

ATIKSU ARITIMINDA 5 BASAMAKLI BARDENPHO PROSESİ



İÇİNDEKİLER

1 GİRİŞ	3
2 MODİFİYE EDİLMİŞ BARDENPHO PROSESİ	9
2.1 Anaerobik Havuz	11
2.1.1 TKN/COD Oranı	14
2.1.2 Fosfor Biriktirme Organizması (PAO)	14
2.1.3 Uçucu Yağ Asidi (VFA)	16
2.2 Birinci Anoksik Havuz	16
2.3 Birinci Aerobik Havuz	18
2.4 İkinci Anoksik Havuz	19
2.5 İkinci Aerobik Havuz	19
3 ARITMA TESİSİNDE ÖLÇÜLECEK PARAMETRELER	22
4 ANOKSİK HAVUZ HACMİNİN HESABI	24
4.1 Anoksik Hacim Oranın Hesaplanması	24
5 ÇAMUR YAŞI, SRT	26
6 KAYNAKLAR	27
Şekil 1. Azot Giderimi	4
Şekil 2. Dalgıç Tip Mikser	11
Şekil 3. 5-Basamaklı Bardenpho Prosesi	8
Şekil 4. Fosfor Döngüsü	6
Şekil 5. Anaerobik ve Aerobik Bölgede Fosfor Döngüsü .. Hata! Yer işareti tanımlanmamış.	
Şekil 6. Geliştirilmiş Basamaklı Bardenpho Prosesi Akım Şeması	10
Tablo 1 Bardenpho Projesi Tasarım Kriterleri	8
Tablo 2 Bardenpho.Biyolojik Nutrient Giderimi Proses	8
Tablo 3 Modifiye Edilmiş Bardenpho Prosesinde Bileşik Azot ve Fosfor Giderimi	10
Tablo 4 ORP Değerleri	10
Tablo 5 Proses Kontrol Parametreleri	22

1 GİRİŞ

Sınır değerlerin üzerinde azot ve fosfor içeren arıtılmış atıksuların göl, baraj ve akarsu gibi hassas alıcı ortamlara deşarjı, ötrafikasyonu hızlandırır ve sucul büyümeı arttırır. Dolayısıyla hassas alanlar için arıtılmış atıksuyun deşarj limitlerinin daha sıkı ve sınırlayıcı olması gereklidir.

Arıtma tesislerinde denitrifikasyon ve nitrifikasyon üniteleri varsa ön çöktürme ünitesi yapılmaz. Çünkü ön çöktürme ünitesinde, karbon kaynağı (BOI₅) azalır ve azot giderimi istenilen seviyede olmaz. Ön çöktürme ünitesi kullanılması durumunda, karbon kaynağı azalması sonucunda, devamında yer alan sistemlerdeki denge bozulur ve azot giderimi istenilen seviyede olmayabilir.

İleri biyolojik atıksu arıtma tesislerinde nitrifikasyon ve denitrifikasyon sonucu çıkacak toplam azot (TN) miktarı en kritik parametrelerden biridir. TN değerleri AB hassas bölgelerde deşarj standardına göre TN 10 mg/L değerine uyulursa denitrifikasyon sırasında BOI (karbon) harcandığı için, genelde aynı standartlara göre arıtılmış atıksuyun BOI değeri ≤ 20 mg/L altına kolaylıkla indirilebilir.

Evsel atıksularda toplam azot ve toplam fosfor konsantrasyonları sırasıyla 40-50 mg/L ve 2-10 mg/L arasında değişir. Evsel atıksu içindeki toplam fosforu ve toplam azotu biyolojik olarak %75-85 oranında gidermek mümkündür.

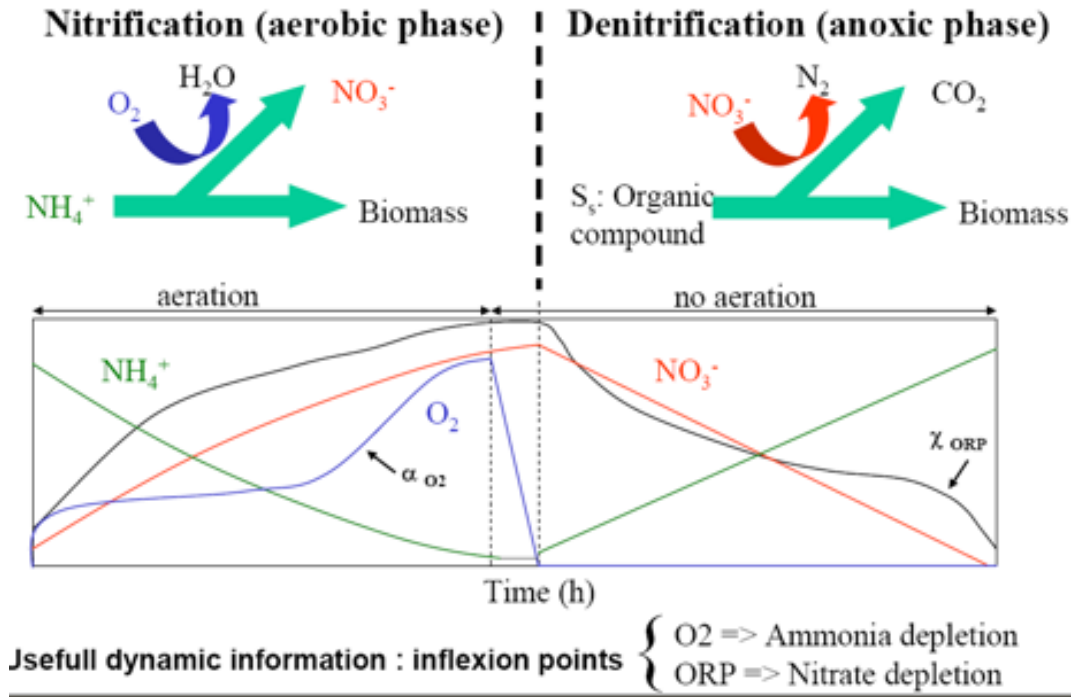
Total Kjeldahl Nitrogen (Toplam Kjeldahl Azotu); TKN \rightarrow Org-N (Amino Asitler, Urea) + NH₄⁺-N demektir.

Anaerobik şartlarda, çözünmüş oksijen yoktur, arıtma işlemlerinde kimyasal olarak bağlı oksijen kullanılır.

Anoksik şartlarda çözünmüş oksijen yoktur, kimyasal olarak bağlı mevcut NO₃-N'in oksijeni kullanılır.

Aerobik ve anoksik ortamlarda, nitrifikasyon ve denitrifikasyon proseslerinde azot dönüşümü **Şekil 1**'de verilmiştir.

Nitrogen removal process description

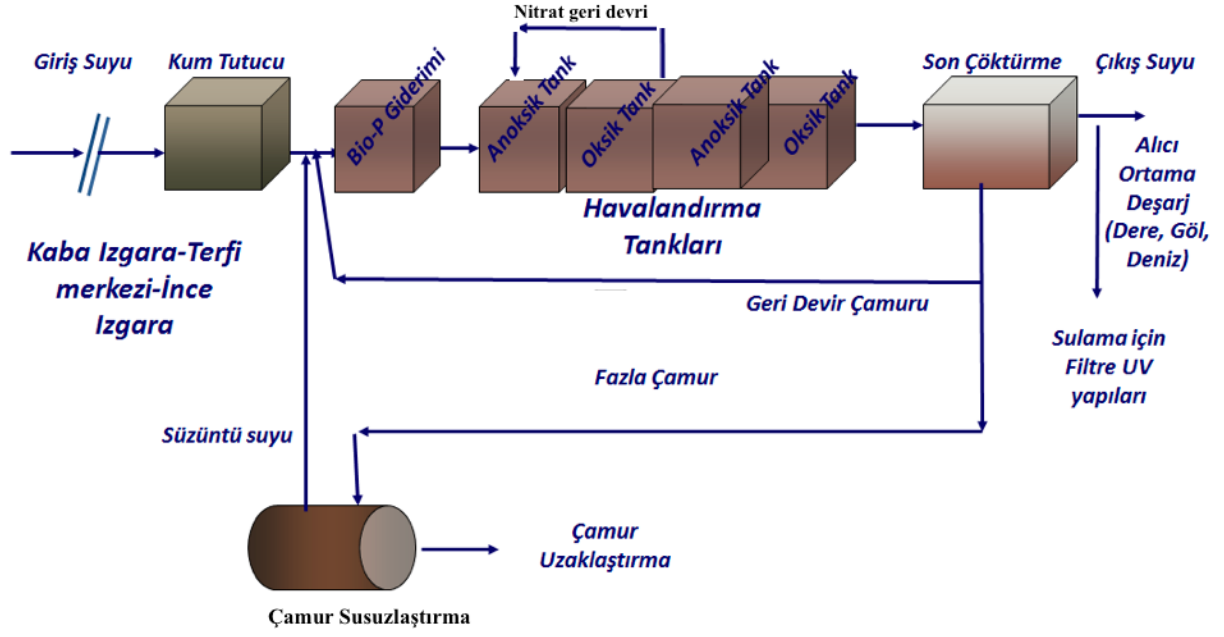


Şekil 1 Azot Dönüşümü

Aerobik şartlarda nitrifikasyon işlemi gerçekleşir. Nitrifikasyonda sıcaklık aralığı 7-45 °C'dir. Her 10 derece sıcaklığın düşmesi nitrifikasyon büyüme hızını %50 oranında düşürür. Nitrifikasyonda alkalinite asgari 50 mg CaCO_3/L olmalıdır.

Biyolojik fosfor giderimi için sırasıyla anaerobik ve aerobik koşullar gereklidir.

