

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Biyolojik Rek. Verim İsl. Şart. İnc.

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Erol Coruk

1986

150
120

1107 6500

YILDIZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



BİYOLOJİK REAKTÖRLERDE
VERİM VE İŞLETME
ŞARTLARININ İNCELENMESİ

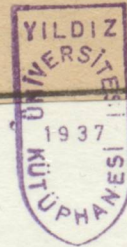
(YÜKSEK LİSANS TEZİ)

İNŞ. MÜH. EROL CORUK

İSTANBUL - 1986

YILDIZ ÜNİVERSİTESİ
GENEL KİTAPLIĞI

Kot : R 150
Alındığı Yer : Fen Bil. Ens. 120
Tarih : 26.12.1988
Fatura :
Fiatı : 4000 TL.
Ayniyat No : 1/24
Kayıt No : 45932
UDC : 378.242
-Ek- : 628.3



YILDIZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



22

BİYOLOJİK REAKTÖRLERDE
VERİM VE İŞLETME
ŞARTLARININ İNCELENMESİ

(YÜKSEK LİSANS TEZİ)

İNŞ. MÜH. EROL CORUK



İSTANBUL - 1986



İ Ç İ N D E K İ L E R

Ö Z E T	
1- G İ R İ Ő	
2- AKTİF ÇAMUR METODU İLE TASFİYE	
2.1 Giriş	3
2.2 Uzun havalandırıcılar	6
2.3 Mikroorganizmaların genel üremesi ve tasfiye kinetiği	9
2.4 Tasfiyeyi etkileyen başlıca faktörler	17
2.5 Tasfiye tesislerinin işletilmesi	27
3- DENEYSEL ÇALIŞMALAR VE BULGULAR	
3.1 Sistemin mekanizması ve tesis hakkında bilgiler	34
3.2 Projelendirme parametreleri	38
3.3 Yapılan çalışmalar	39
3.4 Deney neticelerinin değerlendirilmesi	50
3.5 Kinetik katsayıların bulunması	59
3.6 İşletme sırasında karşılaşılan problemler	63
4- SONUÇLAR	64
EK 1-TESİSTEN GÖRÜNTÜLER	
REFERANSLAR	
ÖZGEÇMİŐ	

Ö Z E T

Bu çalışmada aktif çamur tesislerinde tasfiyeye etkisi olan parametreler ve tesislerin işletilmesi sırasında karşılaşılabilecek problemler incelenmiş, projesi anabilim dalımızca yapılan Nuh çimento atık su tasfiye tesisinde bir uygulaması yapılmıştır.

Birinci bölümde, genel tasfiye metodları ele alınarak bunlar tanıtılmıştır.

İkinci bölümde, aktif çamur metodunun esasları ele alınarak; mikroorganizma çoğalması ve kinetiği, tasfiyeyi etkileyen başlıca faktörler ve tasfiye tesislerinin işletilmesi hakkında bilgiler verilmiştir.

Üçüncü bölümde, Nuh çimento A.Ş. nin tasfiye tesisinin girişinde yapılan bir savakla debi değişimi ve ana kandan alınan numunelerle yapılan analizler sonucu kirlilik özellikleri tesbit edilmiştir. Tesisdeki mikroorganizmaların, verilen atıklara uyum sağlaması ve daha iyi bir tasfiyeyi sağlayan mikroorganizma türlerinin gelişmesi için, sisteme giren debi tedrici olarakda ($Q:1,2$ ve $3l/sn$) artırılmıştır. Yapılan deney neticelerinin değerlendirilmesinde; biyolojik yük, çamur yükü, hidrolik yük ve diğer parametreler hesaplanmış ve çamur yükü, çamur yaşı, çamur konsantrasyonuna göre tasfiye veriminin değişimi grafik olarak gösterilmiş, kinetik katsayı ve sabiteleride tayin edilmiştir. Ayrıca işletme sırasında karşılaşılan problemlerde tesbit edilmiş ve önerilen gözüm yolları maddeler halinde çıkarılmıştır.

Dördüncü bölümde ise, bu çalışmadan elde edilen sonuçlar özet halinde verilmiştir.



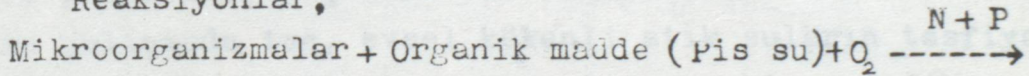
I. GİRİŞ

Suların kirlenmesine sebep olan maddelerin büyük bir kısmı organik orijinlidir. Bunlar büyük bir çoğunlukla insan topluluklarından ve endüstri artıklarından meydana gelirler /1/.

Tabiatta, bu maddeleri indirgeyerek stabil ve zarsız hale getiren bazı mekanizmalar vardır. Bu olayların meydana gelmesinde bilhassa canlı organizmalar aktif rol alırlar. Organik maddelerin bu şekilde değişikliğe uğramasına ayrışma veya çürüme denilir. Bütün bu olaylarda organik maddelerin esas unsuru, besi maddeleri devamlı olarak bir transformasyona maruz kalır. Bu olaylar devamlı tekrarlanan devri daim hadiseleridir. Yani suyun hidrolojik çevriminde olduğu gibi, bu maddelerde bir çevrim içinde bulunurlar. Çeşitli değişikliğe uğradıktan sonra, tekrar ilk şekillerini kazanırlar.

Organik maddelerin parçalanması, oksijenin mevcut olması halinde yaşayabilen mikroorganizmalar tarafından gerçekleştiriliyorsa buna aerobik ayrışma denir. Bunlar organik maddeleri, hücrelerini yapmakta kullanırlar ve enerjilerini bu maddelerden temin ederler /1/.

Reaksiyonlar;



şeklindedir.

Kullanılmış suların biyolojik tasfiyesi için tabiat-taki mekanizmaların hızlandırılmış şekli olan, çeşitli tipte reaktörler kullanılabilirler. Bunların başlıcaları aşağıda çıkarılmıştır.

a) Damlatmalı filtreler; Kullanılmış suları, kırma taş veya sentetik malzemeden meydana gelen bir ortam üzerinde gelişen bir biyofilm ile temas ettiren biyolojik sistemlerdir. Sistemde kullanılmış su, biyolojik tabaka üstünden akarken, organik maddeler ve çözülmüş oksijen alınıp karbondioksit gibi, metabolizma faaliyeti sonunda doğal maddeler suya verilir.

b) Aktif çamur havuzları; Tesis için az bir sahaya ihtiyaç duyulması, PH ve sıcaklık farklarına karşı daha toleranslı olması ve daha az bir tesis masrafı gerektir-

mesinden dolayı aktif çamur prosesleri diğer türlere göre daha çok tercih edilir. Bu havuzlar ile ilgili geniş bilgi 2. bölümde verilmiştir/ 1 /.

c) Oksidasyon havuzları; Atık suların toplandığı geniş, yapay göletlerdir. Geniş su yüzeyi sayesinde temas ettiği havadan eritmek suretiyle bol miktarda oksijen alırlar. Alınan oksijen bakteriler tarafından organik maddelerin parçalanmasında kullanılır. Genellikle seyrek iskan bölgelerinde ve sıcak iklim kuşağındaki ülkelerde kullanılabilir/2/.

d) Biyodisk sistemi; Bir mil üzerine dizilmiş olan dairesel disklerden oluşurlar. Bu dönen diskler kullanılmış suyun akıtıldığı bir kanal'a kısmen daldırılırlar ve diskin üzerindeki mikroorganizmalar kullanılmış sudaki organik maddeleri alırlar. Bu sistem düşük nüfuslu meskun bölgelerin de olumlu sonuçlar verir/3/.

Yukarıda anlatılan aerobbiyolojik tasfiye tesisleri ne kadar iyi projelendirilirse projelendirilsin, her zaman kaliteli bir çıkış suyu elde edilemez. Tesisten istenen verim ancak iyi bir işletme ile sağlanır. Çünkü verim, işletme sırasında ortaya çıkan ve sadece bu tesise mahsus olabilen problemlerin çözümü ile ilgilidir.

Bu çalışmada ise, evsel kökenli atık suların tasfiyesi için kurulmuş, aktif çamur havuzlarının bir modifikasyonu olan uzun havalandırmalı bir prosesin, optimum bir şekilde işletilmesi ve bu esnada karşılaşılan problemler incelenmiş, deney neticelerinden elde edilen değerlerden bu tesisin geliştirilabileceği en uygun işletme parametreleri tesbit edilmiştir.

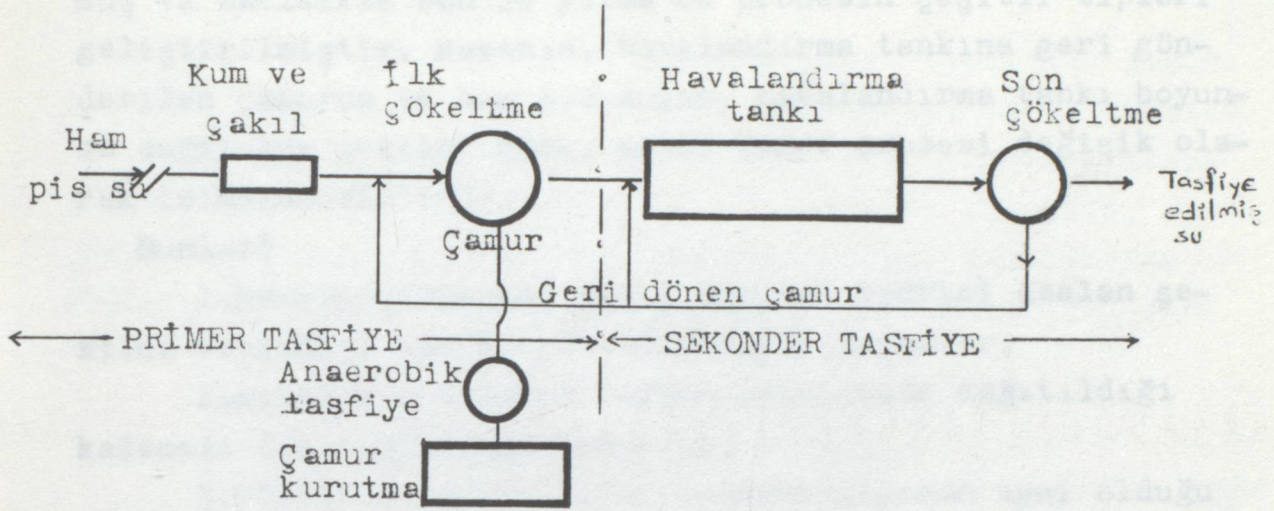
2. AKTİF ÇAMUR METODU İLE TASFİYE

2.1. GİRİŞ

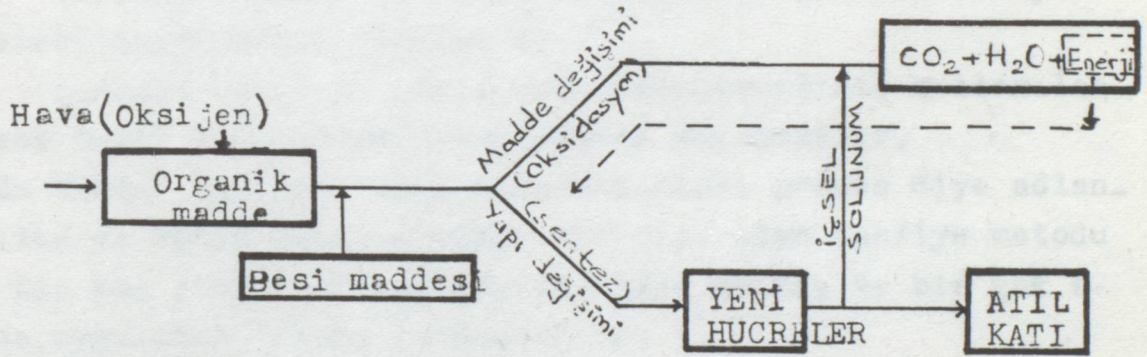
Kullanılmış suları aktifleştirilmiş biyolojik yumaklar haline dönüştürmeyi hedef alan aktif çamur metodu, kirli suların tabii olarak kendi kendine tasfiyesi olayına eşdeğer bir işlemdir. Bu metod ilk defa 1913-1914 yıllarında Ardern ve Lockett'in çalışmaları sonucu Manchester'de keşfedilmiştir/1/.

Aktif çamur metodundaki esas, kullanılmış su içindeki fiziksel ve kimyasal metodlarla giderilemeyen organik maddelerin aerobik mikroorganizmaların metabolizma faaliyetleri neticesinde yapı değişimi (asimilasyon) ve madde değişimine (disimilasyon'a) uğrayıp gökebilir biyolojik yumaklar (=aktif çamur) haline gelerek kararlı ve zararsız maddeye, ısı enerjisine dönüşmesidir. Meydana gelen bu yumaklar son çöktürme havuzunda çöktürülür. İşte çökelen bu kısma aktif çamur denir. Bu çamurun içinde havalandırmanın yardımı ile gelişmiş çok sayıda aerobik mikroorganizma vardır. Aktif çamur taşıdığı bu güçlü biyolojik ortam sayesinde iyi bir maya rolü görmektedir. Bu çökelen çamurların bir kısmı havalandırma havuzuna verilerek buradaki mikroorganizma popülasyonu havalandırmanın yardımı ile, kısa zamanda artırılıp güçlendirilmekte ve böylece atık sudaki organik maddeleri yiyip tüketmeleri sağlanmaktadır. Aktif çamur fazlasında sistemden çekilerek bertaraf metodlarından biriyle muamele edilir. Diğer taraftan son çöktürme havuzunun üst seviyesinden tasfiye olmuş su savaklanarak sistemi terk eder. Sürekli akımlı olarak çalışan böyle bir klasik aktif çamur sistemi şekil-1'de görülmektedir.

Aktif çamur metodu ile organik maddelerin aerobik ayrışması (disimilasyon) ve yapı değişimi (asimilasyon) yani diğer bir deyimle oksidasyon ve sentez olayları şekil-2'de gösterilmiştir./4/



Şekil 1. Aktif çamur prosesi



Şekil 2. Organik maddelerin aerobik ayrışması

Eğer havalandırma işlemi yeteri kadar uzatılırsa sentez edilen bu yeni hücreler, endogenous respirasyon mekanizması ile yok olurlar; diğer bir deyimle sentez edilen biyolojik hücrelerin bir kısmı gerekli enerji sağlamak çabası ile kendi kendini oksitler. Bu olay, aktif çamur uzun havalandırmalı ve diğer bütün aerobik biyolojik tasfiye proseslerinde oluşan bir olaydır/5/.

Aktif çamur prosesinin karmaşık biyokimyasal mekanizması bir çok araştırmacının bu konuya yönelmesine sebep ol-

muş ve özellikle son 25 yılda bu prosesin çeşitli tipleri geliştirilmiştir. Havanın, havalandırma tankına geri gönderilen çamurun ve ham pis suyun, havalandırma tankı boyunca dağıtılma şekline göre, aktif çamur prosesi değişik olarak isimlendirilir/5/.

Bunlar;

1.Havalandırmanın, havuz boyunca tedrici azalan şekilde verildiği azalan havalandırmalı havuzlar,

2.Atıkların havuzun boyuna doğrultuda dağıtıldığı kademeli havalandırmalı havuzlar,

3.Girişten çıkışa kadar konsantrasyonun aynı olduğu tam karışimli havuzlar,

4.Ceri devir çamurunun havalandırılarak temizleme kapasitesinin artırıldığı çamurun ayrı rejenerasyonu,

5.Fazla organik yük alan sistemlerde çamurun kolay gökelebileceği kraus prosesi ve

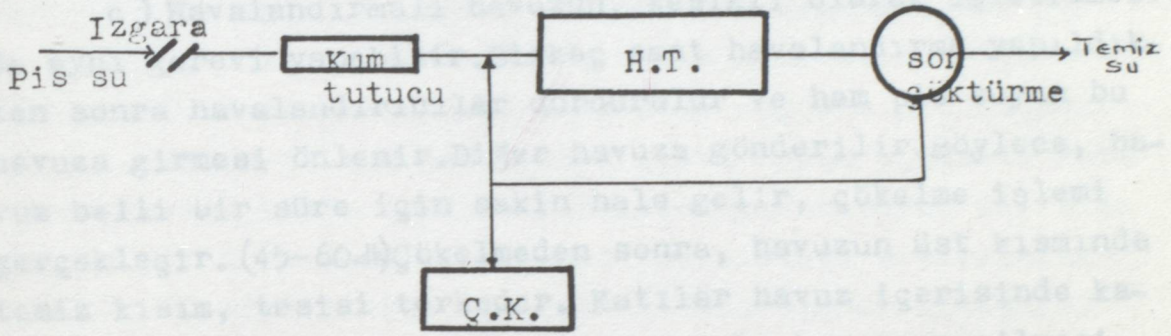
6.Fazla kalitede çıkış suyu istenmediğinde kullanılan yüksek hızlı havalandırıcılar olarak sayılabilir.

Bütün bunlar dışında, uzun havalandırmalı proses diye adlandırılan ve aktif çamurun diğer bir tipi olan tasfiye metodu son bir kaç yılda oldukça popüler hale gelmiş ve bir çok alanda uygulanma imkanı bulmuştur/5/.

Uzun havalandırmalı proseslerle ilgili daha fazla bilgi 2.2 bölümünde verilmiştir.

2.2.UZUN HAVALANDIRICILAR

Uzun havalandırmalı proses Avrupa ve özellikle A.B.D. de küçük tesislerde "paket tesis" olarak tatbik edilmektedir. Bu prosesin inşası ve işletilmesi konvansiyonel aktif çamur prosesinden çok daha kolaydır; zira bu proseste, ilk çökeltme tankına ve ayrı bir anaerobik çamur tasfiyesine ihtiyaç yoktur. Buna karşılık havalandırmayı daha uzun süre tatbik etmek gerekir/5/.



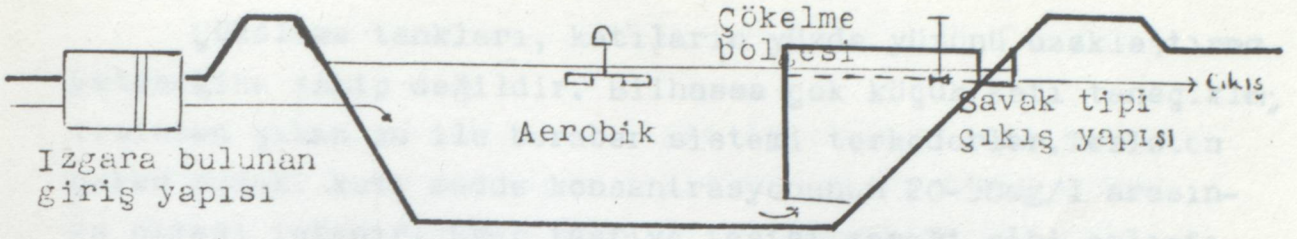
Şekil. 3. Uzun havalandırmalı proses akım şeması

Pasveer tipi oksidasyon hendekleride proses olarak uzun havalandırıcılara benzerler. Yalnız bunlarda havalandırma tankları hendek biçimindedir.

Uzun havalandırmalı havuzlarda bütün katılar askıda durmakta ve tam-karışım durumu sağlanmaktadır. Ancak katı maddelerin tasfiye edilen sularla birlikte sistemden çıkmasına müsaade edilmez. Katı maddelerinde sistemden ayrılması aşağıdaki metodlardan birisi ile sağlanır.

a) Havalandırma havuzundan sonra, ayrı bir çökeltme tankı inşa edilir. Çökelen katıların tank'a geri gönderilmesi sağlanır.(Şekil 3)

b) Çökeltme tankı, havalandırma havuzu içerisine inşa edilerek, katıların sistem içerisinde kalması, sadece sıvıların sistemi terketmesi sağlanır. Bu metod daha çok küçük tesislerde kullanılır.(Şekil4)



Şekil 4. Çökeltme tankı havalandırma havuzu içinde inşa edilen sistem

c) Havalandırmalı havuzun, kesikli olarak işletilmesi de aynı görevi yapabilir. Birkaç saat havalandırma yapıldıktan sonra havalandırıcılar durdurulur ve ham pis suyun bu havuza girmesi önlenir. Diğer havuza gönderilir. Böylece, havuz belli bir süre için sakin hale gelir, çökeltme işlemi gerçekleşir. (45-60 dk) Çökeltmeden sonra, havuzun üst kısmında temiz kısım, tesisi terkeder. Katılar havuz içerisinde kalır. Bu işlemden sonra, ham pis suyun bu havuza verilmesi ve havalandırıcısının tekrar çalışmasına müsaade edilir/5/.

Havalandırmayı belli bir süreden daha fazla tatbik etmek, daha fazla BOI uzaklaştırılması anlamına gelmez. Yani belli bir havalandırma süresinden sonra, BOI aşağı yukarı aynı kalır. Buna rağmen, uzun havalandırmalı sistemlere 20-30 saat ve hatta daha fazla havalandırma tatbik edilir. Çözünmüş BOI'de azalma meydana getirmediği halde, havalandırmayı bu kadar uzatmakla çamurdaki katıların mineralleşmesi (zararsız hale gelmesi) sağlanmış olur. Böylece ayrı bir çamur tasfiyesine gerek kalmaz. Çamurlarda, uzun havalandırmalı sistem içerisinde tasfiye edilmiş olur. Uzun havalandırmalı sistemlerde havalandırma süresi, sentezle teşekkül etmiş katıların dogenous respirasyonla (Besin maddesi girişi olmadan yapılan solunumdur. Mikroorganizmalar önce rezerve maddeleri sonrada kendi hücre özlerini oksitlerler.) parçalanması için yeterli olacak şekilde ayarlanmalıdır/5/.

Çökeltme tankları, katıların yüzde yüzünü uzaklaştırma yeteneğine sahip değildir. Bilhassa çok küçük katı tanecikler, tesisten çıkan su ile beraber sistemi terkederler. Tesisten çıkan sudaki katı madde konsantrasyonunun 20-50mg/l arasında olması istenir. Eğer tasfiye tesisi gereği gibi çalıştırılmıyorsa, çamur kabarması meydana gelir. Yani çamur hacim indeksi değeri artar. Çamurun iyi çökelebilmesi için, çamur hacim indisinin 50 ve 70 civarında olması arzu edilir. Havalandırma tankındaki suyun çözünmüş oksijen miktarının 0,5mg/l den daha az olması, filamentli organizmalar geniş çapta üremesine sebep olur, bunun neticesinde "çamur kabarması" olarak nitelendirilen olay meydana gelir. Çamur hacim indisi arttıkça tasfiyeden çıkan suyun içindeki katı miktarı artar, bunun sonucu tasfiyeden çıkan suyun BOI'side artar. Böyle durumlarda, havalandırma miktarı artırılarak ve BOI yükü azaltılarak sistemin etkili olarak çalışması ve flok meydana getiren bakterilerin üremesi yeniden sağlanabilir. Havalandırmayı çok fazla artırmakta arzu edilmez, böyle durumlardada filamentli koli üremesine rastlanabilir. Nitrifikasyonun meydana gelmesi arzu ediliyorsa, havalandırma tankındaki çözünmüş oksijen miktarının 1-2mg/l civarında bulundurulması tavsiye edilmektedir/5/.

Uzun havalandırmalı sistemden çıkan su son derece temiz olabilir. BOI'si 10-15mg/l civarındadır. Normal olarak %95-98 BOI uzaklaştırma verimliliğine ulaşabilirler. Çökeltme ayrı bir tankta yapılıyorsa, denitrifikasyonu önleyici tedbirler alınmalıdır. Zira, denitrifikasyon neticesi gaz meydana gelir. Gaz ile beraber çamurlar suyun yüzeyine ulaşırlar. Bu çamurlar, tasfiyeden çıkan su ile beraber tasfiyeyi terkederler. Böylece tasfiyeden çıkan suyun kalitesi düşer. Bu tasfiye metodunun başarılı olması için yerine getirilmesi gereken temel şart, katı tutma süresinin uzun ve yeterli olmasıdır. Uzun havalandırmalarda katıların bekletme süresi uzun olduğundan, yeterince oksijen sağlanırsa, pratik olarak tam-nitrifikasyon beklenebilir/5/.



2.3. MİKROORGANİZMALARIN GENEL ÜREMESİ VE TASFIYE KİNETİĞİ

Mikroorganizmaların gelişme ve üremesi için gerekli besinleri ve uygun şartları sağlayan ortama besin ortamı denir. Genellikle belirli düzeyde ve istenilen tür yada türlerde mikroorganizmayı ihtiva eden besin ortamına kültür denilmektedir. Kültür ortamında mikroorganizmaların gelişerek üreyebilmeleri için aşağıdaki şartların sağlanması gerekir.

