

ATIKSU ARITMA TESİSİ TASARIMI VE PROJESİ

1. Atıksu Arıtma Tesislerinin Planlama, Tasarım Ve İnşaatı İle İlgili Genel İhtiyaçlar Ve Şartlar

1.1. Planlama Dönemindeki Genel İhtiyaçlar

Atıksu arıtma sistemlerinin planlama, tasarım ve işletimi oldukça kapsamlı ve karmaşık bir konudur. Bu konu politik, sosyal ve teknik hususların birlikte dikkate alınmasını gerektirmektedir. Bu yüzden deşarj standartlarının sağlanması yanında, iyi bir atıksu arıtma ve uzaklaştırma sistemi ile birçok olumsuz çevresel şartların ortaya çıkması da önlenmiş olacaktır. Söz konusu çevresel olumsuzluklar başlıca;

- Koku ve gürültü kirliliği,
- Su kaynaklarının fiziksel, kimyasal ve biyolojik atıklarla kirlenmesi,
- Sucul ekosistemin zarar görmesi,
- Alıcı su ortamı kalitesinin bozulması,
- Doğal suların çeşitli maksatlarla yararlı kullanımının ortadan kalkması,
- Arıtılmamış atıksu ve biyokatıların zirai kullanımı dolayısıyla hastalıkların yayılması,
- Arazi değerinin düşmesi

gibi riskler olarak sıralanabilir. İdeal durumda bir arıtma tesisinin deşarj suyu ve biyokatıların (arıtma çamurları) faydalı kullanımını teşvik etmesi beklenmektedir.

Bu bölümde bir atıksu arıtma tesisi ile ilgili planlama süreci başında mutlaka göz önünde tutulması gereken temel tasarım faktörleri ana hatlarıyla ortaya konacaktır. Söz konusu temel tasarım faktörleri;

- Başlangıç ve tasarım yılları
- Tesisin hizmet alanı
- Tesis yeri seçimi
- Tasarım nüfusu
- İlgili mevzuat ve deşarj standartları
- Atıksu karakteristikleri
- Arıtma derecesi
- Arıtma prosesi seçenekleri ve karşılaştırmalı analizi
- Ekipman seçimi
- Tesis genel yerleşimi ve hidrolik profili
- Enerji ve kimyasal madde ihtiyacı
- Atıksu arıtma maliyeti
- ÇED ve halkın katılımı süreci

olarak sıralanabilir. Aşağıda söz konusu temel tasarım bileşenlerinin kısa bir değerlendirmesi yapılmaktadır (Qasim, 1999).

1.2.Proje Başlangıcı ve Tasarım Yılları

Atıksu arıtma tesislerinin planlama, tasarım ve yapımı genellikle 2~5 yıllık bir süreçte tamamlanmaktadır. Tesisin çeşitli bileşenlerinin boyutlandırılmasında söz konusu planlama ve işletmeye alma döneminde geçen sürenin de dikkate alınması gerekmektedir. Bu yüzden atıksu arıtma tesisi tasarımında başlangıç yılı, yapımı tamamlandıktan sonra tesise atıksu verilir işletmeye başlandığı yıl olarak esas alınır. Tasarım ve planlama yılı ise tesisin öngörülen tasarım kapasitesine ulaştığı yıl olarak tanımlanır. Tasarım yılının seçimi kolay olmayıp, tesisin hizmet vereceği atıksu havzasındaki nüfus ve toplumun sosyo ekonomik gelişme eğilimlerinin dikkatle incelenerek gerçekçi ve mantıklı bir değerlendirme sürecinden geçirilmesini gerektirmektedir. Tesisin tasarım dönemleri veya kademe yılları belirlenirken başlıca aşağıdaki hususlar göz önünde tutulmalıdır:

- Arıtma tesisi birimlerinin hizmet ömürleri
- Tesisin tevsiinin kolay ya da zor oluşu
- Büyük kapasiteye göre boyutlandırılmış tesis üniteleri veya bileşenlerinin işletmeye açılmayı izleyen ilk dönemdeki verim durumları
- Hizmet alanının gelecekteki nüfusu, ticari ve endüstriyel faaliyetler, göç, turizm ve su temini durumu
- Piyasa faiz oranı, mevcut ve gelecekteki yapım bedelleri ve finansman temini

Tasarım süresi, arıtma tesislerinin bileşenlerine göre farklılık gösterebilir. Örneğin kanal, toplayıcı, sifon, terfi merkezi vb. yardımcı tesislerin tevsi durumu kolay olamayacağı için tasarım süresi genelde 50 yıl alınır. Arıtma tesisi birimleri, proses ekipmanları, pompalar ile çamur işleme ve uzaklaştırma tesisleri ise aşırı büyük tasarımı önlemek üzere, daha kısa dönemlere göre tasarlanırlar. Böyle durumlarda, sonraki büyütme faaliyetleri dolayısıyla farklı tasarım kademelerindeki tesis birimleri için ihtiyaç duyulacak ek alanın arıtma tesisi yerinde önceden ayrılması sağlanmalıdır. Planlama döneminde öngörülen atıksu debileri ve finansman temin şartları dikkate alınarak tasarım süresi 10, 15 ve 20 yıllık kademelere ayrılır.

1.3.Tesisin Hizmet Alanı

Hizmet alanı, planlanan atıksu arıtma tesisine bağlı atıksu kanal şebekesinin atıksuların toplandığı bölgenin alanı olarak tarif edilir. Bu alan doğal (atıksu toplama alanı) / idari sınır(lar) veya her ikisini birden kapsayabilir. Proje/tesis hizmet alanı, mevcut ve gelecekteki kentsel gelişme (mücavir) alanlarında oluşacak atıksuları da kapsamalıdır. Ekonomik, çevresel ve teknik gereklilikler dolayısıyla terfili olarak atıksu toplama sistemine bağlanabilen civar yerleşimler veya ticari/endüstriyel işletmeler de gerektiğinde atıksu toplama havzasına dâhil edilir.

1.4.Yer Seçimi

Atıksu arıtma tesisi yer seçimi bölgenin arazi kullanımı ve imar planı ile sosyal, çevresel ve mühendislik kriterleri dikkate alınarak yapılmalıdır. Arıtma tesisi yer seçiminde, yakında ikamet eden halkın sosyal, ekonomik ve politik isteklerinin karşılanması gerektiği unutulmamalıdır. Bu yüzden yer seçimi sürecine halkın katılımının sağlanması kritik önem taşımaktadır.

Atıksu arıtma tesisi için seçilebilecek muhtemel tüm yer seçenekleri, topografik durum, çevresel etkiler ve atıksuların toplama ve arıtma ekonomisi göz önünde tutularak

değerlendirilmelidir. Belirtilen hususları, gerektiği ölçüde değerlendirmek üzere ilgili bütün disiplinlerin temsil edildiği bir uzmanlar grubu yer seçimi çalışmalarını yürütmek üzere görevlendirilmelidir. Yer seçeneklerinin değerlendirilmesi sürecinde başlıca aşağıdaki temel prensipler dikkate alınır:

- Arıtma tesisi yeri toplanan atıksuların cazibe ile getirilebileceği düşük kotlu bir arazi olmalıdır.
- Tesis yeri, mevcut ve planlanan meskûn mahallerden olabildiğince uzak tutulmalıdır. Tesisler estetik unsurlar ve koku oluşum riski gözetilerek tasarlanmalıdır.
- Olabildiğince büyük bir alan seçilerek, gelecekteki gelişme alanları ve koruma bandı ihtiyaçları da karşılanmalıdır.
- Arıtma tesisi yeri taşkın etki alanında yer almamalı ve asgari 100 yıllık taşkından tam korunmuş olmalıdır. Gerekli koruma önlemleri alınmadan taşkın etki alanlarından yer seçimi kati suretle önlenmelidir.
- Tesis yerine yıl içinde her zaman kolayca ulaşım mümkün olacak yol bağlantısı bulunmalı, enerji, haberleşme ve içme suyu bağlantıları kolay yapılabilmelidir.
- Tesis yeri arıtılmış atıksuların deşarj edilebileceği büyük bir su kütlesi ve/veya sulama yapılabilecek tarım arazilerine yakın olmalıdır.
- Tesis yerindeki zeminin taşıma gücü, pahalı ıslah ve temel mühendisliği işleri gerektirmeyecek ölçüde yeterli olmalıdır.
- Mümkünse orta derecede eğimli bir saha, özellikle uygun (cazibeli akışlı) bir hidrolik profile imkân vereceği için tercih edilmelidir.
- Saha doğal, tarihi ve arkeolojik sit alanlar ile ekolojik bakımdan hassas koruma alanları içinde yer almamalıdır.
- Yer seçiminde, meskûn mahallerdeki kıyı alanlarının korunması ve etkilenmemesine öncelikle özen gösterilmelidir.
- Seçilen yerde mümkünse arazi kamulaştırma ihtiyacı asgari düzeyde olmalıdır.

1.5. Tasarıma Esas Nüfus

Bir yerleşim yerinde açığa çıkan atıksu miktarı, nüfusa ve nüfus başına düşen atıksu debisine bağlıdır. Bu yüzden tesis tasarımına esas nüfusun, tasarım dönemindeki değişiminin hesabı gerekmektedir. Hassas bir nüfus tahmini oldukça güçtür. Zira kentsel gelişme, endüstrinin gelişme durumu, ulaşım sistemine olan uzaklık, arazi, hammadde ve su kaynakları temini, vergi ve teşvik mekanizmaları, göç eğilimleri vb. pek çok faktörden etkilenmektedir.

Nüfus sayımı istatistikleri Türkiye İstatistik Kurumu'ndan (TÜİK) temin edilebilir. TÜİK adrese dayalı nüfus kayıtları esaslı nüfusları, kentsel (belediyeler) ve kırsal (belediyeler dışı) nüfuslar olarak yıllık olarak yayınlamaktadır. Nüfus tahmininde başlıca 2 yaklaşım, kontrol maksatlı olarak, eşzamanlı uygulanmaktadır:

- Nüfus tahmini yöntemleriyle tahmin
- Nüfus yoğunlukları ile İmar Planı üzerinden tahmin

Nüfus tahmin yöntemleri olarak genelde, Aritmetik Artış, Geometrik Artış, Lojistik Eğri ve Benzer Şehirlerle Mukayese (Grafik Metod) yöntemleri kullanılır. Nüfus yoğunlukları ile İmar Planı üzerinden tahmin yönteminde ise ticari ve endüstriyel alanlar ile kamuya açık alanlar için öngörülen hektar başına yoğunluk değerleri, İmar Planlarında bu tür

faaliyetler için ayrılmış alt alanlarla çarpılıp elde edilen her bir kısmın nüfusunun toplanması suretiyle, İmar Planında öngörülen toplam nüfus (doygunluk nüfusu) bulunabilir. Daha sonra bu doygunluk nüfusu esas alınarak geriye dönük, proje tasarım kademe yıllarındaki nüfuslar hesaplanabilir.

1.6. Yasal Çerçeve ve Deşarj Standartları

Türkiye Cumhuriyeti Anayasasının 56. Maddesine göre: “herkes sağlıklı, dengeli bir çevrede yaşama hakkına sahiptir. Doğal çevrenin gelişmesini sağlamak ve çevrenin kirlenmesini önlemek devletin ve vatandaşların görevidir.”

Türkiye’de kentsel atıksuların arıtımıyla ilgili aşağıdaki sıralanan kanun, yönetmelikler ve tebliğler incelenebilir:

- Türk Ceza Kanunu (12/10/2004 R.G. No: 25611)
- Çevre Kanunu (11/08/1983 R.G. No: 18132)
- Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (31/12/2004 R.G. No: 25687)
- Yüzme Suyu Kalitesi Yönetmeliği (09/01/2006 R.G. No: 26048)
- Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği (08/01/2006 R.G. No:26047)
- Tehlikeli Maddelerin Su ve Çevresinde Neden Olduğu Kirliliğin Kontrolü Yönetmeliği (26/11/2005 R.G. No: 26005)
- Toprak Kirliliğinin Kontrolü ve Noktasal Kaynaklı Kirlenmiş Sahalara Dair Yönetmelik (08/06/2010 R.G. No: 27605)
- Eysel ve Kentsel Arıtma Çamurlarının Toprakta Kullanılmasına Dair Yönetmelik (03/08/2010 R.G. No:27661)
- Çevresel Etki Değerlendirmesi Yönetmeliği (17/07/2008 R.G. No: 26939)
- Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği (03/07/2009 R.G. No: 27277)
- Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği Hassas ve Az Hassas Su Alanları Tebliği (27/06/2009 R.G. No: 27271)
- Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği (20/03/2010 R.G. No: 27527)
- Atık Yönetimi Genel Esaslarına İlişkin Yönetmelik (05/07/2008 R.G. No: 26927)
- Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliği (14/03/2005 R.G. No: 25755)
- Çevre Kanununun 29. Maddesi Uyarınca Atıksu Arıtma Tesislerinin Teşvik Tedbirlerinden Faydalanmasında Uyulacak Usul ve Esaslara Dair Yönetmelik (01/10/2010 R.G. No: 27716)
- Atık Ara Depolama Tesisleri Tebliği (26/04/2011 R.G. No: 27916)

Kentsel atıksuların arıtımı ile ilgili deşarj standartları Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği ve Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliklerince düzenlenmiş olup bu konudaki deşarj limitleri tabloları (yönetmeliklerdeki tablo numaraları esas alınarak) aşağıdaki Tablo 1.1’de topluca verilmiştir.

Tablo 1. Kentsel atıksuların arıtımı ile ilgili deşarj standartları.

Tablo No	İlgili Yönetmelik	Konu/Açıklama
Tablo 21.1	Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (Değişik: RG-13/2/2008-26786)	-Evsel nitelikli atıksular için alıcı ortama deşarj standartları -EN= 84-2000 BOİ, KOİ, AKM ve pH standartları -Köylerde, tabloda verilen deşarj limitleri için en az %60 arıtma verimi uygulanacaktır.
Tablo 21.2	Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (Değişik: RG-13/2/2008-26786)	-Evsel nitelikli atıksular için alıcı ortama deşarj standartları -EN= 2000-10000 -BOİ, KOİ, AKM ve pH standartları
Tablo 21.3	Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği	-Evsel nitelikli atıksular için alıcı ortama deşarj standartları -EN= 10000-100000 -BOİ, KOİ, AKM ve pH standartları
Tablo 21.4	Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği	-Evsel nitelikli atıksular için alıcı ortama deşarj standartları -EN > 100000 -BOİ, KOİ, AKM ve pH standartları
Tablo 21.5	Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (Değişik: RG-13/2/2008-26786)	-Evsel nitelikli atıksular için alıcı ortama deşarj standartları -Eşdeğer nüfusun ne olduğuna bakılmaksızın doğal arıtma (yapay sulak alan) ve stabilizasyon havuzları sistemiyle ikinci kademe (biyolojik) arıtma yapan kentsel atıksu arıtma tesisleri için -BOİ, KOİ, AKM ve pH standartları --Köylerde, tabloda verilen deşarj limitleri için en az %60 arıtma verimi uygulanacaktır.
Ek IV-Tablo 2	Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği	-Kentsel atıksu arıtım tesislerinden ileri arıtıma ilişkin deşarj limitleri -EN= 10000-100000 -EN > 100000 -TP ve TN standartları -Minimum arıtma verimleri

1.7. Atıksu Karakteristikleri

Atıksu karakteristikleri, debi ve kimyasal özellikler ile ifade edilir. Atıksu karakteristiği meskûn bölgedeki evsel, endüstriyel ve ticari/kurumsal su tüketimine bağlı olarak değişim gösterir. Yağışlı dönemlerde, atıksu kanalizasyon sistemine önemli oranda sızma debisi ve doğrudan yağmur suyu (bacalardan) akımı da dahil olur. Bu yüzden, atıksu karakteristiği de değişir. Sızma ve doğrudan yağmur suyu debisi miktarı, kanalizasyon sisteminin durumu (yaş, kanallardaki çatlaklar, kusurlu boru birleşimleri ve bacalar), izinsiz çatı ve temel/hazne dren bağlantıları, yüksek yeraltı suyu seviyesi vb. etkenlere göre değişir.

Mevcut atıksu arıtma tesisleri girişindeki debi ve kirlilik parametresi izleme/ölçüm kayıtlarının analizi yapılarak atıksu karakteristiği belirlenebilir. Mevcut tesis verilerinin olmadığı durumlarda ise atıksu karakteristikleri ile ilgili veriler nüfus tahminleri, su tüketimi ve endüstriyel deşarjlar dikkate alınarak tahmin edilebilir. Burada literatür verileri de dikkate alınabilir. Tesis tasarımı için başlangıçtaki ve tasarım kademeleri sonlarındaki atıksu karakteristiklerinin belirlenmesi gerekmektedir. Söz konusu atıksu karakteristikleri verisi, minimum, ortalama ve maksimum kurak hava akımları, pik

yağışlı hava akımları, süreli maksimum akımlar ve başlıca kirletici parametrelerini (BOİ₅, KOİ, AKM, pH, TKN, Top P, zehirli kimyasallar vb.) ihtiva etmektedir.

1.8. Arıtma Derecesi

Gerekli arıtma derecesi, ham atıksu karakteristikleri ile istenilen arıtılmış su kalitesine bağlı olarak belirlenir. Arıtılmış suların yüzeysel sulara deşarjı halinde Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği veya SKKY evsel atıksu deşarj limitleri, arıtılmış atıksuların zirai sulamada kullanımı durumunda Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği Bölüm 7'de sulama suları için öngörülen kalite kriterleri ve sahil sularına deşarj halinde ise Yüzme Suyu Kalitesi Yönetmeliği deşarj limitleri esas alınmalıdır. Dolayısıyla arıtma derecesi, deşarj ortamının faydalı kullanım maksadına göre, ilgili deşarj limitleri dikkate alınarak belirlenmelidir.

1.9. Arıtma Prosesi Seçenekleri ve Karşılaştırmalı Analizi

Atıksu arıtma tesislerinde, istenen kalitede arıtım sağlayabilmek için bir seri temel arıtma prosesinin kullanımı gerekmektedir. Tasarımcı, arıtma prosesi seçiminde, çeşitli başka faktörleri de dikkate almak durumundadır. Bu faktörlerin başlıcaları; arıtılan kirleticiler, deşarj standartları, yaklaşık alan ihtiyacı, hidrolik gereklilikler, çamur uzaklaştırma, enerji ihtiyacı ve sistem maliyeti olarak sıralanabilir. Çeşitli temel arıtma proseslerinin birbirleriyle uyumlu ve mantıklı bir biçimde entegre edilerek elde edilen bütünleşik proses veya sisteme, *proses akım şeması* veya *proses şeması* adı verilir.

Uygun temel prosesleri birleştirerek tesisin akım şemasının oluşturulması kolay değildir. Bu iş için temel işlem ve proseslerin iyi anlaşılması, muhtemel işletme sorunlarının önceden düşünülmesi ve çeşitli arıtma bileşenlerinin çevresel etkilerinin iyi öngörülmesi gerekmektedir. Önemli oranda endüstriyel atıksu deşarjı katılımlı olan kentsel atıksu toplama sistemleri sonunda yer alan atıksu arıtma tesislerinin tasarımında, tasarım öncesi laboratuvar ve pilot ölçekli arıtılabilirlik çalışmaları ile düşünülen proses seçeneklerin muhtemel performanslarının test edilmesi gerekebilir.

1.10. Ekipman Seçimi

Arıtma tesislerinde çeşitli mekanik ve elektro-mekanik donanım ve ekipmanlara ihtiyaç duyulmaktadır. Tesis birimlerinin tasarımında kullanılacak ekipman ve donanımın montajı da dikkate alınmalıdır. Uygun proses ve ekipmanın seçimi tasarım mühendisi sorumluluğundadır. Bu maksatla, tasarım standartları ve yöntemi, temel kabuller, tasarım ön hesapları ile imalatçı firma katalog ve dokümanlarında öngörülen hususlar dikkatle gözden geçirilmelidir. Daha sonra, ekipman üreticileri ve yerel mümessillerden ihtiyaç duyulan teknik bilgiler istenmelidir. Ekipman seçiminin doğru yapılabilmesi için, proje mühendisinin ekipman temsilcileriyle olabildiğince yakın çalışarak, ekipmanla ilgili olabildiğince doğru ve güvenilir veriler elde etmesi gerekmektedir. Ekipman seçimi sürecinde, mutlaka birden fazla ekipman üreticisi ile temas kurulmalı ve çalışan arıtma tesislerinde, seçilmiş ekipmanlarla ilgili işletme tecrübelerinden yararlanılmalıdır.

Pompa, havalandırıcı, çamur yoğunlaştırıcı vb. ekipmanlar seçilirken, ilk yatırım maliyetleri değil hizmet ömrü süresince ortalama yıllık toplam maliyetler dikkate alınmalıdır.

1.11. Tesis Yerleşimi ve Hidrolik Profil

Planlama çalışmaları başlangıcından itibaren, arıtma tesisi için seçilmesi düşünülen sahanın mevcut durumu dikkatli bir şekilde değerlendirilmelidir. Bu kapsamda, topografik durum, mevcut sahanın büyüklüğü, meskûn alanlara olan mesafe, yol ve enerji nakil durumu, taşkın yapısı, tevsi (genişleme) imkânları, mevcut hidrolik yük, maliyet durumu vb. etkenler dikkate alınmalıdır. Seçilen alanın büyüklüğü, planlama sürecinde gerekli bütün ana ve yardımcı arıtma birimleri, tesis ile yakındaki evler arasında bırakılacak emniyet/koruma kuşakları için gerekli alan ihtiyacını karşılamalıdır. Tesis yerleşimi olabildiğince cazibeli veya minimum terfi enerjisi ile akımın sağlanabileceği bir hidrolik profile imkân vermelidir.

1.12. Enerji ve Kimyasal Madde İhtiyacı

Planlama ve tasarımda öncelikle enerji verimliliğini sağlayacak enerji ekonomisi tedbirlerinin uygulandığı gösterilmelidir. Seçilen arıtma prosesi ile tesisin doğrudan ve dolaylı enerji/kimyasal madde kullanımında ekonomik verimlilik sağlanmalıdır. Düşük işletme ve bakım maliyetli yenilikçi arıtma proses seçenekleri dikkate alınmalı ve tesisin arıtılan KOİ veya bağlı eşdeğer nüfus başına enerji tüketimi (enerji ayak izi) hesaplanarak, mevcut iyi arıtma uygulamalara göre durumu gösterilmelidir.

1.13. Tesis Maliyeti

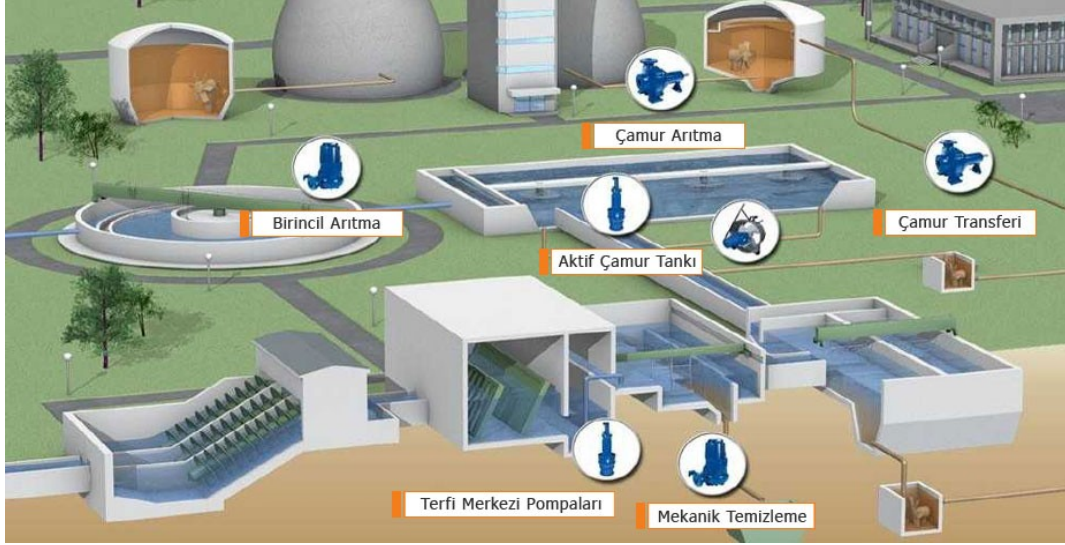
Tasarımı yapılan atıksu arıtma tesisinin yapım, işletme/bakım maliyetlerinin makul ve karşılanabilir olduğu ortaya konmalıdır. Tesisin öngörülen hizmet ömrü boyunca, yıllık yatırım, işletme/bakım ve toplam maliyetleri uygun mühendislik ekonomisi yöntemleriyle hesaplanarak, arıtılan atıksu (m³) ve/veya eşdeğer nüfus başına birim maliyetler belirlenip benzer kapasitedeki mevcut tesis verileriyle kıyaslanmalıdır.

1.14. ÇED ve Halkın Katılımı

ÇED Yönetmeliğine göre kentsel atıksu arıtma tesisleri EK I listesine tabi olup öncelikle Proje Tanıtım Dosyası hazırlanarak, yatırım ön izni alınabilen faaliyetler kapsamındadır. Bu kapsamda, öncelikle tesis alanı yakınında yaşayanlar, tesis planlama sürecinden zamanında ve doğru biçimde haberdar edilerek, görüş ve önerileri dikkate alınmalıdır. Tesis tasarımında, yakında yaşayanları çevre ve halk sağlığı bakımından koruyacak her türlü teknik ve idari tedbirler de detaylı olarak ortaya konmalıdır.

IZGARA (SCREEN)

Ön (birincil) arıtmanın ilk aşamasıdır.



Şekil 1. Atıksu Arıtma Tesisi Akım Şeması.

İşlevi

- Kâğıt, tahta, yaprak, bez parçaları gibi büyük katı maddelerin tutulmasıdır.

Kullanım Amacı

- Pompa ve mekanik ekipmanların korunması,
- Sonraki arıtım sistemlerinin katı madde yükünün azaltılması.

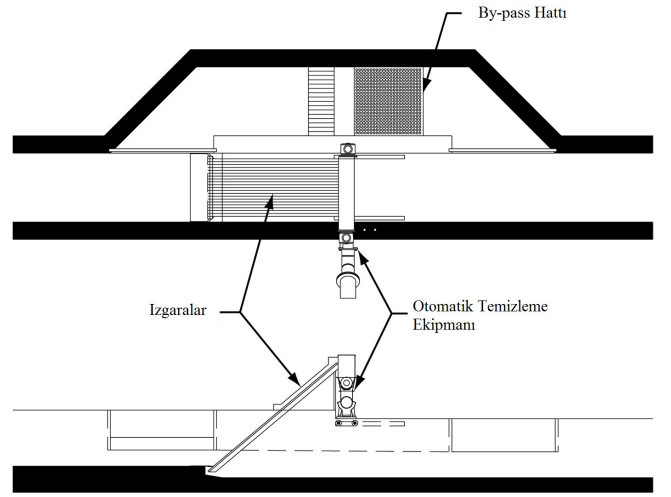
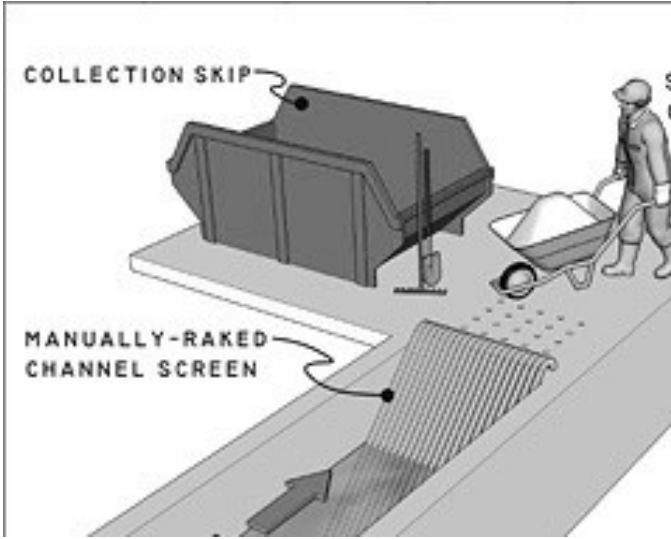
Izgara Türleri

- Temizleme yöntemine göre,
 - Ele temizlenen (Eşdeğer nüfus < 10.000) [Kaba ızgara yeterli]
 - Mekanik olarak temizlenen (Eşdeğer nüfus > 10.000) [Kaba ve ince ızgara olmalı]
- Kullanım şekline göre,
 - Çubuk ızgara,
 - Diğer ızgaralar (elekler).

Toplayabildiği parçacık büyüklüğüne (veya çubuklar arası açıklığa) göre ızgara çeşitleri Tablo 1'de yer almaktadır.

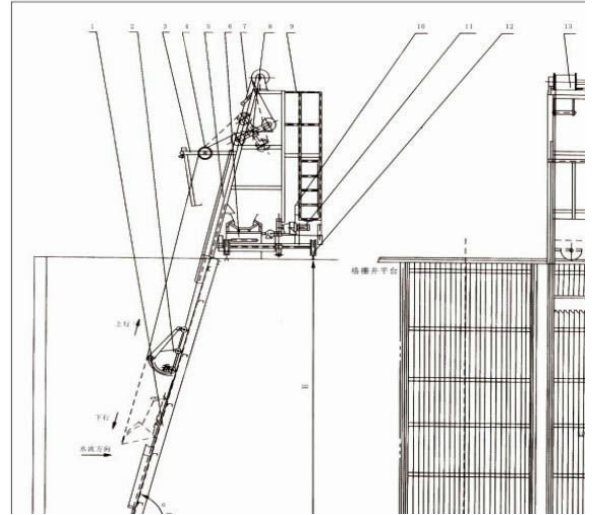
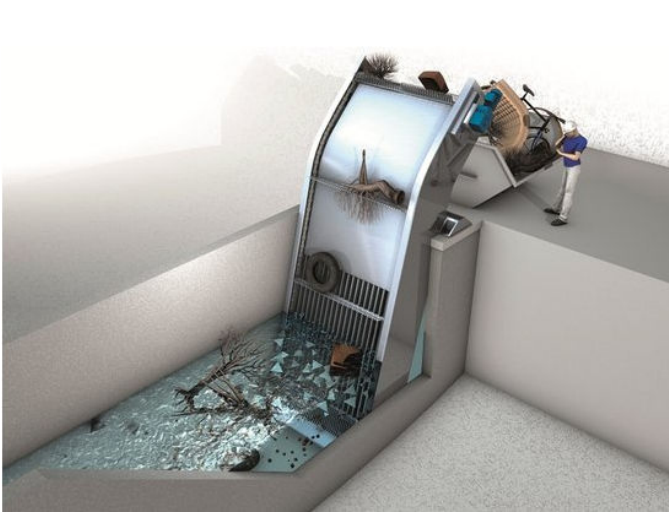
Tablo 1. Boşluk genişliğine göre ızgara çeşitleri

Izgara Türü	Çubuklar Arası Açıklık, mm	
	Reynolds, 1982	Degremont, 1985
İnce ızgara	3 – 10	< 10
Orta ızgara	10 – 25	10 – 40
Kaba ızgara	25 – 100	> 40

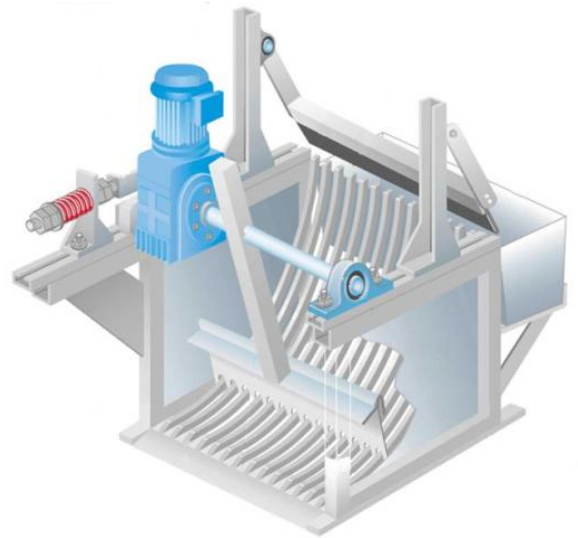
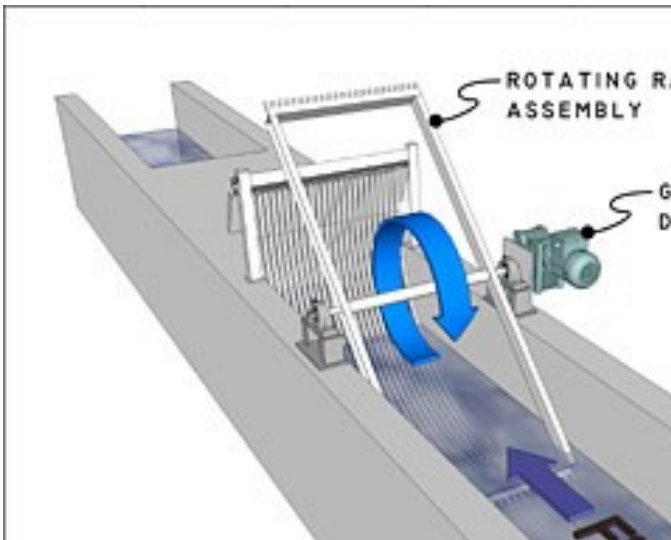


Izgara Ünitesinin Yerleşim Planı

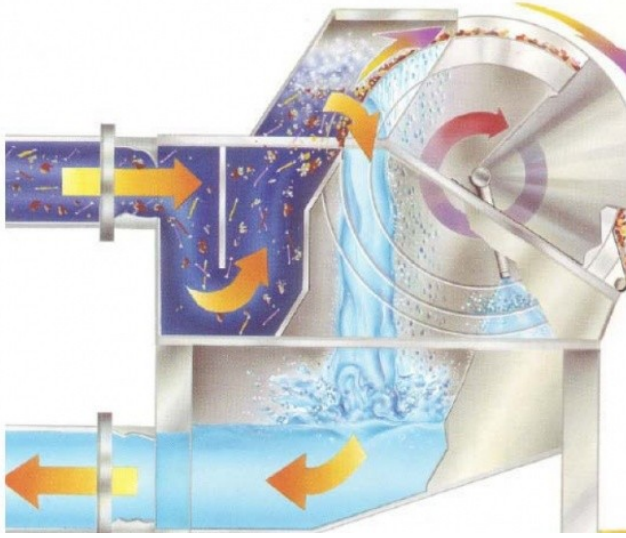
Şekil 2. Elle Temizlemeli Izgara



Şekil 3. Mekanik Temizlemeli Kaba Izgara



Şekil 4. Mekanik Temizlemeli Dairesel Izgara



Döner Disk (Tambur) Elek



Statik Elek

Şekil 5. Elekler

Kaba ızgaraların özellikleri (1), (2).

Tip	Yerleşim	Açıklama
Çubuk ızgaralar	Pompaların ve kum tutucuların önüne	Elle temizlemeli veya mekanik temizlemeli olabilirler. Küçük arıtma tesislerinde elle temizlemeli olanlar kullanılır.
Elekler	Çubuk ızgaranın önüne veya damlatmalı filtrenin arkasına	Çubuk ızgaraya göre daha küçük parçacıkların uzaklaştırılmasında kullanılır. Düz, sepet, kafes ve disk tiplileri vardır. Iızgaralar kanaldan çıkartılarak temizlenip yerine takılır. Yeni tipleri hareketli eleklerdir. Tasarımları ince ızgaralara benzer. Katılar sürekli ayrılarak oluğa boşaltılır. Uzaklaştırılacak maddelerin boyutuna bağlı olarak aralıklar 3-20 mm arasındadır.
Öğütücüler	Kaba eleklerle birlikte	Öğütücüler ızgaralarda tutulan katı maddeleri öğütür. Döner veya titreşen bir merdane üzerinde kesme dişleri veya doğrama kısımları vardır. Öğütücüler neredeyse tamamen batmış konumdadır.

Kullanıldığı arıtma sistemlerine göre:

- Yüzeysel suyu: Su alma yapısı girişine konur.
- Evsel atıksu: İnce, orta ve/veya kaba ızgara kullanılır.
- Kirli endüstriyel atıksu: Katı içeriğine göre uygun boşluklu ızgara kullanılır.

Elle ve mekanik temizlemeli çubuk ızgaralarda tasarım değerleri

Tasarım faktörü	Elle temizlemeli	Mekanik temizlemeli
Izgarada hız (m/sn)	0,3-0,6	0,6-1,0
Izgara boyutu		
Genişlik (mm)	4-8	8-10
Derinlik (mm)	25-50	50-75
Izgara çubukları arası net açıklık (mm)	25-75	10-50
Izgaraların yatayla yaptığı açı (derece)	45-60	75-85
Müsaade edilen yük kaybı, kirli (kısmen tıkalı) ızgara, (mm)	150	150
Maksimum yük kaybı, kirli ızgara, (mm)	800	800

Izgara Ünitesi Hesabı:

Kaba ızgaralar koruyucu ekipman olduklarından ilk ünite olarak kullanılırlar. En yaygın olarak kullanılan kaba ızgaralar: çubuk ızgaralar, elekler ve öğütücülerdir.

Çubuk ızgaralarda, ızgara aralığı 20-40 mm mertebesinde olup evsel atıksu ile gelebilecek 40 mm'den iri maddeler (çöp, naylon, ahşap malzeme v.b) ızgarada tutulur ve zaman ayarlı temizleme mekanizması ile taranarak atıksudan uzaklaştırılır. Bu maddelerin arıtma tesisinde mevcut mekanik ekipmanlara zarar vermemesi ve boru hatlarında tıkanıklık yaratmaması için mutlaka uzaklaştırılması gereklidir. Çubuk ızgaralar için tasarım değerleri Tablo 3'de verilmektedir. Çubuk ızgaraların tasarımında aşağıdaki formül (1) kullanılır:

$$A = \frac{Q}{V} \frac{(b+s)}{s} \quad (1)$$

Burada:

A : gerekli ızgara alanı, m²,

Q : maksimum debi, m³/s,

V : akış hızı, m/s, (genellikle 1,0 m/s seçilir),

b : ızgara çubuk genişliği, mm,

s : ızgara çubukları arası net açıklık, mm,

Çubuk ızgaralarda elek bölümü dikdörtgen bir kanal içine kurulur. Kanalın zemini genellikle giriş atıksu borusundan 7 – 15 cm aşağıdadır. Kanal zemini yatay olarak düz veya eğimli olabilir. Izgara kanalları, kum ve diğer ağır parçacıkların burada birikmesini önlemek üzere tasarlanırlar. Izgara yaklaşım kanalı, ızgaraya dik ve tüm ızgara yüzeyine üniform atıksu dağılımı sağlayacak şekildedir. Arıtma tesislerinde ızgara bölümünün herhangi bir nedenle devre dışı kalma durumunda pik debiye göre tasarımı yapılmış en az bir yedek ızgara daha olmalıdır. Izgaraya yaklaşan kanalda hız 0.5 m/s'den düşük olmamalı, ızgara çubukları arasındaki hız 1.0 m/s'yi aşmamalıdır.

Yük kaybı analizi:

Izgarada sistem analizi kullanılan ızgara türüne ve çubuk şekline göre, yük kaybı analizleri değişmektedir.

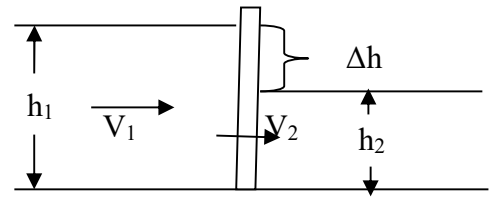
Izgaralar arasındaki yük kaybı, yaklaşım hızının ve barlar arası hızın fonksiyonudur. Bu Bernoulli denklemi ile ifade edilirse,

$$P_1/\rho g + V_1^2/2g + Z_1 = P_2/\rho g + V_2^2/2g + Z_2$$

$$V_1^2/2g - V_2^2/2g = Z_1 - Z_2$$

$$\Delta h = Z_1 - Z_2 = (V_2^2 - V_1^2)/2gC^2$$

C: Deşarj kat sayısıdır. C = 0,84 kabul edilir. C² = 0,70' dir.



Yük kaybını hesaplamak için kullanılan formüller:

Kaba ızgaralarda yük kaybı hesaplarında, ızgaraların temizliğine bağlı olarak üç değişik formül kullanılmaktadır. Temiz veya kısmen tıkanmış ızgaralarda (2), temiz ızgaralarda ise (3) formülü kullanılmaktadır.

$$h_L = \frac{V^2 - v_v^2}{2g} \cdot \frac{1}{0.7} \quad (2)$$

$$h_L = \beta \left(\frac{W}{b} \right)^{4/3} h_v \sin \theta \quad (3)$$

Burada:

h_L : ızgara boyunca yük kaybı, m,

V, v : ızgara boyunca ve ızgara öncesi kanalda hız ($V > v$), m/sn,

g : yerçekimi ivmesi, 9.81 m/s^2 ,

W : ızgara çubuğunun akıntıya dik istikametteki en büyük kalınlığı, m,

b : ızgara çubukları arası en küçük mesafe, mm

h_v : ızgara yaklaşım kanalındaki hız yüksekliği, m,

Θ : ızgara çubuklarının yatay düzlemle yaptığı açı,

β : ızgara şekil katsayısı, temiz ızgaralarda ızgara şekil katsayıları Tablo 4'de verilmiştir.

Tablo 4. Temiz çubuk ızgaralarda ızgara şekil katsayıları

Izgara çeşidi	β
Keskin kenarlı dikdörtgen	2,42
Yarı dairesel yüzü yukarı bakan dikdörtgen	1,83
Dairesel	1,79
Yarı dairesel yüzü yukarı ve aşağı bakan dikdörtgen	1,83
İki ucu inceltilmiş çubuk şeklinde	0,76

İnce ızgaraların yük kaybı hesaplamalarında ise (4) numaralı bağıntı kullanılır.

$$h_L = \frac{1}{2g} \left(\frac{Q}{CA} \right)^2 \quad (4)$$

Burada:

Q : ince ızgara boyunca debi, m^3/sn ,

A : suya dalmış etkili alan, m^2 ,

C : debi katsayısı, (temiz çubuk için $C=0.60$ alınır)

Izgaralarda toplanan atıkların uzaklaştırılması:

Izgarada toplanan katıların miktarı ve özellikleri,

- Izgaranın türüne ve büyüklüğüne,
- Tesisi besleyen kanal ağının arazinin coğrafyasına,
- Gelen su veya atıksuyun özelliklerine göre değişir.

Genellikle evsel atıksuların arıtımında kullanılan ızgaralarda,

- Toplanan katı miktarı: 0,01 – 0,03 m³ katı/1000 kişi gün
- Katıların yoğunluğu: 700 – 900 kg/m³ katı
- Katıların su içeriği: % 80 – 85

Tablo 5. Çubuklar arası açıklık ile tutulan madde miktarı ilişkisi.

Çubuklar arası açıklık (mm)	Tutulan madde, l/kişi gün
15	6
25	3
50	0.6

Toplanan katıların uzaklaştırma metotları

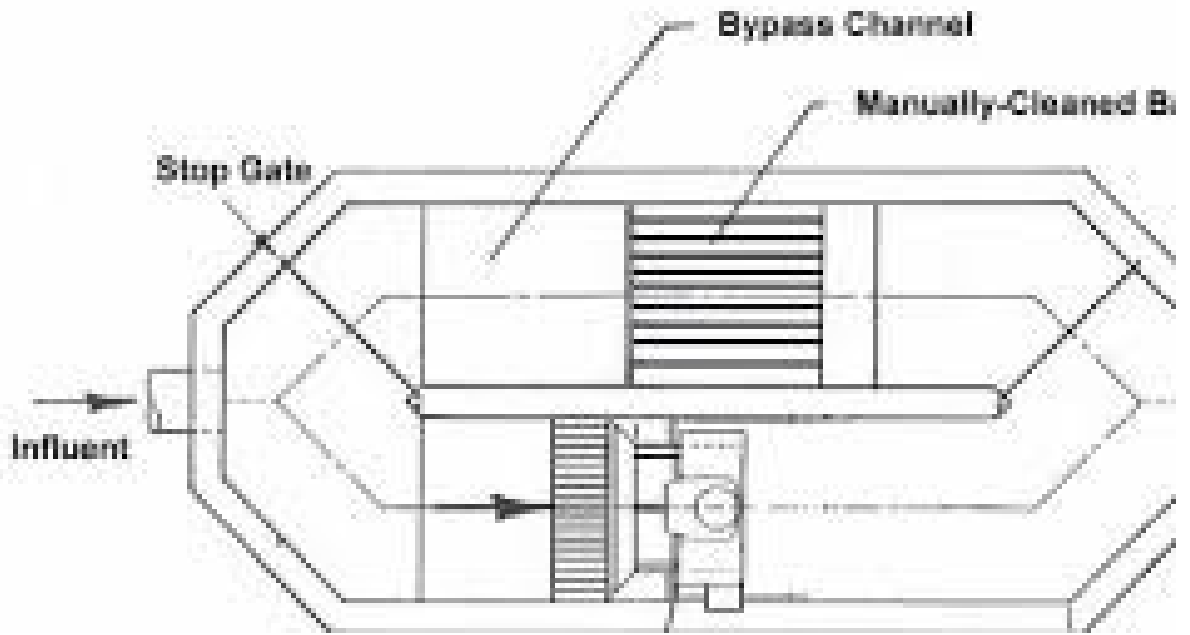
- Düzenli depolama,
- Yakma (Amerika’da),
- Öğütme/parçalama (Avrupa ülkelerinde),
- Araziye serme.

İzgarada tutulan madde miktarı

- Çubuk aralığı 3 – 5 cm olan kaba ızgaralarda tutulan katı madde miktarı 2 – 4 L/N yıl
- Çubuk aralığı 2 – 3 cm olan ince ızgaralarda tutulan katı madde miktarı 5 – 10 L/N yıl
- Çubuk aralığı 8 – 10 cm olan kaba ızgara ve 2 – 3 cm olan ince ızgara sisteminde tutulan toplam katı madde miktarı 5 – 10 L/N yıl.

İzgara Ünitesi Tasarımı

1. Çubuk genişliği, şekli ve aralığı seçilir.
2. Hız kriterini sağlayacak kanal kesit alan hesaplanır.
3. Seçilen çubuk ve açıklık boyutundan yararlanarak kanaldaki çubuk sayısı hesaplanır.
4. Çubuklar arası hız kontrolü yapılır. Sağlamıyorsa düzeltme yapılır.
5. hf kontrol edilir.
6. Emniyet (hava) payı belirlenerek, ünitenin toplam yüksekliği hesaplanır.

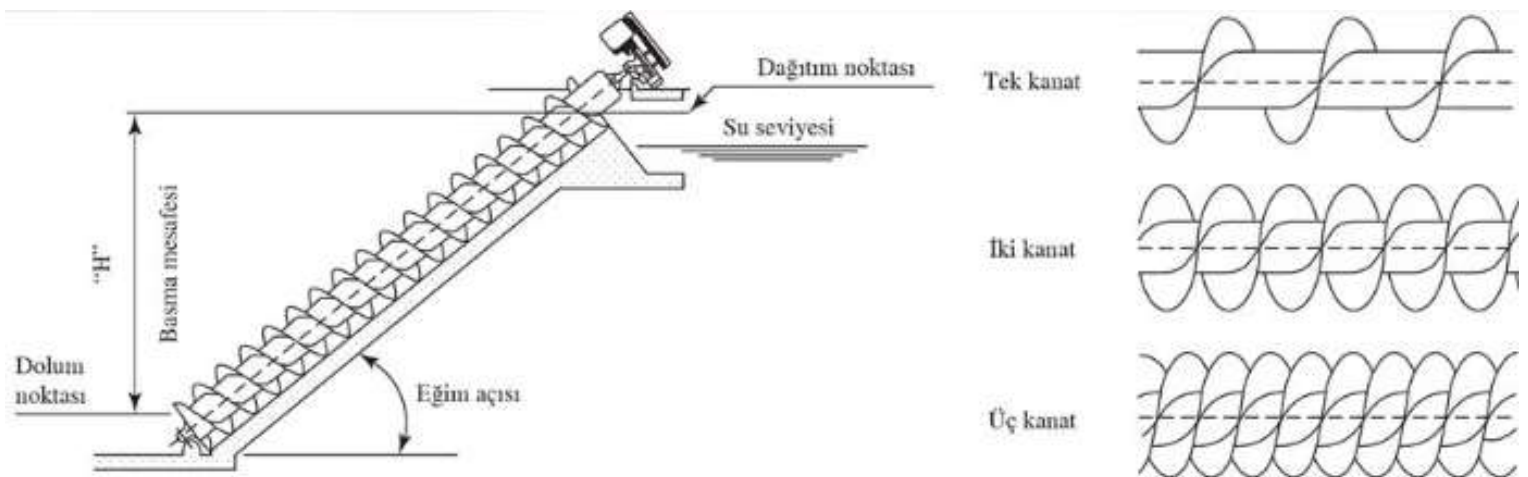


TERFİ İSTASYONU

Atıksu Arıtma Tesislerinde genellikle akışın yer çekimi etkisi ile gerçekleştirilmesi esasına göre tasarlanmaktadır. Atıksuların da atıksu arıtma tesisine akışı çoğunlukla yerçekimi etkisi ile gerçekleşen cazibeli akım ile olmakta, dolayısıyla yer seviyesinden önemli ölçüde aşağıda kalmaktadır. Atıksuların tesis boyunca cazibeli akışını sağlayabilmek için uygun yüksekliğe iletilmesi gerekmektedir. Bu nedenle terfi istasyonları kullanılmaktadır. Atıksu arıtma tesisleri içinde tıkanmayan, yüksek hacimli ve atmosfere açık çalışan, atıksu içindeki katı maddelerinde ayırt etmeksizin pompalayabilen burgulu (Arşimet) pompalar kullanılırlar. İki tür burgulu pompa vardır:

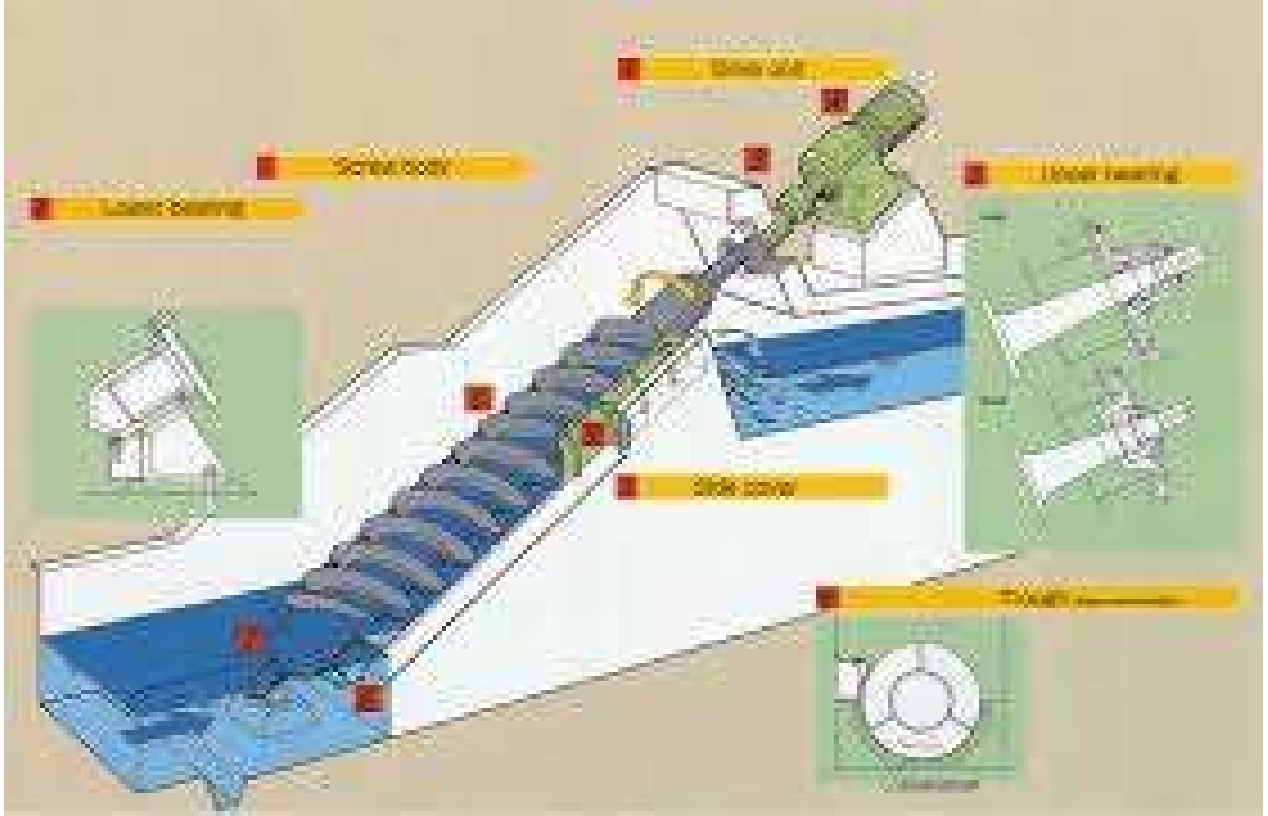
- Bir kanal içinde dönen açık burgulu pompalar,
- Hem burgunun hem de etrafındaki silindirin döndüğü kapalı burgulu pompalar.

Bu pompalar tek, iki veya üç kanatlı olabilirler.



ŞEKİL 20-1

Çok kanatlı burgulu pompa düzenlemesi.



Tasarımları doğru olduğu zaman, sorunsuz çalışmalarından dolayı tercih edilirler.

Pompaların verimi, tasarım debisinin % 30'unda, sıvının kanatlar ve kanal arasında geri akışı nedeniyle % 60 civarına düşmektedir.

Bu tür pompaların eğimli açıları nedeniyle pompa istasyonu geniş alanlar kaplamaktadır.

10 m'lik sınırlı terfi yüksekliğine sahiptirler.

Pompalanan atıksuyun kokusu ve spreyleneşmesi diğer önemli deşavantajdır.

Emme haznesi ve derinliği gerektirmez.

Bakım ve işletmesi kolaydır.

Atıksu içindeki iri safsızlıklara karşı çok dayanıklıdır.

Soru: 2035 yılı $Q_{min} = 0,5 \text{ m}^3/\text{s}$, $Q_{ort} = 0,9 \text{ m}^3/\text{s}$ ve $Q_{max} = 1,4 \text{ m}^3/\text{s}$ atıksu debileri için, minimum atıksu kotu = 514,5 m ve maksimum atıksu kotu = 515 m ise, pompa deşarj kotu = 520 m ise burgulu pompa tasarımını yapınız.

2050 yılı $Q_{min} = 0,75 \text{ m}^3/\text{s}$, $Q_{ort} = 1,2 \text{ m}^3/\text{s}$ ve $Q_{max} = 1,9 \text{ m}^3/\text{s}$ atıksu debileri için kontrolü yapınız.

Terfi yüksekliği = 520 m – 514,5 m = 5,5 m (H_T)

Pompa Gücü (N_p) = $Q \cdot H_T \cdot C / 102 \cdot n_p$

Q : Pompa kapasitesi (L/s)

C : Motor emme katsayısı (N_p 'ye bağlıdır)

n_p : Pompa verimi (0,60 kabul edilir)

Motor gücüne göre, motor emniyet katsayısı değişimi:

C	N_p (kW)
1,5	$N_p \leq 7,5$
1,25	$7,5 < N_p \leq 20$
1,15	$20 < N_p \leq 50$
1,10	$N_p > 50$

$L = H_T / \sin \alpha$

α : Burgulu pompanın yatay ile yaptığı açıdır. 34 ° kabul edilebilir.

L : Burgu pompa boyu, m.

$L = H_T / \sin \alpha = 5,5 \text{ m} / \sin 34 = 9,4 \text{ m}$

Q_{min} , % 15 arttırılarak pompa tasarımı yapılacaktır.