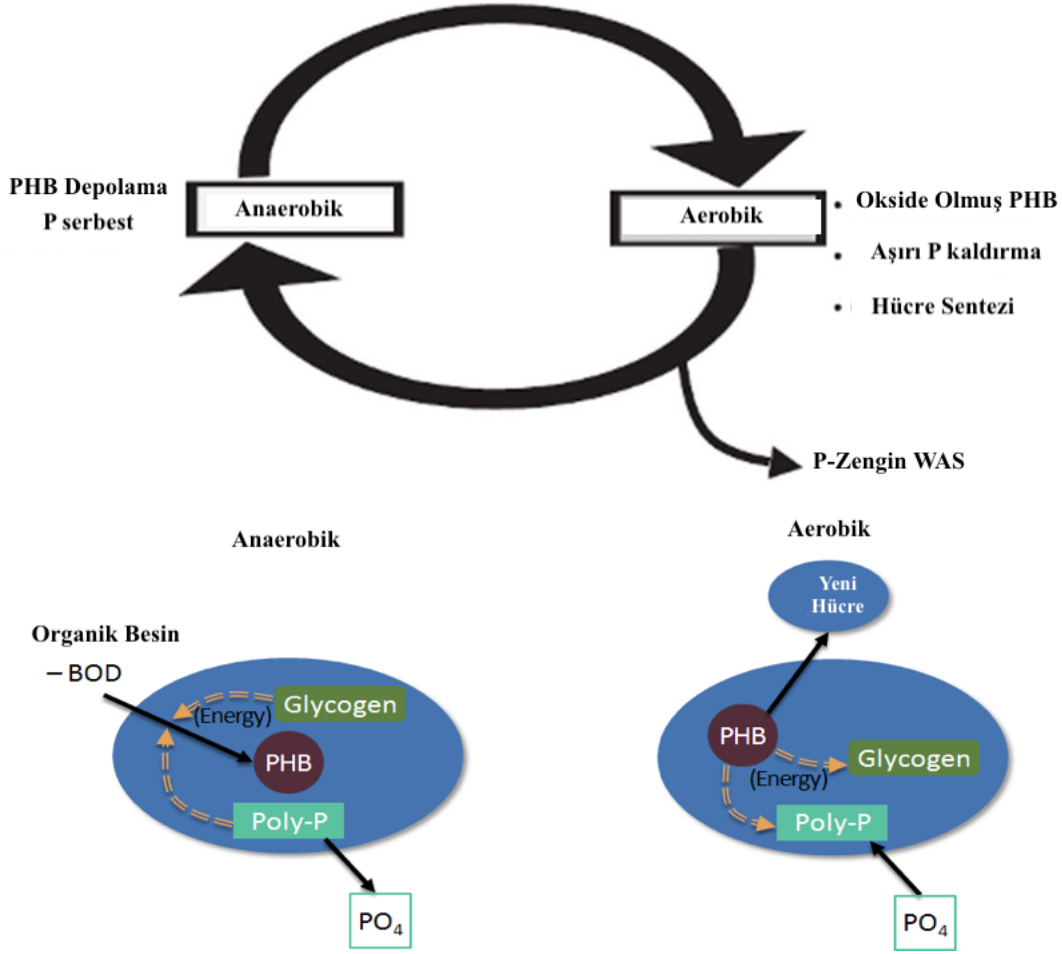
İleri biyolojik arıtma üniteleri olan bio-fosfor havuzları, anoksik havuzlar, havalandırma havuzları ve son çökeltim havuzlarında karbon kaynaklı kirliliğin yanı sıra azot ve fosfor giderimi de simultane olarak yapılmaktadır. Bio-fosfor havuzlarında anaerobik koşullar sağlanarak fosfor çözünür faza geçmesi ve aerobik koşullarda da giderimi gerçekleşirken havalandırma havuzlarının belli bölümlerinde aerobik ve anoksik ortamlar oluşturulmaktadır. Böylelikle karbon gideriminin yanı sıra azot ve fosfor giderimi de sağlanmaktadır. Çöktürme ünitesinde ise arıtılmış atıksu ile fosfat içeren aktif çamurun ayrılması sağlanmaktadır.



Şekil 2 Bardenpho Çalışma Düzeni

İleri biyolojik arıtma tesislerinde biyolojik fosfor giderim işlemi 2 kademede gerçekleşmektedir. Bunlar;

1. Anaerobik koşullar altında PAO (Phosphorus-Accumulating Organism)'lar, besi maddesi almak ve depolamak için enerji kaynağı olarak depolanmış polifosfatları kullanır. Besi maddelerinin alınması ve depolanması sürecinde, enerji için kullanılan polifosfatlar, ortofosfat moleküllerine dönüşür. Atıksuda fosfor, hücre biyokütlesinin içerisinde bulunmaktadır. Elektron alıcısız (anaerobik) ortamda fosfor salımı: anaerobik havuzda fermantasyon yolu ile fosfor serbest hale geçer.
2. Elektron alıcısı aerobik ortamda mikroorganizma faaliyetlerinin devamı için depo karbonu kullanır. Çözünür formdaki fosfor, aerobik bölgede bakterilerin parçalayabileceği ve depolayabileceği şekle dönüşür. Fosfor alımı ve yeni fosfor biriktirme organizmaları, PAO, oluşur. Böylece atıksudaki fosfor aerobik bölgede çamur fazına geçer ve çöktürme havuzunda çöktürerek uzaklaştırılır.



Şekil 3 Anaerobik ve Aerobik Ortamda Fosfor Döngüsü

Geliştirilmiş başarılı biyolojik fosfor giderimi;

- Anaerobik şartlar (sıfır çözülmüş oksijen ve minimum nitrat),
- Uçucu yağ asidi (VFA),
- Katı madde yönetimi (SRT, WAS ve yan akımlar),

şartlarına bağlıdır.

Azot ve fosforun biyolojik olarak giderildiği tesislerde sıcaklık, ORP, pH ve çözülmüş oksijenin yerinde (anlık) ölçülmesi gerekir.

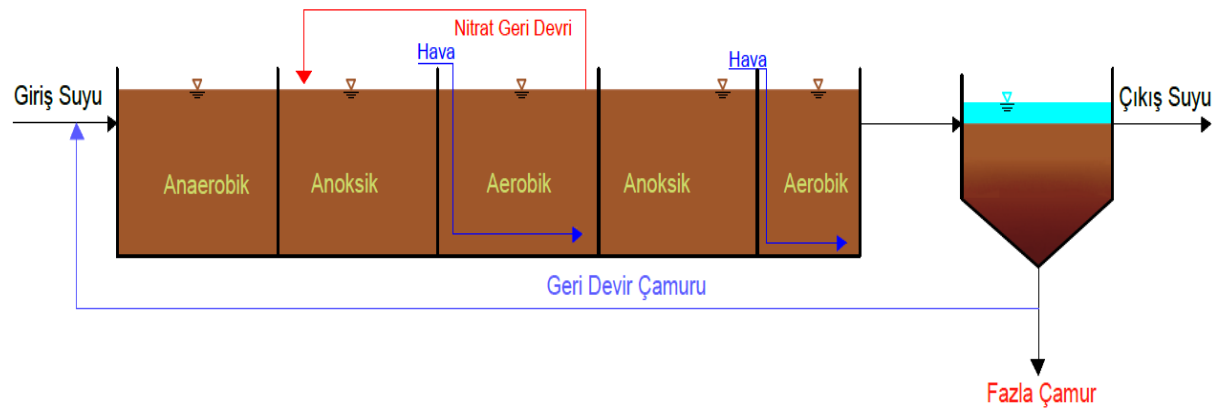
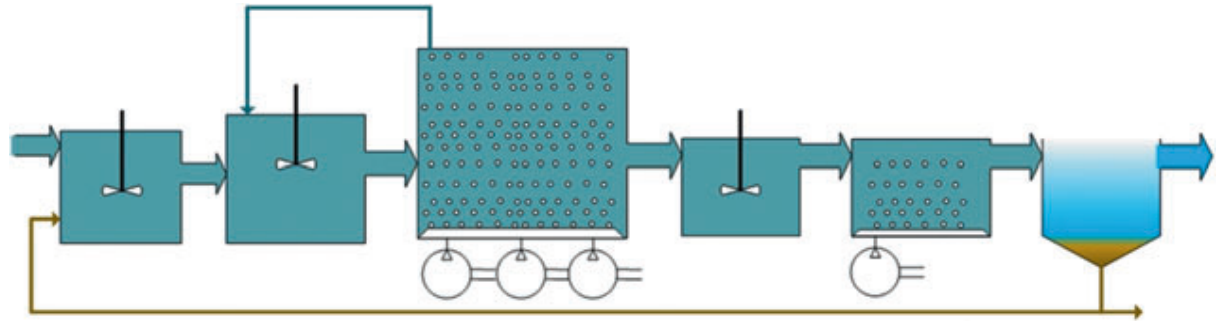
Dört basamaklı Bardenpho prosesinde denitrifikasyonun olabilmesi için karbon kaynağı olarak hem atıksudaki karbon hem de içsel solunum hidrolizi sonucu oluşan karbon kullanılır. Karbon oksidasyonu, nitrifikasyon ve denitrifikasyon için havuzda ayrı bölümler kullanılır. Atıksu öncelikle anoksik olan denitrifikasyon reaktörüne girer. Bu reaktöre aynı zamanda karbon oksidasyonu-nitrifikasyon reaktörü çıkış suyu da geri döndürülerek verilmektedir. Atıksudaki karbon, geri döndürülen sudaki nitratı denitrifiye etmek için kullanılır. Organik yükleme yüksek

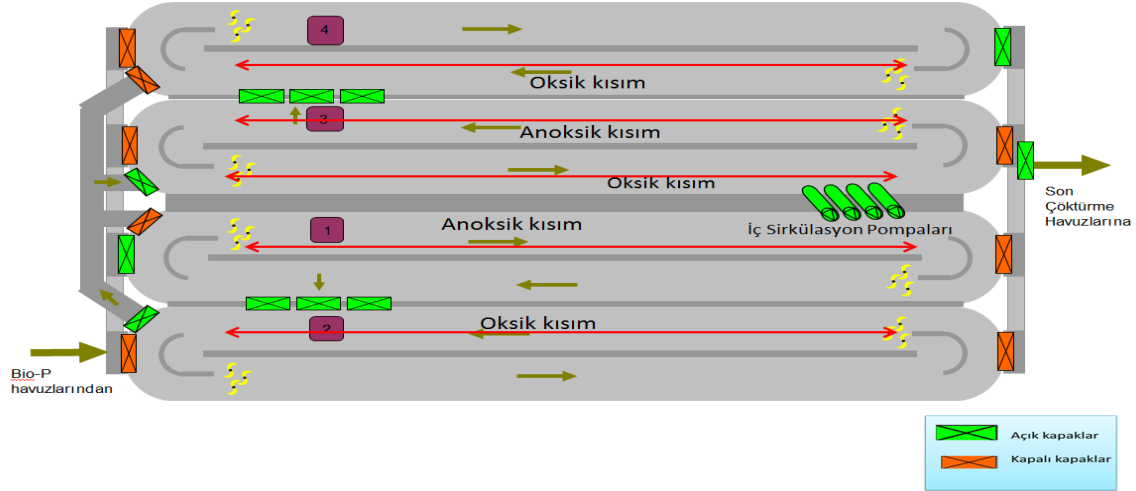
olduğundan, denitrifikasyon da hızlıdır. Atıksudaki amonyum ilk anoksik ortama girmektedir ve hiçbir değişime uğramadan sistemdeki ilk havalandırma tankına gelir. Bu tanktan çıkan nitriye olmuş atıksu, ikinci anoksik reaktöre girer. Bu ikinci reaktörde içsel solunum ile karbon sağlanır ve denitrifikasyon gerçekleştirilir. İkinci havalı reaktör nispeten küçük olup, azot gazının ortamdaki uzaklaştırılması için kullanılır. İkinci anoksik reaktörde son havalandırmada nitriye olmuş çamurdan ayrılan amonyağın denitrifikasyonu gerçekleştirilir. Bardenpho 4 presesinin geliştirilmiş şekli olan beşli reaktör sistemi de azot ve fosforun birlikte arıtımı için kullanılmaktadır (Şekil 2, Şekil 4).