1. Mikroorganizmaların yaşaması, gelişmesi ve üremesi için gerekli besin maddelerini ve enerji kaynağını ihtiva eden "besi yerinin" bulunması

2. Ortama, yani "besi yerine" canlı mikroorganizmaların katılması, bu işleme aşılama, tohumlama yada ekim adı verilir.

3. Besi ortamında, gelişme maddelerinin bulunması ve gelişmeyi engelleyici maddelerin olmaması

4. Besi ortamında, optimum PH, sıcaklık gibi mikroorganizmalar için en uygun şartların oluşturulması gerekir.

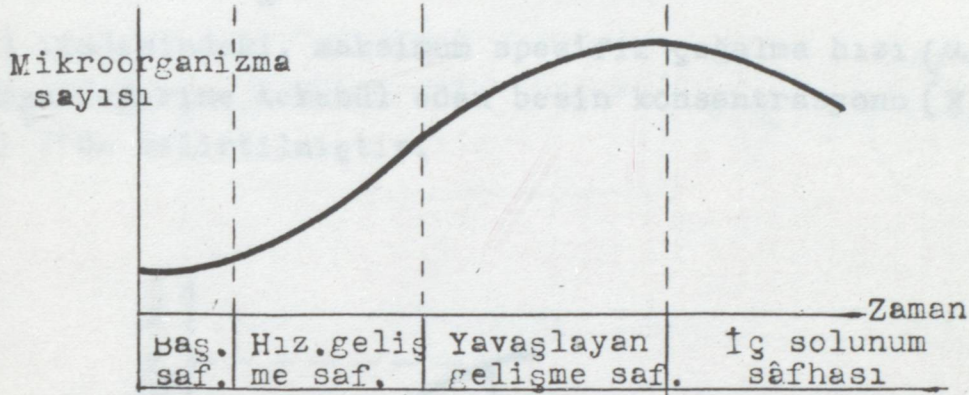
Mikroorganizmaların açıklanan şekilde gelişme ve çoğalmaları çeşitli safhalardan geçerek olur. Bunlar;

a) Logaritmik gelişme safhası: Gıda maddesi arzı çok fazla olduğundan hücre gelişmesi kolay olmaktadır. Bu esnada gıda solunumu olmaktadır. Bu esnada gıda solunumu olmaktadır.

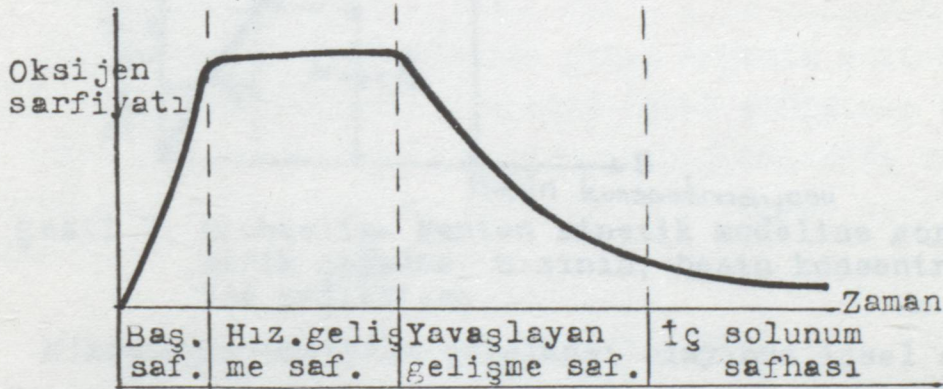
b) Yavaşlayan gelişme safhası: Madde değişimi mevcut gıda maddesi miktarı ile sınırlandırılmış olduğundan gıda solunumu yerini iç solunuma bırakmaktadır.

c) İç solunum safhası: Bu safhada pis suyun içindeki organik kirlilikler tamamen ayrılmış olup, gıda maddeleri arzıda kesilmiştir. Mikroorganizmaları hayatta tutabilmek için madde değişiminin devamı gerekmekte olduğundan içinde gıda maddesi depolanmış hücre elemanları ayrışarak gerekli enerjiyi sağlamaktadırlar. Bu durumda yalnız iç solunum olmaktadır.

Mikroorganizmaların gelişmesi ile oksijen tüketimi ilişkisi şekil 6'da görülmektedir. Logaritmik gelişme safhasında sonsuz olarak ifade edilebilecek gıda maddesi arzından dolayı oksijen tüketimi maksimum değere ulaşmaktadır. Daha sonraki yavaşlayan gelişme ve iç solunum safhalarında oksijen tüketimi düşerek sonuçta, iç solunum bölgesindeki oksijen tüketimi değerlerine inmektedir/8/.



Şekil 5. Mikroorganizmaların zamana bağlı gelişimi



Şekil 6. Oksijen tüketiminin bakteri gelişimi ile ilişkisi

Tam karışımlı ve sürekli akımlı bir biyolojik reaktörde çamur (mikroorganizma) çoğalma hızı ($\frac{dx}{dt}$), besin kullanma hızına ($\frac{ds}{dt}$) ve (Y) dönüşüm veya verim katsayısına bağlıdır/4/. Yani ;

$$\frac{dx}{dt} : Y \frac{ds}{dt} \dots\dots\dots (1)$$

dir. Bu eşitlikte, (x) çamur konsantrasyonu, (t) zaman, (Y) verim katsayısı, (s) besin konsantrasyonunu ifade etmektedir.

Diğer taraftan mikroorganizmaların logaritmik çoğal-

ma fazında sabit bir çoğalma hızı vardır. Buda şöyle ifade edilebilir;

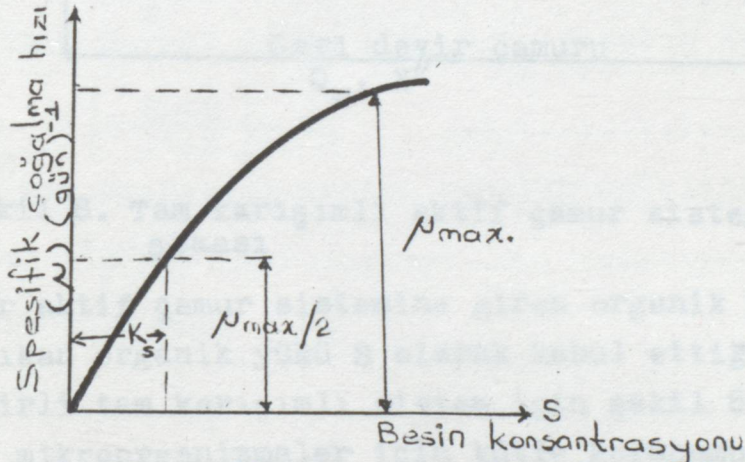
$$\frac{dx}{dt} : \mu \cdot x \quad \dots \dots \dots (2)$$

Burada (μ) spesifik mikroorganizma çoğalma hızıdır.

(μ) için Michaelis-Menten tarafından ortaya konulan ve monod tarafından doğruluğu ispatlanan ifade şöyledir.

$$\mu : \mu_{max} \left[\frac{s}{K_s + s} \right] \quad \dots \dots \dots (3)$$

(3) ifadesindeki, maksimum spesifik çoğalma hızı (μ_{max}) ve $\mu = \frac{\mu_{max}}{2}$ değerine tekabül eden besin konsantrasyonu (K_s) şekil 7'de belirtilmiştir.



Şekil 7. Michaelis- Menten kinetik modeline göre spesifik çoğalma hızının, besin konsantrasyonu ile bağlantısı

Mikroorganizmaların çoğalması olayında içsel çözüm fazını göz önüne almak için (2) ifadesinin sağ tarafına ($K_d \cdot X$) terimini cebirsel olarak ilave etmek gerekir ve

$$\frac{dx}{dt} : \mu x - K_d x \quad \dots \dots \dots (4)$$

olur. Bu ifadede (K_d) içsel azalma hızını göstermektedir.

(3) ifadesi (4) de yerine konursa,

$$\frac{dx}{dt} : \mu_{max} \left[\frac{s}{K_s + s} \right] x - K_d x \quad \dots \dots \dots (5)$$

elde edilir. Diğer taraftan (1) ve (2) ifadeleri sağ tarafları birbirine eşitlenirse;

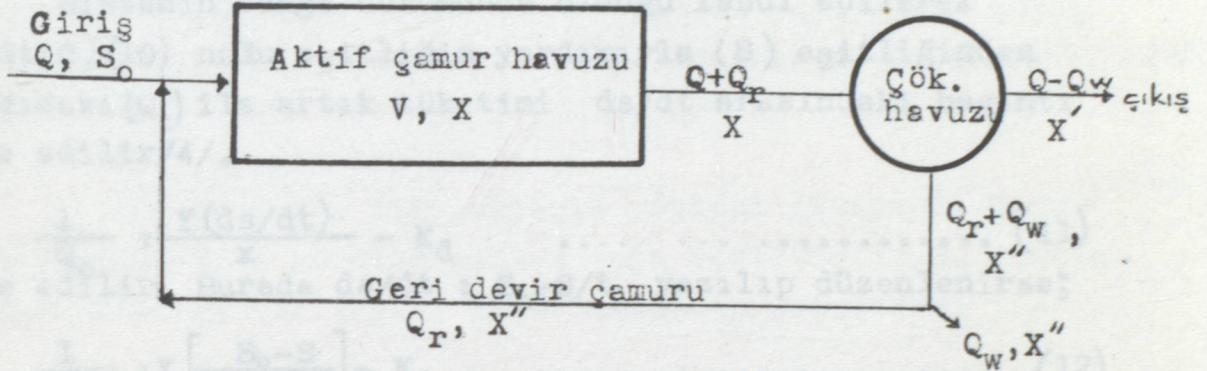
$$\mu \cdot x : Y \frac{dS}{dt} \quad \dots \dots \dots (6)$$

bulunur. (μx) in değeri (4) de yerine konursa,

$$\frac{dx}{dt} : Y \frac{ds}{dt} - K_d x \dots\dots\dots (7)$$

temel ifadesi elde edilmiş olur. Bu ifadenin sağı yani reaktörde mikroorganizmaların net çoğalmasını gösterir.

Şekil 8 deki gibi tam karışımli ve sürekli akımlı bir aktif çamur sisteminde reaktöre sürekli olarak besin gireceğinden, logaritmik büyüme fazından sonra çoğalma yavaşlayıp durmaz, devam eder/4/.



Şekil 8. Tam karışımli aktif çamur sistemi akım şeması

Bir aktif çamur sistemine giren organik yükü S_0 , sistemden çıkan organik yükü S olarak kabul ettiğimiz taktirde, geri devirli tam karışımli sistem için şekil 8'de verilen modelde, mikroorganizmalar için kütle korunumu eşitliği yazılırsa;

$$\left[\begin{array}{c} \text{Havuzdaki} \\ \text{mikroorganizma} \\ \text{konsantrasyon} \\ \text{değişim hızı} \end{array} \right] = \left[\begin{array}{c} \text{Havuzdaki} \\ \text{mikroorganizma} \\ \text{büyümesi} \\ \text{net hızı} \end{array} \right] - \left[\begin{array}{c} \text{Havuzdan} \\ \text{atılan} \\ \text{mikroorganizma} \\ \text{çıkış hızı} \end{array} \right]$$

$$V \left(\frac{dx}{dt} \right) : \left(Y \frac{ds}{dt} - K_d x \right) \cdot V - [Q_w x'' + (Q - Q_w) x'] \dots\dots (8)$$

elde edilir. Burada;

V : Havuz hacmi (m^3)

$\frac{dx}{dt}$: Birim zamandaki mikroorganizma konsantrasyonu artışını ($mg/l.gün$)

Y : Büyüme artış katsayısını

$\frac{ds}{dt}$: Havuzun birim hacminde, birim zamanda mikroorganizmaların gıda maddesi tüketim hızını ($mg/l.gün$)

K_d : Mikroorganizmaların azalma katsayısını ($gün^{-1}$)

ifade etmektedir.

Diğer taraftan biyolojik arıtma kontrol parametrelerinden olan hücre ortalama bekleme zamanı veya biyolojik katıların bekleme zamanı Q_c dir.

$$Q_c: \frac{x}{\left(\frac{\Delta x}{\Delta t}\right)} \dots\dots\dots (9)$$

Burada $\Delta x/\Delta t$ belli bir zamanda sistemden uzaklaştırılan veya kaybolan mikroorganizma konsantrasyonunu göstermektedir.

Başka bir ifade ile $Q_c: \frac{v \cdot x}{Q_w x' + (Q - Q_w) x'} \dots\dots\dots (10)$ dir.

Sistemin denge durumunda olduğu kabul edilerek $(dx/dt:0)$ (10) nolü eşitliğin yardımıyla (8) eşitliğinden aşağıdaki (Q_c) ile artık tüketimi ds/dt arasındaki bağıntı elde edilir/4/.

$$\frac{1}{Q_c} : \frac{Y(ds/dt)}{x} - K_d \dots\dots\dots (11)$$

elde edilir. Burada $ds/dt : S_0 - S/t$ yazılıp düzenlenirse;

$$\frac{1}{Q_c} : Y \left[\frac{S_0 - S}{t \cdot x} \right] - K_d \dots\dots\dots (12)$$

Bu eşitlikte Michaelis-menten kinetik eşitliğine göre;

$$\frac{ds}{dt} : \frac{k \cdot s \cdot x}{K_s + s} \dots\dots\dots (13)$$

yerine konulduğunda,

$$\frac{1}{Q_c} : Y \cdot k \cdot s / K_s + s \dots\dots\dots (14)$$

bağıntısı ortaya çıkar./8/

Burada;

k : Birim mikroorganizma kütlesi için gıda maddesi tüketiminin maksimum hızını (gün^{-1})

K_s : Büyüme hızının, maksimum büyüme hızının yarı değerinde olması anındaki gıda maddesi konsantrasyonunu (mg/l) vermektedir.

Sistemde yalnız aktifleştirme havuzu için mikroorganizma kütle korunumu eşitliğini yazdığımızda;

$$\left[\begin{array}{c} \text{Mikroorganizma kütlesi} \\ \text{net değişim hızı} \end{array} \right] = \left[\begin{array}{c} \text{Dönüş} \\ \text{hızı} \end{array} \right] + \left[\begin{array}{c} \text{Büyüme} \\ \text{hızı} \end{array} \right] - \left[\begin{array}{c} \text{Çıkış} \\ \text{hızı} \end{array} \right]$$

$$v \cdot \frac{dx}{dt} : Q_r \cdot x'' + \left[Y \left(\frac{ds}{dt} \right) - K_d x \right] \cdot v - (Q_f Q) x \dots\dots (15)$$

denge durumunda $dx/dt:0$ olacağından ve $(Q_r/Q:r$, Hacimsel geridönüş oranı olarak) (14)nolu eşitlik (15) de yerine konulursa,

$$\frac{1}{Q_c} : \frac{Q}{V} \left[1+r-r\left(\frac{x''}{x}\right) \right] \dots\dots\dots (16)$$

elde edilir. Böylece Q_c 'nin, hacimsel geri dönüş oranı $r: Q_r/Q$ nun ve x''/x in bir fonksiyonu olduğu görülür.

Arıtma veriminin Q_c ile yakın ilişki içinde olduğu bilinmektedir. Hacimsel geri dönüş oranını veya geri dönüş içindeki x'' miktarını artırmak suretiyle havuzdaki çamur miktarı artırılarak sisteme giren S_0 yüküne bağlı olarak arıtma verimi ayarlanabilir.

Bu konuda diğer bir yaklaşım yöntemi Arceivala tarafından şekil 9 da görülen sistem için verilmiştir. Bu sistemde gıda maddesi ile ilgili kütle korunumu yazılırsa,

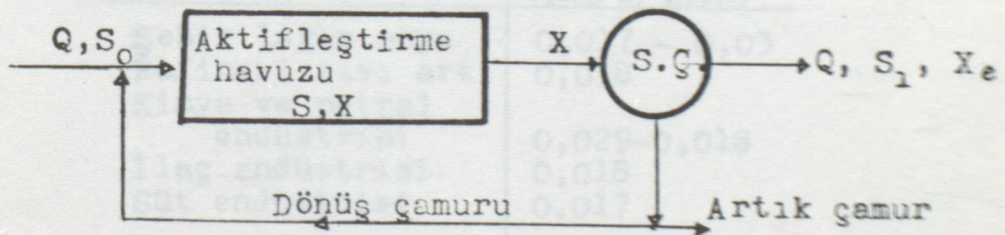
$$\left(\frac{ds}{dt}\right) \cdot v : Q \cdot S_0 - (k' \cdot S \cdot x) \cdot v - Q \cdot S_1 \dots\dots\dots (17)$$

burada,

$\frac{ds}{dt}$: Birim zamandaki organik madde konsantrasyon artışı (mg/l.gün)

k' : Spesifik besin kullanma hızı,

S : Ortamdaki organik yük olarak belirlenmiştir.



Şekil 9. Biyolojik arıtma sistemi modeli

Denge durumunda $ds/dt:0$ olacağından, çıkıştaki gıda maddesi konsantrasyonu aşağıdaki ifadede elde edilebilir.

$$S_1 : \frac{S_0}{1+Kxt} \dots\dots\dots (18)$$

veya,

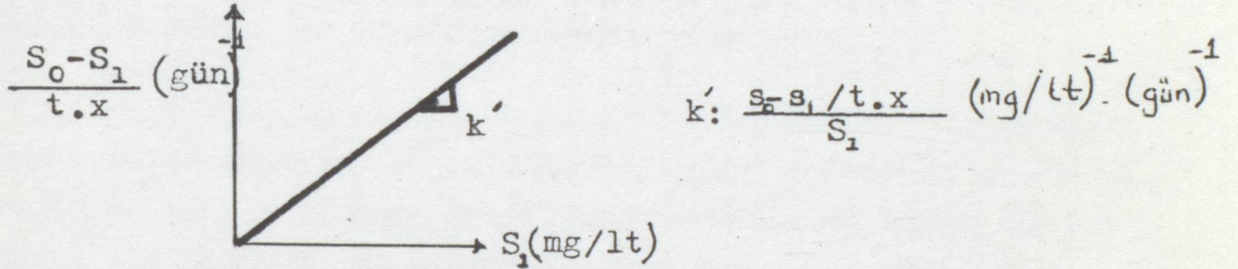
$$\frac{S_0 - S_1}{x \cdot t} : k' \cdot S_1 \dots \dots \dots (19)$$

olmaktadır. Diğer taraftan biyolojik arıtmada sisteme giren gıda maddesinin sistemdeki kuru maddeye oranı büyük önem taşımakta ve F:Gıda maddesi kütlelerini, M:Mikroorganizma kütlelerini verecek şekilde $\frac{F}{M} : \frac{S_0}{x \cdot t}$ şeklinde ifade edilmektedir/8/

Buna göre (19) düzenlenirse,

$$\frac{F}{M} : \frac{S_1}{x \cdot t + k'} \dots \dots \dots (20)$$

şekline dönüşmektedir. (20) ifadesi özellikle tesis işletmeleri için kullanışlı olup, (k') kinetik sabitesi grafik olarak bulunabilir.



Şekil 10. k' kinetik sabitesinin bulunuşu

Tablo 1' de çeşitli artık sular için deneysel olarak tayin edilmiş (k') değerleri verilmiştir/4/.

Artık su	k' (mg/l) ⁻¹ (gün) ⁻¹
Şehir lağım suyu	0,017 - 0,03
Rafineri sıvı art.	0,038
Kimya ve petrol endüstrisi	0,029-0,018
İlaç endüstrisi	0,018
Süt endüstrisi	0,017

Tablo 1. Çeşitli atık sular için k' değerleri

Bir sistemin arıtma verimini koruyabilmek için, sisteme fazla organik madde geldiğinde k' değerinin büyük bir değişiklik göstermeyeceği kabulüyle tek seçenek F/M oranını ayarlayabilmektedir. Aşırı yükleme durumunda ya (X) arttırılmalı veya havuzun bekleme zamanı(t) yeteri kadar büyük olmalıdır.

$$\eta \text{ (Verim)}: 1 - \frac{S_1}{\left(\frac{F}{M}\right) \cdot x \cdot t} \dots \dots \eta : f(x,t) \dots \dots (21)$$

Ekonomik nedenlerle büyük bir havuz yapmak yerine x'i artırmak çoğu kez daha uygun bir seçenektir. Bunun için biyolojik arıtmada hacimsel geri dönüş oranı artırılmalıdır/8/

Bu oranı artırmak için, gerçek baklama süresinden az veya çok fazla aktif çamur kullanılarak havuzun geometrisi, aktif çamur ya da diğer hidrolik faktörlere bağlı olarak, aktif çamur (X₂) miktarı artırılarak havuzun hacmi veya hacimsel geri dönüş oranı artırılabilir. Bu ifade aşağıdaki gibidir.

$$\eta = \frac{1}{1 + \left[\frac{1}{X_{20}} \right]} \dots \dots (22)$$

Bu ifadeyi kullanarak, aktif çamur havuzunun hacmi veya hacimsel geri dönüş oranı artırılarak, aktif çamur havuzunun hacmi veya hacimsel geri dönüş oranı artırılabilir. Bu ifade aşağıdaki gibidir.

$$\eta = \frac{1}{1 + \left[\frac{1}{X_{20}} \right]} \dots \dots (24)$$

Bu ifadeyi kullanarak, aktif çamur havuzunun hacmi veya hacimsel geri dönüş oranı artırılarak, aktif çamur havuzunun hacmi veya hacimsel geri dönüş oranı artırılabilir. Bu ifade aşağıdaki gibidir.

Bu ifadeyi kullanarak, aktif çamur havuzunun hacmi veya hacimsel geri dönüş oranı artırılarak, aktif çamur havuzunun hacmi veya hacimsel geri dönüş oranı artırılabilir. Bu ifade aşağıdaki gibidir.

2.4.TASFIYİYİ ETKİLEYEN BAŞLICA FAKTÖRLER

A) Havalandırma süresi ve Hidrolik yük;

Havalandırma süresi (t) kullanılmış suyun aktif çamur havuzunda kalma süresini ifade eder. Havuzun hacmi (V) havuza giren kullanılmış su debisi Q ise

$$t = \frac{V}{Q} \text{ [gün]} \dots\dots\dots (22)$$

dür. Bu süre teorik olup, gerçek bekleme süresinden az veya çok farkeder. Çünkü gerçek bekleme süresi havuzun geometrisine, akım tipine ve diğer hidrolik faktörlere bağlıdır.

Hidrolik yük (q_R) ; Aktif çamur havuzunun birim hacmi başına isabet eden kullanılmış su debisini ifade eder.

$$q_R : R_h = \frac{Q}{V} : \frac{1}{t} \left[\frac{1}{\text{gün}} \right] \dots\dots\dots (23)$$

Biyolojik verim havalandırma süresi ile artar./1/

B) Biyolojik yük;

Biyolojik yük (B_R) aktif çamur havuzunun birim hacmi başına birim zamanda düşen organik madde miktarını ifade eder. Bunun ölçüsü olarak aktif çamur havuzunun birim hacmi için birim zamanda giren artık suyun BOI_5 değeri alınır.

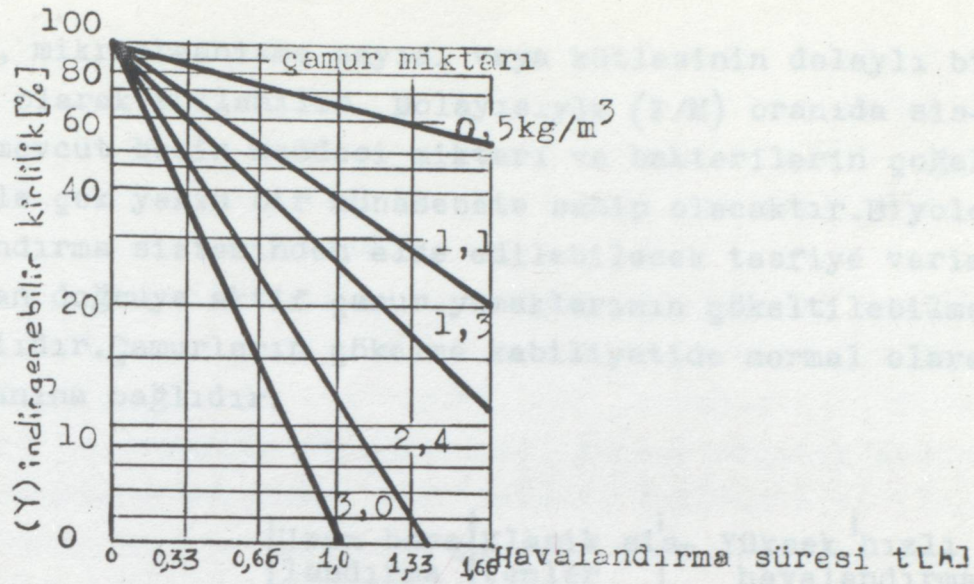
$$R_D : B_R = \frac{F}{V} : \frac{S}{t} \left[\frac{\text{kg}BOI_5/\text{gün}}{\text{m}^3} \right] \dots\dots\dots (24)$$

Aynı havalandırma süresinde fakat farklı kirlilikteki kullanılan suların tasfiye verimleri farklı olduğundan hidrolik yük tek başına birşey ifade etmemektedir. Bu yüzden uzun senelerden beri aktif çamur havuzlarının boyutlandırılmasında işletilmesinde biyolojik yük göz önüne alınmaktadır/4/.

