞİ

Kanallarda oksijen enjeksiyonu yapılan atık uzaklaştırma tesislerinde verim çok daha iyidir.

3.3. OKSİJEN ENJEKSİYONU İÇİN GEREKLİ PARAMETRELER

Atıksuya oksijen enjeksiyonu, aşağıdaki maddeler halinde belirtilen durumlar için gereklidir.

(i) Anaerobik koşulları ortadan kaldırmak ve hidrojen sülfid oluşumunu engellemek,
(ii) Atıksuda var olan hidrojen sülfidi oksitlemek,

Gerekli oksijen miktarını saptarken aşağıdaki tüketici kaynakları gözönünde bulundurmak gerekir.

(i) Duvar tabakası solunumu,
(ii) Borudaki atıksu karakteri,
(iii) Sülfid oksidasyonu.

Oksijen enjeksiyonu için aşağıdaki parametreler hakkında bilgi toplamak gerekir.

1. Pompa istasyonu detayları,
2. Pompa hızı ve atıksu debisi,
3. Solunum hızı,
4. Sülfid seviyesi,
5. Pompalama hattı dizaynı,
6. Kimyasal Oksijen ihtiyacı,
7. PH,
8. Yükseklik ve ısı.

POMPA İSTASYONU DETAYLARI

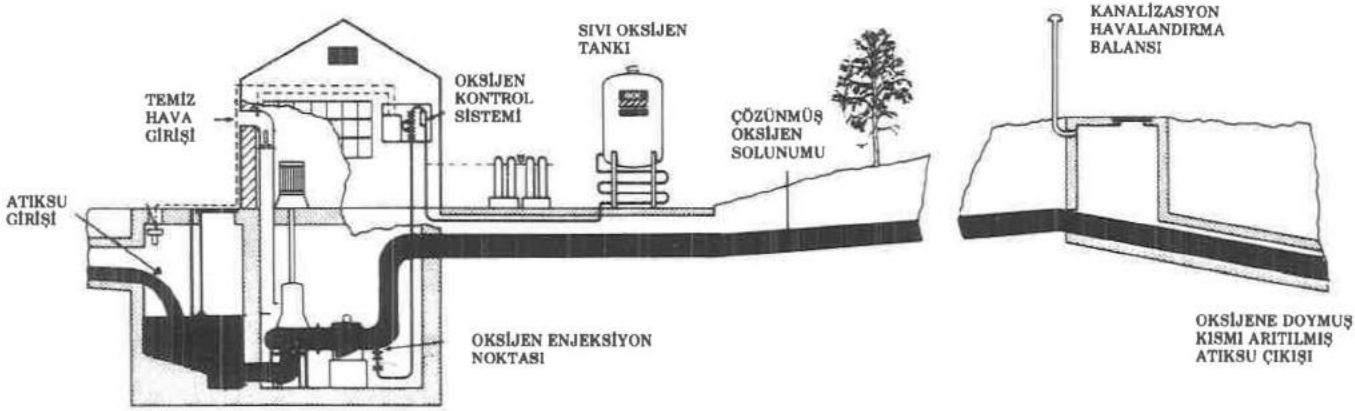
Kullanılan pompa tipi, kullanım şekli, çekvalf varsa pozisyonu, enjeksiyon pompanın toplam basma yüksekliği, oksijen çözünme kapasitesinin saptanması bakımından önemlidir.

ATIKSU DEBİSİ

Organizmaların solunum hızı, atıksu debisinden bağımsızdır. Fakat pompa değişik zaman birimlerinde durup çalışıyor ise atıksuya da gerektiği kadar oksijen enjekte edilmelidir. Dolayısıyla oksijen dozlaması debi ile doğru orantılıdır.

Hidrojen sülfidi oksitlemek için gerekli oksijen, sisteme giren hidrojen sülfid konsantrasyonu ve debi ile orantılıdır. Atıksu kanalındaki türbülans ve toplam basınç, maksimum oksijen dozlamasını limitlerini belirler. Bunlar pompa debisi ile bağlantılıdır. Dolayısıyla pompa hızı ve debi (ortalama kuru hava debisi) oksijen enjeksiyon sistemi için gereklidir.

Ortalama kuru hava debisi ilgili idarelerden alınabilir, ancak toplam 250 lt/kişi/gün değeri de esas alınabilir. Ayrıca atıksu debisinin, günlük, mevsimlik değişimleri, yağmur suyu kanalları ile birlikte çalışıp çalışmadığı ve giren endüstriyel debi miktarlarıda oksijen enjeksiyonu açısından önemlidir.



ŞEKİL 2: ATIKSU KANALLARINA OKSİJEN ENJEKSİYONU
(BOC LTD'nin izniyle yayınlanmıştır.)

SOLUNUM HIZI

Oksijeni, atıksuda kullanan en önemli iki faktör, duvar tabakası solunumu ve mikroorganizmaların yaptığı solunumdur. Verilecek oksijen miktarı bu iki faktöre bağlıdır. Duvar tabakasındaki bakteri için gerekli oksijen miktarı literatürde 700 mg/m^2'dir. Bu değer, 15 °C'de olup, sıcaklığa göre değişkendir.

Evsel atıksu kanallarında solunum hızı 15 mg/lt/st'dir. Ancak sıcaklığa bağımlı olarak solunum hızı çok fark eder. Bakteriyel solunumun yanısıra, duvar tabakasındaki protozoa, parazit yumurtalar da solunum yaparlar. Bunları da dikkate almak gerekir.

SÜLFİD SEVİYESİ

Sülfidler atıksuda ölçülmelidir. Atıksuda bulunan sülfidler kimyasal olarak enjeksiyon esnasında oksitlenirler.

POMPAJ HATTI DİZAYNI

Solunum hızı, birim duvar alanına veya birim atıksu hacmine düşen hız olarak tanımlanır. Buna göre pompaj hattının boyutlarının bilinmesi gerekir. Toplam yükseklik, atıksu kanal malzemesi, uzunluğu, çapı, plan ve profili gereklidir.

KİMYASAL OKSİJEN İHTİYACI

Atıksunun karakteri kimyasal oksijen ihtiyacı ile tanımlanabilir. Normal evsel atıksu KOİ konsantrasyonu 500-1000 mg/lt arasındadır.

PH

Normal olarak evsel atıksu pH'sı 6.5 - 8.3 arasındadır. Kuvvetli asitler ve kuvvetli alkoller atıksuyun solunumunu engeller. Asitli atıksu septik karakterinde göstergesidir. pH her zaman pompaj hattının başında ve sonunda ölçülmelidir.

YÜKSEKLİK VE ISI

1 atmosfer basınçta 15°C sıcaklıkta saf oksijenin çözünürlüğü 44 mg/lt dir. Bu değer havadan oksijen transferinin 5 katı daha büyüktür. Çözünürlük basınçla doğru orantılıdır.
Yüksek ısılarda oksijen çözünürlüğü düşer bu da göz önünde bulundurulmalıdır.

3.4. GEREKLİ OKSİJEN MİKTARININ SAPTANMASI

Gerekli oksijen miktarı pompaj hattındaki üç önemli faktöre bağlıdır.

(i) Duvar tabakası kalınlığı
(ii) Atıksudaki organizmadır.
(iii) Sülfid miktarı

DUVAR TABAKASI KALINLIĞI

Isıya bağımlı olarak değişen solunum hızı duvar tabakası için 15°derecede 700 mg O_2/m^2 saat alınabilir. Toplam alan bulunduktan sonra bu değerden yararlanarak günlük tüketim saptanabilir.

ATIKSUDAKİ ORGANİZMALAR

Beş günlük Biyokimyasal oksijen ihtiyacı, 350 mg/lt kabul edilirse Şekil 3'de görüldüğü gibi 1 günlük BOİ değeri 125 mg/lt dir. Bu değer atıksudaki organizma solunumu için esas alınabilir. Ancak yaz ve kış aylarında solunum değişkendir.