Atıksularda bulunan karbonun yanında azot ve fosforun ileri derecede giderilmesi için 5 basamaklı Bardenpho biyolojik arıtma bunlardan biridir. Beş basamaklı Bardenpho prosesi;

- Anaerobik,
- Anoksik,
- Aerobik,
- Anoksik,
- Aerobik

basamaklardan oluşmaktadır. Beş basamaklı Bardenpho prosesi ile karbon yanında biyolojik olarak fosfor ve azotun ileri derecede giderilmesi sağlanmaktadır.





Şekil 4 5-Basamaklı Bardenpho Prosesi

Çamurun çökebilme özelliği, çamur hacim indeksi (SVI) ile belirlenir. Havalandırma havuzu çıkışında optimum SVI, 100 olmalıdır.

Bardenpho prosesi tasarım kriterleri **Tablo 1**'de verilmiştir.

Tablo 1 Bardenpho Projesi Tasarım Kriterleri

	SRT Çamur Yaşı (gün)	MLSS (mg/L)	Toplam Hidrolik Bekleme Süresi (saat)	1. Basamak Anaerobik, HRT(HBS)	2. Basamak Anoksik-1, HRT(HBS)	3. Basamak Aerobik-1 HRT (HBS)	4. Basamak Anoksik-2 HRT(HBS)	5. Basamak Aerobik-2 HRT(HBS)
4 Kademe	10-20	3000- 4000	8-20	-	1-3	4-12	2-4	4-12
5 Kademe	10-20	3000- 4000	8-20	0,5-1,5	1-3	4-12	2-4	0,5-1

Farklı atıksuda BOI/P, KOİ/P, VFA/P, TKN/COD ve F/M oranları için Bardenpho biyolojik nütrient giderimi prosesi parametreleri **Tablo 2**'de verilmiştir.

Tablo 2 Bardenpho Biyolojik Nütrient Giderimi Proses

Oranlar	Değerler
BOI/P oranı	>25
KOI/P oranı	>45
VFA/P oranı	>7
TKN/COD oranı	<0,07-0,08
Çamur yaşı (gün)	15-25
F/M =BOI₅/MLSS (UAKM)	0,1-0,2

2 MODİFİYE EDİLMİŞ BARDENPHO PROSESİ

Bardenpho prosesi nitrifikasyon-denitrifikasyon ile azotun yanında fosfor da giderilmektedir (**Şekil 5**). Prosesse anaerobik (havasız) bölüm eklenerek Beş Basamaklı Modifiye Bardenpho prosesi oluşturulmuş, böylece fosfor giderimi biyolojik olarak yapılmaktadır. Modifiye Bardenpho beş basamaklı havasız, anoksik ve havalı havuzlarda fosfor, azot ve karbon giderimi gerçekleştirilmektedir.

Atıksu içeriğindeki fosforun giderilmesi amacıyla atıksu, fiziksel arıtmadan sonra anaerobik havuzlara alınmaktadır.

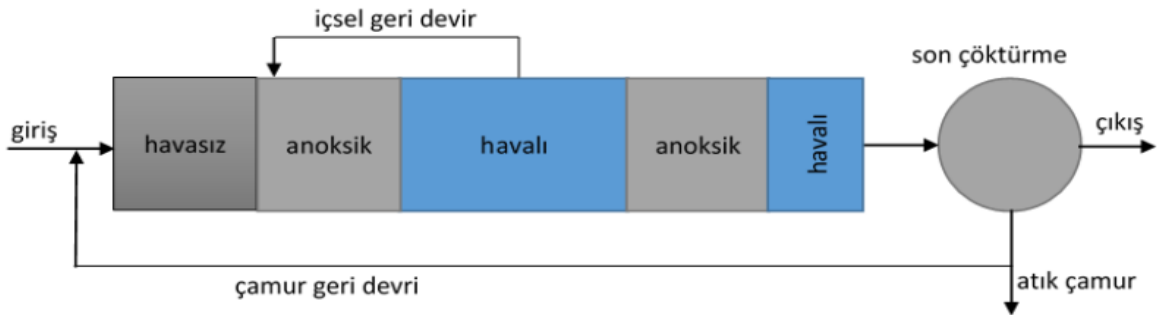
Anaerobik şartlar altında bakteriler, suya polifosfatı ortofosfata dönüştürülür, yani fosfat çözünür faz geçer, aerobik şartlarda ise fosfat çözünür olmayan faz geçer ve çöktürme havuzunda fosfat yumakları çöker (**Hata! Başvuru kaynağı bulunamadı.**).

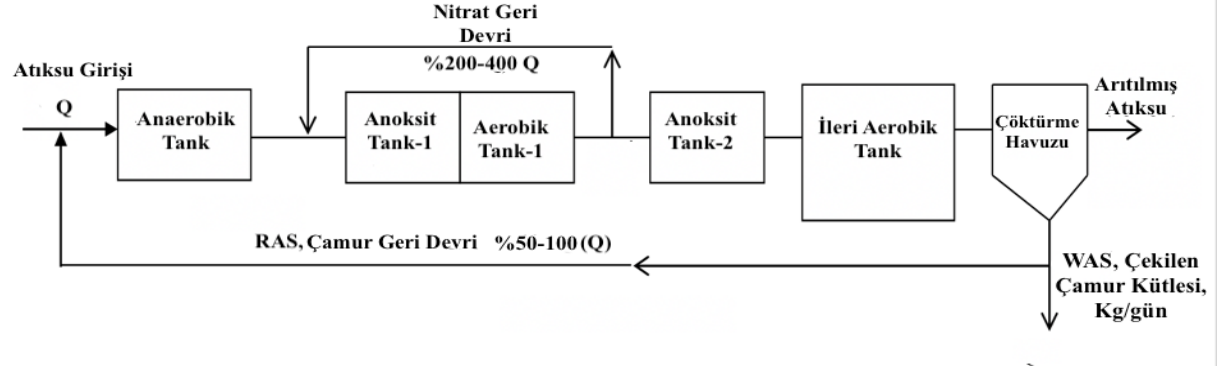
Sıvı karışımın bir kısmı birinci havalandırma havuzundan anoksik havuza geri devri yapılır. Birinci aerobik havuzdan anoksik havuza nitrat geri devri ile anoksik havuzda oksijen minimize edilir.

İkinci anoksik havuzda, havalı havuzda oluşan nitratı, elektron alıcı içsel organik karbonu ise elektron verici olarak kullanıp ilave denitrifikasyonu sağlar ve azot gazı serbest hale geçer. Çıkışta, deşarjda, 3-5 mg/L toplam azot konsantrasyonu elde edilebilir.

Son havalandırma bölümünde ise kalıntı (bakiye) azot gazını çözeltiden sıyırarak uzaklaştırmak ve atıksuya oksijen kazandırarak son çöktürme havuzunda fosfor salımını en aza indirmek için kullanılır.

Bardenpho prosesi, uzun çamur yaşında çalıştırıldığından dolayı (10-20 gün) karbon oksidasyon (giderim) kapasitesi de yüksek olur.





Şekil 5 Geliştirilmiş Basamaklı Bardenpho Prosesi Akım Şeması

Modifiye edilmiş Bardenpho prosesinde azot ve fosfor gideriminde kullanılan biyolojik proseslerin tipik tasarım kriterleri **Tablo 3**'de verilmiştir.

Tablo 3 Modifiye Edilmiş Bardenpho Prosesinde Bileşik Azot ve Fosfor Giderimi

Çamur Yaşı (gün)	UAKM konsantrasyonu (gün)	Hidrolik Bekleme Süresi (saat)			Aktif Çamur Geri Devri (RAS) oranı (%)	İçsel geri devir oranı (%)
		Havasız	Anoksik	Havalı		
10-20	3000-4000	0,5-1,5	1-3 (1.Kademe) 2-4 (2.Kademe)	4-12 (1. Kademe) 0.5-1 (2. Kademe)	50-100	200-400

Anaerobik, anoksik ve aerobik bölgede Oksidasyon Redüksiyon Potansiyeli (ORP) değerleri **Tablo 4**'de verilmiştir.

Tablo 4 ORP Değerleri

Şartlar	İstenen Şartlar	ORP (mV)
Aerobik	0,5-1,0 mg/L Serbest oksijen	+50 (100) ila +300 Tavsiye; 250
Anoksik	0,1-0,0 mg/L, nitrat oksijeni	+50 ila -50, -100 ve üzeri anaerobik ortam oluşturur
Anaerobik	Oksijen yok, nitrat yok	-100 ila -200,

5 basamakta da oksidasyon redüksiyon potansiyelleri (ORP) ölçülür.