C) Çamur konsantrasyonu;

Çamur konsantrasyonu aktif çamur havuzundaki mikroorganizmaların konsantrasyonu olup, pratikte mg MLSS/l veya daha iyi bir yaklaşımla mg MLVSS/l şeklinde ifade edilmektedir. Burada MLSS tüm süspansiyon katı maddeleri ve MLVSS ise organik süspansiyon katı maddeleri ifade etmektedir.

Yapılan incelemelerde BOI_5 giderme hızının çamur konsantrasyonuna bağlı olarak lineer bir şekilde değiştiği tesbit edilmiştir.



Şekil 11. BOI_5 giderme hızı ile çamur konsantrasyon arasındaki ilişki /9/

Bu konuda Hunken tarafından yapılmış olan deneyin neticelerine göre, 1 saat havalandırma süresi içinde 3gr/l' lik bir çamur konsantrasyonu ile %95 lik bir tasfiye verimi sağlanmasına karşılık, aynı havalandırma süresinde 0,5gr/l' lik bir çamur konsantrasyonunda ancak %30 luk bir tasfiye verimi olmaktadır/6/.

Tesislerin MLVSS ile kontrolü işletmeğe büyük bir kolaylık sağlar. Tesisin en verimli çalıştığı durumda tesbit edilen MLVSS konsantrasyonu sabit tutularak etkili bir tasfiye sağlanır. Eğer ortamdaki konsantrasyon müsaade edilen değeri aşarsa sistemden fazla miktar alınır.

D) Çamur yükü;

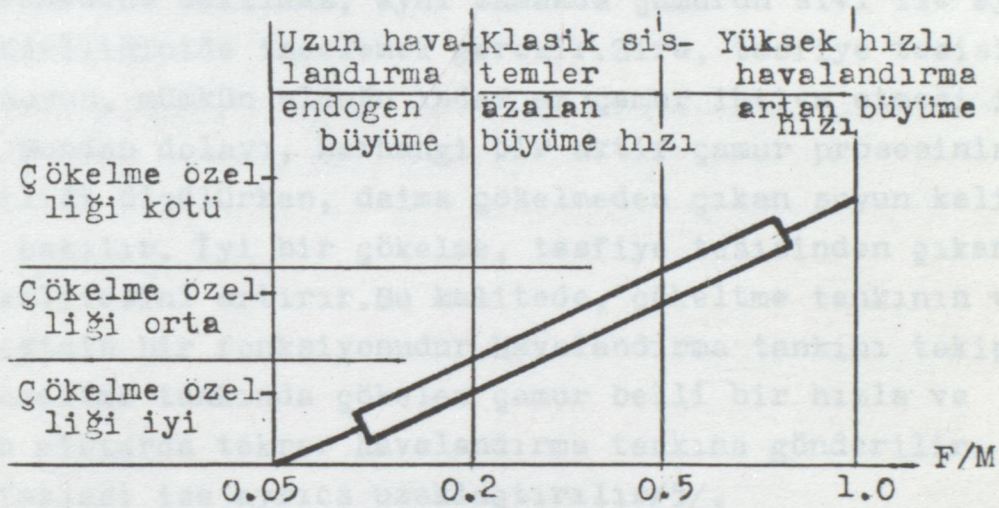
Çamur yükü (B_{ts}) aktif çamur havuzundaki birim çamur miktarı başına birim zamanda isabet eden biyolojik yük olarak tarif edilebilir. Dolayısıyla biyolojik yükün değeri çamur konsantrasyonuna bölerek çamur yükü bulunabilir/4/.

$$R_s : B_{TS} : \frac{B_R}{TS_R} : \frac{F}{M} : \frac{s_0}{t \cdot X} \quad [\text{kg } BOI_5/\text{gün. kg süs. mad}] \quad (25)$$

F: Besi maddesi miktarı, M: Mikroorganizma miktarı,

Bir biyolojik havalandırma sisteminde mevcut aktif mikroorganizmaların gerçek sayısını veya kütlelerini bulmak imkansızdır. Bu sebeple süspansiyon madde konsantrasyonu olan $X [TS_R]$ veya bunun yanıcı uçuşu kısmını gösteren $X [MLVSS]$

değeri, mikroorganizma sayısı veya kütesinin dolaylı bir ölçüsü olarak kullanılır. Dolayısıyla (F/M) oranında sistemde mevcut besin maddesi miktarı ve bakterilerin çoğalması ile çok yakın bir münasebete sahip olacaktır. Biyolojik havalandırma sisteminden elde edilebilecek tasfiye verimi, doğrudan doğruya aktif çamur yumaklarının gökeltilebilmesine bağlıdır. Çamurların gökelme kabiliyetide normal olarak F/M oranına bağlıdır.



Şekil 12. Aktif çamurların gökelme özelliğinin (F/M) oranı ile değişmesi /1/

Havalandırma zamanı uzun ve süspansiyon madde konsantrasyonu nispeten yüksek olan uzun havalandırma sistemleri, endogen büyüme fazında çalışırlar. (F/M) oranı 0.05 ile 0.2 kg BOI₅/Gün.kgMLSS arasında değişir. Açlıktan ölmekte olan mikroorganizmalar, ortamda mevcut organik maddeyi yiyip bitireceğinden BOI verimi yüksek olur. Bu sistemlerden elde edilen aktif çamur yumakları kolayca gökelirler. Diğer ekstrem hal ise yüksek hızlı havalandırma sistemleridir. (F/M) oranı 0.5 ile 1.0 kgBOI₅/gün.kgMLSS arasında bulunur. Bu aktif çamurların gökelme özellikleri kötü olup çıkışta, bu sebeple süspansiyon madde konsantrasyonu 30mg/l 'nin üstüne çıkabilir. Evlerden gelen kullanılmış suların tasfiyesinde (F/M) oranının 0.2 ile 0.5 arasında olması kabul edilebilir,

bir değerdir. (F/M) oranı ilede tesis işletmesi kontrol edilebilir. Tesis en verimli hali için tesbit edilmiş (F/M) oranında tutularak etkili bir tasfiye sağlanır. Yalnız uzun deney çalışmaları gerektirdiğinden tercih edilmezler/1/.

E) amur hacim indeksi;

Çamur hacim indeksi aktif çamurun çökeltme özelliğinin bir ölçüsüdür. Aynı zamanda, prosesin performansının başarılı olup olmadığını belirten faydalı bir parametredir. Zira, prosesin başarısının ölçülmesinde, sadece organik maddenin oksitlenmesine bakılmaz; aynı zamanda çamurun sıvı ile ayrılma özelliğinide incelemek gerekir. Zira, tasfiye tesisinden çıkan suyun, mümkün olduğu kadar az çamur ihtiva etmesi istenir. Bundan dolayı, herhangi bir aktif çamur prosesinin verimliliği ölçülürken, daıma çökeltmeden çıkan suyun kalitesine bakılır. İyi bir çökeltme, tasfiye tesisinden çıkan suyun kalitesini artırır. Bu kalitede, çökeltme tankının verimliliğinin bir fonksiyonudur. Havalandırma tankını takip eden çökeltme tankında çökelen çamur belli bir hızla ve gereken miktarda tekrar havalandırma tankına gönderilir. Çamur fazlası ise ayrıca uzaklaştırılır/5/.

Çamur hacim indisi (I_v) ; 30 dakika çökeltmeden sonra 1 gram çamurun kapladığı hacim (ml olarak) diye tarif edilir.

$$SVI : I_v = \frac{\text{ml. ökeltmiř amur}}{\text{mg/l MLSS}} \cdot 1000 \quad \dots \quad (26)$$

Yapılan uygulamalardan řu sonuçlar çıkarılmıştır; (I_v) değeri 50 'nin altında ise çamur çok mükemmel ökeltmektedir. 100 'ün altında ise iyi ökeltmektedir. 150 'ye kadar olanlar ise kabul edilebilir derecede ökeltmektedir. Ancak (I_v) değeri 150 'nin üzerinde ise, çamur iyi ökeltmez ve tasfiyeden çıkan sudaki katı madde konsantrasyonu artar. Bu duruma "amur kabarması " denir/5/.

F) Geri devir;

Geri devir çamuru son çöktürme havuzunda çöktürülen aktif çamurun, aktif çamur havuzuna tekrar geri gönderilen kısmı (Q_r) dir. Geri devir çamur oranı havuza giren artık su debisi (Q_r) nin belirli bir yüzdesi olarak ifade edilir;

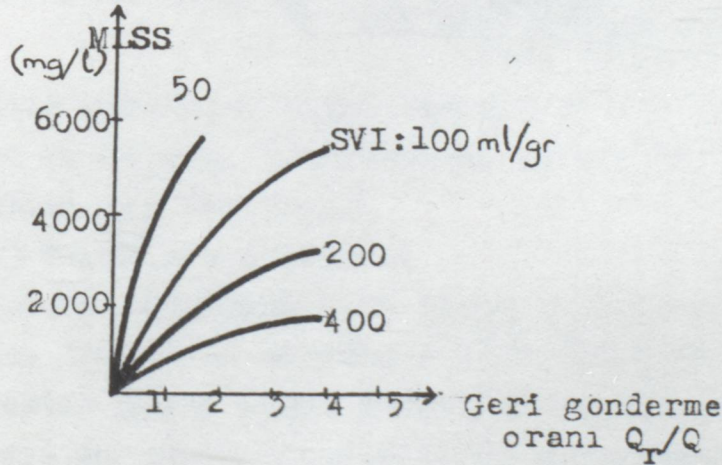
$$(\%)R_V : (Q_R/Q) \cdot 100$$

Geri devir çamur oranı (R_V) ile çamur hacim indeksi (I_V) arasında belirli bir bağıntı vardır. Bu bağıntı dolayısıyla bir çok hallerde çamur hacim indeksi, geri devir çamur oranı değiştirilerek ayarlanabilir/4/.

Sürekli akımlı ve geri devirli bir aktif çamur sistemi göz önüne alınır, katı madde dengesi için süreklilik denklemi yazılır ve bu denklemde geri devir çamur konsantrasyonu çamur hacim indeksi cinsinden yerine konursa;

$$(\%)R_V : \frac{TS_R \cdot (I_V) \cdot 10^3}{1 - TS_R \cdot (I_V) \cdot 10^{-3}} \dots \dots \dots (27)$$

elde edilir. Burada (TS_R) aktif çamur havuzundaki çamur konsantrasyonu olup, pratikte (gr/l) ve (I_V) de (ml/gr) cinsinden alınır./4/ I_V , MLSS ve Q_R/Q arasında bağıntı grafik olarak belirlenmiştir/5/.



Şekil 13. MLSS- I_V - Q_R/Q arasındaki bağıntı

G) Çamur ömrü veya katı bekletme süresi;

Yükleme birimleri ve (F/M) oranı ile ilgili bir başka özellikte katı madde bekleme zamanıdır. Katı maddeleri devamlı olarak devrettirmeye ve uzun zaman sistemde tutmaya imkan yoktur. Aksi halde havalandırma havuzunda süspansiyon madde (=mikroorganizma) konsantrasyonu çok büyük değer-

lere ulaşır. Bu sebeple bir kısım katı maddeleri sistemden almak gerekir. Fazla katı maddeler ya geri devir hattından, yahutta havalandırma havuzundan atılır/5/.

Hidrolik bekleme zamanı 3 ila 36 st. arasında değiştiği halde, katı madde bekleme zamanı gün mertebesinde dir. Bunun sebebi, katı maddelerin son göktürme havuzundan alınarak sistemin içinde tekrar tekrar devrettirilmesidir. Katı madde bekleme zamanı, sistemde mevcut madde miktarını, sistemden birim zamanda çıkan madde miktarına bölerek elde edilir.

$$Q_c = \frac{V \cdot X}{(Q \cdot X_2 + Q_w \cdot X_r)} \dots \dots \dots (28)$$

Burada Q_w sistemden atılan fazla çamurun debisini göstermektedir. Son gökeltme havuzundan çıkan suların süspansiyon madde konsantrasyonu kafi derecede küçük olduğundan $X_2:0$

alınırsa, $Q_c = \frac{V \cdot X}{Q_w \cdot X_r}$ dir./1/

Başka bir ifade ile, $Q_c = \frac{MLVSS}{\text{Bir gün boyunca üretilen net katı miktarı}}$

dir. Pratik maksatlar için, tesisin en verimli durumunda Q_c değeri bulunarak, havalandırma havuzları bu parametrelerle kontrol edilebilir/5/.

H) Türbülansın tesiri;

Yüksek türbülans indirgenme işlemini hızlandırmaktadır. Yüksek türbülans sebebiyle flok büyüklükleri azalmakta böylece artan yüzey alanı sebebiyle biyolojik aktivitede artmaktadır. Bu günkü aktifleştirme metotlarında genellikle O_2 girişi ve türbülans birbirine bağlıdır. Bu bakımdan yüksek türbülans çoğu kere ekonomik değildir./9/

I) Çözünmüş oksijen miktarı;

Çözünmüş oksijen tüketilme hızı, (F/M) oranının (BOI yükü ve havalandırma zamanının) ve sıcaklığın bir fonksiyonudur. Minimum bir kritik değerin üstünde olmak şartıyla, aerobik biyolojik faaliyet, çözünmüş oksijen konsantrasyonundan bağımsızdır. Bu konsantrasyonun altında, mikroorganizmaların metabolizması, mevcut oksijen miktarının azalmasıyla sınır-

lanır. Çeşitli sistemler için bu kritik değerin 0,2 ila 2mg/l arasında bulunduğu bildirilmiştir. En çok karşılaşılan değer 0,5mg/l dir/1/.

Eğer mikroorganizmaların oksijen kullanma hızı, havalandırma teçhizatının oksijen sevk kapasitesini geçiyorsa, havalandırma havuzunda bir yetersizlik göze çarpar. Mesela iri kabarcık havalandırma tertibatına sahip, uzun havalandırma bir aktif çamur sistemi, aşırı organik yüke maruz bırakılırsa, havuz muhteviyatı iyi bir şekilde karışsa dahi, çözülmüş oksijen konsantrasyonu 0,5mg/l 'nin altına düşebilir. Pratikte daha çok karşılaşılan diğer bir durum ise, havuzun lüzumsuz yere aşırı derecede havalandırılarak gerekli olandan daha fazla bir çözülmüş oksijen konsantrasyonunun muhafaza edilmesidir. Bu ekonomik olmayan işletme şeklidir.

Düşük oksijen konsantrasyonlarında biyolojik faaliyet daha fazla ve oksijen konsantrasyonu azaldıkça havadan suya oksijenin geçiş hızı arttığından, sistemi kritik olan minimum bir seviyeye yakın olarak işletme akla uygundur. Uygun bir işletme için en iyi metod zaman zaman bilhassa maksimum yüklerde, oksijen ölçmeleri yapmak ve hava sevkini buna göre ayarlamaktır. Bundan başka havalandırma tertibatı havuz muhteviyatını iyice karıştırmaya yetecek güçte olması ve daima havuzda 0,5-2mg/l 'lik bir çözülmüş oksijen konsantrasyonu muhafaza edilmelidir/1/.

K) PH değeri;

Aktif çamur içindeki mikroorganizmalar, PH değerinin belli sınırlar içinde olması halinde olumsuz etkilenirler ve dolayısıyla çamurun aktifliği kısmende olsa kaybolacağından verim düşer. Bunun için reaktördeki PH değerinin uygun bir aralıkta olması gerekir. Bir çok hallerde PH:5-9 uygun olabilmektedir.

Aktif çamur, optimumun üstünde veya altında sabit kalabilen PH değerlerinden daha çok ani değişimlerden etkilenmektedir. Bu şekilde ani PH değişimi özellikle endüstriyel artıklar sularda olduğundan, aktif çamur havuzuna girişten evvel muhakkak bir dengeleme havuzu olmalıdır/4/.

L) Sıcaklık;

Tüm biyokimyasal işlemler yüksek sıcaklıklarda daha hızlı cereyan eder. 10°C yükselme biyokimyasal faaliyeti 2 katına çıkarmaktadır. Mamafih aktif çamur sıcaklığa uyabilir. Düşük hızlı tesislerde temperatür değişmesi kapasite (verim) de bir azalma meydana getirmemektedir. Ancak yüksek hızlı tesislerde kış aylarında verim azalmaktadır. Mikroorganizmalar sıcaklık yükselmelerine alışmalarından daha kolay uyum göstermektedir/9/.

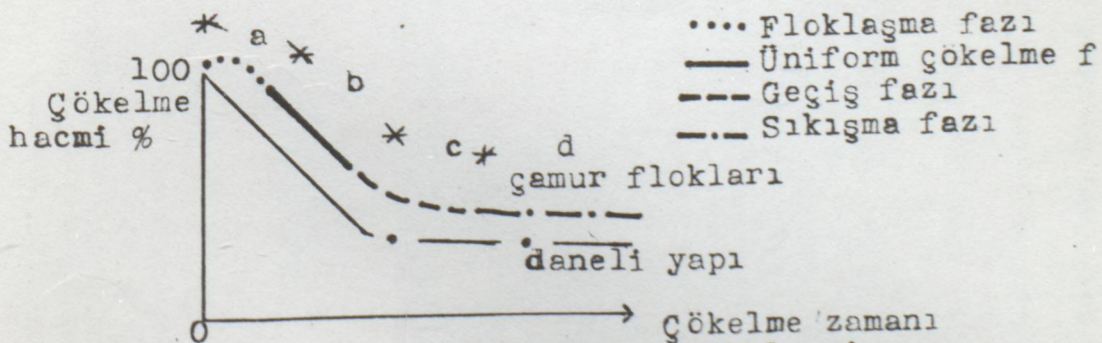
M) Besi maddeleri;

Biyolojik tasfiyenin tam bir verimle gelişebilmesi için yeterli besi maddesine (azotlu ve fosforlu maddelere) ihtiyaç vardır. Aksi halde biyokimyasal reaksiyon yavaşlamaktadır. Evsel pis su arıtan tesislerde böyle bir problem yoktur. Yalnız endüstri pis sularının aktif çamurla tasfiyesi söz konusu olunca bu su numunesinin birleşimine giren karbon, azot ve fosfor elemanlarının nisbetini bilmek gerekir/12/. Karbon miktarının ölçüsü, su numunesinin biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOI_5) olarak alınır. N ve P (mg/l) olarak ifade edilir. Genelde iyi bir tasfiye için $\text{BOI}_5/\text{N} > 32$ ve $\text{BOI}_5/\text{P} > 150$ olmalıdır/1/.

N) Son göktürme havuzları;

Son göktürme havuzları hem kullanılmış suları tasfiye etmek ve hemde biyolojik çamuru yoğunlaştırmak vazifesi görürler. Aktif çamurun gökelmesi şekilde görüldüğü gibi 4 fazda olmaktadır/9/.

- a-Floklaşma, b-Üniform gökelme, c-Geçiş bölgesi
d - Konsolidasyon



Şekil 14. Aktif çamurun gökelmesi

Bu gökelme türünde gökelme hızı küçük olan taneler, daha büyük veya daha yoğunluğa sahip olanlar tarafından geçilir ve bu esnada taneler çarpışarak kümeler meydana getirir. Bu olay sonunda gökelme hızı derinlik arttıkça fazlalaşır. Çünkü tane çapları derinlikle birlikte büyümektedir. (η) gökelme veriminde, (V_s) yüzey yükü azaldıkça ve (H) derinliği arttıkça büyür/10/.

Tasfiye şekli	Ortalama proje debisi ($m^3/gün$)	Minimum bekleme zamanı (saat)	Maksimum yüzey hidrolik yük ($m^3/m^2/gün$)
Hızlı ve kademeli normal hızlı, yüksek havalandırma	< 2000	3,0	24
	2000-6000	2,5	28
	> 6000	2,0	32
Kontakt Stabilizasyon	< 2000	3,6	20
	2000-6000	3,0	24
	> 6000	2,5	28
Uzun havalandırma	< 200	4,0	12
	200-600	3,6	12
	> 600	3,0	24

Tablo 2. Aktif çamur sistemlerinden sonra yapılan gökeltme havuzları için tavsiye edilen kriterler/1/

Tablo_3 Biyolojik havalandırma sisteminde yük birimleri ve işletme parametrelerinin değişme aralıkları /11/

PROSES	Q_r/Q	Q_c (gün)	F/M ($\frac{kgBOI_s}{kgMLVSS.gün}$)	$\frac{BIYOLOJİK YÜK}{m^2.gün}$ ($\frac{kgBOI_s}{m^2.gün}$)	MLSS (mg/l)	V/Q:h (saat)	n (verim)
Klasik Aktif çamur	0,25-0,50	5-15	0,2-0,4	0,3-0,6	1500-3000	4-8	(85-95)
Azalan havalandırmalı hav.	0,25-0,50	5-15	0,2-0,4	0,3-0,6	1500-3000	4-8	(85-95)
Tom karışimli reaktör	0,25-1,00	5-15	0,2-0,6	0,8-2,0	3000-6000	3-5	(85-95)
Kademeli havalandırmalı hav.	0,25-0,75	5-15	0,2-0,4	0,6-1,0	2000-3500	3-5	(85-95)
Çamurun ayrı rejenerasyonu	0,05-0,15	0,2-0,5	1,5-5,0	1,2-2,4	200-500 (1000-3000) ^a	1,5-3 (0,5-1) ^a	(60-75)
Kontakt stabilizasyon	0,25-1,00	5,0-15	0,2-0,6	1,0-1,2	(4000-10000) ^b	(3-6) ^b	(80-90)
Uzun havalandırıcı	0,75-1,50	20-30	0,05-0,15	0,1-0,4	3000-6000	18-36	(75-95)
Kraus prosesi	0,50-1,00	5-15	0,3-0,8	0,6-1,6	2000-3000	4-8	(85-95)
Yüksek hızlı havalandırıcı	1,00-5,00	5-10	0,4-1,5	1,6-2,6	4000-10000	0,5-2	(75-90)

a) Kontakt ünitesi

b) Katı stabilizasyon ünitesi

Geri devir çamurunda katı madde konsantrasyonu=8000-12000mg/l

MLVSS = % 60-70 MLSS

2.5.TASFIYE TESİSLERİNİN İŞLETİLMESİ

2.5.1.Giriş;

Bir tasfiye tesisinin, verimli bir şekilde çalışması iki esas faktöre dayanır. Bunlar;

- 1) Tesisin bir bütün olarak yeterli ve doğru bir şekilde projelendirilmiş olması
- 2) Operatörün bilgi ve hünerini akıllı bir şekilde tatbik etmesidir.

Proje mühendisinin hüner ve sanatının bittiği yerde, tesis operatörünün bilgisini kullanması başlar. Operatör; tesisin proje ve hesabında rol oynayan başlıca faktörleri ve tasfiye tesisinin çeşitli elemanlarının işletme prensiplerini bilmelidir. Kritik durumlarda tesisin ihtiyacı karşılayabilecek bir kapasitede olması gerekir. Operatörün görevlerinin büyük bir kısmı, tesisin işleme sırasında ortaya çıkan ve sadece bu tesise mahsus olabilen özel işletmecilik problemlerini yenmekle ilgilidir/14/.

Bir tesisin işletilmesi esnasında şu 3 kriter göz önünde bulundurulur.

- 1) Pis suları, bunları alan alıcı ortamın gerektirdiği derecede temizlemek
- 2) Rahatsız edici derecede pis kokuların çıkmasına ve hoş olmayan görünümlere meydan vermiyecek şekilde tesisi işletmek

3) İşletme masrafları minimum olacak şekilde, idare etmektir. Bu talepleri karşılamak için operatörün tesisin karakteristikleri hakkında çok geniş bir bilgi sahibi olması lazımdır. Bu tesisteki çalışma şartları, buna benzer başka bir tesisinkinden tamamiyle farklı olabilir

2.5.2. PİS SU AKIMININ ÖZELLİKLERİ ;

Tasfiye tesisinde temizlenecek olan, ham pis suyun özelliklerinin iyi bir şekilde incelenmesi gerekir. Yapılacak ilk iş tesise giren pis suyun günlük miktarı ile 24 saatlik bir süre içinde debinin değişimi hakkında bilgi sahibi olmaktır. Bir gün zarfında gelen toplam pis su miktarı

tesisin kapasitesine tesir eder. Operatörün 24 saatlik bir süre zarfında toplam pis su miktarını, 24 saatlik süre zarfında debinin maksimum ve minimum değerlerini bilmesi gerekir. (Ayrıca mevsimlik akımlarda takip edilmelidir.)