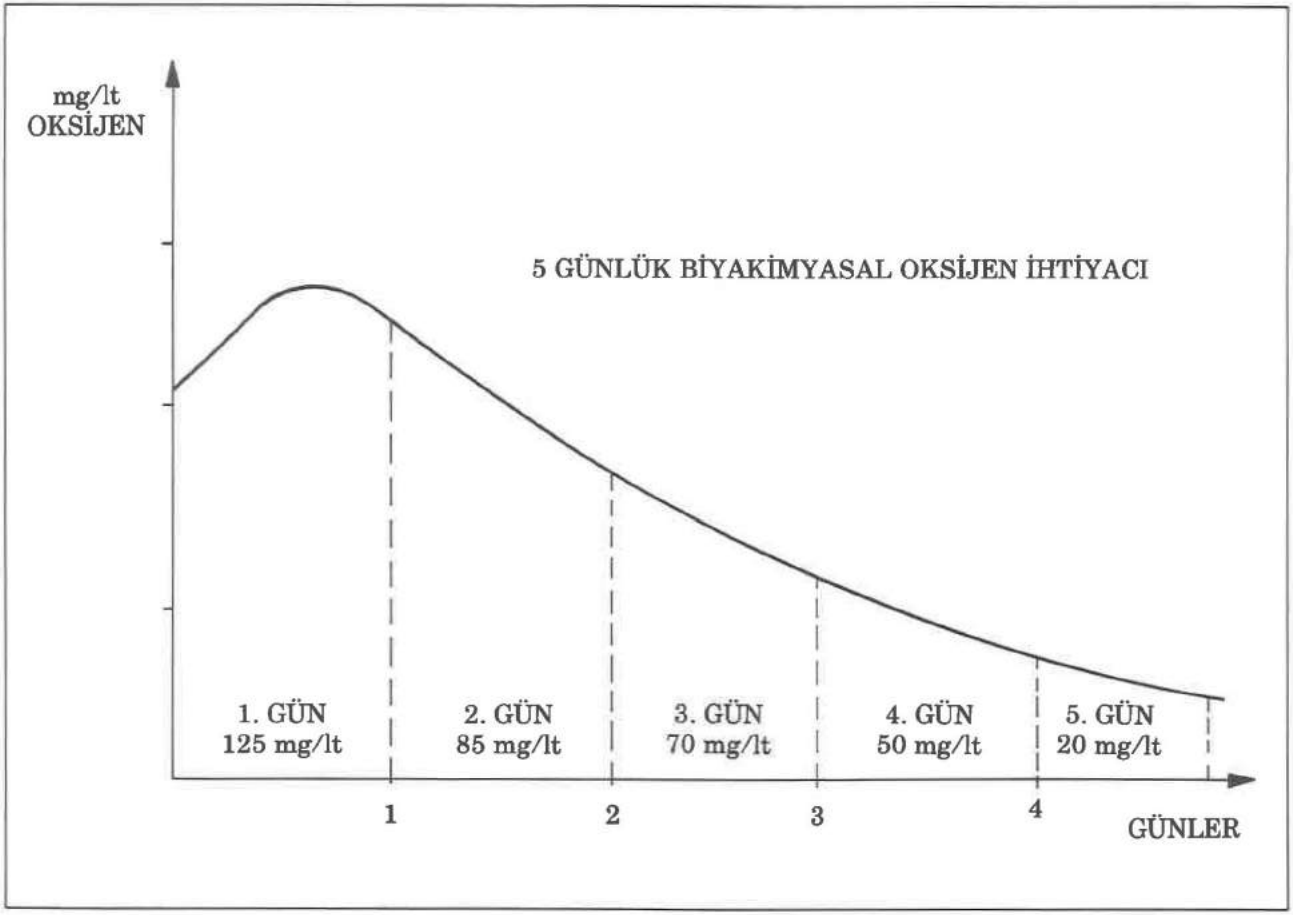
SÜLFİD MİKTARI

Sülfid miktarı saptanırken 0,5 kg Oksijenin 1 kg sülfidi oksitlediği esas alınır. Buna göre günlük sülfid oksijen miktarı aşağıdaki formül ile hesaplanır.

Günlük tüketim : S x Q x H x 0.0005 (kg/gün)

S = Sülfid konsantrasyonu (mg/lt),
Q = Atıksu debisi (m^3/saat),
P = Pompa debisi (m^3/saat),
H = Pompalama süresi/gün (saat),

Toplam oksijen ihtiyacı bu üç değerin toplamı kadardır.



ŞEKİL 3: 5 GÜNLÜK BİYOKİMYASAL OKSİJEN İHTİYACI

KAYNAKLAR

1- Boon, A.G. de Linster, A.R. "Formation of Sulphide in raising main sewers and its preventation by injection of Oxygen" Progress in water technology 7, İngiltere 1975.

2- Sladen J.B. & Redding E.B. "The use of oxygen to Control corroslon in an Industrial system".

3- Pomeroy R.D. "Control of Hydrogen Sulphide Generation in Sewers" Water and Sewage Works 103, Mart 1956

4- Boon, A.G. Skellett C.F. "The use of oxygen to treat sewage in a rising main"., Journal of the institude of Water Pollution Control, No 1, İngiltere, 1977.

BÖLÜM IV

OZONUN ÇEVRE PROSESLERİNDE KULLANIMI

BÖLÜM IV
OZONUN ÇEVRE PROSESLERİNDE KULLANIMI

1. GİRİŞ

Ozona adını veren olgu, onun kokusudur. Ozonla ilgili ilk çalışmalar Alman fizikçi Von Marum tarafından 1785 yılında başlatılmıştır. Sonraları, 1840 yılında Schönbein Münih Akademisine sunduğu çalışmada, bu gaza ozon ismini kendisi vermiştir. Ozon Yunanca'da "Ozein" koku anlamına gelir. Bir fırtınadan sonra ya da elektrikli bir aygıtın çevresinde algılanan koku ozondan kaynaklanır.

Ozon tarihindeki ilk uygulamalarda ozon, her zaman hava jeneratörlü tesislerde üretilmiştir. Ancak yakın tarihte bilim adamları saf oksijinden ozon üretimi yoluna gitmişlerdir. 1845 yılında ilk defa De La Rive ve Marignac ozonu, kuru saf oksijeni elektrik kıvılcımlarına maruz bırakarak üretmişlerdir. İçmesuyu arıtma tesislerinde ozonun kullanılması önceleri Almanya, Fransa ve Hollanda'da olmuştur. İlk tam boyutlu ozon sistemi 1893 yılında Hollanda'da Ooudshoorn kentinde kurulmuştur. Bunu daha sonra Paris, Weisbaden, Leningrad, Nis izlemişlerdir. Bu tesislerin hepsi de havadan ozon üretme sistemine dayanır.

Ozondaki bu gelişme, II. Dünya Savaşı ve takibi yıllarda biraz gerilemiştir. Bu yıllarda Fransa, Almanya, İsviçre ve çeşitli Avrupa ülkelerindeki yine ozon kullanmıştır.

İngiltere'de ve A.B.D.'de ucuzluğu dolayısıyla klor tesisleri tercih edilmiştir. Ancak son yıllarda bu tesisler ozon tesislerine dönüştürülmektedir.

2. OZONUN YAPISI VE ÖZELLİKLERİ:

Ozon oksijenin bir dönüşümüdür. Molekül haldeki oksijenin O_2 yapısında, Ozonun sa O_3 yapısında olması bu ilgiyi hemen gözler önüne serer.

Ozon stabil olmayan bir gazdır ve karakteristik bir kokusu vardır. Soluk mavi renkli ve tahriş edeci bir gazdır. Tablo 1'de ozonun bazı özellikleri gösterilmiştir.

Çok az bir enerji gereksinimi ile ozon -112°C'de koyu mavi renge dönüşerek sıvılaşır.

Yapılan çalışmalar ozonun, oksijene göre 13 kat daha çözünürlüğünün fazla olduğunu göstermiştir. Ozonun başka maddelerle çok reaktif reaksiyonlara girmesi özelliğinden dolayı çözünürlüğünü net saptamak zordur. Dolayısıyla yapılan deneylerde suyun içerisinde hiç bir madde bulunmamasına özen gösterilmiştir. Distile suda ozonun yarı ömrü 20°C de 20 dakikadır. Mükemmel derecede temiz tutulmuş bir sistemde ozon çözünürlüğü Henri kanunu ile ifade edilebilir.

Ozon, flor gazından sonra ikinci güçlü oksitleyici gazdır. Oksidasyon potansiyeli - 2.09 ev'dir Bu özelliğinden dolayı içmesuyu arıtımında kullanılmaktadır. Ancak ekonomik olması için çok iyi tasarlanmış sistemlerle çalışması gerekmektedir.

TABLO 1

SAF OZONUN ÖZELLİKLERİ	
Ergitme Noktası (°C)	-192.2 + 0.4
Buharlaşma Noktası (°C)	-111.9 + 0.3
Kritik Isısı (°C)	-12.1
Kritik basıncı (atm)	54.6
Kritik hacmi (cm^3/mol)	111
Yoğunluğu 77.4 K de (gr/cm^3)	1.728
Viskositesi (CP)	
77.6 Ok de	4.17
90.2 Ok de	1.56

TABLO 2

OZON YOĞUNLUĞUNUN SICAKLIĞA GÖRE DEĞİŞİMİ

Isı °C	Sıvı Yoğunluğu (gr/cm^3)
- 183	1.574
- 180	1.566
- 170	1.535
- 160	1.504
- 150	1.473
- 140	1.442
- 130	1.410
- 120	1.378
- 110	1.347
- 100	1.316

3. OZON ÜRETİMİ

Ozon üretiminde üç ana metod vardır. Bu metodlar,

(i) Korina Deşarj metodu,
(ii) U.V. Radyasyon Metodu,
(iii) Elektrolitik Metod

Sadece Korina Deşarj tekniği yüksek miktar ve yüksek konsantrasyonlarda ozon üretmek için uygun bir metoddur. Büyük tesislerde Korina Deşarj metodu uygulanır.

Ozon oksijenden üretilen bir gazdır. Üretimde temel prensip saf oksijenin veya havanın besin gazı hazırlama ünitesinden geçirilip, ozon jeneratöründe elektrik akımına maruz bırakıp reaksiyona girmesidir. Daha sonra soğutularak kullanımı hazır hale getirilir.

Ozon üretimini etkileyen faktörler şöyle sıralanabilir;

1. Ozon konsantrasyonu,
2. Soğutma suyu ısısı,
3. Besleme gazındaki oksijen oranı,
4. Besleme gazındaki ısı,
5. Besleme gazının basıncı.

4. ARITMA TESİSLERİNDE OZON KULLANIMI

Ozon arıtma tesislerinde çok değişik amaçlar için kullanılabilir. Kullanım amaçları aşağıdaki gibi özetlenebilir:

1. Dezenfeksiyon ve yosun kontrolü,
2. Organik kirleticilerin oksitlenmesi
   a. Demir ve Manganez
3. Organik mikro kirleticilerin oksitlenmesi
   a. Tat ve koku bileşikleri
   b. Fenolik kirleticiler
   c. Pestidler
4. Organik makro kirleticilerin oksitlenmesi
   a. Renk ağırtma
   b. Organiklerin biyolojik parçalanabilirliğini arttırma
5. Koagulasyona yardımcı olmak.

Ozon içmesuyu arıtma tesislerinde çeşitli şekillerde kullanılır. Eğer demir ve manganezin ayrıştırılması sözkonusu ise arıtma tesisine ham suyun ilk girişinde, kullanılır. Yavaş kum filtrelerinin verimini arttırmak için ara proses olarak filtrelerden hemen önce verilir. Arıtma tesislerinde genellikle problem hangi noktada ise o noktaya uygulanır. Örneğin renk giderici olarak kullanılıyorsa renk probleminin engellenmesi gereken noktaya uygulanır. Dünyanın bir çok ülkesinde ön ve son ozonlama olarak iki proses kullanılsa da, Fransa'da içmesuyu arıtma tesislerinde ön, ara ve son ozonlama olarak üç basamaklı ozon prosesi uygulanır.