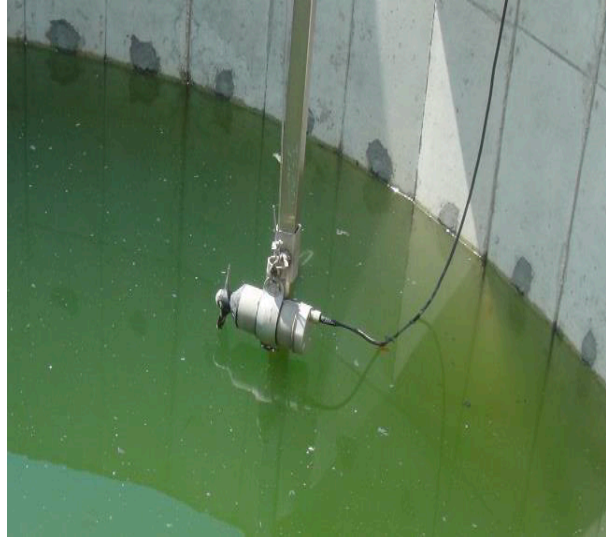
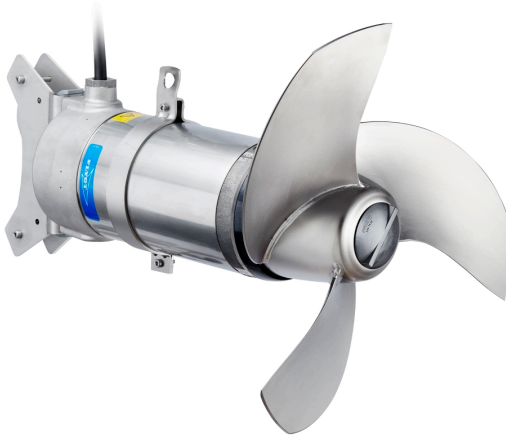
Atıksu arıtmada biyolojik olarak fosfor giderimi amacıyla ortama beşinci basamak olarak havasız havuz, konulmuştur.

2.1 Anaerobik Havuz

Bardenpho prosesi; 5 basamaklı ve birinci basamağı anaerobik; 3 adet seri bağlı karusel havuzların ilk kısmı atıksuların özelliklerinden dolayı muhtemelen anoksik olabilir, ikinci ve üçüncü bölümleri anaerobiktir.

0,5- 1,50 saat hidrolik bekletme süresine sahip Bio-P havuzu takip eden iki anoksik ve iki aerobik havuz seri olarak projelendirilir.

Her havuzun girişindeki, çıkışındaki ve havuzlar arasındaki motorlu kapaklar sayesinde, her bir havuzun ayrı ayrı çalıştırılması veya gerekmesi durumunda devre dışı bırakılması mümkündür. Havuz çıkışlarındaki savak tipi çalışacak aktüatörlü motorlu kapaklar ile havuzdaki su seviyesini ayarlamak mümkündür. Ayrıca havuzlarda MLSS'nin çökmeyi ile oluşacak ölü bölgeler nedeniyle hacim kayıplarını önlemek, havuzlarında atıksuya itme hareketi vermek ve istenilen akım karakteristiğini sağlamak amacıyla, havuz tabanında 0,3 m/s hız sağlayacak şekilde dalgıç mikserler monte edilir. Hızlarını ayarlamak için değişken devirli redüktörler kullanılır. Genelde dikey monte edildiklerinden türbin karıştırıcı olarak da adlandırılırlar (**Şekil 6**).

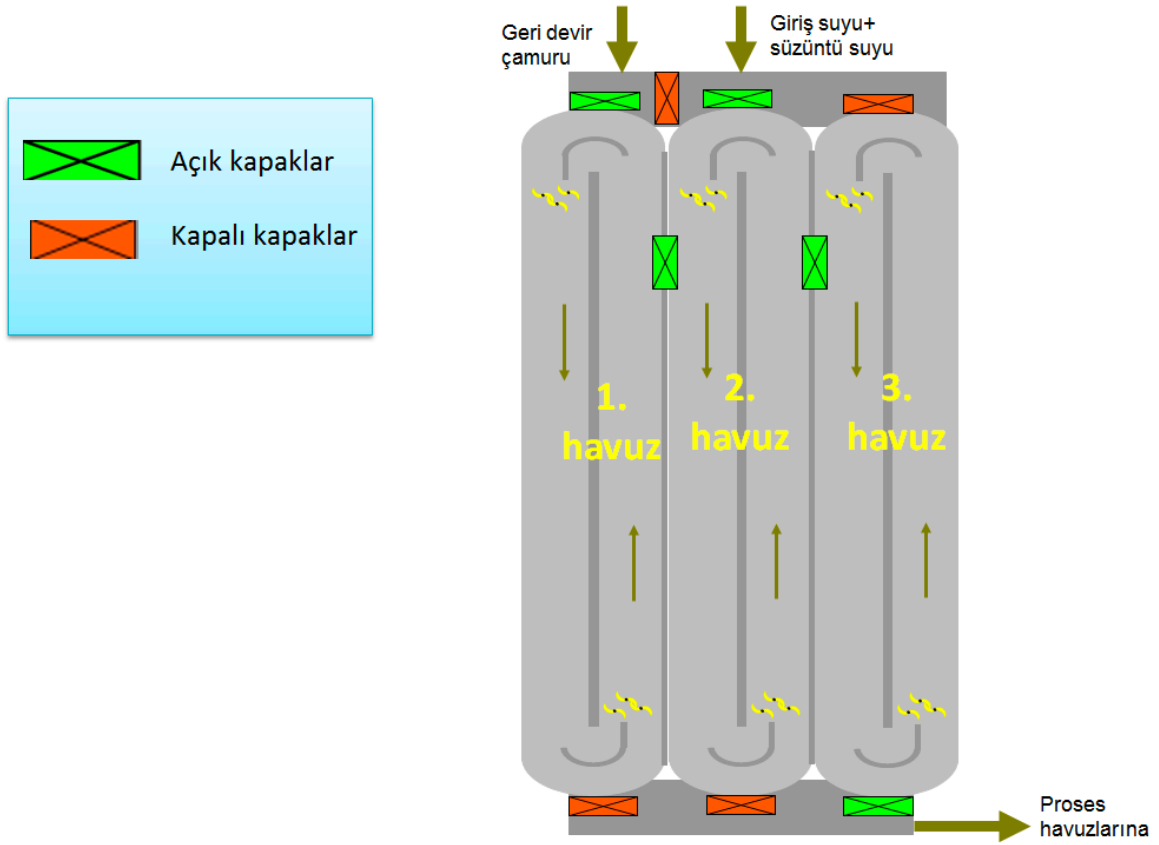


Şekil 6 Dalgıç Tip Mikser

Aynı zamanda havuz perdeler yardımıyla bölünür, atıksuyun havuz içinde daha fazla dolaşması sağlanır.

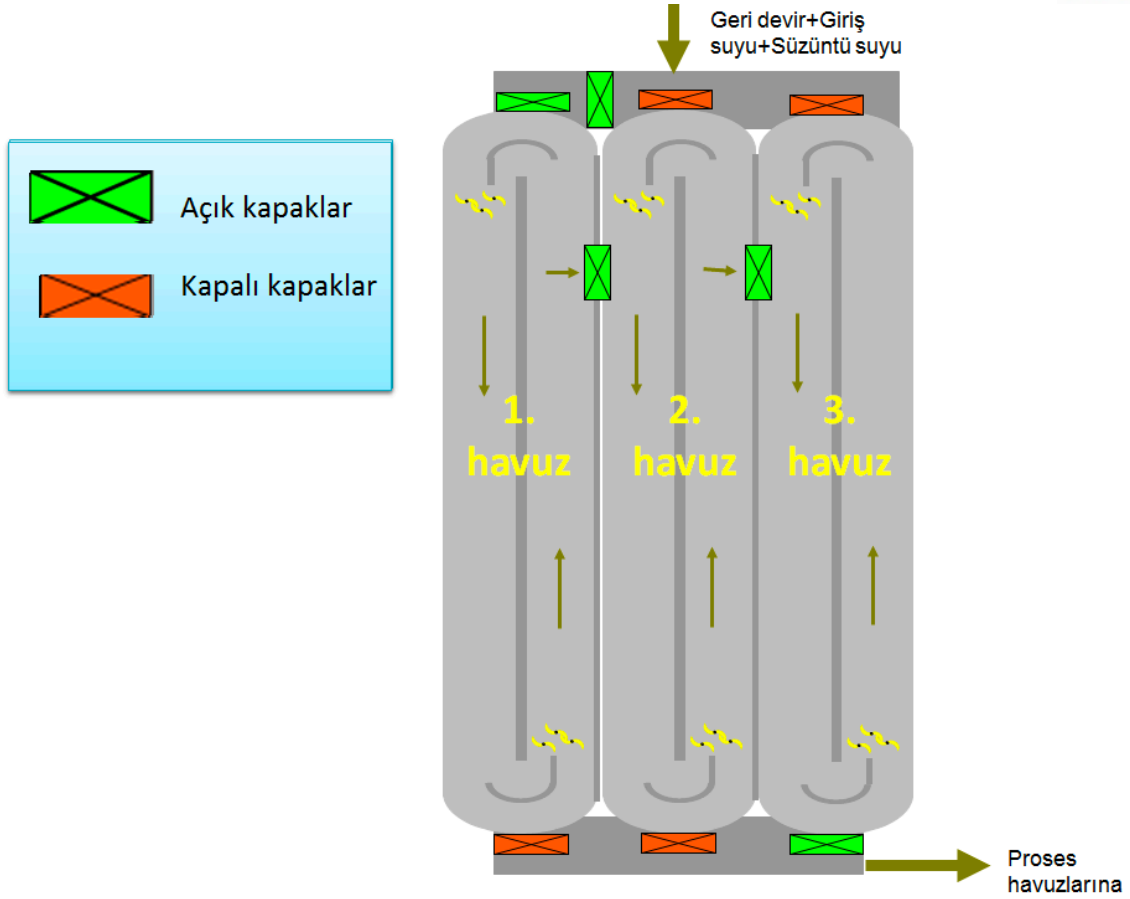
Bio-P tanklardan birincisine çöktürme havuzundan direk geri devir çamuru alınarak burada fiziksel arıtmadan gelen atıksu ile karıştırılır ve atıksuda kolay ayrışabilen çözülmüş organik karbonla geri devir çamurundaki nitrat harcanmadan tamamı biyolojik fosforun çözünmesi için kullanılır.