İyi bir işletme için, pis suyun fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerindeki bilmek lazımdır. Akım ile ilgili donelerle birlikte bu bilgiler, tasfiye tesisi ve bunun geçitli üniteleri tarafından kullanılacak malzeme miktarını hesaplamaya yarar/14/.

2.5.3. İŞLETMECİLİK PROBLEMLERİ;

Esas itibarıyla tesis operatörünün görevi pis sularını iyi bir şekilde temizlemek ve bu esnada işletme masraflarını minimum tutmaktır. Operatör tarafından kontrol edilmesi imkansız olan faktör, pis su akımı için bekletme süresinin yetersiz oluşudur.

Operatör tesise gelen suyun özelliklerine göre işletmede kullanacağı en uygun F:M, MLVSS değerlerini bulmalıdır. Bütün yıl boyunca tesisin durumu gözetlenmeli ve tesbit edilen en iyi şartlarda çalıştırılmalıdır. İşletmeye yeni açılacak bir tesis önce temiz su ile doldurularak sistemlerde bir mekanizma arızası olup olmadığı kontrol edilmelidir. Sonra pis su düzenli bir şekilde artırılarak tesise verilmelidir. Yeni bir aktif çamur tesisi işletmeye açıldığı zaman lüzumlu olan mikroorganizmaların yeterli sayıda olmaması sebebiyle tasfiye işlemi yavaş yavaş başlar. Yeterli bir sayıda mikroorganizma sağlamak yaklaşık 3-4 ay sürer. Yalnız başka bir tesisten aktif maya getirilerek bu süreye azaltılabilir/15/.

Aktif çamur usulüne göre çalışan iyi projelendirilmiş bir tasfiye tesisinde karşılaşılan işletme problemleri başlıca şöyle sıralanabilir;

1) Aerobik şartları muhafaza etmek için havalandırma havuzuna کافی havanın verilememesi

2) Havalandırma havuzunda pis su ve çamur karışımının iyi bir şekilde karışamaması

3) Son göktürme havuzlarında çabuk çökelen yoğun bir çamur yumağının teşekkül edememesidir/14/.

A - Havalandırma miktarı ve türbülansın etkisi;

Tesisin projelendirme şekli havalandırma havuzunun iyi bir şekilde karıştırılmasına imkan vermiyorsa, havuzdaki sıvının erimiş oksijen miktarı; hava üfleyicileri veya kompresörler yardımıyla veya mekanik havalandırma düzenlerinde dönme hızını değiştirmek suretiyle ayarlanabilir. Lüzumlu hava miktarı, pis suyun oksijen ihtiyacına, aktifleştirilmiş çamur miktarına ve geri devir çamurunun kalitesine bağlıdır. Pis suların etkili bir şekilde karıştırıldığı, bayatlaması önlenildiği ve asgari aktif çamur kullanıldığı takdirde enerji sarfiyatı minimum olur. Pis sular havalandırma tesislerine mümkün olan en taze durumunda ulaşmalıdır. Pis suda zehirleyici bir özellikte madde mevcut olmazsa, aktifleştirilmiş çamurların kalitesi, büyük ölçüde, operatör tarafından tatbik edilen tasfiye şekline bağlıdır. İyi bir çamur yumağı teşkil etmek için lüzumlu şartlar; suya bol miktarda erimiş oksijen sağlamak, pis suyun organik madde miktarı ile havalandırma havuzuna dönen geri devir çamuru arasında uygun bir dengeyi muhafaza etmek ve işletme sırasında çamur yumağında aerobik şartları devam ettirmektir. Havalandırma havuzundaki su ve çamur karışımına kafi miktarda hava tatbik edildiği halde, temizleme devresinde, yumakların anaerobik ayrışma gösterebileceği iki durum vardır.

1.durum; Son derece ağır ve yoğun bir yumak mevcutsa, bunun bir kısmı geçiçi olarak havalandırma havuzu tabanına çökebilir ve septik özellik kazanarak değerini kaybedebilir. Sirkülasyon artırılarak bunun önüne geçilebilir.

2.durum; Son göktürme havuzlarında çamur göktürme ve çamur biriktirme sürelerinin çok uzun olmasıdır. Bu problemde geri devir akımını hızlandırmak suretiyle önlenir. Bunun sonucunda geri devir çamuru hacminin artmasından dolayı havalandırma süresinin azalması, çamurun bozulma tehlikesinden daha az mahzurludur/14/.

B- Havalandırma havuzu rengi ve köpük kontrolü;

Tesisin renginin açık kahverengi olması tesisin işletmeye yeni açıldığını ve işletmenin iyi bir şekilde devam ettiğini gösterir. Çıkış suyu her geçen gün iyileşir. Böyle durumlarda sistemin çamur yağı artırılmalıdır.

Tesisin renginin çok koyu bir kahverengiye doğru dönüşmesi çamur yağının fazla olduğunu gösterir. Sistemden alınan atık çamur miktarı fazlalaştırılarak bu problemin önüne geçilebilir/11/.

Havuzda siyah bir rengin hakim olması anaerobik şartların başladığını gösterir. Bunun sebebi ise yetersiz havalandırma veya fazla çamur konsantrasyonudur/14/.

Sentetik deterjanların gittikçe artan bir ölçüde kullanılması da çesitli güçlükler doğurmaktadır. Bir çok aktifleştirme tesisinde, fazla miktarda köpük teşekkülü sebebiyle uygun olmayan durumlar meydana gelmektedir. Bazı kimyasal maddeleri suya ilave etmek veya tasfiye tesisinin temizlenmiş çıkış suyunu havalandırma tankı üzerine fıskırtmak suretiyle köpük teşekkülü ile mücadele edilebilir/1/.

C- Pis kokular ve kontrolü;

Aktif çamur havuzlarında arzu edilmeyen pis kokular iki sebepten çıkabilir. Temizlenecek olan pis suyun içinde mevcut olan maddelerden veya aktif çamur havuzlarının hatalı çalıştırılmasından dolayı etrafa pis kokular yayılır.

Tesise gelen pis suyun sebep olduğu kokulara, bu atık suyu iyi bir ön tasfiyeden geçirmek veya kanal ağında anaerobik ayrışmaya başladığı yeri tesbit ederek ayrışmayı geçiktirecek mikrop öldürücü madde katmak suretiyle çare bulunabilir. Aktif çamur havuzlarından çıkan kokular ise, esas itibariyle aerobik şartların eksik olmasından ileriye gelirler. Bu ünitelere tatbik edilen oksijenin noksan olması, çürüme dolayısıyla kokuların çıkmasına sebep olur. Buna göre ilk şart, bol oksijen temin edecek imkanları hazırlamaktır. Çamur aktifleştirme sisteminde bu bütün havalandırma havuzunun her noktasında artık erimiş oksijen kalacak şekilde havuza hava vermek suretiyle sağlanır.

Çöktürme havuzlarında görülen kokunun sebebidir bekletme süresinin çok fazla olmasıdır. Eğer bu süre çok uzunsa hem havuzun yüzeyinden ve hemde tahliye edilen sularda kokular çıkar. Bunun çareside sistemde fazla çamur birikmesini önlemektir/14/.

D- Nitrifikasyon;

Pis su tasfiyesi sırasında nitrifikasyonun oluşması isteniyorsa aşağıdaki tedbirlerin alınması gerekir.

a PH değeri 7,6-8 arasında olmalıdır.

b Tam nitrifikasyon için, havalandırma tankındaki çözünmüş oksijen konsantrasyonu 2mg/l veya daha fazla olmalıdır/5/.

E- Son Çöktürme Havuzu;

Pis suları iyi bir şekilde temizlemek için, yoğunluğu fazla ve çabuk gökelebilen bir aktifleştirilmiş çamur yumağı elde etmek, operatörün en çok arzu ettiği bir şeydir. Son çöktürme havuzu ve çıkış suyu iyi bir şekilde operatör tarafından gözlenmelidir. Çöktürme havuzunda veya çıkış suyunda bir bozukluk gördüğü zaman sebebini tesbit edip, önlemlerini almalıdır.

Son çöktürmede karşılaşılan problemler genellikle; yumakların parçalanması, katı madde çıkışı, çamur yükselmesi ve çamur kabarmasıdır.

1.Yumakların parçalanması; Zehirli artıklar, havalandırma havuzunun fazla yüklenmesi, türbülans başlıca sebepleri arasında sayılabilir. Oluşan yumaklar parçalanır. Böylece bulanık bir çıkış suyu elde edilir. İyi bir işletme ile kendisini kısa sürede düzeltebilir/14/.

2.Katı madde çıkışı;Atık çamurun sistemde birikmesi sonucu çamur seviyesi su yüzeyine yaklaşır. Bu durumda bir miktar çamur savaktan kaçar. Çıkış suyu fazla miktarda katı madde içerir. İyi düzenlenmemiş savaklar ve dalgıç perdeler, hidrolik yükün fazla olmasıda madde çıkışına sebep olabilir. Geri devir ve atık çamur miktarları düzenlenerek bunun önüne geçilebilir/5/.

3.Çamur yükselmesi; Nitrifikasyon dahil tasfiye yapılıyorsa son göktürme havuzunda problem doğabilir. Son göktürmede çamur miktarı fazla ve yeterli çözünmüş oksijen yoksa denitrifikasyon meydana gelir. Nitratlardan oksijen uzaklaşır. Açığa çıkan azot gazı kendisi ile bereber bir miktar maddeyi de havuzun yüzüne çıkararak yüzdürür. Sistemde anaerobik ayrışma başlama safhasındadır. Bu çamur yükselmesine sebep sayılır. Böyle bir durumda alınacak önlemler;

a)Havalandırma havuzuna dönen çamur miktarını artırmak,

b)Geri devir çamur arttırıldığı halde çamur derinliği azalmıyorsa sisteme alınan su miktarı azaltılmalı,

c)Çökeltme tankında çamur toplayan sistemin daha iyi çalışması sağlanmalı,

d)Çamurun ortamda kalma zamanı azaltılmalı ve daha fazla çamur çekilmelidir//.

4.Çamur kabarması; Çamurun gökelip sıkışamaması durumudur. Sebepleri arasında çok yükleme, yetersiz havalandırma, kötü işletme sayılabilir. Çamurların kabarmasını önlemek ve bunları kontrol etmek için operatör devamlı bir dikkat sarfetmelidir. Çamurlar kabarmaya başlayınca, oksijen ihtiyacını azaltmak için havuza sevk edilen çamur miktarını azaltmak, hava miktarını artırmak ve çamuru taze tutmak, alınması gereken ilk tedbirlerdendir. İkinci tedbirler olarak; pis suları tasfiye tesisinden çıkan temizlenmiş sularla veya nehir sularıyla inceltmek, biyolojik aktiviteyi geciktirmek suretiyle başlangıçtaki yüksek oksijen ihtiyacını azaltmak için çamurları klorlamak.

Hafif ve çok yer işgal eden çamurlar birkaç gün içinde süratle meydana gelebilirler veya çamur yoğunluğunun azalması yavaş bir tempo ile haftalarca sürebilir. Çamurların yoğunluğundaki ani değişimler, tesisin işletilmesi sırasında alınacak tedbirlerle önlemek çok zordur. Çok yer işgal eden hafif çamurların ilk etkisi son göktürme havuzunun

işletilmesi sırasında fark edilir. Çamur hacmi esaslı bir şekilde artabilir ve tasfiye tesisinden çıkan sular fazla miktarda çamur sürükleyip götürebilirler. Son çöktürme havuzlarından çekilecek çamur hacmini artırmak veya havalandırma havuzundaki aktif çamurun miktarını azaltmak alınması gereken başlıca önlemlerdir.

Oparatörün işletme sırasında göz önünde bulunduracağı esas şudur. Aktifleştirilmiş çamur taşıyan bütün ünitelerde, mümkün olan ekstra kapasiteyi daima hazır bulundurmak. Bunun anlamı ise yeterli bir temizleme sağlamak üzere, havalandırma havuzunda minimum miktarda katı madde bulundurmamak ve tesislerin tam kapasitede çalışacak şekilde işletmede tutmaktır/14/.

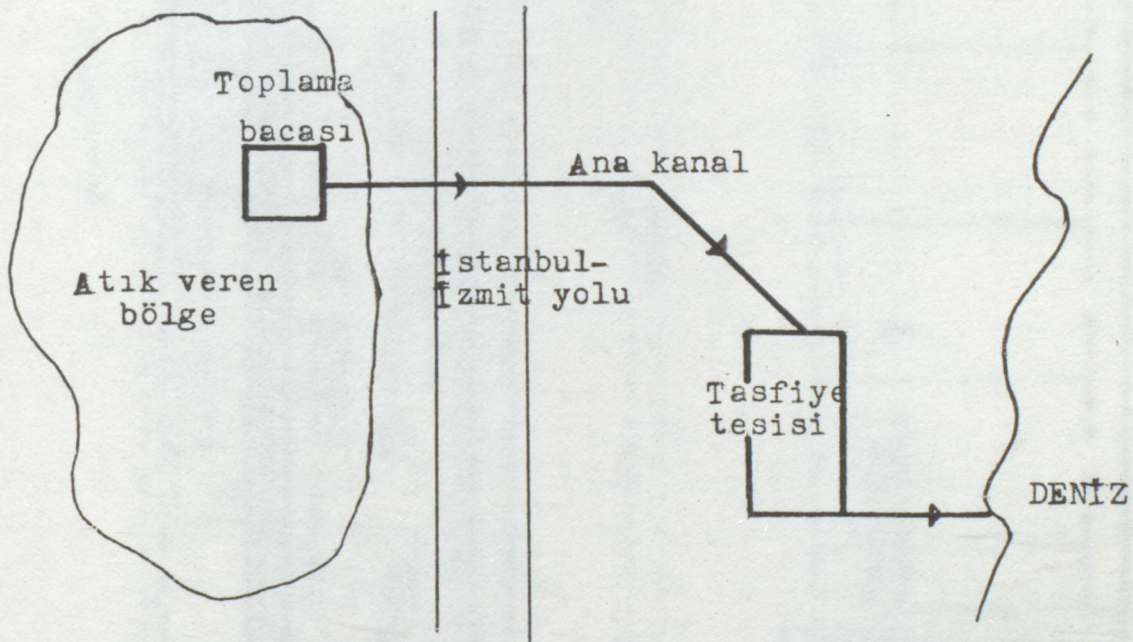
Tesis işletilmesinde dikkat edilmesi gereken bir başka hususta şudur; Özellikle küçük yerlerden gelen kullanılan suların tasfiyesinde ilk çökeltme havuzu yapılmayarak kanal sularının tam karışımli bir havalandırma havuzunda muamele edilmesi çok uygulanan bir işlemdir. Bu tip tasfiye tesislerinde ilk çökeltme havuzunun kullanılmaması ortaya çıkan çamurun karakterini büyük ölçüde değiştirmektedir. Nispeten yüksek katı madde konsantrasyonuna sahip çok yer kaplayan aerobik çamur meydana gelir. Aerob çamurda mutlaka başka bir tankta havalandırılarak uzaklaştırılmalıdır./1/

3. DENEYSSEL ÇALIŞMALAR VE BULGULAR

Tasfiye tesisi, işletme verimlerine etkiyen faktörlerle ilgili deneysel çalışmalar, Anabilim dalımızca 1983 yılında projelendirilen ve Nuh çimento A.Ş. nin evsel kullanılmış sularının arıtılması için kurulmuş olan, (Uzun havalandırmalı sistem) tasfiye tesisinde yapılmıştır. Bu tesisde yapılan ölçüm ve deneylere ait bilgiler ile değerlendirmeleride bu bölümde verilmiştir.

3.1 SİSTEMİN MEKANİZMASI VE TESİS HAKKINDA BİLGİLER

Şekil 3.1 dende görüldüğü gibi tasfiye edilecek tüm sular bir bacada toplanmakta ve buradanda ana kanal vasıtasıyla tesise gelmektedirler.



Şekil 3.1 Nuh çimento yerleşim planı

Bu ana kanal üzerinde kullanılmış sularla gelebilecek göp ve bez gibi maddelerin havalandırma havuzuna girmeden önce tutulması için bir ızgara yapılmıştır. (Şekil 3.2) Elle temizlenen ızgaraların çubuklar arasındaki açıklığıda 25mm civarındadır.

Tesis havalandırma ve göktürme üniteleri olan, uzun havalandırmalı tam karışımli ve sürekli akımlı bir sistemdir. Aktif çamur havuzu dikdörtgen şeklinde dizayn edilmiş olup 2m. eninde, 9m. boyunda ve 3m.yüksekliğindedir. Net hacmi $54m^3$ olan aktif çamur havuzu havalandırma sistemi, giriş by-pass vanası, köpük spreyleri ve çıkış yapısı ile donatılmıştır.Havalandırma sistemi yaklaşık havuz tabanından 20cm yukarı, havuzun uzun kenarı boyunca monte edilmiş difüzörler tarafından sağlanır. Sistem için gereken hava bir kompresörden alınmaktadır. Diğer boyuna doğrultuda ise havuzda etkili olacak köpüklerin söndürülmesi için konan spreylere vardır. Havalandırma havuzundan çıkan sular göktürme havuzuna gelirler.

Göktürme havuzunun dip kısmı kesik piramit şeklinde techiz edilmiştir. Havuzun konik kısmı 1,5m yükseklikte olup, genişliği altta $0,5 \times 0,5m$, üstte $2,5 \times 3m$ dir. Düz kısmı ise 1,45m yüksekliğindedir. Net hacmi $16,15m^3$ tür. Göktürme bölgesinde havalandırma havuzundaki türbülansdan korunmak ve aktif çamur yumaklarının kolaylıkla çökebilmesini sağlamak için girişe bir perde techiz edilmiştir. Sistem ayrıca yağ tutucu, dalgıç perde, geri devir sistemi ve çıkış savağı ile donatılmıştır.

Yağ tutucu olarak çıkış savağının önünde bir oluk yapılmıştır. Burada toplanan yağlar ayrı bir çukura alınır. Çıkış yapısının hemen önünde yağ ve gres gibi yüzücü maddelerin dışarı kaçmasını önlemek için genişliği fazla olmayan birde dalgıç perde vardır. Çıkış yapısı olarak savakla techiz edilmiş dairesel bir borudan faydalanılmıştır.

Son göktürmede biriktirilen çamur bir mamut pompa (airpump) ile havalandırma havuzuna devrettirilir. Mamut tulumlarının inşa ve işletme tarzı oldukça basittir. İşleyiş şekli ise; kompresörden sevk edilen havanın su ile karışıp, özgül ağırlığını azaltması ve dış su basıncı etkisiyle suyun basma borusunda yükselmesi şeklindedir. Tıkanmalara karşı hassas değildirler. Ayrıca geri devir borusuna, hattın

boşalması ile boruya girecek havanın dışarı atılması için, en yüksek noktada bir hava boşaltım vanası konulmuştur.

Son göktürmeden alınan çamurun tam stabilizasyonu için havalandırıcılarla techiz edilmiş ayrı bir aerob çamur havuzuda vardır.

1.2.2-Havalandırma havuzunun hacmi, $Q = 1,5 \text{ m}^3/\text{gün}$ olarak alınmıştır. Bu hacim, $Q = 1,5 \text{ m}^3/\text{gün}$ olarak alınmıştır.

1.2.3-Havalandırma havuzunun hacmi, $Q = 1,5 \text{ m}^3/\text{gün}$ olarak alınmıştır.

1.2.4-Havalandırma havuzunun hacmi, $Q = 1,5 \text{ m}^3/\text{gün}$ olarak alınmıştır. Bu hacim, $Q = 1,5 \text{ m}^3/\text{gün}$ olarak alınmıştır. Ayrıca, $Q = 1,5 \text{ m}^3/\text{gün}$ olarak alınmıştır. Ayrıca, $Q = 1,5 \text{ m}^3/\text{gün}$ olarak alınmıştır.

1.2.5-Çamur miktarının hesabı,

Çamur miktarının hesabı, $Q = 1,5 \text{ m}^3/\text{gün}$ olarak alınmıştır. Bu hacim, $Q = 1,5 \text{ m}^3/\text{gün}$ olarak alınmıştır.

1.2.6-Çamur miktarının hesabı,

Çamur miktarının hesabı, $Q = 1,5 \text{ m}^3/\text{gün}$ olarak alınmıştır. Bu hacim, $Q = 1,5 \text{ m}^3/\text{gün}$ olarak alınmıştır. Ayrıca, $Q = 1,5 \text{ m}^3/\text{gün}$ olarak alınmıştır.

1.2.7-Çamur miktarının hesabı,

Çamur miktarının hesabı, $Q = 1,5 \text{ m}^3/\text{gün}$ olarak alınmıştır. Bu hacim, $Q = 1,5 \text{ m}^3/\text{gün}$ olarak alınmıştır.

1.2.8-Çamur miktarının hesabı, $Q = 1,5 \text{ m}^3/\text{gün}$ olarak alınmıştır.

1.2.9-Çamur miktarının hesabı, $Q = 1,5 \text{ m}^3/\text{gün}$ olarak alınmıştır.

1.2.10-Çamur miktarının hesabı, $Q = 1,5 \text{ m}^3/\text{gün}$ olarak alınmıştır. Bu hacim, $Q = 1,5 \text{ m}^3/\text{gün}$ olarak alınmıştır.

3.2 PROJELENDİRME PARAMETRELERİ

3.2.1-Hesap debisi,

Tesise gelecek pissu miktarının hesabında esas olacak nüfus 350 kişi olarak alınmıştır. Kişi başına ortalama su sarfiyatıda 150l/N.G alınarak $Q:52,5m^3/gün$ bulunmuştur. Ancak projelendirmede hesaplar maksimum sarfiyatın yapıldığı gündeki debiye göre yapıldığı için $Q_g:1,5Q:1,5 \times 52,5:78,75 m^3/gün$ olarak alınmıştır.

3.2.2-Havalandırma havuzu,

Havalandırma havuzunda hidrolik bekleme süresi olarak 24 saat alınmıştır. Buna görede havuz hacmi $V:78,7 m^3$ bulunmuştur. Ayrıca askıdaki madde konsantrasyonuda $X:TS_R:4kg MLSS/m^3$, kişi başına verilen $BOI_5:60gr BOI_5/N.gün$ alınmış ve çamur yüküde $B_{ts}:R_s:L_s:\frac{F}{M}:0,065kgBOI_5/kgMLSS$ olarak hesaplanmıştır.

3.2.3-Çamur miktarının hesabı,

Verim'in %93-98 arasında, çamurun katı madde yüzdesi %4 kabul edilerek fazla çamur miktarı $0,32m^3/gün$ bulunmuştur.

3.2.4- O_2 ihtiyacı,

Hava ihtiyacının hesabında bir kgBOI gidermek için gerekli O_2 miktarı $0,5kg O_2/kg BOI$, kişi başına verilen günlük azot miktarı $15gAzot/kişi.gün.$ solunum hızı katsayısı 0,13 , atık su sıcaklığı $12^\circ C$ ve havuzda çözülmüş oksijen konsantrasyonu $1,5 g/m^3$ alınarak gerekli oksijen ihtiyacı $3,9kg O_2/saat$ bulunmuştur. Yine difüzörlerin $lm.si$ başına verilecek hava miktarı $15m^3$ hava/saat/m. kabul edilerek toplam difüzör uzunluğu 12m. ve gerekli havayı sağlayacak kompresörün gücünde 4,5 KW. olarak hesaplanmıştır.