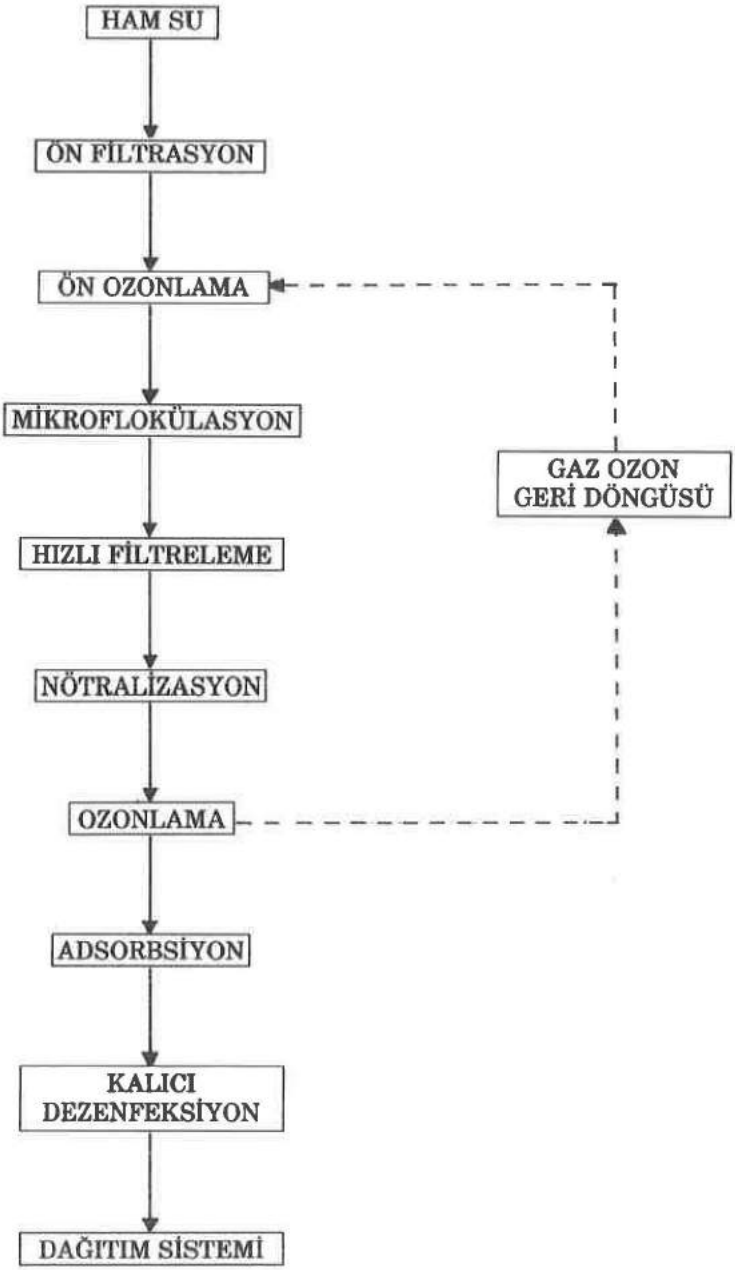
Dikkate alınması gereken bir diğer husus ise, ozonun reaktif verimliliğidir. Ozon moleküller olarak veya radikal dekompose olarak su içinde bulunur. Moleküler ozon daha çok tercih edilen bir yöntemdir. Düşük pH değerlerinde ve yüksek inorganik karbon reaksiyonlarında doğrudan moleküler ozon daha etkilidir.

TABLO 3

OZON UYGULAMA ŞEKLİ

Kontrol edilecek Parametre	Uygulama Noktası	Ozon Dozu
Fe / Mn	Ön ve Ara	Orta
Renk	Ara	Orta - Yüksek
Tad ve koku	Ara	Yüksek
SOCs	Ara	Orta - Yüksek
Partiküller	Ön	Orta - Az
Yosun	Ön - Ara	Orta - Az
Patojenler	Ön - Son	Az - Orta
Cl ürünleri	Ara - Ön	Az - Yüksek

ŞEKİL : 1
OZON ÜRETİMİ AKIM ŞEMASI



ŞEKİL 2
OZON ARITIMI AKIŞ DİAGRAMI

5. İÇME SUYU ARITMA TESİSLERİNDE OZON UYGULAMA METODLARI

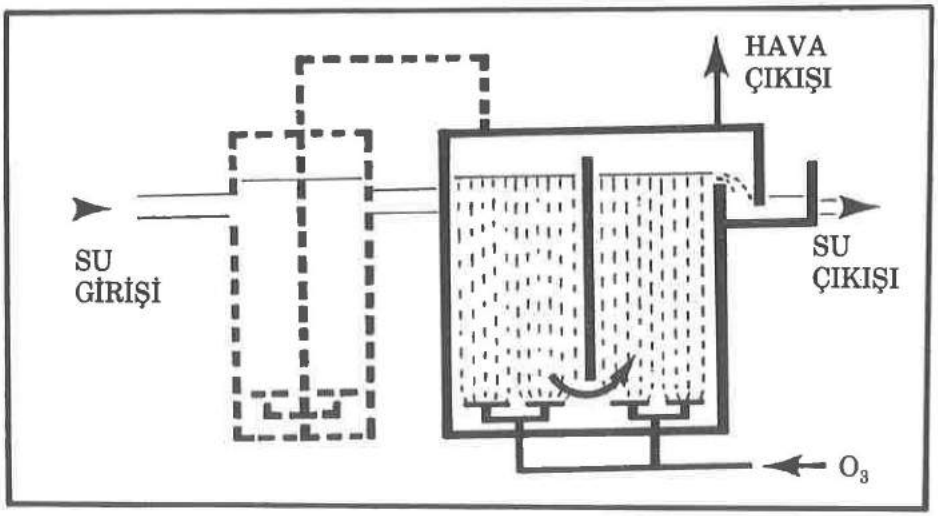
Ozonu atıksu arıtma tesislerinde kullanmak için değişik yöntemler vardır. Bunları incelemeden önce suya temasını artırıcı etkinleri incelemek gerekir.

0.5 Bar gösterge basıncı ozon dozlamasında optimum değerdir. Temas tankları 5 mt derinliğinde olursa verimlidir. Daha az derinliklerde verim düşer.

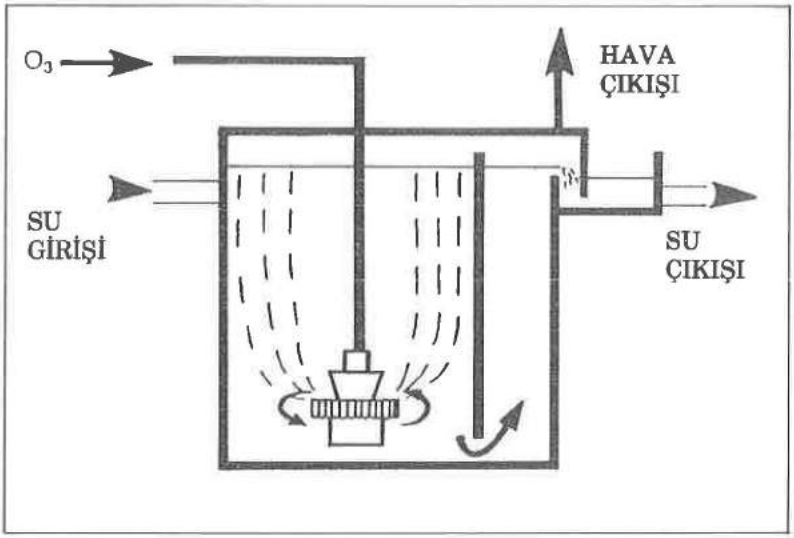
Kabarcık büyüklüğü temas tankında 3 mm ve 5 mm çapında olmalıdır. Çok küçük kabarcık çapları etkin değildir. Bunlar ölü kabarcık diye isimlendirilir.

Tipik bekleme süresi 5 dakikadır. Ancak temas süresi kontrol edilecek parametreye göre 1 dakika olabildiği gibi 15 dakikada olabilir.

Ozon difüzyonu yukarıya doğru difüzürlerle yapılırken su perdeler oluşturularak karıştırılır. Hava payında biriken ozon tekrar alınarak sistemin başına ön ozonlamada kullanılabilir.



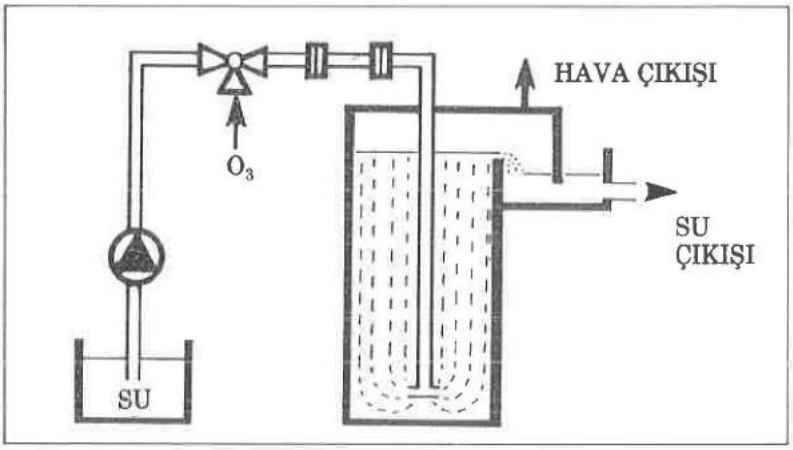
ŞEKİL : 3
YUKARI AKIŞ DİFÜZYONU
Ozon difüzyonu yukarıya doğru difüzürlerle yapılırken su perdeler oluşturularak karıştırılır. Hava payında biriken ozon tekrar alınarak sistemin başında ön ozonlamada kullanılabilir.



ŞEKİL : 4

TÜRBİN UYGULAMASI

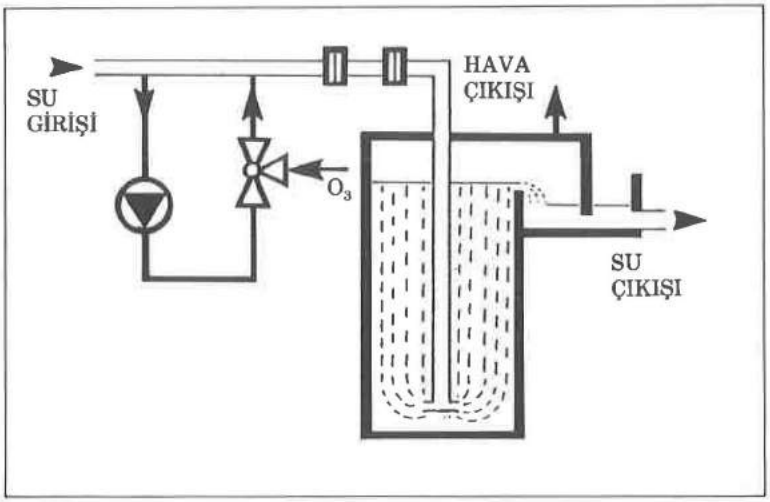
Ozon türbin karıştırıcılar kullanılarakda suya temas ettirilebilir. Çok kötü su kalitesine sahip tesislerde bu metod difüzör metoduna oranla daha etkindir.