$Q_{min} = 0,5 \text{ m}^3/\text{s} + 0,5 \text{ m}^3/\text{s} \cdot 0,15 = 0,575 \text{ m}^3/\text{s}$

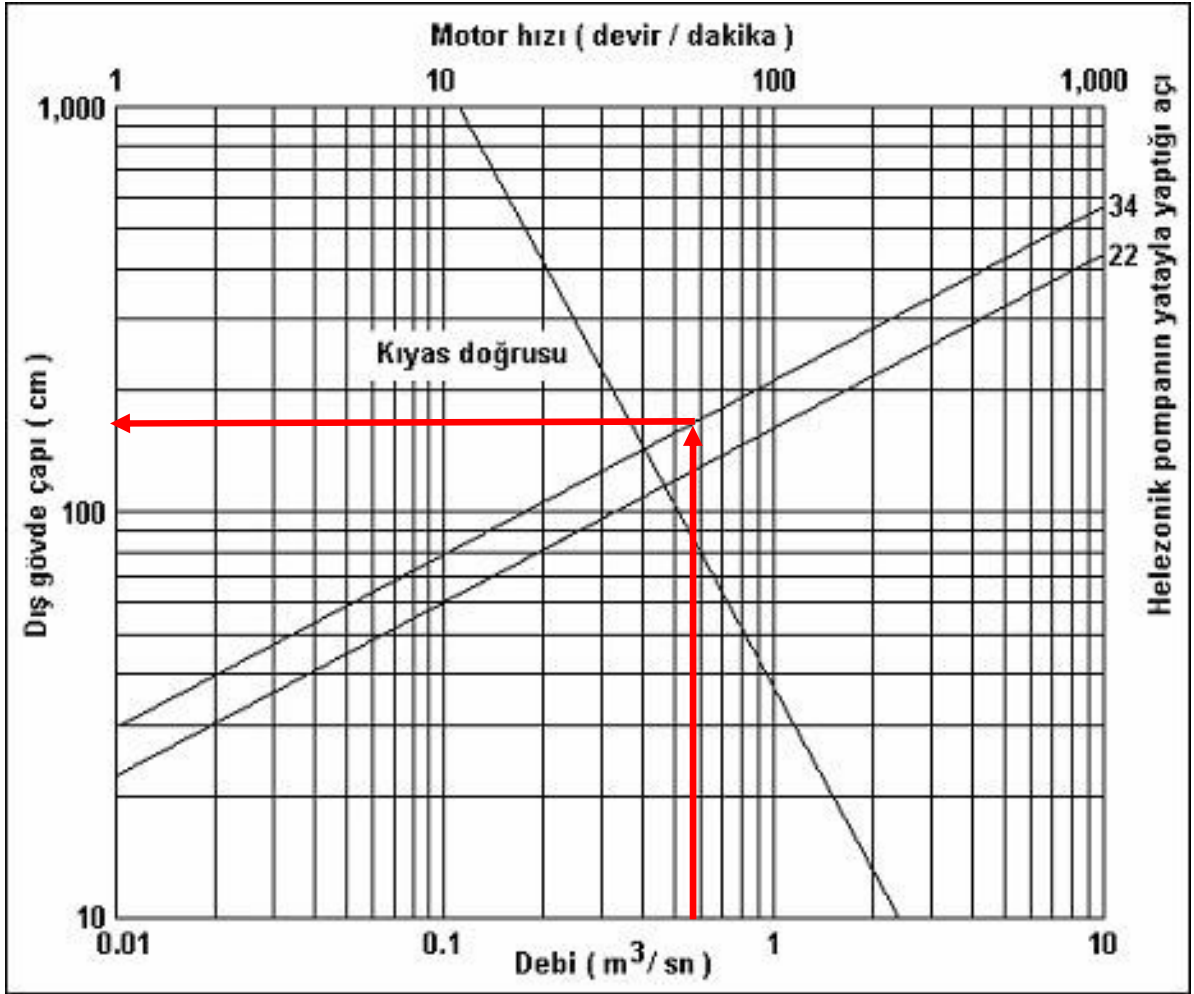
Her bir pompanın debisi 0,575 m^3/s olarak kabul edilerek, tasarıma devam edilecektir.

Gerekli pompa sayısı = $1,4 \text{ m}^3/\text{s} / 0,575 \text{ m}^3/\text{s} = 2,43 \approx 3$ adet.

1 adet de yedek pompa (arıza ihtimaline karşı) eklenecektir.

$Q^1 = 0,575 \text{ m}^3/\text{s}$ ve $\alpha : 34^\circ$ için aşağıdaki abaktan dış gövde çapı okunacaktır;

Aşağıdaki abaktan pompa debisi dikkate alınarak $D = 175$ cm olarak okunmuştur.



İç Çap (d) / Dış Çap (D) Oranı = 0,4

$d / 175 \text{ cm} = 0,4 \rightarrow d = 70 \text{ cm}$ olarak hesaplanır.

Pompa Gücü (N_p) = $Q \cdot H_T \cdot C / 102 \cdot n_p = 575 \text{ l/s} \cdot 5,5 \text{ m} \cdot 1 / 102 \cdot 0,60 = 51,67 \text{ kW}$

C başlangıç aşamasında 1 kabul edilir. Sonra kontrolü yapılacaktır.

Pompa verimi 0,60 kabul edilmiştir.

$n_p > 50$ olduğu için hesap $C = 1,10$ göre tekrarlanacaktır.

$$\text{Pompa Gücü (Np)} = Q \cdot H_T \cdot C / 102 \cdot n_p = 575 \text{ l/s} \cdot 5,5 \text{ m} \cdot 1,1 / 102 \cdot 0,60 = 56,84 \text{ kW}$$

$$\text{Böylece Toplam Pompa Gücü} = 56,84 \text{ kW} \cdot 3 \text{ adet asıl pompa} = 170,52 \text{ kW}$$

2050 Yılı için Pompaların Kontrolü:

2050 yılı $Q_{\min} = 0,75 \text{ m}^3/\text{s}$, $Q_{\text{ort}} = 1,2 \text{ m}^3/\text{s}$ ve $Q_{\max} = 1,9 \text{ m}^3/\text{s}$ atıksu debileri idi.

Pompalar için tasarım debimiz 575 l/s idi.

Buna göre, 2050 yılı debisi için,

$$\text{Gerekli Pompa Sayısı} = 1,9 \text{ m}^3/\text{s} / 0,575 \text{ m}^3/\text{s} \approx 4 \text{ adet asıl ve 1 adet de yedek pompa.}$$

$$\text{Pompa Gücü (Np)} = Q \cdot H_T \cdot C / 102 \cdot n_p = 575 \text{ l/s} \cdot 5,5 \text{ m} \cdot 1 / 102 \cdot 0,60 = 51,67 \text{ kW}$$

$n_p > 50$ olduğu için hesap $C = 1,10$ göre tekrarlanacaktır.

$$\text{Pompa Gücü (Np)} = Q \cdot H_T \cdot C / 102 \cdot n_p = 575 \text{ l/s} \cdot 5,5 \text{ m} \cdot 1,1 / 102 \cdot 0,60 = 56,84 \text{ kW}$$

$$\text{Toplam Pompa Gücü} = 56,8 \text{ kW} \times 4 = 227,36 \text{ kW}$$

$$\text{Günlük Enerji Tüketimi} = 227,36 \text{ kW} \times 24 \text{ sa/gün} = 5457 \text{ kW sa/gün}$$

Böylece 2035 yılı pompa dış ve iç çapı değiştirilmeden tasarım tamamlanmıştır. Sonuçlar Tablo 1’de özetlenmiştir.

Tablo 1. Burgulu pompa tasarım özeti.

Tasarım Parametresi	2035 Yılı	2050 Yılı
Q_{\max} , m^3/s	1,4	1,9
Pompa Kapasitesi, m^3/s	0,575	0,575
Toplam Pompa Sayısı*	3 asıl + 1 yedek	4 asıl + 1 yedek
Pompa Eğimi	34°	34°
Pompa Boyu, m	9,8	9,8
Pompa Terfi Yüksekliği, m	5,5	5,5
Dış Çap (D), cm*	175	175
İç Çap (d), cm*	70	70

*Pompa sayısı 2050 yılında 1 arttığı için, 2035 yılı için olan tasarımda boş pompa yuvaları yer alacaktır.

*Burguların iç/dış çapları değiştirilmediği için, burgular 2050 yılında değiştirilmeden kullanılabilir.

NOT: Her ünite tasarımının sonunda bu tabloda olduğu gibi, PROJE DOSYANIZDA DA proses ile ilgili bilgiler ÖZETLENECEKTİR.

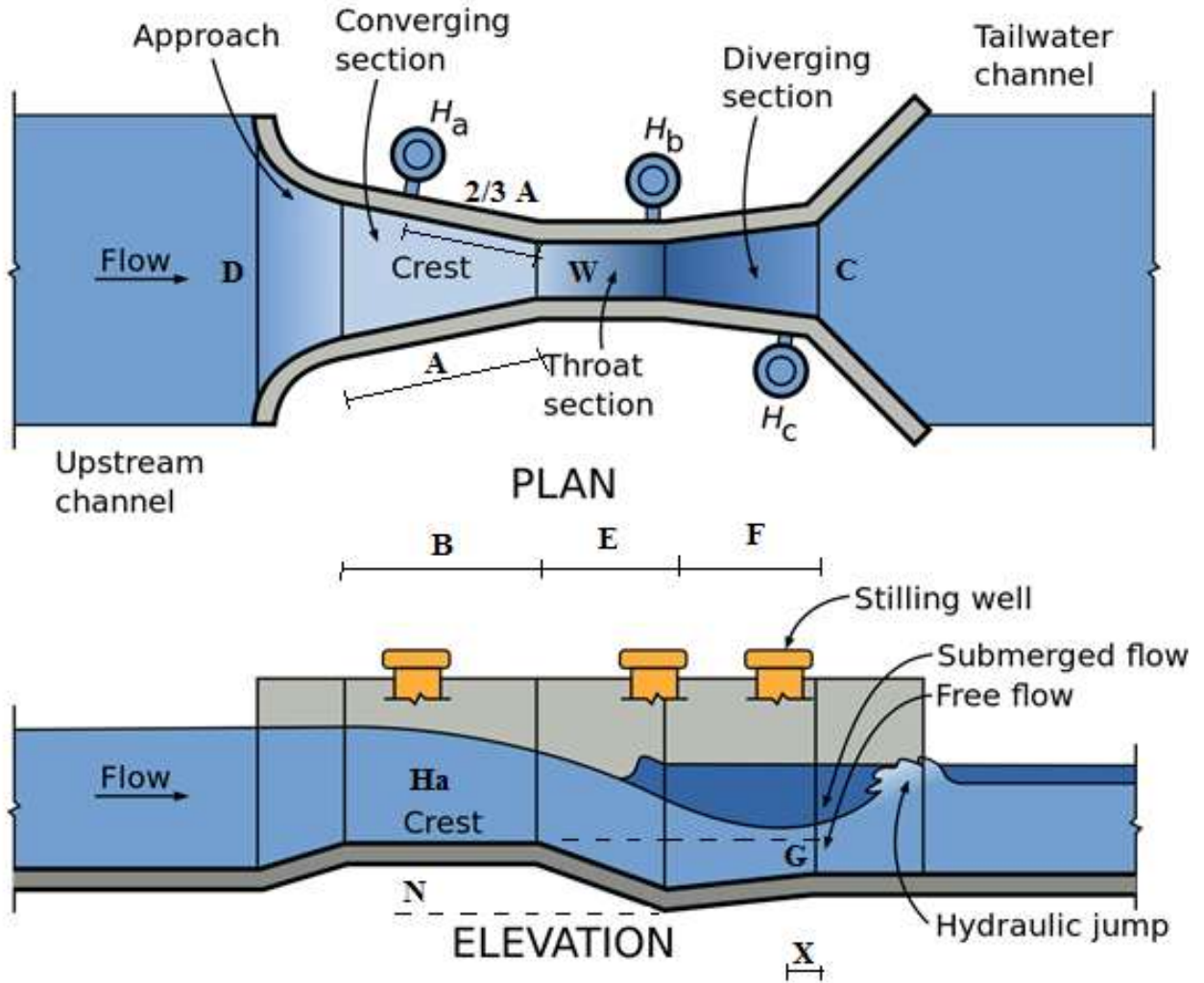


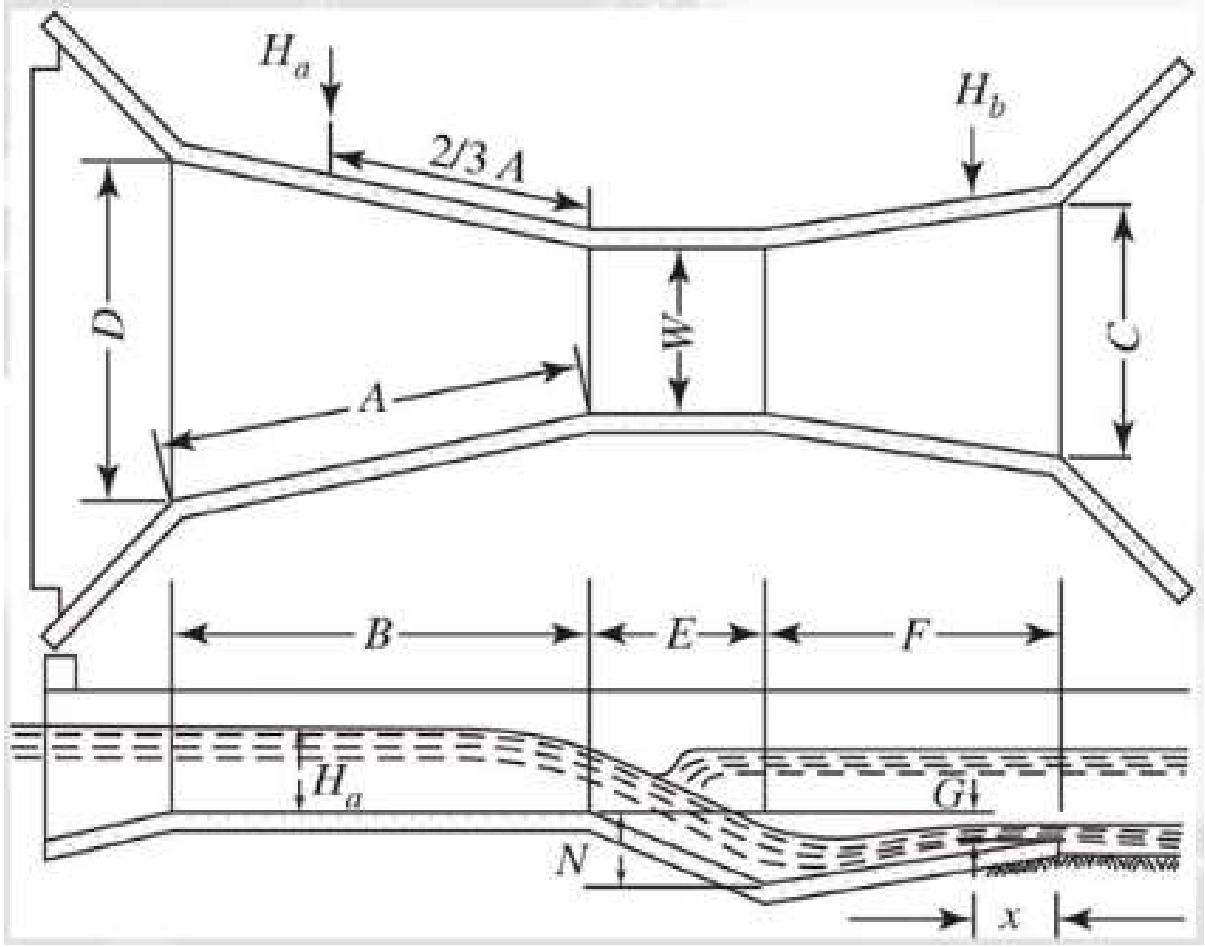
PARSHALL SAVAĞI

Atıksular için en yaygın kullanılan iki debi ölçüm cihazı, Parshall savağı ve manyetik debi ölçerlerdir. Parshall savağı, ABD tarım departmanı himayesinde R. L. Parshall tarafından geliştirilmiştir. Savağın boyutları kritik altı akışkan süper kritik akışa doğru olacak şekilde düzenlenmektedir. Geçiş, savak boğaz boyutu (W) daraltılıp, kanal alt taban kotu düşürülecek şekilde tasarlanmıştır. Böylece Kritik Akış Yüksekliğinde enerji en aza indirilmekte ve su derinliği ile hız arasında doğru orantı kurulabilmektedir.

Savak üst kısım boğaz genişliği (W), savağın diğer boyutlarının belirlenmesinde kullanılmaktadır. Savak $1 \text{ m}^3/\text{sa}$ 'den $300.000 \text{ m}^3/\text{sa}$ 'te kadar olan debilerin ölçümünde kullanılmaktadır. Savak üst kısım genişliği 25 mm 'den 15 m 'ye kadar değişmektedir.

Savak serbest akış koşullarında işletiliyor ise, boğaz sonrası H_b su altında kalmaz ve boğaz öncesi H_a 'da okunan derinlik, debiyi ölçmek için kullanılır.





Debilere göre Parshall Savağı boyutları:

Q _{min} m ³ /sa	Q _{max} m ³ /sa	W m	A m	B m	C m	D m	E m	F m	G m	N m	X m
5	300	0,15	0,61	0,61	0,40	0,40	0,30	0,61	76	114	51
10	520	0,23	0,88	0,86	0,38	0,57	0,30	0,61	76	114	51
40	1630	0,30	1,37	1,34	0,61	0,84	0,61	0,91	76	229	51
50	2450	0,46	1,45	1,42	0,76	1,03	0,61	0,91	76	229	51
70	3360	0,61	1,52	1,50	0,91	1,21	0,61	0,91	76	229	51
100	5100	0,91	1,68	1,64	1,22	1,57	0,61	0,91	76	229	51
130	6900	1,22	1,83	1,79	1,52	1,94	0,61	0,91	76	229	51

Eğer, boğaz sonrasında H_b su altında kalıyor ise yani batık oluyorsa, bir düzeltme katsayısı ile hesap tekrarlanır.

Serbest akış koşullarında Q aşağıdaki eşitlikle hesaplanır,

$$Q = C \cdot H_a^n$$

Q : Debi, m³/s

Ha : a noktasındaki su derinliği, m

C ve n grafikten okunacaktır.

Bu eşitlik, $H_a \leq 2$ m ve $0,152 \leq W \leq 15,24$ m için geçerlidir.

Parshall savağı yer çekimine bağlı debi ölçümü ile sınırlıdır.

Bez parçası, kum ve büyük nesnelere ile diğer ölçüm cihazlarında muhtemel tıkanmalara neden olacak çeşitli katılar soruna neden olmayacağı için atıksu arıtma tesislerinde tercih edilmektedir.

Tercih edilmesinin diğer bir nedeni de elle su derinliğinin ölçümü sonucunda debi belirlenebilmektedir.

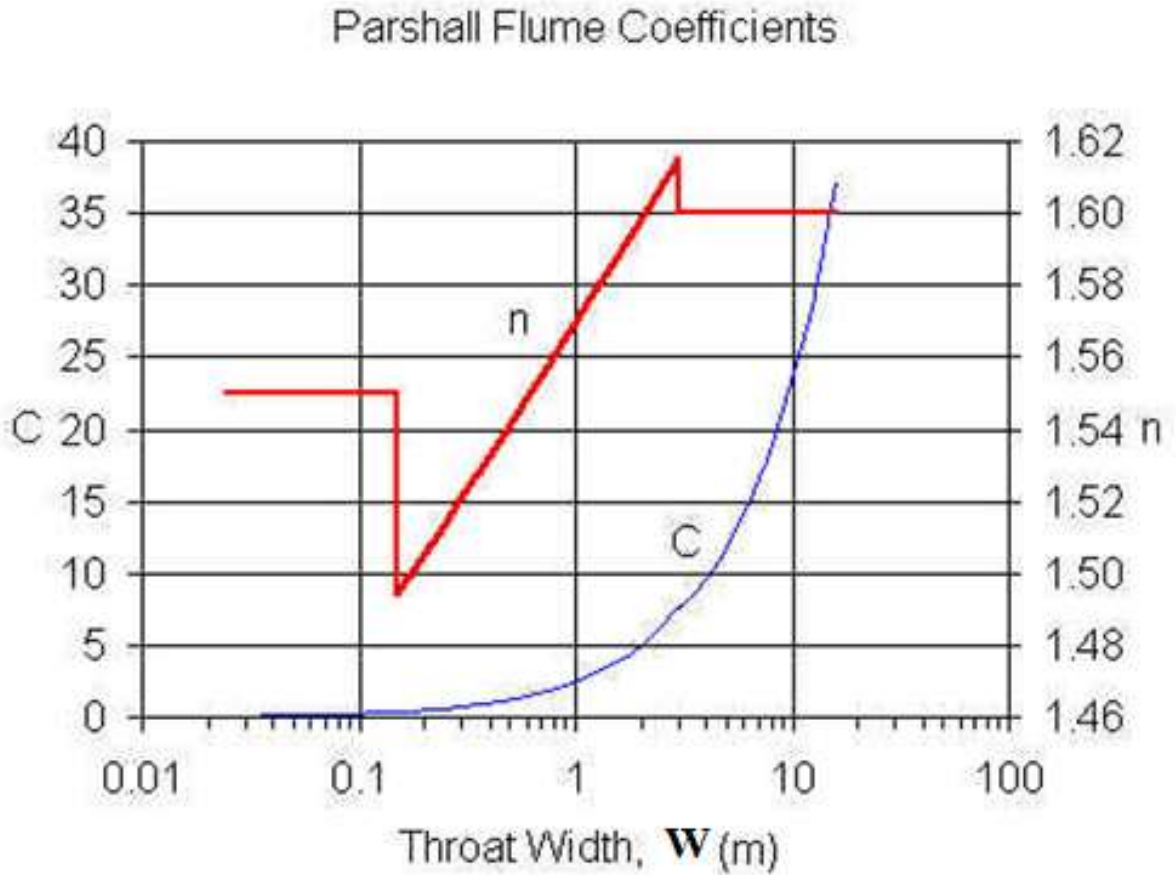
Geniş alana ihtiyaç duyması en önemli dezavantajıdır.

Soru: $Q_{min} = 433 \text{ m}^3/\text{sa}$, $Q_{ort} = 1540 \text{ m}^3/\text{sa}$ ve $Q_{max} = 4330 \text{ m}^3/\text{sa}$ debisindeki bir atıksu arıtma tesisi için boğaz genişliğini belirleyerek, bir Parshall Savağını boyutlandırınız.

Akımın serbest akış koşullarında olduğunu kabul ediniz. Su seviyesinin üstünde 50 cm hava payı olacaktır.

Tablodan $100 \text{ m}^3/\text{sa} - 5100 \text{ m}^3/\text{sa}$ aralığındeki maksimum debiler için $W = 0,91 \text{ m}$ bulunur. Bu aralık, soruda verilen debi aralığını kapsamaktadır.

$4330 \text{ m}^3/\text{sa}$ için akış derinliği hesaplanır. Eşitlikteki sayılar, grafikten okunacaktır. Grafikten $0,91 \text{ m}$ boğaz genişliği için $n = 1,57$ ve $C = 2,5$ bulunur. Debinin birimi m^3/sa 'ye dönüştürülür.



$Q = (4330 \text{ m}^3/\text{sa}) / (3600 \text{ s/sa}) = 1,20 \text{ m}^3/\text{s}$ olarak birim dönüşümü yapılır. Buna göre,

$$Q = C \cdot Ha^n \rightarrow 1,20 \text{ m}^3/\text{s} = 2,5 \cdot Ha^{1,57} \rightarrow Ha = 0,63 \text{ m}$$

Savak derinliğini bulmak için akış derinliğine 50 cm hava payı ilave edilir.

$$\text{Toplam Derinlik} = 0,63 + 0,50 \approx 1,1 \text{ m}$$

Parhsall Savağının diğer boyutları da yukarıdaki tablodan okunur:

A = 1,68 m; B = 1,64 m; C = 1,22 m; D = 1,57 m; E = 0,61 m; F = 0,91 m; G = 76 mm;
N = 229 mm ve X = 51 mm'dir.

Batmış akışlı Parshall kanalında debi hesabı:

Bu halde boğaz kısmında hidrolik sıçrama gözle fark edilemeyecek, yani boğaz sonrası su seviyesinin, sıçramanın fark edilemeyeceği kadar yüksek olduğu akış şartları hakimdir. Batmış akışlı Parshall kanalında debi aşağıdaki bağıntı ile hesaplanır:

$$Q = C h^n - Q_c \quad (2.16)$$

Burada;

Q_c : batmışlığın debiyi azaltma payı, m³/sn

$b < 3.05$ m için (2.16) bağıntısındaki Q_c için aşağıdaki bağıntı verilmektedir:

$$Q_c = 0.07 b^{0.815} \left[\left(\frac{h}{0.305 \left(\left(\frac{1.8}{H/h} \right)^{0.8} - 2.46 \right)} \right)^{4.57 - 3.14 H/h} + H/h \right] \quad (2.17)$$

Burada;

H : Boğaz sonrası ölçülen su seviyesi, m, (sadece kanal batmışsa gereklidir)

H/h : Batmışlık oranı, ($b < 3.05$ için $H/h > 0.6$ veya $b \geq 3.05$ için $H/h > 0.8$ ise kanal batmıştır)

$b \geq 3.05$ m için Q_c :

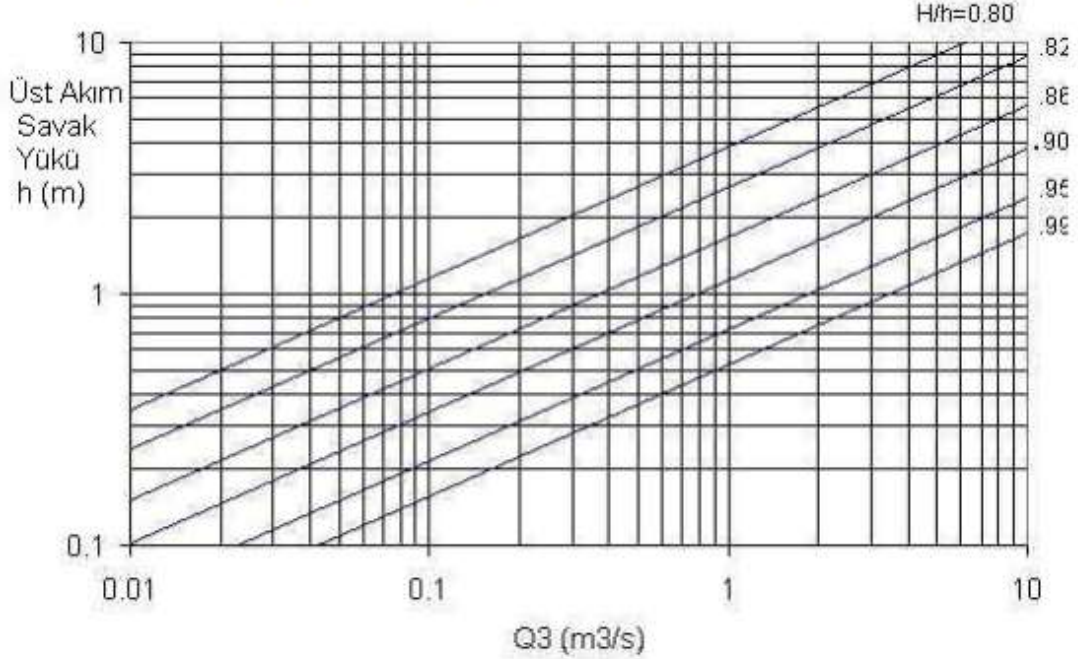
$$Q_c = C_s Q_3 \quad (2.18)$$

$$C_s = (0.3281) b \quad (2.19)$$

Burada;

Q_3 : Q_c yi hesaplamak için akış faktörü, m^3/sn ($b \geq 3.05$ için).

Batmış Parshall kanalı için C ve n sabitleri Şekil 2.4'deki grafikten, Q_3 , ise H/h 'nin ve h 'nin fonksiyonu olarak Şekil 2.5'deki grafikten bulunabilir.



Şekil 2.5 Genişliği 3.05 m'den büyük batmış Parshall kanalı için Q_3 sabiti

Manyetik Debi Ölçerler

Boru hattı içinden geçen debinin ölçümü, boru hattı içindeki iletkenin hızıyla orantılı gerilime dayanmaktadır. İletkenin hızı, oluşan gerilim/elektro motor güç ile doğru orantılıdır.

En önemli dezavantajı, çok değişken olabilen ve böylece kalibrasyonu etkileyen atıksu iletkenliğine bağımlı olmasıdır.

Yer Tespiti

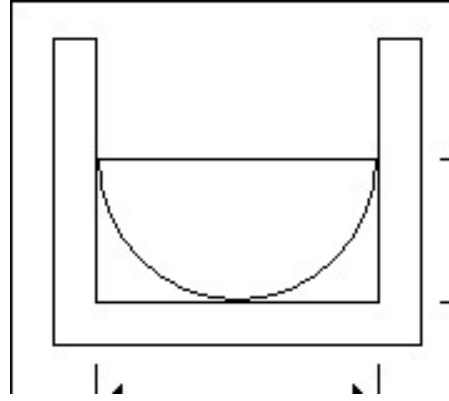
Akışı doğru ölçmek için hem Parshall savağı hem de manyetik debi ölçer, ölçüm yeri öncesinde ve sonrasında üniform (kararlı) akıma ihtiyaç duyarlar. Parshall savağı için, boğaz genişliğinin (W) **en az 10 katı** kadar öncesinde doğrusallık sağlanmalıdır.



IZGARA - SORU 1: $Q_{\min} = 0,136 \text{ m}^3/\text{sn}$ ve $Q_{\max} = 0,610 \text{ m}^3/\text{sn}$ olan 100.000 nüfuslu kentin atıksu arıtma tesisi için ızgara tasarımı yapınız.

Atıksuyun bünyesindeki iri ve yüzücü maddelerin tutulması amacı ile mekanik temizlemeli ince ızgara kullanılacaktır. Çubuk aralıkları $t = 1,80 \text{ cm}$, çubuk kalınlığı $d = 0,95 \text{ cm}$, çubukların şekil faktörü $BETA = 1,67$ olup çubuklar yatay ile $ALFA = 75^\circ$ açı yapmaktadır.

Hidrolik açıdan en ekonomik açık kanal en kesiti içerisinde bir yarım dairenin gireceği dikdörtgen en kesittir.



Izgara çubukları arasında tutulan maddelerin azalan alan ve bunun sonucunda artan akım hızı nedeni ile sürüklenip çubuklardan geçmemesi için, ızgara çubukları arasındaki maksimum akım hızı $1,20 \text{ m/sn}$ olmalıdır. Bu nedenle, önce, maksimum debide ($0,610 \text{ m}^3/\text{sn}$) ızgara çubukları arasında oluşan akım hızı hesaplanmalıdır. Bunun için, "Manning" denklemi ile süreklilik denklemi kullanılarak, ızgara kanalı genişliği ve oluşacak su yüksekliği hesaplanmalıdır.

$$V = (1/n) [(B \cdot H)/(2H+B)]^{2/3} (J)^{1/2}$$

$$V = (1/n) [(2H \cdot H)/(2H+2H)]^{2/3} (J)^{1/2}$$

$$V = (1/n) (H/2)^{2/3} (J)^{1/2}$$

$$Q = V \cdot A = [(1/n) (H/2)^{2/3} (J)^{1/2}] (2H^2)$$

$$Q = (2) (1/2^{2/3}) (1/n) (J)^{1/2} (H^{8/3})$$

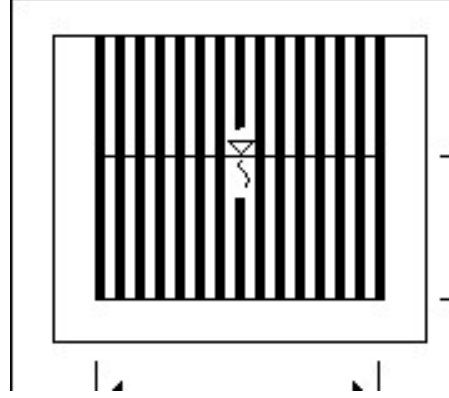
Kanal taban eğimi, $J = 0.002$ ve "Manning" pürüzlülük katsayısı, $n = 0,013$ olarak kabul edilmiştir. $0,610 \text{ m}^3/\text{sn}$ 'lik maksimum debide oluşacak su yüksekliği;

$$0.610 = (2) (1/2^{2/3}) (1/0,013) (0.002)^{1/2} (H^{8/3})$$

$$H_{\text{MAKSİMUM}} = 0,48 \text{ metre}$$

$$\text{Kanal taban genişliği, } B = (2) (H_{\text{MAKSİMUM}}) = (2) (0,48) = 0,96 \text{ m}$$

Bu aşamada gerekli çubuk sayısının saptanması gerekir. Baş ve sondaki çubuklar kanalın yan duvarlarına yapışık olacaktır.



$$B = (n_{\text{ÇUBUK}}) (d) + (n_{\text{ÇUBUK}} - 1) (t)$$

$$96 = (n_{\text{ÇUBUK}}) (0,95) + (n_{\text{ÇUBUK}} - 1) (1,80) = n_{\text{ÇUBUK}} = 35,56 \text{ adet}$$

Çubuk sayısının tam sayı olması gerekir. Bu nedenle, $n_{\text{ÇUBUK}} = 36$ adet olarak alınmıştır. Bu durumda kanal taban genişliği değişmektedir ;

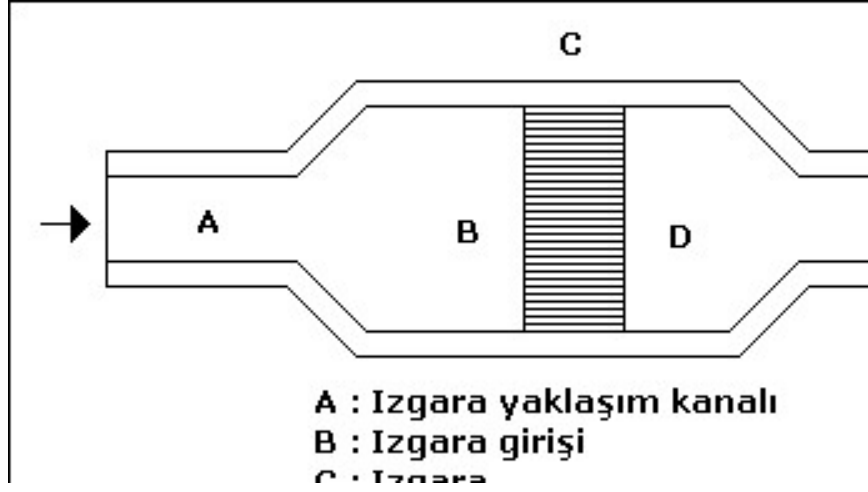
$$B = (36) (0,95) + (36 - 1) (1,80) = 97,2 \text{ m}$$

Bu aşamada, maksimum debide oluşacak hidrolik özellikler değişeceğinden, hidrolik tasarım yeniden yapılmalıdır. Ancak, bu işlemden önce yukarıdaki koşulları kabul ederek, zaman kaybetmemek amacı ile ızgara çubukları arasında oluşacak akım hızının hesaplanmasında yarar vardır. Izgara çubukları arasındaki faydalı alan ve akım hızı;

$$A_{\text{BOŞLUK - MAKSİMUM}} = (0,48) (35) (0,018) = 0,302 \text{ m}^2$$

$$V_{\text{BOŞLUK - MAKSİMUM}} = (0,610) / (0,302) = 2,02 \text{ m/sn}$$

Bu değer 1,20 m/sn'lik izin verilebilir değerden daha büyük olduğundan, maksimum debide çubuklar arasında tutulan maddeler çubuklardan geçecektir. Bunu önlemek için ızgaranın monte edileceği kısımda genişleme yapılmalıdır. Yukarıda bulunan $B = 0,96 \text{ m}$ ve $H = 0,48 \text{ m}$ değerleri ızgara yaklaşım (A) ve ızgara çıkış (E) kanalları için geçerli kılınmıştır.



A ve E noktalarında oluşan su derinlikleri (0,48 m), kararlı akım koşulları (su yüksekliğinin noktadan noktaya değişmemesi) nedeni ile B ve D noktaları için de geçerlidir. Izgara çubukları arasında maksimum debide oluşacak akım hızı 1,20 m/sn ise, çubuklar arasındaki boşluk alanı;

$$A_{BOŞLUK - MAKSİMUM} = (0,610)/(1,20) = 0,51 \text{ m}^2$$

Bu durumda ızgaranın bulunduğu kanalın genişliği, süreklilik denkleminden;

$$B = (0,610)/[(1,20) (0,48)] = 1,06 \text{ m}$$

Çubuk sayısı yeniden belirlenmelidir ;

$$106 = (n_{\text{ÇUBUK}}) (0,95) + (n_{\text{ÇUBUK}} - 1) (1,80) = n_{\text{ÇUBUK}} = 39,20 \text{ adet} \approx 40 \text{ adet}$$

$$n_{\text{ÇUBUK}} = 40 \text{ adet ve } 40 \text{ adet için kanal genişliği } B_{\text{IZGARA}} = 1,08 \text{ m}$$

Maksimum debide B noktasında oluşacak akım hızı;

$$V_{B - MAKSİMUM} = (0,610) / [(0,48) (1,08)] = 1,18 \text{ m/sn}$$

A ve E noktalarında Q_{\min} 'da oluşacak su yüksekliği;

$$0,136 = (2) (1/2^{2/3}) (1/0,013) (0,002)^{1/2} (H^{8/3})$$

$$H_{\text{MİNİMUM}} = 0,27 \text{ m}$$

$$V_{\text{MİNİMUM}} = (0,136)/[(0,27) (0,96)] = 0,52 \text{ m/sn}$$

B ve D noktalarında hız kontrolü,

$$V_{\text{MİNİMUM}} = (0,136)/[(0,27) (1,08)] = 0,47 \text{ m/sn}$$

Yük Kayıpları

Izgarada oluşan yük kayıplarının hesaplanmasında aşağıdaki eşitlik kullanılmıştır;

$$h_{\text{KAYIP}} = (\text{BETA}) (d/t)^{4/3} [(V^2)/(2g)] [\text{Sin}(\text{ALFA})]$$

Burada, V: Izgara öncesindeki yatay akım hızı (m/sn).

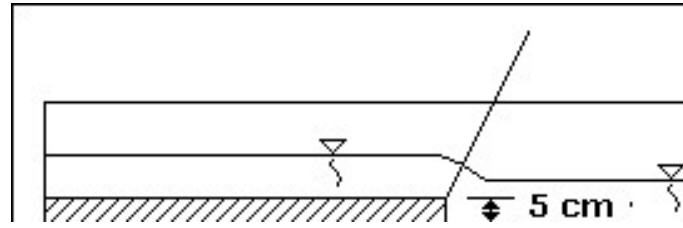
Minimum debide,

$$h_{\text{KAYIP - MİNİMUM}} = (1,67) (0,95/1,80)^{4/3} [(0,47^2)/(2 \times 9,81)] [\text{Sin}(75)] = 0,008 \text{ m}$$

Maksimum debide,

$$h_{\text{KAYIP - MAKSİMUM}} = (1,67) (0,95/1,80)^{4/3} [(1,18^2)/(2 \times 9,81)] [\text{Sin}(75)] = 0,049 \text{ m}$$

Izgarada oluşan yük kaybı 0,05 m (= 5 cm) olarak alınmıştır. Bu yük kaybını dengelemek ve kararlı akım koşullarını sağlamak amacı ile ızgaranın taban ile birleştiği noktada tabanda 5 cm'lik düşüm yapılacaktır.



Izgarada Tutulan Madde Miktarı

"Fair - Geyer"e göre ızgaralarda tutulan katı madde miktarı, çubuklar arasındaki mesafe 15 mm olan ızgaralarda 6 L/kişi yıl'dır (aralık değer 6 – 10 L/kişi yıl'dır). Bu tasarımda, çubuklar arasındaki mesafe 18 mm olduğundan, bu değer esas alınmıştır. Bu durumda, tutulan madde miktarı;

$$V_{\text{MADDE}} = (6) (100,000) = 600.000 \text{ L/yıl} = 1,64 \text{ m}^3/\text{gün}$$

Izgarada tutulan maddeler susuzlaştırıldıktan sonra ya uygun bir yerde kireç ile işleme tabi tutularak gömülecek ya da kentin düzenli katı atık deponi sahasına gönderilecektir.

By-Pass Kanalı

Pik debi tasarım debisinin 2 katı alınarak, bu debide ızgaranın aşırı yüklenmesini önlemek amacı ile "by - pass" kanalı inşa edilecektir. $Q_{\text{PIK}} = (2) (0,610) = 1,220 \text{ m}^3/\text{sn}$ olarak hesaplanabilir. "By - pass" kanalına yönlendirilecek debi, $Q_{\text{BY - PASS}} = 1,220 - 0,610 = 0,610 \text{ m}^3/\text{sn}$ 'dir. "By - pass" kanalındaki hidrolik özellikler, maksimum atıksu debisinde oluşan hidrolik özellikler ile aynıdır.

KUM TUTUCULAR

Kum, çakıl gibi atıl maddeleri sudan ayırmak maksadıyla kum tutucular teşkil edilir. Bu çeşit atıl maddeler ekseriya yağmur suyu ile sürüklenerek mecralara geldiğinden kum tutucular esas itibariyle birleşik sistemde söz konusudur. Ancak ayırık sistemle toplanan kanallarda da herhangi bir sebeple kum geliyorsa, bu durumda ayırık sistem için de kum tutucu yapmak faydalıdır.

Kum tutucularda sadece atıl (mineral) malzemenin çökmesi istenir, organik maddelerin çökmesi arzu edilmez. Çünkü ayrışabilen organik maddeler kum tutucularda birikirlerse kumların temizlenmesi sırasında istenmeyen koku problemlerinin ortaya çıkmasına sebep olur. Bu yüzden kum tutucularda tutulan maddeler, özgül ağırlıkları 2.650 kg/m^3 civarında olan ve çapları $0,1 \text{ mm}$ 'den daha büyük mineral daneciklerdir.

Bu grupta yer alan maddelere,

- * Çok ince çakıl,
- * Mineral maddeler,
- * Kahve kırıntıları,
- * Meyve çekirdekleri gibi ayrışmayan organik maddeler de dâhildir.

Kum atıksudan;

- Hareket eden mekanik aksamın korunması,
- Boru ve kanallarda birikimlerinin önlenmesi,
- Ön çökeltme havuzları ve anaerobik çürütücülerde depolanmamalarının sağlanması amaçları ile uzaklaştırılır.

Kum tutucular, istenilen büyüklükte katı maddeler tutulacak, ancak arzu edilmediği halde tabana çökelen daha küçük çaplı katı maddeler ve organik maddeler tekrar suya karışacak şekilde projelendirilir. Bu sebeple kum tutucularda yatay akış hızı belirli bir değerin altına düşmemelidir. Bunu temin etmek için kum tutucular, hesap debisinde istenilen maddelerin çökmesini sağlayacak şekilde teşkil edilir. Debi azalınca, daha küçük çaplı olup çökelmeleri istenmeyen danecikler de tabana çökler ise de bunlar yatay akış hızı sabit tutulmak suretiyle tekrar tabandan kaldırılabilir. Bu yüzden kum tutucular, yatay akış hızı 0.25 ila 0.4 m/sn (tercihen 0.3 m/sn) olacak şekilde projelendirilir. Bu akış hızı, organik daneciklerin kum tutucudan dışarıya sürüklenmesini temin eder. Buna mukabil iri kum ve çakılların çökmesini önlemez.

Kum tutucuların boyutlandırılmasında ikinci mühim parametre yüzey yüküdür. Yüzey yükü (S_0),

$$S_0 = Q / A$$

şeklinde hesap edilir. Burada,

Q: Debi, m^3/saat

A: Kum tutucu yüzey alanı, m^2 göstermektedir.

Küre şeklindeki daneciklerin çökme hızları, danenin özgül ağırlığı, sıcaklık ve çöktürülecek dane çapına bağlı olarak değişmektedir. Özgül ağırlığı 2650 kg/m^3 olan kum daneciklerinin 10°C sıcaklıktaki çökme hızları Tablo 1.'de verilmiştir.

Tablo 1. Çökme Hızları

Danecik Çapı, mm	0.5	0.2	0.1	0.05
Çökme hızı, V_s , m/s	258	82	24	6.1

Tablo 1'e göre $d = 0,1$ mm ve daha büyük çaptaki daneciklerin çöktürülebilmesi için yüzey yükü $S_o < V_s = 24$ m/sa olmalıdır. Tatbikattaki durum biraz farklıdır. Türbülans vs. gibi faktörler sebebiyle giderme verimi biraz düşer. Tecrübelerle göre elde edilmiş yüzey yükleri, giderme verimine ve dane çapına bağlı olarak Tablo 2'de verilmiştir.

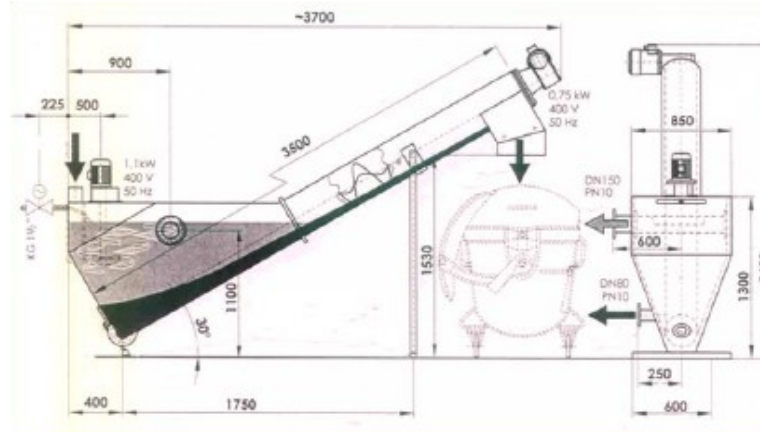
Tablo 2. Kum Tutucularda Yüzey Yükleri

Dane Çapı	Kum Tutma Verimine Göre Yüzey Yükü, S_o , m/s		
	% 100 verim	% 90 verim	% 85 verim
0.16 mm	12	16	20
0.20 mm	17	28	36
0.25 mm	27	45	58

Kum tutucular, akım şartları ve inşa durumları bakımından aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir.

- Yatay akışlı dikdörtgen planlı kum tutucular
- Daire planlı kum tutucular
- Düşey akımlı kum tutucular
- Havalandırmalı kum tutucular.

Bu kum tutucular içinden yaygın olarak tatbik edilen yatay akışlı dikdörtgen planlı kum tutuculardır. Tipik bir kum tutucu Şekil 1'de görülmektedir.



Şekil 1. Kum Tutucu

Genellikle, iki adet kum tutucu inşa edilmelidir. Böylelikle, bakım ve onarım amaçları için bir tanesi servis dışı tutularak işletmede esneklik sağlanır.

Her bir ünite **maksimum** debiye göre tasarlanmalıdır; Tesiste sadece bir tane mekanik temizlemeli kum tutucu varsa, bunun yedeği olarak “by-pass” amacı için el ile temizlenen kum tutucu uygulanabilir.

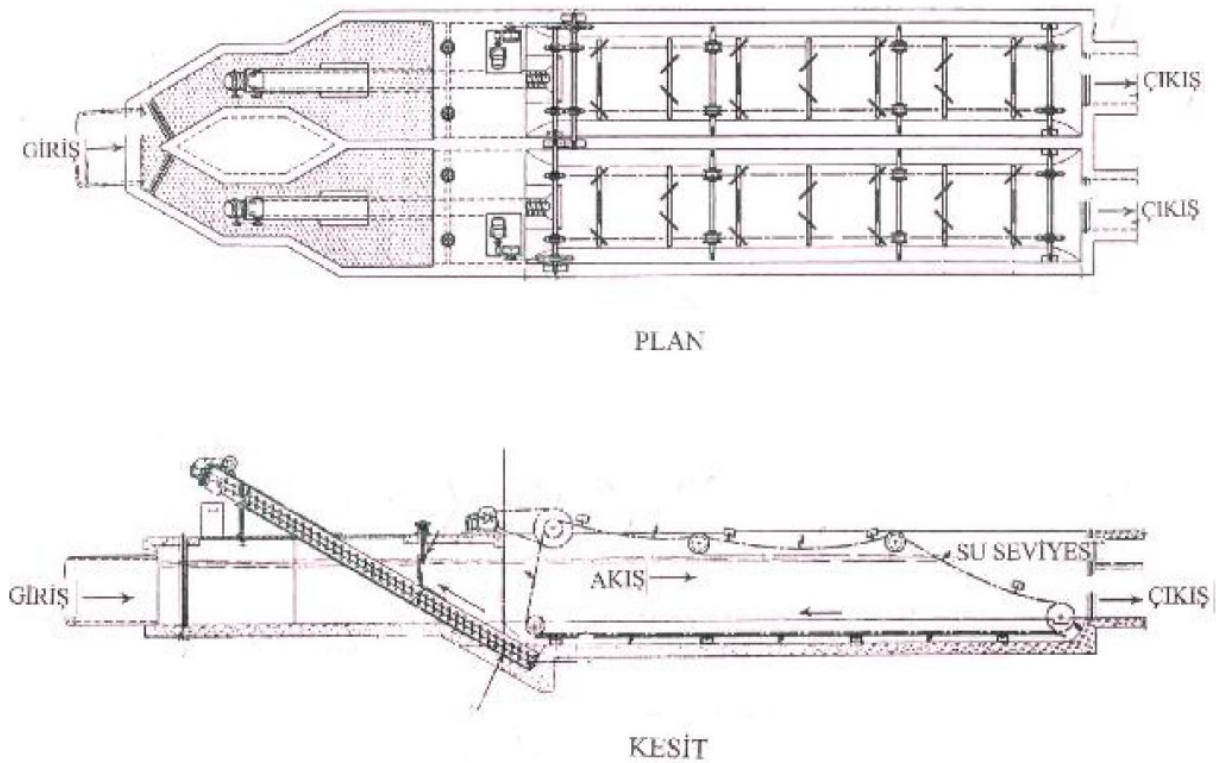
1. Yatay Akışlı Kum Tutucular

Bu kum tutucular, uzun havuzlardan ibarettir. Bunlarda yatay hız 0,3 m/sn arasında tutulur. Kum tutucudaki hızı kontrol etmek için ventüri savağı, orantılı akım savağı, gibi kontrol kısımları mansab tarafına yerleştirilir. Yatay akışlı kum tutuculardaki projelendirme kriterleri Tablo 3'de verilmiştir.

Tablo 3. Yatay Akışlı Kum Tutucularda Projelendirme Kriterleri

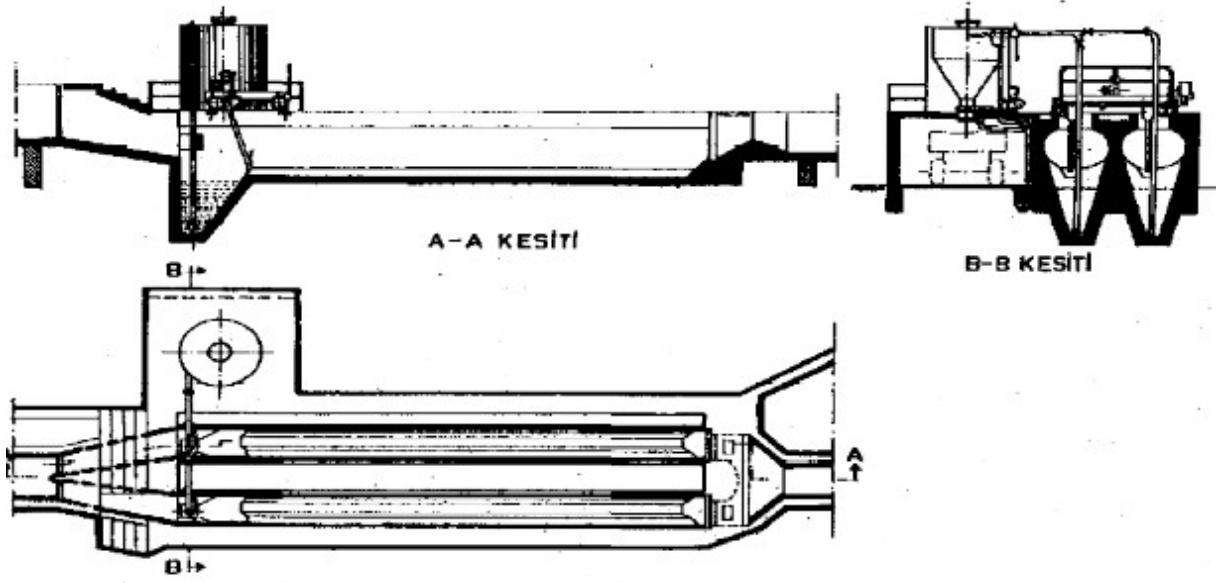
Parametre	Aralık	Tavsiye Edilen Değer
Bekleme müddeti, sn	45-90	60
Yatay akış hızı, m/sn	0.25-0.40	0.3
Yüzey yükü, m/st	12-36	24

Küçük tasfiye tesislerinde kumların insan gücü ile temizlenmeleri mümkündür. Bu iş için kürek ve el arabaları kullanılır. Böyle hallerde, temizlenecek olan kum tutucu devreden çıkarılacağından insan gücü ile temizlenen kum tutucuların en azından 2 gözlü yapılmaları lüzumludur (Şekil 2).

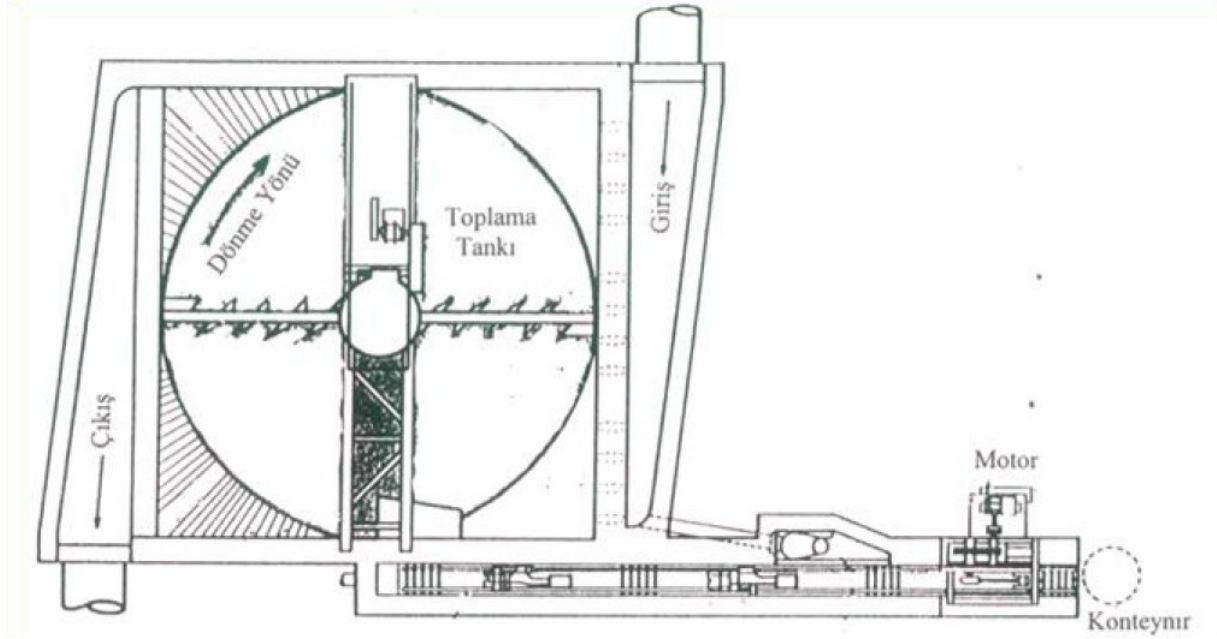


Şekil 2. Yatay Akışlı Kum Tutucu (Örnek 1)

Temizlenecek olan göz devreden çıkarıldıktan sonra drenler açılarak buradaki su tahliye edilir. Temizleme işlerinden sonra drenler tekrar kapatılarak temizlenen göz devreye sokulur. Şekil 3'de kare planlı bir kum tutucu görülmektedir.



Şekil 2. Yatay Akışlı Kum Tutucu (Örnek 2)



Şekil 3. Kare planlı kum tutucu.

Kum Tutucu Boyunun Hesabı

Kum tutucuda su zerresi yatay olarak L yolunu kat edince çöktürmesini istediğimiz en küçük çaplı kum daneciği de h yolunu tamamlamalıdır. Yani,

$$L / V = h / V_{\check{c}} \text{ yazılabilir.}$$

Burada,

L: Kum tutucu boyu, m.
h: Kum tutucuda su yüksekliği, m.
V: Kum tutucuda yatay su hızı, m/s
Vç: Daneciğin çökme hızı, m/s

Bu şekilde hesaplanan kum tutucu boyuna giriş ve çıkış yapılarındaki uzunluklar ilave edilmelidir. Bu ve türbülans gibi hususlar dikkate alınarak hesaplanan L boyu % 50 artırılır.

Biriken Kum Miktarı

Toplanan kum miktarı, kanal ağının inşa şekli ve sistemi (birleşik veya ayırıcı sistem), yol kaplaması çeşidi, iklim, nüfus kesafeti ve kanala sularını veren sanayi kolları gibi pek çok unsura bağlıdır. Kişi başına yılda toplanan kum miktarı 5 ila 10 lt/N.yıl arasında değişmektedir.