3.2.5-Çöktürme havuzu,

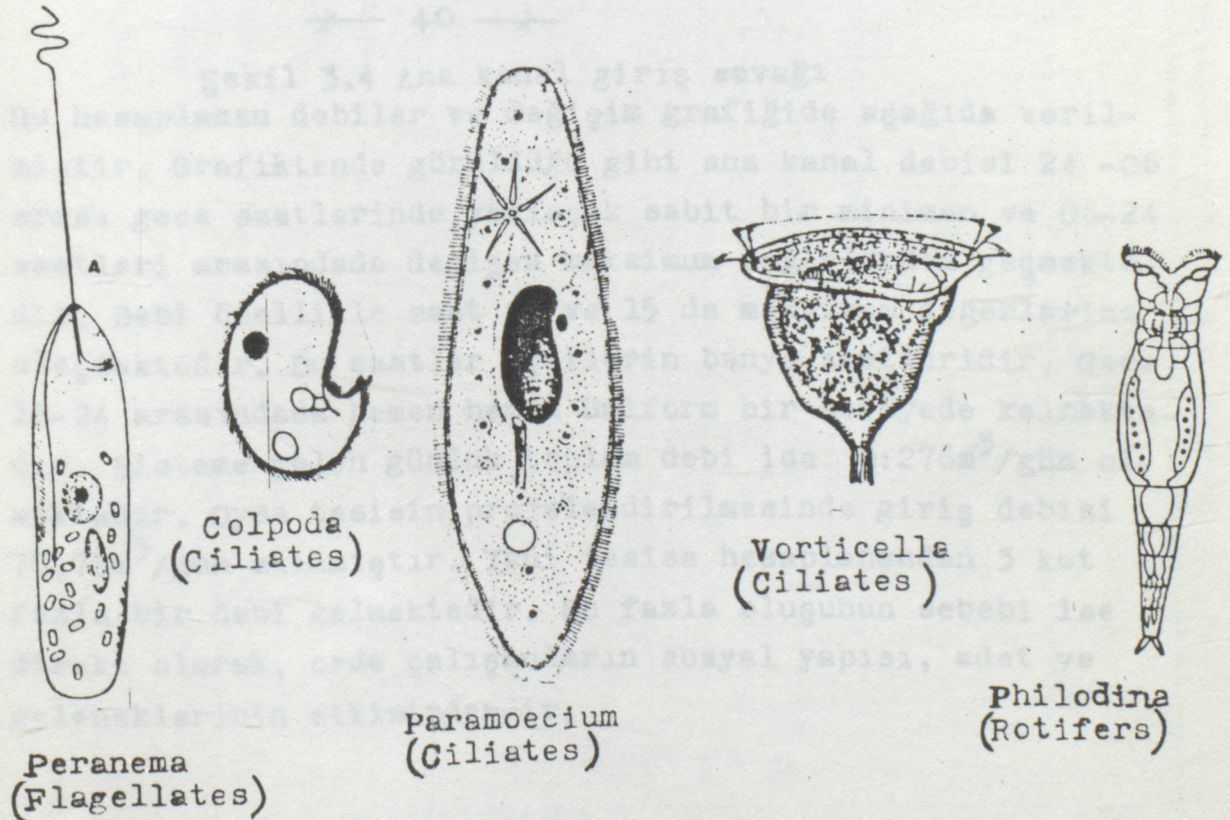
Yüzey yükü $0,5m/saat.$ bekleme süreside 4saat kabul edilerek havuz hacmi $13,lm^3$ bulunmuştur.

Ayrıca spesifik besin kullanma hızı $0,025 (mg/l)^{-1} (gün)^{-1}$, verim katsayısı 0,50 , çamur yaşı 20 gün ve içsel azalma hızı $0,13 (gün)^{-1}$, çıkış süspansiyon madde konsantrasyonuda $30mg/l$ kabul edilerek verim %91 olarak hesaplanmıştır/16/.

3.3 YAPILAN ÇALIŞMALAR

3.3.1-Materyal ve metod,

Tesisimizde mikroorganizmaların uyumlu bir şekilde gelişmesini ve tesisin stabil hale getirilerek, işletme şartlarının incelenmesini sağlamak için sistem 25-40 gün arasında değişken debilerde $Q: 1,2,3l/sn.$ de çalıştırarak numuneler alınmış ve analizleri yapılmıştır. Debi değişimi girişteki by-pass vana yardımıyla ayarlanmıştır. Geri devir debisi ise $Q_r:0,60 l/sn.$ de sabit tutulmuştur. Aktif çamur tankında bulunan karışım PH^s kontrol edilmiş ve 7 civarında kaldığı görülmüştür. Çamur hacim indeksi 50-70ml/gr civarında tutulmuş ve çamur kabarmasına neden olmak için çözülmüş oksijen değerinin minimum 0,5mg/l olmasına çalışılmıştır. Ortalama sıcaklık ise $15^{\circ}c$ dir. Bu çalışmalar sırasında aktif çamurun mikroskopik incelenmesinde ciliate türü protozoaların geliştiği gözlenmiştir. MLSS ve MLVSS tayinlerindedede bu değerlerin zamana bağlı olarak arttığı görülmüştür.



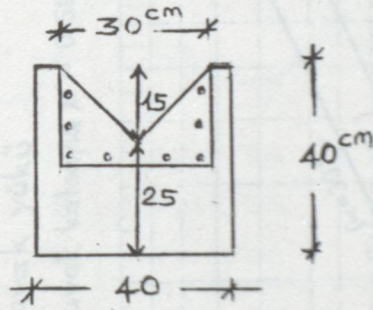
-Aktif çamur havuzunda gözlenen mikroorganizmalar

Yaptığımız çalışmalar boyunca tesisimiz çeşitli çamur konsantrasyonlarında çalıştırılarak en etkili çamur konsantrasyonu, çamur yükü, çamur yağı, oksijen seviyesi tecrübelerle tesbit edilmiştir. Ayrıca evsel kökenli kullanılmış sular içinde kinetik katsayı ve sabiteleride bulunmuştur.

3.3.2-Laboratuvar ve arazi ölçümleri,

A)Kullanılmış su debisi;

Günlük debi salınımlarını takip etmek için, ana kanal üzerine üçgen bir savak yerleştirilmiştir.Bu savakta bir gün süreyle her iki saatte bir (h) nap yükseklikleri tesbit edilmiş ve bunlara bağlı olarak grafik 3.1 dende ($\alpha:45^\circ$ için) debi değerleri bulunmuştur.



Şekil 3.4 Ana kanal giriş savaklığı

Bu hesaplanan debiler ve değişim grafiğide aşağıda verilmiştir. Grafiktende görüldüğü gibi ana kanal debisi 24 -06 arası gece saatlerinde yaklaşık sabit bir minimum ve 06-24 saatleri arasındada değişen maksimum değerlerden geçmektedir. Debi özellikle saat 07 ve 15 de maksimum değerlerine ulaşmaktadır. Bu saatler işçilerin banyo saatleridir. Gece 16-24 arasındada hemen hemen üniform bir seviyede kalmaktadır. Sisteme gelen günlük toplam debi ise $Q:276m^3/gün$ olmaktadır. Oysa tesisin projelendirilmesinde giriş debisi $78,75m^3/gün$ alınmıştır. Yani tesise hesaplanandan 3 kat fazla bir debi gelmektedir. Bu fazla oluşunun sebebi ise direkt olarak, orda çalışanların sosyal yapısı, adet ve geleneklerinin etkisindedir.



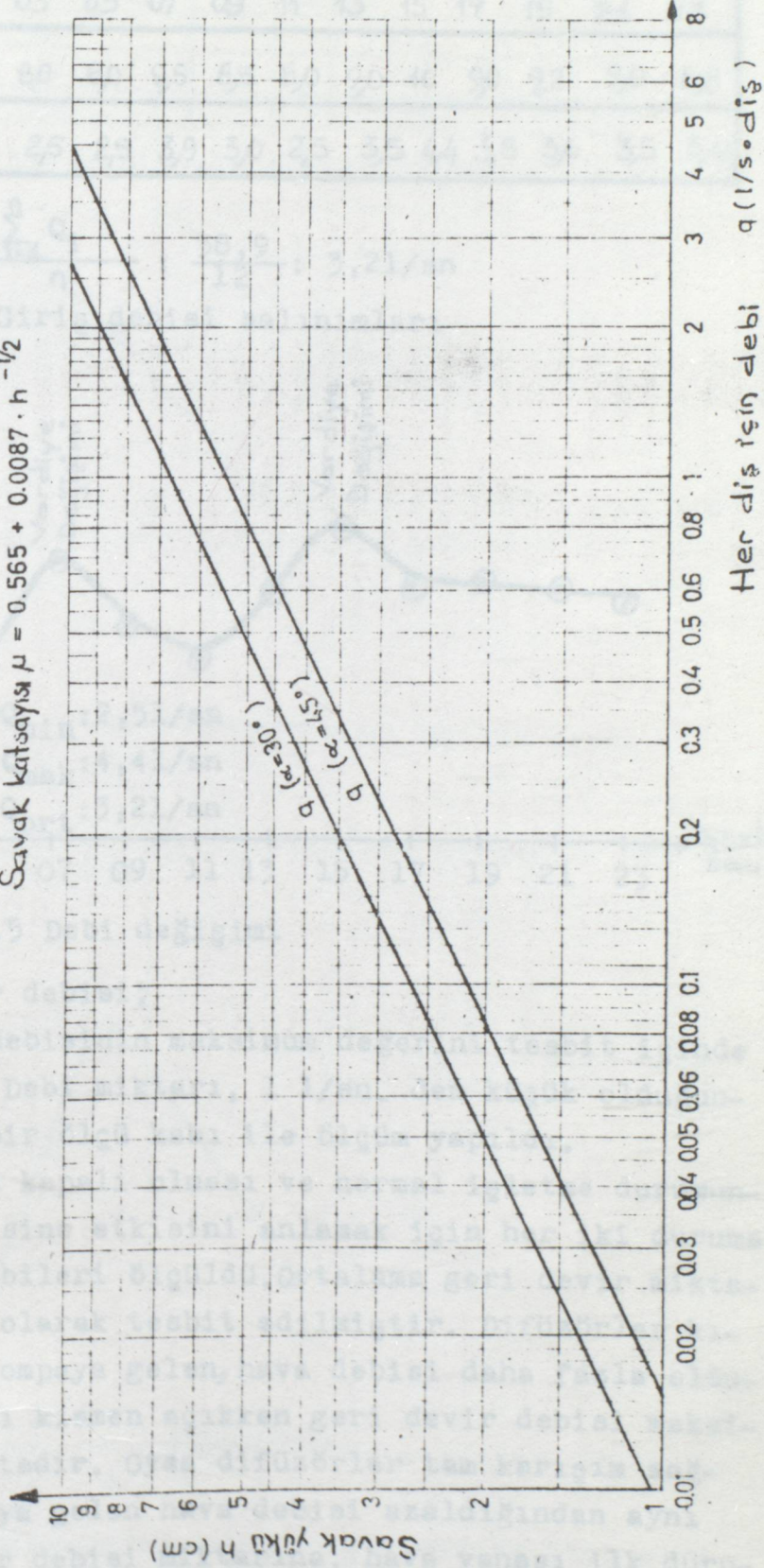
Debi $Q = q \cdot \frac{l_w}{a} = \frac{8}{15} \mu \cdot \text{tg} \alpha \cdot \sqrt{2g} \cdot h^{5/2} \cdot \frac{l_w}{a} \quad [\text{m}^3/\text{s}]$

Özgül Debi $q = \frac{8}{15} \mu \cdot \text{tg} \alpha \cdot \sqrt{2g} \cdot h^{5/2} \quad [\text{m}^3/\text{s} \cdot \text{dış}]$

Savak uzunluğu $l_w \quad [\text{m}]$

Savak yükü $h \quad [\text{m}]$

Savak katsayısı $\mu = 0.565 + 0.0087 \cdot h^{-1/2}$

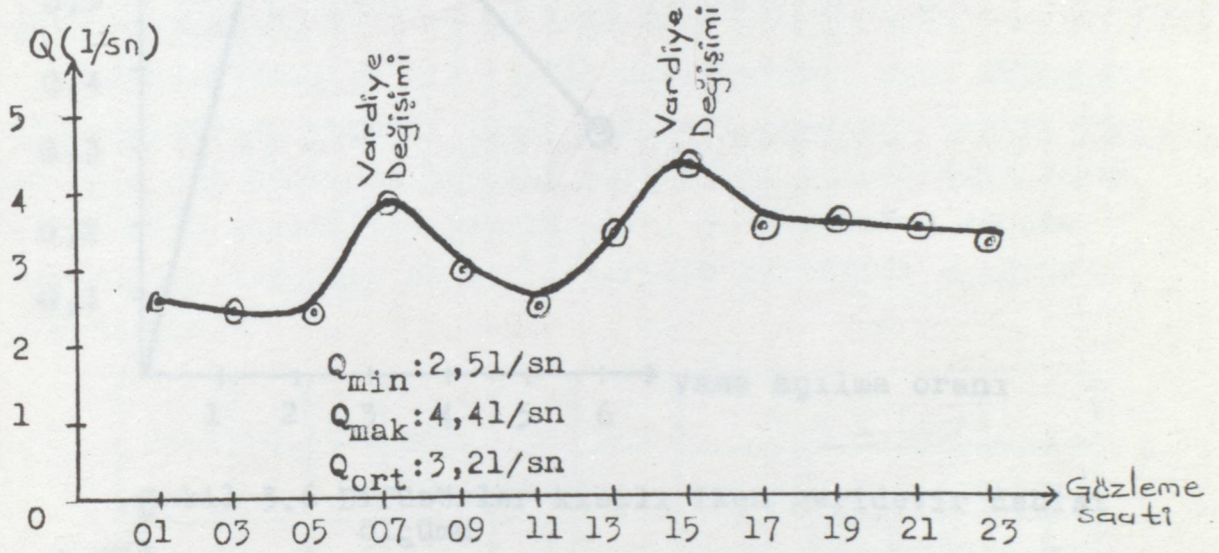


Grifik 3.1 Dişli savaklarda savak yükü ve debi arasındaki bağıntı /17/

Saat	01	03	05	07	09	11	13	15	17	19	21	23
Savak yüksekliği h (cm)	8,2	8,0	8,0	9,5	8,5	8,0	9,0	10	9,0	9,2	9,0	8,8
Giriş debisi Q (l/sn)	2,6	2,5	2,5	3,9	3,0	2,5	3,5	4,4	3,5	3,6	3,5	3,4

$$Q_{\text{ort}} = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i}{n} = \frac{38,9}{12} = 3,21/\text{sn}$$

Tablo 3.1 Giriş debisi salınımları



Şekil 3.5 Debi değişimi

B) Geri devir debisi;

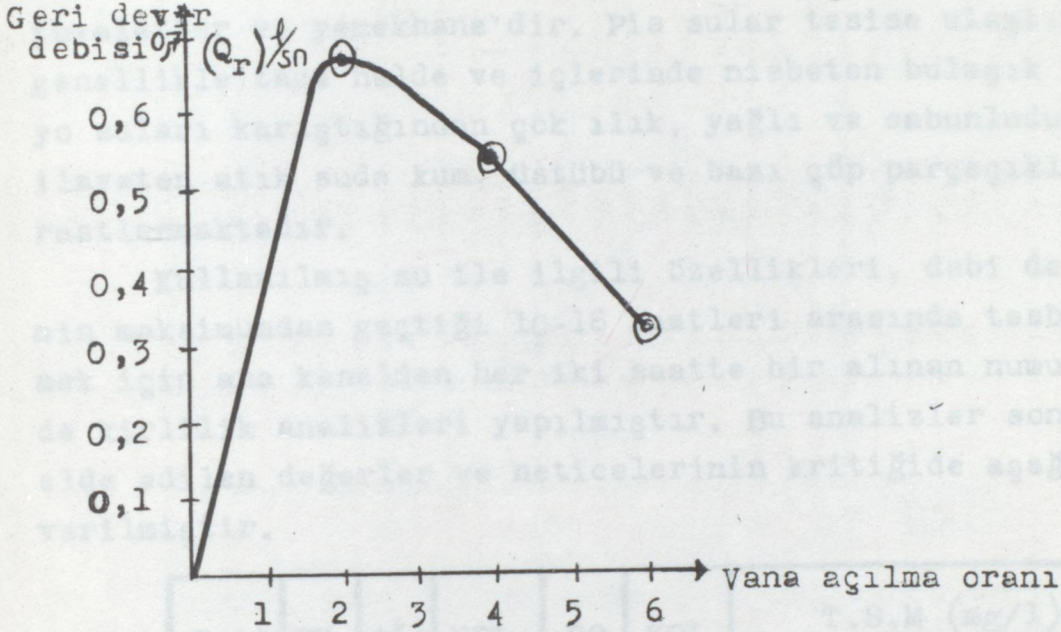
Geri devir debisinin maksimum değerini tesbit için ölçümler yapıldı. Debi miktarı, 1 l/sn. den küçük olduğundan, hacmi sabit bir ölçü kabı ile ölçüm yapıldı.

Difüzörlerin kapalı olması ve normal işletme durumunda geri devir debisine etkisini anlamak için her iki duruma göre geri devir debileri ölçüldü. Ortalama geri devir miktarı $Q_{\text{Rmax}}: 0,60$ l/sn. olarak tesbit edilmiştir. Difüzörler kısılı iken, mamut pompaya gelen, hava debisi daha fazla olduğundan, hava vanası kısmen açıkken geri devir debisi maksimum değere ulaşmaktadır. Oysa difüzörler tam karışım sağlar iken ise pompaya gelen hava debisi azaldığından aynı maksimum geri devir debisi miktarına, hava vanası ilk durumunun iki katı kadar açılarak ulaşılmaktadır.

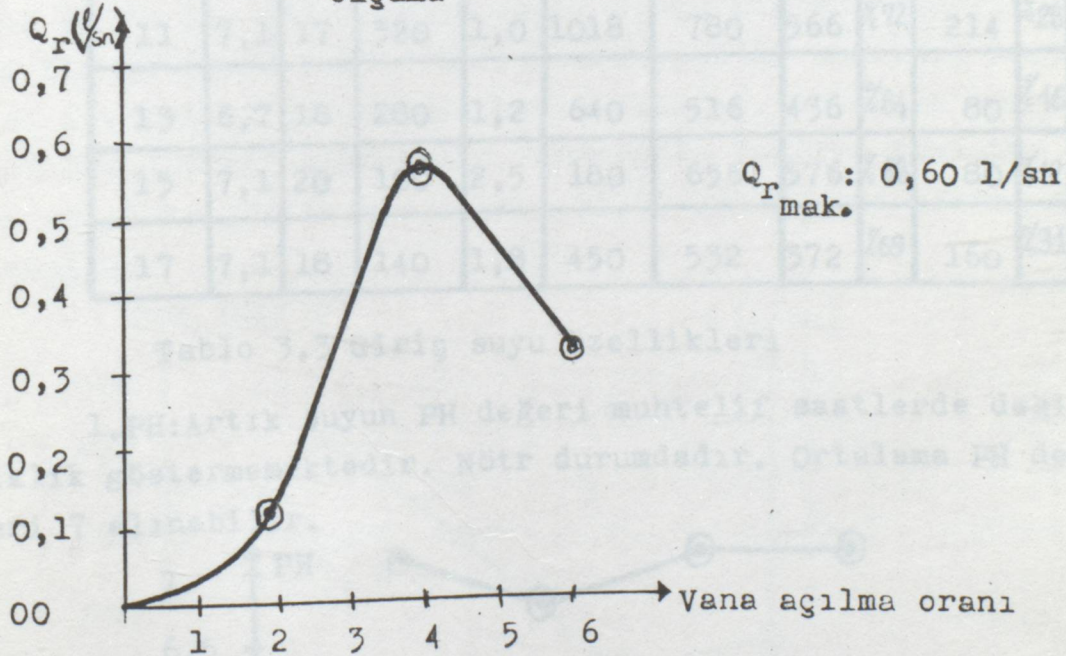
P: 5kg/cm²

Vana açılma oranı	1.durum	2.durum
2 cm	0,67 l/sn	0,121/sn
4 cm	0,54 l/sn	0,561/sn
6 cm	0,32 l/sn	0,321/sn

Tablo 3.2 Geridevir debisi ölçümü



Şekil 3.6 Difüzörler kısılı iken geridevir debisi ölçümü



Şekil 3.7 Difüzörler tam karışım sağlar iken geri devir debisi ölçümü

C) Kullanılmış su özellikleri;

İyi bir işletme için, tasfiye tesisinde temizlenecek olan atıkların özelliklerini bilmemiz gerekir.

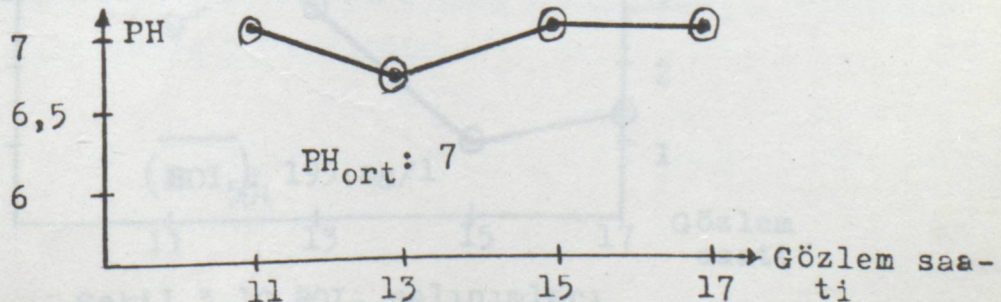
Tasfiye tesisine atık su veren nüfus yaklaşık olarak 500 kişidir. Buraya verilen atık suların kaynakları; banyolar, tuvaletler ve yemekhane'dir. Pis sular tesise ulaştıklarında genellikle taze halde ve içlerinde nisbeten bulaşık ve banyo suları karıştığından çok ılık, yağlı ve sabunludur. Buna ilaveten atık suda kum, üstübu ve bazı çöp parçacıklarınada rastlanmaktadır.

Kullanılmış su ile ilgili özellikleri, debi değişiminin maksimumdan geçtiği 10-18 saatleri arasında tesbit etmek için ana kanaldan her iki saatte bir alınan numunelerde kirlilik analizleri yapılmıştır. Bu analizler sonucu elde edilen değerler ve neticelerinin kritiğide aşağıda verilmiştir.

Saat	PH	t°c	BOI ₅ (mg/l)	ÇÖ (mg/l)	KOI (mg/l)	T.S.M (mg/l)				
						Toplam	Uçuğu	sabit		
11	7,1	17	320	1,0	1018	780	566	%72	214	%28
13	6,7	18	280	1,2	640	516	436	%84	80	%16
15	7,1	20	100	2,5	180	656	576	%88	80	%12
17	7,1	18	140	1,8	450	532	372	%69	160	%31

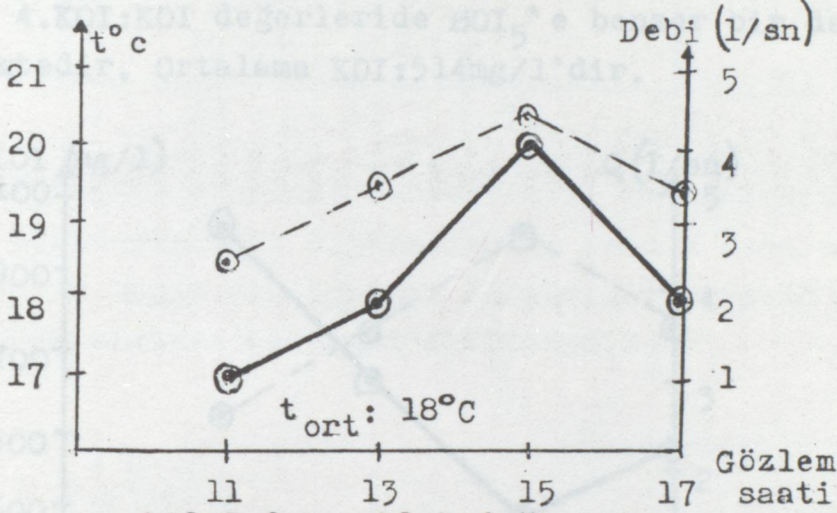
Tablo 3.3 Giriş suyu özellikleri

1.PH:Artık suyun PH değeri muhtelif saatlerde değişiklik göstermemektedir. Nötr durumdadır. Ortalama PH değeri 7 alınabilir.



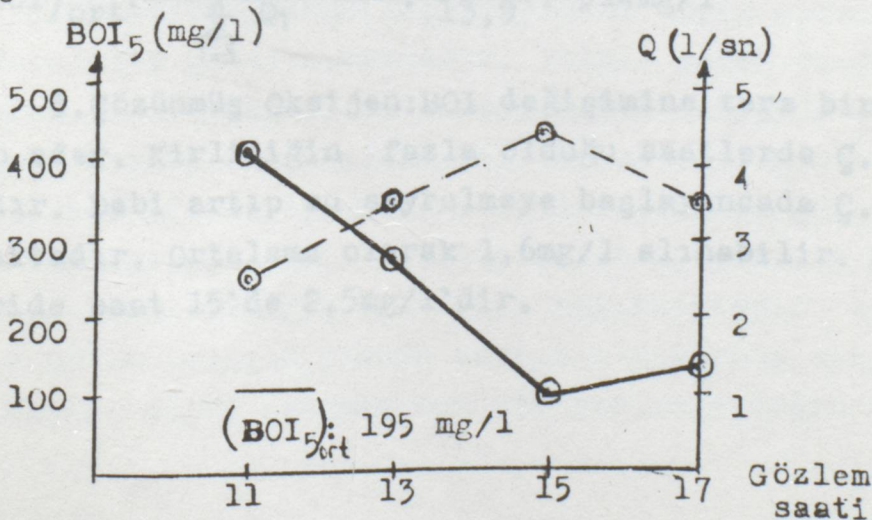
Şekil 3.8 PH salınımları

2.Sıcaklık:Yapılan ölçümlerde sıcaklık değeri büyük bir farklılık göstermemesine rağmen saat 15`de banyo saatinin oluşu nedeniyle maksimum bir değere ulaşmaktadır. Genelde sıcaklığın artması ile debinin artması bir paralellik göstermektedir. Buda çoğunlukla kullanım suyu olarak, sıcak su kullanılmamasındandır.