Bio-P havuzlarının birincisi istenildiğinde sadece geri devir çamuru (RAS) alınacak şekilde tasarlandığından, bu havuzda geri devir çamurundan gelen nitratin, giriş suyundaki karbonu harcamadan denitrifikasyon ile giderimi sağlanmış olur. Bunun sonucunda, bio-P giderimi için gerekli olan, fiziksel arıtmadan gelen atıksudaki, çözülmüş kolay ayrışabilir organik karbon geri devirden gelen nitrat ile harcanmayacak ve tamamı bio-P giderimi için kullanılabilir. Bu çalışma koşulunda giriş suyu da ikinci bio-P havuzuna alınacaktır; geri devir ile ham atıksu ikinci bio-P havuzunda karışacaktır (Şekil 7).



Şekil 7 Geri Devir Çamurunun Bio-P Havuzuna Alınması Durumu

Diğer bir işletme alternatifi de geri devir çamuru (RAS) ve fiziksel arıtmadan gelen atıksuyun suyunun dağıtım yapısında karıştırılarak doğrudan birinci bio-P havuzuna alınmasıdır. Bu çalışma sistemi aşağıda gösterilmiştir (Şekil 8).



Şekil 8 Geri Devir Çamuru ile Giriş Atıksuyunun Karıştırılarak Dağıtım Yapısında Karıştırılarak Birinci Havuza Alınması Durumu

Anaerobik havuzda çözünür olmayan fazdaki polifosfatlar, çözünür fosfata dönüşerek serbest hale geçirecek bakterilerin sistemde gelişebilmesi için kullanılır. Bu bakterilerin önemli bir özelliği, büyümeleri için gerekli olan fosfor miktarından daha fazlasını bünyelerine alabilmeleridir. Kısaca, anaerobik şartlar altında bakteriler su fazına, çözünür fosfatı, bırakırlar ve aerobik şartlarda ise sudan fosfat alırlar.

Anaerobik havuza çamur içindeki NO_3^- gidermek için çöktürme havuzundan aktif çamur geri devri (RAS) yapılır. RAS, aktif çamur geri devri, nihai çöktürme havuzunda çöktürerek fosfat giderimine katkı verir.

Atıksularda düşük BOD konsantrasyonları, birincil arıtma işlemlerinde aşırı BOD giderimi ve aşırı akıcı veya katı su arındırıcı yan akım fosfor konsantrasyonlarını gideren katı maddelerin seyreltilmesi, BOD:P oranlarının (>25) Bardenpho prosesi için optimum aralığın altına düşmesine neden olabilir.

Aynı zamanda, havuz girişinde oksijen konsantrasyonunun sıfır olması istenmektedir; girişteki oksijen konsantrasyonunu ölçmek amacıyla birinci havuza bir adet oksijen metre takılır ve ölçümler yapılır.

Anaerobik havuzlarda hidrolik bekletme süresi 0,5-1,5 saat olarak değişmektedir.

Anaerobik havuzda çamur yaşı 1,5-2 gündür. Bu süre, gelişmiş biyolojik fosfor giderimi reaksiyonlarının gerçekleşmesi için yeterli zamandır.

2.1.1 TKN/COD Oranı

Çöktürme havuzundan aktif çamur geri devri ile nitratın anaerobik bölgeye geri dönüşünün en aza indirilmesi, fosforun verimli olarak çözünür faza geçmesi için çok önemlidir. Bu olay, atıksuyun daha düşük bir TKN/COD oranı $<0,07-0,08$ olması ile desteklenir. Benzer şekilde, atıksudaki kolaylıkla biyolojik olarak parçalanabilen (çözünür) fraksiyonu ve yeterli anaerobik şartlarda bekleme süresi, yüksek konsantrasyonları, bu süreçte genel olarak forfor uzaklaştırılmasını artırır.

TKN/COD oranının $>0,08$ 'den yüksek olması etkili arıtma için tavsiye edilmez. Çünkü çamur geri devir döngüsündeki yüksek nitrat seviyeleri, biyokütle tarafından anaerobik alım için mevcut biyolojik olarak çözünebilir organik karbon miktarını azaltır.

Geri devir çamurundaki nitrat, anaerobik şartlardan etkilenebilir. Anaerobik reaktörde ORP'i kontrol edilmelidir. ORP, -100 mV'den daha düşükse, çamur geri devir (RAS) oranı azaltılmalıdır. Böylece nitratlardaki oksijen, atıksuyun oksijen talebinden daha az olur.

2.1.2 Fosfor Biriktirme Organizması (PAO)

Anaerobik havuz girişinde, fiziksel olarak arıtılmış atıksuyun geri devir edilen çamur ile karıştırılması esnasında atıksu içerisinde bulunan asetik asit ve propiyonik asit gibi biyolojik olarak hızlı parçalanabilir organik bileşikler, PAO (Phosphorus-Accumulating Organism) bakterileri tarafından hızlıca kullanılır ve Polyhidroksialkanatlar (PHAs) olarak adlandırılan enerji-zengin karbon bileşiklerine dönüştürürler ve depolarlar. Bu proses için gerekli enerji, atıksu içinde bulunan polisfosfat moleküllerinin ortofosfata hidrolizi ile elde edilir. PAO bakterileri daha fazla PHAs tutabilmek için bünyelerindeki polifosfatı, orto fosfat ($O-PO_4$) olarak salımlar. Böylece anaerobik ortamda ortofosfatlar çözünür fazda geçerler ve çözünür fazda fosfor konsantrasyonu artar.

Aerobik ya da anoksik koşullar altında depolanan PHB (polihidroksibütirat) hücre gelişimi, polifosfat sentezi, glikojen oluşumu ve bakım için kullanılır.

Biyolojik fosfor giderimini etkileyen faktörler üç gruba ayrılır. Bunlar;

1. İlk grup sıcaklık, pH ve çözülmüş oksijen gibi çevresel faktörleri içerir.
2. Katı maddelerin alıkonma süresi, hidrolik bekleme süresi gibi dizayn parametreleri ikinci grubu oluşturur.
3. Üçüncü grup biyolojik olarak indirgenebilir substrat konsantrasyonu, uçucu yağ asidi üretimi ve anaerobik havuzdaki nitrat konsantrasyonudur.

PAO (Phosphorus-Accumulating Organism)'ler, aerobik bakterilerdir ve anaerobik şartlarda tekrar üremez ve hücre içi karbon bileşiklerini depolarlar. PAO, depolanan polifosfat rezervlerini metabolize eder ve tüketilen her miligram asetat için 0.4 ila 0.5 miligram fosfor salgılanır, polifosfatı orto-fosfat olarak serbest hale geçirerek bu işlem için enerji elde ederler.

Badenpho işleminin anaerobik fazının, PAO'ların sonraki aerobik fazdaki çalışmaları için hazırlandığı şartlandırma ünitesi olarak düşünülebilir.

Prosesin aerobik fazında PAO'lar, anaerobik ortamda tüketilen sarf malzemelerini doldurmak için çoğalabilir ve fosfat alabilirler. Anaerobik ortamda oluşturulan karbon rezervlerini oksitleyerek, PAO'lar aerobik koşullar altında salınanlardan daha fazla fosfat depolayabilirler çünkü anaerobik koşullar altında salınanlardan önemli ölçüde daha fazla enerji üretilirler.

Anaerobik bölgede havasız koşulların oluşturulması ve sürdürülmesi için PAO'ların, VFA'ları tüketebilmeleri ve karbon bileşikleri depolayabilmeleri kritik öneme sahiptir. VFA'lar, anaerobik bölgede rbCOD (biyolojik olarak parçalanabilir karbonluların oksijen ihtiyacı) fermentasyonu olsa da üretilir veya başka kaynaklardan desteklenebilir. **Genel kural olarak, PAO'ların gelişmesinde yeterli koşulları sağlamak için anaerobik havuz öncesi karıştırılmış atıksuyun minimum etkili için BOD:P oranının 25:1 olması gereklidir. Etkili BOD:P oranları 30:1 ila 40:1 arasında daha rahat bir marj sağlanmaktadır.**

Atıksu içinde oksijenin veya nitratların varlığı, PAO'ları, diğer bakteri popülasyonları ile rekabetçi bir dezavantaja yerleştirerek işlemi bozar. PAO'lar depolanan polifosfat kaynaklarının metabolizması (ve serbest bırakılması) yoluyla anaerobik fazdaki karbon bileşiklerini biriktiremezlerse, sonraki aerobik fazdaki fosfatları alamazlar.

Asetat alımı ile eş zamanlı olarak ortofosfatların ve ayrıca magnezyum, potasyum ve kalsiyum katyonlarının salınır. PAO içindeki PHB içeriği, polifosfat azaldıkça artar.

İkincil Fosfor Salımı: Anaerobik havuzda PAO'lar, depolanmış polifosfatları salıverir ancak mevcut VFA'ları alamazlarsa bu olay meydana gelir. Bu problemten dolayı aerobik fazda fosfor alımı gerçekleşmez.

Karışık sıvı geri devrinde ikincil bir salım meydana gelebilir. Karışık sıvı geri devrinde çözünür fosfor konsantrasyonunu kontrol edilmelidir. Çözünebilir fosfor 0,5 mg/l'den büyükse, aerobik reaktördeki hidrolik bekleme süresi (HRT) azaltılmalıdır.

2.1.3 Uçucu Yağ Asidi (VFA)

Badenpho koşullarını optimize etmek için debideki ve kirlilik yükü değişikliği en aza indirilmelidir. Debideki değişkenlik, süreci bozabilecek değişken anaerobik ve aerobik temas sürelerine neden olabilir. Debi ve kirlilik yük değişkenliği BOD:P oranını etkiler ve dolayısıyla Badenpho sistemlerinin başarılı çalışmasını tehlikeye atabilecek yeterli VFA'nın bulunmasını da etkileyebilir.

Bio-P giderme işleminde, her mg P gidermek için 7 ila 10 mg VFA gerekir.

Anaerobik bölgeye yüksek oranda NO_3^- 'li aktif çamurun geri devri (RAS), fermentasyonla girişim yapar ve VFA konsantrasyonunu azaltır.

VFA, çamur geri devrinden etkilenebilir;

- Anaerobik bölgeye yüksek miktarda NO_3^- içeren çamur geri devri (RAS), VFA miktarını azaltarak fermentasyonda girişimde bulunur.
- Aktif çamurun geri devrinde hava basma pompaların kullanılması ile hava üretilir ve anaerobik bölgeye istenmeyen oksijen verebilir.