Atıksu içerisindeki kum miktarı aşağıdaki esaslara göre değişir:

- Kanalizasyon sisteminin tipi,
- Bileşik sistem için yağış şiddeti,
- Yol kaplamalarının cinsi ve özellikleri,
- İklim şartları,
- Kanalizasyon sistemini oluşturan boruların cinsi ve özellikleri,
- Zemin ve yeraltı suyunun özellikleri,
- Endüstriyel atıksular,
- Evlerde öğütücülerin kullanımı.

Kumların Alınması

Kumların toplanması için kum tutucuların tabanı, su getiren kanal tabanından 0.2 ila 0.5 m aşağıda yapılır. İnsan gücü ile temizlenenlerinde bu kısmın altında dren boruları bulunur. Dren boruları, kumların temizlenmesi sırasında devreden çıkarılan kum tutucunun sularının tahliye edilmesine yarar. Su tahliye edilince kum bölmesine inen bir işçi kürekle tabanda biriken kumları uzaklaştırır. Mekanik temizleme halinde dren borularına ihtiyaç yoktur. Zira mekanik temizleme sistemi için suyun tahliye edilmesi gereği yoktur. Büyük tesislerde temizlemenin insan gücü ile yapılması uygun olmaz. Böyle hallerde mekanik temizleme tertibatı yapılmalıdır. Bazı hallerde bu temizleme işleminin basınçlı hava ile çalışan tulumlarla yapıldığı görülmektedir.

Tutulan Kumun Bertarafı

Tutulan kumun uzaklaştırılması amacıyla, arazide depolama, lagünleme ve araziye yayma işlemleri yaygın bir şekilde kullanılmaktadırlar.

Genelde, kumun bünyesinde az da olsa bulunan organik maddeler, hoş olmayan koku ve görünüme neden olabileceklerinden, bunların gömülmesi en uygun işlemdir.

İyi bir yapısal kararlılığa sahip olduğundan, tesis içerisindeki bazı uygulamalarda da kullanılabilirler. Kum, tesiste tutulan diğer katı atıklar ile birlikte karıştırılıp sonra gömülebilir.

Tutulan kumun lagülenmesi veya arazi üzerine serilmesi işlemleri için, organik madde içeriğinin ağırlıkça en fazla %2 ila 3 civarında olması gerekir.

Kum, genelde, bu değerdan daha fazla organik madde içerdğinden, bu işlemler öncesi yıkama uygulanmalıdır.

Kum Tutucularda Hız Kontrolü

Kum tutucularda yatay hızın 0,25 ila 0,45 (tercihan 0,30 m/s) civarında tutulması organik maddelerin çökmemesi, buna mukabil tutulan kumların tekrar suya karışarak müteakip birimlere taşınmaması bakımından ehemmiyeti haizdir. Bu maksatla çeşitli hız kontrol tertibatları kullanılır. Bunlar,

- Ventüri (Parşal) Kanalı ile hız kontrolü,
- Kum Tutucu Çıkışında Dikdörtgen savak,
- Orantılı akım savağı,
- Çeşitli büyüklükte paralel kum tutucuların kullanılması.

Eğer kum tutucunun hidrolığı uygun bir şekilde tasarılanmamış ise, kum giderme verimi düşecektir. Ayrıca, aşağıda sunulan problemler ortaya çıkacaktır:

- Giderilen kumda yüksek oranda organik maddeye rastlanacak
- Kum toplama ekipmanına periyodik olarak anormal kum yükleri gelecektir.

Ventüri (Parşal) Kanalı ile Hız Kontrolü

Ventüri kanalı ile hız kontrolunda kum tutucunun sonuna bir ventüri kanalı konulmakta ve hız kontrolu sağlanmaktadır. Ventüri kanalı ile hız kontrolu yaygın olarak kullanılmaktadır. Bunun sebebi aynı tertibat ile debinin de ölçülmesine imkan sağlamasıdır. Kum tutucuda yatay hızı sabit tutmak için en kesitine parabolik bir şekil verilmesi gerekmektedir. Kum tutucuda su hızı (v);

$v = Q_1 / A = 3 Q_1 / (2 w.h)$ ifadesinden bulunabilir.

Kum tutucunun w genişliği ise,

$w = 3 Q_1 / (2 v.h)$ ifadesinden hesaplanabilir.

Burada,

w: Kum tutucu genişliği, m.

Q_1 : Kum tutucunun bir gözünden geçen debi, m³/s

v: Kum tutucudaki yatay hız, m/s

h: Kum tutucuda su yüksekliği, m.

A: Kum tutucunun bir gözünün en kesit alanı, m² 'dir.

Ventüri Kanalının boğaz genişliğini bulmak için kum tutucu ile ventürü arasında Bernoulli bağıntısı yazılırsa,

$h + V^2 / 2g = h_{kr} + V_{kr}^2 / 2g + 0,1(V_{kr}^2 / 2g)$ elde edilir. Burada,

h_{kr} : Kritik kesitte su yüksekliği, m,

V_{kr} : Kritik kesitte su hızı, m/s,

g : Yerçekimi ivmesi, m/sn^2

Bu ifadede yük kayıpları, hız yüksekliğinin 0,1'i olarak kabul edilmiştir.

Kritik kesitte,

$$h_{kr} = 2 (V_{kr}^2/2g) = V_{kr}^2/g \text{ olduğundan,}$$

$$h + V^2/2g = 2 (V_{kr}^2/2g) + V_{kr}^2/2g + 0,1(V_{kr}^2/2g) \text{ veya}$$

$$h + V^2/2g = 3,1 (V_{kr}^2/2g) \quad h + V^2/2g = 3,1 h_{kr}/2$$

Kum tutucudaki v hızı çok küçük olduğundan $v^2/2g$ ihmal edilebilir. Böylece,

$h = 3,1 h_{kr}/2 = 1,55 h_{kr}$ elde edilir. Yani kum tutucudaki su yüksekliği kritik kesitteki su yüksekliğinin 1,55 katıdır.

Kum tutucudaki su yüksekliği (h),

$$h = (3,1/2) \times h_{kr} \text{ ifadesinden bulunabileceği gibi,}$$

$Q = 4 w Ha^{1,522} w^{0,026}$ denkleminde de hesaplanabilir. Burada,

w : boğaz genişliği, ft

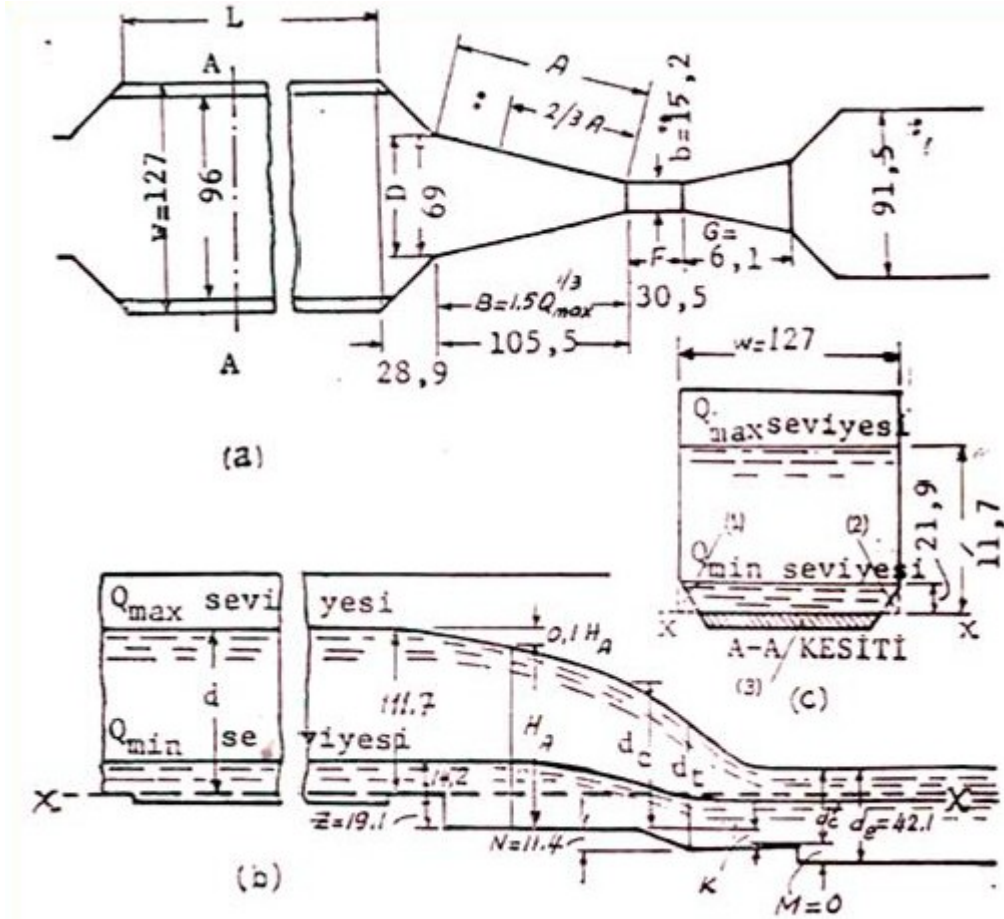
H_a : Parşal kanalının menba tarafındaki su yüksekliği, ft,

Q : Debi (ft^3/s) göstermektedir.

Ventüri kanal ölçeğinde boğaz genişlikleri standardize edilmiştir. Ventüri Kanalına ait değerler Tablo 4'de verilmiştir.

Tablo 4 Ventüri Kanalına Ait Boyutlar

b (m)	A (m)	2/3 A (m)	B (m)	C (m)	D (m)	F (m)	G (m)	K (m)	N (cm)
0.076	0.467	0.301	0.458	0.178	0.259	0.153	0.305	2.54	5.71
0.152	0.62	0.413	0.61	0.397	0.397	0.305	0.61	7.61	11.4
0.228	0.88	0.587	0.864	0.381	0.575	0.305	0.457	7.61	11.4
0.305	1.37	0.914	1.343	0.61	0.845	0.61	0.915	7.61	22.9
0.457	1.449	0.965	1.42	0.762	1.026	0.61	0.915	7.61	22.9
0.61	1.525	1.016	1.496	0.915	1.207	0.61	0.915	7.61	22.9
0.914	1.675	1.118	1.645	1.22	1.573	0.61	0.915	7.61	22.9
1.22	1.83	1.12	1.795	1.525	1.938	0.61	0.915	7.61	22.9
1.83	2.13	1.42	2.093	2.135	2.668	0.61	0.915	7.61	22.9
2.44	2.44	1.625	2.387	2.74	3.394	0.61	0.915	7.61	22.9



Şekil 4. Venturi Plan ve Kesiti.

Ventüri kanalında kritik su yüksekliği aşağıdaki denklemlerle bulunabilir.

$$h_{kr} = [Q^2 / (b^2 g)]^{1/3}$$

Mansap Şartlarının Tahkiki

Ventüri kanalı ile alakalı hesapların geçerli olabilmesi için akımın serbest olması, yani batmış vaziyette olmaması gerekmektedir. Bunun için de kritik derinliğin mansap şartlarından müstakil (bağımsız) olması lazımdır.

Serbest akımın meydana geldiği en büyük debi:

$Q_{max} = 2,27 b (10 N)^{1,5}$ bağıntısıyla verilmektedir. Burada,

Q_{max} , m³/sn cinsinden bulunur,

N değeri, b boğaz genişliğine bağlı olarak ventüri kanalına ait tablolardan alınır. Hesap debisinin maksimum debiden küçük olması gerekir. Aksi takdirde daha büyük boğaz genişliğine haiz olan ventüri ölçeği seçilir.

Akımın batmış durumda olmaması için $h_{kr} + K > h_{kr1}$ ve $h_{kr1} + m > h_e$ olmalıdır. Burada,

K: Ventüri kanalında gösterilen değer, m,

h_{kr} 1: Genişliğin C değeri alınması ile bulunan kritik su yüksekliği, m, yani

$$h_{kr} 1 = [Q^2/(C^2 \times g)]^{1/3}$$

h_e : Ventüri leğinden sonraki kanalda su yüksekliği, m,

m: Akımın batmış olmaması için gerekli minimum su yüksekliğini göstermektedir.

Dikdörtgen Savak ile Hız Kontrolü

Dikdörtgen savak ile hız kontrolnda kum tutucunun her gözü çıkışına dikdörtgen bir savak inşa edilir. Kritik kesit burada oluşur. Kum tutucu, parabol en kesitli veya buna yakın trapez en kesitli olarak seçilir. Kum tutucu gözlerinin çıkışına konulan savakta meydana gelen kritik yüksekliği bulurken her bir gözden geçen debi dikkate alınır. Yani,

$h_{kr} = [Q_1^2/(b^2 \times g)]^{1/3}$ ifadesi kullanılır. Diğer hesaplar Ventüri kanalı yapılmasına ait olanlar gibidir.

Orantılı Akım Savağı

Bir diğer hız kontrol tertibatı orantılı akım savaklarıdır. Orantılı akım savakları da kum tutucuda herbir gzn çıkışına konulur. Kum tutucunun en kesiti dikdörtgen yapılıdır. Orantılı akım savağına ait enkesitin formu aşağıdaki denklemler yardımıyla bulunabilir.

$$h = v^2 b^2 / (8 g x^2)$$

veya C bir sabit olmak üzere

$$C = v^2 b^2 / (8 g)$$

ifadesiyle gösterilirse: $h = C/x^2$ yazılabilir.

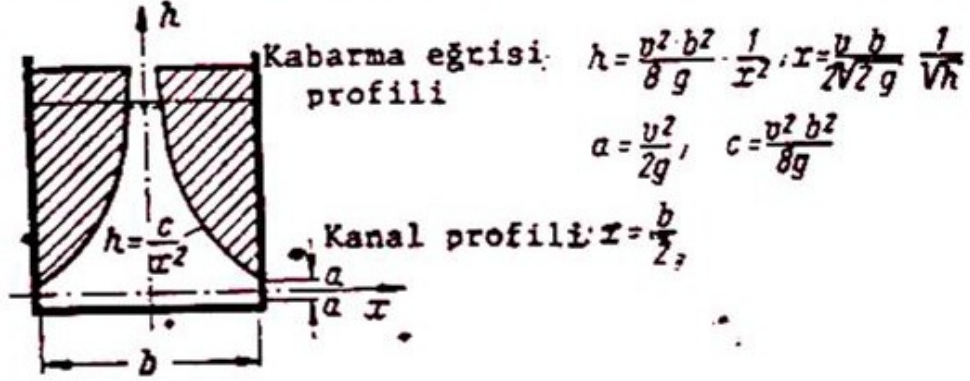
Veya,

$$x = v.b / \{2 (2g)^{1/2} h^{1/2}\} \text{ dir.}$$

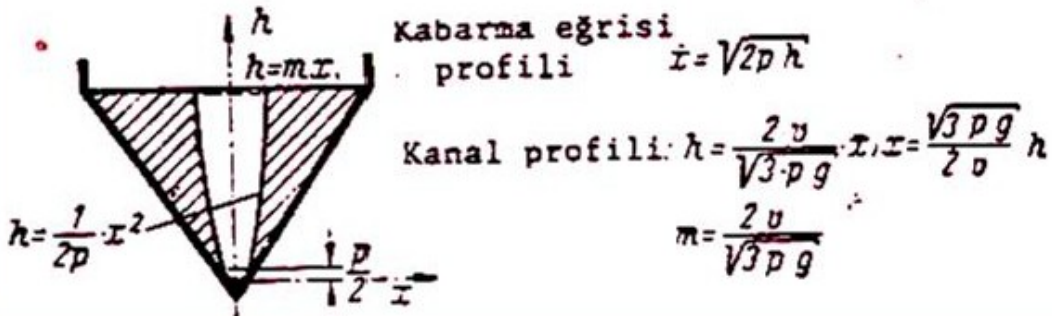
Bu ifadelerde kullanılan değerler Şekil 5. zerinde gösterilmiştir. Őekildeki a değeri,

$a = v^2/2g$ ‘den hesaplanabilir. Burada g yer çekimi ivmesini göstermektedir.

Dikdörtgen enkesit



Üçgen enkesit



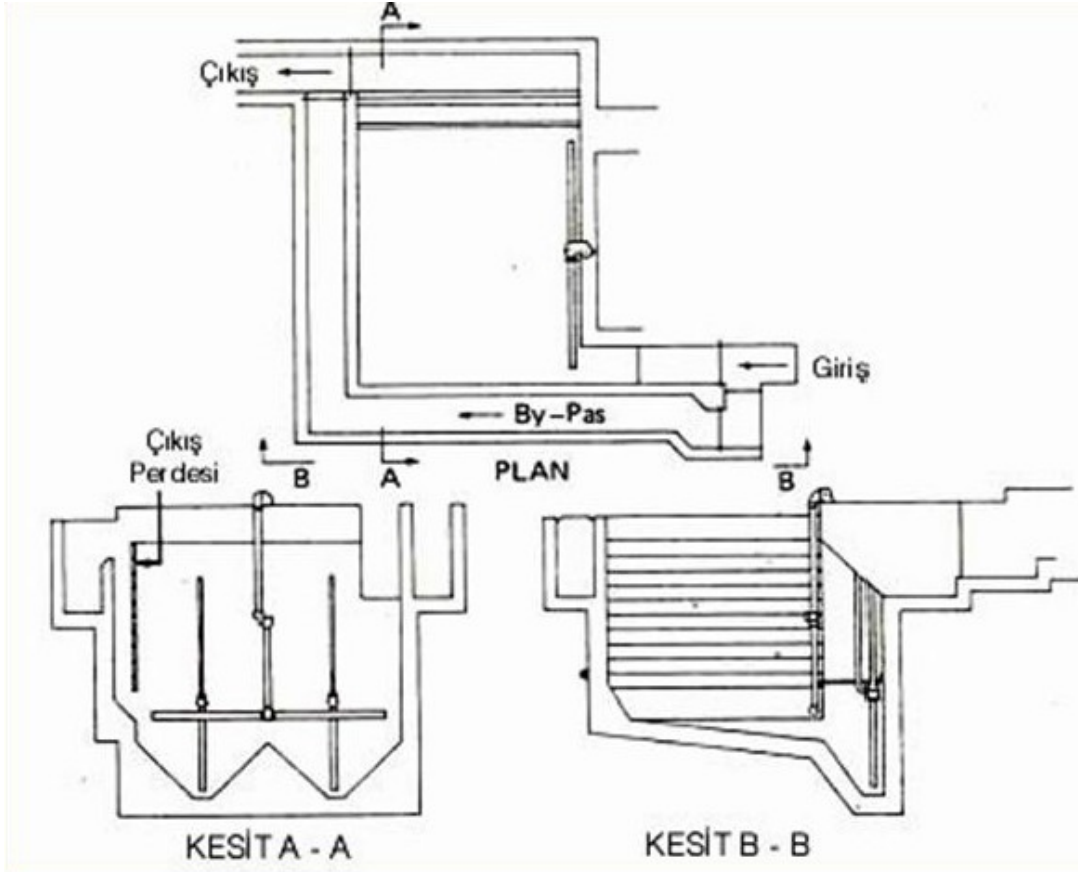
Şekil 5. Orantılı Akım Savağı

2. Havalandırmalı Kum Tutucular

Atıksularda bulunabilecek kum gibi danelerin tutulup uzaklaştırılmasında havalandırmalı kum tutucular da kullanılmaktadır. Havalandırma umumiyetle basınçlı havalandırma ile yapılmaktadır. Basınçlı hava verilmesi sebebiyle bu kum tutucular bir ön havalandırıcı gibi de rol oynar. Bu yüzden bilhassa uzun atıksu mecralarından gelen kullanılmış suların tazelenmesi ve ileri mekanik ve biyolojik tasfiye kademelerinin verimlerini artırması gibi bir faydası da vardır.

Izgara, dikdörtgen planlı kum tutucu ve ön çöktürme havuzundan ibaret bir tasfiye tesisinin BOİ₅ giderme verimi % 25-30 civarında olmasına mukabil, havalandırmalı kum tutucu bulunan bir mekanik tasfiye tesisinin verimi ise % 35-55 gibi daha büyük değerlerde olabilmektedir.

Havalandırmalı kum tutucular bekleme müddeti maksimum debide 3 dakika bekleme süresine göre boyutlandırılır. Havalandırmalı kum tutucunun enine kesiti basınçlı hava ile havalandırılan havuzlarınkine benzerdir. Burada sadece kum toplama çukurları bulunur. Bu çukurların derinlikleri 0,9 m civarındadır. Şekil 6'da bir havalandırmalı kum tutucunun giriş ve çıkış düzeneği gösterilmiştir.



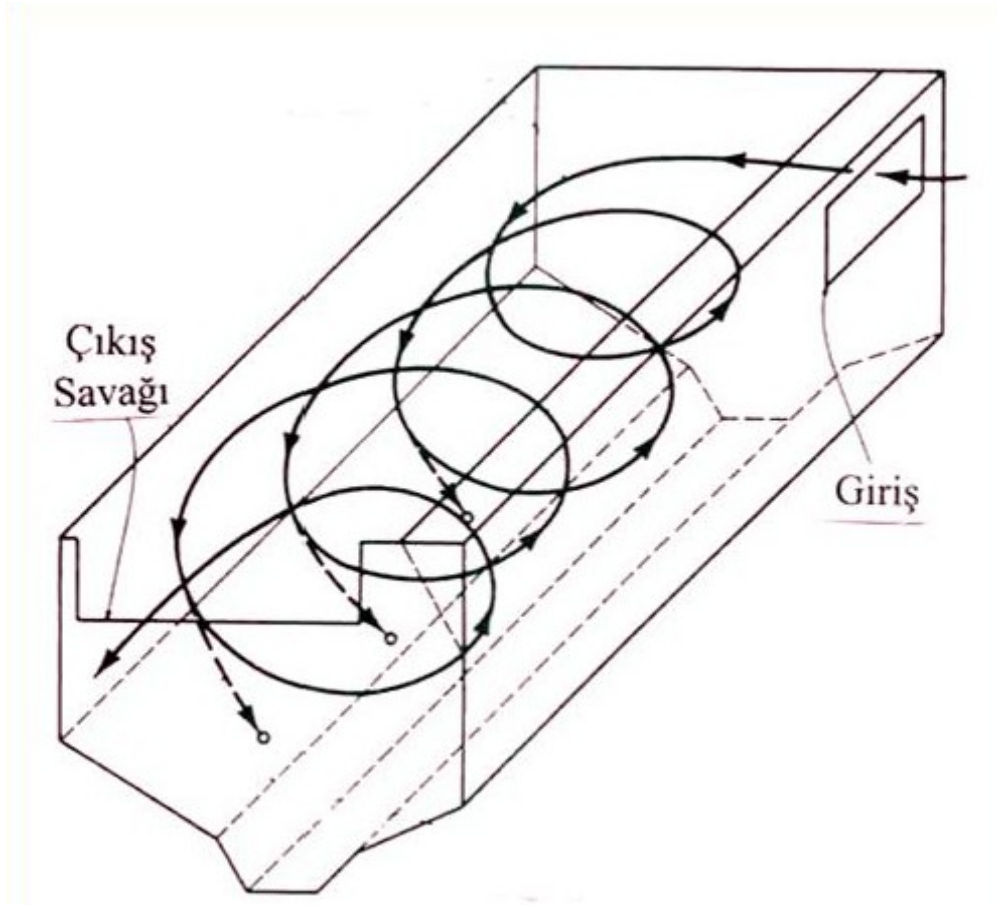
Şekil 6. Havalandırmalı Kum Tutucu Plan ve Kesitleri.

Gözenekli hava borularında (difüzörler), delik çapı 2-3 mm olup, bu borular tabandan 60 - 100 cm yukarıya yerleştirilir. Yatay akış hızı maksimum debide $V_h < 0,2$ m/sn olmalıdır. Hava hızı ayarlanabilmelidir. Eğer çok fazla hava verirse akış hızı büyük olur ve kumlar tabana çökelmeyebilir. Eğer hava hızı çok az ise bu takdirde organik maddeler de çökebilir (Şekil 7).

Havalandırmalı kum tutucular mutlaka mekanik temizleme ekipmanı ile donatılmalıdır. Bu tip kum tutucular, diğer alışlagelen kum tutuculara kıyasla birçok üstünlük sergilerler:

- Hava ile tazelenen atıksuda ilave AKM ve BOI giderimi,
- Havuzda minimum yük kaybı,
- Havalandırmanın kontrol edilmesi ile nispeten düşük ayrışma özelliğine sahip organik maddelerin kumdan ayrılması,
- Yüksek kum tutma verimi,
- Atıksu debisinin salınımlarına karşı sabit giderme verimi,
- Yağ tutma amacı için kullanılabilirlik.

Dezavantajları ise, enerji tüketiminin yüksek olması, hava sistemi için sürekli işçilik gerektirmesi, uçucu organik bileşiklerin ortaya çıkabilmesi, koku sorunu ve kum uzaklaştırma ekipmanları için bakım gerektirmesidir.



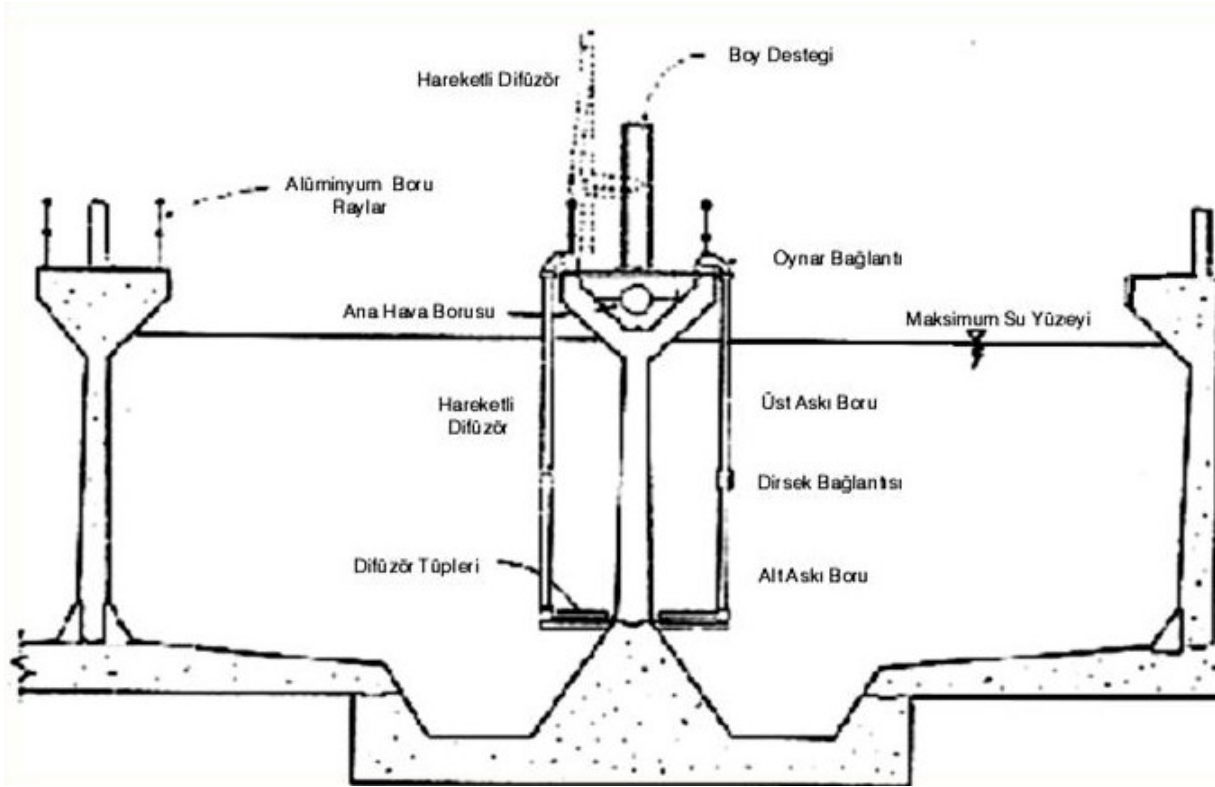
Şekil 7. Daneciğin Havalandırılmalı Kum Tutucuda Hareketi.

Havalandırılmalı kum tutucularda en kesit alanı, 4 - 12 m² arasında değişir, böylece hava hızı 3-8 m³ hava/saat.m uzunluk arasında seçilir. Eğer en kesit 12 m² den fazla gerekiyorsa bu takdirde 2 veya daha fazla paralel havuz kullanılır. Ekseri havalandırılmalı kum tutucular 20-25 m/saat.yüzey yüküne göre projelendirilir. Boyları genel olarak 20-40 m arasındadır. Diğer projelendirme kriterleri Tablo 5'de verilmiştir.

Tablo 5. Projelendirme Kriterleri

Boyutlar	Aralık	Yaygın Değer
Derinlik,m	2-5	
Uzunluk,m	7.5-40	
Genişlik,m	2.5-70	
Genişlik/Derinlik	1:1-5:1	2:1
Bekleme Süresi(pik depi).dk		3 dk
Hava debisi,m ³ /sa m (uzunluk)	3-10	
Kum miktarı m ³ /10 ⁶ m ³	4-200	15

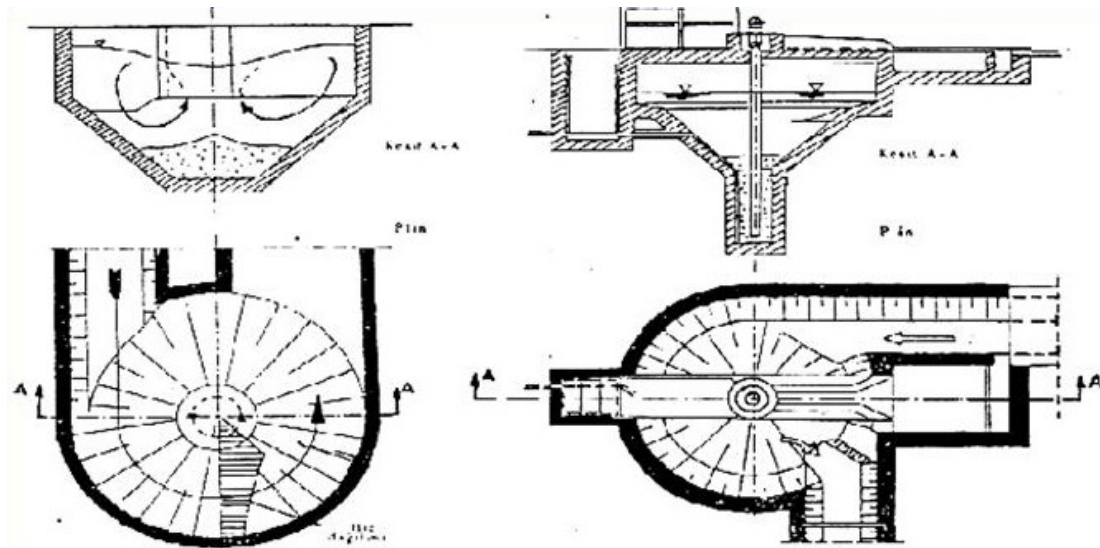
Havalandırılmalı kum tutucunun kesiti Şekil 8'de görülmektedir. Biriken kumlar umumiyetle mekanik olarak temizlenir.



Şekil 8. Havalandırmalı kum tutucu kesiti.

3. Daire Planlı Kum Tutucular

Daire planlı kum tutucular, giriş ve çıkışı ayarlamak suretiyle akıma dairevi bir yörüngeyi verildiği kum tutuculardır. Kumlar suyun yaptıkları hareketi yapamadığı için ve merkezkaç kuvvetlerinin tesiri ile merkezdeki kum bölmesine birikir. Böylece atıksudan kum arındırılmış olur. Bu tür kum tutucuların plan ve kesiti Şekil 9'da gösterilmiştir.



Şekil 9. Daire Planlı Kum Tutucu Plan ve Kesitleri.

Kum tutucunun boyutlandırılması yüzey yükünün seçilmesi suretiyle yapılır. Yüzey yükü olarak

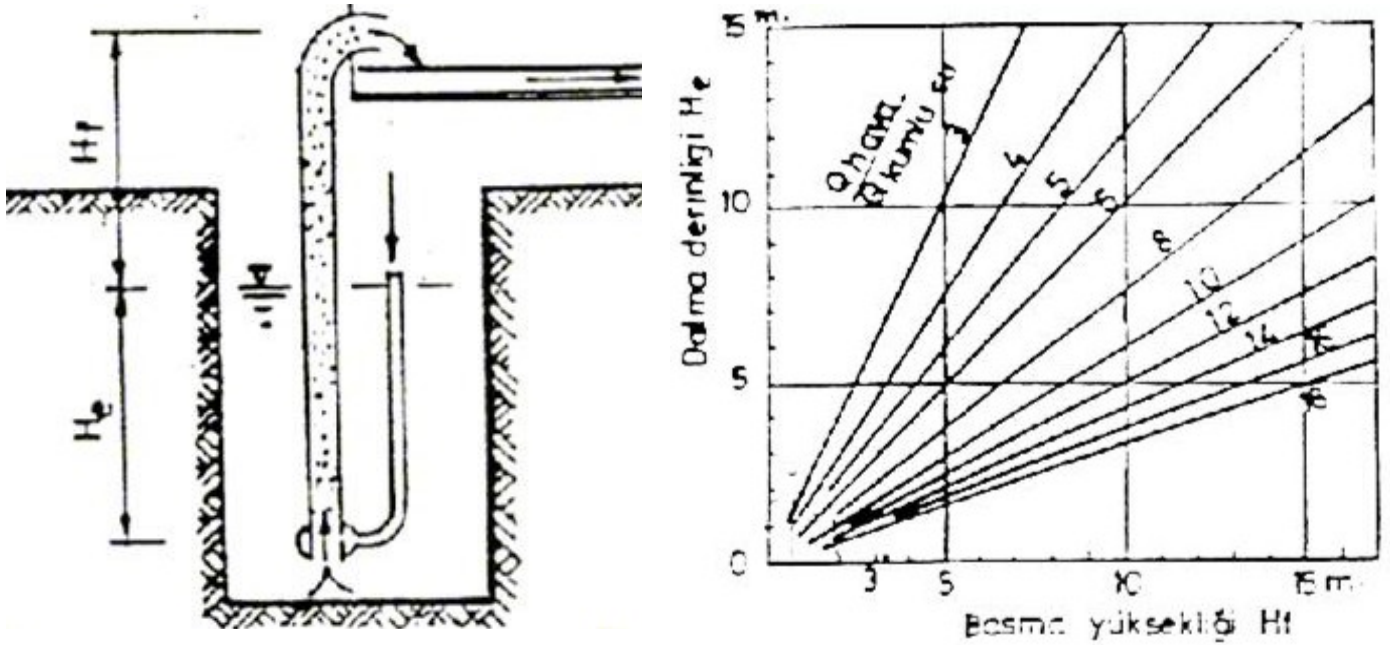
$$S_o = Q/A$$

$S_o = 24$ m/saat alınması tavsiye olunur. Burada,

Q: Atıksu debisini, $m^3/saat$,

A: Kum tutucu üst yüzey alanını, m^2 , göstermektedir.

Kum tutucuda biriken kumların yukarıya alınması için santrifüj tipte pompa veya hava pompası kullanılabilir. Santrifüj pompaların kanatları kısa sürede aşındıklarından hava pompasının kullanılması tavsiye olunur. Hava pompasının prensibi, hava, su ve kum karışımının hava kabarcıkları yükselirken kumları da taşımaları esasına dayanır. Dolayısıyla gerekli hava miktarı, dalma derinliği ve basma yüksekliklerine bağlıdır. Şekil 10'da lüzumlu hava miktarının bulunmasına yarayan abak gösterilmiştir.



Şekil 10. Hava Tulumbası (Mamot Pompa) İçin Hava Miktarının Bulunması.

KUM TUTUCU - SORU 1: $Q_{\min} = 0,136 \text{ m}^3/\text{sn}$ ve $Q_{\max} = 0,610 \text{ m}^3/\text{sn}$ olan 100.000 nüfuslu kentin atıksu arıtma tesisi için parabolik en kesitli kum tutucu tasarımı yapınız.

0,2 mm çapa ve $2,65 \text{ g/cm}^3$ 'lük birim hacim ağırlığa sahip kum tanelerinin çökmesi, bu işlem gerçekleştirilirken atıksuyun bünyesindeki askıda organik maddelerin çökmemesi için, kum tutucuda her debide sağlanması gereken yatay akım hızı $0,30 \text{ m/sn}$ 'dir. Bu işlem kum tutucunun çıkışındaki kontrol yapısı ile gerçekleştirilmektedir. Parabolik enkesitin alanı,

$$A = (2/3) (H) (T)$$

Burada, H: Su yüksekliği (m) ve T: Su yüzeyi genişliği (m).

Süreklilik denklemi uyarınca,

$$Q = (V_{\text{YATAY}}) (2/3) (H) (T)$$

$$H = [(3/2) (Q)] / [(T) (V)]$$

T = 2,00 m olarak kabul edilirse;

$$H = [(3/2) (0,610)] / [(2,00) (0,30)] = 1,53 \text{ m}$$

Kum tutucu girişi ile kontrol kesiti arasında "Bernoulli denklemi" uygulanacak olursa,

$$[(V_{\text{YATAY}})^2 / (2g)] + (H) = [(V_{\text{KRİTİK}})^2 / (2g)] + (H_{\text{KRİTİK}}) + H_{\text{YÜK KAYBI}}$$

$$H_{\text{KRİTİK}} = (2) [(V_{\text{KRİTİK}})^2 / (2g)] \text{ ve } H_{\text{YÜK KAYBI}} = (0,10) [[(V_{\text{KRİTİK}})^2 / (2g)]]$$

olduğundan (Not: kontrol kesitindeki yük kaybı kritik hız yüksekliğinin %10 olarak kabul edilmiştir),

$$[(V_{\text{KRİTİK}})^2 / (2g)] = (1/3,10) [H + (V_{\text{YATAY}})^2 / (2g)]$$

$$[(V_{\text{KRİTİK}})^2 / (2g)] = (1/3,10) [1,53 + (0,30^2) / (2 \times 9,81)] = 0,495 \text{ m}$$

Kontrol kesitindeki kritik su yüksekliği ;

$$H_{\text{KRİTİK}} = (2) (0,495) = 0,99 \text{ m}$$

Kontrol kesitindeki kritik akım hızı,

$$V_{\text{KRİTİK}} = [(2) (9,81) (0,495)]^{1/2} = 3,12 \text{ m/sn}$$

Kontrol kesiti alanı,

$$a = (0,610) / (3,12) = 0,196 \text{ m}^2$$

Kontrol kesiti genişliği,

$$w = (0,196) / (0,99) = 0,198 \text{ m} \approx 0,20 \text{ m}$$

Maksimum debide hidrolik özellikler,

$$a = [(Q^2) (w)/(g)]^{1/3}$$

$$a = [(0,610^2) (0,20)/(9,81)]^{1/3} = 0,197 \text{ m}^2$$

$$H_{\text{KRİTİK}} = (0,197)/(0,20) = 0,983 \text{ m}$$

$$H = (3,10/2) (0,983) = 1,524 \text{ m}$$

$$T = (3/2) [(0,610)/(1,524)(0,30)] = 2,00 \text{ m}$$

Minimum debide hidrolik özellikler,

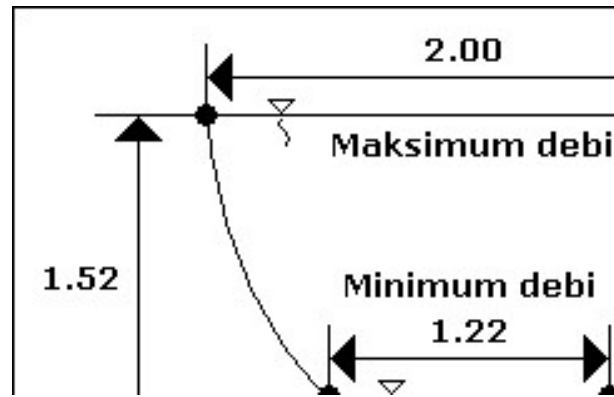
$$a = [(0,136^2) (0,20)/(9,81)]^{1/3} = 0,072 \text{ m}^2$$

$$H_{\text{KRİTİK}} = (0,072)/(0,20) = 0,360 \text{ m}$$

$$H = (3,10/2) (0,360) = 0,558 \text{ m}$$

$$T = (3/2) [(0,136)/(0,558)(0,30)] = 1,22 \text{ m}$$

İnşaat zorluğu nedeni ile parabolik enkesit yamuk enkesite dönüştürülür. Parabolik enkesitin orijinal hali aşağıdaki şekilde verilmiştir.

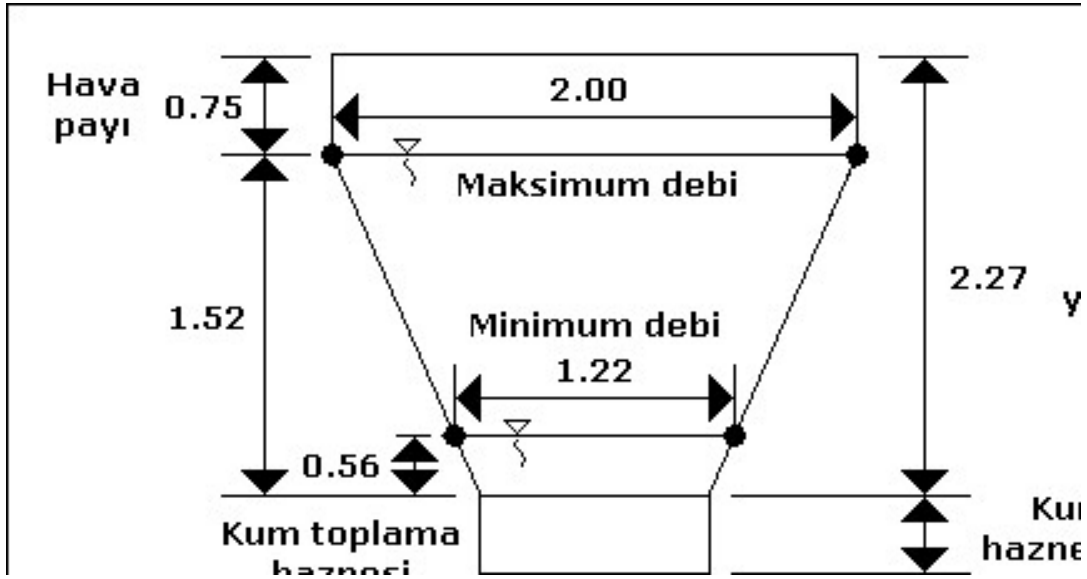


Minimum ve maksimum debilerin koordinatları kullanılarak bir doğru ($Y = a + b X$) oluşturulur. Koordinatların saptanmasında şeklin simetrik olduğu unutulmamalıdır.

- Maksimum debi için $1,52 = a + b (2,00 / 2)$

- Minimum debi için $0,56 = a + b (1,22 / 2)$

Buradan, $a = - 0,94$ ve $b = 2,46$ olarak bulunur ve her iki noktadan geçen doğru saptanır. Y ekseninin 0 olduğu nokta kum toplama haznesinin koordinatlarını belirler. Bu durumda $X = 0.38$ m'dir. Hava payı uygulanacak kum temizleme sistemine göre seçilir. Bu tasarımda 0,75 m olarak kabul edilmiştir. Kum toplama haznesinin genişliği $2 \times 0.38 = 0.76$ m'dir. Yamuk enkesit aşağıdaki şekilde kısmen verilmiştir.



Kum toplama haznesinin yüksekliği henüz belli değildir. Çünkü toplanan kum miktarına ve kum tutucunun etkin uzunluğuna bağlıdır.

Kum tutucu uzunluğu,

$$\text{Çökme süresi} = (\text{Su yüksekliği} / \text{Çökme hızı}) = (1,52) / (0,019) = 80,5 \text{ sn}$$

$$L = (\text{Çökme süresi}) (\text{Yatay akış hızı}) = (80,5 \text{ sn}) (0,30 \text{ m/sn}) = 24,16 \text{ m}$$

Giriş ve çıkışta oluşacak türbülansların çökmeyi etkileyeceği dikkate alınarak kum tutucu uzunluğu, % 10 kadar, $L = 26,00 \text{ m}$ olarak kabul edilmiştir.

Kum Toplama Haznesi

Kişi başına oluşacak kum miktarı $10 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{kişi.yıl}$ olarak kabul edilmiştir. Aralık değer 5 – 10 L/N yıl'dır. Bu durumda günde toplanacak kum miktarı,

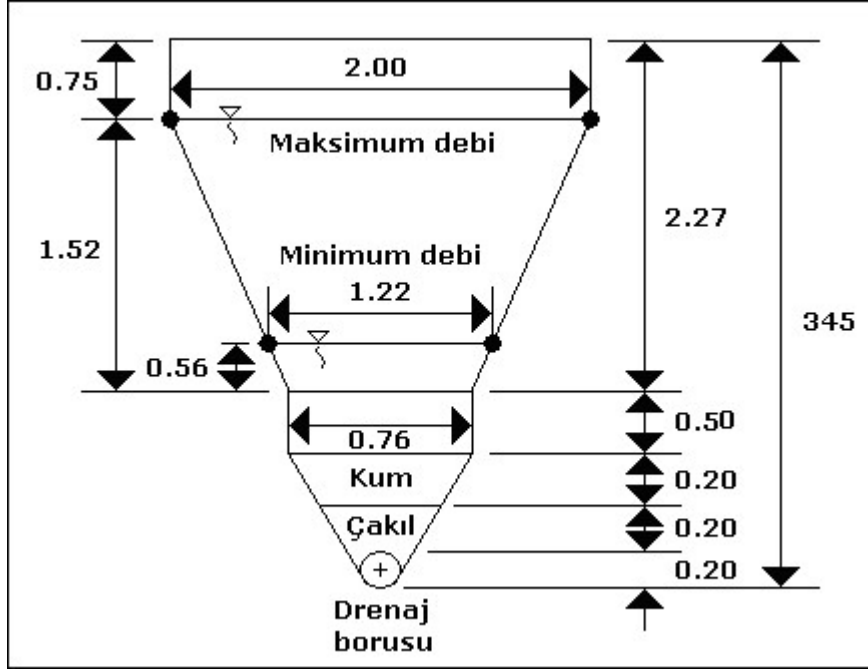
$$V_{\text{KUM}} = [(10 \times 10^{-3}) (100.000)] / (365) = 2,7 \text{ m}^3/\text{gün}$$

Kum tutucunun el ile (not: Yedek bir kum tutucunun inşası zorunludur) haftada iki kez temizleneceği kabul edilirse, gerekli kum toplama haznesi hacmi ;

$$V_{\text{KUM-HAZNE}} = (7/2) (2,7) = 9,5 \text{ m}^3$$

$$\text{Hazne yüksekliği} = (11,52) / [(0,76) (26,00)] = 0,48 \text{ m} \approx 0,50 \text{ m}$$

Temizlenecek kum tutucunun devre dışı bırakılması durumunda, içindeki atıksuyun boşaltılabilmesi için tabanına bir drenaj yapısı inşa edilmelidir. Atıksu tabandaki delikli drenaj borusu ile toplanacaktır. Tabandaki kumun bu borunun içine girmemesi için bu borunun üzerinde bir kum - çakıl yatağı oluşturulmalıdır. Kum tutucunun nihai enkesiti aşağıdaki şekilde verilmiştir. Drene edilen atıksu arıtma tesisinin başına geri devrettirilir.



KUM TUTUCU - SORU 2: 2035 için $Q_{\max} = 2,78 \text{ m}^3/\text{sn}$ için havalandırmalı kum tutucu tasarımı yapınız.

Bekleme süresi, $t = 3 \text{ dk}$

Derinlik, $h = 3 \text{ m}$

Genişlik (B) / Derinlik (h) oranı, $B/h = 1,5/1$

Uzunluk (L) / Genişlik (B) oranı, $L/B = 4/1$ olarak seçildiğinde,

Derinlik (h) = 3 m kabul edilirse, $B = 4,5 \text{ m}$ ve $L = 18 \text{ m}$ bulunur.

Bekleme süresi (t) = $V / (Q_{\max} / n)$ formülünden,

$$3 \text{ dk} \cdot 60 \text{ sn/dk} = (3 \cdot 4,5 \cdot 18) / (2,78 \text{ m}^3/\text{sn} / n)$$

Havuz sayısı (n) = $2,06 \approx 3$ adet (+ 1 yedek). Buna göre Bekleme Süresi kontrolü yapılırsa,

$$t \cdot 60 \text{ sn/dk} = (3 \cdot 4,5 \cdot 18) / (2,78 \text{ m}^3/\text{sn} / 3)$$

Bekleme süresi (t) = 4,37 dk olarak hesaplanır.

$$\text{Yüzeysel Hidrolik Yük (YHY)} = (Q_{\max} / n) / (L \cdot B)$$

$$\text{Yüzeysel Hidrolik Yük (YHY)} = (2,78 \text{ m}^3/\text{sn} / 3) / (18 \text{ m} \cdot 4,5 \text{ m})$$

$$\text{Yüzeysel Hidrolik Yük (YHY)} = 41,19 \text{ m}^3/\text{m}^3 \text{ sa}$$

$$\text{Yatay Akış Hızı (V}_Y) = (Q_{\max} / n) / (h \cdot B)$$

$$\text{Yatay Akış Hızı (V}_Y) = (2,78 \text{ m}^3/\text{sn} / 3) / (3 \text{ m} \cdot 4,5 \text{ m})$$

$$\text{Yatay Akış Hızı (V}_Y) = 0,075 \text{ m/sn} \text{ (0,03 – 0,45 m/sn aralığına olduğundan uygundur.)}$$

Hava debisi, $5 \text{ m}^3/\text{m} \cdot \text{sa}$ seçilmiştir. Buna göre bir kum tutucu için gerekli hava miktarı,

$$Q_{\text{hava}} = L \cdot q_{\text{hava}} = 18 \text{ m} \cdot 5 \text{ m}^3/\text{m} \cdot \text{sa} = 90 \text{ m}^3/\text{sa} \text{ olarak hesaplanır.}$$

Tutulacak kum miktarı, $30 \text{ m}^3/10^6 \text{ m}^3$ seçilmiştir. Buna göre bir havuzda tutulacak toplam kum miktarı,

$$2,78 \text{ m}^3/\text{sn} \cdot 30 \text{ m}^3/10^6 \text{ m}^3 \cdot 86400 \text{ sn/gün} = 7,2 \text{ m}^3/\text{gün} \text{ (maksimum tahmin edilen kum hacmi, 2050 yılı için hesaplanacak değer esas alınabilir)}$$

Kum toplama çukuru boyutları,

$$B = 4,5 \text{ m} \text{ } b = 0,9 \text{ m} \text{ seçilirse,}$$

$$V_{\text{KUM HAZNESİ}} = L \cdot [(B + b)/2] \cdot h_{\text{KUM HAZNESİ}}$$

$$7,2 \text{ m}^3 = 18 \cdot [(4,5 + 0,9)/2] \cdot h_{\text{KUM HAZNESİ}}$$

$$h_{\text{KUM HAZNESİ}} \approx 0,15 \text{ cm} \text{ olarak hesaplanır.}$$

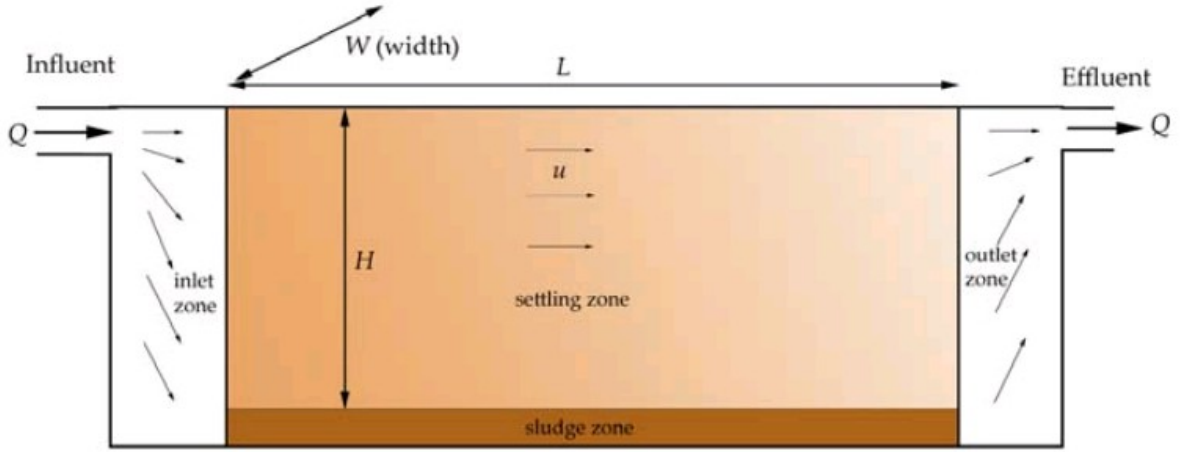
Difüzör tabandan 1 m yukarıya yerleştirilecektir.

Perdeler, duvardan 1 m uzakta ve havuz boylamasına olacaktır.

ÖN ÇÖKELTME HAVUZU

Ön arıtma prosesi olarak, partikül halindeki organik maddelerin (askıda katı maddeler, AKM) önemli bir bölümünü gidermek için atıksu arıtımında kullanılır. Askıda halde bulunan organik maddeler atıksuyun biyokimyasal oksijen ihtiyacına (BOİ₅) katkı yapmaktadır. AKM ve BOİ₅'in azaltılması, oksijen ihtiyacını, enerji kullanım miktarını ve biyolojik arıtma proseslerinde oluşacak işletme sorunlarını azalttığı için ön arıtma ünitelerini önemli kılmaktadır. Aynı zamanda ön çökeltme havuzları, kum tutucuda giderilemeyen yüzer maddeler ve inorganik partiküler maddelerin giderilmesinde de etkilidir. Gres, yağ, plastik, yaprak, tekstil, tüy ve diğer yüzebilir maddeler “*yüzer madde*” olarak isimlendirilmektedir.

Ön çöktürme havuzlarında kimyasal ilavesi olmadan normal şartlarda KOİ'nin % 20 – 30'u, BOİ₅'in % 25 – 40'ı, askıda katı maddelerin % 40 – 70'i, toplam fosforun % 5 – 10'u ve bakterilerin % 50 – 60'ı giderilmektedir. Ön çöktürme havuzunun dizaynındaki amaç, kararlı ve durgun (havuzda herhangi bir karışım olmadan) şartlarda maksimum çöktürmenin gerçekleştirilebilmesi için en verimli süreyi sağlamaktır.



$$u = \frac{Q}{HW} \quad \theta = \frac{L}{u} = \frac{HLW}{Q} = \frac{V}{Q}$$

Ön çöktürme havuzunun dizaynında, yüzey yükü, bekletme süresi, savak yükü, havuzun şekli ve boyutları, giriş ve çıkış yapıları ve çamur giderim sistemleri gibi birçok faktör göz önüne alınmalıdır.

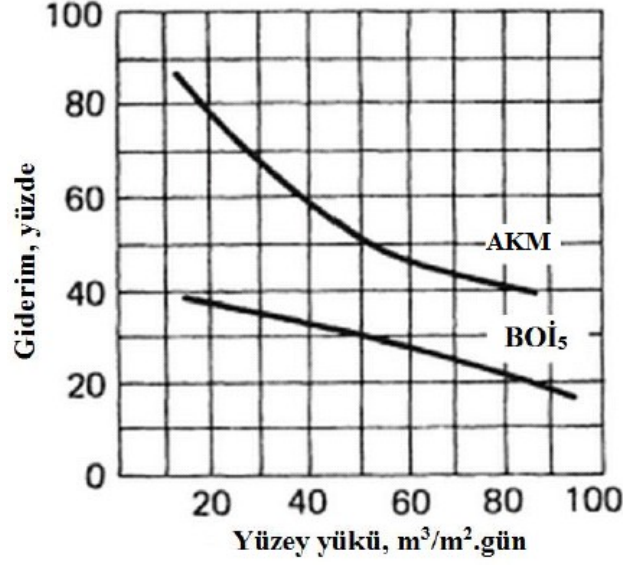
1- Yüzey Yükü

Yüzey yükü bir günde havuzun yüzeyinin bir metre karesinden geçen metre küp (hacim) olarak ifade edilir (m³/m² gün). Yüzey yükü maksimum debilerde verimli bir performans sağlanabilmesi için yeterince küçük olmalıdır.

Çeşitli türlerdeki çöktürme havuzları için yüzeysel yük dizayn değerleri Tablo 1'de verilmiştir. Ön çöktürme havuzları genellikle ortalama debide yüzeysel yük 40 m³/m² gün olacak şekilde tasarlanır.

Tablo 1. Ön çökeltme havuzu tasarım kriterleri.