Şekil 3.9 Sıcaklık değişimi

3.BOI₅:Saat 11`den sonra debi değerinin artmasından dolayı BOI₅ değeri azalmaya başlamaktadır. Buda debinin artması ile suyun kirlilik değerini seyreltmesinden dolayıdır. Saat 15`de ise genel banyo saati oluşu ile BOI değeri minimum bir seviyeye inmektedir. Sonra yeni iş saatinin başlaması ile tekrar yükselmeye başlamaktadır. Ortalama BOI₅ değeri ise 195mg/l alınabilir. Buna göre tasfiye tesisine gelen ortalama günlük kirlilikte 53,82 kgBOI₅/gün olarak bulunmuştur.

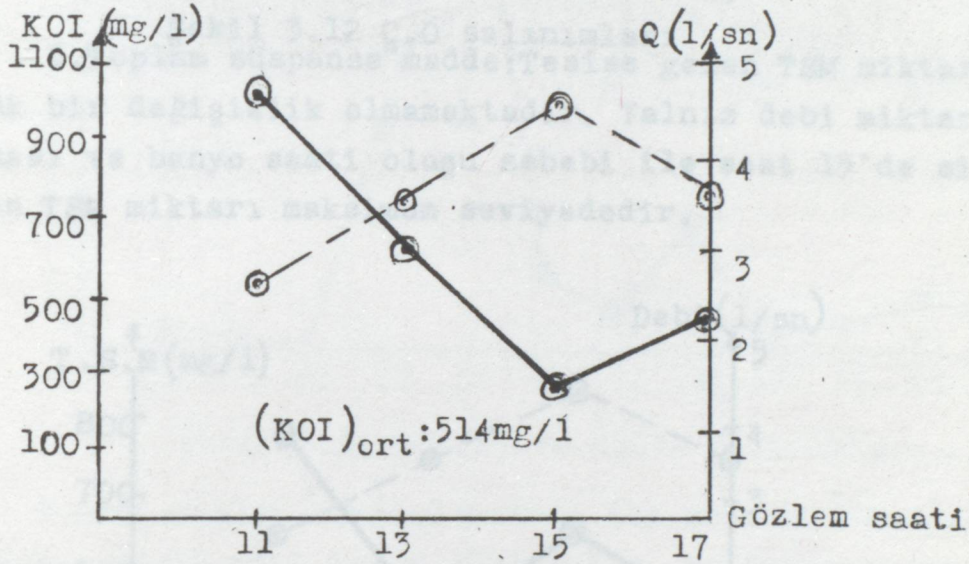


Şekil 3.10 BOI₅ salınımları

$$(\text{BOI}_5)_{\text{ort}}: \frac{840}{4} : 210\text{mg/l}$$

$$\overline{(\text{BOI}_5)_{\text{ort}}}: \frac{\sum_{i=1}^n (\text{BOI}_5)_i \times Q_i}{\sum_{i=1}^n Q_i} : 195\text{mg/l}$$

4.KOI:KOI değerleride BOI_5 'e benzer bir değişim göstermektedir. Ortalama KOI:514mg/l'dir.

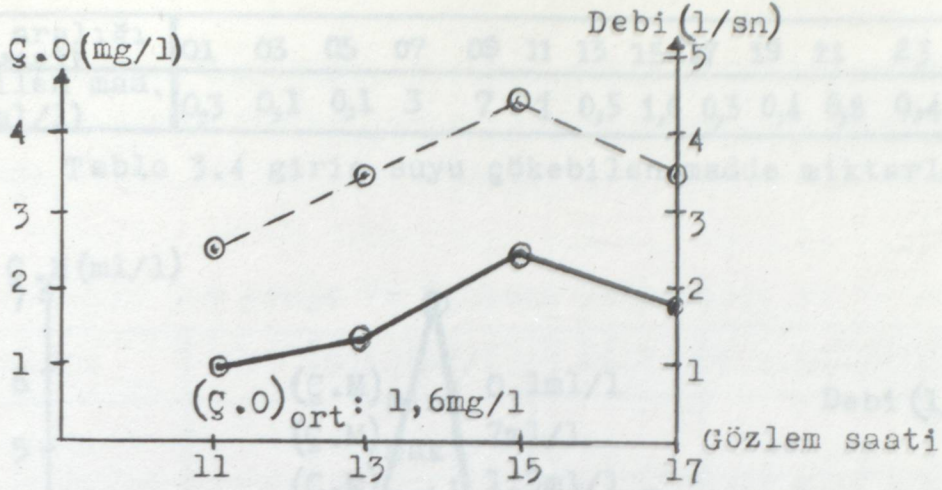


Şekil 3.11 KOI değişimi

$$(\text{KOI})_{\text{ort}}: \frac{2288}{4} : 572\text{mg/l}$$

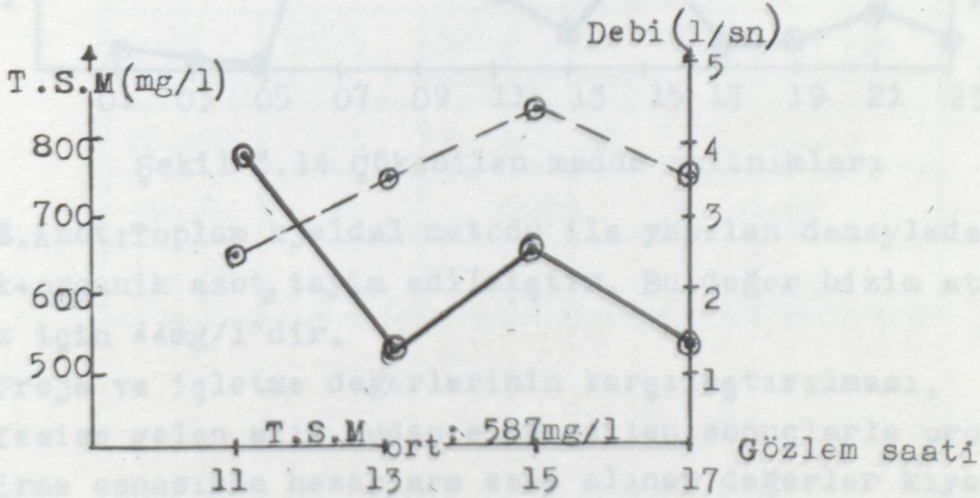
$$\overline{(\text{KOI})_{\text{ort}}}: \frac{\sum_{i=1}^n (\text{KOI})_i \times Q_i}{\sum_{i=1}^n Q_i} : \frac{7152}{13,9} : 514\text{mg/l}$$

5.Çözünmüş Oksijen:BOI değişimine ters bir salınım takip eder. Kirliliğin fazla olduğu saatlerde Ç.O. değeri ufaktır. Debi artıp su seyrelmeye başlayıncada Ç.O. değeri artmaktadır. Ortalama olarak 1,6mg/l alınabilir. Maksimum değeri de saat 15'de 2,5mg/l'dir.



Şekil 3.12 Ç.O salınımları

6. Toplam süspansiyon madde: Tesise gelen TSM miktarında büyük bir değişiklik olmamaktadır. Yalnız debi miktarının artması ve banyo saati oluşu sebebi ile saat 15'de sisteme gelen TSM miktarı maksimum seviyededir.

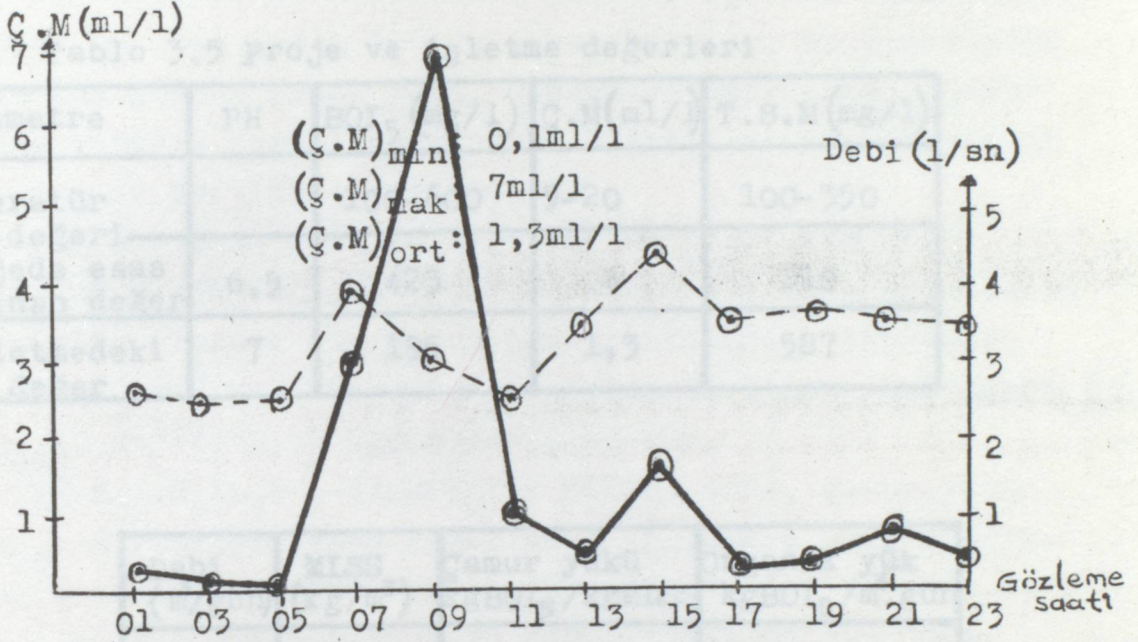


Şekil 3.13 T.S.M salınımları

7. Çökebilen madde (Hacimce): Saat 16-06 arasında büyük bir farklılık göstermemektedir. Yalnız sabah saatlerinden itibaren saat 06-16 arası maksimum bir seviyede kalmaktadır. Maksimum değere ulaşmasının başlıca sebebi, gece debinin azalması ile pis suyla gelen maddeler kanalda çökelmektedir. Sabah saatlerinde debinin artması ile bu çökelen maddeler tesise gelmekte ve Ç.M. miktarını artırmaktadır. Ayrıca bu artışa 09'un bulaşık yıkama zamanı oluşununda etkisi vardır. Akşama doğru ise minimum bir seviyeye doğru inmektedir.

Ölçüm aralığı (saat)	01	03	05	07	09	11	13	15	17	19	21	23
Gökebilin mad. Ç.M (ml/l)	0,3	0,1	0,1	3	7	1	0,5	1,6	0,3	0,4	0,8	0,4

Tablo 3.4 giriş suyu gökebilin madde miktarları



Şekil 3.14 Gökebilin madde salınımları

8.Azot:Toplam kjeldal metodu ile yapılan deneyde amonyak+organik azot, tayin edilmiştir. Bu değer bizim atık suyumuz için 44mg/l'dir.

3.3.3-Proje ve işletme değerlerinin karşılaştırılması,

Tesise gelen atık sudan elde edilen sonuçlarla projelendirme esnasında hesaplara esas alınan değerler kıyaslanırsa; sisteme birim hacimde gelen kirlilik konsantrasyonu projelendirme değerinden ufaktır. Fakat gelen atıklarda katı madde konsantrasyonu ise daha fazladır. Kirlilik konsantrasyonunun ufak oluşunun sebebi, sisteme gelen atık su miktarının fazla olmasındandır. Yani konsantrasyon daha seyreltik olmaktadır. Katı madde miktarının fazla oluşuda banyo ve yemekhanenin normalden fazla atığından ve fabrika fırını için sahil tesislerinde gemilerden nakledilen kömür tozundandır. Ayrıca debi değerinin fazla oluşuda bundan önceki bölümde anlatıldığı gibi, direkt orada yaşayanların sosyal yapısındanadır. Organik yükünde bü-

yük oluş sebebi ise günde sisteme giren BOI_5 değerinin fazla olduğundanır. Sistem çamur konsantrasyonu ve yükü bakımında kabul edilebilir değerler arasındadır.

Tablo 3.5 Proje ve işletme değerleri

Parametre	PH	BOI_5 (mg/l)	Ç.M (ml/l)	T.S.M (mg/l)
Literatür değeri		100-600	5-20	100-350
Projede esas alınan değer	6,5	423	6	210
İşletmedeki değer	7	195	1,3	587

Debi ($m^3/gün$)	MLSS (kg/m^3)	Çamur yükü $kgBOI_5/kgMLSS$	Organik yük $kgBOI_5/m^3.gün$
40-150	3-6	0,05-0,20	0,1-0,4
78,75	4	0,065	0,42
276	2,5-4,5	0,25	1,00

3.4 DENEY NETİCELERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Tesisimiz için değişik durumlardaki çamur konsantrasyonu, BOI_5 değeri ve çökebilen madde değerleri tesbit edilmiş ve bu değerlerden hesaplanan çeşitli işletme parametreleri özet halinde tablo 3.6'da çıkarılmıştır. Bu değerlerin sonuçlarına göre de çamur yaşı, çamur konsantrasyonu, çamur yükü ile tasfiye verimi arasındaki bağıntılar grafik olarak çıkarılmış ve kritiğide verilmiştir.

Tablo 3.6'da verilen değerler ve hesap yöntemi;

(1) $B_R:R_b$ ($kg BOI_5/m^3.gün$), Organik yük olup B_R : tesise gelen günlük organik yük/Havuz hacmi, şeklinde hesaplanır. Havuz hacmi $54m^3$ ve günde sisteme gelen kirlilik $16,85kgBOI_5/gün$ olup $B_R:16,85/54: 0,32 kgBOI_5/m^3.gün$. dür.

(2) $B_{TS}:R_s:L_s:\frac{F}{M}$ ($kgBOI_5/kg MLVSS.gün$), Çamur yükü olup $B_{TS}: S_0/t.x$, şeklinde hesaplanır. S_0 ; giriş BOI_5 konsantrasyonu, t:havalandırma süresi, x:çamur konsantrasyonu olup $B_{TS}: 0,195/ 0,625.0,9: 0,35 kgBOI_5/kgMLVSS.gün$ 'dür.

(3) t(saatt), havalandırma süresi olup havuz hacmi $54m^3$ ve giren su debisinde $86,4m^3/gün$ olduğundan $t:\frac{V}{Q}:\frac{54}{86,4}: 0,625gün:15saat$ 'dır.

(4) $q_R:R_h:\frac{Q}{V}$ ($1/gün$), hidrolik yük olup $1/t$ 'ye eşittir. Yani $q_R: 1/0,625:1,6 gün^{-1}$ dir.

(5) MLVSS(mg/l), Aktif çamur havuzundaki uçucu süspanse madde miktarıdır.

(6) Ç.O.(mg/l), Aktif çamur havuzundaki çözünmüş oksijen değeridir.

(7) Q_T/Q geri devir oranı olup, $Q_T:0,60l/sn.$ ve $Q:1 l/sn$ için $Q_T/Q: 0,60/1: 0,60$ dir.

(8) $I_v:SVI(ml/gr)$, Çamur hacim indeksi olup, $I_v: ml. çökemiş çamur /mg/l.MLSS \times 1000$ dir.

$$I_v:\frac{78(ml/l)}{2228(mg/l)} \times 1000: 35 ml/gr \text{ olur.}$$

(9) Q_c (gün), Çamur yaşı olup

Q_c :Sistemdeki katı madde/sistemi bir günde terkeden katı mad. olup, bu tanımlamaya göre $Q_c:\frac{0,904 \times 54}{86,4 \times 0,034}: 16,7 gün$ 'dür.

(10) çamur fazlası miktarı olup, grafik 2 yardımıyla hesaplanacaktır.

$$\frac{F}{M} : \frac{S_0}{t \cdot x} : \frac{0,195}{0,625 \cdot 2,23} : 0,14 \xrightarrow{\text{grafikten}} 0,75 \text{ kgkuru katı madde/kg BOI}$$

verimde 0,92 olduğuna göre,

çamur miktarı: $0,75 \times 0,92 \times 16,85 : 11,63$ kgkuru katı/ gün
atık çamur hacmi ise: $11,63 / 7,275 : 1,60$ m³/gün'dür.

(11) v_{S_0} (m³/m².gün), son göktürmede yüzeysel hidrolik yük olup, $v_{S_0} : \frac{Q}{A}$ dan hesaplanır. Burada (A) son göktürme yüzey alanıdır.

$$v_{S_0} : \frac{86,4}{3 \times 2,5} : 11,52 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{gün} \text{ 'dür.}$$

(12) t (saat) ,son göktürme bekleme zamanı olup,
 $t : \frac{V}{Q} : \frac{16,15}{86,4} : 0,19$ gün: 4,50 saat'dir.

(13) η , verim olup $\eta : 1 - \frac{S_0}{S}$ şeklindedir. S_0 : giriş BOI₅,
S: çıkış BOI₅ değeridir. $\eta : 1 - \frac{16}{195} : 0,92$ dir.

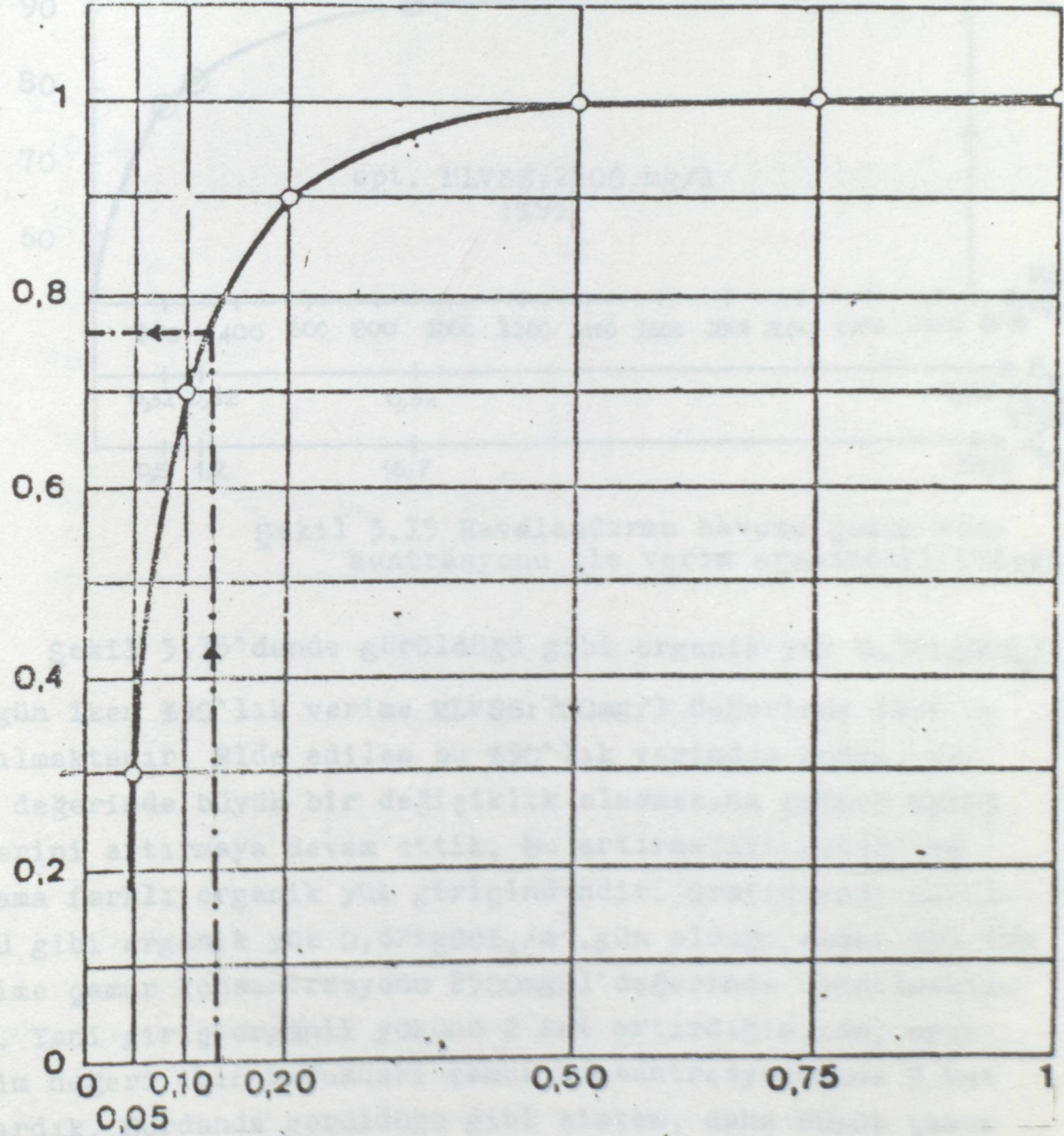
Parametreler	Q = 1 l/sn		Q = 2 l/sn	Q = 3 l/sn
(1) B_R (kg BOI ₅ /m ³ .gün)	0,32	0,32	0,32	0,94
(2) B_{TS} (kg BOI ₅ /kg MLVSS _{gün})	1,56	1,20	0,35	0,46
(3) t (saat)	15	15	15	5
(4) q_R (l/gün)	1,6	1,6	1,6	4,8
(5) MLVSS (mg/l)	200	260	904	2040
(6) Ç.O. (mg/l)	-	-	3,0	9,3-0,4
(7) Q_r/Q	0,60	0,60	0,60	0,22
(8) I_v (ml/gr)	-	-	35	81
(9) Q_c (gün)	0,50	1,20	16,7	3,9
(10) Atık çamur (m ³ /gün)	-	-	1,60	1,4
(11) V_s (m ³ /m ² .gün)	11,5	11,5	11,5	3,5
(12) t (saat)	4,5	4,5	4,5	1,5
(13) η (%)	79	82	92	61

Tablo 3.6 Çeşitli işletme parametreleri

(a) Verim-gamur konsantrasyonu-gamur yığı ilişkisi

(b) Verim

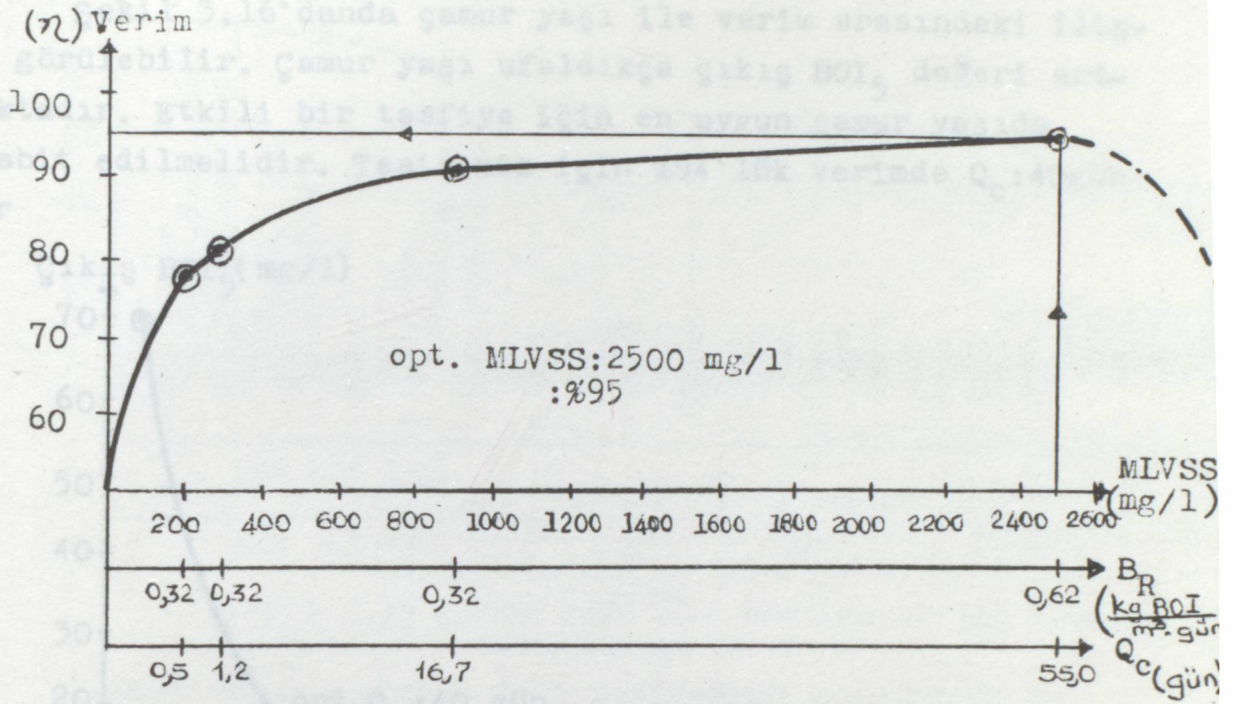
↑ Çamur üretimi; kg kuru katı madde/kg BOI