ŞEKİL : 5

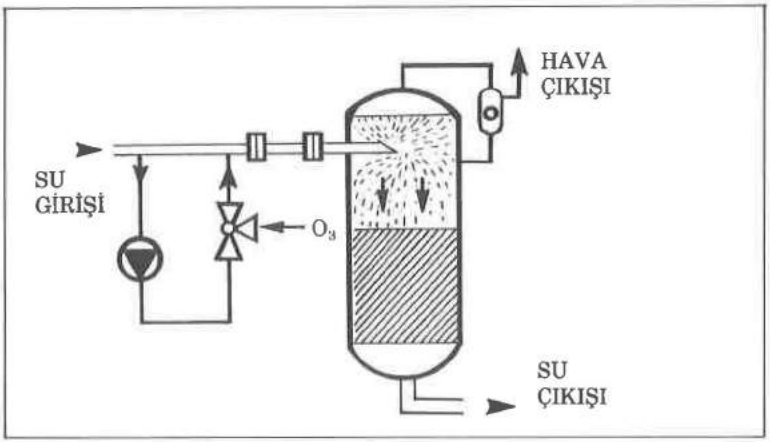
TOPLAM ENJEKSİYON:

Hamsu pompadan geçirilirken hidrojik bir enjektör yardımı ile ozonla karıştırılarak temas tankına iletilir.



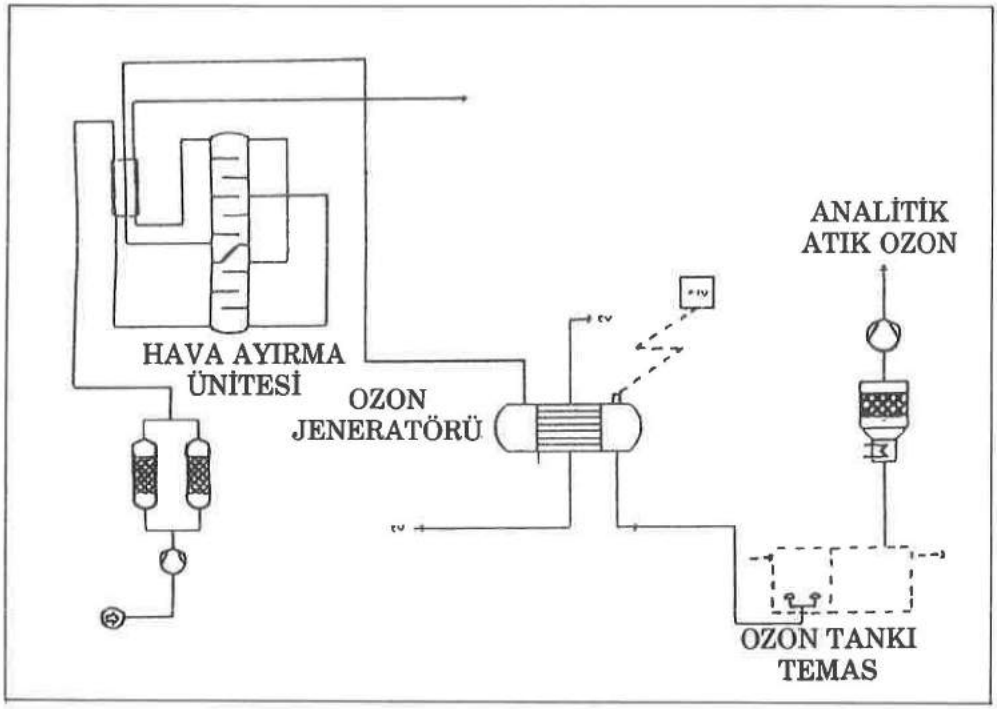
ŞEKİL : 6
KISMİ ENJEKSİYON

Bu metod toplam enjeksiyon metoduna benzer. Ancak temas boru hattında by-pass yapıp pompa ile enjektöre su iletilip, ozonla karıştırılarak tekrar boru hattı ile temas tankına iletilir.



ŞEKİL : 7
BASINÇLI ENJEKSİYON

Toplam enjeksiyona veya kısmi enjeksiyon yöntemlerinin benzeri boru hattında uygulanır. Fakat basınçlı bir sistemle filtreden geçirilerek su arıtılır.



ŞEKİL : 8
SIVI OKSİJENLİ OZON SİSTEMİ

Sıvı oksijen ozon jenaretöründen geçirilir ve direk olarak temas tankına iletilir. Sıvı oksijen genellikle kriyojenik hava ayırma ünitelerinde üretildikten sonra sıvı olarak tankerlerle tesiste bulunan kriyojenik oksijen depolama tanklarına getirilir. Daha sonra bir kontrol panelinden geçirilerek ozon jeneratörüne alınır.

6. HAVA VE SAF OKSİJEN JENERATÖRLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

20. yüzyılın başından beri kurulan ozon tesislerinin bir çoğu havadan ozon üreten jeneratörleriyle çalışmakta idi. Bunun nedeni ise ucuz bir yöntem olarak kabul edilmiş olmasıydı. Son yıllarda oksijen jeneratörlerinin yaygınlaşmasının nedeni sıvı oksijenin ucuza üretilmesi ve hava sistemlerinden daha ekonomik olmasıdır.

Hava ve saf oksijen jeneratörlerini üç ayrı bazda karşılaştırabiliriz. Bunlar,

(i) İlk yatırım masrafları
(ii) İşletme masrafları
(iii) Dizayn ve işletme kolaylıkları

(i) İLK YATIRIM MASRAFLARI

TABLO 4

İLK YATIRIM MASRAF KARŞILAŞTIRMASI

YATIRIM MASRAFI	HAVA	OKSİJEN
Hava hazırlama ünitesi	Gerekli	Gereksiz
Ozon jeneratörü	%140 O_2 Jen.	% 60 Hava Jen.
Tesis yapımı	2 x oksijen	0.5 x Hava
Elektrik Masrafları	2 x oksijen	0.5xOksijen

Tablodan da görüldüğü gibi hava sisteminin ilk yatırım masrafları oksijen sisteminin iki katı kadardır. Pahalı bir yatırım olan ozon sistemlerinde ilk yatırım masrafları gözönünde bulundurulması gereken önemli bir masraftır.

(ii) İŞLETME MASRAFLARI

TABLO 5

İŞLETME MASRAFLARI KARŞILAŞTIRILMASI

İŞLETME MASRAFI	HAVA	OKSİJEN
Enerji Masrafı	2 x oksijen	0.5 x Hava
Su soğutma masrafı	2 x oksijen	0.5 x Hava
Oksijen Masrafı	Gereksiz	Gereksiz
Tesis Bakım masrafı	2 x Oksijen	0.5 x Hava

Oksijen jeneratörü tesislerinde hava kurutma ünitesi olmadığından önemli bir bakım masrafına gerek yoktur. Bunun nedeni oksijenin nemlilik oranının az olmasıdır. Ayrıca yüksek konsantrasyonlarda ozon elde etmekte mümkündür.

(iii) DİZAYN VE İŞLETME KOLAYLIKLARI

PARAMETRE	HAVA	OKSİJEN
Maks. Ozon konsantrasyonu	% 2.5	% 12
Tesisi işletmeye alma hızı	Düşük	Yüksek
Gerekli tesis alanı	Yüksek	Düşük
Bakım	Yüksek	Düşük
NOx oluşumu	Var	Yok

KAYNAKLAR:

1. "Ozone Health Hazards and Precauticna Measures "HSE Not EH 38
2. "Ozone use at British Water Treatment Plants" Ozotech.
3. "Ozone plant for water Treatment" Ozotech
4. "Kırk Othmer "Encyclopaedia of Technology"
5. "Handbook of Ozone Technology and Applications". Cilt 1 ve 2 Yazarlar: R.G. Rice, A.Netzer, Anr Arbor Science Michigan 1992.
6. "Ozone in Water Treatment. Application and Engineering" Co-operative Research Report. AWWA/C6E, Chelseab.

BÖLÜM V

KARBONDİOKSİT GAZININ ÇEVRE PROSESLERİNDE KULLANIMI

BÖLÜM V

KARBONDİOKSİT GAZININ ÇEVRE PROSESLERİNDE KULLANILMASI

1. GİRİŞ

Oksijen gazından başka çevre proseslerinde önemli ölçüde kullanılan bir diğer gaz ise karbondioksitdir. Bu gaz en çok yumuşak suların arıtımında, endüstriyel suların nötralizasyonunda kullanılır.

Doğada karbondioksit gazı önemli bir özelliğe sahiptir. Su içinde çözünür ve zayıf asitler oluşturur. Bu asit ve onun tuz çözeltileri karbonik sistemi oluşturur. Bu sistem pH değişimine dayanıklı bir tampon sistemine dönüşür. Doğal sularda pH bu şekilde kontrol edilir. Bu sularda karbondioksit havanın suda çözünmesinden dolayı suya nüfuz eder. Ya da organik maddelerin oksidasyonu, karbonatlı çökeltilerin üzerinden akan sular genel karbonik sistemi oluştururlar. Doğal proseslerde bu şekilde büyük miktarlarda CO_2 bulunur.

Karbondioksitin çevre proseslerinde uygulama alanları aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir.

(i) pH nötralizasyonu
(ii) Su yumuşatma
(iii) Su sertleştirme
(iv) Nitrat uzaklaştırma
(v) Mavi - yeşil yosun kontrolü

2. KARBONDİOKSİT GAZININ ÖZELLİKLERİ

Atmosferin hacim olarak % 0.03 - % 0.06'sı karbondioksittir. Bu gaz doğal olarak solunum yoluyla, alkolün fermantasyonu yoluyla ve bitki birikintilerinin çürümesi ile doğada reaksiyona girer.

Ayrıca, amonyak gazının sentezi, fosil fuellerin yakılması, yeşil bitkilerin fotosentezi sonucu oluşur.