Parametre	Aralık	Tipik Değer/Açıklama
Genel Parametreler		
Yüzey Yüğü (Q_{ORT})	30 – 50 m ³ /m ² gün	40 m ³ /m ² gün
Yüzey Yüğü (Q_{MAX})	60 – 120 m ³ /m ² gün	100 m ³ /m ² gün
Bekleme Süresi (Q_{ORT})	1,5 – 2,5 saat	2,0 saat
Akış Hızı	0,020 – 0,025 m/s	
Savak Yüğü	125 – 500 m ³ /m gün	250 m ³ /m gün
Çamur Çukurları	1,7 dikey – 1 yatay	Taban genişliği < 0,6 m
Geoteknik		Tankın boş olduğu durumda taban suyu nedeniyle yüzme potansiyeli dikkate alınmalı.
Dairesel Tanklar		
Boyutlar		
Çap	3 – 100 m	12 – 45 m
Kenar Su Derinliği	3 – 5 m	4,3 m
Taban Eğimi	1 dikey : 12 yatay	
Dağıtma Kutusu		
Giriş Hızı	< 0,3 m/s	Pik Debite
Giriş Konfigürasyonu		
Bekleme Süresi	20 dk	Giriş kulesinde.
Batıklık	Derinliğin % 30 - % 75'i	
EKG Bekletme Süresi	8 – 10 s	
Perdeler		
Çıkış		Savak altı
Yatay		Giriş kulesi altı
Dikdörtgen Tanklar		
Boyutlar		
Uzunluk	30 – 110 m	30 – 60 m
Genişlik	3 – 24 m	Her bir palet için 6 m.
Derinlik	2 – 5 m	4,3 m
Dağıtım Kanalı		
Hız	0,3 – 0,75 m/s	
Debi Dağılımı		Orifis veya kapak tercih edilmeli.
Giriş Yapısı		
Delikler	3 – 4 / tank < 3 m	2 m
Perdeler		
Uzaklık	Girişten 0,6 – 0,9 m	
Batıklık	0,5 – 0,6 m	



Şekil 1. Ön çöktürme havuzunda yüzeysel yükteki değişime göre AKM ve BOİ₅ giderim verimleri.

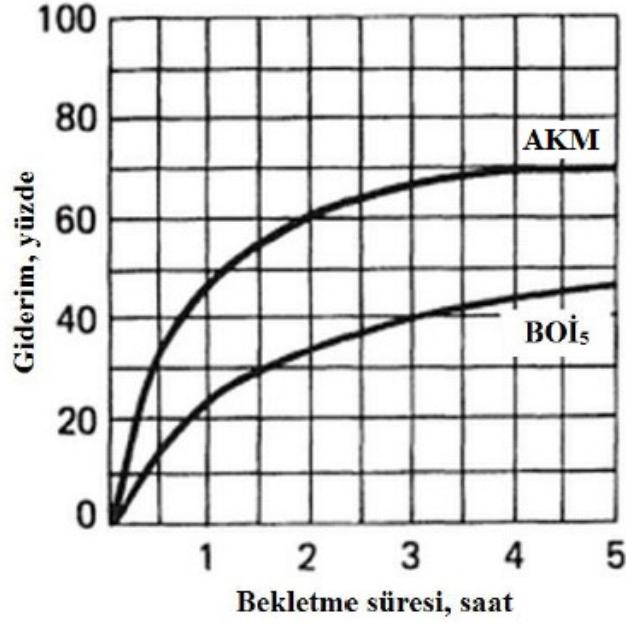
2- Bekletme Süresi

Yüzeysel alanı seçilmiş havuzlarda, bekletme süresi tankın derinliğine bağlıdır. Çeşitli yüzeysel yükleri ve havuz derinlikleri için bekletme süreleri Tablo 2’de özetlenmiştir. Çoğu tasarımda, ortalama debide bekletme süreleri ön çöktürme havuzlarında 1,5-2,5 saat, son çöktürme havuzlarında ise 2-4 saat olarak kullanılır.

Tablo 2. Çeşitli yüzeysel yükleri ve havuz derinlikleri için bekletme süreleri

Yüzeysel Yük (m³/m².gün)	Bekletme Süresi (saat)					
	2.0 metre derinlikte	2.5 metre derinlikte	3.0 metre derinlikte	3.5 metre derinlikte	4.0 metre derinlikte	4.5 metre derinlikte
30	1,6	2,0	2,4	2,8	3,2	3,6
40	1,2	1,5	1,8	2,1	2,4	2,7 ^a
50	1,0	1,2	1,4	1,7	1,9	2,2
60	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8
70	0,7	0,9	1,0	1,2	1,4	1,5
80	0,6	0,8	0,9	1,1	1,2	1,4

^a 40 m³/m².gün’lük yüzeysel yüküne sahip, 4,5 metre derinliğindeki bir çöktürme havuzunun bekletme süresi 2,7 saat olacaktır. Bu en arzu edilen dizayn şartı olarak kabul edilir.



Şekil 2. Ön çöktürme havuzunda bekletme süresindeki değişime göre AKM ve BOİ₅ giderim verimleri.

3- Savak Yüğü

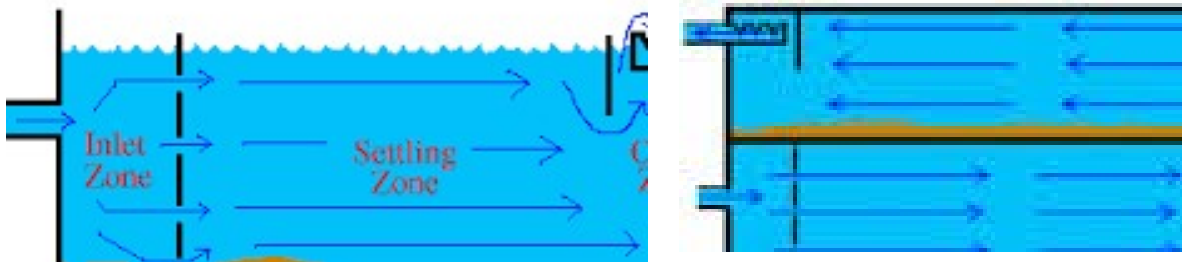
Çöktürme tankları bir günde bir metre uzunluğundaki savak için genelde 370 m³ yüke göre dizayn edilir.

- Maksimum debisi 44 L/sn veya daha az olan tesisler için savak yüğü 248 m³/m gün'dür.
- Maksimum debisi 44 L/sn'den daha fazla olan tesisler için savak yüğü 372 m³/m gün'dür.

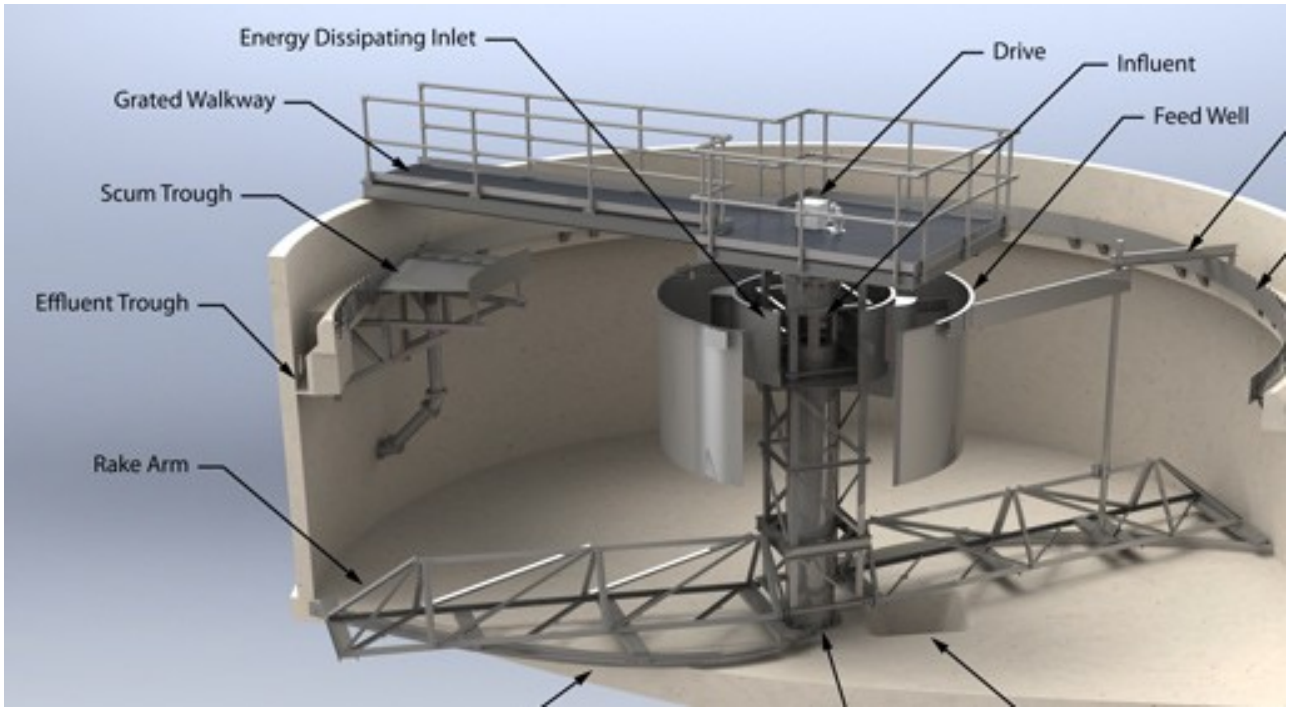
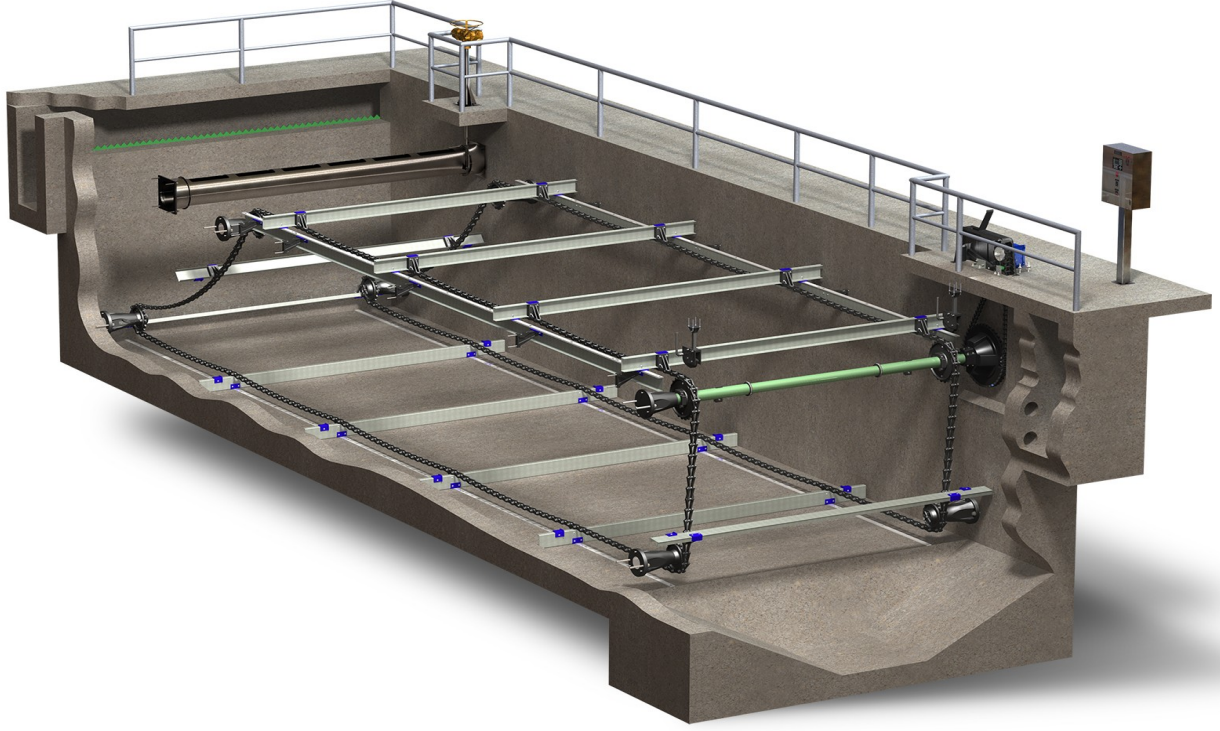
4- Havuz Boyutları

Ön çöktürme havuzlarının boyutları üreticiler tarafından sağlanan standart ekipmanlara uygun olarak seçilmelidir. Ayrıca havuzun inşa edileceği arazinin büyüklüğü, arazinin şartları, tesisin yapılacağı bölgedeki yasal düzenlemeler, tesisi yapacak olan mühendisin tecrübesi, tercihleri ve sistemin maliyeti de göz önüne alınmalıdır. Tamir ve bakım gibi durumlarda, ünitenin çalışır durumda kalabilmesi için mutlaka fazladan havuz veya havuzlar inşaa edilmelidir. Dikdörtgen ve dairesel havuzların temel boyutları Tablo 1'de özetlenmiştir.

Dikdörtgen havuzlar en basit tasarıma sahiptirler. Su yatay olarak tank boyunca akar. Bu tip havuzlar genelde büyük ölçekli arıtma tesislerinde bulunurlar. Avantajları; ön görülebilir olmaları, maliyetinin az olması, onarım ihtiyacının az olmasıdır. Ayrıca uzunluğu genişliğinin 2 katı veya daha fazla olursa suda karışma meydana gelmez. Dezavantajı ise büyük arazi gereksinimidir.



İki basamaklı dikdörtgen çöktürme havuzları aslında birbiri ardına devam eden 2 adet çöktürme havuzundan oluşmaktadır. Daha az yer kaplamakla birlikte, klasik dikdörtgen çöktürme havuzlarına göre daha yüksek işletme ve bakım maliyetleri vardır. Kare veya dairesel çöktürme tanklarında sıklıkla su da kısa devre problemi görülür. Şekil 3'de bu tip havuzlara örnek verilmiştir.

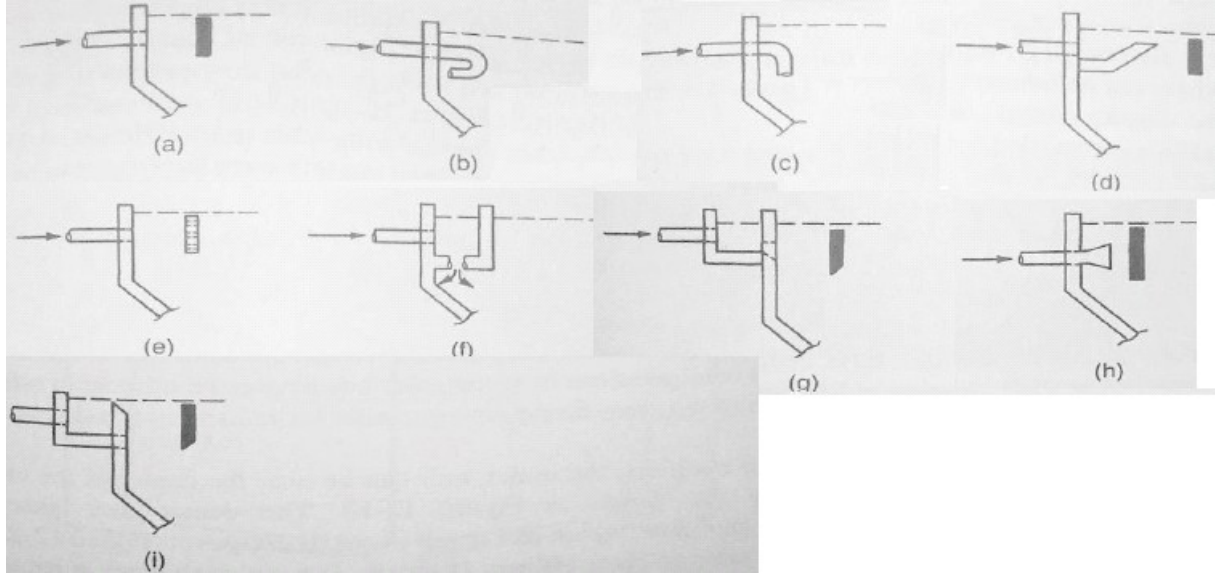


Şekil 3. Dikdörtgen ve dairesel çöktürme havuzunun şematik gösterimi.

5- Katı Yüğü

Katı yüğü ön çöktürme havuzlarında önemli bir parametre değildir. Günde 1,5 ile 34 kg/m² arasında değişmektedir.

6- Giriş Yapısı



Şekil 4. Dikdörtgen çöktürme havuzlarının giriş yapılarının detayları: (a) giriş borularının bir engele karşı deşarjı, (b) U şeklinde dirsek boruyla duvara karşı giriş; (c) havuz genişliği boyunca sıralanan dirsek şeklinde giriş borularıyla deşarj, (d) açılı bir savağın karşısında engelle suyun girişi, (e) delikli engel, (f) altında açıklığı olan bir durağanlaştırma havuzuyla giriş, (g) bir engele karşı birçok açıklığı bulunan bir kanalla giriş, (h) çan şeklinde açılan bir boru ve karşısında bir engelle giriş, (i) taşarak savaklanarak bir engele karşı giriş

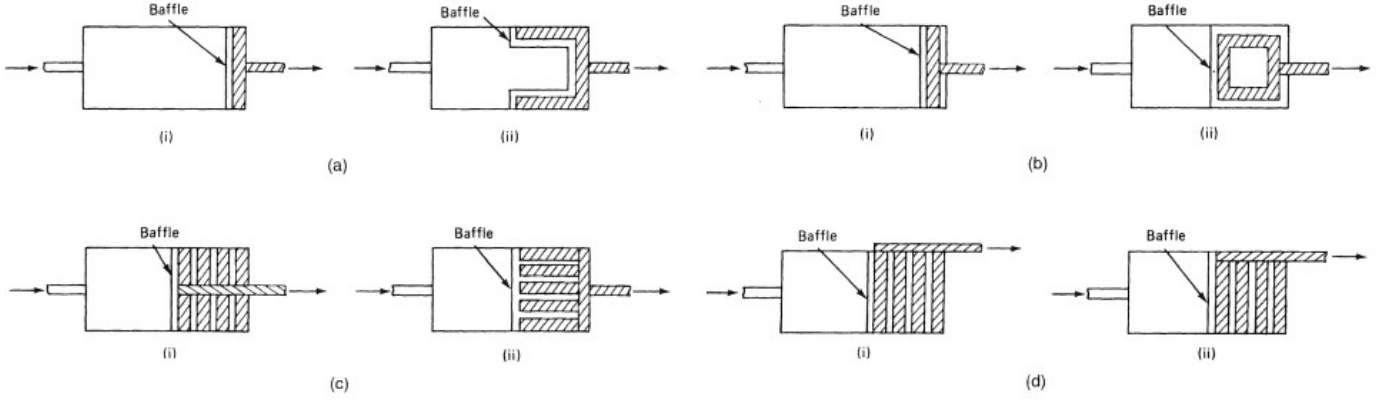
Giriş yapıları birçok amaca hizmet etmek için tasarlanırlar. Bunlar;

- Giren suyu durdurmak veya havuzun stabilitesini sağlamak için giriş akımının enerjisini dağıtmak,
- Debiyi genişlik boyunca eşit bir şekilde dağıtmak,
- Suyun çalkalanmasını engellemek,
- Floklaşmaya yardımcı olmak,
- Küçük bir hidrolik yük kaybı yaratmaktır.

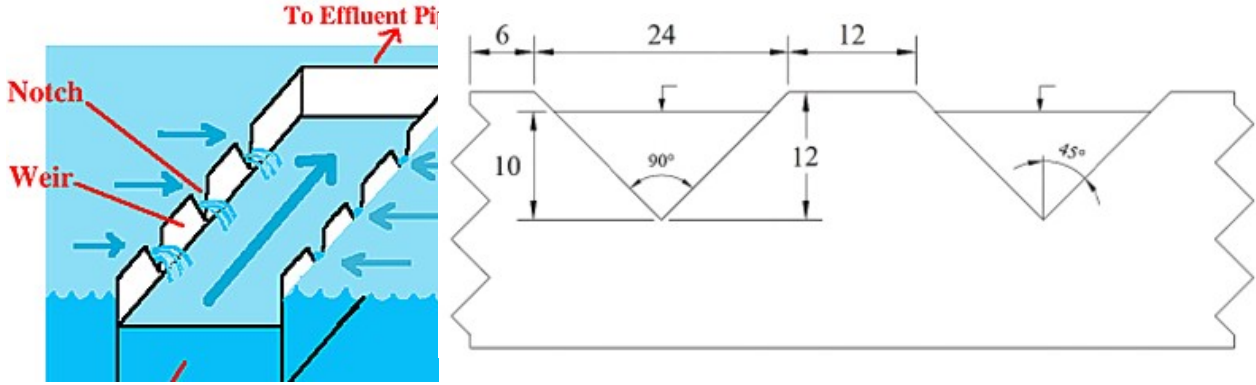
Giriş borusundaki hız 0,3 m/s civarında tutulmalıdır. Dikdörtgen havuzlar için giriş yapısı dizaynları Şekil 4'de gösterilmiştir.

7- Çıkış Yapısı

Dikdörtgen ve dairesel çöktürme havuzları için en sık kullanılan çıkış yapısı seviye ayarlaması yapılabilen savaklardır.



Şekil 5. Dikdörtgen çöktürme havuzlarının çıkış yapısı savaklarının çeşitli dizilişleri: (a) tek savaklı; (b) çift savaklı; (c) çıkış kanalı ortada bulunan birden çok savaklı; (d) çıkış kanalı kenarda olan birden çok savaklı.



Şekil 6. Çıkış yapısı ve savakların şematik gösterimi.

$$q = C_e \times \frac{8}{15} \times \tan \alpha \times (2g)^{1/2} \times H^{5/2}$$

q : Birim diğ için debi

H : Ölçülen su yüksekliği

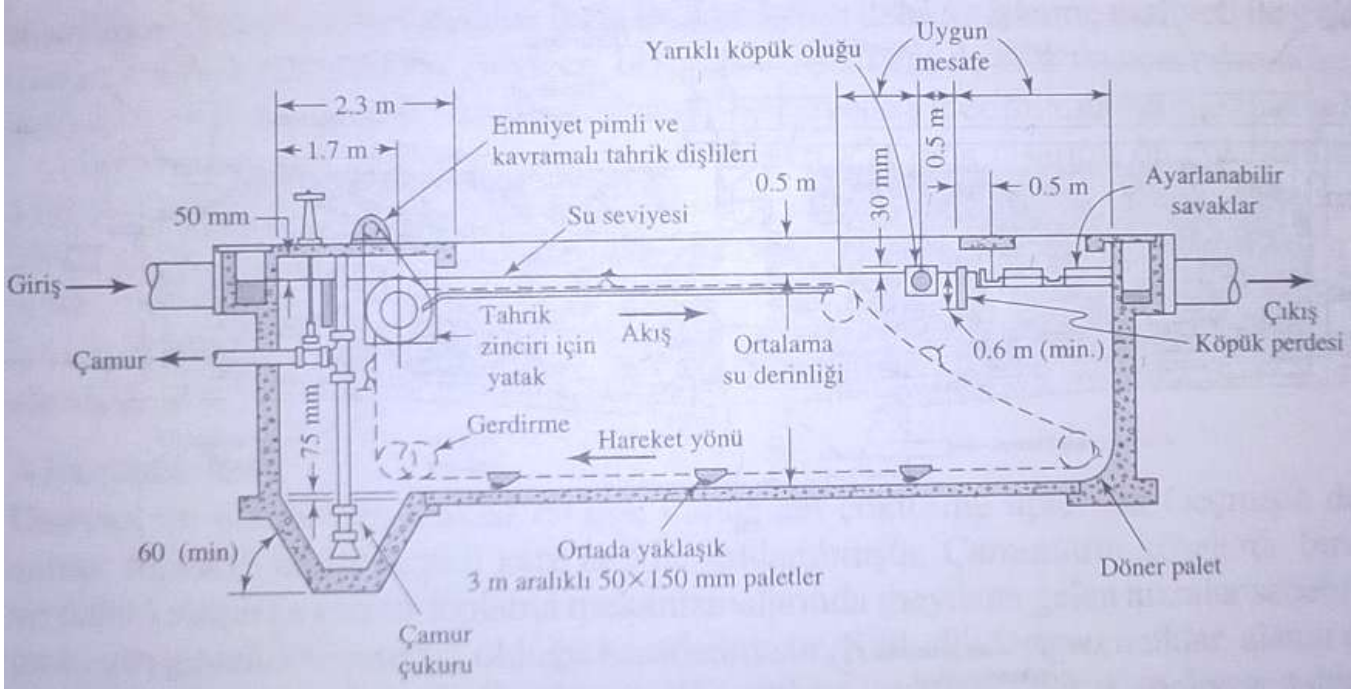
C_e : Savak katsayısı

$$C_e = 0,565 + 0,0087 \times H^{1/2}$$

8- Çamur Toplanması

Dikdörtgen ve dairesel havuzların tabanları çamur toplama hunisine doğru eğimlidir. Böylece çökelen çamurlar eğimle birlikte harekete geçerek bu huninin içersinde toplanırlar. Dikdörtgen havuzlarda eğim % 1 – 2 oranındadır. Dairesel havuzlarda ise eğim, havuz çapının her metresinde 40 – 100 mm kadardır.

Dikdörtgen havuzlarda çamur toplama ekipmanları hareketli konveyör ve yüzeyde ve tabanda sıyrıcısı bulunan köprüdür (Şekil 3 ve 7).



Şekil 7. Dikdörtgen planlı yatay akımlı çöktürme havuzu detayları.

DİKDÖRTGEN ÖN ÇÖKTÜRME HAVUZU DİZAYN ÖRNEĞİ

Bu tasarımda aşağıdaki kriterler dikkate alınmıştır.

- I. 2 adet dikdörtgen havuzun yeterli olacağı varsayılmıştır. Havuzun boyutları kriterlerin dışında kalırsa eğer havuz sayısı artırılmalı veya azaltılmalıdır. Bir havuzun devre dışı kalması durumuna karşın havalandırma ünitesine bypass hattı yapılmıştır.
- II. Ortalama debi $0,44 \text{ m}^3/\text{s}$ ve maksimum debi $1,322 \text{ m}^3/\text{s}$ 'dir.
- III. Ortalama debide yüzey yükü $36 \text{ m}^3/\text{m}^2$ gün alınmıştır (Tablo 1).
- IV. Ortalama debide bekletme süresi 1,5 saatten az olmamalıdır.
- V. Giriş yapısı suyun kısa dolanım yapmasını ve türbülansı engelleyecek şekilde olmalıdır. Giriş kanalındaki hız, maksimum debide $0,35 \text{ m/s}$ 'den daha az olmalıdır.
- VI. Maksimum debide savak yükü $372 \text{ m}^3/\text{m}$ gün'den az olmalıdır.
- VII. Çıkış kanalı, maksimum debiye göre dizayn edilmelidir.
- VIII. Havuzdaki ortalama su yüksekliği 3 metreden az olmamalıdır.
- IX. Tankın dibindeki eğim % 1,35 olarak alınmıştır.

Dizayn Hesabı

1. Havuzun Boyutları:

1.1. Havuzun şekli seçilir. Bu örnekte 2 adet, ortak duvara sahip dikdörtgen havuz seçilmiştir.

- Ortalama debi (her bir havuz için) = 0,22 m³/sn
- Ortalama debide yüzey yükü = 36 m³/m².gün (Seçilir)

$$\bullet \text{ Yüzey alanı (bir havuz için)} = \frac{0,22 \frac{m^3}{sn} \times 86400 \frac{sn}{gün}}{36 m^3/m^2.gün} = 528 m^2$$

- Kriterlere göre havuzun uzunluğu, genişliğinin 4 katı olmalıdır. Havuzun genişliğine X dersek, bu durumda;

$$(4X) \cdot X = 528 m^2 \quad \begin{array}{l} X \text{ yani havuzun genişliği} \\ \text{Havuzun uzunluğu ise} \end{array} \quad \begin{array}{l} = 11,5 \text{ metre} \\ = 11,5 \times 4 = 46 \text{ metre olur} \end{array}$$

NOT: Değerler Tablo 3'e göre kontrol edilir ve belirtilen aralıkta ise işlemlere devam edilir. Değilse, havuz sayısı ve/veya yüzey yükü değiştirilerek işlemler tekrarlanır.

- Ortalama su yüksekliği 4 metre alınırsa;
Uzunluk / derinlik oranı = 46 / 4 = 11.5 (Tablo 3'e göre değer uygun aralıktadır ve su yüksekliği 4 metre seçilebilir)
- Suyun üzerindeki boşluk payı 0,6 metre alınır.
- Havuzun toplam derinliği = 4 + 0,6 = 4,6 metre

1.2. Yüzey yükü kontrol edilir;

$$\text{Ortalama debide yüzey yükü} = \frac{0,22 \frac{m^3}{sn} \times 86400 \frac{sn}{gün}}{11,5 m \times 46 m} = 35,9 \frac{m^3}{m^2.gün}$$

$$\text{Maksimum debide yüzey yükü} = \frac{0,661 \frac{m^3}{sn} \times 86400 \frac{sn}{gün}}{11,5 m \times 46 m} = 108 \frac{m^3}{m^2.gün}$$

1.3. Bekletme süresi kontrol edilir

Havuzun hacmi (ortalama debide ve su bulunan kısmı) = 4 m x 11,5 m x 46 m = 2116 m³

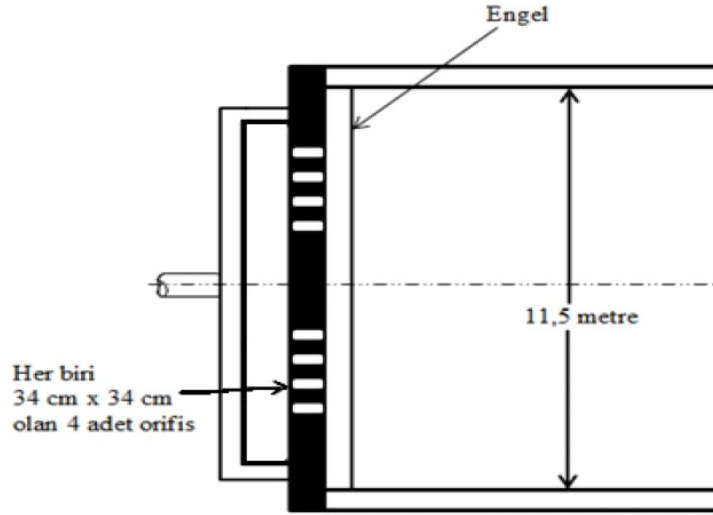
$$\text{Ortalama debide bekletme süresi} = \frac{2116 m^3}{0,22 \frac{m^3}{sn} \times 3600 \frac{sn}{saat}} = 2,7 \text{ saat}$$

$$\text{Maksimum debide bekletme süresi} = \frac{2116 m^3}{0,661 \frac{m^3}{sn} \times 3600 \frac{sn}{saat}} = 0,9 \text{ saat}$$

2. Giriş Yapısı:

2.1. Giriş yapısının dizaynı seçilir.

Giriş kanalı 11,5 metrelik havuzun genişliği boyunca devam eder ve bu kanalın genişliği ise 1 metredir. Bu kanaldaki suyun yüksekliği 1 metre olacak şekilde planlanmıştır. Havuza su girişi, kanalın duvarına yerleştirilen 34 cm x 34 cm boyutlarında, kare şeklindeki 8 adet batık orifis ile sağlanmaktadır. Bu orifislerin amacı suyu eşit miktarda bütün havuza dağıtmaktır. Kanaldan çıkan suyu karşısına konulan engel (bknz Şekil 8), kanaldan 0,8 metre uzaklıkta, 1 metre derinliğinde ve yüzeyinden 5 cm aşağıda bulunmaktadır. Giriş yapısı Şekil 9’da gösterilmiştir.



Şekil 8. Dikdörtgen çöktürme havuzu giriş yapısı.

3. Çıkış Yapısı:

3.1. Çıkış yapısının dizaynı seçilir.

Çıkış yapısı savaklar, su kanalı, çıkış kutusu ve çıkış borusundan oluşmaktadır. Çeşitli şekillerde savaklar mevcut olmakla birlikte çöktürme havuzlarında genellikle V şeklindeki savaklar tercih edilir.

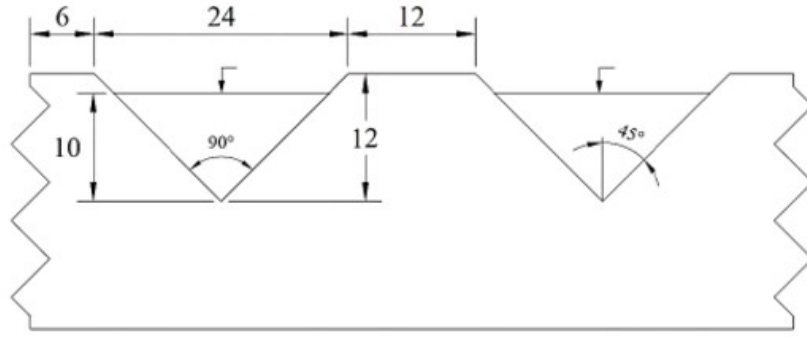
3.2. Savak sayısı hesaplanır.

$$h = 10 \text{ cm} \Rightarrow Ce = 0,565 + 0,0087 \times 10^{1/2} \Rightarrow Ce = 0,59$$

$$q = 0,59 \times \frac{8}{15} \times \tan 45 \times (2 \times 9,81)^{1/2} \times 0,1^{5/2} \Rightarrow q = 4,41 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{sn.diş} \cong 4,5 \text{ L/sn.diş}$$

$$n_{diş} = \frac{Q_{\max} / n}{q} \Rightarrow n_{diş} = \frac{7,1 / 3}{4,5 \times 10^{-3}} \Rightarrow n_{diş} = 526$$

V savakların çizim detayları Şekil 9’da gösterilmiştir.



Şekil 9. V savakların çizim detayları.

3.3. Savak uzunluğu hesaplanır.

$$\text{Maksimum debi} = 0,661 \text{ m}^3 \cdot 86.400 \text{ s/gün} = 57110 \text{ m}^3/\text{gün}$$

$$\text{Savak uzunluğu} = 526 \text{ adet} \cdot 0,36 \text{ m/adet savak} \approx 189 \text{ m (Şekil 10).}$$

$$\text{Savak yükü} = 57110 \text{ m}^3/\text{gün} / 189 \text{ m} = 302 \text{ m}^3/\text{m gün} [125 - 500 \text{ m}^3/\text{m gün aralığındadır}].$$

3.4. Savak yerleşimi yapılır. Çift taraflı su alan, 10 toplama kanalı üzerine 526 adet savak yerleştirilir.

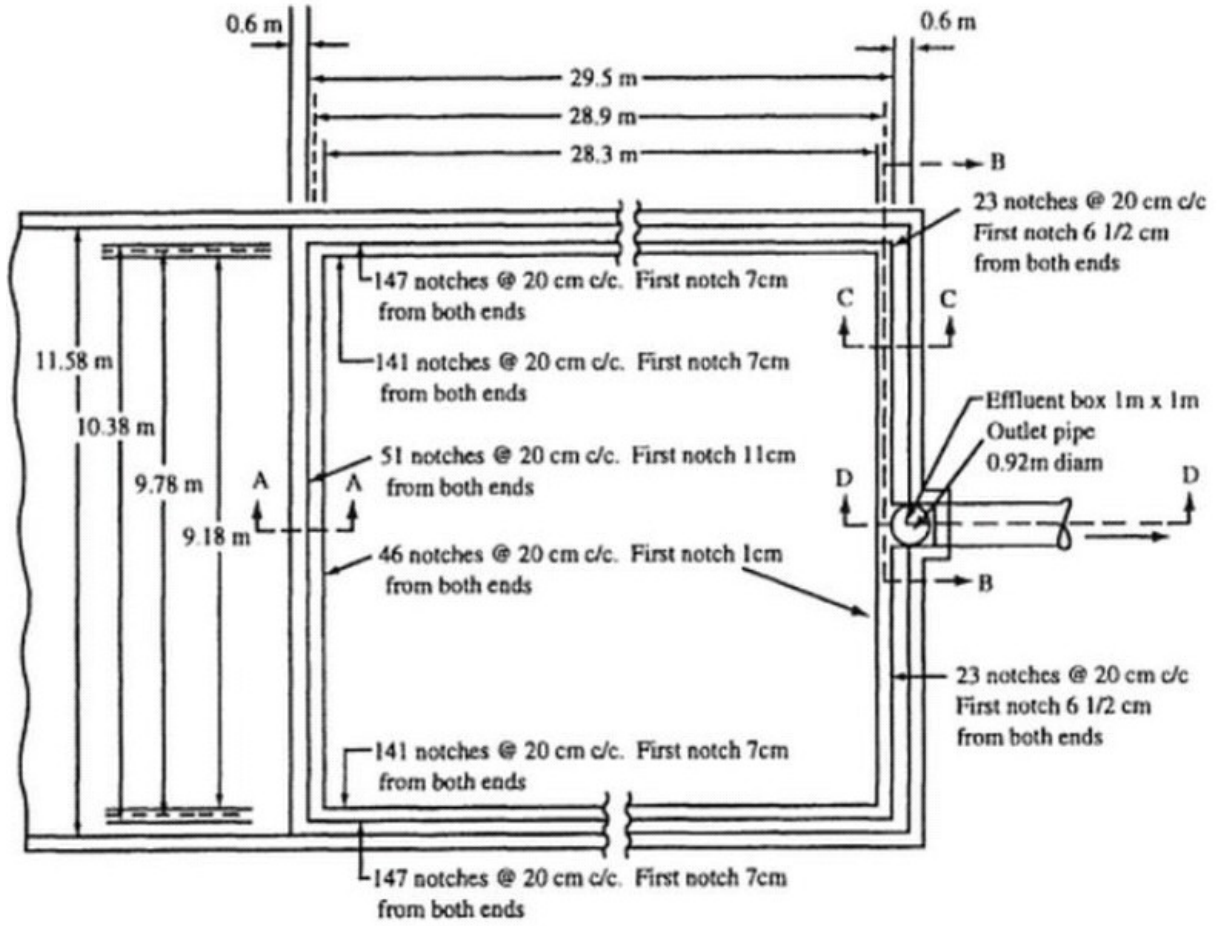
3.5. Toplama kanalı Manning formülü ile boyutlandırılır.

3.6. Çıkış kanalının boyutları belirlenir.

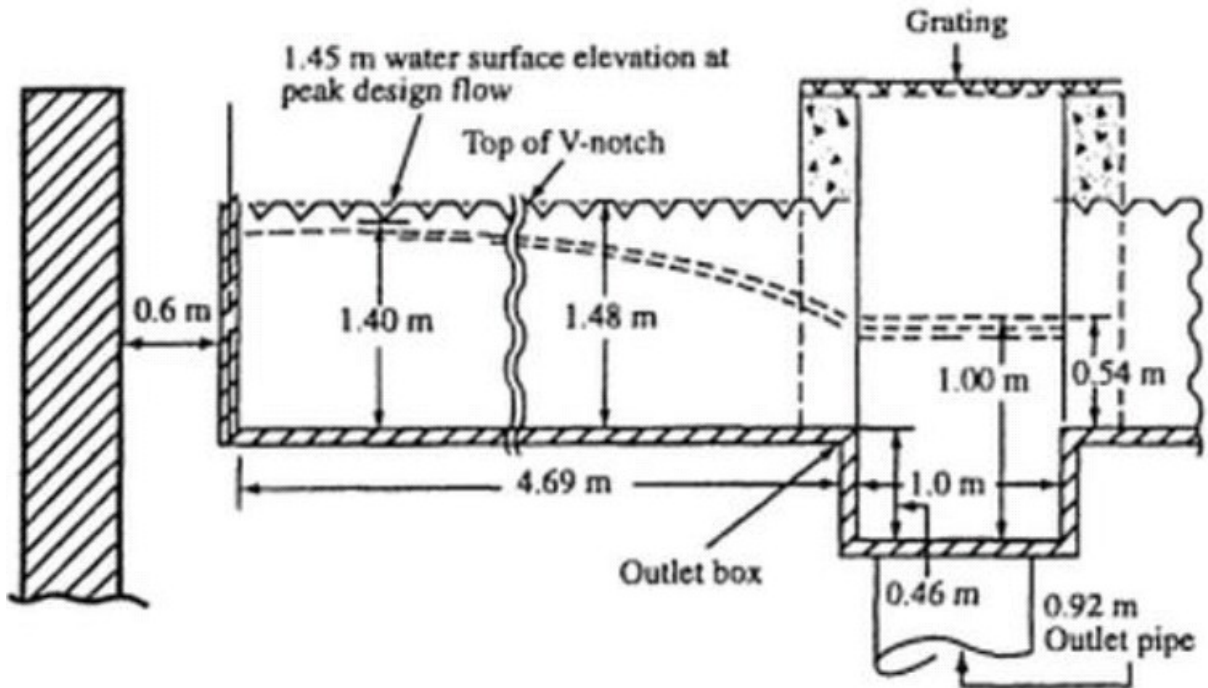
➤ Çıkış borusunun çapı 0,92 m alınır;

$$\text{Çıkış borusunun çapı} = \text{Max. Debi} / [(\pi \times (\text{boru çapı})^2) / 4]$$

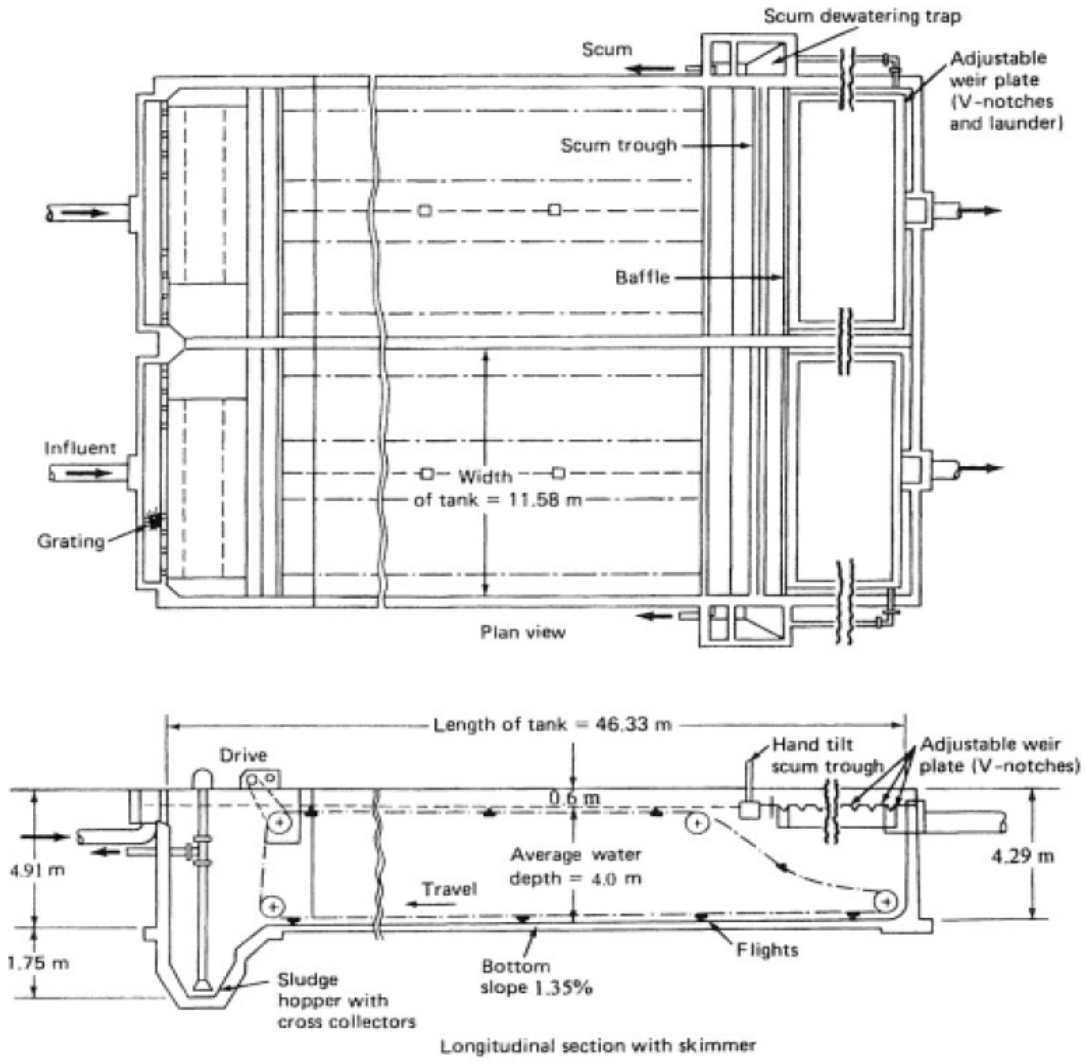
$$= 0,661 / [(3,14 \times (0,92)^2) / 4] = 0,99 \text{ m/sn (0,5 - 3 m/sn uygun)}$$



Şekil 11. Çıkış yapısı üstten görünümü.



Şekil 13. Çıkış yapısı yandan görünüş



Şekil 14. Dikdörtgen ön çöktürme havuzu çizim örnekleri



Şekil 12. Dikdörtgen ön çöktürme çıkış yapısı.

4. Çamur Konisinin Boyutlandırılması:

Tahmini çamur miktarının hesaplanması:

- Ön çöktürme havuzuna gelen askıda katı madde miktarı = 220 mg/L (kabul)

% 60'nın giderildiği varsayılırsa:

$$220 \times 0,6 = 132 \text{ mg/L AKM giderilir}$$

- Maksimum debinin geldiği durumlarda toplam günlük çamur miktarı:

$$0,661 \text{ m}^3/\text{sn} \times 132 \text{ gr/m}^3 \times 86400 \text{ sn/gün} = 7,54 \text{ ton/gün}$$

- Birincil çamurların katı madde oranı % 2 – 8 aralığında olup, tipik değeri % 5'dir. Bu tesiste % 2 olduğu kabul edilmiştir.

- Çamurun özgül ağırlığı 1000 kg/m³ olarak kabul edilir.

$$Q_{\text{çamur}} = (7540 \text{ kg/gün}) / (0,02 \times 1000 \text{ kg/m}^3) = 377 \text{ m}^3/\text{gün}$$

- Günde 3 kere çamur çekilirse, çamurun hacmi = $377 / 3 = 125,67 \text{ m}^3$

- Koni yüksekliği, $h = 1,75 \text{ m}$

- Koni genişliği, $W = 11,5 \text{ m}$

Koni uzunluk, $L = ?$

- $V_{\text{çamur konisi}} = [(L^2 + W^2)/2] \times h$

$$125,67 = [((11,5)^2 + L^2)/2] \times 1,75$$

$$L = 3,37 \text{ m}$$

DAİRESEL ÇÖKELTİM HAVUZU TASARIM ÖRNEĞİ

Soru 2: Bir şehrin atıksu arıtma tesisi günlük 56,800 m³ debiyi arıtmak amacıyla tasarlanmaktadır. 8 adet benzer tipte dairesel ön çökeltim tankı kullanılacaktır. Her bir çift tanka, bir dağıtma yapısı hizmet verecektir. Dairesel ön çökeltim havuzunu boyutlandırınız. Yüzey yükünü 40 m³/m² gün, kenar su derinliği 4,3 m ve çamur çukuru hacmi yaklaşık 1 m³ olarak kabul ediniz. Tasarımda,

- Tank çapı,
- Giriş kulesi çapı,
- EKG'nin çapı ve derinliği,
- Çamur çukurunun boyutları,
- Savak yükü hesabını belirleyiniz.

Cevap 2:

Tank Çapı: Her bir çökeltim havuzuna gelen debi, 7,100 m³/gün olarak hesaplandı. Tankın çapı aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$\text{Yüzey alanı} = Q / V_0 = (7,100 \text{ m}^3/\text{gün}) / (40 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ gün}) = 177,5 \text{ m}^2$$

$$\pi D_{\text{tank}}^2 / 4 = 177,5 \text{ m}^2 \text{ ise } D = 15,03 \text{ m} \approx 15 \text{ m}$$

Bu çap, çamur giderme ekipmanları için standart bir çaptır.

Giriş Kulesi Çapı: Giriş kulesinde 20 dk bekleme süresi kabulü ve tank derinliğinin % 50'sine eşit bir derinlik için giriş kulesi boyutları aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$V_{\text{Kule}} = 7,100 \text{ m}^3/\text{gün} \cdot 20 \text{ dk} / (1.440 \text{ dk}/\text{gün}) = 98,6 \text{ m}^3$$

$$\text{Giriş kulesi derinliği} = 0,50 \cdot 4,3 \text{ m} = 2,15 \text{ m}$$

$$\text{Giriş Kulesi Alanı} = 98,6 \text{ m}^3 / 2,15 \text{ m} = 45,86 \text{ m}^2$$

$$\pi D_{\text{tank}}^2 / 4 = 45,86 \text{ m}^2 \text{ ise } D = 7,64 \text{ m}$$

Bu çap, tank çapının yarısından biraz büyük ve oldukça geniş görünmektedir.

Akış Hızı Kontrolü: Akış hızı kontrol edilir. Atıksuyun içinden akacağı silindirin alanı,

$$A_{\text{silindir}} = \pi D_{\text{tank}} h = \pi 7,64 \text{ m} (4,3 \text{ m} - 2,15 \text{ m}) = 51,6 \text{ m}^2$$

Burada, h kenar su derinliği ile giriş kulesinin derinliği arasındaki farka eşittir. Bu alandaki hız,

$$v = 7,100 \text{ m}^3/\text{gün} / [51,6 \text{ m}^2 \cdot 86.400 \text{ s}/\text{gün}] = 0,002 \text{ m/s}$$

Bu hız 0,02 m/s olan kriterden oldukça düşüktür. Bu sebeple, çapı düşürmek için giriş kulesinin derinliğinin artırılması gereklidir.

Deneme yanılma ile, giriş kulesinin boyutları çap 6,2 m ve derinlik 3,2 m olarak belirlenmiştir. Hız ise 0,004 m olarak tespit edilmiştir.

EKG'nin çapı ve derinliği: 10 s bekletme süresi ve giriş kulesinin yarısı kadar bir derinlik (1,6 m) kullanarak EKG'nin çapı aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$V = 7,100 \text{ m}^3/\text{gün} \cdot 10 \text{ s} / (86.400 \text{ s/gün}) = 0,822 \text{ m}^3$$

$$\text{EKG'nin yüzey alanı} = 0,822 \text{ m}^3 / 1,6 \text{ m} = 0,51 \text{ m}^2$$

$$\pi D_{\text{EKG}}^2 / 4 = 0,51 \text{ m}^2 \text{ ise } D_{\text{EKG}} = 0,809 \text{ m} \approx 0,8 \text{ m}$$

Çamur çukurunun boyutları: Çamur çukurunun taban genişliği 0,6 m'yi geçmemeli ve yan duvarların açısı 60°'den büyük olmalıdır. Çamur çukuru kesik bir piramit şeklindedir. Hacim hesabı aşağıda verilmiştir.

$$V = (h/3) \cdot [W_{\text{üst}} + W_{\text{taban}} + (W_{\text{üst}} \cdot W_{\text{taban}})^{1/2}]$$

Gerekli olan hacim 1 m³'tür. Taban genişliği 0,60 m kabul edilir. İki bilinmeyen, yükseklik (h) ve üst kısmın genişliği (W_{üst})'dir.

Değer vererek,

$$\text{Taban} = 0,60 \text{ m}$$

$$\text{Üst} = 1,2 \text{ m}$$

$$\text{Yükseklik} = 1,2 \text{ m}$$

$$\text{Kenar duvar açısı} = 75^\circ$$

Savak yükü: Savak yükü, debinin tank çevresine oranı ile ifade edilir. Tasarım debisinde,

$$\text{Savak yükü} = 7.100 \text{ m}^3/\text{gün} / (\pi 15 \text{ m}) = 150,66 \approx 150 \text{ m}^3/\text{gün m}. \text{ Bu değer, aralığa uygundur.}$$

KLASİK AKTİF ÇAMUR SÜRECİNİN TASARIMI – 1

Tesis iki paralel hattan ibarettir. Her bir ön çökeltme havuzu bir havalandırma havuzuna hizmet verecektir. Bu bölümde difüze havalandırma sisteminin tasarımı yapılacaktır. Her bir paralel hattın atıksu debileri aşağıdaki gibidir. Gelecek nüfusu, 222.812 kişidir.

$$Q_{\text{MİN} - 1} = 0.282 \text{ m}^3 / \text{sn}$$

$$Q_{\text{ORT} - 1} = 0.475 \text{ m}^3 / \text{sn}$$

$$Q_{\text{MAX} - 1} = 0.634 \text{ m}^3 / \text{sn}$$

Veri – 1

θ_c (gün)	F : M (kg / kg.gün)	L_v (kg / m ³ .gün)	MLSS (mg / L)	t (saat)	R (%)
5 - 15	0.2 - 0.4	0.3 - 0.7	1,500 - 3,000	4 - 8	25 - 75

Klasik aktif çamur sürecinin tasarımında yukarıdaki çizelgede verilen tasarım kriterleri dikkate alınacaktır.

F:M 0.30 kg BOİ₅ / kg MLVSS . gün,

MLSS konsantrasyonu ise 3,000 mg / L olarak kabul edilmiştir.

MLVSS : MLSS oranı 0.80 olarak uygulanacaktır.

Ham atıksuyun BOİ₅ konsantrasyonu 250 mg / L olarak kabul edilmiştir.

Ön çökeltme havuzunda giderilen askıda katı maddelerden dolayı, ön çökeltme havuzlarının BOİ₅ giderme verimi % 30 olarak kabul edilmiştir. Buna göre klasik aktif çamur sürecine gelen BOİ₅ yükü aşağıdaki gibi hesaplanabilir (hesapta ortalama atıksu debisi dikkate alınmıştır);

$$C_{\text{BOİ-5-GİRİŞ}} = (1 - E_{\text{ön çök}}) (C_{\text{BOİ5-HAMATIKSU}})$$

$$C_{\text{BOİ-5-GİRİŞ}} = (1 - 0.30) (250 \text{ mg / L}) = 175 \text{ mg / L}$$

$$L_{\text{BOİ-5}} = (C_{\text{BOİ-5-GİRİŞ}}) (Q_{\text{ORT-1}})$$

$$L_{\text{BOİ-5}} = (175 \text{ g / m}^3) (0.475 \text{ m}^3 / \text{sn}) (86,400 \text{ sn / gün})$$

$$L_{\text{BOİ-5}} = 7,182,000 \text{ g / gün} = 7,182 \text{ kg / gün}$$

Veri – 2

Klasik aktif çamur sürecinin arıtma verimini belirlemek için öncelikle, 4 Eylül 1988 tarih ve 19919 sayılı Resmi Gazete'de yayınlanarak yürürlüğe giren "Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği"nin 32.Madde'si dikkate alınmalıdır.

Madde 32 - Evsel Nitelikli Atıksular İçin Deşarj Standartları : "Evsel nitelikli atıksu kaynaklarından doğrudan ve/veya kentsel arıtma tesislerinden arıtılmış olarak çıkan suların alıcı su ortamlarına deşarjında istenen standart değerler Tablo 21'de (aşağıdaki çizelgelerde) verilmiştir. Evsel nitelikli atıksular kirlilik yüklerine göre; (a) kirlilik yükü ham BOİ₅ olarak 60 kg/gün'den küçük (eşdeğer nüfus, EN, 1,000 kişi veya daha az), (b) kirlilik yükü ham BOİ₅ olarak 60-600 kg/gün (eşdeğer nüfus 1,000-10,000 kişi arasında) ve (c) kirlilik yükü ham BOİ₅ olarak 600 kg/gün'den büyük (eşdeğer nüfus 10,000 veya daha fazla)" şeklinde sınıflandırılırlar.