→ Çamur yükü; kg BOI/kg MLSS-gün

Grafik 3.2 Aktif çamur sistemlerinde çamur üretimi /18/

a) Verim-çamur konsantrasyonu-çamur yaşı ilişkisi



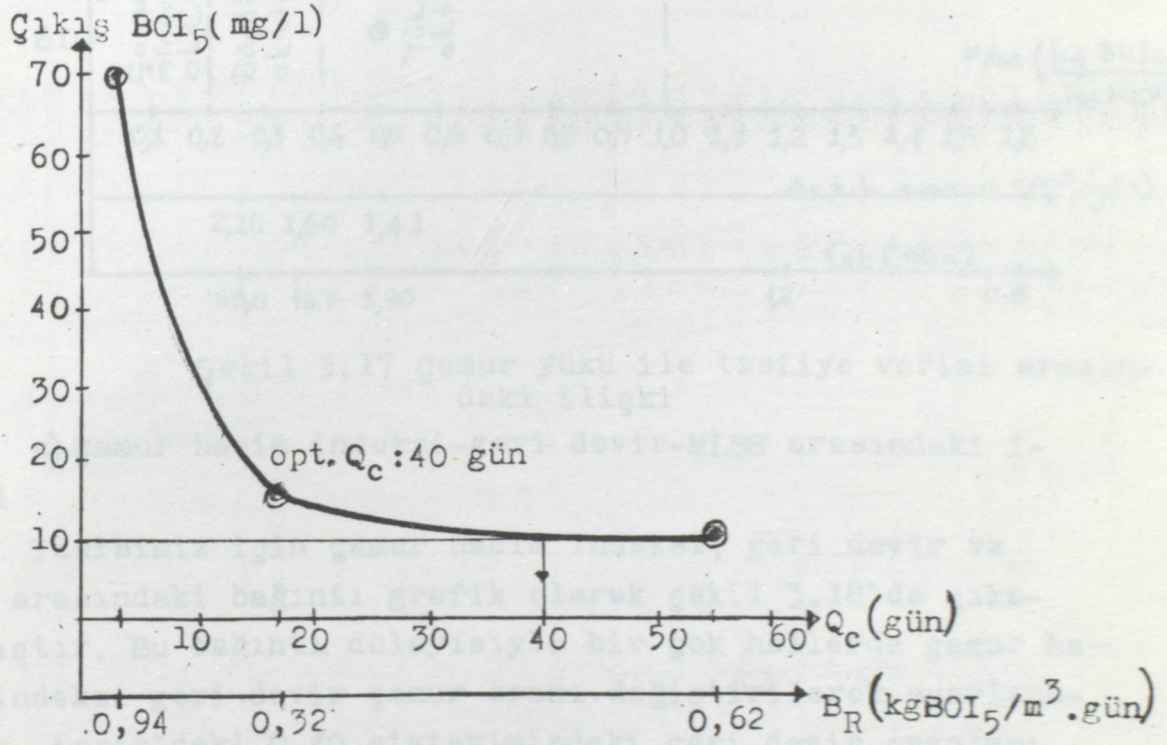
Şekil 3.15 Havalandırma havuzu çamur konsantrasyonu ile verim arasındaki ilişki

Şekil 3.15'de görüldüğü gibi organik yük $0,32\text{kgBOI}_5/\text{m}^3 \cdot \text{gün}$ iken %90'lık verime $MLVSS:700\text{mg/l}$ değerinde iken ulaşılmaktadır. Elde edilen bu %90'lık verimden sonra, verim değerinde büyük bir değişiklik olmamasına rağmen $MLVSS$ değerini artırmaya devam ettik. Bu artırmadaki sebep ise ortama farklı organik yük girişindedir. Grafikte görüldüğü gibi organik yük $0,62\text{kgBOI}_5/\text{m}^3 \cdot \text{gün}$ olduğu zaman %95'lik verime çamur konsantrasyonu 2500mg/l değerinde ulaşılmaktadır. Yani giriş organik yükünü 2 kat artırdığımızda, aynı verim değeri için havuzdaki çamur konsantrasyonunda 3 kat artırdık. Burdanda görüldüğü gibi sistem, daha büyük çamur yaşında çalıştırılarak, (belirli sınırlar arasında kalmak şartı ile) iyi bir tasfiye sağlanabilir. $MLVSS$ değerini 2500mg/l 'den fazla artıramamızın sebebi ise geri devir debisi ile hava miktarının yetersizliğindedir.

Literatürde $MLVSS$ için $1800-3500\text{mg/l}$ değerleri veril-

miştir. Tesisimizde ise, iyi bir tasfiyeyi sağlamak için bu değer 2500mg/l civarında tutulmalıdır.

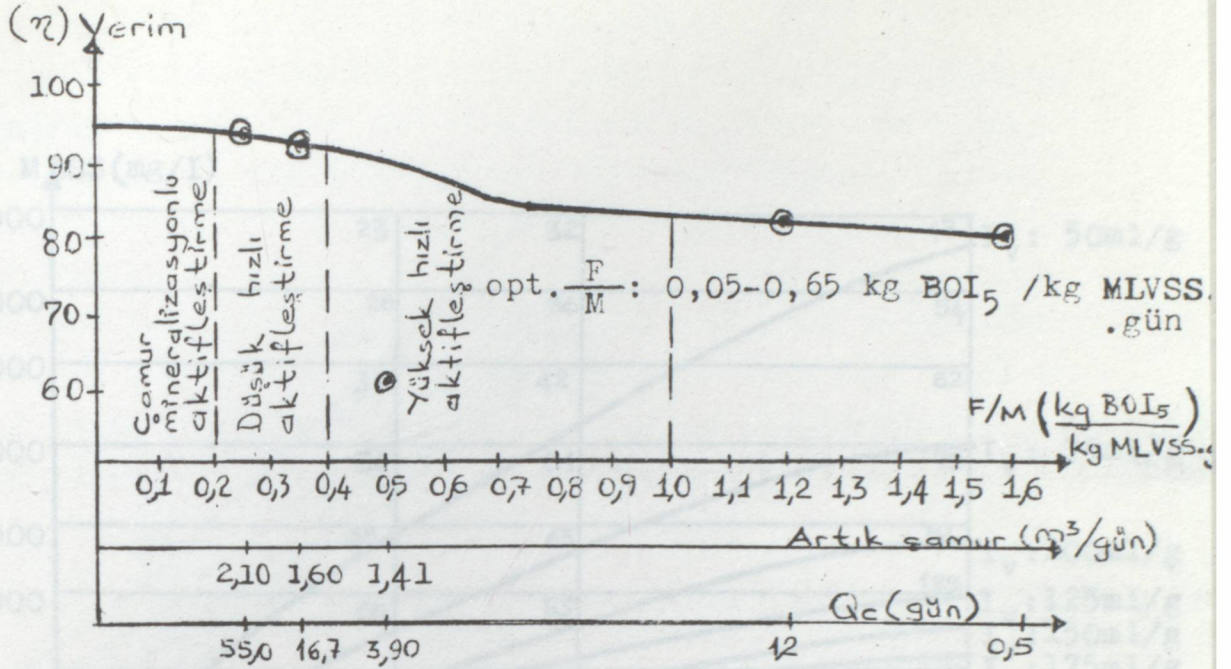
Şekil 3.16'danda çamur yaşı ile verim arasındaki ilişki görülebilir. Çamur yaşı ufaldıkça çıkış BOI_5 değeri artmaktadır. Etkili bir tasfiye için en uygun çamur yaşıda tesbit edilmelidir. Tesisimiz için %94'lük verimde $Q_c:40$ gündür



Şekil 3.16 Çıkış BOI_5 değeri ile çamur yaşı arasındaki ilişki

b) Verim-çamur yükü ilişkisi

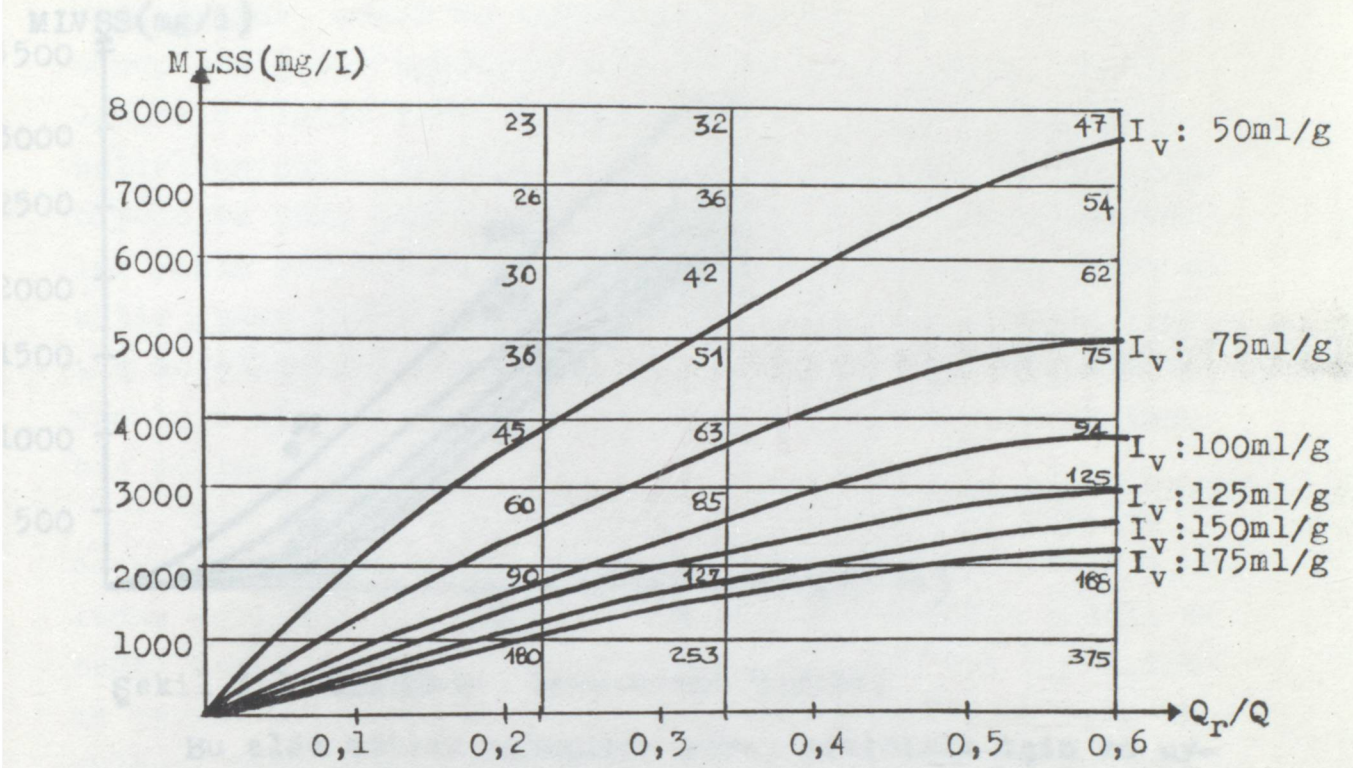
Şekil 3.6'dan çamurun çökeltme özelliğinin göstergesi olan çamur yükü değişimi incelenirse tam tasfiyeye, ancak çamur yükü günlük $0,65kgBOI_5/kgMLVSS$ 'den küçük olduğu zaman erişilir. Eğer çamur yükü daha yüksekse sistem daha kısmi tasfiyededir. Literatürde tavsiye edilen değer $0,2-0,5kgBOI_5/kgMLVSS$ 'dir. Bizim tesisimiz için ise bu değer $0,05-0,65kgBOI_5/kgMLVSS$ arasında olabilir.



Şekil 3.17 Çamur yükü ile tasfiye verimi arasındaki ilişki

c) Çamur hacim indeksi-geri devir-MLSS arasındaki ilişki

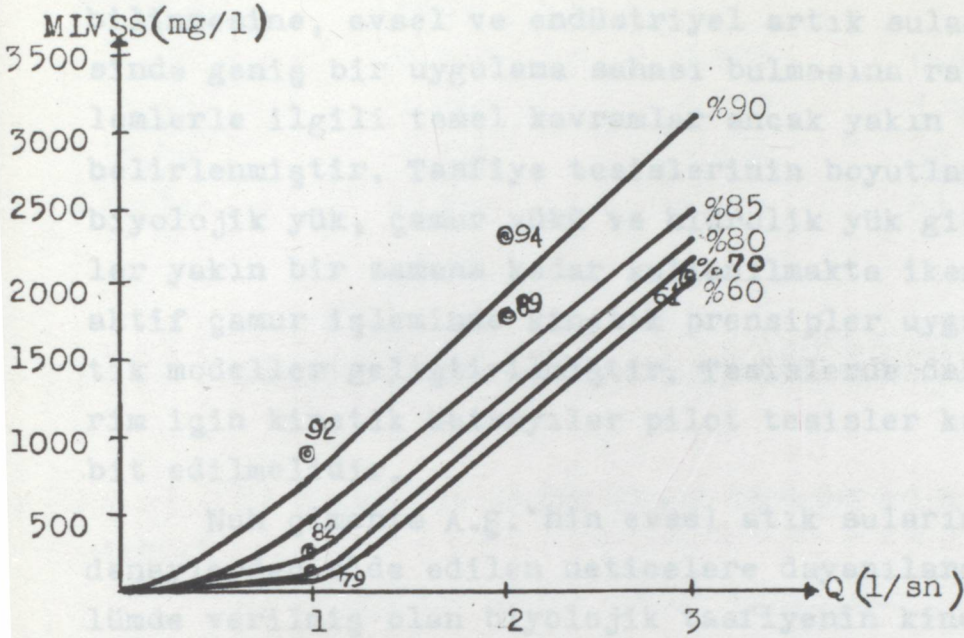
Tesisimiz için çamur hacim indeksi, geri devir ve MLSS arasındaki bağıntı grafik olarak şekil 3.18'de çıkarılmıştır. Bu bağıntı dolayısıyla bir çok hallerde çamur hacim indeksi geri devir çamur oranı değiştirilerek ayarlanabilir. Apsis'deki Q_r/Q sistemimizdeki geri devir oranları, X 'de çamur hacim konsantrasyonudur. Bu değerlerden (formül 27'ye göre) I_v değerleri hesaplanmıştır. Bu hesaplanan hacim indekslerinden aynı değerde olanlar birleştirilerek eş konsantrasyon eğrileri elde edilmiştir. Kullanılışı ise şöyledir; MLSS:3000mg/l ve I_v değeride 100ml/g bulunursa, o zaman geri devir %40 olmalıdır. Yine aynı çamur konsantrasyon değerinde I_v :50ml/g ise geri devir %17 olmalıdır.



Şekil 3.18 MLSS- I_v - Q_r/Q arasındaki ilişki

d) Debi-çamur konsantrasyonu-verim arasındaki ilişki

Tesisimiz için debi, çamur konsantrasyonu ve verim arasındaki grafik çizilir ve sistem, gelen debi miktarına göre uygun çamur konsantrasyonunda çalıştırılırsa tesisten istenen verim elde edilir. Bu gayeyle çizilen şekil 3.19 tesisin işletme durumuna göre kolayca uygulanır. Mesela, $Q:1 \text{ l/sn}$ için %90 verim istenirse havuzdaki MLVSS:750mg/l olmalıdır. Eğer bu %90 verim $Q:21 \text{ l/sn}$ için istenirse MLVSS:2000 mg/l olmalıdır.



Şekil 3.19 MLVSS-Q- arasındaki bağıntı

Bu elde edilen sonuçlara göre, tesisimiz için en uygun MLVSS aralığını 2500-3000mg/l civarında olduğunu tesbit ettik. Sistemdeki çamur konsantrasyonu bu değeri geçerse fazla miktar alınmalıdır. Sistem bu konsantrasyon değerinde çalışır iken, atık çamur miktarıda 3,50 m³/gün. dür.

Son göktürme havuzlarında da müsaade edilen minimum bekleme zamanı 3-4 saat arasında, maksimum yüzeysel hidrolik yükte 12-24 m³/m²/gün. dür. Tesisimizde ise bekleme zamanı 1,5-4,5 saat ve yüzeysel hidrolik yükte 12-35 arasında değişmektedir. Genelde müsaade edilen değerlerden biraz fazladır.

(1) S ₀ (mg/l)BOD ₅	(2) S (mg/l)BOD ₅	(3) t (saat)	(4) MLVSS (mg/l)
195	40	15	200
195	35	15	200
195	16	15	704
195	11	7,5	2400

3.5 KINETİK KATSAYILARIN BULUNMASI

Son yarım yüzyıldır aktif çamurla biyolojik tasfiye bilinmesine, evsel ve endüstriyel artık suların tasfiyesinde geniş bir uygulama sahası bulmasına rağmen, bu işlemlerle ilgili temel kavramlar ancak yakın bir geçmişte belirlenmiştir. Tasfiye tesislerinin boyutlandırılmasında biyolojik yük, çamur yükü ve hidrolik yük gibi parametreler yakın bir zamana kadar kullanılmakta iken son yıllarda aktif çamur işleminde kinetik prensipler uygulanarak kinetik modeller geliştirilmiştir. Tesislerde daha iyi bir verim için kinetik katsayılar pilot tesisler kurularak tesbit edilmelidir.

Nuh çimentö A.Ş.'nin evsel atık sularında yapılan deneylerden elde edilen neticelere dayanılarak ve 2.3.bölümde verilmiş olan biyolojik tasfiyenin kinetik modeli ve temel kinetik ifadelerinden yararlanılarak, iyi bir işletme verimi ve bu karakterdeki atıkların tasfiyesi için kurulacak olan yeni tesislerin projelendirilmesinde kullanılmak üzere kinetik katsayı ve sabiteleride bulunmuştur.

Aktif çamur havuzu girişinden (S_0) ve son çöktürme çıkışından (S) alınan numunelerde BOI_5 , havalandırma havuzundan alınan numunelerdende MLVSS tayin edilir ve havalandırma süresi, çamur yağıda hesaplanıp grafikler çizilirse biyolojik tasfiyenin kinetik katsayısı ve sabiteleride bulunabilir. Bunlara ait grafik ve değerler ise aşağıda çıkarılmıştır.

Tablo 3.7 Kinetik katsayı tayini için yapılan ölçümler

(1) S_0 (mg/l) BOI_5	(2) S (mg/l) BOI_5	(3) t (saat)	(4) MLVSS (mg/l)
195	40	15	200
195	35	15	260
195	16	15	904
195	11	7,5	2480

(5) $\frac{S_0 - S}{x.t}$ (gün ⁻¹)	(6) $\frac{1}{\frac{S_0 - S}{x.t}}$ (gün)	(7) $\frac{1}{S}$ (mg/l) ⁻¹	(8) Q_c (gün)	(9) $\frac{1}{Q_c}$ (gün) ⁻¹
1,24	0,810	0,025	0,5	2,00
0,98	1,020	0,029	1,2	0,84
0,32	3,125	0,065	16,7	0,06
0,24	4,170	0,091	55,0	0,02

Tablo 3.7'de verilen değerler ve hesap yöntemi;

(1) S_0 (mg/l): Aktif çamur tankına giren suyun BOI_5 değeri

(2) S (mg/l): Aktif çamur tankından çıkan suyun BOI_5 değeri

(3) t (saat) : Aktif çamur tankında havalandırma süresi (Tablo 3.1'den alınır.)

(4) $MLVSS$ (mg/l) : Aktif çamur tankındaki uçucu süspanse madde konsantrasyonu

(5) $\frac{S_0 - S}{x.t}$ (gün⁻¹): Çamur yüküdür.

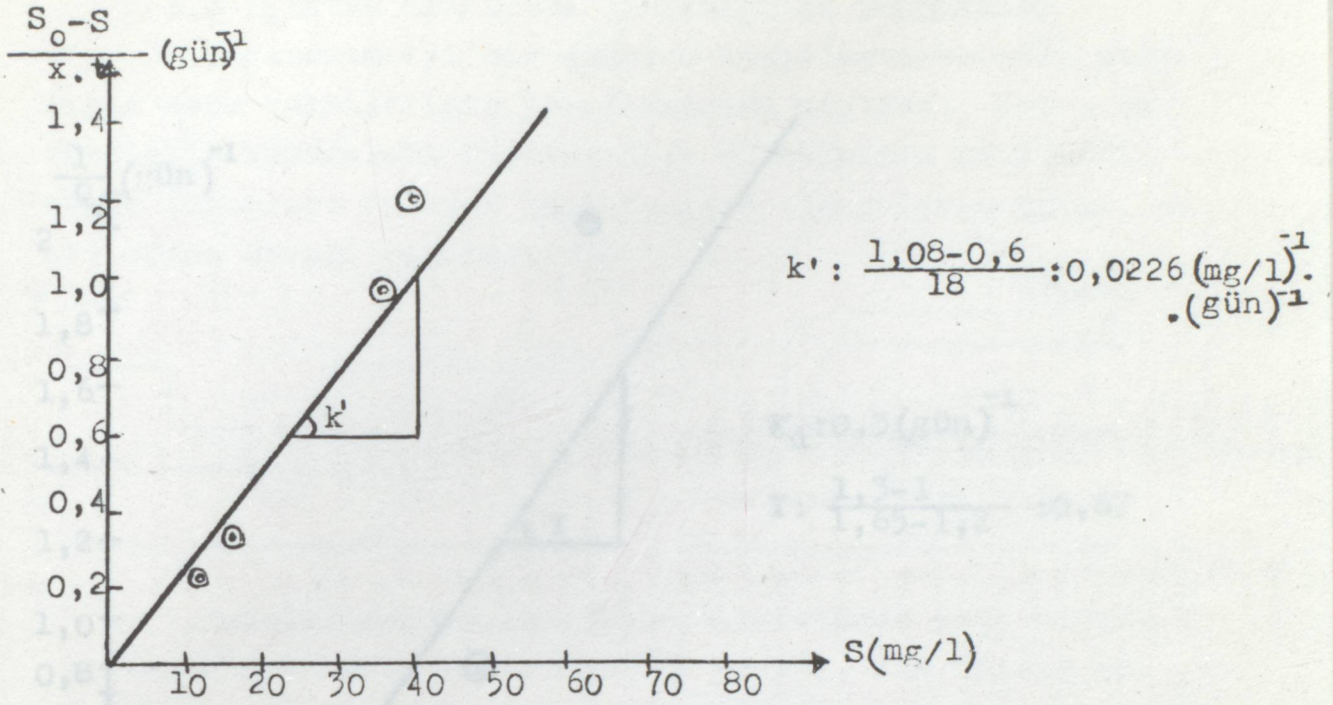
$$\frac{S_0 - S}{x.t} : \frac{(195 - 40)}{200 \cdot 0,625} : 1,24 \text{ mg}BOI_5/\text{mg}MLVSS.\text{gün}$$

$$(6) \frac{1}{\frac{S_0 - S}{x.t}} : \frac{1}{1,24} : 0,81 \text{ mg}MLVSS.\text{gün}/\text{mg}BOI_5$$

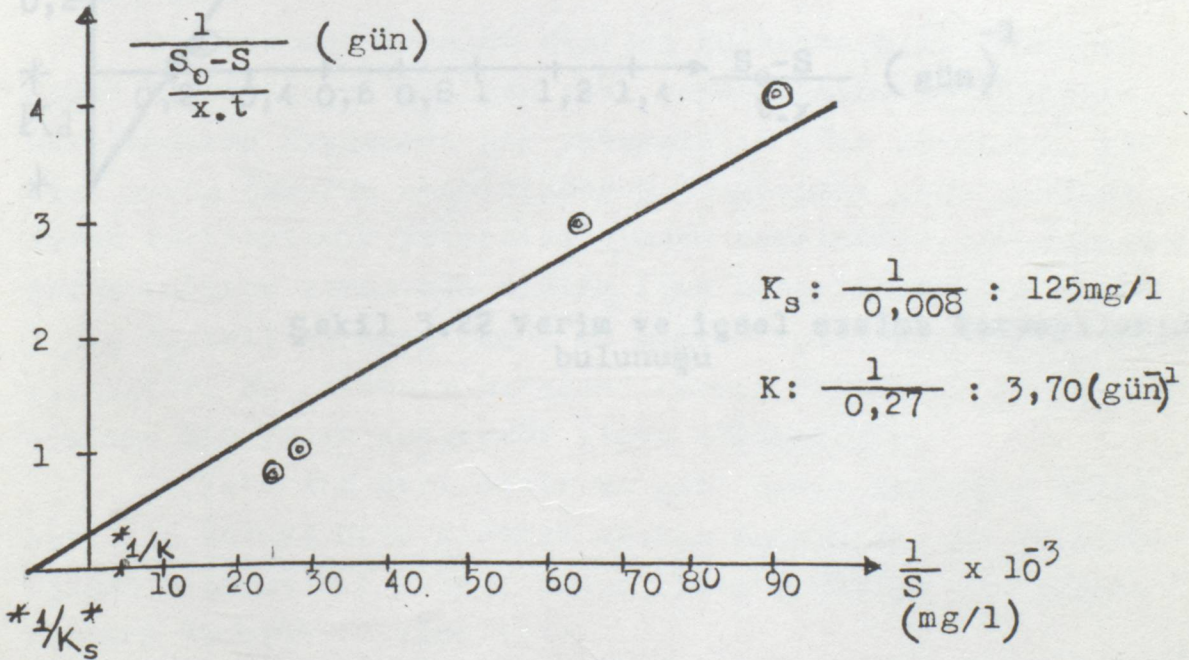
$$(7) \frac{1}{S} (\text{mg/l})^{-1} \text{ dir.}$$

$$\frac{1}{S} : \frac{1}{40} : 0,025 (\text{mg/l})^{-1}$$

(8) Q_c (gün): Çamur yaşı (tablo 3.1'den alınır.)