Çamur susuzlaştırma ünitesinden çıkan atıksuyun geri devri, atık sularda TP konsantrasyonunu etkili bir şekilde artırabilir ve anaerobik fazda yetersiz VFA'lar mevcut olduğunda badenpho işlemini engellemek için yeterli BOD:P oranını azaltabilen önemli miktarda fosfor içerebilir. Anaerobik havuzda BOI/VFA oranı 25:1 düşük olmamalıdır. Bu durumda geri dönüş debilerini harmanlamak yerine eşitlenmelidir. Dekantörde, çamur şartlandırma işlemleri programlanmalıdır. Gerekirse yan debi akışları kimyasal bileşiklerle FePO_4 ve AlPO_4 şeklinde giderilebilir.

Anaerobik bölgede fosfor konsantrasyonu normalden yüksekse, çamur geri devri, RAS, muhtemel nedendir. Fosfor yükünü işlem kabiliyetine sınırlandırmak için yan akım akışın düzenlenmelidir.

2.2 Birinci Anoksik Havuz

Anaerobik havuzda, heterotrofik bakteriler, çözülmüş oksijen yerine nitrattaki oksijeni kullanmak suretiyle KOI/BOI oksidasyonunu sağlar. Denitrifikasyon sürecinde nitrat, azota (gaz fazına) indirgenir. Başarılı denitrifikasyon işlemi için BOI/TKN oranının 5/1 olması

idealdir. Minimum BOI/TKN oranı 3/1 olmalıdır. Aksi durumda dışarıdan karbon kaynağı ilave etmek gerekir. Düşük BOI/TKN oranı yetersiz denitrifikasyona neden olur.

Ortam sıcaklığı 20°C'den 10°C'e düşmesi denitrifikasyon reaksiyonunu yaklaşık %75 oranında düşürür.

Azot gidermede optimum nitrifikasyon reaksiyonu için çamur yaşı (Solid Retention Time, SRT), uzun süre stabil kalmalıdır. Çamur yaşı, ortam sıcaklığını, pH'ı, çözülmüş oksijen (ÇO) ve amonyum konsantrasyonunu etkiler. Anoksik havuzda sıcaklık, 7°C'den yüksek ve pH, 6,8-7,4 arasında olmalıdır.

Diğer yandan 1 mg azotu gidermek için 7,14 mg CaCO₃/L, alkaliniteye ihtiyaç vardır. Stabil pH aralığı için alkalitenin 100 mg/l olması tavsiye edilir.

Aerobik nitrifikasyon işleminin yapıldığı üçüncü havuzun çıkışı bölgesinden geri devir edilen ve yüksek konsantrasyonda nitrat içeren atıksu, buradaki anoksik havuz içerisinde anaerobik havuzdan gelen atıksu ile karıştırılır.

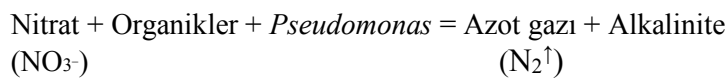
Çözülmüş oksijen yokluğunda karışık sıvıdaki mikroorganizmalar nitrate bağlı oksijeni kullanarak atıksu içerisindeki biyolojik olarak parçalanabilir karbonluları okside ederler.

Bu oksidasyonla, atıksuyun hem BOI yükü azalır hemde oksijeni mikroorganizmalar tarafından kullanılan nitrat, azot gazına dönüşür. Nitrat gideriminin üçte ikisi birinci anoksik havuzda gerçekleşir.

Havuzda MLSS'nin çökelmeyi ile oluşacak ölü bölgeler nedeniyle hacim kayıplarını önlemek, havuzda atıksuya itme hareketi vermek ve istenilen akım karakteristiğini sağlamak amacıyla, havuz tabanında 0,3 m/s hız sağlayacak şekilde dalgıç mikserler monte edilir (**Şekil 6**).

Anoksik havuzda, çözülmüş oksijen (ÇO); 0-0,1 mg/l olmalıdır. Eğer anoksik havuzda ORP, -100 mV'in altında ise ortam anaerobik demektir.

Anoksik ortamda denitrifikasyon reaksiyonu:



şeklinde gerçekleşir.

Anoksik havuzda, denitrifiye edici bakteriler etkilidir ve CBOD'yi metabolize etmek için nitrat oksijenini kullanmayı tercih eder. Bölgedeki herhangi bir oksijen, bakteriler nitratı azaltmaya başlamadan önce kullanılacaktır.

2.3 Birinci Aerobik Havuz

Bu aşamada, anoksik havuz çıkışı aerobik üniteye verilerek geri kalan KOİ/BOİ'de burada heterotrofik bakteriler tarafından oksidasyona uğrar. Bu üniteye nitrifikasyon işlemi gerçekleşir.

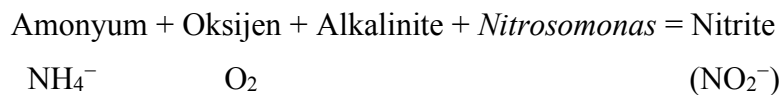
Aerobik bölgede, depolama ürünlerinin oksidasyonu ile enerji üretilir ve hücre içindeki polifosfat depolaması artar. Depolanan PHB (polihidroksibütirat), yeni hücre büyümesi için oksidasyon ve karbondan enerji sağlayan metabolize edilir. Bazı glikojen, PHB metabolizmasından üretilir. PHB oksidasyonundan salınan enerji, hücre depolanmasında polifosfat bağları oluşturmak için kullanılır. Çözünabilir ortofosfat çözültiden çıkarılır ve bakteri hücresi içindeki polifosfatlara dahil edilir. PHB kullanımı ayrıca hücre büyümesini artırır ve yüksek polifosfat depolamalı bu yeni biyokütle, fosfor giderimini sağlar. Biyokütlenin bir kısmı boşa harcandığında, depolanan fosfor atık çamurla nihai olarak atılması için biyolojik arıtma reaktöründen uzaklaştırılır.

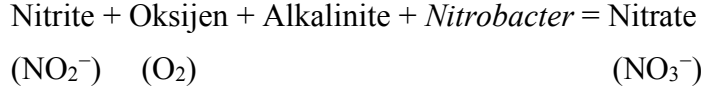
Biyolojik depolama ile uzaklaştırılan fosfor miktarı, atık su akıntısında mevcut olan bsCOD miktarından tahmin edilebilir.

Sisteme gereken çözülmüş oksijen, kabarcıklı ya da yüzey havalandırma yöntemiyle verilir. Ototrofik bakteriler, anoksik üniteden gelen ve atıksu içinde bulunan amonyağı okside ederek sırasıyla nitrit ve nitrate dönüştürür. Ortamda oksijen değeri maksimum 0,6-1,2 mg/L olması oldukça uygundur ve bu konsantrasyon korunmalıdır. Aerobik havuzda oksijen konsantrasyonu 0,6 mg/L'in altına düştüğünde havalandırıcı devri artırılmalı ve 1,2'nin üzerine çıktığında havalandırma devri düşürülmelidir. Bu, aktif çamur işleminin uygun şekilde çalışmasını ve aşırı çözülmüş oksijen içeren atıksuyun, anoksik faza geri geri devrini önleyecektir.

Birinci havalı bölüm çıkışından sıvı karışımın bir kısmı anoksik bölümüne geri beslenir. İçsel geri devri, atıksu debisinin %200 ila %400 oranında aerobik ünite çıkışından anoksik ünite girişine geri devir (besleme) yapılır. Geri devir debisi, 2Q-4Q, aralığında değişmekle beraber tipik olarak 4Q mertebesindedir. Geri devir atıksuyunda nitrat konsantrasyonu oldukça yüksek olabilir.

Aerobik şartlarda nitrifikasyon reaksiyonu;





Nitrifikasyon işleminin gerçekleşmesi için pH'nın, 6,8-7,4 arasında olması tavsiye edilir.

Temel bir kural, 20°C ila 10°C arasındaki bir sıcaklık değişiminin nitrifikasyon oranını yaklaşık olarak %30 oranında düşürür. Bu da eşdeğer bir atık amonyak konsantrasyonu üretmek için MLSS kütlesinin yaklaşık üç katını gerektirir.

Nitrifikasyon işleminde, alkalilikliği 1 mg azot başına 7,14 mg CaCO₃ oranında tüketecektir. Sistemde pH'ı dengelemek için alkalinitenin en az 50 mg/L ve tercihen 100 mg/L olması tavsiye edilir.

2.4 İkinci Anoksik Havuz

İkinci anoksik havuzda, içsel organik karbonun elektron verici ve aerobik bölgede üretilen nitratın elektron alıcısı olarak kullanıldığı ileri denitrifikasyon (post-denitrifikasyon) işlemi gerçekleşir.

Birinci aerobik havuzdan birinci anoksik havuza geri devir ettirilmeyen nitrat içeren atıksu ikinci anoksik tanka verilir. Ortamdaki biyolojik olarak parçalanabilir karbonluları, nitratın oksijen kullanılarak okside eder. İkinci anoksik havuz, havalı havuzda oluşan nitratı elektron alıcı, içsel organik karbonu ise elektron verici olarak kullanıp ilave denitrifikasyon sağlar ve atıksudaki nitrat denitrifiye edip azot gazına dönüşür ve atmosfere salımlanır.

Bu havuzdaki nitrat konsantrasyonu birinci anoksik havuzdakine göre daha düşüktür. Karbon kaynağı olarak içsel bozulma kullanılır.

Havuzda MLSS'nin çökmeyi ile oluşacak ölü bölgeler nedeniyle hacim kayıplarını önlemek, havuzda atıksuya itme hareketi vermek ve istenilen akım karakteristiğini sağlamak amacıyla, havuz tabanında 0,3 m/s hız sağlayacak şekilde hızları ayarlanabilir değişken devirli redüktörler dalgıç mikserler monte edilir (**Şekil 6**).

Oksijen konsantrasyonu 0,0-0,1 mg/l ve ORP, -50 ila +50 mV arasında olmalıdır. Eğer anoksik havuzda ORP, -100 mV'in altında ise ortam anaerobik demektir.

BOI/TKN, 5/1 olması idealdir. Aksi durumda dışarıdan karbon kaynağı ilave etmek gerekebilir.

2.5 İkinci Aerobik Havuz

Son aerobik havuzda mikroorganizmalar, karbon oksidasyonuna devam eder.

Uygun koşullar bulunduğundan PHB (PoliHidroksiBütrat) polimerlerini okside edip elde edilen enerjiyle atıksudan hücre içine fosfor alımı devam ettirilir. Böylece, bakiye çözünür fosfor çözünür olmayan forma dönüşür.