Karbondioksit gazı renksiz bir gazdır. Kokusu yoktur ve yanıcı değildir. Havadan daha ağır olan bu gaz yüksek konsantrasyonlarda zehirlidir.

TABLO I

KARBONDİOKSİT GAZININ FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ

ÖZELLİKLER	MİKTAR
Moleküler ağırlığı	44.01 gr
Buhar basıncı (15° C)	50.9 bar
Kritik ısısı	31.1° C
Gazın özgül ağırlığı (15° C 1 Atm.)	1.872 kg/m^3
Spesifik yerçekimi ivmesi (Havada)	1.528
Suda çözülebilirliği (10°C , 1 Atm.)	% 23

KARBONDİOKSİT GAZININ SU İÇİNDEKİ ÖZELLİKLERİ

Karbondioksit gazının su içindeki çözünmesi bir çok faktöre dayanır. Gazın, sıvı fazda çözünmesi için aşağıdaki faktörler etkilidir.

CO_2'nin su içindeki optimum emilişi su ile teması ile ilgilidir. Bu teması kontrol etmek için, CO_2 gazının kabarcık büyüklüğü önemlidir. Kabarcık büyüklüğü ne kadar küçük olursa çözünürlük o derece artar.

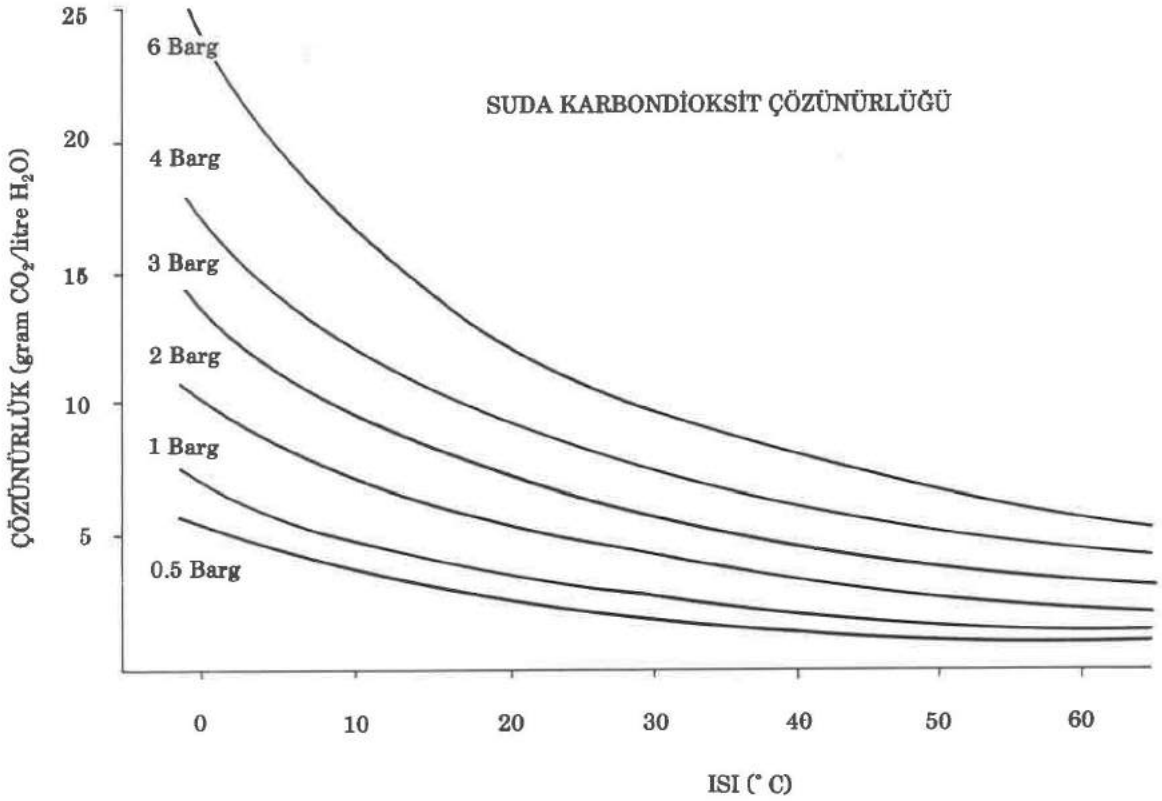
Eğer karbondioksit enjeksiyon hızı çok yüksek ise büyük CO_2 kabarcıkları oluşacağından emiş hızı düşer. Gaz fazından sıvı faza geçerken bekleme süreside önemlidir. Bu olayın gerçekleşmesi için belirli bir bekleme süresine ihtiyaç vardır.

Henry kanununa göre, belirli bir ısı ve basınçta, belli hacimde bir su miktarı belli hacimde bir gazı çözebilir. Çözünürlük belirli bir limite kadardır ve o limite yaklaştıkça çözünürlük hızı düşer.

Yapılan deneyler karbondioksit gazının çözünürlüğü (gr CO_2/lt H_2O) ile ısı arasındaki ilişkide ısı ve basınç arttıkça çözünürlüğünde arttığını Şekil 1'deki gibi ortaya koymuştur.

3. pH NÖTRALİZASYONU

Karbondioksit, suda çözündüğünde aşağıdaki bileşikleri oluşturur.



ŞEKİL 1: KARBONDİOKSİT ÇÖZÜNÜRLÜĞÜ
(BOC LTD'nin izniyle yayınlanmıştır.)

Karbonik asit : H_2CO_3
Bikarbonat : HCO_3^-
Karbonat : CO_3^{-2}

Proseste oluşan bu bileşimler, üç değişik 2 yönlü reaksiyonu alkali nötralizasyonunda gerçekleştirir.

$$CO_2 + H_2O \rightleftharpoons H_2CO_3$$

$$H_2CO_3 \rightleftharpoons H^+ + HCO^-_3$$

$$HCO^-_3 \rightleftharpoons H^+ + CO_3^{-2}$$

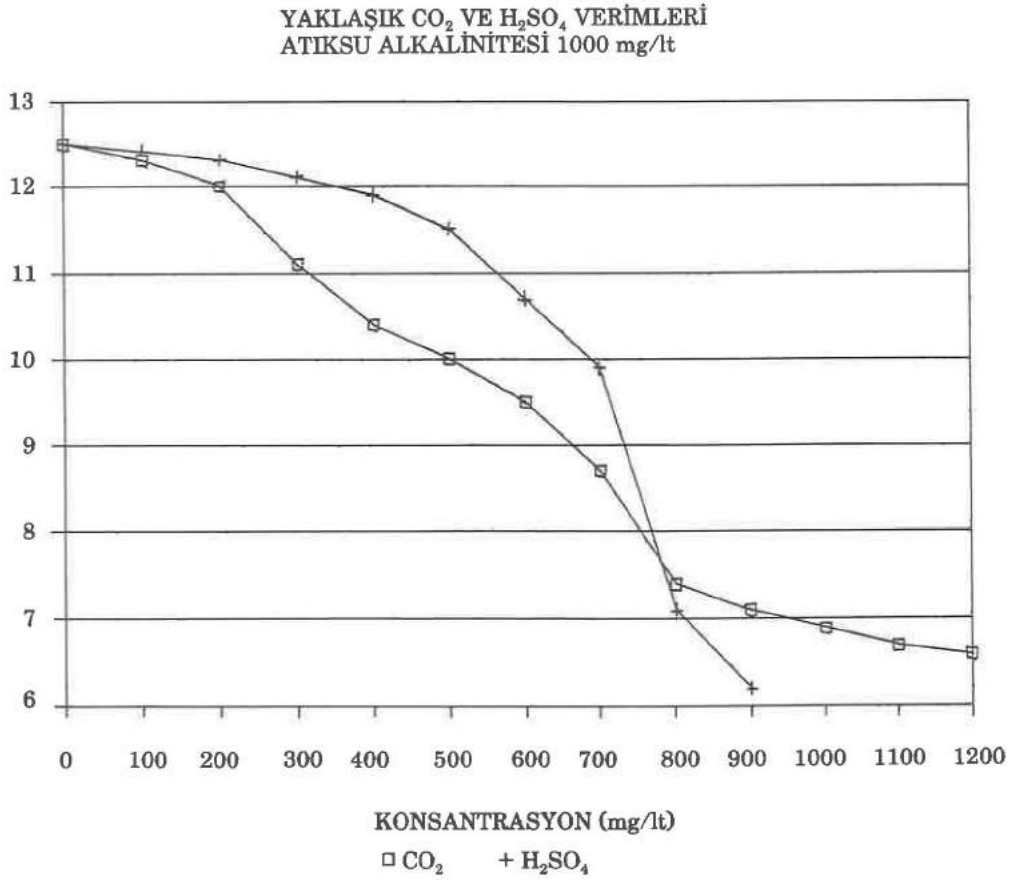
Ortamda oluşan serbest hidrojen iyonu, hidroksitlerle reaksiyona girerler, böylece sistemin pH'sını düşürürler.

$$H^+ + OH^- \longrightarrow H_2O$$

Bikarbonat çözeltide tampon olarak bulunduğundan, kimyasal reaksiyonda denge oluşur. Dolayısıyla, ortamda yüksek asit ve korozyon etkisi yaratmak imkansızdır.

pH'sı 12'den büyük olan atıksularda karbondioksit gazı çok daha avantajlıdır.

Örnek olarak, böyle bir atıksuyu nötür hale getirmek için 1 kg CO_2 gerekirken, aynı işi 2.2 kg sülfirik asitle gerçekleştirmek mümkündür. Bu pH seviyelerinde CO_2 tarafından oluşturulan ilk iyon karbonattır. pH değeri düştükçe karbonat iyonu bikarbonata dönüşür ve pH 8 değerinde 1 kg karbondioksite 1.1 kg sülfirik asit tekabül eder. Dolayısıyla etkilidir. Bu durum Şekil 2 de daha açık bir şekilde görülmektedir. pH 8.3 değerinde bikarbonat konsantrasyonu maksimuma erişir. Bu noktada 2 mol karbondiyoksit 1 mol sülfirik aside eşittir.