Şekil 3.20 Spesifik besin kullanma hızının bulunuşu

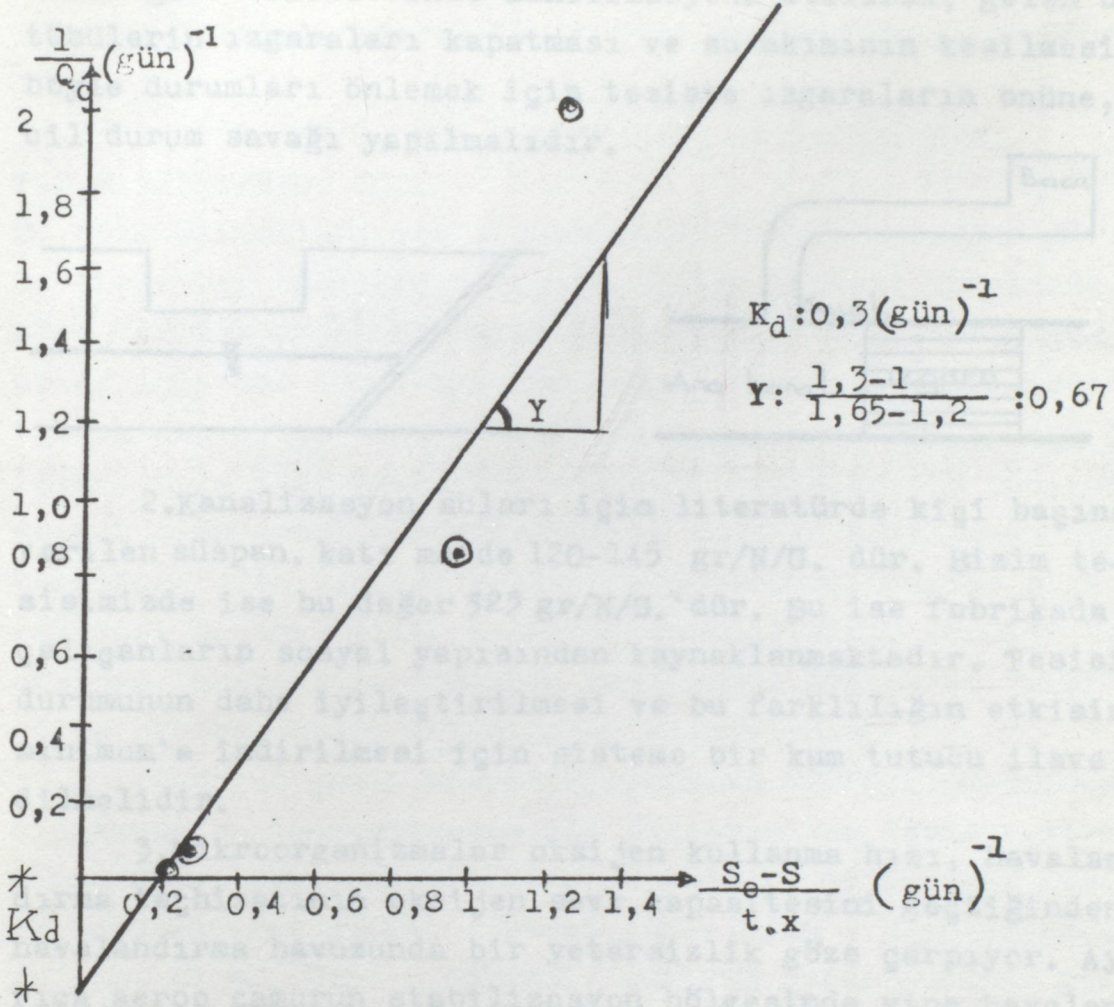


Şekil 3.21 Maksimum besin kullanma hızı ve değeri-
nin bulunuşu

3.6 İŞLETME SIRASINDA KARŞILAŞILAN PROBLEMLER

1. Izgaranın iyi bir şekilde temizlenmesinden önce-

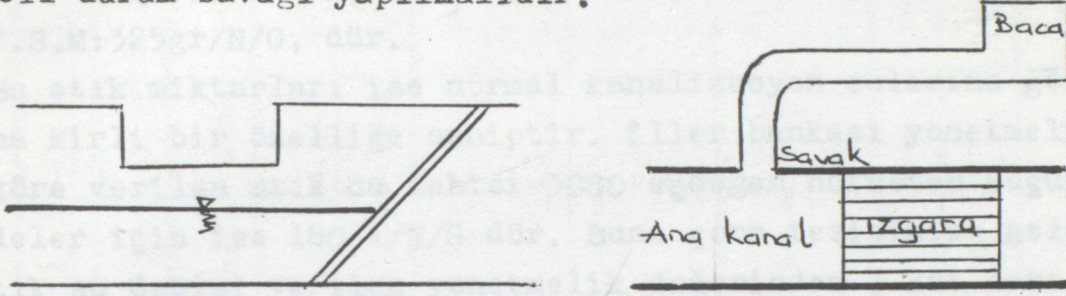
likle gece vakitlerinde konsolizasyonu atılarak, gelen işletmelerin izgaraları kapatılması ve sisteminin temizliği, bu durumları önlemek için temiz izgaralarla önüne, a- il durum savağı yapılmalıdır.



Şekil 3.22 Verim ve içsel azalma katsayılarının bulunuşu

3.6 İŞLETME SIRASINDA KARŞILAŞILAN PROBLEMLER

1. Izgaranın iyi bir şekilde temizlenmemesinden özellikle gece vakitlerinde kanalizasyona atılarak, gelen üstübülerin ızgaraları kapatması ve su akımının kesilmesi, böyle durumları önlemek için tesiste ızgaraların önüne, acil durum savağı yapılmalıdır.



2. Kanalizasyon suları için literatürde kişi başına verilen süspan. katı madde 120-145 gr/N/G. dür. Bizim tesisimizde ise bu değer 325 gr/N/G. dür. Bu ise fabrikada çalışanların sosyal yapısından kaynaklanmaktadır. Tesisin durumunun daha iyileştirilmesi ve bu farklılığın etkisinin minimum'a indirilmesi için sisteme bir kum tutucu ilave edilmelidir.

3. Mikroorganizmalar oksijen kullanma hızı, havalandırma teçhizatının oksijen sevk kapasitesini geçtiğinden, havalandırma havuzunda bir yetersizlik göze çarpıyor. Ayrıca aerop çamurun stabilizasyon bölgesinde yine havalandırma teçhizatının yetersizliğinden havalandırılmamaktadır. Projelendirme esnasında sistem için hesaplanan hava miktarı 3,9kg O₂/saat alınmış iken, bu miktar işletmede 6kg O₂/saat'e çıkmıştır. Bu yetersiz havalandırmanın önlenmesi içinde sisteme bir yedek kompresör ilave edilmelidir.

4. Yetersiz geri devir ve geri devir hattının boşalması ile boruya hava girerek akımın kesilmesi, bu problem içinde sisteme bir dalgıç pompa ilave edilerek geri devir istenen düzeyde tutulmalıdır.

5. Tesisin kuruluşu esnasında yapılan yapım hatası sonucu çalışmayan yağ tutucu ise yeniden düzenlenerek işler hale getirilir.

4. SONUÇLAR

Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar aşağıda özet halinde verilmiştir.

1-Ortalama olarak birim kişi başına tesise verilen atıklar;

Q:553 l/N/G, BOI_5 :108gr/N/G, Azot:24gr/N/G,
T.S.M:325gr/N/G, dür.

Bu atık miktarları ise normal kanalizasyon sularına göre daha kirli bir özelliğe sahiptir. İller bankası yönetmeliğine göre verilen atık su debisi 3000-eşdeğer nüfustan küçük belgeler için ise 180 l/N/G dür. Buna göre tesisimize gelen atık su debisi verilen yönetmelik değerinden 3 kat daha fazladır. Öyle ise, özellikle endüstri tesislerinin bünyesinde mevcut olan evsel karakterli atık suların arıtılması için kurulacak olan tasfiye tesisi hesaplarında, tesise atık veren işçi başına, İller bankası yönetmeliğinin verdiği debi, oksijen ihtiyacı ve süspanse katı madde miktarları gibi veriler bir kaç misli artırılarak alınmalıdır.

2-Uygun çamur konsantrasyonunun MLVSS:2500-3000mg/l olduğundan, bu konsantrasyon ile geliştirilen tesiste, tasfiyeden uygun çıkış değerleri elde edilir. Bu durumda tesiste havalandırma süresi $t:5$ saat, $q_R:4,8$ gün, $B_R:0,94$ kg BOI_5 /m³.gün ve $B_{TS}:0,05-0,65$ kg BOI_5 /kgMLVSS çamur yükünde ortalama %85 BOI_5 giderme verimi elde edilir. İşletme sırasında, çamur hacim indeksi 35-81ml/gr ve çözülmüş oksijen değeri de 0,5mg/l dir. Geri devir debisi ise 0,60 l/sn.dir. Bu durumda sistemdeki atık çamur miktarı da 3,50m³/gün.dür.

3-Tasfiye tesisinin projelendirilmesi esnasında $k':0,025$ (mg/l)⁻¹(gün)⁻¹, $Y:0,50$, $K_d:0,13$ (gün)⁻¹ olarak alınmıştır. Tesise gelen evsel kökenli artıkların aktif çamur metodu ile tasfiyesinde verim katsayısı $Y:0,67$, içsel azalma hızı $K_d:0,3$ (gün)⁻¹, doyma sabiti $K_s:125$ (mg/l), maksimum besin kullanma hızı $k:3,70$ (gün)⁻¹, spesifik besin kullanma hızı $k':0,0226$ (mg/l)⁻¹.(gün)⁻¹ olarak bulunmuştur. Buna göre içsel azalma hızı biraz ufak olmasına rağmen başta kabul edilen kinetik katsayılar uygundur.

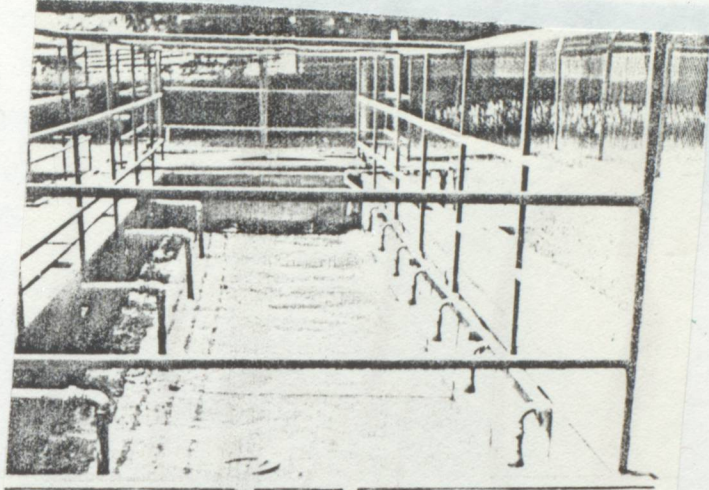
ANALİZLER	30-11-1985 Q=2 l/sn			13-12-1985 Q=1 l/sn			25-12-1985 Q=1 l/sn			
	A.Ç.H	G.D	S.Ç.A Çıkış	A.Ç.H	G.D	S.Ç.A Çıkış	A.Ç.H	G.D	S.Ç.A Çıkış	
T.K.M (mg/l)	1801	14778	3564	1066	672	614	1310	1918	65074	442
U.K.M (mg/l)	1161	8013	1714	612	170	100	734	1006	50730	144
U.K.M/T.K.M	0,65	0,54	0,48	0,57	0,25	0,16	0,56	0,52	0,78	0,33
T.S.M (mg/l)	1260	5208	3014	536	440	220	728	1065	22320	144
U.S.M (mg/l)	860	2164	758	200	364	168	260	516	10400	136
U.S.M/T.S.M	0,68	0,42	0,25	0,37	0,82	0,76	0,36	0,48	0,47	0,94
Ç.M (ml/l)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BOI ₅ (mg/l)	-	-	-	120	80	70	240	146	-	35
KOI (mg/l)	-	-	-	347	260	260	463	310	-	65
PH	-	-	-	6,5	6,5	7	7,5	7,5	7,5	7
t°C	-	-	-	16	17	17	12	12	13	12
Bulanıklık (JTU)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	80

TABLO 3.8 DENEY NETİCELERİ

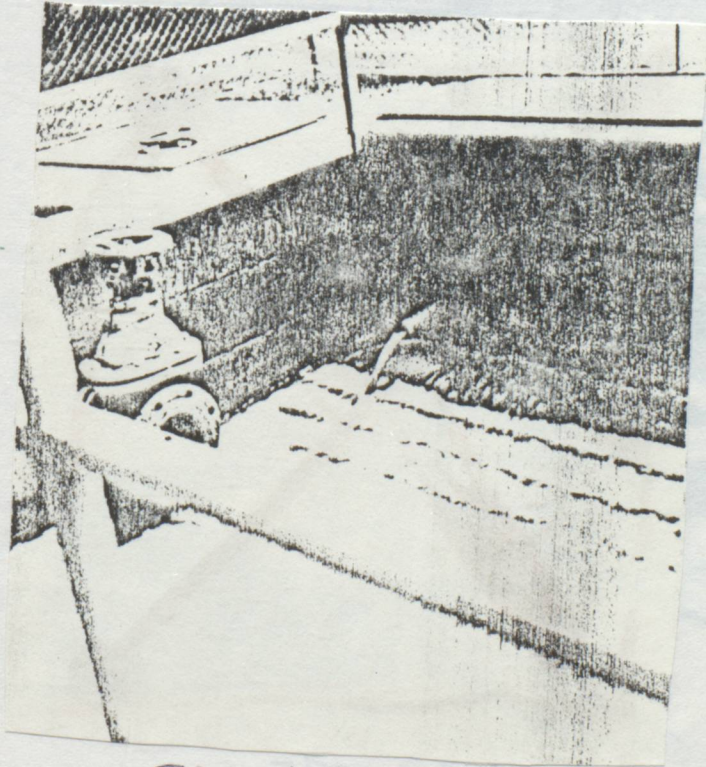
ANALİZLER	14-1-1985 Q = 1 1/sn				12-2-1986 Q = 2 1/sn				18-3-1986 Q = 3 1/sn			
	A.Ç.H	Q.D	S.Ç.A	Çıkış	A.Ç.H	Q.D	S.Ç.A	Çıkış	A.Ç.H	Q.D	S.Ç.A	Çıkış
T.K.M (mg/l)	3234	8430	6532	516	6220	16200	19378	560	4018	24558	20008	2179
U.K.M (mg/l)	1380	3709	2868	90	3218	9662	12004	82	2540	15114	12200	1927
U.K.M/T.S.M	0,43	0,44	0,43	0,17	0,52	0,60	0,62	0,15	0,63	0,62	0,61	0,88
T.S.M (mg/l)	2228	7275	5030	48	4320	11270	13000	20	3100	20760	17949	141
U.S.M (mg/l)	904	3201	1450	34	2480	6100	7320	14	2040	12480	10590	108
U.S.M/T.S.M	0,41	0,44	0,29	0,71	0,57	0,54	0,56	0,70	0,66	0,60	0,59	0,77
Ç.M (ml/l)	78	-	-	-	200	-	-	-	250	-	-	-
BOI ₅ (mg/l)	1240	-	3120	16	1200	4400	-	11	-	-	-	76
KOI (mg/l)	2222	-	6200	38	-	-	-	30	-	-	-	155
PH	5,5	6,5	6,5	6,5	7	6,5	7	6,5	-	-	-	-
t°C	15	14	14	15	15	14	14	14	15	15	15	15
Bulanıklık (JTU)	-	-	-	40	-	-	-	25	-	-	-	125

TABLO 3.8 DENEY NETİCELERİ

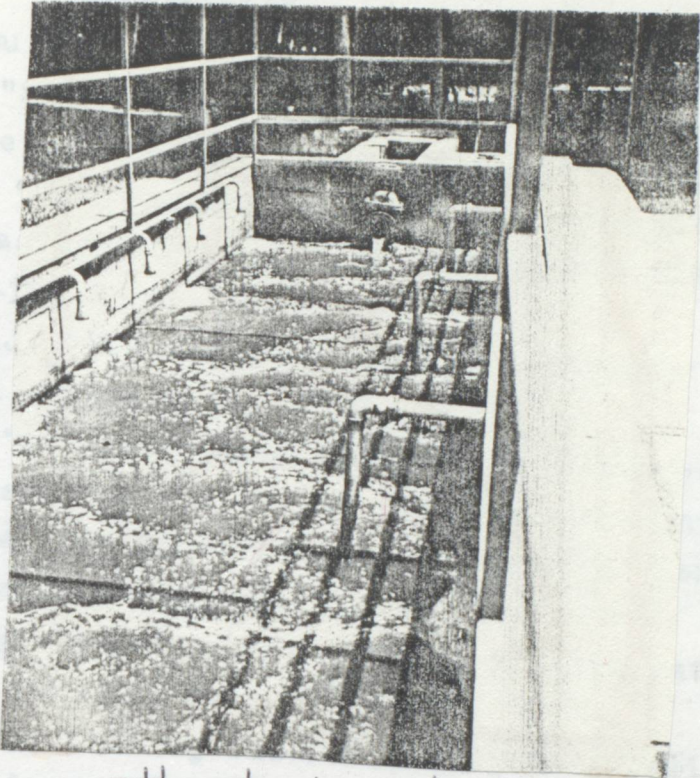
TASFIYE TESİSİNDEN GÖRÜNTÜLER



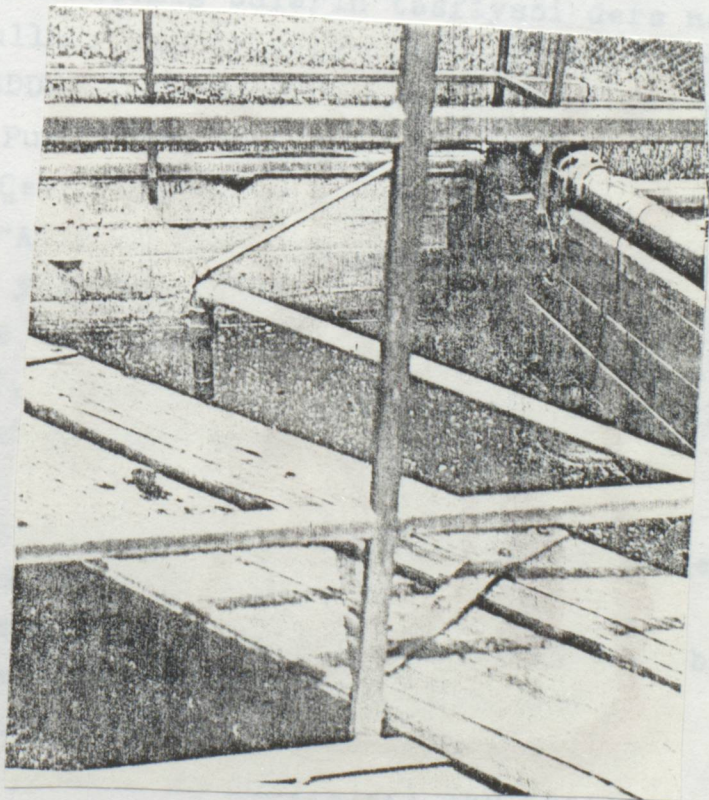
- Ana kanal ızgara yapısı



- Giriş by-pass vanası ve geridevir



-Havalandırma havuzu



-Son çöktürme havuzu

REFERANSLAR

- 1-MUSLU, Y. "Su temini ve çevre Sağlığı" cilt 3-İTÜ,1985
- 2-AKSOĞAN, S. "Suların Arıtılması" cilt 3-Pınar A.Ş.,1976
- 3-TMMOB. "Çevre özel sayısı" Sayı 315-Ağustos,1985
- 4-KALENDER, A. "Deri sanayii sıvı artıklarınının Aktif çamur metodu ile Tasfiyesinin kinetiği üzerine bir araştırma" Doktora tezi-İTÜ,1981
- 5-ARCEİVAIA, S.J. "Basit pis su tasfiye metodları" İller bankası yayını no:14-1975
- 6-HUNKEN, K.H. "Untersuchungen über die Reinigungsverlauf und den Sauerstoffverbrauch bei der Abwasserreinigung durch das Belebtschlammverfahren" Stuttgarter Berichte Siedlungswasserwirtschaft-Heft,1960
- 7-DEMİR, A. "Çeşitli Endüstri sularında kinetik katsayıların tayini" Y.Lisans tezi-Y.Ü,1985
- 8-SAMSUNLU,A. "Kullanılmış suların indirgenebilirliğinin biyotest ve solunum aktivite metodlarıyla incelenmesi" E.Ü,1979
- 9-BAŞTÜRK, A. "Kullanılmış suların tasfiyesi ders notları"
- 10-MUSLU, Y. "Kullanılmış suların Tasfiyesi" İTÜ,1974
- 11-METCALF AND EDDY, Inc. "Wastewater Engineering" Tata Mc Graw-Hill Publishing Com. Ltd. New Delhi,1979
- 12-TOPACIK, D. "Çevre mikrobiyolojisi" İTÜ,1982
- 13-YILDIZ ÜNİV. "Atık su kirlilik kriterleri ve laboratuvar deneyleri yaz okulu-1985"
- 14-MUSLU, Y. "Pis su Tasfiyesinin prensipleri" İTÜ,1967
- 15-ARCEİVAIA, S.J. "Wastewater Treatment and Disposal Engineering and Ecology in pollution control" New Delhi,1981
- 16-BAŞTÜRK, A. "Nuh çimento A.Ş. Tasfiye tesisi projelendirme ve işletme raporu" 1983
- 17-PÖPEL, F. "Umdrücke, Lehrstuhl f. Siedlungswasserbau und wassergütewirtschaft" T.H.Stuttgart,1969
- 18-ARAL, N. "Arıtma çamuru Tasfiyesi ders notları"
- 19-ŞENGÜL, F."Su ve atık su analizleri lab. notları D.E.Ü,1982
- 20-ŞENGÜL,F. "Çevre mühendisliği kimyası" E.Ü,1982

Bu çalışmayı yöneten ve çalışma süresince teşvik ve ilgilerini gördüğüm Sayın Hocam Doç. Dr. Adem BAŞTÜRK 'e şükranlarımı arz ederim.

Çalışmamın çeşitli safhalarında değerli fikir ve yardımlarından istifade ettiğim Sayın Doç. Dr. Dincer TOPAÇIK 'ada teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca çalışmalarım sırasında yardımlarını esirgemeyen kıymetli arkadaşlarıma ve Nuh Çimento A.Ş. yetkililerinede teşekkürü bir borç bilirim.

Ö Z G E Ç M İ Ş

Erol CORUK, 6 Aralık 1962 'de Çorum'da doğdu. İlk ve orta öğreniminide yine burada tamamladı. Yüksek öğrenimine 1980 senesinde Y.Ü. İnşaat Mühendisliği bölümünde başladı, aynı okuldan 1984 senesinde mezun oldu. Yine aynı yıl Y.Ü. Fen bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Çevre programında Lisans üstü öğrenimine başladı. Halen İnşaat Mühendisliği Bölümü Hidrolik Anabilim dalında Araştırma görevlisi olarak çalışmaktadır.