Kirlilik yükü ham BOİ₅ olarak 60 kg/gün'den küçük olan yerleşim bölgeleri için (EN 1,000 kişi veya daha az) evsel atıksuların alıcı ortama deşarj standartları

Parametre	Birim	2 - h kompozit numune	24 - h kompozit numune
BOİ ₅	mg/L	50	45
KOİ	mg/L	180	120
AKM	mg/L	70	45
pH		6 - 9	6 - 9

Kirlilik yükü ham BOİ₅ olarak 60-600 kg/gün olan yerleşim bölgeleri için (EN 1,000-10,000 kişi arasında) evsel atıksuların alıcı ortama deşarj standartları

Parametre	Birim	2 - h kompozit numune	24 - h kompozit numune
BOİ ₅	mg/L	50	45
KOİ	mg/L	160	110
AKM	mg/L	60	30
pH		6 - 9	6 - 9

Kirlilik yükü ham BOİ₅ olarak 600 kg/gün'den büyük olan yerleşim bölgeleri için (EN 10,000 kişi veya daha fazla) evsel atıksuların alıcı ortama deşarj standartları

Parametre	Birim	2 - h kompozit numune	24 - h kompozit numune
BOİ ₅	mg/L	50	45
KOİ	mg/L	140	100
AKM	mg/L	45	30
pH		6 - 9	6 - 9

EN ne olduğuna bakılmaksızın **stabilizasyon havuzları** sistemiyle biyolojik arıtma yapan kentsel arıtma tesisleri için evsel atıksuların deşarj standartları

Parametre	Birim	2 - h kompozit numune	24 - h kompozit numune
BOİ ₅ -ÇÖZ	mg/L	75	50
KOİ	mg/L	150	100

AKM	mg/L	200	150
PH		6 - 9	6 - 9

Proje nüfusu (gelecekteki nüfus) 222,812 kişi olarak hesaplanmıştır. Yukarıdaki alıcı ortam standartlarını veren çizelgelerden 3.sü dikkate alınacak ve BOİ₅ konsantrasyonu bazında alıcı ortam standardı, 24 saatlik kompozit numune için 45 mg/L olarak öngörülmektedir. Süreç verimi aşağıdaki gibi hesaplanabilir;

$$E = \frac{C_{\text{BOI-5-GİRİŞ}} - C_{\text{BOI-5-ÇIKIŞ}}}{C_{\text{BOI-5-GİRİŞ}}}$$

$$E = \frac{175 - 45}{175} = 0,74 \rightarrow \%74$$

Havalandırma Havuzlarının Hacimleri

Bir hatta gelen BOİ₅ yükü,

$$L_{\text{BOI-5-1}} = 7,182 \text{ kg / gün}$$

olarak hesaplanmıştır. Havalandırma havuzlarının hacimlerinin hesaplanmasında emniyetli tarafta kalınarak % 85'lik verim dikkate alınacaktır. Bu durumda bir hatta artılacak BOİ₅ yükü;

$$L_{\text{BOI-5-1}} = 0.85 \times 7,182 \text{ kg / gün} = 6,104.70 \text{ kg / gün}$$

olarak hesaplanabilir. Veri - 1'de

F / M 0,30 kg BOİ₅/kg MLVSS . gün,

MLSS konsantrasyonu 3.000 mg / L ve

MLVSS / MLSS oranı 0,80 olarak kabul edilmiştir.

Havalandırma havuzundaki MLVSS konsantrasyonu aşağıdaki gibi hesaplanabilir;

$$\frac{\text{MLVSS}}{\text{MLSS}} = 0.80$$

$$\frac{\text{MLVSS}}{3,000 \text{ mg / L}} = 0,80 \rightarrow \text{MLVSS} = 2.400 \text{ mg / L}$$

Bir havalandırma havuzunun hacmi aşağıdaki gibi hesaplanabilir ;

$$V_{H-1} = \frac{L_{BOI-5-1}}{(F : M) (MLVSS)}$$

$$V_{H-1} = \frac{6,104.70 \text{ kg BOI}_5 / \text{gün}}{(0.30 \text{ kg BOI}_5 / \text{kg VSS.gün}) (2.4 \text{ kg VSS} / \text{m}^3)}$$

$$V_{H-1} = 8,478.75 \text{ m}^3$$

Bir havalandırma havuzunun hacmi yaklaşık 9,000 m³ olup oldukça büyüktür. İnşaat ve teknik nedenlerden dolayı, her bir hatta daha önce 1 adet olarak öngörülen havuz sayısı 3'e çıkarılacaktır. Bu durumda bir hattaki bir paralel havuzun hacmi aşağıdaki gibi hesaplanabilir;

$$V_{H-1-1} = \frac{V_{H-1}}{n_{1-1}} = \frac{8,478.75 \text{ m}^3}{3} = 2,826.25 \text{ m}^3$$

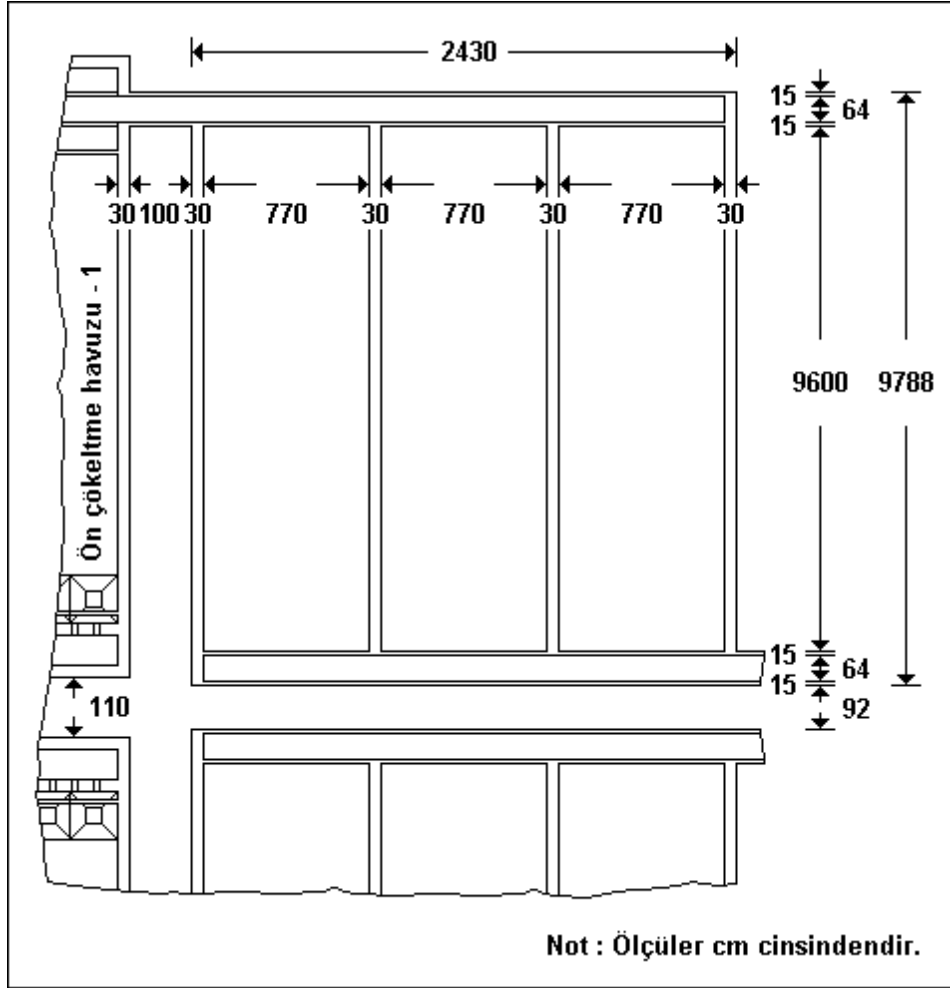
Havalandırma Havuzlarının Boyutu

Bir havuzun derinliği 3.85 m, genişliği 7.70 m ve uzunluğu ise 96.00 m olarak öngörülmüştür. Bir havuzun gerçek hacmi aşağıdaki gibi hesaplanabilir;

$$V_{H-1-1} = (B_{H-1-1}) (H_{H-1-1}) (L_{H-1-1})$$

$$V_{H-1-1} = (7.70 \text{ m}) (3.85 \text{ m}) (96.00 \text{ m}) = 2,845.92 \text{ m}^3$$

Her bir hattaki ön çökeltme havuzu çıkışı birbirine paralel 3 havalandırma havuzuna girişi sağlayacaktır. Havalandırma havuzlarına giriş ve çıkış kanalları ön çökeltme havuzlarının çıkış kanallarındaki hidrolik büyüklüklere sahip olacaktır. Havalandırma havuzlarına debi dağıtımını ayarlanabilir giriş kapakları ile üniform şekilde sağlanacaktır. Havalandırma havuzlarının yerleşim planı aşağıdaki şekilde verilmiştir.



Hidrolik Alıkonma Süreleri

Bir havuzda minimum, ortalama ve maksimum debilerde oluşacak alıkonma süreleri aşağıdaki gibi hesaplanabilir;

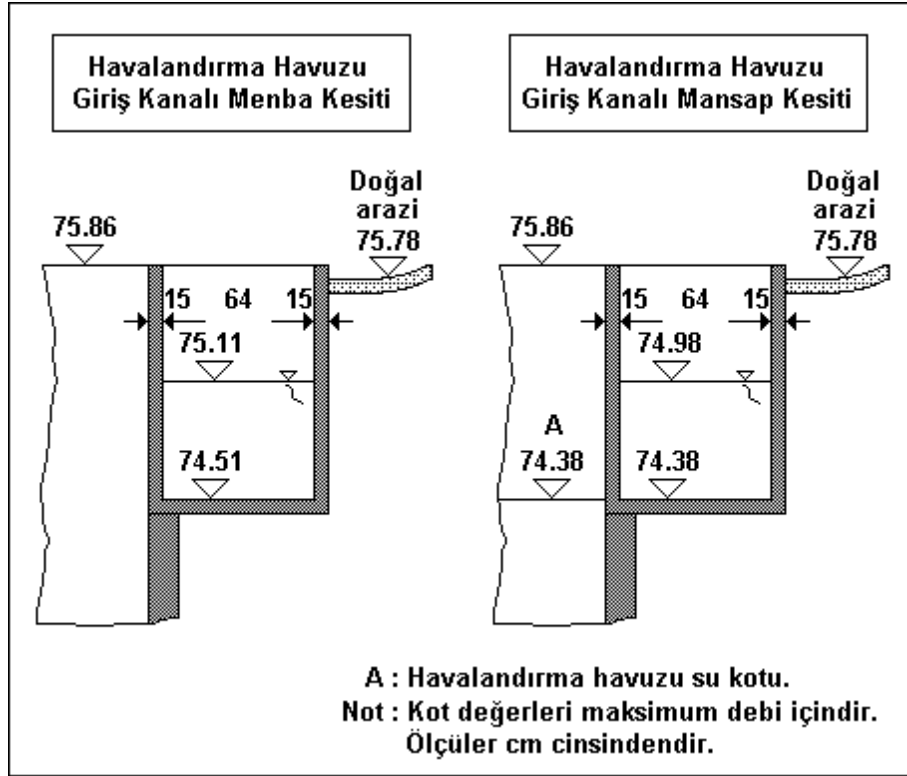
$$t_{H-1-1-MİN} = \frac{V_{H-1-1}}{Q_{MİN-1-1}} = \frac{2,845.92 \text{ m}^3}{(0.282 \times 3,600) / 3} \approx 8 \text{ saat}$$

$$t_{H-1-1-ORT} = \frac{V_{H-1-1}}{Q_{ORT-1-1}} = \frac{2,845.92 \text{ m}^3}{(0.475 \times 3,600) / 3} \approx 5 \text{ saat}$$

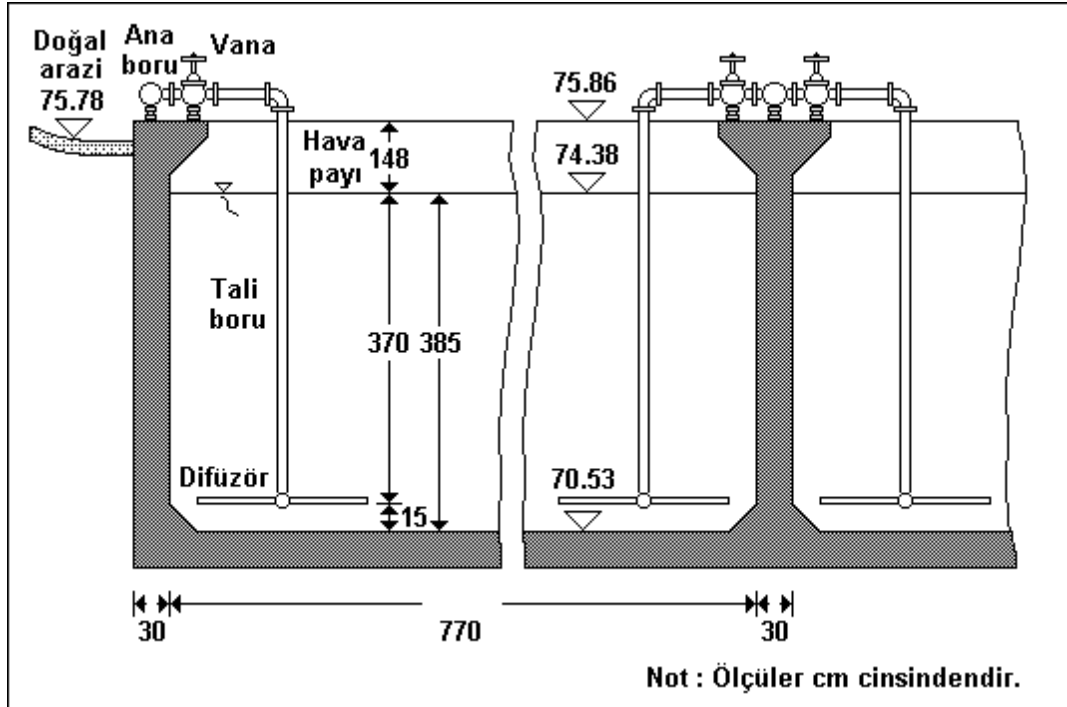
$$t_{H-1-1-MAX} = \frac{V_{H-1-1}}{Q_{MAX-1-1}} = \frac{2,845.92 \text{ m}^3}{(0.634 \times 3,600) / 3} \approx 4 \text{ saat}$$

Minimum, ortalama ve maksimum atıksu debilerinde oluşacak hidrolik alıkonma süreleri yukarıdaki çizelgede verilen sınır değerler arasında kalmaktadır.

Fiziksel Özellikler



Giriş kanalının menba ve mansap enkesitleri yukarıdaki şekilde verilmiştir. Giriş kanalının uzunluğu 25.30 m'dir (ön çökeltme havuzunu terk ettiği noktadan itibaren). Kanal taban eğimi 0.005'tir. Havalandırma havuzunun enkesiti aşağıdaki şekilde verilmiştir.



Çıkış Savakları ve Çıkış Kanalı

Çıkış yapısı dikdörtgen savaklardan oluşturulacaktır. Bir havalandırma havuzunun debileri aşağıdaki gibi belirlenmişti ;

$$Q_{\text{MİN-1-1}} = \frac{0.282 \text{ m}^3 / \text{sn}}{3} = 0.094 \text{ m}^3 / \text{sn}$$

$$Q_{\text{ORT-1-1}} = \frac{0.475 \text{ m}^3 / \text{sn}}{3} = 0.158 \text{ m}^3 / \text{sn}$$

$$Q_{\text{MAX-1-1}} = \frac{0.634 \text{ m}^3 / \text{sn}}{3} = 0.211 \text{ m}^3 / \text{sn}$$

Her bir havuzdaki dikdörtgen savak uzunluğu havuz genişliğine eşit olup 7.70 m'dir. Dikdörtgen savak üzerinde oluşacak su yüksekliklerini hesaplamak için ;

$$Q = \left(\frac{2}{3} \right) (\mu) (L_{\text{SAVAK}}) \sqrt{2g} (h^{3/2})$$

Burada ; Q : savak debisi (m^3 / sn), μ : savak katsayısı, L_{SAVAK} : savak uzunluğu (m), g : yerçekimi ivmesi ($= 9.81 \text{ m/sn}^2$) ve h : savak yükü (m).

Savak katsayısı birçok araştırmacı tarafından, değişik eşitlikler ile tanımlanmıştır. Ancak karmaşık hesaplara girmemek amacı ile **savak katsayısı 0.61** olarak kabul edilmiştir.

Debi denklemi aşağıdaki gibi sadeleştirilebilir ($\mu = 0.61$, $L_{\text{SAVAK}} = 7.70 \text{ m}$, $g = 9.81 \text{ m / sn}^2$);

$$Q = 13.870 (h^{3/2})$$

Minimum debide

$$Q_{\text{MİN-1-1}} = 13.870 (h_{\text{MİN}}^{3/2}) \rightarrow h_{\text{MİN}} \cong 0.04 \text{ m}$$

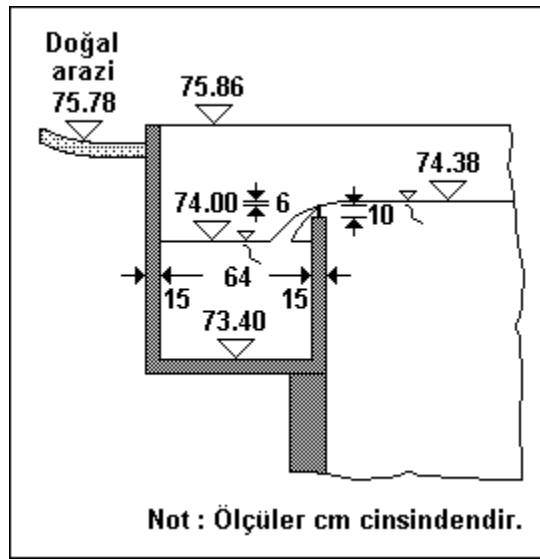
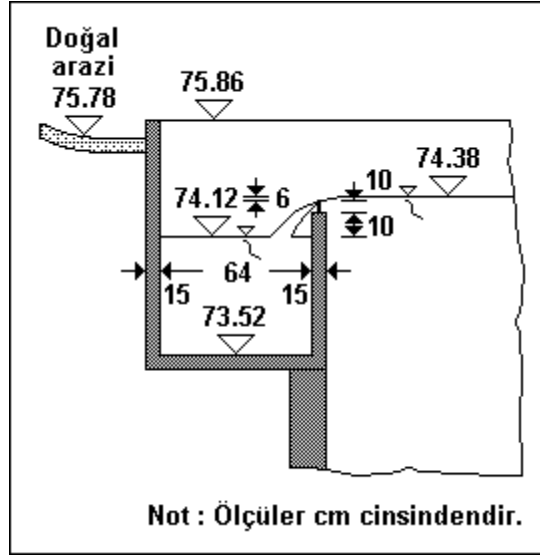
Ortalama debide

$$Q_{\text{ORT-1-1}} = 13.870 (h_{\text{ORT}}^{3/2}) \rightarrow h_{\text{ORT}} \cong 0.05 \text{ m}$$

Maksimum debide

$$Q_{\text{MAX-1-1}} = 13.870 (h_{\text{MAX}}^{3/2}) \rightarrow h_{\text{MAX}} \cong 0.06 \text{ m}$$

Çıkış savaklarının tasarımı maksimum debiye göre yapılacaktır. Çıkış savaklarının menba noktasındaki özellikleri aşağıdaki şekilde verilmiştir.



Çıkış kanalının menba ve mansap noktalarının enkesitleri yukarıdaki şekilde verilmiştir. Çıkış kanalının uzunluğu 23.70 m'dir (en baştaki havuzu terk ettiği noktadan itibaren). Kanal taban eğimi 0.005 olarak öngörülmüştür.

Gerekli Saatlik Oksijen Miktarı

Toplam saatlik oksijen gereksinimi aşağıdaki denklem ile hesaplanabilir :

$$OR_H = (T_1) \left(a \left(\frac{E}{100} \right) (L_{BOI-5}) \right) + (T_2) (k_{RE}) (W_{VSS})$$

Burada OR_H : saatlik oksijen gereksinimi (kg O_2 / saat), T_1 : BOI_5 konsantrasyonu için salınım faktörü ($1 / 14 - 1 / 16$), a : giderilen birim BOI_5 başına tüketilen oksijen miktarı (= 0.50 kg O_2 / kg BOI_5), E : BOI_5 giderme verimi (%), L_{BOI-5} : maksimum BOI_5 yükü (kg BOI_5 / gün), T_2 : iç solunum süre faktörü (= $1 / 24$), k_{RE} : iç solunum hız katsayısı (kg O_2 / kg MLVSS) ve W_{VSS} : toplam aktif mikroorganizma kütlesi (kg MLVSS).

Toplam saatlik oksijen gereksinimi maksimum debide **A.Ç. PROSESİNE** gelen BOI_5 yükü dikkate alınarak hesaplanacaktır. Tesise gelen maksimum BOI_5 yükü aşağıdaki gibi hesaplanabilir;

$$L_{BOI-5} = (C_{BOI-5-GIRIS}) (Q_{MAX})$$

$$L_{BOI-5} = (175 \text{ g / m}^3) (1.269 \text{ m}^3 / \text{sn}) (86,400 \text{ sn / gün})$$

$$L_{BOI-5} = 19,187,280 \text{ g / gün} = 19,187.28 \text{ kg / gün}$$

BOI_5 konsantrasyonu için salınım faktörü 1/15 olarak kabul edilmiştir.

İç solunum hız katsayısı F:M oranına bağlı olarak değişmekte olup değerleri aşağıdaki çizelgede verilmiştir. k_{RE} 0.15 $\text{kg O}_2 / \text{kg MLVSS}$ olarak kabul edilmiştir.

F : M (kg BOI_5 / kg MLVSS.gün)	k_{RE} (kg O_2 / kg MLVSS)
0.05	0.10
> 1.00	0.20

Toplam MLVSS miktarı aşağıdaki eşitlik ile hesaplanabilir ;

$$W_{VSS} = \frac{L_{BOI-5}}{F:M}$$

$$W_{VSS} = \frac{19,187.28 \text{ kg } BOI_5 / \text{gün}}{0.30 \text{ kg } BOI_5 / \text{kg MLVSS} \cdot \text{gün}}$$

$$W_{VSS} = 63,957.60 \text{ kg MLVSS}$$

Yukarıdaki hesap BOI_5 yükü ve öngörülen F : M oranı bazındadır. Ayrıca, 2,400 mg / L'lik MLVSS konsantrasyonu ve havuz hacmi dikkate alınarak toplam MLVSS miktarı aşağıdaki gibi de hesaplanabilir ;

$$W_{VSS} = (C_{MLVSS}) (V_{AT-TOPLAM})$$

$$W_{VSS} = (2,400 \text{ g / m}^3) (6 \times 2,845.92 \text{ m}^3)$$

$$W_{VSS} = 40,981,248 \text{ g} = 40,981.25 \text{ kg MLVSS}$$

Gerekli oksijen miktarının hesaplanmasında, emniyetli tarafta kalınarak, bulunan ;

$$W_{VSS} = 63,957.60 \text{ kg MLVSS}$$

MLVSS kütlesi dikkate alınacaktır. Tesis için “gerekli saatlik oksijen miktarı” aşağıda hesaplanmıştır:

$$OR_H = (T_1)(a) \left(\frac{E}{100} \right) (L_{BOI-5}) + (T_2)(k_{RE})(W_{VSS})$$

$$OR_H = k_1 + k_2$$

$$k_1 = \frac{(0.50)(0.85)(19,187.28)}{15} = 543.64 \text{ kg O}_2 / \text{saat}$$

$$k_2 = \frac{(0.15)(63,957.60)}{24} = 399.74 \text{ kg O}_2 / \text{saat}$$

$$OR_H = 543.64 + 399.74 = 943.38 \text{ kg O}_2 / \text{saat}$$

Oksijenlendirme Kapasitesi

$$O_{CH} = \frac{(OR_H)(C_{S_{D-10}})(k_D)}{(\sigma)(C_{S_T} - C_L)}$$

ifadesi ile verilmektedir. Burada, O_{CH} : aktif çamur süreci için oksijenlendirme kapasitesi (kg O_2 /saat), $RO_{h,toplam}$: toplam saatlik oksijen gereksinimi (kg O_2 /saat), $C_{S_{D,10}}$: 10C'deki saf suda çözülmüş oksijen doygunluk konsantrasyonu (= 11.33 mg/L), k_D : sıcaklık için difüzyon katsayıları ile çözülmüş oksijen doygunluk konsantrasyonu düzeltme faktörü, σ : saf su-atıksu çözülmüş oksijen doygunluk konsantrasyonu düzeltme faktörü (= 0.80), C_{S_T} : T°C'deki saf suda çözülmüş oksijen doygunluk konsantrasyonu (mg/L) ve C_L : havalandırma havuzundaki minimum çözülmüş oksijen konsantrasyonu (= 1-2 mg/L).

Oksijenlendirme kapasitesinin bulunabilmesi için öncelikle düzeltme faktörlerinin ve ilgili doygunluk konsantrasyonlarının saptanması gerekir. Bunun için atıksu sıcaklığını kabul etmek gerekir. Gazların çözünürlüğü sıcaklık arttıkça azaldığından kritik atıksu sıcaklığı 24 °C olarak alınmıştır. Buna göre, çizelgeden, k_D , sıcaklık düzeltme terimi 24 °C için 0,770 olarak okunabilir. Klorür konsantrasyonu 0 mg / L olarak kabul edilmiş ve yine çizelgeden saf su için oksijen doygunluk konsantrasyonu, C_{S_T} , 8,53 mg / L olarak okunmuştur. Aynı çizelgeden $C_{S_{D-10}}$ değeri 11,33 mg / L olarak alınabilir.

0,60 ila 0,90 arasında değişen “oksijen kullanım katsayısı, σ ”, 0.80 olarak kabul edilmiştir.

Havalandırma havuzlarındaki “minimum çözülmüş oksijen konsantrasyonu”, C_L , 2,00 mg / L olarak kabul edilmiştir.

Bu veriler kullanılarak oksijenlendirme kapasitesi aşağıdaki gibi hesaplanabilir ;

$$O_{CH} = \frac{(943.38) (11.33) (0.770)}{(0.80) (8.53 - 2.00)} = 1,575.45 \text{ kg } O_2 / \text{ saat}$$

Tablo 24. Saf suda CO_2 'nin 760 mm Hg basınçta doyunluk değerleri (mg/L) (Toprak, 2000)

Klorür konsantrasyonu (mg/L)					
Sıcaklık (°C)	0	5,000	10,000	15,000	20,000
0	14.62	13.79	12.97	12.14	11.32
1	14.23	13.41	12.61	11.82	11.03
2	13.84	13.05	12.28	11.52	10.76
3	13.48	12.72	11.98	11.24	10.50
4	13.13	12.41	11.69	10.97	10.25
5	12.80	12.09	11.39	10.70	10.01
6	12.48	11.79	11.12	10.45	9.78
7	12.17	11.51	10.85	10.21	9.57
8	11.87	11.24	10.61	9.98	9.36
9	11.59	10.97	10.36	9.76	9.17
10	11.33	10.73	10.13	9.55	8.98
11	11.08	10.49	9.92	9.35	8.80
12	10.83	10.28	9.72	9.17	8.62
13	10.60	10.05	9.52	8.98	8.46
14	10.37	9.85	9.32	8.80	8.30
15	10.15	9.65	9.14	8.63	8.14
16	9.95	9.46	8.96	8.47	7.89
17	9.74	9.26	8.78	8.30	7.84
18	9.54	9.07	8.62	8.15	7.70
19	9.35	8.89	8.45	8.00	7.56
20	9.17	8.73	8.30	7.86	7.42
21	8.99	8.57	8.14	7.71	7.28
22	8.83	8.42	7.99	7.57	7.14
23	8.68	8.27	7.85	7.43	7.00
24	8.53	8.12	7.71	7.30	6.87
25	8.38	7.96	7.56	7.15	6.74
26	8.22	7.81	7.42	7.02	6.61
27	8.07	7.67	7.28	6.88	6.49
28	7.77	7.39	7.00	6.62	6.25
29	7.70	7.32	6.93	6.56	6.19
30	7.63	7.25	6.86	6.49	6.13

Tablo 25. k_D değerleri (Toprak, 2000)

T (°C)	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
5	1.097 7	1.095 7	1.093 6	1.091 6	1.089 6	1.087 5	1.085 5	1.083 5	1.081 5	1.079 5
6	1.077 4	1.075 4	1.073 4	1.071 4	1.069 4	1.067 4	1.065 5	1.063 5	1.061 5	1.059 5
7	1.057 5	1.055 6	1.053 6	1.051 6	1.049 7	1.047 7	1.045 8	1.043 8	1.041 9	1.039 9
8	1.038 0	1.036 1	1.034 1	1.032 2	1.030 3	1.028 4	1.026 5	1.024 5	1.022 6	1.020 7
9	1.018 8	1.016 9	1.015 0	1.013 1	1.011 3	1.009 4	1.007 5	1.005 6	1.003 7	1.001 9
10	1.000 0	0.998 1	0.996 3	0.994 4	0.992 6	0.990 7	0.988 9	0.987 0	0.985 2	0.983 4
11	0.981 5	0.979 7	0.977 9	0.976 0	0.974 2	0.972 4	0.970 6	0.968 8	0.967 0	0.965 2
12	0.963 4	0.961 6	0.959 8	0.958 0	0.956 2	0.954 5	0.952 7	0.950 9	0.949 1	0.947 4
13	0.945 6	0.943 8	0.942 1	0.940 3	0.938 6	0.936 8	0.935 1	0.933 3	0.931 6	0.929 9
14	0.928 1	0.926 4	0.924 7	0.922 9	0.921 2	0.919 5	0.917 8	0.916 1	0.914 4	0.912 7
15	0.911 0	0.909 3	0.907 6	0.905 9	0.904 2	0.902 5	0.900 8	0.899 2	0.897 5	0.895 8
16	0.894 1	0.892 5	0.890 8	0.889 2	0.887 5	0.885 8	0.884 2	0.882 5	0.880 9	0.879 3
17	0.877 6	0.876 0	0.874 4	0.872 7	0.871 1	0.869 5	0.867 9	0.866 2	0.864 6	0.863 0
18	0.861 4	0.859 8	0.858 2	0.856 6	0.855 0	0.853 4	0.851 8	0.850 2	0.848 7	0.847 1
19	0.845 5	0.843 9	0.842 3	0.840 8	0.839 2	0.837 6	0.836 1	0.834 5	0.833 0	0.831 4
20	0.829 9	0.828 3	0.826 8	0.825 2	0.823 7	0.822 2	0.820 6	0.819 1	0.817 6	0.816 1
21	0.814 5	0.813 0	0.811 5	0.810 0	0.808 5	0.807 0	0.805 5	0.804 0	0.802 5	0.801 0
22	0.799 5	0.798 0	0.796 5	0.795 0	0.793 6	0.792 1	0.790 6	0.789 1	0.787 7	0.786 2
23	0.784 7	0.783 3	0.781 8	0.780 3	0.778 9	0.777 4	0.776 0	0.774 5	0.773 1	0.771 7
24	0.770 2	0.768 8	0.767 4	0.765 9	0.764 5	0.763 1	0.761 7	0.760 2	0.758 8	0.757 4

Gerekli Saatlik Hava Miktarı

Öncelikle “absorbsiyon oranı, A ”nın saptanması gerekmektedir. Bunun için de “özgül absorbsiyon oranı, OA ”nın üretici firma tarafından verilen abaktan okunması gerekir. Difüzör tipi “*Brandol*” olup, bu tip için verilen abaktan OA değeri, $12 \text{ m}^3 \text{ hava} / \text{m.saat}$ değeri için

yaklaşık 5.75 olarak okunabilir (Not : uygulanacak difüzör por çapı 0.1 mm olarak seçilmiştir). Difüzör batma derinliği, D, 3,70 m'dir, bir başka ifade ile, "Brandol" tip difüzörler havalandırma havuzlarının tabanından 0,15 m yukarıda monte edilecektir. "CA, havadaki oksijen konsantrasyonu", 0,28 kg O₂/m³ hava olarak alınmıştır.

$$A = (OA) (D) = (5.75) (3.70) = \% 21.3$$

$$AR = \frac{(100) (O_{CH})}{(CA) (A)}$$

$$AR = \frac{(100) (1,575.45)}{(0.28) (21.3)} = 26,416.00 \text{ m}^3 \text{ hava / saat}$$

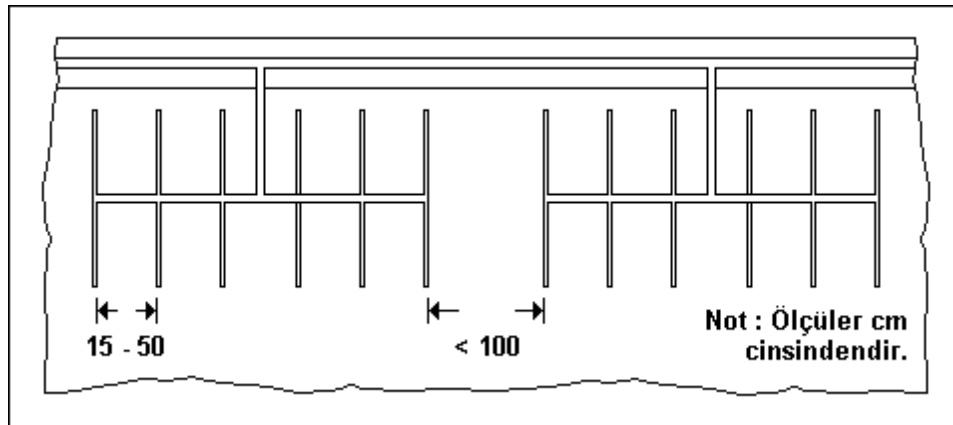
Difüzörlerin Tasarımı

Yukarıda kabul edildiği gibi, "q_A, birim difüzör boyundan geçen hava miktarı" 12 m³ hava / m.saat'tir. Gerekli *toplam* difüzör uzunluğu aşağıdaki gibi hesaplanabilir ;

$$L_{DIF-TOP} = \frac{AR}{q_A}$$

$$L_{DIF-TOP} = \frac{26,416.00 \text{ m}^3 \text{ hava / saat}}{12 \text{ m}^3 \text{ hava / m.saat}} \approx 2,202 \text{ m}$$

Difüzörlerin genel yerleşim kriterleri aşağıdaki şekilde verilmiştir.



İki ayrı hat üzerinde toplamda 6 havuz bulunmaktadır. Her bir difüzörün uzunluğu 1.00 m olup bir takımda 6 difüzör bulunduğundan, bir takımdaki toplam difüzör uzunluğu 6.00 m'dir. Bir havuzda olması gereken toplam difüzör uzunluğu aşağıdaki gibi hesaplanabilir (Not : difüzör uzunlukları çift sayıya yuvarlatılmıştır);

$$L_{\text{DİF-1}} = \frac{2,202 \text{ m}}{6} \approx 368 \text{ m}$$

Bir havuza monte edilecek takım sayısı aşağıdaki gibi bulunabilir;

$$n_{\text{TAKIM-1}} = \frac{368 \text{ m}}{6 \text{ m}} \approx 62 \text{ adet}$$

Takımlar havuzlara çift sıra halinde monte edilecektir ;

$$n_{\text{TAKIM-SIRA-1}} = \frac{62 \text{ adet}}{2} \approx 32 \text{ adet}$$

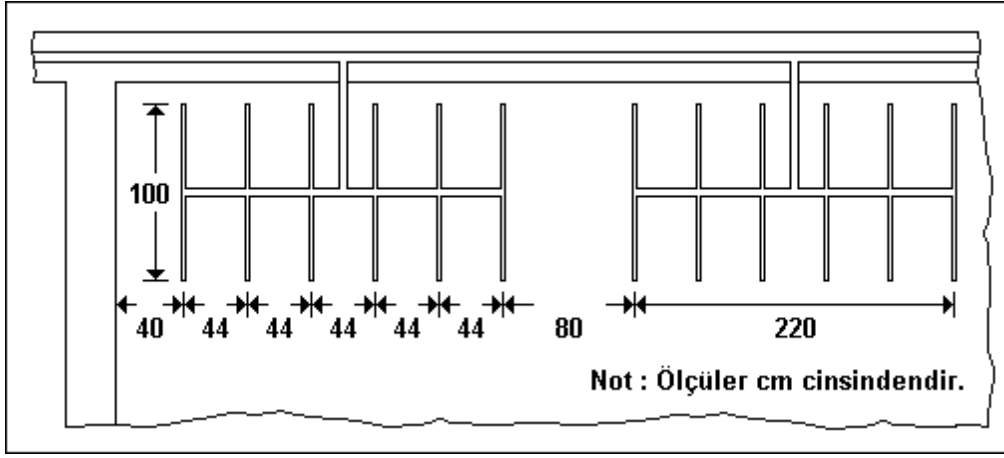
(Not : bir sıradaki takım sayısı çift sayıya yuvarlatılmıştır.)

Yukarıdaki difüzör yerleşim kriterleri dikkate alınarak ; difüzörler arasındaki mesafe, $b = 0.44$ m ve takımlar arasındaki mesafe ise $l = 0.80$ m olarak öngörülmüştür. En baş ve en sondaki takımların havuz duvarına olan mesafeleri l 'nin yarısı kadar olup 0.40 m'dir. Bir takımın uzunluğu $5 \times b (0.44 \text{ m}) = 2.20$ m'dir. Yerleşim planlaması havuz uzunluğuna uygundur ;

$$(n_{\text{TK-SR-1}}) (l_{\text{TK-1}}) + (n_{\text{TK-SR-1}} - 1) (l_A) + (2) (l_B) = L_{\text{HAVUZ}}$$

$$(32) (2.20) + (32 - 1) (0.80) + (2) (0.40) = 96.00 \text{ m}$$

Bir havalandırma havuzundaki difüzörlerin yerleşim planı aşağıdaki şekilde verilmiştir. Yukarıdaki hesaplarda esas alınan tüm ölçüler boruların ekseninden ekseninedir.



Ana Boru ve Difüzör Borularının Çapları

Aşağıdaki çizelgede boru çaplarına bağlı olarak hava akım hızları bir kez daha verilmiştir. Bu kriterler kullanılarak boru çapları (bir havalandırma havuzu için) aşağıdaki süreklilik denkleminin çap fonksiyonu uyarınca hesaplanabilir ;

$$D = \sqrt{\frac{4 Q_{\text{HAVA}}}{(\pi) (V_{\text{HAVA}})}}$$

Boru çapı (cm)	Hava akım hızı (m / sn)
2.5 - 7.5	6 - 9
10 - 25	9 - 15
30 - 60	14 - 20
75 - 150	19 - 33

Ana hava iletim borusu

Toplam hava debisi aşağıdaki gibi hesaplanmıştır;

$$AR = 26,416.00 \text{ m}^3 \text{ hava / saat} = 7.34 \text{ m}^3 \text{ hava / sn}$$

$$D_{\text{ANA}} = \sqrt{\frac{4 Q_{\text{HAVA}}}{(\pi) (V_{\text{HAVA}})}} = \sqrt{\frac{4 \times 7.34}{(\pi) (19)}} = 0.70 \text{ m}$$

Sekonder hava iletim boruları

Tesiste 6 havuz her havuzda ikişer olmak üzere, toplam 12 sekonder hava borusu vardır. Her birinin ilettiği hava debisi aşağıdaki gibidir ;

$$AR_{\text{SEKONDER}} = \frac{7.34 \text{ m}^3 \text{ hava / sn}}{12} = 0.61 \text{ m}^3 \text{ hava / sn}$$

$$D_{\text{SEKONDER}} = \sqrt{\frac{4 Q_{\text{HAHA}}}{(\pi) (V_{\text{HAHA}})}} = \sqrt{\frac{4 \times 0.61}{(\pi) (12)}} = 0.25 \text{ m}$$

Tersiyer hava iletim boruları

Bir havuzda 62 olmak üzere toplam (62*6 havuz) 372 tersiyer hava borusu vardır. Her birinin ilettiği hava debisi aşağıdaki gibidir ;

$$AR_{\text{TERSİYER}} = \frac{7.34 \text{ m}^3 \text{ hava / sn}}{372} = 0.02 \text{ m}^3 \text{ hava / sn}$$

$$D_{\text{TERSİYER}} = \sqrt{\frac{4 Q_{\text{HAHA}}}{(\pi) (V_{\text{HAHA}})}} = \sqrt{\frac{4 \times 0.02}{(\pi) (10)}} = 0.05 \text{ m}$$

Sisteme Verilen Hava ve Oksijen Miktarları ile İlgili Diğer Büyüklükler

Söz konusu büyüklükler bir hat ve maksimum atıksu debisi için hesaplanmıştır. Bu nedenle bir hattın verileri aşağıda özetlenecektir.

- $O_{\text{CH}} = 1,575.45 / 2 = 787.73 \text{ kg O}_2 / \text{saat}$
- $N_{\text{G}} = 6 \times 23.3 \text{ kW lık (6 blower kullanılması ön görüldü)} = 139.80 \text{ kW}$
- $T_1 = 15 \text{ saat / gün}$
- $AR = 26,416 / 2 = 13,208 \text{ m}^3 \text{ hava / saat}$
- $V_{\text{AT}} = 3 \times 7.70 \times 3.85 \times 96.00 = 8,537.76 \text{ m}^3$
- $D = 3.70 \text{ m}$
- $C_A = 0.28 \text{ kg O}_2/\text{m}^3$

- Oksijen kazanma verimi ;

$$OE = \frac{787.73 \text{ kg O}_2 / \text{saat}}{139.80 \text{ kW}} = 5.63 \text{ kg O}_2 / \text{kWh}$$

- Günlük enerji tüketimi ;

$$E_D = (139.80 \text{ kW}) (15 \text{ saat / gün}) = 2,097 \text{ kWh / gün}$$

- Birim havuz hacmine birim zamanda verilen hava debisi ;

$$G = \frac{13,208 \text{ m}^3 \text{ hava / saat}}{8,537.76 \text{ m}^3} = 1.55 \text{ m}^3 \text{ hava / m}^3 \cdot \text{saat}$$

- Birim havuz hacmi için oksijenlendirme kapasitesi ;

$$o_c = \frac{787.73 \text{ kg O}_2 / \text{saat}}{8,537.76 \text{ m}^3} = 0.092 \text{ kg O}_2 / \text{m}^3 \cdot \text{saat}$$

- Oksijen kullanımı ;

$$OU = \frac{0.092 \text{ kg O}_2 / \text{m}^3 \cdot \text{saat}}{1.55 \text{ m}^3 \text{ hava} / \text{m}^3 \cdot \text{saat}} = 0.059 \text{ kg O}_2 / \text{m}^3 \text{ hava}$$

- Yüzde olarak oksijen kullanımı ;

$$OA_P = \frac{(100) (0.059 \text{ kg O}_2 / \text{m}^3 \text{ hava})}{0.28 \text{ kg O}_2 / \text{m}^3 \text{ hava}} = \% 21.1$$

- Birim difüzör batma derinliğinde oksijen kullanımı ;

$$OD = \frac{0.059 \text{ kg O}_2 / \text{m}^3 \text{ hava}}{3.70 \text{ m}} = 0.016 \text{ kg O}_2 / \text{m}^3 \text{ hava} \cdot \text{m}$$

Sistemde Oluşan Fazla Çamur Miktarı ve Hacmi

Sistemde oluşan fazla çamur miktarı aşağıdaki denklem ile hesaplanabilir ;

$$P_s = (1.20) (F:M)^{0.23} \left(\frac{E}{100} \right) (L_{BOI-5})$$

Burada ; F : M : besin : mikroorganizma oranı (= 0.30 kg BOİ₅ / kg MLVSS . gün), E : BOİ₅ giderme verimi (= % 85) ve L_{BOI-5} : toplam BOİ₅ yükü (= 19,187.28 kg BOİ₅ / gün).

$$P_s = (1.20) (0.30)^{0.23} \left(\frac{85}{100} \right) (19,187.28)$$

$$P_s = 14,837.18 \text{ kg MLVSS} / \text{gün}$$

Fazla çamur hacmi aşağıdaki gibi hesaplanabilir [Not : sulu çamurun özgül ağırlığı (SÇÖA) = 1.013, suyun birim hacim ağırlığı (SBHA) = 1,000 kg / m³, katı madde içeriği (KKK) = 0.04 olarak alınmıştır.]

$$V_s = \frac{P_s}{(SÇÖA) (SBHA) (KKK)}$$

$$V_s = \frac{14,837.18}{(1.013)(1,000)(0.04)} = 366.17 \text{ m}^3 / \text{gün}$$

Aktif Çamur Havuzu







Son Çökeltme Havuzu

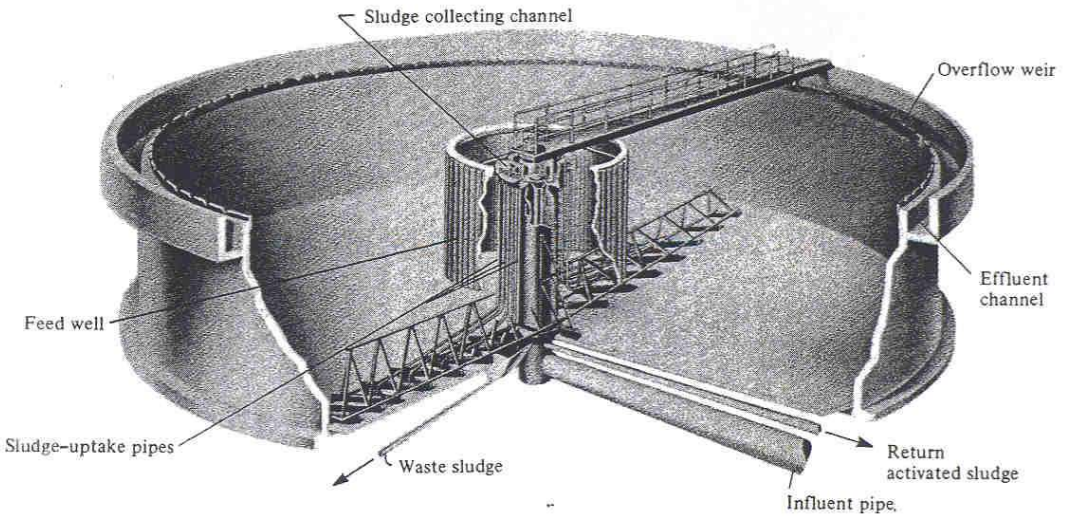


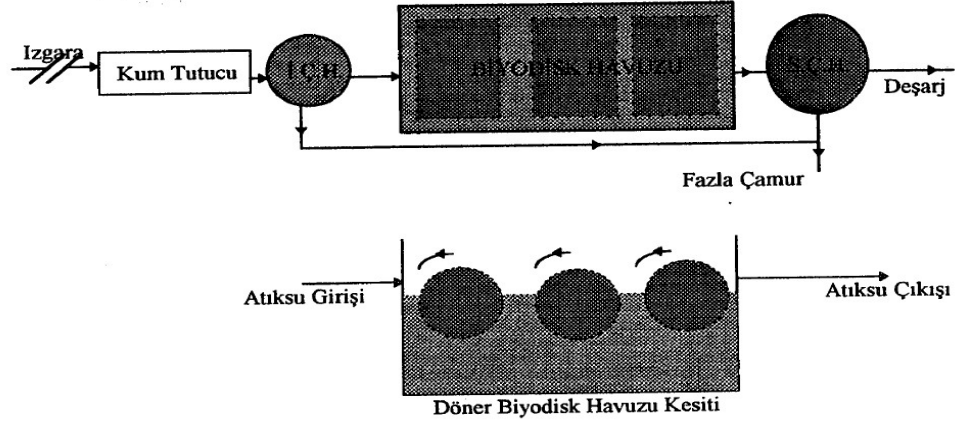
Figure 10.26 Final clarifier for an activated-sludge secondary with rapid-sludge-removal apparatus. (Courtesy of Dorr-Oliver, Inc.)



Biyodisk Sistemlerin Türkiyede Uygulanabilirliği

Akım Şeması

Biyodisk reaktörler ön tasfiye (ince ızgara, kum tutucu, ön çöktürme) ünitelerinden sonra yerleştirilir. Şayet çökebilen katı maddeler daha önce atıktan ayrılmazsa dönen levhaların bulunduğu tankın tabanına çökerek hem tesisin verimini azaltırlar ve aynı zamanda disklerin dönmesini zorlaştırırlar. Şartlar daha da kötüleşirse anaerobik şartlar da gözlenebilir. Bundan dolayı çöktürme ünitelerinin uygun şekilde çalıştırılması gerekir.



Türkiye Şartlarındaki Örnek Uygulamalar

- ✓ İskenderun, Delta Petrol Sahası, 2005, Kapasite 60 m³/gün



- ✓ Tekfen Bakü Ceyhan Boru Hattı





✓ BP Tekfen, Bakü-Tiflis-Ceyhan Atıksu Numuneleri, Nisan 2010



✓ Kahramanmaraş, Bakü-Ceyhan Boru Hattı BP-BTC Pompa İstasyonu, Analiz Sonuçları:

	Giriş	Çıkış
KOİ	570 mg/L	35 mg/L
BOİ	260 mg/L	10 mg/L

Sonuç Değerlendirme ve Tasarım Örneği

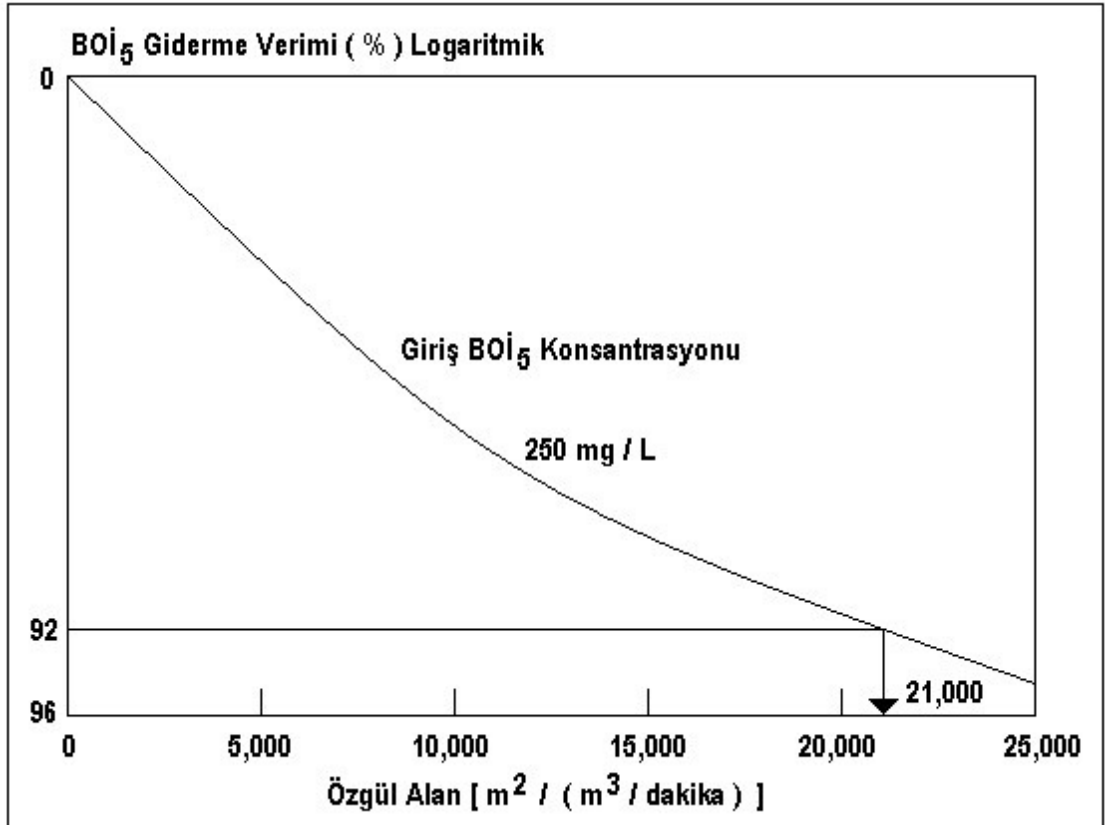
Hartman Yöntemi Biyodisk Tasarımı

Veriler

- Tasarım debisi = $100 \text{ m}^3 / \text{saat} = 1.67 \text{ m}^3 / \text{dakika}$
- Giriş suyu BOİ₅ konsantrasyonu = 250 mg / L
- Çıkış suyu BOİ₅ konsantrasyonu = 20 mg / L

Tasarım

- BOİ₅ giderme erimi = $(250-20) / (250) = 0.92 = \% 92$
- Özgül alan = Aşağıdaki şekilden % 92'lik BOİ₅ giderme verimi için $21,000 \text{ m}^2 / (\text{m}^3 / \text{dakika})$ olarak okunabilir.



- Gerekli toplam alan = $(1.67) (21,000) = 35,070 \text{ m}^2$

- Disk çapı = 3.00 m

- Bir diskin toplam yüzey alanı = $[(2) [(\pi) (3.00)^2]] / (4) = 14.14 \text{ m}^2$

- Gerekli toplam disk sayısı = $(35,070) / (14.14) \sim 2,481$ adet

- Bir şaftın toplam uzunluğu = 4.00 m

- Disk kalınlığı = 1.00 cm ve diskler arasındaki mesafe = 2.00 cm

-Faydalı şaft uzunluğu ≤ 3.50 m (Birinci ve son disklerin betonarme duvardan olan mesafeleri en az 25 'er cm olarak öngörülmüştür.

-1 şafttaki disk sayısı ;

$350 = (n_{D-1}) (1.00) + (n_{D-1}-1) (2.00)$ eşitliğinden, $n_{D-1} = 116$ adet olarak saptanmıştır. Bu durumda gerçek faydalı şaft uzunluğu = $(116) (1.00) + (116-1)(2.00) = 346$ cm olmaktadır. Başlangıçta 25'er cm olarak öngörülen kenarlardaki mesafeler = $(400-346) = (54 / 2) = 27$ 'şer cm olacaktır.

- Gerekli ünite sayısı = $(2,481) / (116) \sim 22$ adet

-Toplam şaft uzunluğu = $(4.00) (22) = 88$ m

- Gerekli toplam güç = $(75 \text{ W / m}) (88) = 6,600 \text{ W} = 6.60 \text{ kW}$

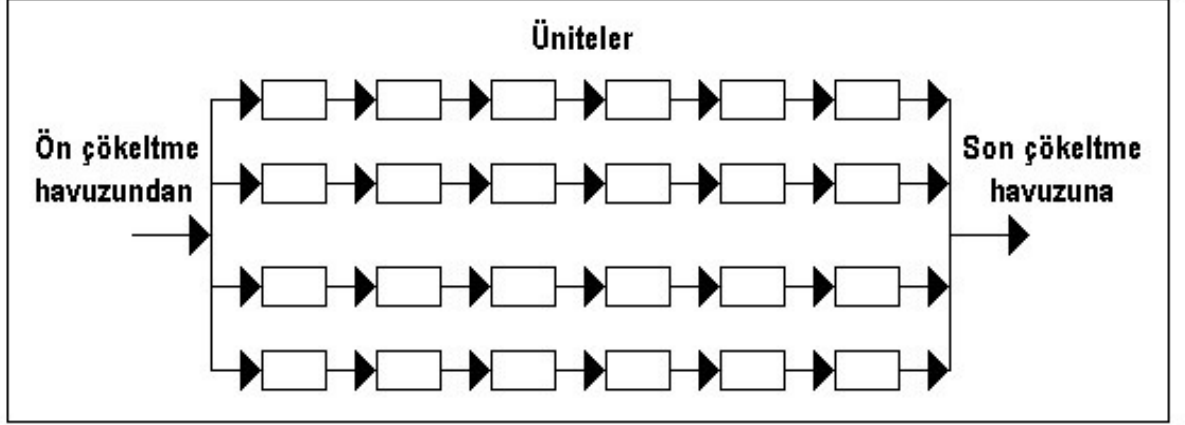
- İlk ünite için organik yük tahkiki ;

$L_{\text{ORGANİK YÜK-1}} = (0.250 \text{ kg BOI}_5 / \text{gün}) / (100 \text{ m}^3 / \text{saat}) (24 \text{ saat} / \text{gün})$

$= 600 \text{ kg BOI}_5 / \text{m}^2 \cdot \text{gün}$

$L_{\text{ORGANİK YÜK-1}} = (600 \text{ kg BOI}_5 / \text{gün}) / [(116 \text{ disk } (14.14 \text{ m}^2 / \text{disk}))] = 0.37 \text{ kg BOI}_5 / \text{m}^2 \cdot \text{gün} = 370 \text{ g BOI}_5 / \text{m}^2 \cdot \text{gün}$ olduğundan, ilk kademelerdeki organik yükün azaltılması için 4 paralel hat inşa edilecektir. Emniyetli tarafta kalmak ve özellikle son kademelerde nitrifikasyonu da sağlamak için her hatta 6'şar ünite tesisi edilecektir. Bu durumda toplam ünite sayısı 24 'tür.

Ünitelerin yerleşimi aşağıdaki şekilde sunulmuştur.