ŞEKİL: 2 KARBONDİOKSİT VE SÜLFİRİK ASİT VERİMLERİNİN pH'a GÖRE KARŞILAŞTIRILMASI

Karbonik asitin pH'ya göre su içindeki bulunma oranı Şekil 3'de gösterilmiştir. pH değişimine göre CO_2'nin ve H_2SO_4'ün oluşturduğu nötralizasyon reaksiyonları aşağıdaki gibidir.

pH 12 veya daha büyük:

Reaksiyon 1 : $H_2SO_4 + 2\ NaOH \longrightarrow Na_2SO_4 + H_2O$

Reaksiyon 2 : $CO_2 + H_2O \longrightarrow H_2CO_3$

Reaksiyon 3 : $H_2CO_3 + 2\ NaOH \longrightarrow Na_2CO_3 + 2\ H_2O$

pH 11.9 - 8.3 arası:

Reaksiyon 1 : $H_2SO_4 + 2\ NaOH \longrightarrow Na_2SO_4 + 2\ H_2O$

Reaksiyon 2 : $CO_2 + H_2O \longrightarrow H_2CO_3$

Reaksiyon 3 : $H_2CO_3 + 2\ NaOH \longrightarrow Na_2CO_3 + 2\ H_2O$

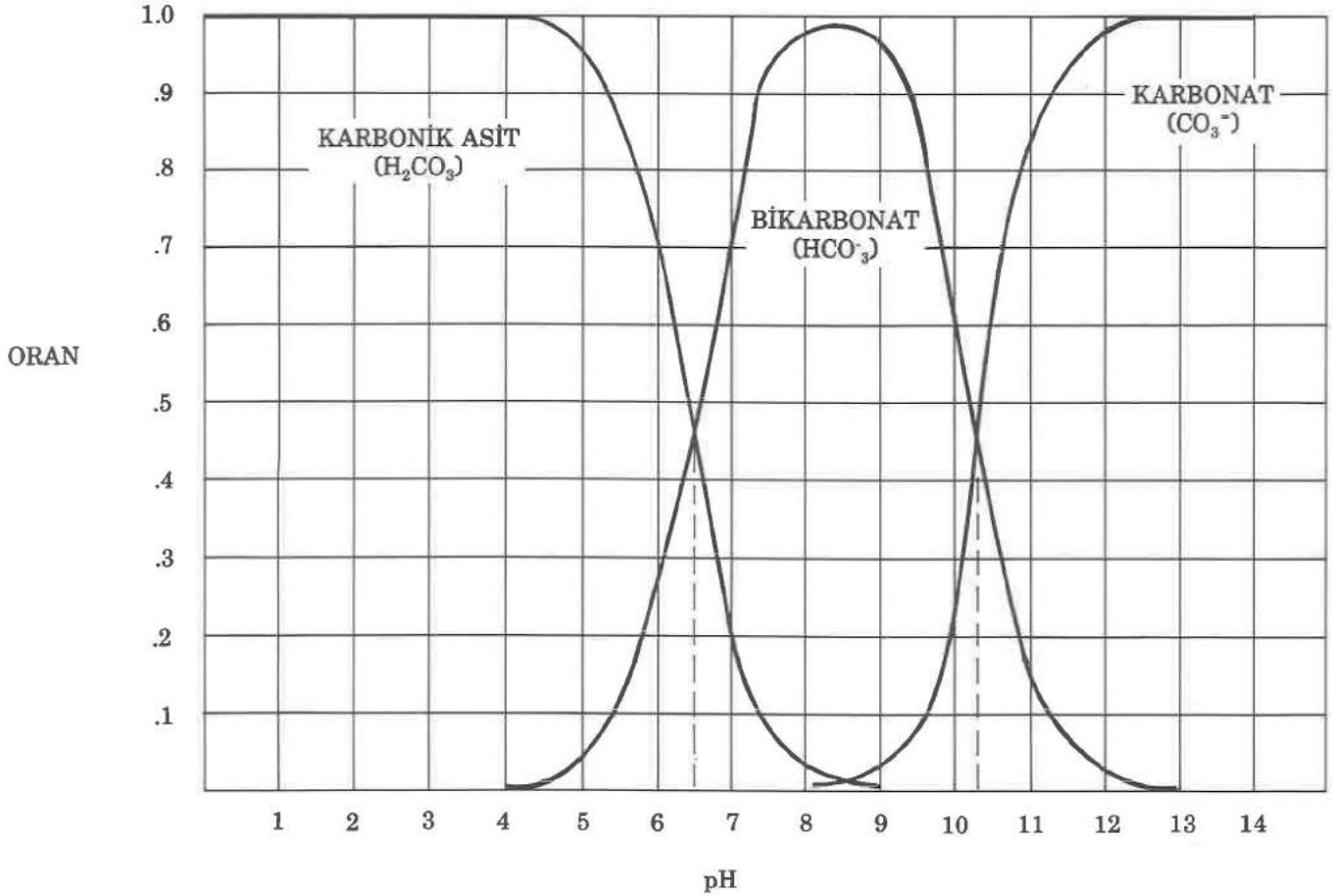
Reaksiyon 4 : $H_2Co_3 + NaOH \longrightarrow NaHCO_3 + H_2O$

pH 8.2 veya daha az :

Reaksiyon 1 : $H_2SO_4 + 2\ NaOH \longrightarrow Na_2SO_4 + 2\ H_2O$

Reaksiyon 2 : $CO_2 + H_2O \longrightarrow N_2CO_3$

Reaksiyon 3 : $H_2CO_3 + NaOH \longrightarrow NaHCO_3 + H_2O$



ŞEKİL 3: KARBONİK ASİDİN PH'YA GÖRE DEĞİŞİM ORANLARI

pH Kontrolü için CO_2 Enjeksiyon Sistemleri :

pH kontrolü için 2 tür enjeksiyon sistemi vardır. Bunlar;

(i) Doğrudan Enjeksiyon Yöntemi,
(ii) Venturi Enjeksiyon Yöntemi,

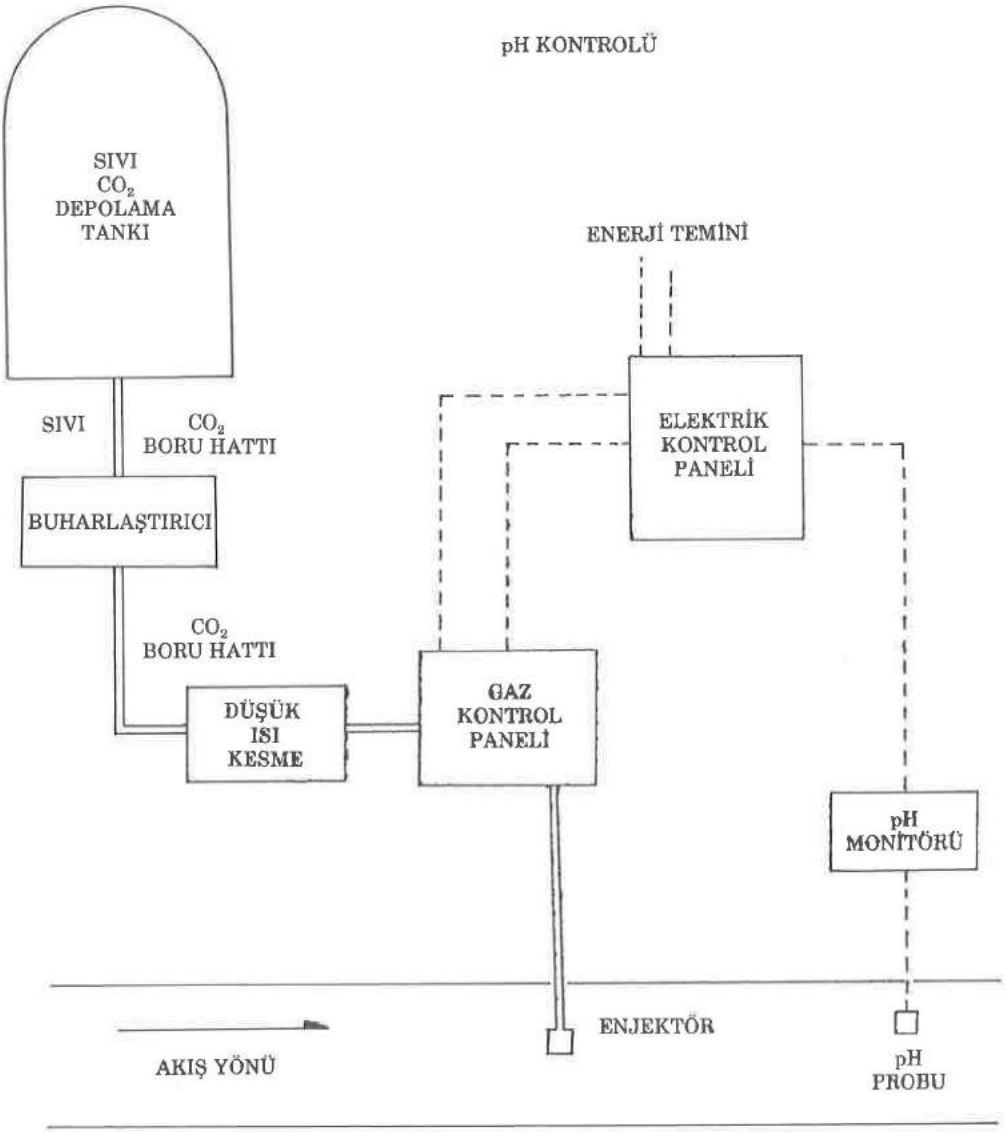
Bu iki sistemde genel olarak kullanılmakta ve bazı farklılıklar içermektedir. Enjekte edileceği noktadaki derinlik yeterli ise veya suda turbulans koşulları oluşmuş ise, doğrudan enjeksiyon yöntemi kullanılırken, aksi koşullarda ve yeterli temas süresinin oluşturulamadığı koşullarda venturi enjeksiyon sistemi kullanılır.