Çöktürme tankı içerisinde anaerobik ortam oluşmasını engellemek için gerekli havalandırma sisteme kazandırılır. Bu şekilde hücre içindeki fosforun tekrar dışarı çıkması, çözünür faza geçmesi önlenir.

İkinci aerobik bölge ise bakiye azot gazını sudan sıyrılması, atmosfere verilmesi ve çökeltme havuzunda fosfor açığa çıkmasının önlenmesi amacıyla kullanılmaktadır.

ORP, +100 mV ile +300 mV arasında olması, özellikle +250 mV olması tavsiye edilir.

Çıkışta 3-5 mg/L toplam azot konsantrasyonu elde edilebilir.

Uzun çamur yaşında çalıştırıldığından dolayı karbon oksidasyonu kapasitesi yüksektir.

Sonuç olarak, PAO bakterilerinin (phosphorus accumulating organisms) etkinliğinin yüksek olduğu anaerobik ortamlar oluşturularak %80 üzerinde fosfor giderimi sağlanması mümkündür. Daha sonra aerobik bölgede bünyelerindeki PHA'yi enerji ve karbon kaynağı olarak kullanarak hücre çoğalması için tekrar fosfor almaya başlayacaktır. Hem kullanılan PHA'in yerine hemde yeni oluşan bakterilerin oluşumu için daha fazla fosfor kullanımı gerçekleştirerek atıksudaki fosfor, mikroorganizma bünyesinde tutulur. Çöktürme havuzunda fosfor, çamur ile çöktürülerek uzaklaştırılmış olur.

Fosfor artışı, arıtılmış atıksu deşarjında askıda katı maddeler ile ilişkilendirilebilir. Anoksik reaktörde ORP'e kontrol edilmelidir. ORP +50 mV'den büyük olursa, aerobik bölgeden nitrat geri devri azaltılmalı, böylece nitratlardan gelen oksijen, talepten daha az olur.

İkincil bir fosfor salınımı, çamur çöktürmeden ileri gelir. Çamur çöktürmenin ORP'sini kontrol edilmeli ve ORP'de okunan değer 0 mV'nin altındaysa, blanket seviyesini azaltılmalıdır.

Çökebilen katı maddeler, çöktürme havuzunun tabanına 'çamur battaniyesi' diye tabir edilen bir örtü şeklinde birikmelidir. Bu çamur battaniyesinin yönetilmesi tüm prosesin verimi için büyük öneme sahiptir. Çamur battaniyesinin seviyesi işletme farklılıklarına göre değişmekle beraber, çamur battaniyesi genellikle 0,5–1,0 m arasında korunmalıdır. Çamur battaniyesi kalın olduğunda, çamurun çöktürme havuzundan yavaş, geri devrettirildiğini gösterir. Bu durumda geri devir hattında katı konsantrasyonu yüksek olacaktır. Çökelen çamur çöktürme havuzunda uzun süre kaldığında kütleli çökebilen katı maddeler yükselmesine ve mikroorganizmaların



faaliyetlerinin yavaşlamasına sebep olur. Çamur örtü seviyesi yüksek tutulduğunda, debinin arttığı saatlerde türbülans oluşarak katıların çıkışa doğru yükselmesi söz konusu olacaktır. Çamur battaniyesi kalın olduğu halde yoğunluk az ise çamurun çökme kabiliyeti azdır. Çamur battaniyesinin ince olması çamurun hızlı çekildiğinin göstergesidir. Bu durumda katı konsantrasyonu az olacaktır. En çok kullanılan geri devir yöntemleri, son çöktürme havuzuna giren debiye bağlı ve çamur battaniyesi seviyesine bağlı olarak debinin ayarlanmasıdır.

3 ARITMA TESİSİNDE ÖLÇÜLECEK PARAMETRELER

5 basamaklı bardenpho prosesi basamaklarında numune alma noktaları, teklif edilen analiz sıklığı ve optimum değerleri Tablo 5’de verilmiştir.

Tablo 5 Proses Kontrol Parametreleri

(Optimum Bio-P giderimi ve Optimum Nitrifikasyon/Denitrifikasyon Esas)

Analizler	Numune Alma Bölgeleri	Teklif Edilen Sıklık	Optimum Değerler
Çözünmüş Oksijen (ÇO)	Anaerobik, anoksik, aerobik havuzlar ve aerobik havuzların sonu	Sabit veya günde en az 2 defa	Anaerobik havuzda ÇO; 0 mg/L Anoksik havuzda ÇO, 0,0-0,1 mg/L, Aeroksik havuzda ÇO, 0,5-1,0 mg/L
Oksidasyon Redüksiyon Potansiyeli (ORP)	Anaerobik, anaoksit ve aerobik tanklar	Sabit veya günde en az 2 defa	Aerobik, ORP; +50 - +300 mV, Tavsiye; 250 mV, Anoksit, ORP:+50 - -50, -100 ve üzeri anaerobik Anerobik; ORP; -100 - -300,
Sıcaklık	Anaerobik, anaoksit ve aerobik havuzlar	Günlük	Optimum, 20 °C
pH	Arıtma tesisi girişi, Anaerobik, anaoksit ve aerobik havuzların giriş ve çıkışı, arıtılmış suyun deşarjı	Günlük	6,8-9,0 (7,4 üzerinden başlayarak serbest hale geçen NH ₃ ile toksite etkisi başlar)
Orto-fosfat (veya TP)	Tüm basamakların giriş ve çıkışları, dekantör gibi yan akım atıksulatu	Günde en az 1 defa	Atıksu giriş değeri, mg/L arıtılmış su, dekantör gibi yan akım atıksuları, müsaade edilen değer, mg/L
Amonyum	Tüm basamakların giriş çıkışları, yan akımlar	Günlük	Atıksu; 12-50 mg/L, Deşarj müsaade edilen değer, mg/L
Nitrat/nitrit	Tüm basamaklar bölgesi, RAS, arıtılmış su	Günlük	Deşarj değeri 0,0 mg/L, RAS, <% giriş değerinin veya daha azı
MLSS	Aerobik havuzların çıkışları	Günlük	Tesis için optimum değer
MLVSS	Havalandırma üniteleri çıkış bölümü	Haftalık	Toplam katı maddelerin %75’i
Arıtılmış atıksu AKM	Deşarj suyunda 24 saatte bir kompozit veya grab	Günlük	P bertaraf için müsaade edilen limit, daha düşük daha iyi
RAS/WAS’da askıda katı madde, AKM	RAS/WAS hat	Günlük	1,5-2,0xMLSS
Yan akımlar* (AKM, BOI, N, NO₃, P)	Sisteme geri devri yapılan tüm yan akımlar	Yan akımlar geri devri yapıldığı zaman	Mümkün olduğunca düşük
30 dakikalık çöktürme testi	Aerobik ünitelerin sonu	Günlük	100-400 ml, optimum SVI=100, denitrifikasyon yok

Çöktürme havuzunda katı madde	Son çöktürme havuzu	Günlük	15-91,44 cm, RAS oranına bağlı, denitfikasyon belirtisi yok
BOI	Giriş atıksu, arıtılmış su, 24 saat kompozit	Müsaade edildiği gibi	Müsaade edildiği gibi & optimum BOI:P oranı
KOI:P (Biyobozunur çözünebilir KOI)	Giriş atıksuyu	Günlük	KOI:P>25 mg/L; KOI:P> 40; çözünür KOI:P >15
TKN	Giriş atıksuyu	Haftada bir	Tipik, 20-86 mg/L, organik azot, TKN'nin yaklaşık %40'ı
VFA	Giriş atıksuyu	Günlük	7-10 mg/L P bertarafı
Sülfat	Giriş atıksuyu; septik bölge girişi	Arıtma tesisinde problemlerle karşılaştığında	>500 mg/L üzerinde nitrifikasyonu inhibe eder.
Karışık sıvıda Mikroskopik analiz	Aerobik bölgelerin sonu veya çöktürme havuzunda	Haftalık; tesiste anormallikler olduğunda daha sık	Tüm faydalı mikroorganizmaların ve protozoaların iyi oranı; poliposakkarit yok / fazla filamentli büyüme

*Yan akışlar, filtre geri yıkama, santrifüj merkezli, anaerobik sindirici süpernatant, aerobik çürütücü dekant, filtre pres veya yerçekimi kemer koyulaştırıcı süzöntü, DAF yardımcı maddeleri, kompostlama sızıntı suyu sızıntısı, çamur yakma scrubber su ve çamur kurutma veya Reed yatak alt drenlerini içerir.

KOI ve BOI₅ analizleri yapıp ortak bir grafik çıkartılmalı: KOI/BOI₅ oranı; 2 veya 1,8 arasında değişiyorsa devamlı BOI₅ analizi yapmaya gerek yoktur. KOI değerinden BOI₅ değeri tahmin edilir.

4 ANOKSİK HAVUZ HACMİNİN HESABI

1. Arıtılmış atıksu deşarjında toplam azot (TN) miktarının istenilen seviyeden daha düşük olması için, havalandırma tanklarına giren yeterli karbon (BOI) olup olmadığını (BOI/TN) oranlarının ne kadar olması gerektiği kolayca tahkik etmek,
2. Havalandırma tanklarına giren atıksudaki BOI ve TKN değerleri bilindiği zaman, çıkıştaki TN konsantrasyonun düşürülebileceği en düşük değere düşürmek
3. Çıkıştaki toplam azot (TN) miktarının istenilen seviyeden daha az olması için; anoksik bölgenin ne kadar artırılması gerektiği,

için anoksik bölge hacminin ne kadar genişletilmesi veya daraltılması gerektiği aşağıdaki denklemlerle tespit edilebilir.

Arıtılmış suyun;

$$\frac{(TN_{Giriş} - TN_{Çıkış})}{BOI_{giriş}} - 0.05 \leq 0.15$$

ATV – 131

hesaplanır.

Burada; TN, giriş ve arıtılmış (çıkış) atıksudaki azot değerleri (nitrat, amonyum azotu ve organik azot toplamı), BOI giriş atıksuyunun BOI₅ değeridir. Bu değeri pratik olarak çözmek için KOI ve BOI₅ analizleri yapılır ve BOI₅/KOI oranı belirlenir. BOI₅/KOI oranına göre, BOI₅ değerleri, 5 gün beklemeden 2,5 saat gibi kısa süre içinde belirlenir. Bu BOI₅, KOI deneysel çalışmaları zaman zaman güncellenir.