- 4 paralel hat uygulaması durumunda her bir hattaki ilk üniteye gelecek organik yük = $(600 \text{ kg BOI}_5 / \text{gün}) / (4) = 150 \text{ kg BOI}_5 / \text{gün}$ olacaktır. Bu koşullarda, her hattaki ilk ünitelerin organik yükü aşağıdaki gibi hesaplanabilir;

$$L_{\text{ORGANİK YÜK-1}} = (150 \text{ kg BOI}_5) / [(116 \text{ disk}) (14.14 \text{ m}^2 / \text{disk})] = 0.091 \text{ kg BOI}_5 / \text{m}^2 \cdot \text{gün} = 91 \text{ g BOI}_5 / \text{m}^2 \cdot \text{gün} < 100 \text{ g BOI}_5 / \text{m}^2 \cdot \text{gün}$$

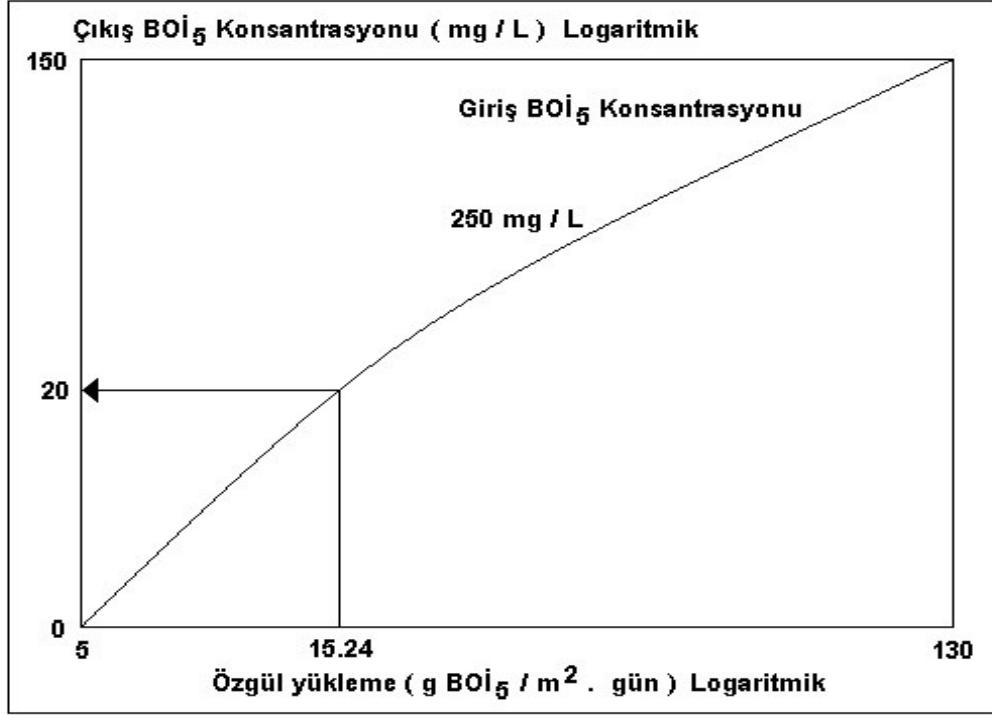
olduğundan ilk ünitelerde aşırı organik yük oluşmayacaktır.

-BOI₅ giderme veriminin tahkiki ;

Bir hat için özgül yük = $(150,000 \text{ g BOI}_5 / \text{gün}) / [(6 \text{ ünite}) (116 \text{ disk} / \text{ünite}) (14.14 \text{ m}^2 / \text{disk})] = 15.24 \text{ g BOI}_5 / \text{m}^2 \cdot \text{gün}$ olarak hesaplanabilir. Aşağıdaki grafik kullanılarak, 250 mg / L'lik giriş BOI₅ konsantrasyonu için, bu özgül yüke karşı gelen çıkış suyu BOI₅ / m² gün olarak hesaplanabilir.

Aşağıdaki grafik kullanılarak, 250 mg / L'lik giriş BOI₅ konsantrasyonu için, bu özgül yüke karşı gelen çıkış suyu BOI₅ konsantrasyonu yaklaşık olarak 20 mg / L olarak

okunabilir. Alıcı ortama deşarj standardı sağlanmaktadır.



Biyofilm Arıtma Sistemleri

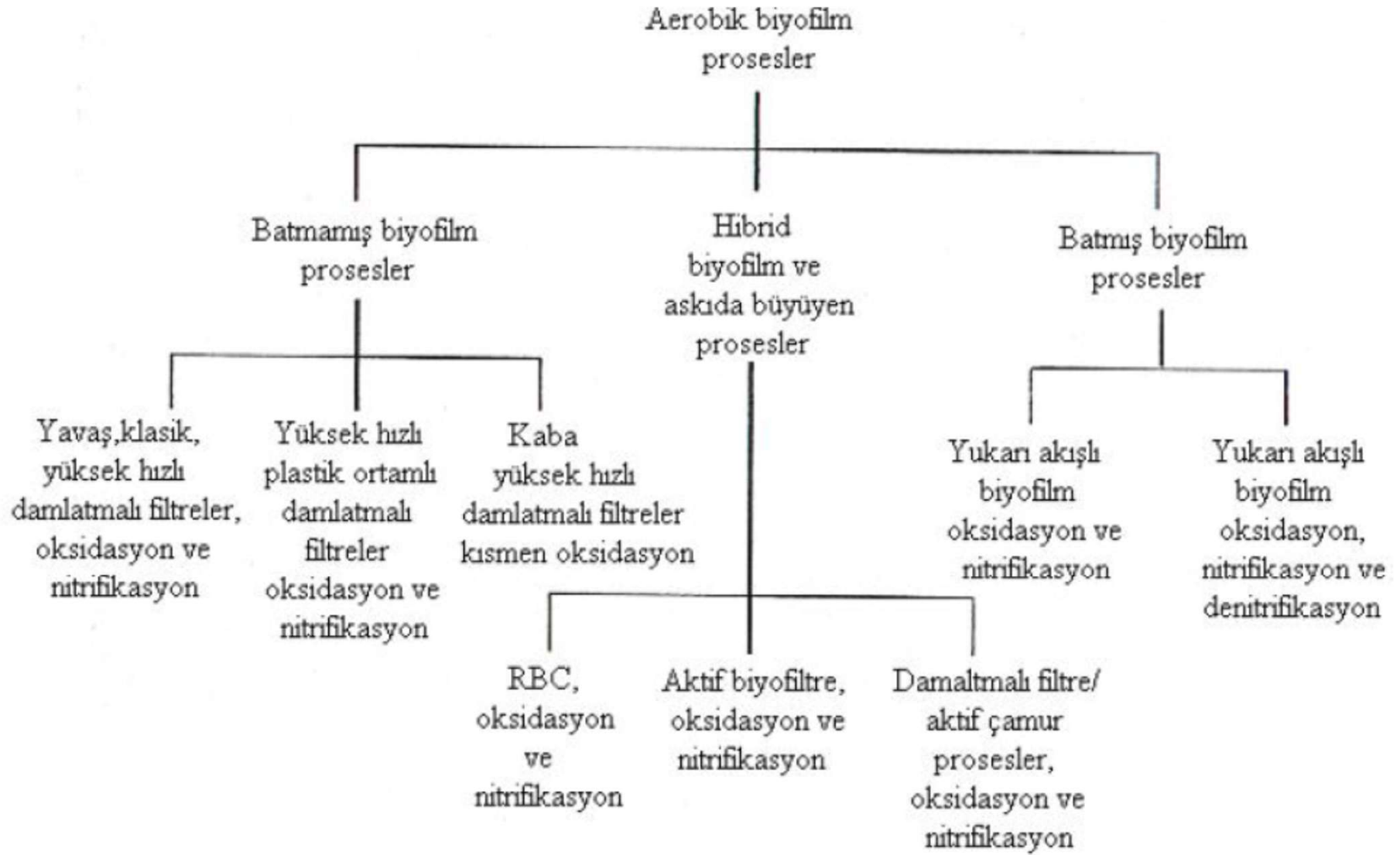
Damlatmalı Filtreler ve Biyodiskler

GENEL BİLGİ

Arıtmadan sorumlu mikroorganizmalar, sabit bir yatak üzerinde gelişirler.

Aerobik biyofilm prosesleri:

- (1) batmamış biyofilm prosesler,
- (2) hibrid (biyofilm ve askıda büyüyen) prosesler,
- (3) batmış biyofilm prosesler şeklinde sınıflandırılır.



Biyofilm Proseslerin Genel Sınıflandırılması

Proses İşletilmesi ve Mikrobiyoloji

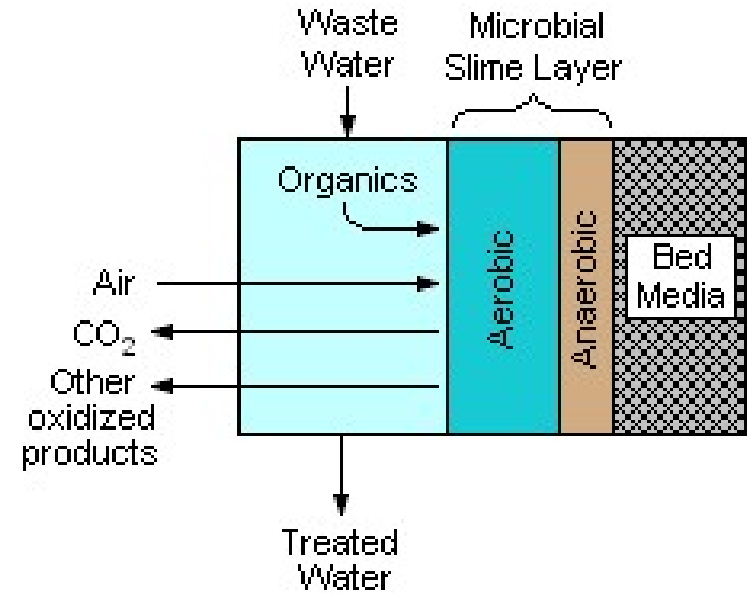
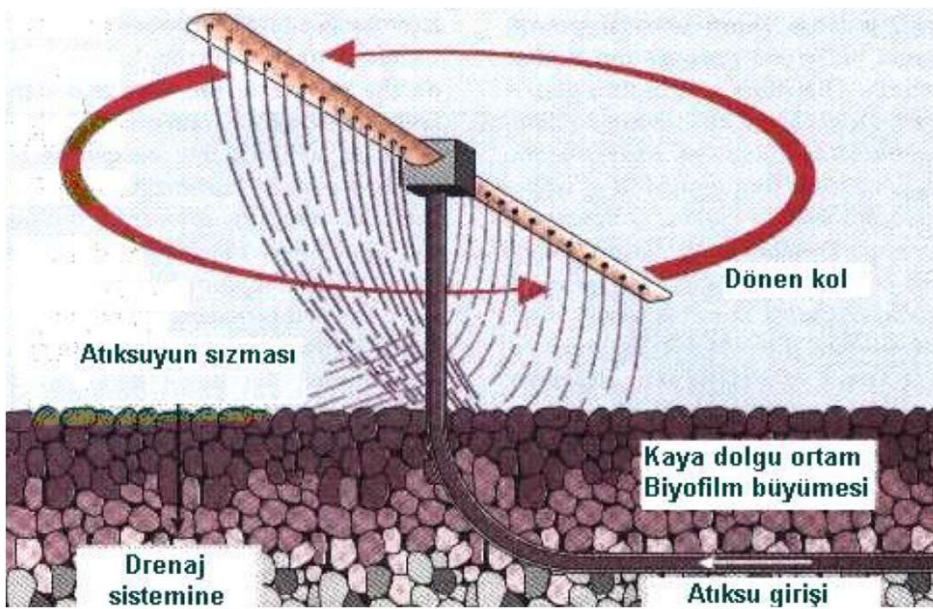
Damlatmalı filtrelerde atıksu;

- Filtrenin yüzeyine bir ya da daha fazla dönen distribütör vasıtasıyla uygulanır,
- Yatak boyunca aşağıya doğru sızar ve
- Aşağıda toplanarak bir çıkış kanalına aktarılır.

Filtre yatağı üzerinde jelatinimsi film tabakası meydana gelir.

Film tabakası kalınlaşır, zaman zaman sıyrılarak kopar ve çıkış suyu ile birlikte deşarj edilir.

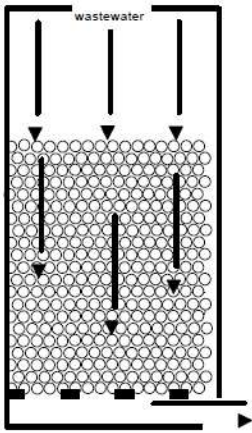
Bu sebeple, damlatmalı filtreler çöktürmeye ihtiyaç duyar.



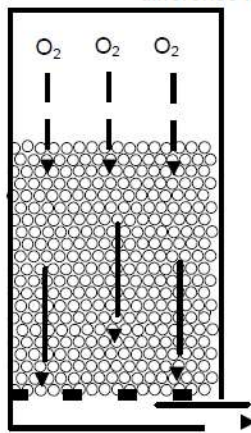
principle of trickling filter

wastewater is supplied in doses which allows resting time of several minutes or hours between each dose

equal distribution of wastewater by rotating sprinkler

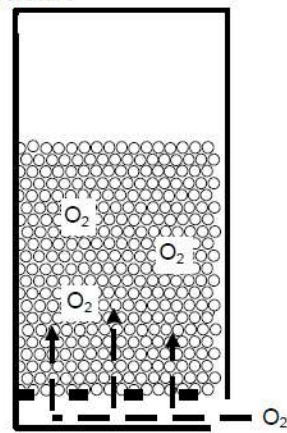


oxygen is drawn-in by vacuum effect during sprinkling

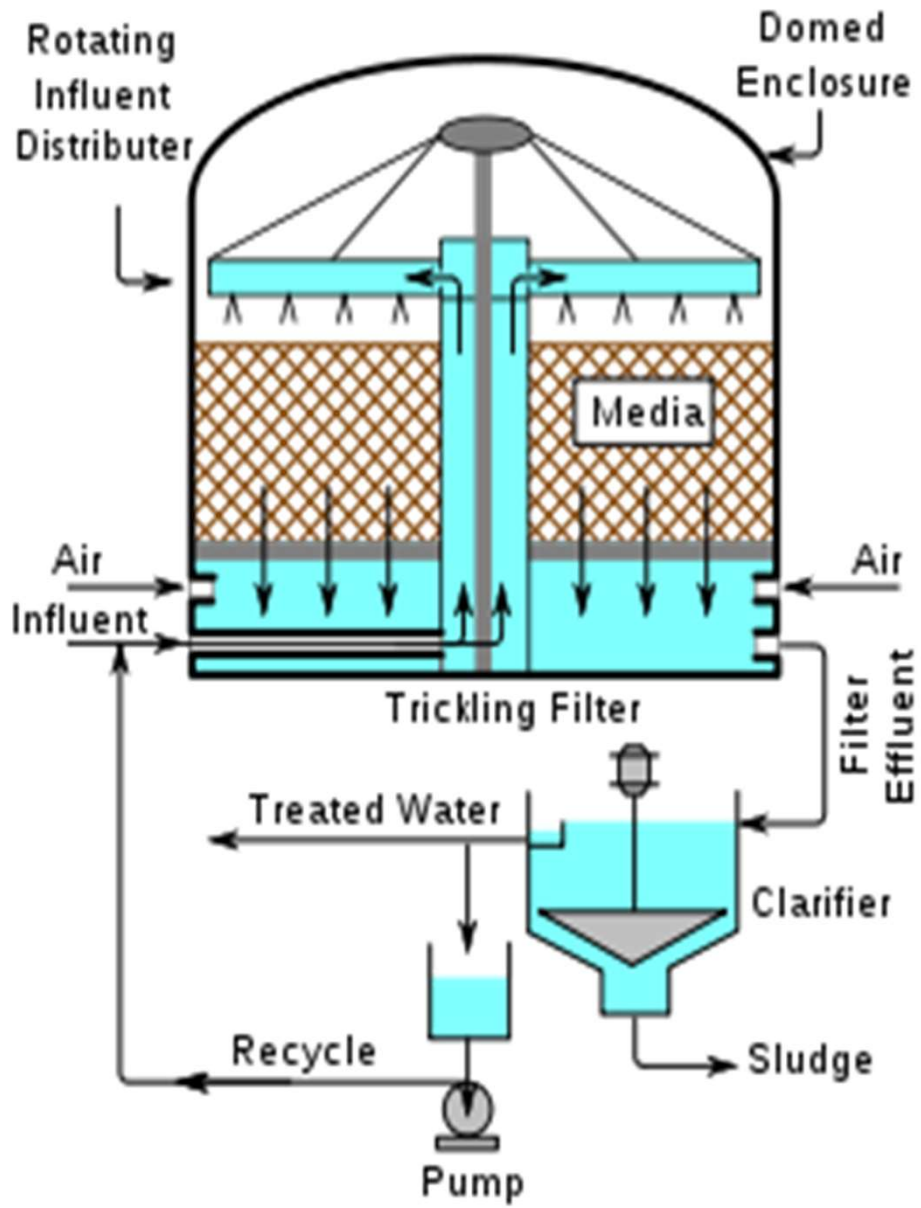


oxygen is available for decomposition during resting time

oxygen is also drawn by chimney effect due to difference in temperature



Damlatmalı Filtrenin Çalışma Prensibi



Damlatmalı Filtrelerin Çalışma Prensibi.

Damlatmalı filtrede etkili olan mikroorganizmalar:

- Aerobik, anaerobik ve fakültatif bakteri,
- Mantar,
- Alg,
- Protozoalar,
- Solucan, böcek larvaları ve salyangozlar gibi daha yüksek organizmalar.

Biyolojik topluluktaki çeşitliliğin sebepleri:

- Organik yük,
- Hidrolik yük,
- Giriş atıksu kompozisyonu,
- pH,
- Sıcaklık,
- Hava varlığı,
- Diğer çevresel faktörler.

Batmamış Biyofilm Reaktörler

Klasik bir damlatmalı filtre yatağı 50-100 mm boyutlarındaki kaya, cüruf veya çakıl malzemeleri içermektedir. Yatak derinliği 2-3 m arasındadır.

Klasik filtreler;

- düşük hızlı,
- standart hızlı ve
- yüksek hızlı olarak sınıflandırılırlar.

İyi işletilen damlatmalı filtrelerde çıkış suyu BOI_5 ve AKM konsantrasyonları tipik olarak 20 mg/L civarındadır.

Düşük yüklerde damlatmalı filtreler nitrifikasyon için verimli bir şekilde kullanılmaktadır.

Damlatmalı filtreler üzerinde mikroorganizmaların biyofilm halinde büyüdüğü katı tanecikler içeren bir dolgulu sistemdir. Bu birim içinde 0,1-10 cm büyüklüğünde dolgu malzemesi (kırma taş, plastik, sert kömür, özel dolgu maddeleri vs.) bulunan bir tanktan oluşur. Bu tankın üzerine ilk arıtmaya (birinci kademe) tabi tutulmuş atıksu belirli bir debi ile verilir. Bu işlem genellikle tankın merkezi etrafında yavaşça hareket eden delikli bir borudan oluşan bir düzenekle (atıksu dağıtım sistemi) sağlanır. Bu şekilde filtreye verilen atıksu filtre dolgu malzemesinin üstünden süzülerek akmakta, bu arada, filtre yatağındaki boşlukların tamamı atıksu ile dolmadığından havalı şartlar devam etmektedir

Taşların üzerinde ince bir tabaka meydana getiren bakteriler atıksudaki organik kirleticileri önce adsorplamakta ve daha sonra biyolojik arıtım reaksiyonu meydana gelmektedir. Biyofilm tabakası zamanla kalınlaşmakta, oksijen ve organik maddeler tabakanın iç kısımlarına ulaşamamaktadır. Filtre dolgu maddesi yüzeyine yakın bu kesimde havasız şartlar oluşmakta, burada oluşan gazların yardımı ve sıvı hareketinden oluşan kesme kuvveti ile biyofilm dolgu malzemesinden ayrılıp çıkış suyu ile birlikte dışarı akmaktadır. Temizlenmiş biyofilmden taşın üzerinde kısa bir zaman içinde yeniden biyofilm tabakası oluşmakta ve döngü bu şekilde devam etmektedir.

Damlatmalı filtreden çıkan atıksu son çökeltme tankına verilir. Çökeltme tankı çıkışından belli oranda su damlatmalı filtreye, gerekli hidrolik yükü sağlamak üzere geri verilir. Damlatmalı filtreler akış hızlarına göre “yavaş” ve “hızlı” olmak üzere ikiye ayrılırlar. Yavaş filtrelerde 2.000-4.000 m³/m²-gün, hızlı filtrelerde ise 10.000-30.000 m³ /m²-gün atıksu verilmektedir.

Düşük hızlı filtrelerin işletmeleri daha kolaydır ve küçük nüfuslar için kullanılırlar. Bu tip filtreler, taş ve çakıl gibi doğal malzemelerle kolayca yapılabilirler. Gerekli ekipman, sadece bir dozlama sifonu ve dağıtıcıdır. Filtre ortamı, 2-3 m derinliktedir. Filtre girişi ve çıkışı arasında 2,5-3,5 m'lik bir yük kaybı olur. Genellikle geri devirsiz olarak düzenlenirler. Bu nedenle bu tip filtrelerde pompa gerekmebilir. Arazi ihtiyacı, 0,5-0,7 m²/kişi arasında değişir.

Tablo Evsel atıksuların damlatmalı filtrelerle arıtımında tasarım kriterleri (3).

Konu	Düşük hızlı filtreler	Yüksek hızlı filtreler (taş ortam)	Yüksek hızlı filtreler (plastik ortam)	Kaba filtreler
Hidrolik yük (m ³ /m ² .gün)	1-4	10-30 ^a	40-90 ^a	60-180 ^a
Organik yük (kgBOI/m ² .gün)	0,1-0,3	0,3-1,2 ^b	1,2-3 ^a	2-6 ^b
Geri devir oranı	-	0,5-3	1-4	1-4
Derinlik(m)	1,8-3	1-3	4-12	4-12
Filtre ortamı	Taş, çakıl	Taş, çakıl	Plastik	Plastik
BOI giderim verimi (%)	80-85	65-85	65-85	40-65
Nitrifikasyon	iyi	Sınırlı	Sınırlı	-

^a Geri devir dahil

^b Geri devir dahil değil

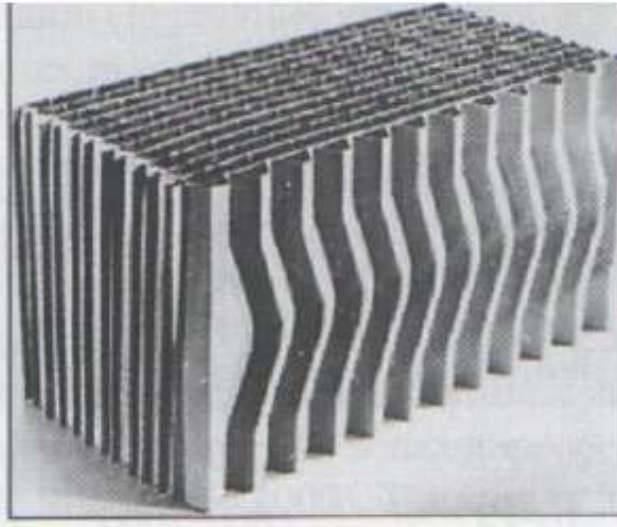
Yüksek hızlı filtrelerde BOI giderimi, BOI yüklemesine, geri devir oranına ve kullanılan ortamın tipine bağlı olarak %65-85 arasındadır. Bu tip filtrelerdeki nitrifikasyon da, uygulanan BOI yüküne bağlıdır. Taş dolgulu filtre derinliği, nitrifikasyon yönünden önemlidir. Evsel atıksular için 2 değerinin üzerindeki geri devir oranları ekonomik olmaz. Damlatmalı filtrelerin en büyük üstünlüğü organik yükün büyük değişimlere uğramasına rağmen verimin olumsuz yönde fazla etkilenmemesidir. Arıtılmış çıkış suyunun belli oranlarda geri devri ile tekrar sisteme verilmesi arıtım verimini artırır.

Tablo 5.13. Damlatmalı filtreler ve aktif çamur sistemlerinin karşılaştırması(2).

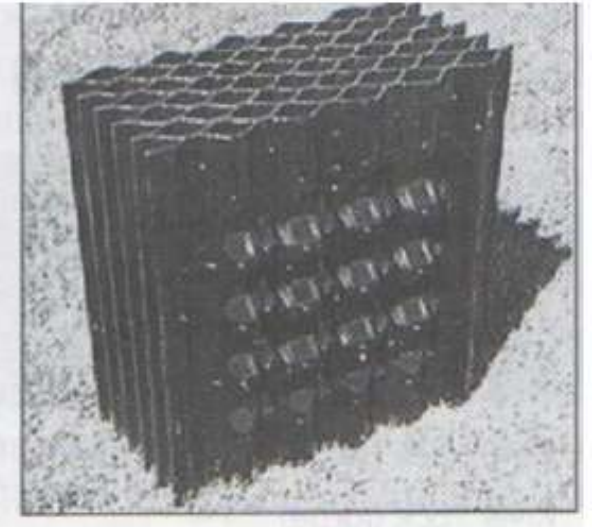
<i>Parametre</i>	<i>Damlatmalı Filtre</i>	<i>Aktif Çamur</i>
Yatırım maliyeti	Yüksek	Düşük
İşletme maliyeti	Düşük	Yüksek
Alan gereksinimi	Yüksek	Düşük
Havalandırma	Yeterli olmayabilir	Yeterli
Sıcaklık kontrolü	Zor	Kolay
Şok yüklemelere duyarlılık	Az duyarlı	Çok duyarlı
Çıkış akımının berraklığı	İyi	İyi değil
BOI giderimi (%)	80-90	80-90
Hidrolik bekleme süresi		
Düşük hız	6-40 saat	4-10 saat
Yüksek hız	0,5-4 saat	
Koku	Fazla	Az



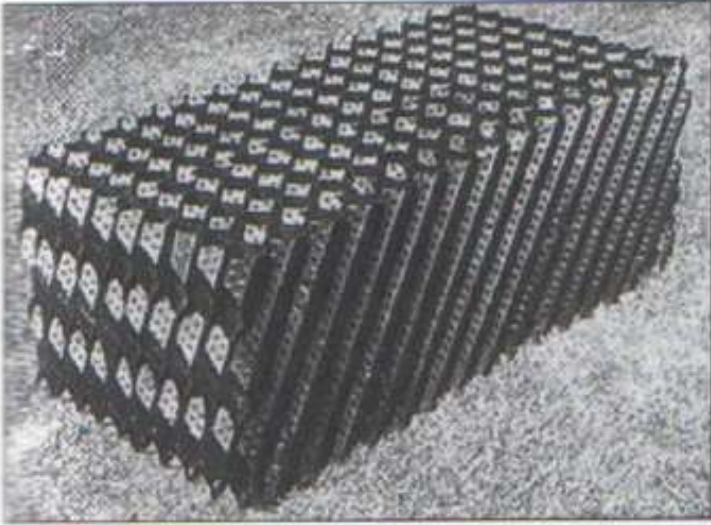
(a)



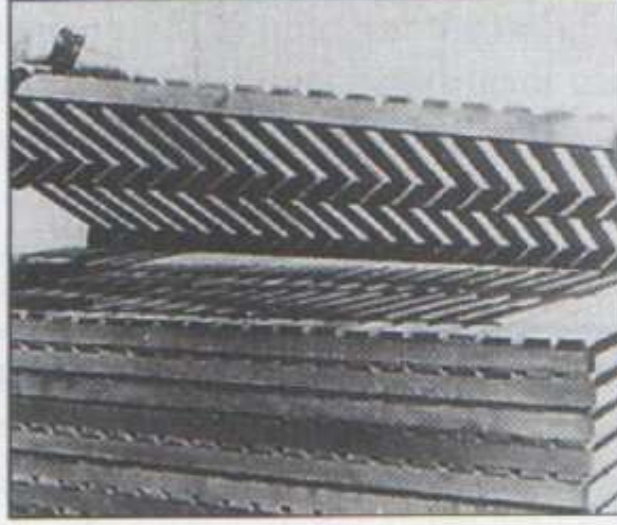
(b)



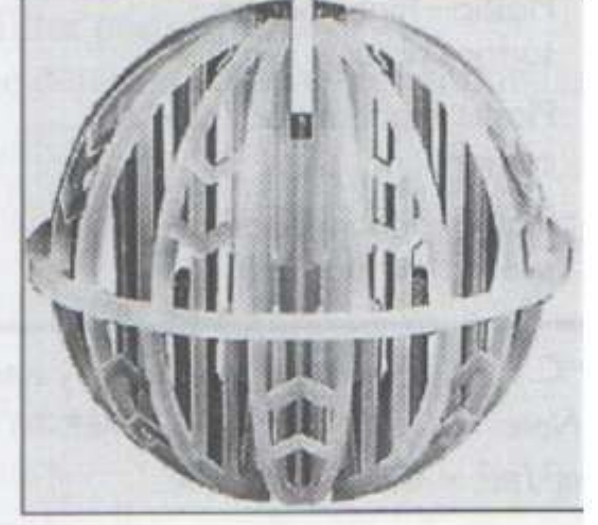
(c)



(d)

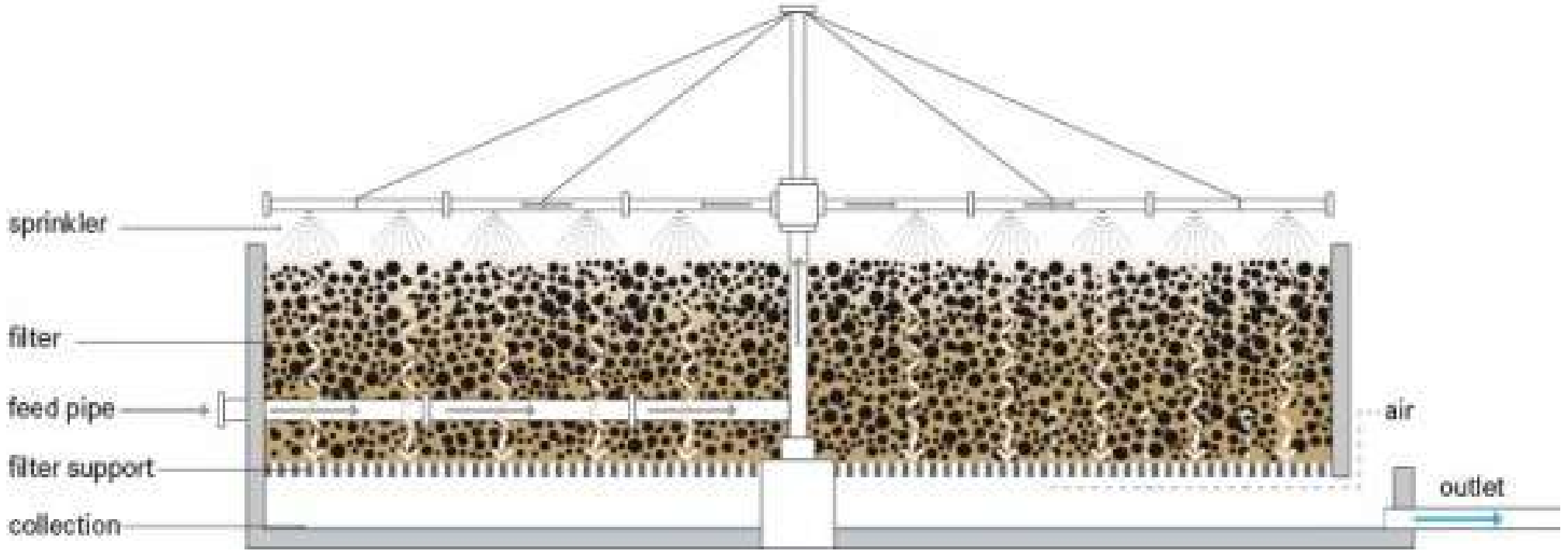


(e)



(f)

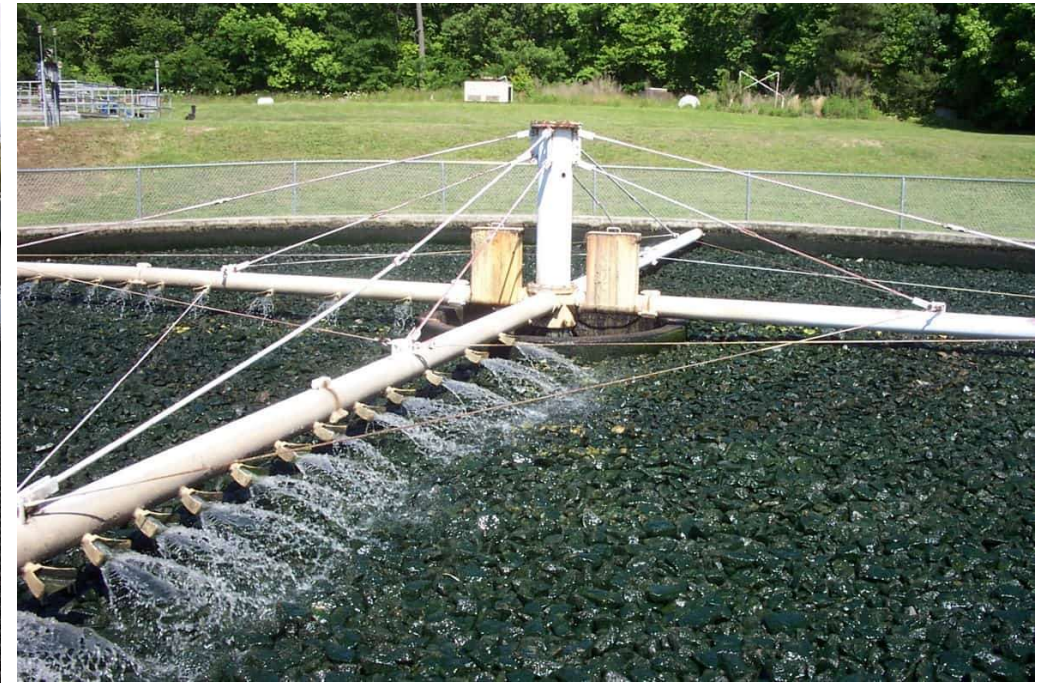
a Taş, **b c** Plastik modül, **d** Redwood, **e** Rastgele akımlı plastik modül, **f** Küresel plastik dolgu malzemesi.



Damlatmalı Filtrenin Şematik Görünümü



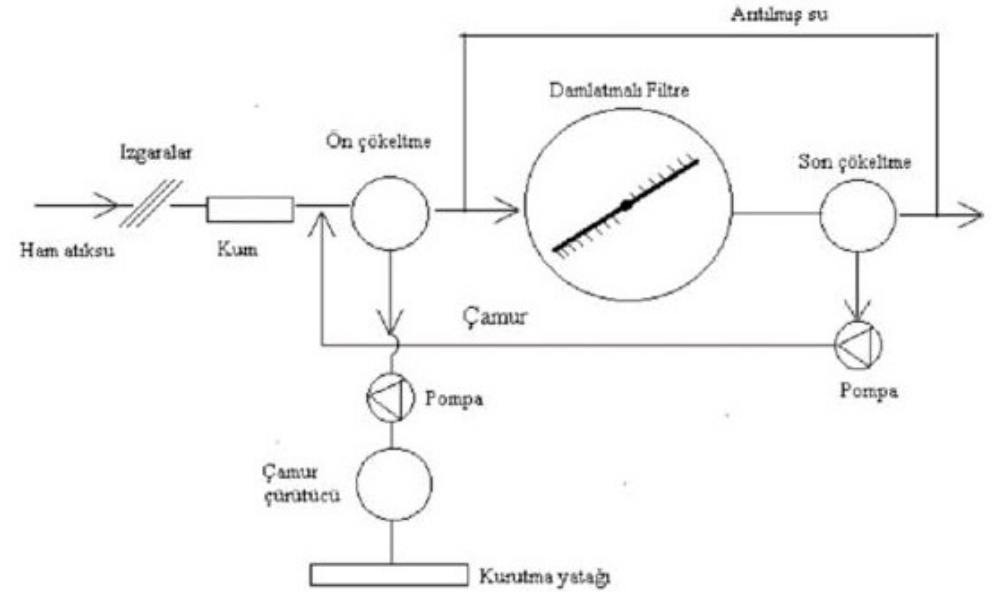
Plastik Dolgu Malzemeli DF



Taş Dolgu Malzemeli DF



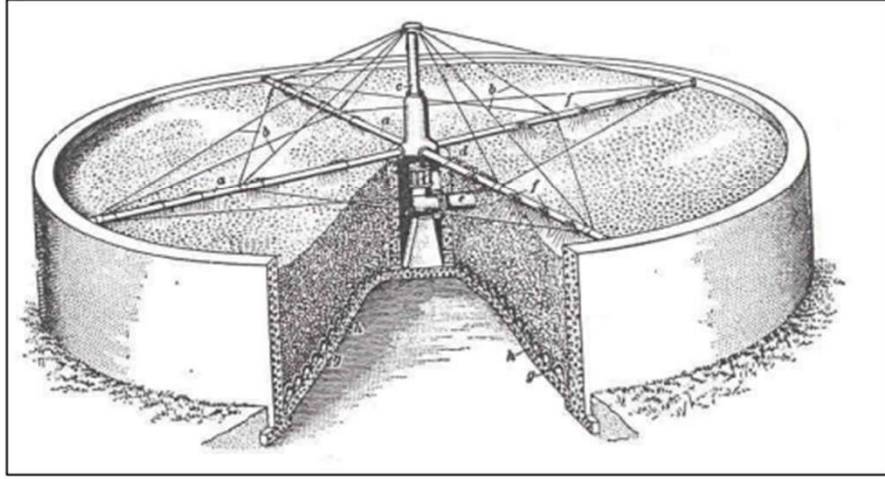
Plastik Dolgu Malzemeleri



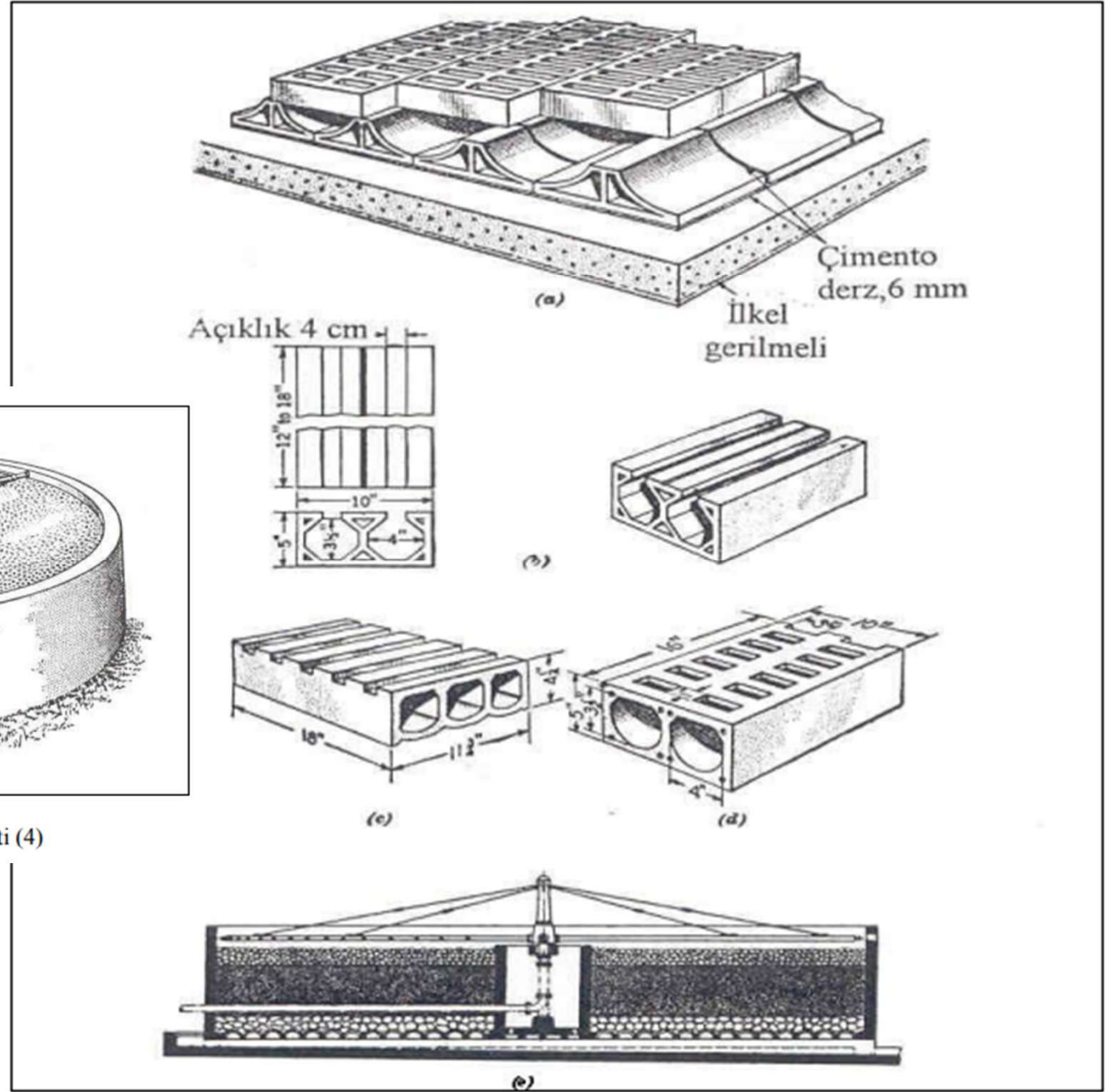
Akım Şeması

Kırma Taştan Dolgulu Biyolojik Filtreler

Sistemin başlıca bileşenleri, döner dağıtıcı, drenaj sistemi ve filtre malzemesidir. Atıksu, bir pompa ile dağıtıcının bağlı bulunduğu düşey boruya basılır. Dağıtıcıyı oluşturan borular üzerine açılmış deliklerden fışkıran su jetleri, impuls teoreminden doğan reaksiyon kuvvetleriyle, dağıtıcının dönmesini sağlar. Böylece atıksu, kırma taş üzerine eşit olarak dağılmış olur. Çıkış kanalı ve havalandırma bacaları, filtre içinde iyi bir hava akımı meydana getirecek şekilde oluşturulur. Filtreden çıkan sular biyolojik verimi arttırmak için geri döndürülerek tekrar filtreden geçirilebilir. Filtre malzemesi, sağlam dayanıklı, suda erimez ve ufalanmaz cinsten olmalıdır. Bu, sebeple en çok kırma taş ve benzeri malzemeler kullanılır. Tercih edilen tane çapı 10 cm'dir. Her ne kadar daha küçük çaplı taşlar, biyofilm oluşumu için daha büyük bir yüzey alanı sağlasa da, taneler arasındaki boşluklar tıkanma eğilimi gösterirler ve hava ve su geçişini sınırlandırır. Filtre yüksekliği 1,5 m ile 2,1 m arasında değişir. Filtrenin daha yüksek yapılması BOI giderme verimini çok fazla arttırmaz



Şekil Bir Damlatmalı filtrenin perspektif görünüşü ve kesiti (4)

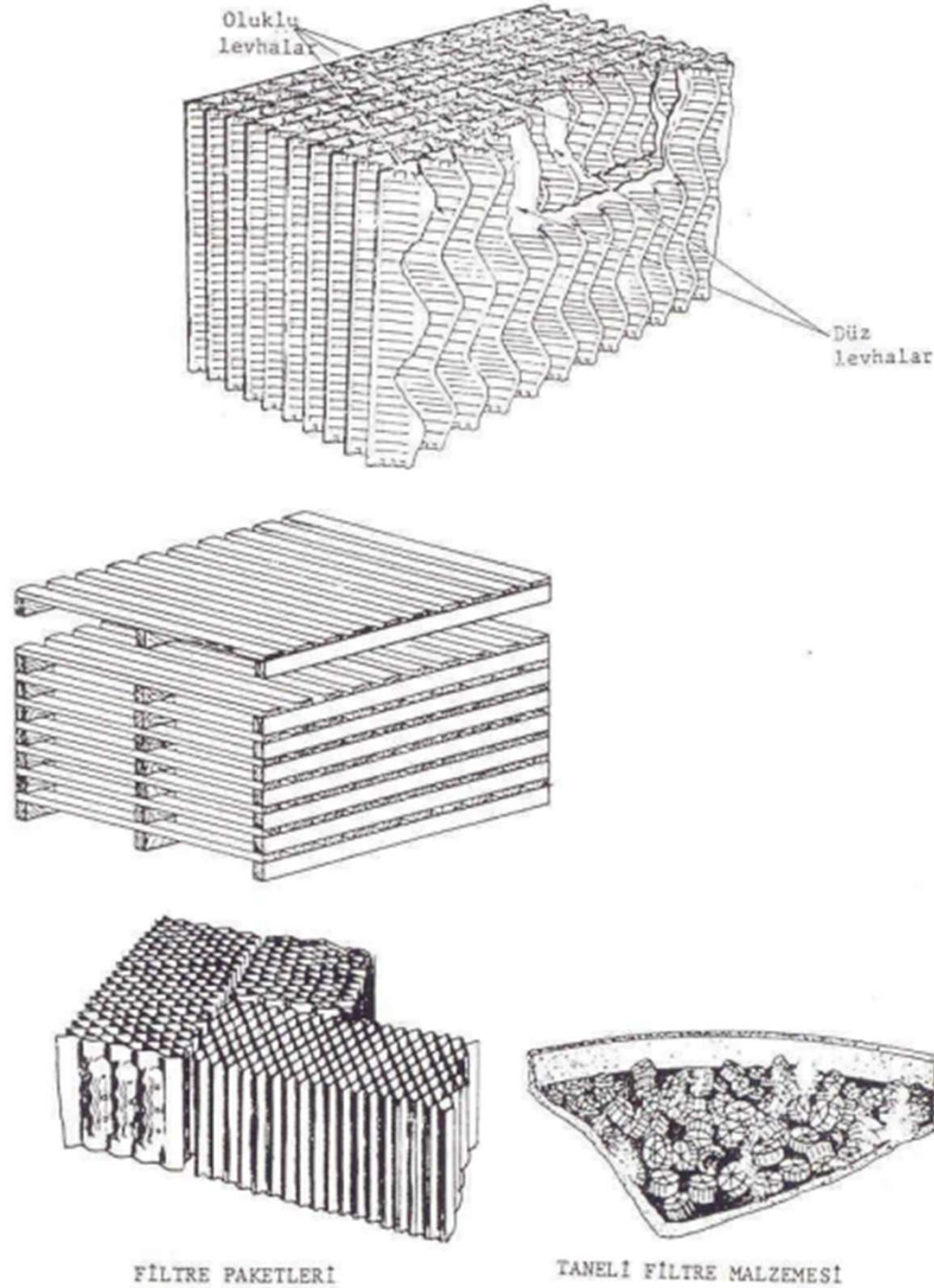


Şekil 2.1.1. Bir damlatmalı filtrenin kesiti ve tabandaki drenaj sisteminin detayları (4)

Sentetik Dolgulu Damlatmalı Filtreler (Biyolojik Kuleler)

Son yıllarda damlatmalı filtreler için birkaç çeşit sentetik dolgu malzemesi üretilmiştir. Kırma taşa kıyasla bu malzemelerin esas üstünlüğü, özgül yüzeylerinin fazla olmasıdır. Bu sayede oksijen sağlayan hava boşlukları tıkanmadan, daha fazla miktarda biyofilm üreyebilmektedir. Diğer üstünlüğü, sıvının daha iyi dağılmasını sağlayan üniform bir filtre ortamı oluşturmaları, hafif olmaları nedeniyle daha büyük bir kimyasal dirence sahip olmaları ve çok fazla organik madde içeren ve çökelmemiş olan atıksuları arıtabilmeleridir. Plastik filtre blokları, Flocor gibi bazı ticari isimler altında piyasada satılmaktadır. Bunlar 0,6m genişlik ve kalınlıkta, 1,2 m uzunlukta modüller halinde olup oluklu levhaların yanyana getirilmesinden meydana gelir. Özgül yüzey alanı $29 \text{ m}^2/\text{m}^3$ 'dür. Çürümeye karşı dayanıklı kızılçamdan yapılmış filtre malzemeleri de bulunmaktadır. Kalın testere ile kesilmiş kızılçam çıtaların yatay olarak $1,2 \times 1,2 \text{ m}^2$ 'lik çerçeveler haline getirilmesinden meydana gelmiştir. Kızılçamdan yapılmış bu filtre malzemesinin özgül yüzey alanı $14 \text{ m}^2/\text{m}^3$ 'dür. Plastik paketlerin oluklu yüzeyleri ve kızılçamın testere ile kesilmiş pürüzlü yüzeyleri, biyolojik filmin tutunmasını kolaylaştırır.

Organik yük aralığı 400-2.400 g/m³/gün'dür. Hidrolik yük 10m³/m²/gün değerine kadar çıkar. Sentetik malzemeli biyolojik filtreler, işletme güçlükleri ve koku problemine karşı kırma taş filtrelerle göre daha az sorun çıkarırlar.



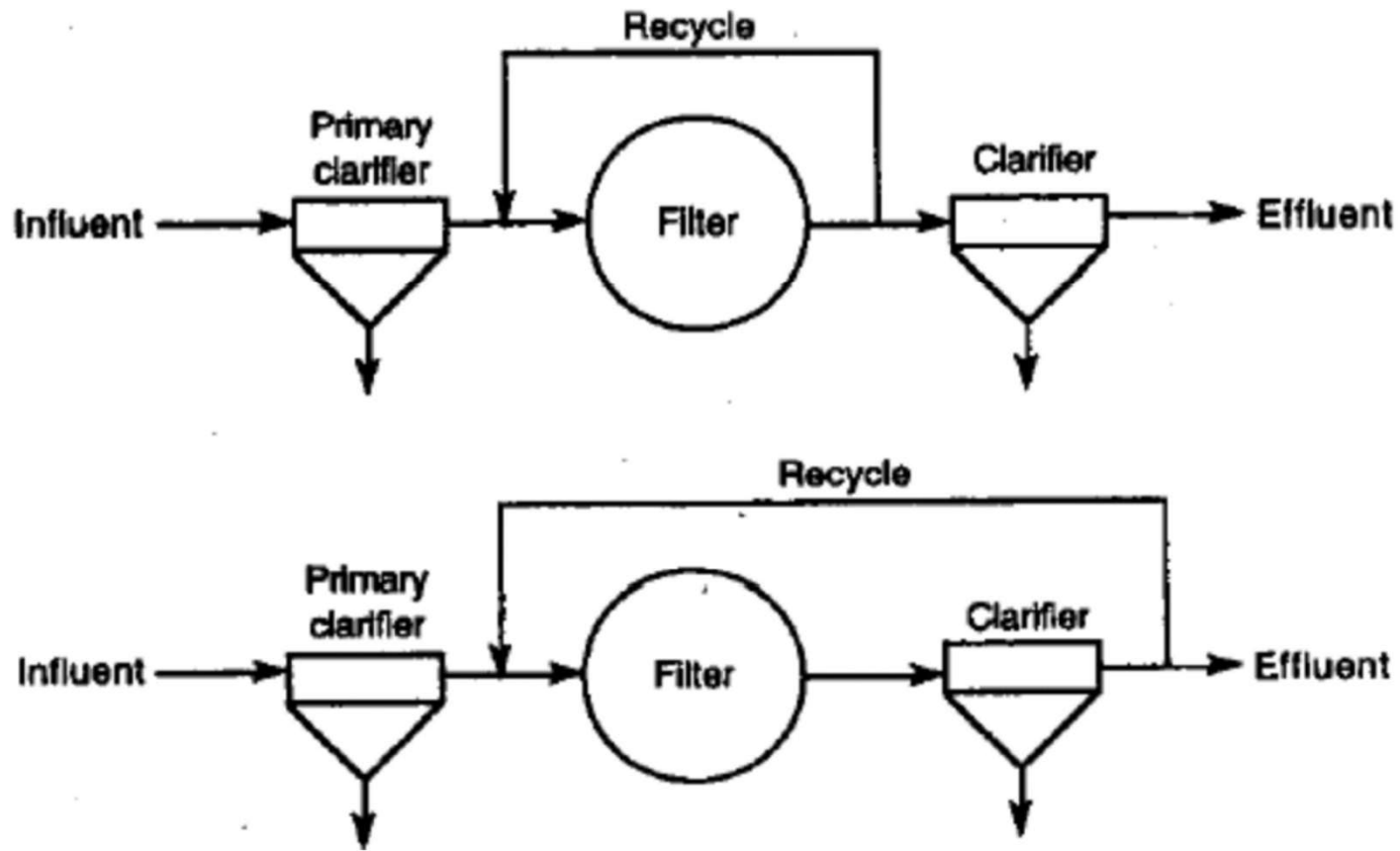
Şekil 7.1 : Biyolojik kulelerin (filtrelerin) dolgu malzemeleri: a) Polivinilklorürden yapılmış *flocor* paketleri: b) *Del-Pak* dolgu malzemesi (4)

Damlatmalı Filtrelerin Tasarım Kriterleri

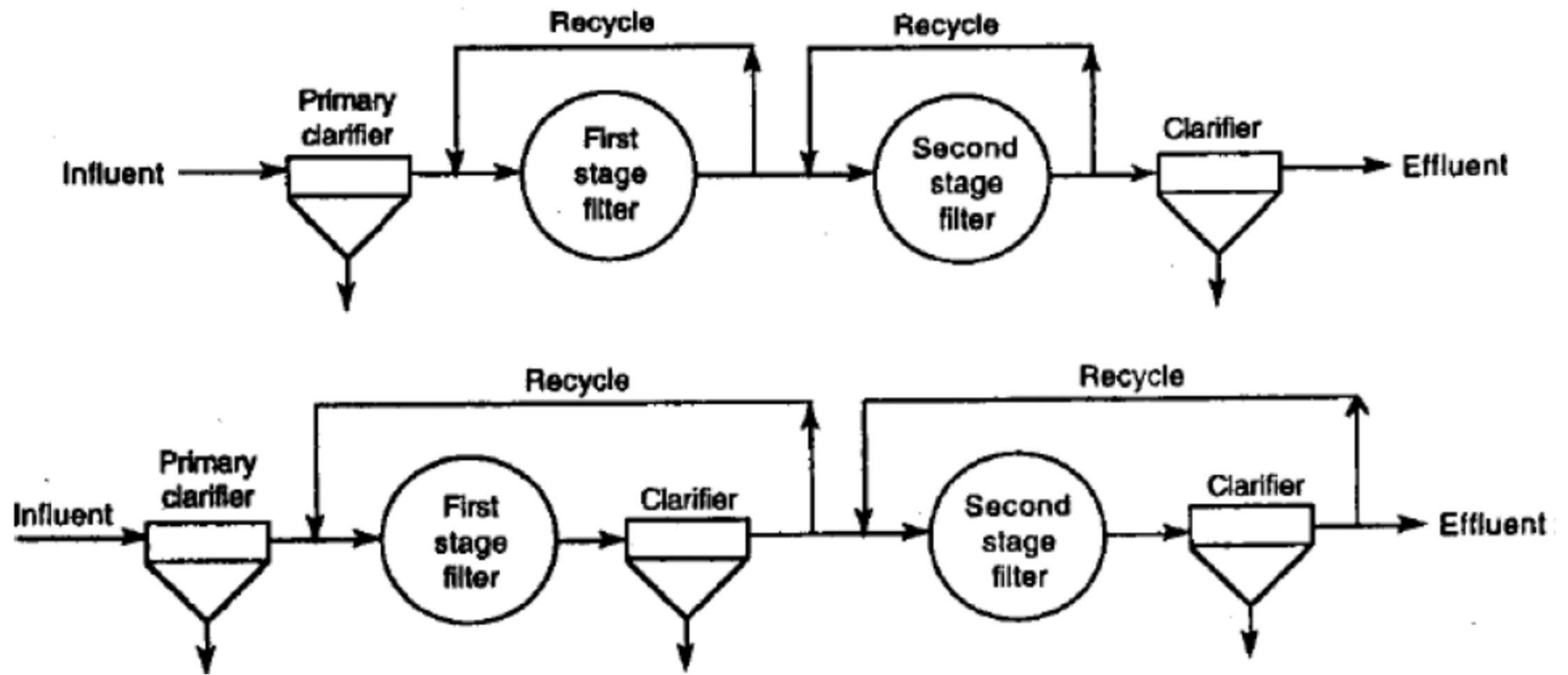
	Düşük hız	Orta hız	Yüksek hız	Yüksek hız	Kaba
Filtre ortamı	Taş	Taş	Taş	Plastik	Taş/Plastik
Hidrolik yük, $m^3/m^2 \cdot gün$	1-4	4-10	10-40	10-75	40-200
Organik yük, $kgBOİ_5/m^3 \cdot gün$	0,07-0,22	0,24-0,48	0,4-2,4	0,6-3,2	>1,5
Geri devir oranı	0	0-1	1-2	1-2	0-2
Haşereler	Birçok	Değişik	çok az	çok az	çok az
Sıyırılma	Kesikli	Kesikli	Sürekli	Sürekli	Sürekli
Derinlik, m	1,8-2,4	1,8-2,4	1,8-2,4	3,0-12,2	0,9-6
BOİ ₅ giderim verimi,%	80-90	50-80	50-90	60-90	40-70
Çıkış suyu kalitesi	iyi nitrifikasyon	biraz nitrifikasyon	nitrifikasyon yok	nitrifikasyon yok	nitrifikasyon yok

Klasik Damlatmalı Filtreler İçin Dizaynı ve İşletme Parametreleri

- *Hidrolik yük*: Basitçe birim zamanda birim alana düşen debi.
- *Organik yük*: m^3 başına günlük kilogram BOI_5 ($kg BOI_5/m^3.gün$)'tir.
- *Oksijen transferi*: Damlatmalı filtrelerde hava ihtiyacı genellikle doğal yolla karşılanır. Hava transferi ortam sıcaklığı ve filtre içindeki sıcaklık farkı ile meydana gelir.
- *Geri devir*: Plastik filtre ortamını da içeren yüksek hızlı sistemlerde çıkış suyu geri devir akımı çöktürme tankından önce veya sonra alınabilir.
- *Sıcaklık*: Atıksu sıcaklığı hava sıcaklığından daha önemlidir.
- *Son çöktürme tankları*: Damlatmalı filtreyi takip eden çöktürme tankları için önerilen debi ve katı madde yükleri sırasıyla $16-24 m^3/m^2.gün$ ve $2-4 kg/m^2.saattir$.