(i) DOĞRUDAN ENJEKSİYON YÖNTEMİ:

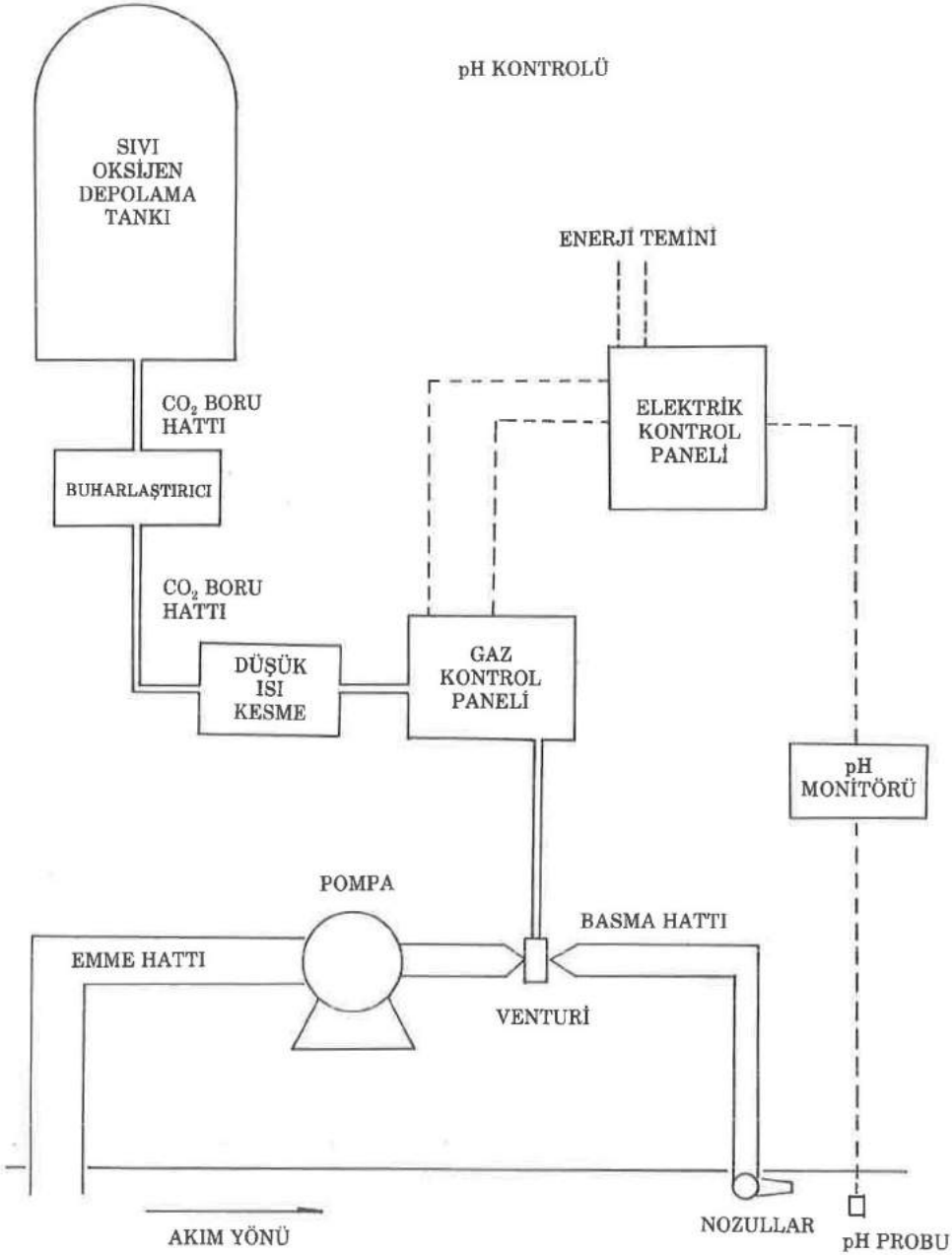
Su boru hattında pH grubundan alınan mesajlar pH monitörüne iletilir. Monitör mesajları düzenli olarak bir PLC sisteminin olduğu elektrik kontrol paneline iletir. Bu sayede gaz kontrol paneli paneli kontrol altında tutulur. Oksijen tankından alınan sıvı karbondioksit, buharlaştırıcı da gaz haline dönüştürüldükten sonra ısı ayarlı olarak gaz kontrol paneline iletilirler. Elektrik kontrol panelinden alınan komutlara göre enjektör yardımı ile boru hattına CO_2 gazı enjeksiyonu yapılır.

(ii) VENTURİ ENJEKSİYON YÖNTEMİ:

Bu yöntemde, aynı doğrudan enjeksiyon yöntemi gibi pH probundan alınan esajları pH monitörüne oradan da elektrik kontrol paneline iletir. Ancak, enjeksiyon yönteminde bir by-pass sistemi ile su pompa ile emilir ve basma hattında karbondioksitle bir venturi sistemi ile birleşerek su dağıtma sistemine iletilir. Bu işlem nötralizasyon sağlanana kadar devam eder . Venturide enjeksiyonu yapılan CO_2 gazı, gaz kontrol panelinde PLC sisteminden alınan mesajlara göre verilir.



ŞEKİL 4: DOĞRUDAN CO_2 ENJEKSİYON pH KONTROLÜ
(BOC LTD'nin izniyle yayınlanmıştır.



ŞEKİL 5: VENTURİ CO_2 ENJEKSİYONU pH KONTROLÜ
(VITOX TEKNOLOJİSİ)
(BOC LTD'nin izniyle yayınlanmıştır)

TABLO 2

KARBONDİOKSİT GAZI VE MİNERAL ASİTLERİN KARŞILAŞTIRILMASI

KARBONDİOKSİT	MİNERAL ASİT
Reaksiyon süresi çok kısa. Genel olarak 5 - 20 saniye	Konsantrasyon yüksek olmadıkça reaksiyon süresi uzun; yüksek konsantrasyonlarda korozyon problemi
pH 6.8 - 5.8 arasında 1 atm. basınçta ortamda karbonik asit bulunmadığından CO_2 kendi kendini limitleme özelliğine sahip.	pH 7 değerine pahalı bir kontrol sistemi ile ulaşılabilir.
Sıvı CO_2, % 99.95 değerinde saflıklarda reaksiyona giriyor.	Suya doğrudan asit verilmediği için çözelti yapılıyor. Ek masraf getiriyor.
Sıvı oksijen depolaması minimum tehlike limitlerinde olup, son derece emniyetli.	Suya direk asit verilmediği için çözelti yapılıyor. Ek masraf getiriyor.
	Mineral asitler hem zehir hem de korozyon etkisi yapıyor.
CO_2 hava ortamında asal bir gazdır.	Mineral asitler yüksek reaktif korozif ve tehlikelidir.
Bakım masrafları azdır.	Bakım masrafları özellikle çoktur.

4. SU YUMUŞATMA

Karbondioksit, su ve atıksu arıtımında pH kontrolü için kullanılmasının yanısıra rekarbonasyon proseslerinde de kullanılmaktadır. Özellikle su arıtımında kullanım kolaylığı, ilk yatırım, işletme ve bakım masraflarının azlığı ve tampon özelliği dolayısıyla son yıllarda yumuşatma proseslerinde karbondioksit kullanımını artırmıştır.

İçmesuyu arıtımında sertlik problemi, genel olarak kalsiyum bikarbonat mağnezyum bikarbonat, kalsiyum sülfat ve mağnezyum sülfat bileşiklerinin neden olduğu istenmeyen bir durumdur. Kireç ile su sertliğini alma genel olarak kullanılan bir metoddur. Yumuşatma işlemi pH 9 değerlerinde olduğundan CO_2,pH azaltıcı asit olarak kullanılır.

Kireç yumuşatması, 1766 yılında ilk defa Cavendish tarafından keşfedilmiştir. Covendish, doğal sulara kireç eklemenin, kalsiyum ve mağnezyum karbonat birikimlerine neden olduğunu keşfetmiştir. Daha sonra 1841 yılında İskoçya'da Dr. Thomas Clark ilk defa bu prosesi içme suyu arıtımında uygulamıştır. Daha sonraki 1900'lü yıllar da bir çok arıtma tesisi bu şekilde arıtılmıştır.

Yıllardan beri su yumuşatma sistemlerinin faydalarının yanısıra sebep olduğu bir takım dezavantajlarıda gözlemlenmiştir. Kalsiyum karbonat kum filtrelerinde sertleşme problemi yaratmıştır. Su boru hatlarında yoğun birikimler oluşmuştur. Bunların yanısıra, kireç eklenmesi ile suda lezzetsiz bir tad oluşmuştur. Bu problemi engellemek için rekorbonasyon prosesi geliştirilmiştir. Hamsu genellikle arıtılırken kirecin yanısıra Alum, (Al_2 $(SO_4)_3$ $18H_2O$) koagulant olarak, aktif karbon tad ve koku giderici olarak kullanılır.

Kireç-soda veya kostik soda sertliği giderici kimyasallardır. Bu kimyasal denklemler aşağıdaki şekilde ifade edilebilirler.

Karbonat Sertliğini gidermek için kireç katılır ve kalsiyum karbonat veya mağnezyum hidroksit çöktürülür.

$$CO_2 + Ca(OH)_2 \longrightarrow CaCO3 \downarrow + H_2O$$

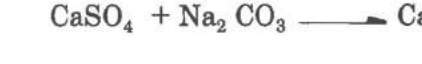
$$Ca(HCO_3)_2 + Ca(OH)_2 \longrightarrow 2CaCO_3 \downarrow + H_2O$$

$$Mg(HCO_3)_2 + 2Ca(OH)_2 \longrightarrow 2CaCO_3 \downarrow + Mg(OH)_2 \downarrow + 2H_2O$$

Karbonatsız kalsiyum sertliği için soda eklenerek çökeltme sağlanır.

$$CaSO_4 + Na_2CO_3 \longrightarrow CaCO_3\downarrow + Na_2SO_4$$

Karbonatsız mağnezyum sertliği için kireç katılır ve mağnezyum hidroksit çöktürülür.