4.1 Anoksik Hacim Oranın Hesaplanması

Denitrifikasyon için;

$$DN_{pot} (\text{Gerekli Denitrifikasyon Potansiyeli}) = ((TN_{giriş} - TN_{çıkış})/BOI_{giriş}) - 0.05$$

Eğer nitrat çıkış (deşarj) değeri 10 mg/L ise TN_{çıkış} değeri 10 alınır. Buna göre;

$$V_d/V_T = [(TKN_{giriş} - 10)/(BOI_{5giriş} - 0.05)] * 10/3$$

Denklemleri kullanılarak anoksik havuz hacim oranının ne kadar olması gerektiği hesaplanabilir.

Burada;

TKN_{giriş}, arıtma tesisine giriş atıksuyunun Toplam Kjeldahl Azotu,

BOI_{giriş}, arıtma tesisine giriş atıksuyunun BOI₅ değeri,

V_d; Denitrifikasyon bölgesinin hacmi (m³),

V_{AT}; Nitrifikasyon bölgesinin hacmi (m³)

Yukarıdaki denklemlere göre anoksik bölge hacmi oranı;

- $V_d/V_T = 0,15$ ise $0.15*(10/3) = \%50$,
- $V_d/V_T = 0,12$ ise $0.12*(10/3) = \%40$,
- $V_d/V_T = 0,20$ ise $0.20*(10/3) = \%67$,

olarak hesaplanır. Bardenpho prosesinin son 4 kademesinde hesaplanan oranda anoksik işlem yapılmalıdır.

En fazla %50 ve en düşük oran ise %20 olmalıdır.

Denitfikasyon işleminde karbonun yeterli olup olmadığını tespit etmek için;

- ✓ $((TKN_{giriş} - TN_{çıkış} (X) \text{ veya hassas alanlar için deşarj sınır değeri } 10 \text{ alınır, direk } 10 \text{ kullanılır})/BOI_5) - 0.05 \leq 0,15$

denklemini kullanılır. Eğer hesaplanan değer 0.15'den küçükse denitfikasyon işlemi için karbon yeterli demektir.

- ✓ Çamur yaşı <10 günden küçükse;

$((TKN_{giriş} - TN_{çıkış}(X) \text{ (veya hassas alanlar için deşarj sınır değeri } 10 \text{ alınır, direk } 10 \text{ kullanılır)})/BOI) - 0.04 \leq 0,15$

denklemini kullanılır.

- ✓ Çamur yaşı >10 günden büyükse;

$$TN_{çıkış} = TKN_{giriş} - 0.20 * BOI_{giriş}$$

Çıkış toplam azot hesaplanabilir.

Anoksik şartlarda; ORP: -50 mV ile +50 mV arası, ÇO; 0,1-0,0 mg/l olması tavsiye edilir.

Anoksik ünite de eğer ORP: -100 mV ve altına düşerse ortam anaerobik olur.

Aerobik şartlarda ORP: +400 mV kadar çıkabilir. Aerobik tanklarda ÇO ölçülmelidir.

NO₃⁻ değeri, eğer 10 mg/l altında ise birinci aerobik çıkışından atıksu bir pompa ile birinci anaoksit tankına pompalanmalıdır.

NO₃⁻ değeri, eğer 10 mg/l üstünde ise birinci aerobik tank çıkışından atıksu iki pompa ile birinci anaoksite atıksuyu pompalamak gereklidir.

NO₃⁻ değeri eğer 10 mg/l üstünde ve hala yüksek ise birinci aerobik tank çıkışından 3 pompa ile birinci anaoksite pompalanmalıdır.

Oksidasyon ünitesinde ÇO; nitrat verilmeden önceki kısımda yapılması gereken değerlerin tespitine yardımcı eder.

5 ÇAMUR YAŞI, SRT

Mikroorganizmaların havalandırma havuzunda ortalama kalış süresini ifade etmektedir. Çamur yaşı aktif çamurun ne kadar sürede kendini yenilediğini hesaplamaya yardımcı eder.

Çamur yaşı (SRT (gün) =

$$\frac{(\text{Tankların toplam hacmi (m}^3\text{)} * \text{tanklardaki MLSS (UAKM) (kg/m}^3\text{)})}{(\text{Çamur çöktürme ünitesinden çekilen çamur hacmi (m}^3\text{/gün), WAS, * Çekilen çamurun konsantrasyonu (kg/m}^3\text{)})}$$

Burada;

$$\text{MLSS (kg)} = V (\text{m}^3) * (\text{MLSS}) (\text{kg/m}^3) * 8.345$$

$$\text{WAS (kg/gün)} = Q_{\text{çekilen}} (\text{m}^3/\text{gün}) * [\text{MLSS, (UAKM)}] (\text{kg/m}^3) * 8.345$$

$$\text{Tankların toplam hacmi} = \text{Anaerobik Tank} + \text{Anoksik Tanklar} + \text{Aerobik tanklar (m}^3\text{)}$$

$Q_{\text{çekilen}}$: Çöktürme tankından çekilen hacmi (m³/gün)

MLSS: kg/m³

WAS: Çekilen çamurun hacmi (m³/gün),

WAS: Çekilen çamurun konsantrasyonu (kg/m³)

Çamur Yaşı >20 gün'den büyükse aşağıdaki denklem kullanılır.

$t_{ss,dim} \geq 25.1,072 (12-T)$ [Stabil çamur (çamur yaşı >20 gün) için formül]

formülü ile bulunur.

Burada;

$t_{ss,dim}$: Çamur Yaşı (gün)

T : Atıksu sıcaklığı (°C)'dir.

Çamur yaşı hesaplandıktan sonra;

$t_{ss,dim} = V.X/ Spd$ formülü yardımıyla havuz hacmi hesaplanır.

Burada;

V: Havalandırma havuzu hacmi (m³),

SSAT (MLSS): Aktif çamur havuzundaki mikroorganizma konsantrasyonu (mg/L),

Spd : Sistemde karbon ve fosfor gideriminden dolayı oluşan toplam çamur miktarıdır. (Karbon ve fosfor gideriminden kaynaklı toplam çamur miktarı $SPd = Spd,C + SPd,P$ dir) (kg/gün).

6 KAYNAKLAR

1. Prof. Dr. Ahmet Samsunlu, “Atıksu Artıma Yapılarının Projelendirilmesi”, Birsen Yayınları, 2010.
2. Prof. Dr. Ahmet Mete Saatçi, “Anoksik Hacim Oranın Hesaplanması”, Şifai görüşmeler, 2019.
3. “Phosphorus Treatment and Removal Technologies”, Municipal Division, WastewaterProgram, wq-wwtp9-02, June 2006.
4. Kay Curtin Steve Duerre Brian Fitzpatrick Pam Meyer, “Biological Nutrient Removal”, Minnesota Pollution Control, August 2011.
5. Filiz Doğan, “Mevcut Atıksu Arıtma Tesislerinin Fosfor Giderimi İçin Rehabilitasyonunda Seçeneklerin Değerlendirilmesi”, Çevre ve Orman Bakanlığı, 2010.
6. Ehsan Banayan Esfahani, Fatemeh Asadi Zeidabadi, Alireza Bazargan, and Gordon McKay, “The Modified Bardenpho Process”.
7. MARK GEHRING, “Nutrient Removal Processes”, xylem.
8. Stephen Greenwood, P.E., “A Constant SRT Calculated From Liquid Flows Improves BNR Activated Sludge Performance”
9. “BIOLOGICAL PHOSPHOROUS REMOVAL AN OPERATOR’S GUIDE”, <https://www.mi-wea.org/docs/Biological%20Phosphorous%20Removal%20-%20An%20Operator's%20Guide.pdf>, 2012.
10. ÇİĞDEM BALÇIK, “Evsel Atıksularından Nütrient Gideriminde Pilot Ölçekli Bardenpho İle Kaskat Proseslerinin Karşılaştırılması”, YTÜ, FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ, 2013.
11. “Biological Nutrient Removal Processes and Costs”, https://www.epa.gov/sites/production/files/documents/criteria_nutrient_bioremoval.pdf, 2007.
12. Yağmur UYSALI, Berkin ÜSTÜNYILDIZ, “Beş Kademeli Modifiye Bardenpho Prosesi ile Atıksulardan Azot ve Fosfor Giderimi”, KSU Mühendislik Bilimleri Dergisi, 19(1), 2016.
13. “Atıksu Toplama Ve Arıtma Tesisleri İçin Norm Rehberi”, DSİ, Atıksu Dairesi Başkanlığı, 07 EYLÜL 2016.
14. T. Kubat, G. Smolders, M. C. M. van Loosdrecht and J. J. Heijnen, “Biological Phosphorus Removal From Wastewater By Anaerobic-Anoxic Sequencing Batch Reactor”, WaL ScL Tech. Vol. 27, No. 5-6, pp. 241-252, 1993.
15. Ed Kobylinski, James Barnard, Neil Massart, Amy Kleiwer, Isaac Crabtree, Michelle Wirth, Joe Foster, Les Newton, Heather Phillips, “Starting up a 5-Stage Bardenpho Plant with In-Line Fermentation -One Step at a Time”, WEFTEC 2013.
16. Mostafa M. Emara, Farag A. Ahmed, Farouk M. Abd El-Aziz and Ahmed M. A. Abd El -Razek, “Biological Nutrient Removal in Bardenpho process”, Journal of American Science 2014;10(5s).
17. C. T. Winter, “THE ROLE OF ACETATE IN DENITRIFICATION AND BIOLOGICAL PHOSPHATE REMOVAL IN MODIFIED BARDENPHO SYSTEMS”, Wat. Sci. Tech. Vol. 21, Brighton, pp. 375-385, 1989.



18. Jin Li, Chao He, Tian Tian, Zongkuan Liu, Zhaolin Gu, Guan Zhang, Wendong Wang, “UASB-modified Bardenpho process for enhancing bio-treatment efficiency of leachate from a municipal solid waste incineration plant”, Waste Management 102 (2020) 97–105.
19. “ALMAN ATV-DVWK STANDARTLARI ATIKSU-ATIK”, STANDART, ATV-DVWK – A 131 E Tek Aşamalı Aktif Çamur Tesislerinin Boyutlandırılması, Mayıs 2000.