Tek Kademeli Damlatmalı Filtreler



İki Kademeli Damlatmalı Filtreler

Klasik taş ve plastik filtrelerin performansını hesaplamada kullanılan formüller:

Tek kademeli ve İki kademeli taş filtrenin ilk kademesi:

$$E_1 = \frac{100}{1 + 0,4432 \sqrt{\frac{W_1}{VF}}}$$

Geri devir faktörü:

$$F = \frac{1 + R}{(1 + R/10)^2}$$

İkinci kademe:

$$E_2 = \frac{100}{1 + \frac{0,4432}{1 - E_{1f}} \sqrt{\frac{W_2}{VF}}}$$

E_1 = geri devir ve çöktürme içeren proses için 20°C' de BOİ giderim verimi, %

W_1 = filtredeki BOİ yükü, kg/gün

V = filtre ortamının hacmi, m³

F = geri devir faktörü

R = geri devir oranı Q_r/Q

Q_r = geri devir debisi

Q = atıksu debisi

E_2 = geri devir ve çökelme içeren iki kademeli filtre için 20°C' de BOİ giderim verimi, %

E_{1f} = tek kademeli filtrede giderilen BOİ fraksiyonu

W_2 = iki kademeli filtreye uygulanan BOİ yükü

Plastik Ortam İçin Filtreler:

$$\frac{S_e}{S_0} = \exp\left[-k_{20} D (Q_v)^{-n}\right]$$

$$k_2 = k_1 \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^x$$

S_0 = Filtrede çöken çıkış suyunun toplam BOİ' si, mg/L

S_i = Filtreye uygulanan atıksuyun toplam BOİ' si, mg/L

k_{20} = 20°C ve D filtre derinliğinde arıtılabilirlik sabiti

D = Filtre derinliği, m

Q_v = Filtrenin birim yüzey alanı başına uygulanan hacimsel debi, $m^3 / m^2 \cdot dk = Q/A$

Q = Filtreye uygulanan geri devirsiz debi, m^3/dk .

A = Filtrenin kesit alanı, m^2

n = Deneysel sabit, genellikle 0,5

k_2 = D_2 derinliğindeki bir filtre için arıtılabilirlik sabiti

k_1 = D_1 derinliğindeki bir filtre için arıtılabilirlik sabiti

D_1 = Birinci filtre derinliği, m

D_2 = İkinci filtrenin derinliği, m

x = Dikey akış için 0,5

Çapraz akış için 0,3

Damlatmalı Filtrelerin İşletme Sorunları

Biyofilm sistemlerinde karşılaşılan işletme problemleri;

- Koku,
- Uçan haşereler,
- Salyangozlar,
- Biyofilm ile beslenen büyüyen canlılardır.

Koku genellikle filtrelerde düşük yük ve dizaynda uygun hava debisinin sağlanmasıyla minimize edilebilir.

Salyangozların büyümesi;

- Suyun pH'sını 9'a ya da biraz daha yukarı çekerek,
- Filtre yatağını suya batmış hale getirerek,
- Periyodik yıkama işleminden sonra filtreyi kurutarak,
- Seçici biyolojik ilaçlar kullanılarak durdurulabilir.

Damlatmalı Filtrenin Avantajları:

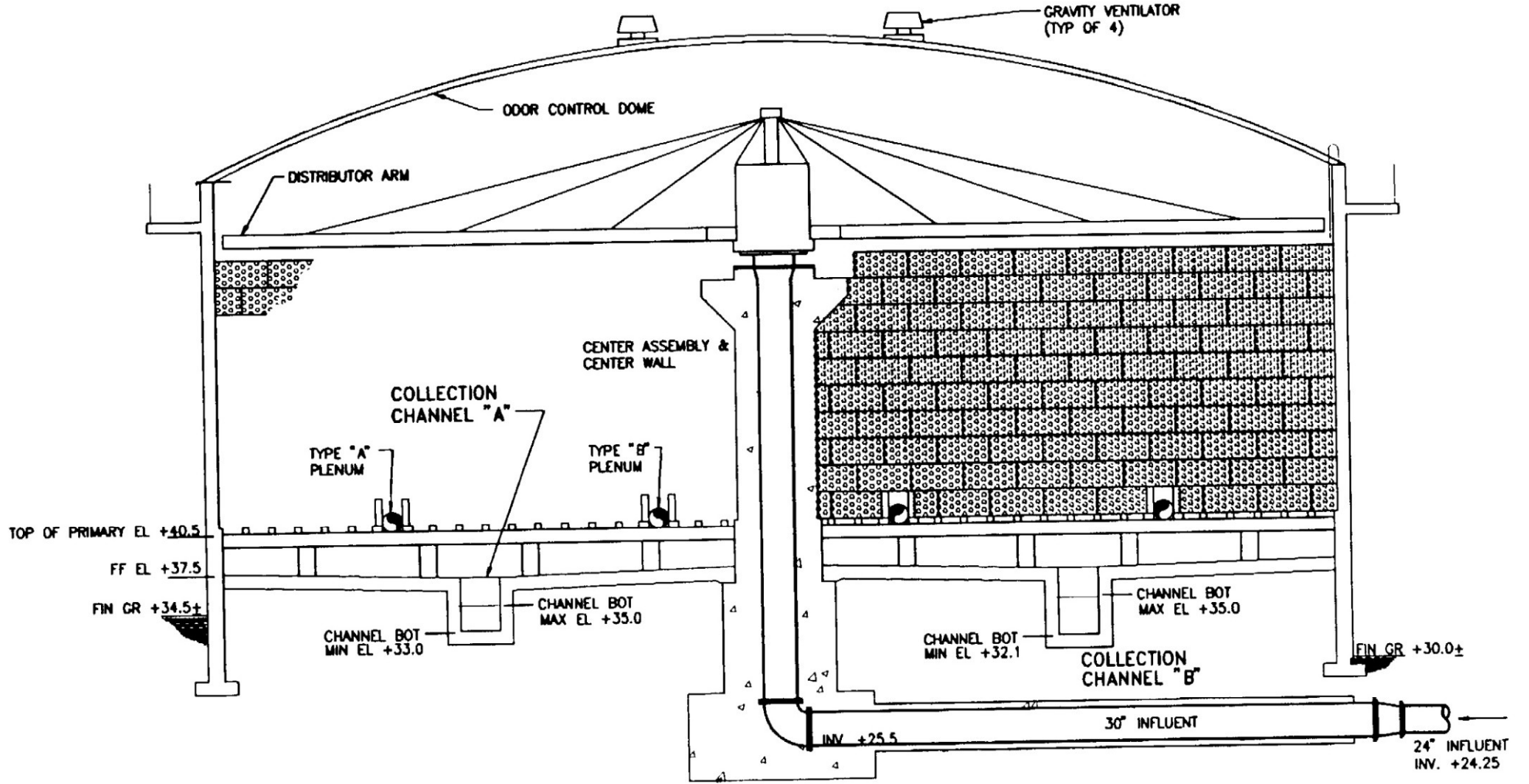
- Basit ve güvenilir bir süreçtir,
- Kullanılan filtre malzemesine bağlı olarak, yüksek organik yükler için uygundur,
- Amonyak gideriminde verimlidir,
- Küçük ve orta büyüklükteki nüfuslar için uygundur,

Taş ortamın plastik ortama dönüştürülmesi, hız kontrolü, ve daha güvenilir dağıtma mekanizması ile; damlatmalı filtrelerin verimi ciddi derecede arttırılabilir.

- Şok yüklemelerde uygulanabilir,
- Enerji ihtiyacı düşüktür,
- Askıda büyüyen sistemlerden daha az çamur üretir,
- Çamur, sıkı ve ağır olduğu için, daha kolay çökelir,
- Kalifiye eleman ihtiyacı ve ekipman ihtiyacı orta seviyededir.
- İşletme maliyetleri çok düşüktür.

Damlatmalı Filtrenin Dezavantajları:

- Sıkı deşarj limitleri söz konusu olduğunda, ilave arıtma gerekli olabilir,
- Biyolojik çamurun arıtılması gereklidir,
- Dikkat gerektiren bir prosestir,
- Tıkanma sorunu gerçekleşebilir,
- Filtre malzemesine bağlı olarak, düşük yüklerde tercih edilir,
- Aktif çamur süreci ile kıyaslandığında, esnekliği ve kontrolü sınırlıdır,
- Döner dağıtıcı kolların bakım masrafları yüksektir, bakım gerektiğinde kolların tamamen sökülmesi gerekir,
- Sinek ve koku oluşumu sorunu vardır,
- Spesifik filtre malzemeleri yerel pazarda bulunamayabilir,
- İlk yatırım maliyeti (dolgu malzemesine bağlı olarak) yüksektir.



Üstü Kapalı Olarak İnşa Edilmiş Bir Damlatmalı Filtre

Biyolojik büyümenin hareket etmeyen sabit bir ortamda gerçekleştiği ve çamur geri devir işleminin yapılmadığı süreçlerdir. Ön çökeltme ünitesinden geçen atıksu, filtre yüzeyini kaplayan bakteri tabakasından geçerken adsorbsiyon veya biyota tarafından biyolojik olarak temizlenir. Filtrenin üst kısmında aerobik, orta kısmında fakültatif, alt kısmında anaerobik ortamlar vardır.

Max. Büyüme, hidrolik yükleme hızı, filtre ortamı tipi, organik maddenin cinsi, nutrient miktarı, sıcaklık ve biyolojik büyümenin kontrolü ile yapılır.

• D.F de suyun geri çevrimi sonucu;

1- Hidrolik yükleme hızının arttırılması, tesise min. atıksu debisi gelmesi durumunda, filtre ortamının sürekli olarak ıslak kalmasını ve biyolojik film tabakasının kurumamasını sağlar.

2- Yüksek hidrolik yükleme hızı, artan kesme kuvveti etkisi ile aşırı kalın film tabakalarının koparılmasını ve sonuçta filtrenin tıkanmamasını sağlar.

D.F de yaşanan işletme sorunlarından birisi; aşırı alg üremesi ile ortam boşluklarını tıkaması ve koku sorunu yapmasıdır.

Düşük hızlı D.F de nitrifikasyon gerçekleşir. Büyük tesisler için çok kademeli D.F sistemleri gerekli olabilir. İlk kademe, karbonlu maddelerin büyük bir kısmının giderilmesi amacıyla, “yüksek hızlı” veya plastik ortamlı “kaba arıtım sağlayan” filtre şeklinde düzenlenebilir. İkinci kademe ise, “düşük hızlı” filtre olarak teşkil edilebilir. Bu durumda gerçekleşecek olan nitrifikasyon ile (organik azotun nitrata dönüştürülmesi), alıcı ortamda oksijen tüketimine neden olunmayacaktır. (nitratın azot gazına indirgenmesi) ünitesi kullanılabilir.

- Yüksek ve süper hızlı D.F. lerin çoğunda geri çevrim vardır.
- D.F ler sıcaklığa oldukça duyarlıdır. Yaz ve kış sıcaklık değerleri arasında büyük fark olan bölgelerde inşa edilen D.F lerin arıtma verimi büyük değişim gösterir.
- D.F ler özellikle yüksek kirlilik içeren endüstriyel atıksuların ön arıtımında uygundur. Fakat yüksek oranda çözünmüş organik madde içeren endüstriyel atıksuların arıtımında pek kullanılmaz.
- D.F nin verimini etkileyen faktörler:
 - 1- Atıksu bileşeni
 - 2- Atıksuyun arıtılabilirliği
 - 3- Ön arıtma gereksinimi
 - 4- D.F ortamının tipi
 - 5- Hidrolik ve organik yükleme hızları
 - 6- Hava sirkülasyonu
 - 7- Sıcaklık

- Atıksu debilerindeki salınımları sönümlmek için;
 - 1- Giriş suyu ve geri çevrim debisini değiştirmek için pompaj yapılması
 - 2- Sürecin önüne dengeleme havuzu inşa edilmesi
 - 3- Atıksuyun niteliğindeki salınımları azaltmak için geri çevrimin yapılması

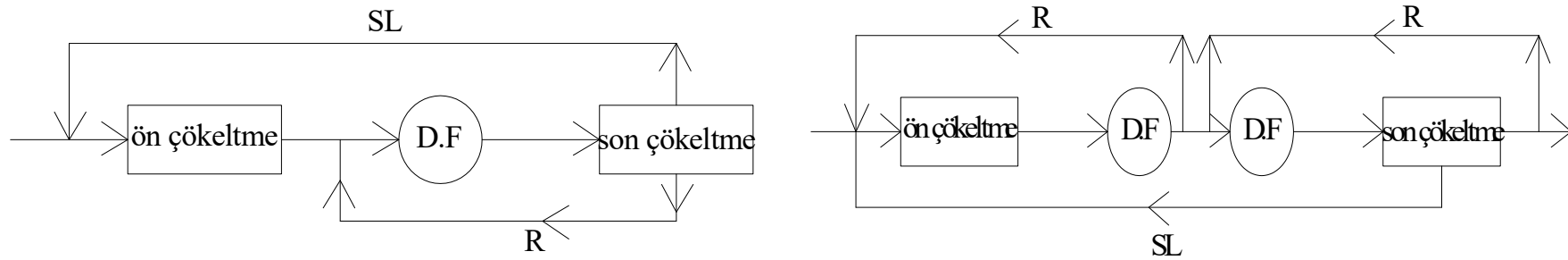
Filtre ortamının tıkanması sorununu ortadan kaldırmak amacı ile ön arıtım yapılması uygun olur. Ön arıtım doğrudan sürecin verimini etkiler.

D.F de yüksek birim yüzey alanı birim hacim içerisinde daha fazla biyolojik film tutunmasına neden olur. Büyük boşluk oranı da, daha fazla hava sirkülasyonuna olanak tanır. Plastik dolgu malzemesi kullanıldığında diğerlerine göre daha yüksek hidrolik ve organik yükleme hızları uygulanabilir.

Düşük hızlı D.F ler genelde 1,5 - 2,1m derinlikte inşa edilirler. Yüksek hızlılarınsı ise 0,9 – 1,8m arasındadır.

Sentetik ortamlı filtrelerin arıtma verimi, kaya ortamlıya göre derinliğe daha duyarlıdır. Süper hızlı D.F lerin derinliklerinin seçilmesi en önemli tasarım kriteridir.

D.F lerde geri çevrim, düşük hızlı D.F de BOI giderme verimini artırır. Yüksek hızlı D.F de ise filtre ortamını kurumaktan koruduğu için önemlidir.



Geri çevrimin BOI giderme verimini artırma nedenleri;

- 1- Geri çevrilen filtre çıkış suyundaki organik maddeler, biyolojik ortam ile defalarca temas ettirilir. Ve verim artar.
- 2- Geri çevrim çok kirli atıksuların seyrelmesine neden olur.
- 3- Ön çökeltmeye uygulanırsa köpük oluşmaz. Son çökeltmeden ön çökeltmeye uygulanan çamur geri çevrimi, çamur hacmini azaltır ve çıkış suyundaki oksijen miktarının düşmesine engel olur.
- 4- Geri çevrim uygulanan debinin tüm filtreye eşit olarak dağılmasını ve filtrenin tıkanmasını önler.

Plastik dolgu ortamına sahip filtrelerde uygulanan geri çevrimin amacı, sürekli bir min. ıslanma hızının eldesine yöneliktir. Süper hızlı filtrelerde hem ıslanma hızının eldesi hem de hidrolik ve organik yüklemelerde ki salınımları sönmölemek içindir.

Yaz ve kış aylarındaki D.F verimleri arasında önemli farklar vardır. Filtreye uygulanan geri çevrim kış ayları süresince soğutucu etki yaptığından arıtma verimini düşürür.

Temelinde, organik madde ile dolgu ortamı arasındaki temas süresinin filtre boyutuna ve suyun filtreden geçiş sayısına bağlı olduğu yatmaktadır. Verim doğrudan temas süresi ve yükleme hızına bağlıdır.

Düşük hızlı D.F de ototrofik nitrifikasyon bakterilerinin daha çok gelişmesinden dolayı çıkış suyunda daha fazla nitratın bulunmasına neden olur. Yüksek hızlıda ise ph, yükleme hızı ve sıcaklığa bağımlı olarak nitrifikasyon gerçekleşebilir.

Soğuk iklimin olduğu bölgelerde nitrifikasyon için iki kademeli filtrasyon yapılmalı.

Filtrenin tıkanmasının nedenleri;

1- Çok küçük ve yeterli miktarda üniform olmayan filtre dolgu malzemesinin kullanılması.

2- Hidrolik yüke kıyasla daha fazla organik yükün filtreye gelmesi.

• Filtre tıkanmasını engellemek için;

1- Yatak yüzeyini basınçlı su ile yıkamak.

2- Döner kolu tıkalı kısmın üzerinde durdurarak bol miktarda atıksu ile yıkamak

3- Haftada birkaç defa, birkaç saat süre ile filtreye giren suya klor vermek.

4- Filtrenin kurummasını sağlamak için filtre birkaç gün süre ile devre dışı bırakılır.

5- Yatağın en az 24 saat süre ile su altında tutmak.

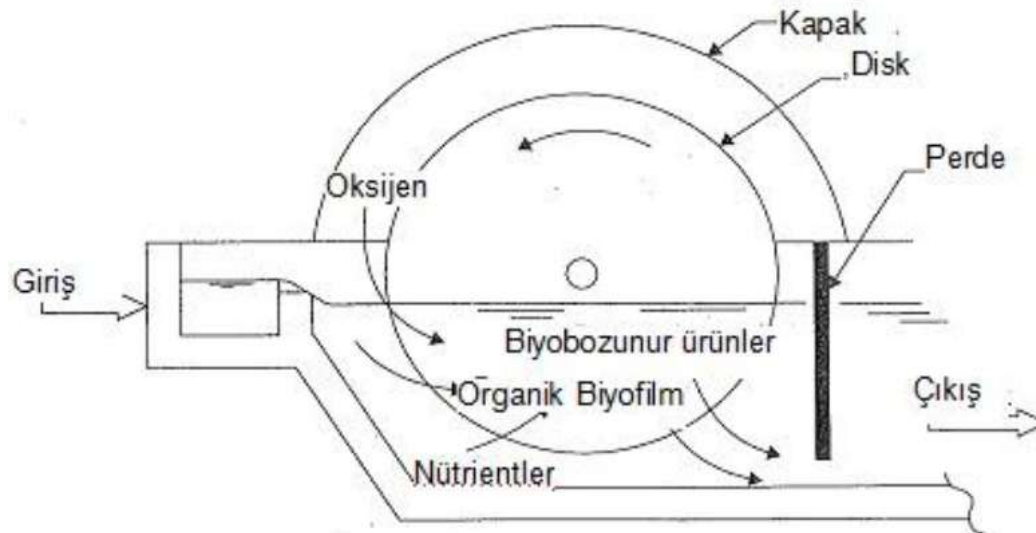
Döner Biyodiskler (RBC)

Döner biyodisk üniteleri daha çok küçük yerleşim merkezlerinin evsel atıksularının arıtımında kullanılmakla beraber, bazı durumlarda düşük devirli endüstriyel atıksulardan BOI gideriminde de kullanılabilir. Bu sistemler plastikten yapılan 2-3 m çapında, 2-3 cm kalınlığında disklerden oluşur. Diskler bir şaft üzerine birbirine paralel olarak yerleştirilir ve şaft bir motor yardımı ile döndürülür. Atıksu, uzun ve sığ tankların içine konur ve diskler atıksu içinde %40-50 oranında batık şekilde döndürülür (2-10 devir/dakika). Mikroorganizmalar disk üzerinde biyofilm oluşturacak şekilde büyürler ve atıksudaki organik bileşikler biyofilm içine damlatmalı filtrelerde olduğu gibi adsorplanır ve biyolojik reaksiyon meydana gelir. Mikroorganizmalar oksijen gereksinimini diskin dönüşü sırasında hava ile temas ederek sağlarlar. Kalın biyoimler substrat difüzyon limitlerine yol açtığı için; çok ince biyoimler de daha az etkin oldukları tercih edilmezler. Sistem için önerilen optimum biyofilm kalınlığı 2-3 mm'dir.

Dönen biyolojik reaktörler, bir betonarme veya çelik konstrüksiyon tank içerisinde yer alan, bir yatay şafta monte edilmiş büyük çaplı veya diğer tür bir malzemedan yapılmış dairesel plakalardan ibarettir. Plakaların atıksu içerisinde geçerken oluşturduğu kesme kuvveti ve gittikçe büyümüş biyomas filminin alt tabakalarındaki organizmalar için azalan besi maddesi ve oksijen nedeni ile meydana gelen ölümler kopmalara neden olur. Böylelikle plakalar üzerinde kalınlığı daima sabit kalan bir organizma topluluğu oluşur. Kopan katıların tank içerisinde çökmemesi için gerekli karışım dönme etkisi ile sağlanır. B.D ler birbirlerine seri bağlanmalı böylece verim artacaktır. 13 °C nin altındaki sıcaklıklarda verim düşmektedir. Ayrıca B.D lerin dönme hızı önemli bir tasarım kriteridir. BOI ve Nitrifikasyon gerçekleştirmek için önerilen dönme hızı, 0,3m/sn dir.

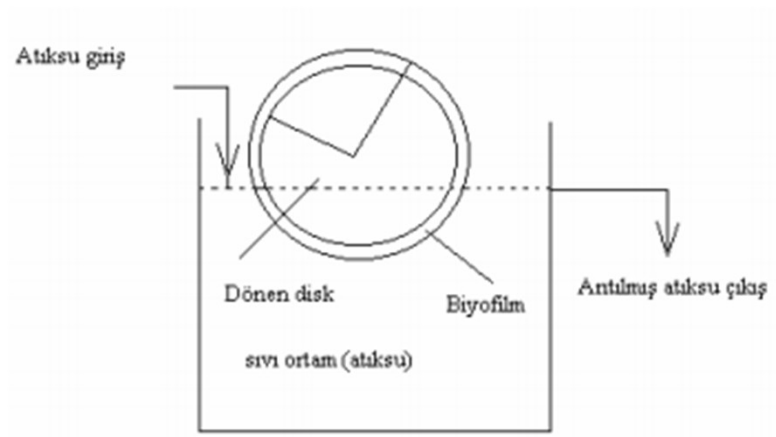
Dönen plakalar;

- 1- Çok büyük miktarda yüzeyde tutulu organizma büyümesini
- 2- Biyomas ile atıksu arasında gerekli temasın
- 3- Atıksuyun verimli bir şekilde havalandırılmasını
- 4- Aşırı biyomasın ortamdan uzaklaştırılmasını
- 5- Kopan katıların çökelememesi için gerekli karışımı sağlar



Şekil Döner Biyodisk en kesiti ve bileşenleri (WEF, 2011)

- Döner biyodisk proseslerde, çok sayıda dairesel plastik disk, merkezi bir şaft üzerine bağlıdır.
- Diskler suya batıktır (%40-80 oranında) ve tank içinde dönerek atıksuyun arıtılmasını sağlarlar.
- Disklere bağlı olan mikroorganizmalar arıtmadan sorumludurlar.
- Oksijen, diskin atıksu dışında dönen kısmı vasıtasıyla atmosferden adsorbe edilerek sağlanır.
- Bazı dizaynlarda disklerin döndürülmesi ve oksijen sağlanması için, diskler hava tutucu hücreler ile teçhiz edilir.
- Bazı durumlarda hava, tankın tabanından da verilir.
- RBC'ler kokunun biyolojik olarak arıtımında da etkilidir.



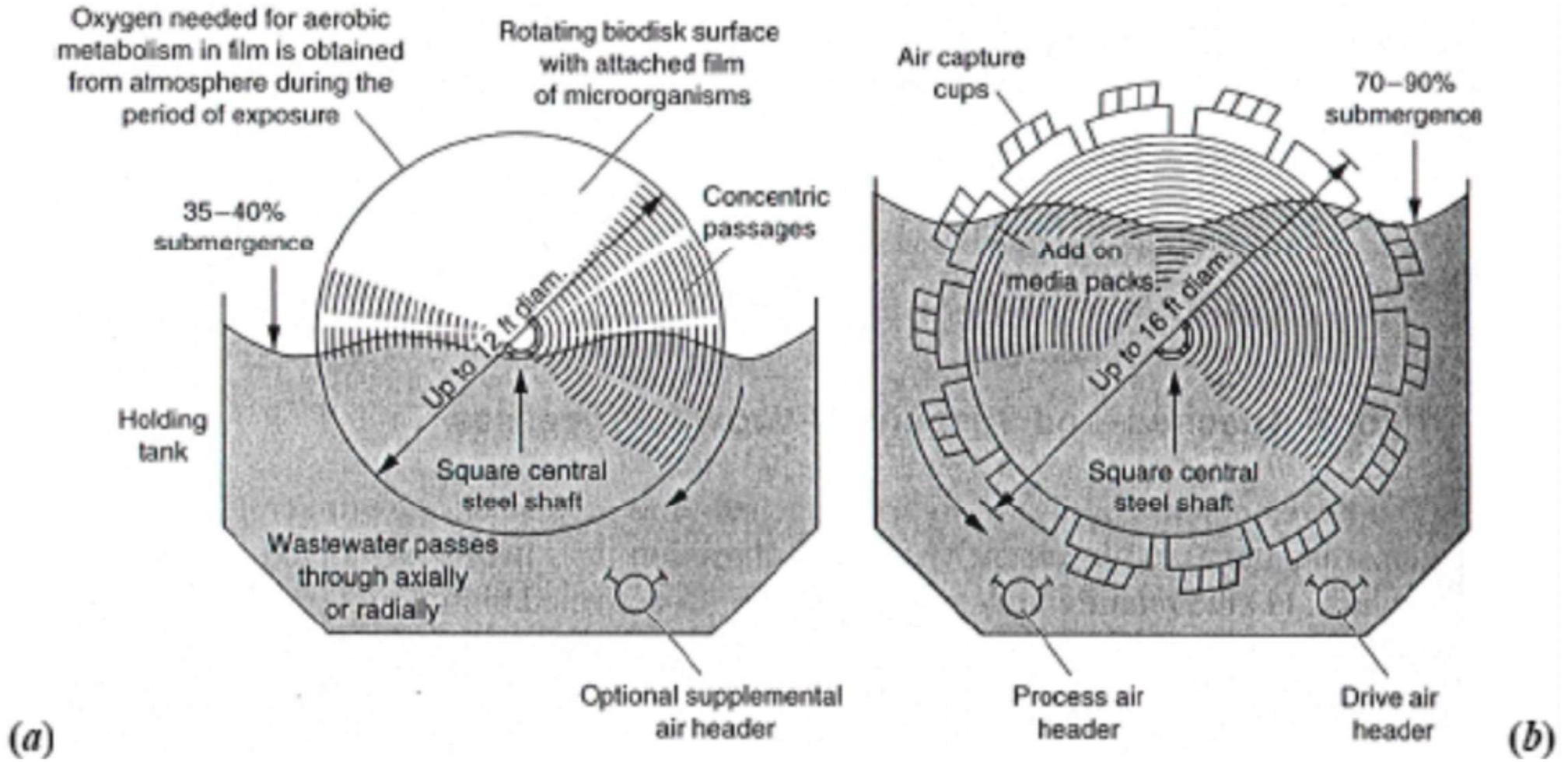
Tablo 1. Döner biyodisk için Tipik tasarım kriterleri (1).

Parametreler	Arıtım Seviyesi		
	İkinci Kademe	Birlikte Nitrifikasyon	Ayrı Nitrifikasyon
Hidrolik yük, $m^3/m^2.g$	0,08-0,16	0,03-0,08	0,04-0,1
Organik yükler			
kgÇBOI ₅ /m ² .g ^a	0,004-0,01	0,002-0,007	0,0005-0,0015
kgTBOI ₅ / m ² .g ^b	0,01-0,017	0,007-0,015	0,001-0,003
Birinci adımda max.yükleme			
kgÇBOI ₅ /m ² .g ^a	0,02-0,03	0,02-0,03	-
kgTBOI ₅ / m ² .g ^b	0,04-0,06	0,04-0,06	-
NH ₃ yükü, kg/m ² .g	-	0,0007-0,0015	0,001-0,002
Hidrolik kalış süresi,Θ,saat	0,7-1,5	1,5-4	1,2-2,9
Çıkış BOI ₅ , mg/l	15-30	7-15	7-15
Çıkış NH ₃ ,mg/l	-	<2	1-2

^a ÇBOI₅ = Çözünmüş BOI₅

^b T BOI₅ = Toplam BOI₅

Döner biyodisk ünitelerinin enerji gereksinimi 3m'lik diskler için 75 W/m (30 adet x 3m), 2 m'lik diskler için 50 W/m (35 adet x 2m) dir. Çıkış suyu BOI'si istenen seviyede değil ise geri devir uygulanabilir. Arıtma sonucu yaklaşık olarak 0,8-1,2 kg çamur/kg BOI oluşur.



Döner biyodisk:

- (a) mekanik döndürücülü ve isteğe bağlı hava girişi sağlayan klasik tip,
(b) hava hücreleri bulunan ve ilave havalandırmaya sahip batmış tip.

Biyodiklerin Avantajları

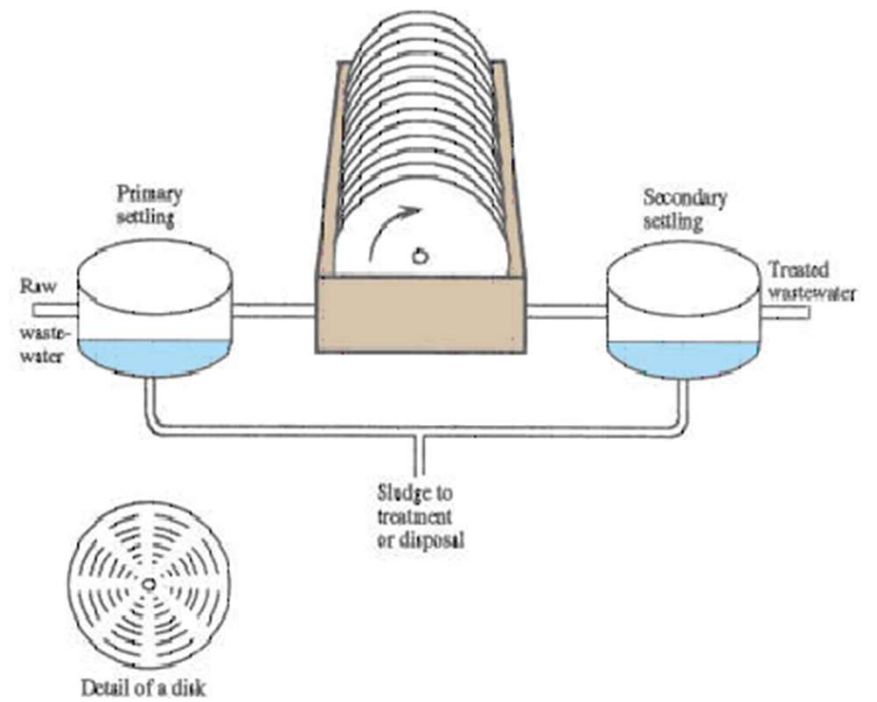
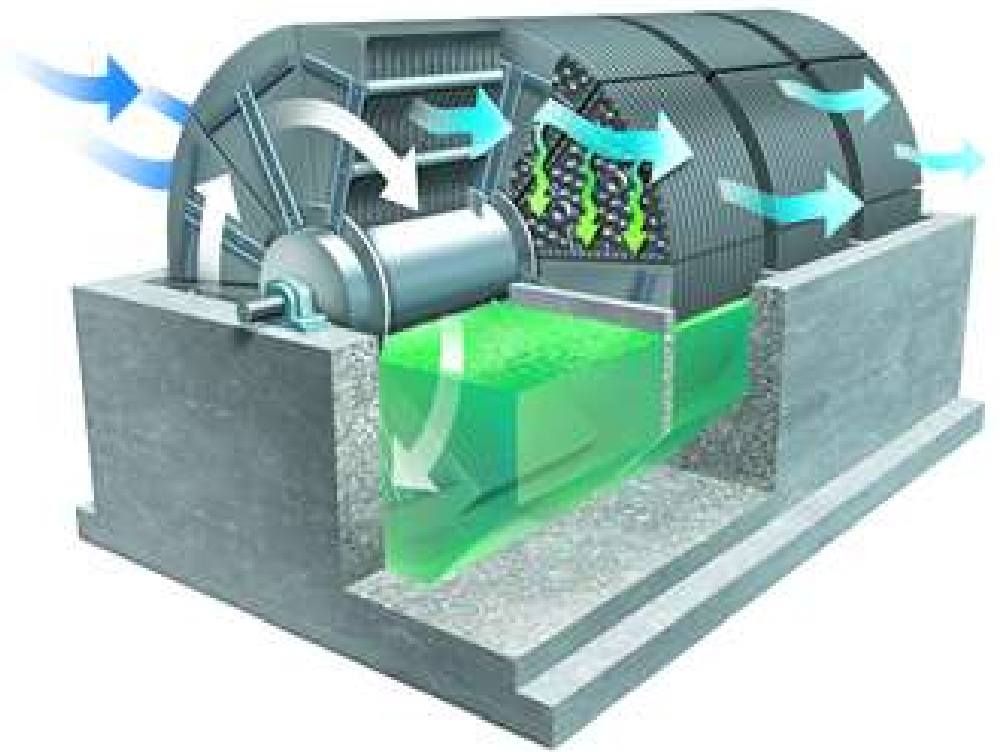
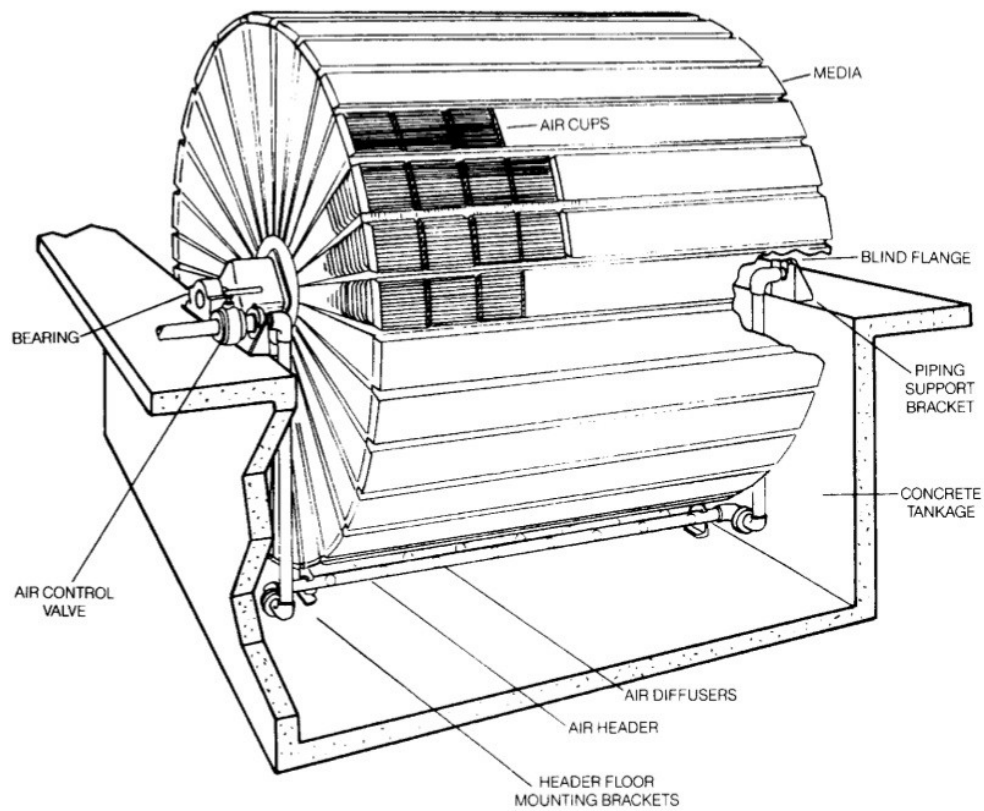
- Kısa temas süresi ve yüksek çıkış suyu kalitesi (hem BOİ hem de nütrientlerde)
- Stabil bir süreçtir, hidrolik ve organik şok yüklemelere dayanıklıdır,
- Alan ihtiyacı küçüktür,
- Çökeltmiş atık çamurun su verme özellikleri iyidir,
- Havalandırmalı sistemlere kıyasla, sessiz bir süreçtir,
- Kanal oluşumu riski yoktur,
- Çamur oluşumu düşüktür.

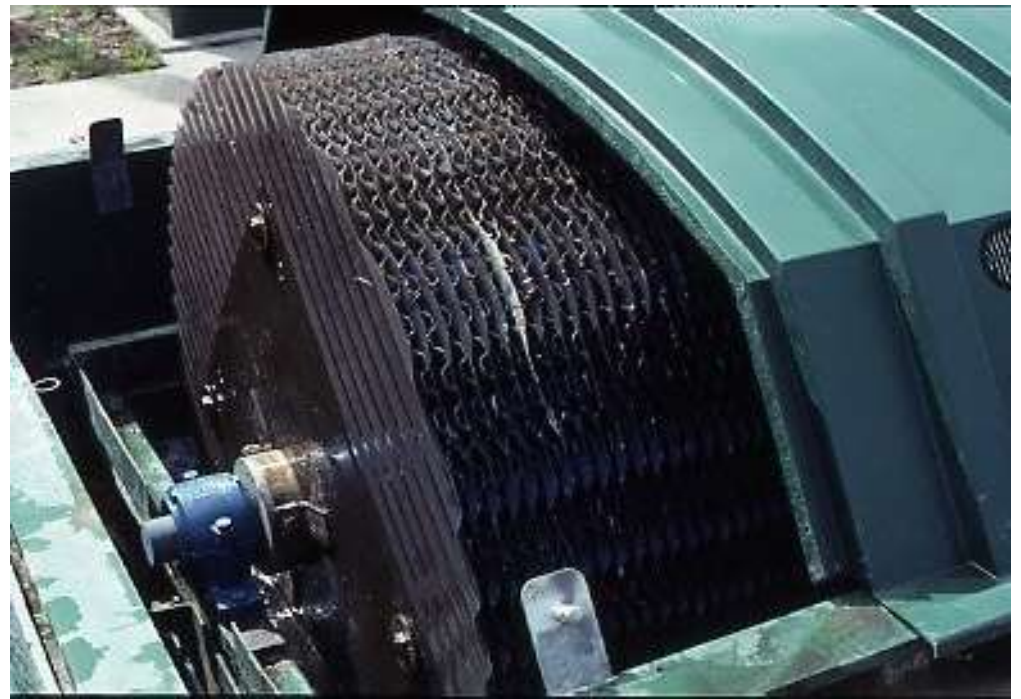
Biyodiklerin Dezavantajları

- Filtrenin döndürülmesi için elektriğe ihtiyaç vardır,
- Filtre malzemesi yerel pazardan temin edilemeyebilir,
- İlk yatırım maliyeti ve işletme masrafları yüksektir,
- Güneş ışığı, yağmur, rüzgar ve donmaya karşı korunmalıdır,
- Koku sorunu oluşabilir,
- Kalifiye eleman ihtiyacı vardır.

Biyodisk Sistemlerde Verime Etki Eden Faktörler

- a) Dönme hızı,
- b) Atıksuyun alıkonma zamanı,
- c) Safhalama,
- d) Sıcaklık,
- e) Diskin batmış bölümü (Echenfelder 2000).





YÜKSEK HIZLI DAMLATMALI FİLTRE TASARIMI

Tasarımda giriş BOİ₅ değerinin %30'unun mekanik arıtma ünitelerinde giderildiği varsayılmıştır. Damlatmalı filtre ünitelerine gelen BOİ₅ miktarı;

Giriş BOİ₅ konsantrasyonu (S₀) = 238 mg/L

Çıkış BOİ₅ konsantrasyonu (S_e) = 20 mg/L

Damlatmalı filtreye giriş BOİ₅ konsantrasyonu (S) = 238 (1 - 0,30) = 166,6 mg/L

Toplam Verim (E_T) = [(166,6 - 20)/166,6] · 100 = % 88

Tasarım, NRC (National Research Council)'e göre yapılacaktır.

Geri dönüş oranı, R = 3 seçilmiştir (R = 0,5 - 3,0). Atıksuyun BOİ değerinin çok yüksek olmaması ve ikinci kademenin maliyetinin yüksek olması sebebiyle tek kademeli filtre öngörülmüştür.

$$E_1 = \frac{1}{1 + 0,443 \times \left(\frac{L}{V \times F} \right)^{1/2}}$$

Burada,

E₁: Birinci kademe filtre ve çökeltim havuzu BOİ₅ giderme verimi,

L : Birinci kademedeki filtreye resikülasyon hariç BOİ₅ yükü (kg/gün),

V : Filtre kademesinin hacmi (m³),

F : Geri devir faktörüdür.

$$F = \frac{1 + R}{(1 + 0,1 \times R)^2}$$

Tasarım ortalama debiye göre yapılacaktır. 2038 yılı Q_{ORT}, 1,46 m³/s'dir.

$$Q_{ORT} = 1,46 \text{ m}^3/\text{sn} = 5256 \text{ m}^3/\text{saat} = 126144 \text{ m}^3/\text{gün}$$

Toplam verim, E = %88

$$\text{Geri devir faktörü, } F = \frac{1 + 3}{(1 + 0,1 \times 3)^2} = 2,37$$

$$\text{BOI}_5 \text{ yükü} = 0,1666 \text{ kg/m}^3 \times 126144 \text{ m}^3/\text{gün} = 21015,59 \text{ kg/gün}$$

Filtre Hacmi;

$$0,88 = \frac{1}{1 + 0,443 \times \left(\frac{21015,59}{V \times 2,37} \right)^{1/2}} \Rightarrow V = 93584 \text{ m}^3$$

Filtre yatak yüksekliği, (h=0.9 – 2.4 m)

h = 2.4 m seçilmiştir.

$$\text{Toplam yüzey alanı, } A_T = \frac{93584}{2,4} = 38993 \text{ m}^2$$

YHY = 10 – 30 m³/gün.m² arasında olmalıdır.

$$YHY = \frac{Q \times (1 + R)}{A_T} \Rightarrow YHY = \frac{1,46 \times (1 + 3)}{38993} \times 86400 = 12,94 \text{ m}^3/\text{gün.m}^2$$

D = 39 m seçilmiştir (< 40 m olmalıdır). Buna göre,

Buna göre her bir havuz alanı;

$$A = \frac{\pi \times D^2}{4} = \frac{\pi \times 39^2}{4} = 1195 \text{ m}^2$$

$$\text{Havuz sayısı, } n = \frac{38993}{1195} \cong 33 \text{ adet havuz}$$

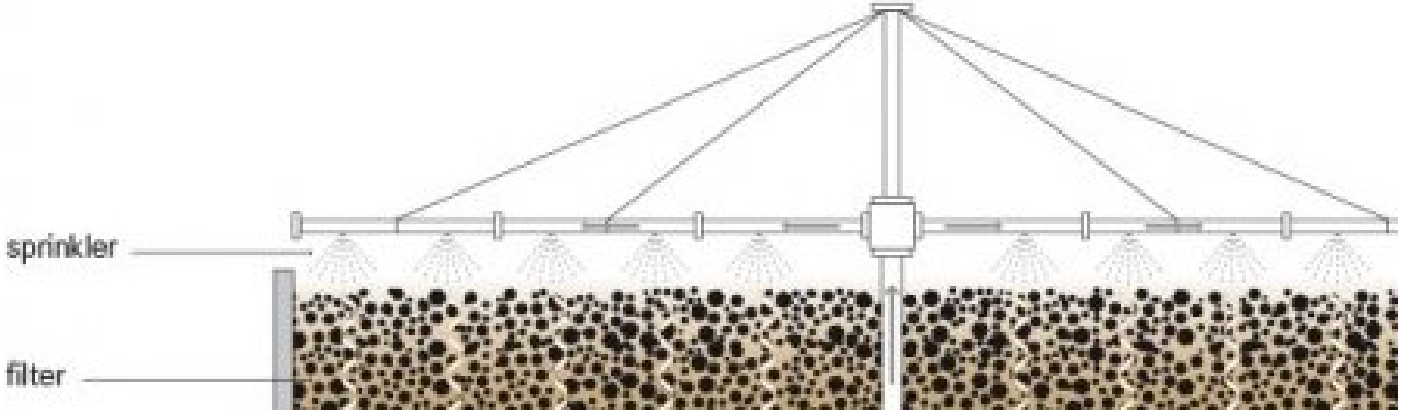
2038 yılında 39 m çaplı 33 adet damlatmalı filtre teşkil edilecektir.

Hacimsel Organik yükleme, HOY;

$$HOY = \frac{S_0 \times Q + R \times Q \times S_e}{V}, \text{ (HOY = 0,3 – 1 kg/m}^3 \text{ gün arasında olmalıdır.)}$$

$$\text{Havuz Başına düşen debi, } Q = \frac{126144}{33} = 3822,5 \text{ m}^3/\text{gün}$$

$$HOY = \frac{0,1666 \times 3822,5 + 3 \times 3822,5 \times 0,02}{\frac{93584}{33}} = 0,31 \text{ kg BOI}_5 / \text{m}^3 \cdot \text{gün}$$



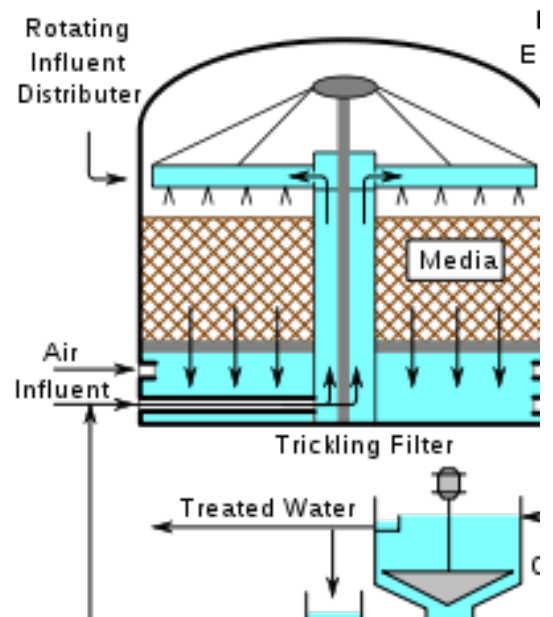
Plastik Dolgu Malzemeli DF



Taş Dolgu Malzemeli DF



Plastik Dolgu Malzemesinin Yerleştirilmesi



SORU 2: Plastik dolgulu bir damlatmalı filtrenin çapı ve derinliği sırası ile 10m ve 6,1 olup aşağıda özellikleri verilen ön çökteltme uygulanmış evsel atıksular arıtılmaktadır. (a) Hacimsel BOI ve TKN yüklerini bulunuz. (b) Özgül TKN yükü ne kadardır. (c) T=20 C'deki takribi BOI giderim verimi ne kadardır. (d) Bu şartlarda nitrifikasyon olması beklenirmi. Ön çökteltme çıkışı özellikler:

Parametre	Değeri
Q (m ³ /gün)	4.000
BOI (mg/L)	120
AKM (mg/L)	80
TKN (mg/L)	25

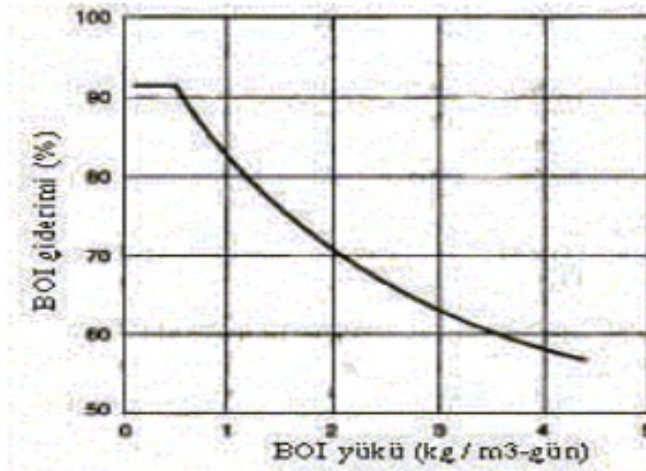
a) Hacimsel yüklerin hesabı:

$$V = \frac{\pi \times 10^2}{4} \times 6,1 = 479 \text{ m}^3$$

$$L_{BOI} = \frac{Q \times S_0}{V} = \frac{4.000 \times 0,120}{479} = 1 \text{ kg BOI/m}^3 \text{ gün}$$

$$L_{TKN} = \frac{4.000 \times 0,025}{479} = 0,21 \text{ kg TKN/m}^3 \text{ gün}$$

b) $L_{BOI}=1 \text{ kg BOI/m}^3 \text{ gün}$, T=20°C de plastik dolgulu D.F'lerin beklenen verimi aşağıdaki grafikten ~%82 olarak bulunur.



c) $L_{BOI}=1 \text{ kg/m}^3 \text{ gün} > 0,3$ olduğunda nitrifikasyon gerçekleşemez.

d) Plastik dolgu malzemesi özgül yüzeyi $S_a=90 \text{ m}^2/\text{m}^3$ alınarak özgül TKN yükü,

$$\frac{4.000 \times 0,025}{90 \times 479} = 2,3 \text{ g TKN/m}^2 \text{-g}$$

Bir kasabanın ön çökeltme uygulanmış (BOI = 200 mg/L) evsel atıksuları iki kademeli taş dolgulu damlatmalı filtre sisteminde arıtılacaktır. Filtre çıkış suyundaki BOI ≤ 25 mg/L olacaktır. Her iki filtrenin derinliği 1,83 m ve geri devir oranı 2 olduğuna göre gerekli filtre çaplarını bulunuz. (Debi = 7.570 m³/gün, T=20°C, filtre BOI giderme verimleri E₁=E₂ alınacaktır)

Çözüm:

- 1 Gerekli filtre verimlerinin hesabı:

$$E_{top} = \frac{200 - 25}{200} = 0,875$$

$$E_1 + (1 - E_1) \times E_2 = 0,875$$

$$E_1 = E_2 \cong 0,65$$

- 2 Geri devir faktörü:

NRC formülüne göre,

$$F = \frac{1 + R}{(1 + R/10)^2} = \frac{1 + 2}{(1 + 2/10)^2} = 2,08$$

- 3 İlk filtrenin BOI yükü:

$$W_1 = Q \times S_0 = 7.570 \times 0,200 = 1.514 \text{ kg BOI/gün}$$

- 4 İlk filtrenin hacmi:

$$E_1 = \frac{100}{1 + 0,4432 \times \sqrt{\frac{W_1}{V \times F}}} \quad (\text{NRC formülü})$$

$$0,65 = \frac{100}{1 + 0,4432 \times \sqrt{\frac{1.514}{V \times 2,08}}} \rightarrow V = 476 \text{ m}^3$$

$$V = A \times H \rightarrow A = \frac{476}{1,83} = 260 \text{ m}^2 \quad (D \approx 18,0 \text{ m})$$

- 5 İkinci kademe filtrenin BOI yükü:

$$W_2 = (1 - E_1) \times W_1 = (1 - 0,65) \times 1.514 = 530 \text{ kg BOI/gün}$$

- 6 İkinci filtrenin hacmi, benzer yolla:

$$V = 1.345 \text{ m}^3, \quad A = 735 \text{ m}^2, \quad D = 31 \text{ m}$$

İnşaat kolaylığı bakımından, hidrolik yük sınırı aşılmamak üzere bu tür filtrelerin eşit çaplı yapımı voluna gidilir. Ancak bu durumda BOI giderim verimleri eşit olmayacaktır.

SON ÇÖKELTİM HAVUZU

Aktif Çamur Son Çökeltme Havuzları

	Klasik Aktif Çamur	Uzun Havalandırma
Ort. Yüzey Yüğü	: 0,68 – 1,2 m ³ /m ² saat	0,33 – 0,68 m ³ /m ² saat
Max. Yüzey Yüğü	: 1,7 – 2,7 m ³ /m ² saat	1 – 1,3 m ³ /m ² saat
Ort.Katı Madde Yüğü:	4 – 6 kg AKM/m ² saat	1 – 5 kg AKM/m ² saat

Bekletme Süresi (t) : $V / Q \geq 3,5$ sa

Derinlik (H) : 3 – 5 metre

SON ÇÖKELTİM HAVUZU TASARIMI

Son çökeltim havuzları, havalandırma havuzlarında teşekkül eden biyokütlenin çöktürülmesi amacıyla yapılır. Son çökeltim havuzu hesapları daire planlı, merkezden beslenen tipte yapılmıştır.

2035 Yılı İçin: $Q_{\max} = 1645 \text{ m}^3/\text{sa}$ ve $Q_r = 707 \text{ m}^3/\text{sa}$

S_o (yüzeysel hidrolik yükü) = $Q/A = 0,7 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{sa}$ seçildi ($0,6 - 0,9 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{sa}$).

$$A = \frac{Q_{\max}}{S_o} = \frac{1645}{0,7} = 2350 \text{ m}^2$$

S_s (Çamura bağlı yüzey yükü) = $\frac{Q_T \times M \times SVI}{A} = 0,4 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{sa}$ seçildi ($< 0,45 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{sa}$).

M: MLSS konsantrasyonu ($\text{kg MLSS}/\text{m}^3$), SVI: Çamur hacim indeksi ($\text{m}^3/\text{kg MLSS}$).

$$Q_T = Q_h + Q_r = 1645 + 707 = 2352 \text{ m}^3/\text{sa}$$

SVI: 100 mg/L kabul edildi.

$$A = \frac{Q \times M \times SVI}{S_s} = \frac{2352 \times 3 \times 100 \times 10^{-3}}{0,4} = 1764 \text{ m}^2$$

$2350 \text{ m}^2 > 1764 \text{ m}^2$ olduğundan hesaplamalarda S_o 'a bağlı alan 2350 m^2 boyutlandırma esas alınmıştır.

Bekleme müddeti $t = 3,5 \text{ sa}$ olarak seçilmiştir. Buna göre havuz hacmi;

$$V = Q_h \times t = 1645 \text{ m}^3/\text{sa} \times 3,5 \text{ sa} = 5757,5 \text{ m}^3$$

2 havuz inşa edilecektir. Buna göre bir havuzun yüzey alanı;

$$A_1 = 2350 \text{ m}^2 / 2 = 1175 \text{ m}^2 \quad D_i = \sqrt{\frac{4 \times 1175}{\pi}} = 38,6 \text{ m}$$

Min. derinlik $2,5 - 5 \text{ m}$ aralığından $H_{\min} = 2,5 \text{ m}$ seçildi. $D = 38,6 \text{ m}$ için havuzlarının toplam hacmi;

$$V_T = 2 \text{ havuz} \times (2,5 \times \pi \times \frac{38,6^2}{4}) = 5851 \text{ m}^3 > 5757,5 \text{ m}^3 \text{ olduğu için uygundur.}$$

Her bir havuzun hacmi ise, $V = 2925,5 \text{ m}^3$ 'dür.