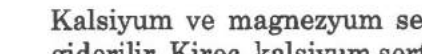


$$MgSO_4 + Ca\ (OH)_2 \longrightarrow Mg\ (OH)_2\downarrow + CaSO_4$$

Elde edilen kalsiyum sülfat, soda eklenerek kalsiyum karbonat şeklinde çökeltilir.

$$Ca_2SO_4 + Na_2CO_3 \longrightarrow CaCO_3\downarrow + Na_2\ SO_4$$

Karbonatlı ve karbonatsız sertlik soda eklenerek uzaklaştırılır.



$$CO_2 + NaOH \longrightarrow NaCO_3 + H_2O$$

$$Ca\ (HCO_3)_2 + 2NaOH \longrightarrow CaCO_2\downarrow + Na_2CO_3 + 2H_2O$$

$$Mg\ (HCO_3)_2 + 4NaOH \longrightarrow Mg(OH)_2\downarrow + 2Na_2\ CO_3 + 2H_2O$$

$$Mg\ SO_4 + 2NaOH \longrightarrow Mg\ (OH)_2\downarrow + Na_2\ SO_4$$

$$CaSO_4 + Na_2\ CO_3 \longrightarrow CaCO_3\downarrow + Na_2\ SO_4$$

İçmesuyu arıtma tesislerinde kum filtrelerine girmeden yüksek pH değerlerinde kalsiyum karbonat çözdürülür.

$$CaCO_3 + CO_2 + H_2O \longrightarrow Ca\ (HCO_3)_2$$

Kalsiyum ve magnezyum sertliği su yumuşatma prosesleri ile giderilir. Kireç, kalsiyum sertliğini gidermek için kullanılır. Magnezyumu arıtmak için ek kireç verilmesi gerekir. Karbonatsız sertliği gidermek için soda kullanılır.

Tek basamaklı rekarbonasyon prosesinde Ca $(OH)_2$ veya $NaCO_3$ gibi kimyasallar eklenir. pH değeri 8.6 ya ulaştığında sisteme karbondioksit eklenir. $CaCO_3$, Ca $(HCO_3)_2$ ye dönüştürülür.

İki basamaklı rekorbanasyon prosesinde, mağnezyum sertliği daha iyi arıtılır. Bu proseste 1. basamakta CaO,pH 10.8'den büyük değerlerde eklenir pH 9.5'den büyük değerlerde CO_2 eklenir. 2. basamakta ise $NaCO_3$ eklenirken pH 8.6 değerlerinde olacak şekilde CO_2 eklenir. Bu basamakta da $CaCO_3$, Ca $(HCO_3)_2$ ye dönüşür.

Karbondioksit kullanımının sağladığı başka avantajlar vardır. Karbondioksit normal atmosfer basıncında ve sıcaklığında renksiz ve kokusuz bir gazdır. Havadan 1.5 kez daha ağırdır Göreceli olarak reaktif olmayan ve toksik olmayan bir gazdır. Isıya göre sıvı ve katı olabilir.

Mineral asitlere göre karbondioksitin avantajları daha önce anlatılmıştı. Bikarbonat çözeltide tampon olarak görev yaptığından kimyasal reaksiyonda denge sağlanır. Bu nedenle CO_2 eklendiği zaman içbir zaman yüksek asit ortamı ve korozif karışım elde edilemez. pH ayarı hızlı yapılır ve ekipmanı ucuzdur.

5. SU SERTLEŞTİRME

Birçok şehrin içmesuyu arıtma tesislerinde düşük alkali ortamı ve düşük pH nedeniyle yumuşak su problemi vardır. Bu problem nedeni ile su borularında metal, asbest ve beton yapılarda aşınma tehlikesi vardır. İçme suyu ve endüstriyel su sağlama proseslerinde kalsiyum karbonatla suyun stabil bir hale dönüştürülmesi gerekir. Bu şekilde borulardaki aşınma ve boru hatlarındaki çöken kalsiyum karbonat problemi ortadan kalkar. Bu stabilizasyon işlemi suyu kireç, karbondioksit,sodyum hidroksit ve sodyum karbonat gibi kimyasallar katılarak yapılır. Ancak en çok kullanılan kimyasallar kireç ve CO_2'dir.

Normal koşullar altında su içinde Ca^{+2} ve CO_3^{-2} reaksiyonu sonucu kalsiyum karbonat çöker.

$$Ca^{+2} + Co_3^{-2} \rightleftharpoons CaCO_3$$

Bu çökelmenin oluşması için özel koşul Ca ve CO^{-2}_3 iyonlarının çözelti-ürün sabitinden yüksek değerlerde olmasıdır. Yüksek doygunluk durumunda $CaCO_3$ çökelmesi oluşabilir.

Ca^{+2} ve CO_3^{-2} ürünleri suyun doygunluğunu belirler. Bunun için;

(i) Suyun doygunluk durumunun saptanması,
(ii) Gerekli yüksek doygunluk derecesi seçimi,
(iii) Kullanılacak kimyasalların seçimi,
(iv) Doğru miktarlarda kimyasallar kullanmak,
(v) Çökelmede $CaCO_3$ miktarını saptamak gerekir.

Bu problemi çözmek için Caldwell/Lawrence diagramları da kullanılır.

İYİ ŞARTLANDIRILMIŞ SU KARAKTERİ

Literatüre göre yüksek doygunluk koşullarındaki iyi şartlandırılmış su aşağıdaki özelliklere sahip olmalıdır.

1. Yüksek doygunluk $CaCO_3$ le sağlanmalıdır ve 4-10 mg $CaCO_3$/ ml. Mertebesinde olmalıdır. Teorik $CaCO_3$ çökmesi 4-10 mg $CaCO_3$/lt'dir.
2. Kalsiyum ve alkalinite değerleri en az 40 mg/lt ($CaCO_3$ olarak) olmalıdır.
3. Alkalinite oranı (klorid ve sülfatlara göre) en az 5:1 olmalıdır.
5. pH değeri 6.8 - 7.3 arası olmalıdır.

YUMUŞAK SUYUN SEBEP OLDUĞU PROBLEMLER:

Stabil olmayan su koşullarında aşağıdaki problemler oluşabilir.

1. HALK SAĞLIĞI

Su borulama sistemlerinde kurşun veya kadmiyum olabilir. Eğer içmesuyu sistemi bu boruları aşındırırsa problem tüketim noktasına kadar boru hattında oluşur.

Ülkemizde asbest borular içmesuyu hatlarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Özellikle tali borular asbest borular kullanılarak yapılmıştır. Aşındırıcı sular asbest parçaları bu borulardan koparark evlerimize kadar taşımaktadır. Bu durum ise insanlar için kanser tehlikesi yaratmaktadır.

2. BORU KAPASİTESİNDEKİ YETERSİZLİK:
Borulama sistemlerindeki kontrol edilemeyen birikintiler boru çaplarını daraltmakta ve kapasitelerini azaltmaktadır. Pompaj hatlarında da bu dar borularda fazla yük kayıpları oluştuğundan fazla enerji tüketilmektedir.

Yangın muslukları için kullanılan ek debiler içmesuyu borularındaki daralma nedeniyle yetersiz kalmaktadır. Yangın riskinde boru hatlarından faydalanılamamaktadır.

3. ESTETİK PROBLEMLER:
Yumuşak sular demir nedeniyle kırmızı renkte aktığı için çamaşır yıkama günlerinde problem yaratmaktadır. Açık çay rengindeki bu renk su da estetiksel bir problem yaratmaktadır.

50 mg/lt sertlik veya alkalinitenin altındaki sular korozif özelliktedir. Genellikle kireç ve karbondioksit birlikte kullanılırlar. Sadece alkalinitenin yükseltilmesi için ise sodyum hidroksit ve karbondioksit kullanılır. Prosesin amacı sertliği, alkaliniteyi ve pH'ı yükseltmektedir.

CO_2 konsantrasyonu suyun karakterine göre değişmekte ancak genellikle 20-40 mg/lt değerleri arasındadır.

6. NİTRAT UZAKLAŞTIRMA

İçmesuyu arıtma tesislerinde 50 mg/lt değerinin üzerindeki nitrat konsantrasyonlarının uzaklaştırılması gerekir. Bu problemin birincil nedeni tarımsal gübrelerin içmesuyu kaynağının karışımlarıdır. Bu problemi önlemenin en iyi yolu CO_2 kullanarak tesiste sodyum bikarbonat üretmektedir.

Nitrat uzaklaştırmada iyon değiştirme yöntemi kullanılır. Ancak düşük alkalinitelerde ve yüksek klorid konsantrasyonlarında dezenfeksiyon dolayısıyla su dağıtma sisteminde korozyona sebebiyet verir.

Klorid iyonları konsantrasyonu ve alkalinite konsantrasyonu 0.7:1 oranını geçerse korozyon oluşabilir. Bu problemi önlemenin yolu sodyum bikarbonat kullanarak bikarbonat dozlamasıyla suyu arıtmaktadır. Sodyum bikarbonat toz halinde bir katıdır ve suda çabuk çözelir. 20°C de % 6 çözelti oluşur.

Bu pahalı bir yöntemdir ancak sodyum hidroksidle sahada üretmek, sodyum bikarbonat üretmekten çok daha ucuz bir yöntemdir.

Karbondioksit ve sodyumhidroksit bir karıştırıcı tankta çözülür ve bu şekilde sodyum bikarbonat üretilir.

7. MAVİ - YEŞİL YOSUN KONTROLÜ

Mavi yeşil yosun problemi bir çok ülkede önemli bir doğa sorunudur. pH dengesi CO_2 dozlanarak istenen limitlere getirilerek kontrol edilir.

KAYNAKLAR

1. R.E. Loewenthal ve G.V.R. Morn is "Carbonate Chemisitry of Aquatic Systems - Theory and Application" Ann Arbor Science 1976
2. R.E. Lowerthal, H.S. Wiechers and G.V.P. Marais "Softening and Stabilisation of Municipal Waters".
3. Sanks L. Robert, "Water Treatment Plant Design". Ann Arbor Science, 1976, Michigon.
4. Degremont Gilbert, "Water Treatment Handbook", Degramont, 1973, Paris.
5. Thomas Earl ve Chve John, "Simpson Paper Switches to CO_2 to Eliminate Deposits in Sewer Pipes".
   Puip and Paper, Nisan 1988, New Jersey.
6. Itanson Cedric, "A Brief Summary Report On Recent Water Hardening BOC, 1991
7. C. Krauss John, "Liquid CO_2 - Safe, Convenient and Effective", Missouri Water and Sewage Conterence, Jefferson City, Ekim 1982.

K. Başdemir
B.Sc. Çev. Müh.
BOS A.Ş.

Orta Doğu Teknik Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü mezunu olan Kürşat Başdemir çeşitli içmesuyu ve atıksu arıtma tesislerinin projelendirme ve uygulama aşamalarında çalışmıştır.

Ülkemizde saf oksijenli arıtım teknolojilerinin, alıcı ortam ve atıksu arıtma tesislerinde ilk uygulayıcılarındandır. Halen Birleşik Oksijen Sanayi A.Ş. firmasında Çevre Prosesleri Uzmanı olarak çalışmaktadır.