Q_{\max} için t kontrolü: $t = V_T / Q_h = 5851 \text{ m}^3 / 1645 \text{ m}^3/\text{sa} \approx 3,5 \text{ sa}$

Q_{ort} için t kontrolü: $t = V_T / Q_{\text{ort}} = 5851 \text{ m}^3 / 1250 \text{ m}^3/\text{sa} \approx 4,7 \text{ sa}$

Q_{\min} için t kontrolü: $t = V_T / Q_{\min} = 5851 \text{ m}^3 / 890 \text{ m}^3/\text{sa} \approx 6,5 \text{ sa}$

2050 Yılı İçin: $Q_{\max} = 2250 \text{ m}^3/\text{sa}$ ve $Q_r = 907 \text{ m}^3/\text{sa}$

S_o kontrol edilir. $S_o = Q_{\max}/A = 2250 \text{ m}^3/\text{sa} / 1175 \text{ m}^2 = 1,91 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{sa}$ **uygun değildir.**

2050 yılında bir ek havuz daha yapılması ve toplam 3 havuz olması planlanmıştır. Buna göre,

S_o kontrol edilir. $S_o = (Q_{\max}/3) / A = (2250 \text{ m}^3/\text{sa} / 3) / 1175 \text{ m}^2 = 0,63 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{sa}$ **uygundur.**

Çamura bağlı yüzey yükü de kontrol edilirse;

$Q_T = (Q_h + Q_r)_{2050} = 2250 + 907 = 3157 \text{ m}^3/\text{sa}$. Üç havuzun birine gelen debi ise, $1052 \text{ m}^3/\text{sa}$ 'dir.

$$S_s = \frac{Q \times M \times SVI}{A} = \frac{1052 \times 3 \times 100 \times 10^{-3}}{1175} = 0,27 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{sa} (<0,45 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{sa} \text{ **uygundur.**})$$

$H_{\min} = 2,5 \text{ m}$ ve $V = 2925,5 \text{ m}^3$ 'dür.

Hidrolik alıkonma süreleri kontrol edilir,

Q_{\max} için t kontrolü: $t = V_T / Q_h = 2925,5 \text{ m}^3 / (2250 \text{ m}^3/\text{sa} / 3) \approx 3,9 \text{ sa}$

Q_{ort} için t kontrolü: $t = V_T / Q_{\text{ort}} = 2925,5 \text{ m}^3 / (1855 \text{ m}^3/\text{sa} / 3) \approx 4,7 \text{ sa}$

Q_{\min} için t kontrolü: $t = V_T / Q_{\min} = 2925,5 \text{ m}^3 / (1470 \text{ m}^3/\text{sa} / 3) \approx 5,9 \text{ sa}$

2040 yılı için inşa edilecek çöktürme havuzları ile aynı ölçülerde bir havuz da ilave yapılacaktır. Böylece 2050 yılında toplamda 3 havuz asil olarak hizmet verecektir.

Çamur Çöktürme Çukuru

2035 Yılı İçin Çamur Miktarının Hesabı

$$\Delta S = h \times S_0 - i \times h \times S_0$$

$$\Delta X = [(1 - k) \times X_0 - X_e + \Delta S \times Y] \times 10^{-3} \times Q_{\max}$$

ΔS : Havalandırma havuzunda giderilen BOİ₅ miktarı (= $S_0 - S_{\text{çıkış}} = 238 \text{ mg/L} - 20 \text{ mg/L}$),

S_0 : Giriş BOİ₅ konsantrasyonu, (kg/gün) [238 mg/L alınmıştır],

ΔX : Biyolojik faaliyet ile üretilen net katı madde miktarı (biyokütle) (kg/saat),

X_0 : Giriş süspanse katı madde konsantrasyonu (kg/gün) [317 mg/L alınmıştır],

h : Ön çökeltimde giderilemeyen BOİ₅ yüzdesi (%70),
i : Aktif Çamur ünitelerinde giderilemeyen BOİ₅ yüzdesi (%10),
Xe: Ünite çıkışı süspans katı madde konsantrasyonu [22 mg/L alınmıştır],
k : Ön çökeltimde giderilen giriş süspans katı madde miktarı (X₀) (kg/gün),
j : Çürütmede giderilemeyen katı madde yüzdesi,
Y: Verim ($\Delta X / \Delta S$). Aktif çamur prosesi için 0,5 alınır,
Katı madde içeriği % 2 ve çamurun özgül ağırlığı, 1,020 kabul edilmiştir.

Son çökeltim havuzunda giderilen katı madde miktarı,
 $(1 - k) \cdot X_0 = (1 - 0,6) \cdot 317 \text{ mg/L} = 126,8 \text{ mg/L}$
 $\Delta S = h \cdot S_0 - i \cdot h \cdot S_0 = 0,7 \cdot 238 - 0,1 \cdot 0,7 \cdot 238 = 150 \text{ mg/L}$
 $\Delta X = (126,8 - 22 + 150 \cdot 0,5) \cdot 10^{-3} \cdot 1645 \text{ m}^3/\text{sa} \cdot 24 \text{ sa/gün} = 7098 \text{ kg/gün}$
 $V_{\text{Çamur}} = \Delta X / \text{KM} \cdot \gamma_{\text{Çamur}} = (7098 \text{ kg/gün}) / 0,02 \cdot 1,020 \cdot 1000 \approx 348 \text{ m}^3/\text{gün}$

2035 yılında 2 havuz olacağı için, $348 \text{ m}^3/\text{gün} / 2 = 174 \text{ m}^3/\text{gün}$

6 saatte bir, yani günde 4 kez çamur çekimi yapılırsa,
Çamur toplama haznesi hacmi = $174 \text{ m}^3/\text{gün} / 4 = 43,5 \text{ m}^3$

Dairesel prizma kesitli çamur toplama haznesi yapılırsa;

$$V = \frac{\pi \times h}{12} \times (D^2 + D \cdot d + d^2)$$

D (üst çap) = 5 m, d (alt çap) = 2 m, h (derinlik) = 3 m

$$V = \frac{\pi \times 3}{12} \times (5^2 + (5 \times 2) + 2^2) = 45,75 \text{ m}^3 > 43,5 \text{ m}^3 \text{ olduğu için uygundur.}$$

2050 Yılı İçin Çamur Miktarının Hesabı

Son çökeltim havuzunda giderilen katı madde miktarı,
 $(1 - k) \cdot X_0 = (1 - 0,6) \cdot 317 \text{ mg/L} = 126,8 \text{ mg/L}$
 $\Delta S = h \cdot S_0 - i \cdot h \cdot S_0 = 0,7 \cdot 238 - 0,1 \cdot 0,7 \cdot 238 = 150 \text{ mg/L}$

$$\Delta X = (126,8 - 22 + 150 \cdot 0,5) \cdot 10^{-3} \cdot 2250 \text{ m}^3/\text{sa} \cdot 24 \text{ sa/gün} = 9709,2 \text{ kg/gün}$$

$$V_{\text{Çamur}} = \Delta X / \text{KM} \cdot \gamma_{\text{Çamur}} = (9709,2 \text{ kg/gün}) / 0,02 \cdot 1,020 \cdot 1000 \approx 475,9 \text{ m}^3/\text{gün}$$

$$2040 \text{ yılında } 3 \text{ havuz olacağı için, } 475,9 \text{ m}^3/\text{gün} / 3 = 158,4 \text{ m}^3/\text{gün}$$

Çamur toplama haznesi hacmi, 45,75 m³ idi. Buna göre,

$$158,4 \text{ m}^3/\text{gün} / 45,75 \text{ m}^3 = 3,4 \text{ gün}^{-1}$$

Günde en az 3,4 kez çamur tahliyesi yapılmalıdır. 6 saatte bir çamur tahliyesinin yapılması uygundur.

Giriş Yapısı Hesabı, 2035 Yılı İçin,

Giriş yapısında, Stengel tipi giriş yapısı inşa edilecektir.

$$Q_T = Q_h + Q_r = 1645 + 707 = 2352 \text{ m}^3/\text{sa}$$

Havuz başına max. toplam debi = 1176 m³/sa (2 havuz var)

Giriş borusundaki akım hızı, 0,2 < V < 1,2 m/s olmalıdır. V = 1 m/s seçilmiştir. Buna göre giriş borusu çapı,

Q = V · A ‘dan, D = 0,57 m bulunur. Bu çapta standart boru olmayacağından, D = 0,6 m için V kontrol edilirse, V = 1,1 m/s uygundur.

Kule, havuz çapının % 10’u boyutlarında olacaktır. Bu durumda, d = 38,6 m / 10 ≈ 3,8 m olacaktır.

Havuz başına max. toplam debi = 1176 m³/sa, Q = V · A ‘dan,

Buna göre, giriş kulesindeki akım hızı, V = 0,028 m/s < 0,08 m/s olduğu için uygundur.

Kuleden tank hacmine giriş, orifisler ile yapılacaktır. Orifislerde akım hızı 0,15 – 0,3 m/s aralığında olmalıdır. Orifislerdeki hız, V = 0,3 m/s ve orifis çapı 30 cm seçilirse, gerekli orifis sayısı (n),

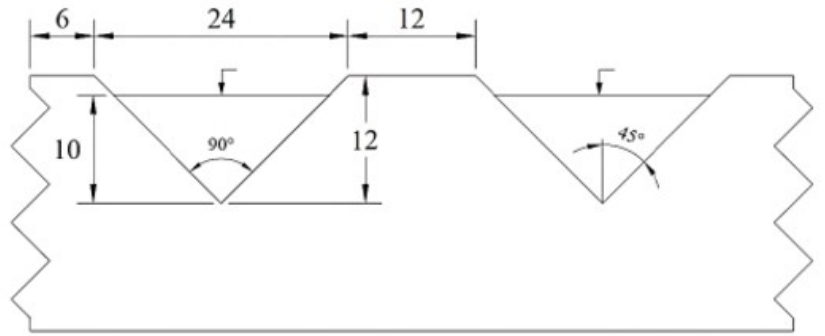
$$Q / n = V \cdot A \text{ ‘dan, } n = 0,326 \text{ m}^3/\text{s} / [(\pi \cdot 0,30^2 / 4) \cdot 0,3] \approx 15 \text{ adet orifis gereklidir.}$$

2050 Yılı İçin Giriş Yapısı Hesabı

Giriş borusu, kule ve orifislerde 2035 yılı için belirlenen çaplarda 2050 yılı debisi için hız kontrolleri yapılır.

Çıkış Yapısının Tasarımı, 2035 Yılı İçin

Durgun su toplama savakları, 90° “V” çentikli ayarlanabilir savaklardan teşkil edilmiştir.



Havuzda teşkil edilen 90°, aralıklı “V” çentik sayısı;

Havuzda teşkil edilecek olan savak sayısı,

$$\text{Havuz çevresi} = \pi \cdot D = \pi \cdot 38,6 \text{ m} \approx 121,3 \text{ m}$$

İki üçgen savak arası mesafe, 36 cm'dir. Savak sayısı, $121,3 \text{ m} / 0,36 \text{ m} \approx 337$ adettir.

$$Q_{\max} = 1645 \text{ m}^3/\text{sa} = 0,46 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Maksimum birim savak debisi, } q = (Q_{\max} / 2) / 337 = (0,46 \text{ m}^3/\text{s} / 2) / 337 = 6,8 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$q = C_e \times \frac{8}{15} \times \tan \alpha \times (2g)^{1/2} \times H^{5/2}$$

q : Birim diğ için debi

H : Ölçülen su yüksekliği

Ce : Savak katsayısı

$$C_e = 0,565 + 0,0087 \times H^{1/2}$$

h = 8,5 cm için Ce = 0,59 bulunur.

Buna göre savak üstü yüksekliği,

$$6,8 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s} = 0,59 \cdot 8/15 \cdot \tan 45 \cdot (2 \cdot 9,81)^{1/2} \cdot H^{5/2}$$

$$H \approx 0,04 \text{ m} \approx 4 \text{ cm}$$

Savak yükü, q_s ,

$$q_s = (Q / 2) / \text{Savak Uzunluğu} = (1645 \text{ m}^3/\text{sa} / 2) / 121,3 \text{ m} \approx 6,78 \text{ m}^3/\text{m sa} \approx 162,7 \text{ m}^3/\text{m gün}$$

$162,7 \text{ m}^3/\text{m gün} < 250 \text{ m}^3/\text{m gün}$ olduğu için uygundur.

Çıkış Yapısının Tasarımı Kontrolü, 2050 Yılı İçin

$$Q_{\max} = 2250 \text{ m}^3/\text{sa} = 0,625 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Maksimum birim savak debisi, } q = (Q_{\max} / 2) / 337 = (0,625 \text{ m}^3/\text{s} / 2) / 337 \approx 9,3 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

Buna göre savak üstü yüksekliği ($C_e = 0,59$),

$$9,3 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s} = 0,59 \cdot 8/15 \cdot \tan 45 \cdot (2 \cdot 9,81)^{1/2} \cdot H^{5/2}$$

$$H \approx 0,05 \text{ m} \approx 5 \text{ cm}$$

Savak yükü, q_s ,

$$q_s = (Q / 2) / \text{Savak Sayısı} = (2250 \text{ m}^3/\text{sa} / 3) / 121,3 \text{ m} \approx 6,78 \text{ m}^3/\text{m sa} \approx 148,4 \text{ m}^3/\text{m gün}$$

$148,4 \text{ m}^3/\text{m gün} < 250 \text{ m}^3/\text{m gün}$ olduğu için uygundur.

Çıkış Kanalının Tasarımı, 2035 Yılı İçin

$$A = (B)(h) = (2h)(h) = 2h^2 \quad B = 2h$$

$$R = \frac{(B)(h)}{2h + B} = \frac{(2h)(h)}{2h + 2h} = \frac{2h^2}{4h} = \frac{h}{2}$$

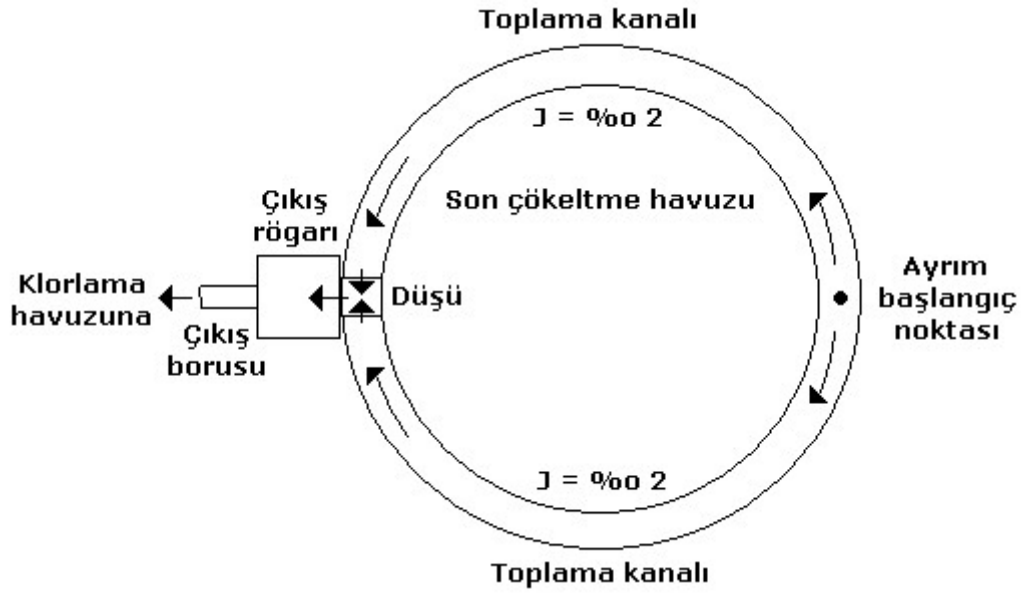
$$V = \left(\frac{1}{n}\right) (R^{2/3}) (J^{1/2}) = \left(\frac{1}{n}\right) \left(\frac{h}{2}\right)^{2/3} (J^{1/2})$$

$$Q = \left[\left(\frac{1}{n}\right) \left(\frac{h}{2}\right)^{2/3} (J^{1/2}) \right] (2h^2)$$

$$n = 0.013$$

$$J = 0.002$$

$$Q = \left(\frac{1}{n}\right) (J^{1/2}) \left(\frac{1}{2}\right)^{2/3} (h)^{2/3} (2h^2)$$



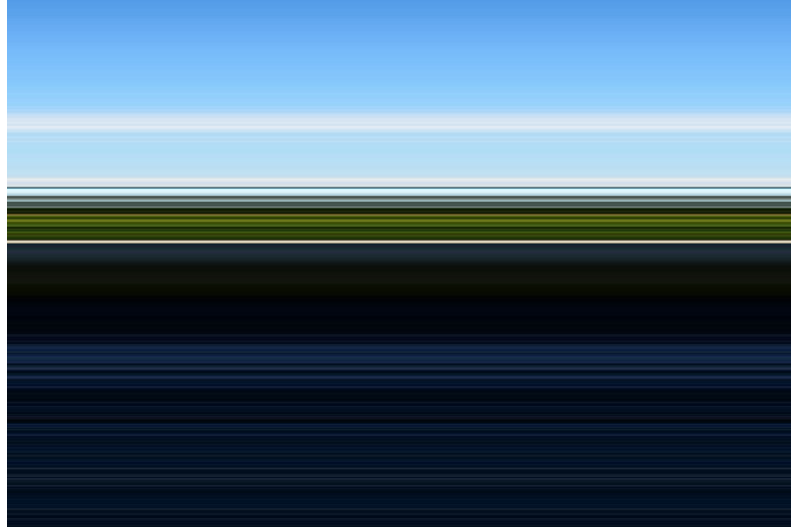
Manning formülünde, yukarıda şekilde gösterildiği gibi, kanal bir başlangıç noktası esas alınırsa çift taraftan beslendiği için kanalı boyutlandırma hesaplarında debinin yarısı dikkate alınacaktır.

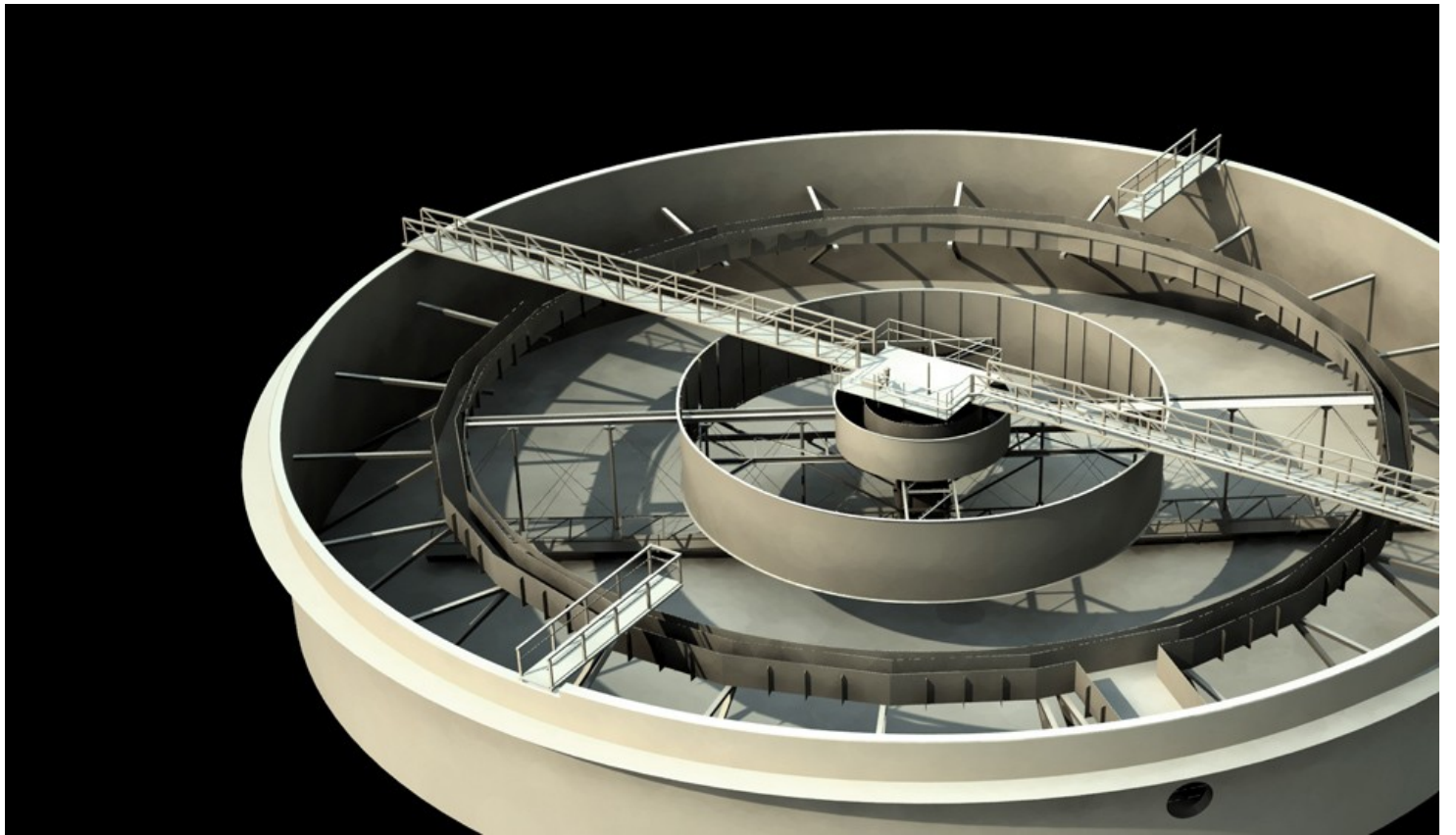
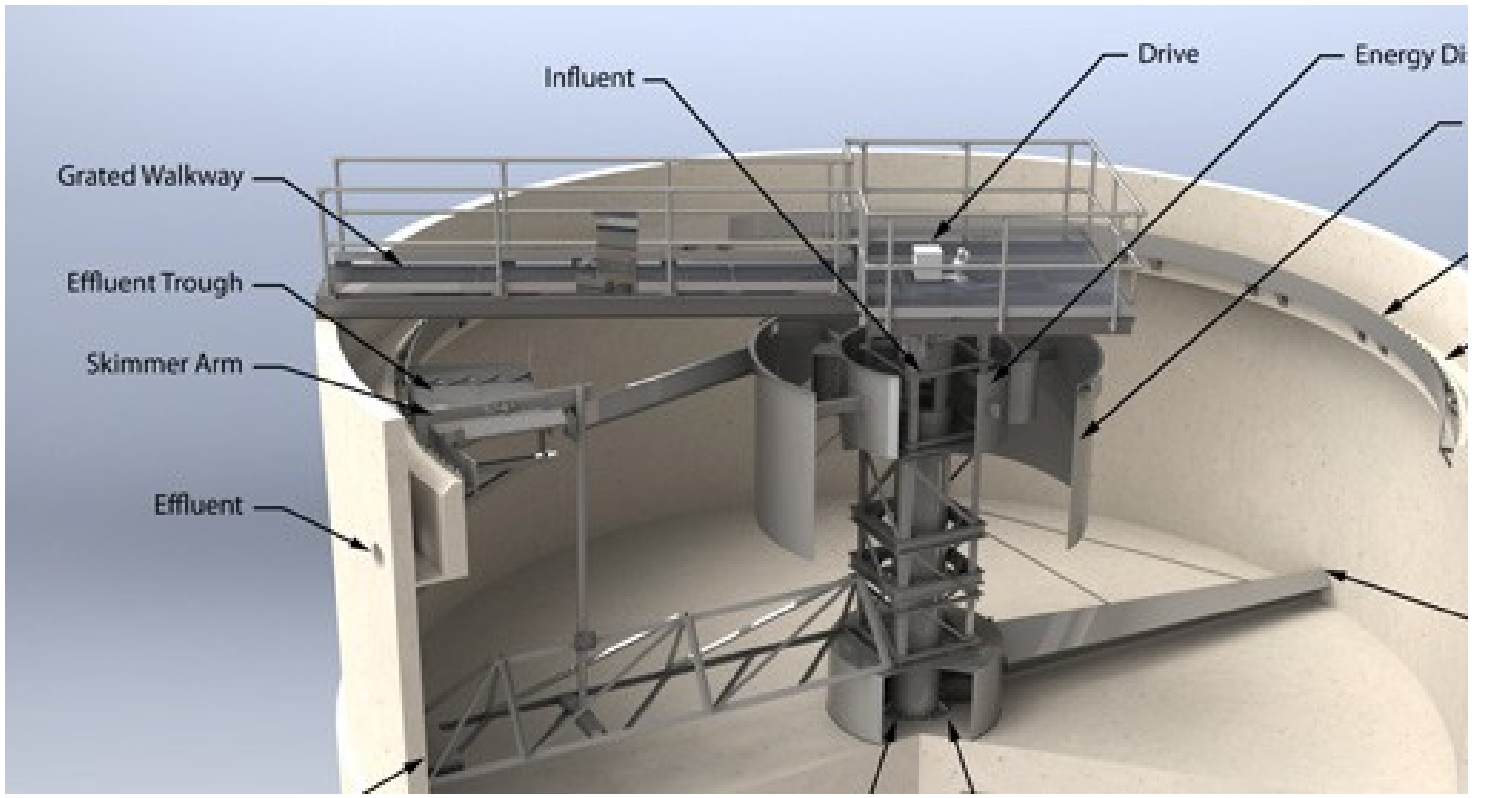
2035 yılı için kanal boyutlandırılması yapılacak, 2050 yılı için hız kontrolü yapılacaktır.

Üniteden savaklarla alınan ve toplama kanalına alınan su, boruyla çıkartılacaktır. Boru çapı, $Q = V \cdot A$ formülü ile hesaplanacaktır.

Beton kalınlıkları 30 cm olarak alınacaktır.

Son Çökeltme Havuzu Fotoğrafları





DEZENFEKSİYON

Giriş

Evsel atıksular biyolojik ve ileri arıtma sistemleriyle arıtıldıktan sonra bile yüksek miktarda patojen (bakteri, virüs, parazit) mikroorganizma içermektedirler. Bu yüzden, arıtılmış atıksular dezenfekte edildikten sonra alıcı ortama deşarj edilmelidir. Atıksuların dezenfekte edildikten sonra deşarj edilebileceği veya kullanılabilirliği durumlar şunlardır (ATV – M 205E, 1998):

- Dinlenme ve yüzme amaçlı olarak kullanılan sular,
- Kabuklu su ürünleri faaliyetlerinin yürütüldüğü sular,
- Arıtıldıktan sonra, ürünle temaslı veya temassız, tarımsal sulama yöntemleri öncesinde,
- Arıtıldıktan sonra proses suyu olarak yeniden kullanım durumlarında,
- İçme suyu temininde kullanılan kaynaklara deşarj öncesinde

Dezenfeksiyon seviyesi, ulusal yönetmeliklerle tespit edilir. Türkiye’de atıksuların alıcı ortama deşarj edilmeden önce dezenfeksiyonunu gerektiren veya sınırlayan yönetmelikler ve tebliğler vardır. Bunlar aşağıda verilmiştir:

- Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (Rekreasyon Amacıyla Kullanılan Kıyı ve Deniz Sularının Sağlaması Gereken Standart Değerler, Derin Deniz Deşarjları İçin Uygulanacak Kriterler),
- Yüzme Suyu Kalitesi Yönetmeliği,
- Teknik Usuller Tebliği (Arıtılmış Atıksuların Sulamada Kullanılması Kriterleri)

Atıksuların arıtıldıktan sonraki dezenfeksiyonunda, aşağıdaki iki muhtemel mekanizma rol oynamaktadır:

- Mikroorganizmaların, çoğalmalarının engellenmesi suretiyle etkisiz hâle getirilmesi,
- Mikroorganizmaların, etkisiz hâle getirilmeksizin çıkış suyundan ayrılması (filtrasyon ile olduğu gibi)

Mikroorganizmaları etkisiz hale getirerek atıksuyun dezenfekte edildiği yöntemler şunlardır:

- Kızılötesi (UV) ışınması,
- Klorlama,
- Ozonlama

Bu yöntemlerin yanında mikroorganizmaları kademeli olarak azalttığı için, atıksu dezenfeksiyonunda kullanılan diğer yaygın prosesler ise şunlardır:

- Membran filtrasyonu,
- Stabilizasyon veya olgunlaştırma havuzları

Dezenfeksiyon yöntemine karar verme ve planlama aşamasında aşağıdaki hususlar dikkate alınmalıdır:

- Gerekli dezenfeksiyon seviyesi,
- Dezenfeksiyon prosesinin kararlılığı ve verimliliği,
- Dezenfeksiyon prosesinin teknolojik seviyesi,
- Gu venlik ile ilgili hususlar,
- Çevresel etkiler (Örneğin çıkış sularının kalitesine dair etkiler (BOİ₅, KOİ, AKM), dezenfeksiyon yan ürünlerinin zararlı etkileri, toksik veya biyolojik olarak biriken yan ürünler),
- Enerji ihtiyaçları

Atıksu Dezenfeksiyonun Esasları

Atıksu dezenfeksiyonu, atıksu içeriğindeki bütün mikroorganizmaların yok edilmesi veya devre dışı bırakılmasından ziyade, patojen mikroorganizma sayısının atıksu veya çamur arıtımı için belirlenen belli bir değerin altına düşürülmesi veya aktivitesinin azaltılmasıdır.

Sterilizasyon ise tüm mikroorganizmaların imha edilmesi ya da ortadan kaldırılmasıdır (ATV - M 205E, 1998). Dezenfeksiyon türünün seçimi, atıksu özelliklerine (özellikle askıda, çözülmüş organik ve oksitlenebilir maddeler, pH değeri, sıcaklık) ve arıtılmış atıksuyun kullanımına bağlı olarak izin verilen patojen mikroorganizma sayısına bağlıdır. Mikroorganizmaların dezenfeksiyon ile tamamen imha veya aktivitesinin bozulması temelde aşağıdaki faktörlerden etkilenmektedir:

- Atıksuyun organik yükü, askıda katı madde ve bulanıklık değerleri,
- Başlangıç konsantrasyonu, mikroorganizmaların tipi ve özellikleri,
- Dezenfektan veya dezenfeksiyon işleminin türü ve özellikleri,
- Dezenfektan konsantrasyonu veya reaksiyon süresi

Kimyasal dezenfeksiyonda, konsantrasyon ve reaksiyon süresi, UV ile dezenfeksiyonda ise UV ışınının şiddeti ve bekletme süresi önemlidir. En kritik husus, her parçacığın atıksu ile aynı yoğunluk ve aynı reaksiyon süresi ile muamele ediliyor olmasıdır.

Mikroorganizmaların ayrılması için kullanılan membran filtrasyonunda ise basınç ve gözenek boyutu önemlidir. Atıksu dezenfeksiyonu için fekal indikatör olarak kullanılan bazı bakteri türleri vardır. Bunlar aşağıda verilmiştir:

- (Toplam) Koliform bakteri yalnızca sıcakkanlı memelilerin bağırsaklarından kaynaklanmadığı için fekal kirliliğin sadece bir göstergesidir.
- Fekal koliform bakteri veya Escherichia coli (E. coli), genellikle sadece sıcakkanlı memelilerin bağırsaklarında olduğundan bir fekal kirlilik doğrulamasıdır.
- Fekal kirliliğin doğrulaması olan bir diğer bakteri türü de Fekal Enterococcus 'dur.

Dezenfeksiyon için kullanılan prosesin verimini belirlemek için dezenfeksiyon prosesi öncesi ve sonrasında indikatör organizma sayısı belirlenir. Verim genellikle Log giderme verimi cinsinden ifade edilir.

Göller ve Nehirlere Deşarj Edilen Artılmış Atıksu Deşarjlarının Sağlık Etkileri

Bulaşıcı hastalıklar atıksu ile yayılabilir. Atıksuda oluşan bazı patojenler ve bulaşıcı hastalıkları ile ortaya çıkaran enfeksiyon tehlikeleri Tablo 1’de listelenmiştir. Patojenlerin varlığı kesin hastalık göstergesi değildir. Bulaşıcı bir hastalık oluşumu;

- Mikroorganizma sayısına,
- Patojenik hastalık oluşturma derecesine,
- Alıcının direnç veya sağlığına bağlıdır.

Tablo 1. Doğrudan veya dolaylı olarak, atıksu ile hastalıklara neden olabilen bazı insan ve hayvan patojenleri (ATV - M 205E, 1998)

	<i>Patojen ajan tipi</i>	<i>Hastalıklar</i>
Virüsler	<i>Çocuk felci virüsleri</i>	<i>Menenjit,</i> <i>Çocuk felci</i>
	<i>Coc sackievirus A, B</i>	<i>Menenjit egzema</i>
	<i>ECHO virüsleri</i>	<i>Menenjit, ishal</i>
	<i>Hepatit A</i>	<i>Epidemik hepatit</i>
Bakteri	<i>Salmonella typhi</i>	<i>Tifüs</i>
	<i>Enterik salmonella i.a.</i>	<i>Enterik salmonella</i>
	<i>Shigella sp</i>	<i>Bakteriyel dizanteriye</i>
	<i>Enteropatojenik</i>	
	<i>Escherichia coli</i>	<i>Enterit, enterotoksin</i>
	<i>Yersinia türleri</i>	<i>Enterit</i>
	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	<i>Dermatit, otitis</i>
	<i>Vibrio cholerae</i>	<i>Enterit</i>
	<i>Campylobacter jejuni</i>	<i>Leptospiroz</i>
	<i>Leptospira türleri</i>	<i>Listeryozis</i>
	<i>Listeria monocytogenes</i>	<i>Tularaemia</i>
	<i>Francisella tularensis</i>	<i>Şarbon</i>
	<i>Bacillus anthracis</i>	<i>Botulizm,</i>
	<i>Clostridium botulinum</i>	<i>Gazlı kangren</i>
<i>Mycobacterium türleri</i>	<i>Cilt ülserasyon tüberküloz</i>	
<i>Chlamydia trachomatis</i>	<i>Konjonktivit, trahom</i>	
Protozoa	<i>Entamoeba histolytica</i>	<i>Amipli Dizanteri</i>
	<i>Giardia lamblia</i>	<i>Lambliasis</i>
	<i>Cryptosporidium türleri</i>	<i>Cryptosporidosis</i>
Solucanlar	<i>Ascaris lumbricoides</i>	<i>Ascariids</i>
	<i>Tenya türleri</i>	<i>Şerit solucanlar</i>

Atıksu Dezenfeksiyon Yöntemleri

Atıksu dezenfeksiyonu için geliştirilmiş kimyasal ve fiziksel bazı çeşitli yöntemler bulunmaktadır. En önemlileri şunlardır:

Fiziksel yöntemler: Isıl arıtma, UV ışınımı, membran filtrasyonu

Kimyasal yöntemler: Ozonlama, klor, klor bileşikleri ve klordioksit kullanarak klörlama ve hidrojen peroksit uygulanması

Aşağıda, UV ışını, ozonlama ve klörlama ile atıksu dezenfeksiyonu konusu daha detaylı olarak ele alınmıştır.

1. UV Işınımı

UV-C ışınlarının (200-280 nm dalga boyu aralığında) dezenfeksiyon etkisi, içme ve kullanma suyunun dezenfeksiyonunda 20.yy'ın başlarından beri bilinmektedir. 1970'lerin ortalarından beri UV ışınları atıksuların dezenfeksiyonunda daha fazla kullanılmaya başlanmıştır. Aşağıda bu konu daha detaylı olarak ele alınmıştır (ATV - M 205E, 1998).

Genel Esaslar

UV ışınlarının etkinliği, mikroorganizmaların hassasiyetine bağlıdır. Ayrıca, UV ışınlarını absorbe eden maddeler, sudaki katı maddelerin miktarı ve tipi ve atıksuyun hümik asit, demir ve manganez içeriği gibi diğer kimyasal ve fiziksel özelliklerinden de etkilenmektedir.

UV ışınları ile dezenfeksiyonda, mikroorganizma türleri arasında farklılık vardır. UV ışınlarına hassas türler arasında gram-negatif bakteriler (koliform bakteri, salmonella) ve daha az hassas türler arasında ise gram-pozitif bakteriler (staphylococci, enterococci) sayılabilir. Fungi ve sporlar en yüksek UV direncine sahiptirler. Virüslerin direnci gram-pozitif bakteriler ile gram-negatif bakteriler arasındadır. Atıksuyun dezenfekte edilmesi için,

- UV sistemleri aşağıdaki şekilde sınıflandırılabilir:
- UV reaktörünün tipine göre (açık kanal cazibe akışlı sistemleri, kapalı kap sistemleri),
- UV lambalarının tipine göre (düşük basınç veya orta basınç cıva lambaları),
- UV lambalarının konfigürasyonuna göre (kuvars cam kap muhafazalı atıksuya daldırılmış lambalar, temassız sistemler)
- UV sistemleri bir veya daha fazla reaktörden oluşabilir. UV reaktörleri ise seri veya paralel bağlı olabilir.

Guvenli bir dezenfeksiyon ve UV sisteminin verimliliği için, hidrolik tasarım ve UV lambalarının verimliliği çok önemlidir. UV sisteminin hidrolik tasarımında aşağıdaki hususlar sağlanmalıdır:

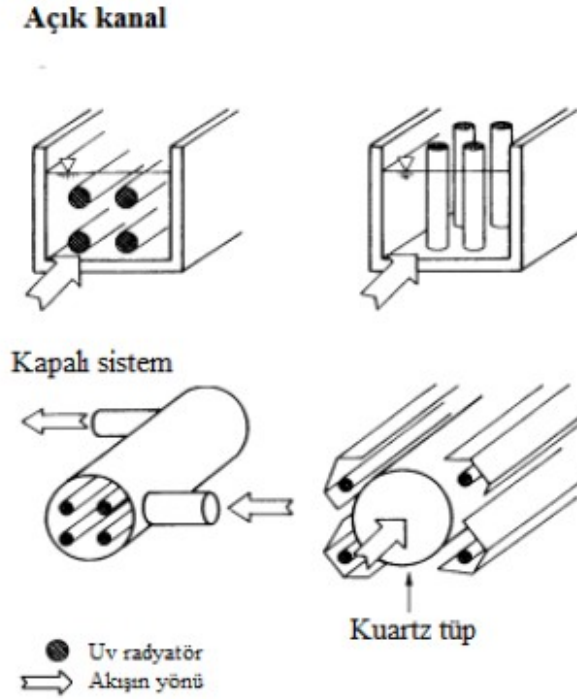
- Dezenfekte edilecek atıksuyun tamamının, UV ışını sistemine girmeden geçmemesi,
- UV reaktörlerinin bütün kesitlerinin ışımaya tabi tutulması (gölgeli alanın olmaması),
- Hidrolik akışın mümkün olduğunca piston akımlı reaktördekine benzer olması,
- Hidrolik akışın mümkün olduğunca dikey karışımı sağlayacak şekilde olması.

Tasarım ve İşletme

Teknik olarak, UV ışınları alçak veya orta basınç cıva buharı lambaları ile üretilmektedir. Uygulamada genellikle daha az enerji gerektirdiği için düşük basınçlı cıva lambaları kullanılmaktadır.

UV ışınından önce atıksu, biyolojik arıtmaya tabi tutulmalı, hava kabarcıklarından arındırılmalı ve düşük katı madde konsantrasyonuna sahip olmalıdır. UV lambaları, kapalı veya açık sistem şeklinde olabilir. Atıksu dezenfeksiyonunda, orta basınçlı cıva lambaları açık kanal sistemleri içerisinde yaygın olarak kullanılır. Kapalı UV sistemleri ise daha çok kullanma suyu elde etme amaçlı olarak kullanılır.

Şekil 1’de, en sık kullanılan, akıntıya paralel yatay yerleştirilmiş düşük basınçlı UV lambalarının açık kanal sistem içerisindeki bir örneği görülmektedir (Şekil 2). 2 ile 30 lamba, ayrılabilir parçalar halinde birbirine paralel olarak yerleştirilir. Çapraz veya dikey olarak yerleştirilen lambaların olduğu tesislerde, hidrolik olarak istenmeyen desteklerin ve ışınımın dengesiz dağıldığı bölgelerin oluşmamasına dikkat edilmelidir. UV lambaları ve açık-kapalı reaktör sistemleri Şekil 1 ve Şekil 2’de verilmiştir.



Şekil 1. UV ışını reaktörlerinin şematik gösterimi (ATV - M 205E, 1998)

UV lambalarının ömrü ve başlatılma prosedürleri, servis süresi sonundaki performansları ve m³ atıksu başına UV sistemi enerji tüketimi, üreticinin teklifinde garanti edilmelidir. Temizleme için gerekli ekipman ve tesisler, tanıtımları, fiyatları ve kullanım prosedürleri ile beklenen temizlik giderleri teklife dahil edilmiş olmalıdır. Sistem kabul edilmeden önce, istenen mikroorganizma giderimi ve mikrobiyolojik değerlendirme doğrulanmalıdır.

Tasarım ve ekipman ile ilgili hususlar aşağıda sıralanmıştır (ATV-M 205E, 1998):

- Debinin 1.000 m³/saat üzerindeki değerlerinde, toplam debinin paralel kanallara dağıtılması tavsiye edilmektedir.
- Sistemler, beklenen hava şartları ve iklim değişikliklerinde her zaman çalışabilir donanıma sahip olmalıdır.
- UV modülleri, özel bir yardım gerektirmeden işletme personeli tarafından yerleştirilip sökülebilecek kapasite ve sağlamlıkta olmalı, suya ve seyreltilmiş asitlere batırılabilir, kurulmuş radyatörleri de hasarlara karşı koruyabilecek nitelikte olmalıdır.
- Kuartz cam tüp muhafazası ve UV lambalarının kurulum, demonte ve elle temizlenme için kolayca ulaşılabilir olmaları gerekir.
- Tüm elektrik kurulum ve bağlantıları kolay ulaşılabilir olmalı, ıslak ve nemli ortamlarda işletme koşullarını sağlamalıdır.
- Lambaların tüpleri, 0,75-1,5 m uzunluğunda ve 1,5-2 cm çapında olabilir.

□ Enerjinin % 35-40'ı ışığa dönüşmektedir. Toplam ışığın % 85'inde 254 nm dalga boyu vardır. Toplam verim, % 35 civarındadır. Tortu oluşumu ve lambaların temizlemesi ile ilgili hususlar aşağıda sıralanmıştır (ATV-M 205E, 1998):

□ Lambaların arızası ve yaşlanmasına ilaveten, işletme sırasında UV radyasyonu seviyelerini düşüren bir başka sebep de kuartz tüp üstünde biriken tortulardır. Tortular atıksuyun özelliklerine bağlı olarak çok değişik türde olabilirler ve fosfor gideriminde kullanılan kimyasalın türünden etkilenebilirler. Bu yüzden tortu birikimi sürekli olarak kontrol edilmelidir. Belirlenen sensör değerinin altında bir durum gözlemlendiğinde, temizleme işlemi başlatılmalıdır ve bu işlemin sıklığı atıksuyun bileşimine göre 14 gün ile 3 ayda bir olabilir.

□ Önceki deneyimler etkili bir temizleme işleminin sadece seyreltilmiş asitle yapılabileceğini göstermektedir. Ultrasonik temizleme sistemlerinin pratikte kullanılması yaygın değildir. Mekanik temizleme sistemleriyle tortu birikmesi geciktirilebilir. Mekanik/kimyasal temizleme sistemleriyle ilgili henüz uzun süreli bir deneyim yaşanmamıştır.

□ Küçük ve orta ölçekli sistemlerin, periyodik kimyasal temizleme, irradyasyon kanallarından UV modüllerinin çıkarılması, bu modülleri 5 veya 10 dakikalığına seyreltilmiş asit içeren tanklara yerleştirme ve son olarak da temizlemek için modülleri suyla yıkayıp, kanaldaki yerlerine yerleştirmek için pratik oldukları kanıtlanmıştır. 100 modülün üstünde olan büyük sistemlerde ise bütün modülleri vinç yardımıyla çıkarıp temizlemek daha kullanışlı olabilir. Her 1000 m³/saat kapasiteye sahip olan modül için toplam temizlik süresi 3 saattir.

Alçak ve orta basınçlı lambaların en önemli karakteristik özellikleri Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Düşük ve orta güçlü lambaların karakteristikleri ve özellikleri (ATV - M 205E, 1998)

Karakteristikleri ve özellikleri	Düşük basınçlı cıva lambaları	Orta basınçlı cıva lambaları
Cıva buharı basıncı [bar]	0,001	1 - 20
Yüzey sıcaklığı [°C]	40 - 100	600 - 900
UV aralığında Radyasyon dalga boyları [nm]	tek renkli 254	geniş bant 200-400
Enerji tüketimi [W]	10 - 500	1000 - 20000
UV-C (200 - 280 nm) aralığında verimi:		
belirtilen elektrik gücü [%],	30 - 40	12 - 15
belirtilen radyatör uzunluğunu [W / cm]	0,2 - 0,7	4 - 15
Ömrü boyunca güç düşüşü [%]	30 - 40	25 - 40
Ömrü [saat]	8000 - 15000	3000 - 8000

UV Işını Yan Etkileri ve Emniyet Tedbirleri

- UV ışını ile ilgili çalışmalarda arıtılmış atıksu üzerinde herhangi bir yan etkiye rastlanmamıştır.
- Ancak, işletme sırasında UV ışınları göz ve deride hasara sebep olabilir.
- Güvenlik önlemlerini göz önüne alarak, UV sistemleri sistemden hiç radyasyon kaçırmayacak şekilde kurulmalıdır.
- UV ışını bölgeleri bu yüzden ışık geçirmez olmalıdır.
- Uygun uyarı işaretleri sistem üstüne açıkça konmalıdır.

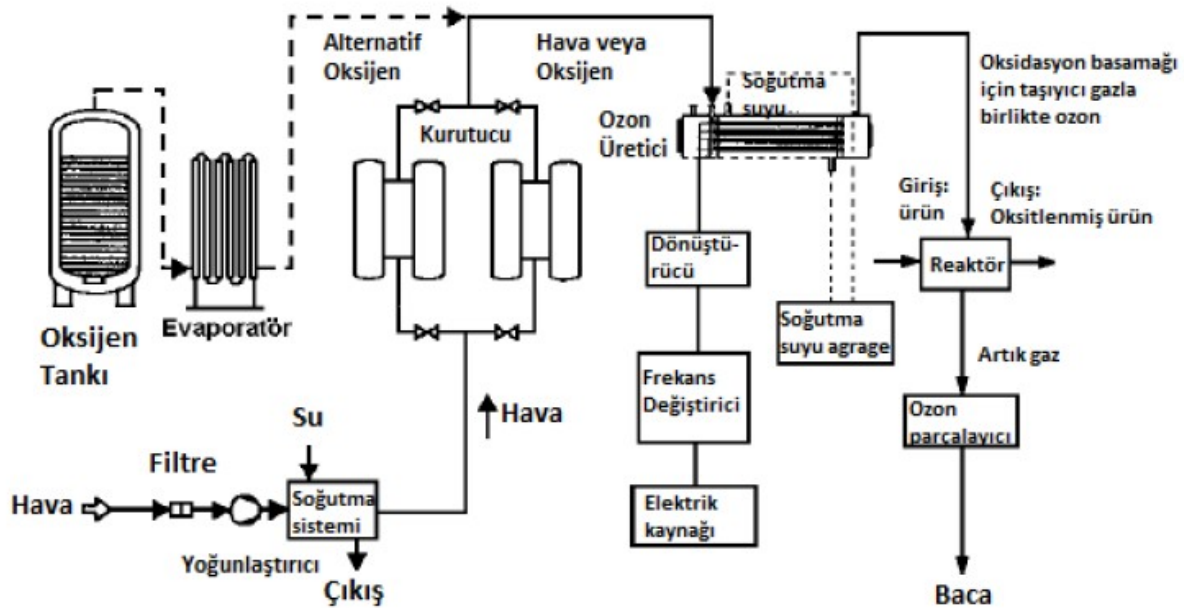
- Temizleme ve bakım işleri UV lambaları kapalı konumdayken yapılmalı, lambaların temizlenmesi için mümkün olduğunca çevre dostu kimyasallar kullanılmalıdır.
- Kullanılmış UV tüpleri, floresan tüplerle birlikte uzaklaştırılabilir. Civa içerdikleri için evsel atık sınıfında değildirler.

2. Ozonlama Genel Esaslar

Ozonlamanın en önemli özelliği klordan daha yüksek oksidasyon kapasitesidir. Ozonlamanın etkisi, ozon dozuna, reaksiyon süresine, artılacak organik madde yüküne ve pH değerine bağlıdır. Yüksek pH değerlerinde ozon, düşük seviyelere göre daha çabuk parçalanmaktadır. Bu yüzden de dezenfeksiyon etkisinde bir azalma olmaktadır (ATV – M 205E, 1998).

Tasarım ve İşletme

Ozon, endotermik reaksiyon ile üretilir. Oluşan reaksiyon ürünü hızlı bir şekilde moleküler ve atomik oksijene parçalanmaktadır. Ozonun kararlı olmayışı, onun bir kaba doldurulup taşınabilmesini engellemekte ve bu yüzden de kullanılacağı yerde üretilmektedir. Bir ozon tesisi (Şekil 3), ozon reaktörü, karıştırma tesisi, reaksiyon tankı ve artık ozon giderilme birimlerinden oluşmaktadır. Ozonlama sistemi akış şeması Şekil 3’de verilmiştir.



Şekil 3. Atıksu dezenfeksiyonu için ozon tesisi (ATV - M 205E, 1998)

Ozon, ozon reaktörü içinde yüksek voltajlı elektrik enerjisinin etkisiyle saf oksijen ya da tozsuz kuru havadan üretilmektedir. Gerekli soğutma, hava ya da su kullanımıyla sağlanır. Hava kullanılarak 40 g/m³'lük endüstriyel oksijen kullanılıp 80-100 g/m³'lük ürün elde edilebilir. Oksijen kullanılırsa 1 g ozon için 6 Wh ile 15 Wh arası, hava kullanılırsa 10 Wh ile 30 Wh arası elektrik enerjisi gerekir. Ozonlama, başka yan ürünlerin oluşumuna sebep olabilir (klorlar, bromlar ve organik peroksitler gibi). Bir ozonlama tesisinin tasarımında,

ozon üretimine ve yapılan işlemlere dair uygun güvenlik tedbirlerinin tamamı dikkate alınmalıdır.

Ozon toksik ve çok koroziftir. Ozonla temasta olan bu tu n parçalar, ozona dayanıklı malzemeden imal edilmiş olmalıdır. Özellikle, contaların tamamı ozona dayanıklı olmalıdır. Ozonlamada karışım önemlidir. Tipleri aşağıda verilen karıştırıcılar, yaygın olarak kullanılır:

- Ağıtılmış kabarcık şeklinde (aynı yönde ve ters akım olarak),
- Pozitif basınç enjeksiyonu,
- Negatif basınç enjeksiyonu (venturimetre),
- Mekanik karıştırmaıyla,
- Dolgulu kule içinde

Ozonun dezenfeksiyon reaksiyonlarını tamamlaması için reaktör içerisinde yeterli bekleme su resi sağ lanmalıdır. Reakto rdeki akış şartları, olabildiğince piston akımlı olmalıdır. Kısa devrelerden kaçınılmalıdır. Karıştırıcı ile reaktör entegre bir sistem halinde olabilir.

Gerekli dozaj, 5–35 g ozon/m³ atıksudur. Reaksiyon süresi, 5–30 dakika aralığında değişir. Fazla ozon miktarı, 0,1–1 g ozon/m³ atıksudur.

Dezenfeksiyon için gerekli ozon dozu, gerekli dezenfeksiyon seviyesine ve çıkış suyunun ozon ihtiyacına bağlı olacaktır. Ozon ihtiyacını karşılamak için gerekli ozon dozu, sahaya özgüdür ve mumkunse tasarımdan önce yapılacak deneylerle belirlenmelidir. Temas sureleri, tesisin tamamı için kullanılacak diskle birlikte bir pilot tesis de kullanılarak değerlendirilmelidir. Tablo 3’de atıksudaki toplam koliform dezenfeksiyonu için gerekli ozon dozu verilmiştir.

Tablo 3. Atıksudaki toplam koliform dezenfeksiyonu için gerekli ozon dozu (Metcalf & Eddy, 2003)

Atıksu Tipi	Başlangıç Koliform Miktarı MPN/100 mL	Ozon Dozajı, mg/L			
		Çıkış Standardı, MPN/100 mL			
		1000	200	23	<2,2
Ham atıksu	10 ⁷ - 10 ⁹	15 - 40			
Birinci kademe arıtma çıkışı	10 ⁷ - 10 ⁹	10 - 40			
Damlatmalı filtre çıkışı	10 ⁵ - 10 ⁹	4 - 10			
Aktif çamur Sistemi çıkışı	10 ⁵ - 10 ⁹	4 - 8	4 - 10	16 - 30	30 - 40
Filtre edilmiş aktif çamur çıkışı	10 ⁴ - 10 ⁹	6 - 8	4 - 10	16 - 25	30 - 40
Nitrifiye edilmiş çıkış suyu	10 ⁴ - 10 ⁹	3 - 6	4 - 6	8 - 20	18 - 24
Filtre edilmiş nitrifiye çıkış suyu	10 ⁴ - 10 ⁹	3 - 6	3 - 8	4 - 15	15 - 20
Mikrofiltrasyon çıkışı	10 - 10 ³	2 - 6	2 - 6	3 - 8	4 - 8
Ters osmoz	Nil				1 - 2
Septik tank çıkışı	10 ⁷ - 10 ⁹	15 - 40			
Kesikli kum filtresi çıkışı	10 ² - 10 ⁴	4 - 8	10 - 15	12 - 20	16 - 25

Denemelerde ve pilot ölçekli tesislerde, mikroorganizma ve virüs azalma oranlarında yüksek verimler sağlanabilmektedir. Daha verimli sonuçlar daha yüksek ozon dozajları kullanılarak ya da ozonla UV radyasyonun bir arada kullanılmasıyla elde edilebilir. Bu sırada enerji tüketiminde ve masraflarda bir artış gözlenebilir. Ozon üretimi için gerekli enerji miktarları Tablo 4’ de verilmiştir.

Tablo 4. Ozon üretimi için gerekli enerji miktarları (Metcalf & Eddy, 2003)

Bileşen	kWh/kg ozon
Hava hazırlama (kompresör ve kurutucular)	4,4-6,6
Ozon üretimi	
Hava besleme	13,2-19,8
Saf oksijen	6,6-13,2
Ozon teması	2,2-6,6
Bütün diğer kullanımlar	1,2-2,2

Ozon tesislerinin işletimi sırasında aşağıdaki şartların sağlanması gerekmektedir:

- Hava sıcaklığı 30°C'yi, bağıl neminde % 60'ı geçmemesi gerekir.
- İnşaatın olacağı yer tozsuz olmalıdır.
- Korozif gazlar ve oksitleyici kirleticiler civarda bulunmamalıdır.
- Tesiste ozona dirençli malzemeler kullanılmalıdır.

Toksikliğinden dolayı, atık gazdaki fazla ozon parçalanmalıdır. Bir ozonlama tesisindeki ozona maruz kalan bu tür parçalar, sadece ozon parçalama cihazına bağlantı haricinde kapalı kabin sisteminde olmalıdır. Atık gazdaki ozon konsantrasyonu izlenmeli ve 0,02 mg/m³'ü aşmamalıdır. Yukarıdaki bir ozon konsantrasyonunun (>0,02 mg/m³) olduğu imesi durumunda, ozon kaçağı tespit edilen cihazlar otomatik olarak durdurulmalıdır. Atık gazdaki ozonun parçalanması için kullanılan sistemler aşağıdakileri içermelidir:

- Termal parçalama (T>350°, tR > 2 s),
- Katalitik parçalama (Paladyum/CuO-MnO, T=60 °C ile 80 °C),
- Aktif karbon (aktif karbon, ozon parçalama cihazı tarafından yukarıdaki ve tüketilir)

Ozonlamanın Yan Etkileri ve Emniyet Tedbirleri

Yüksek konsantrasyonlarda ozon zehirlidir ve gözler, burun ve ciğerler için tahriş edici bir etkisi vardır. 0.2 mg ozon/m³'ün üzerinde ozon içeriğine sahip bir ortamda uzun süre kalmak öksürmeye sebep olur. 4 mg ozon/m³'den itibaren ozon gazının tahriş edici etkileri hesaba katılmalıdır. Konsantrasyon 20 mg ozon/m³ geçerse, akciğer ödemi yüzünden ölüm 246 olayının gerçekleşmesi hızlanır. Ozonun sağlık üzerindeki zararlı özellikleri yüzünden ozon tesislerinin çevresindeki yerlerde yeterli güvenlik önlemleri (fazla ozon parçalaması, zorunlu havalandırma, ozon görüntüleyiciler) alınmalıdır (ATV - M 205E, 1998).

Aşağıdaki güvenlik önlemleri özellikle önemlidir:

- Ozon tesisleri güvenli odalar içerisinde bulunmalıdır. Ozon tesisleri ekipman odalarına da kurulabilir. Vakum sistemleri gerekir. Çalışma alanlarında maksimum 0,2 mg/m³'lük seviyenin geçilmemesine dikkat edilmelidir.
- Havalandırma tehlike alanının dışında ve kontrol edilebilir olmalıdır.
- Arıza durumunda ozon kaçağı olabilecek odalarda, gaz uyarı ekipmanları bulundurulmalıdır.
- Ozon tesisleri, arıza durumlarında alınabilecek önlemleri bilen, güvenlik kuralları ve tehlikeler hakkında eğitim almış kişiler tarafından işletilmeli ve bakımları yapılmalıdır.

Klorlama

Temel İhtiyaçlar

Klor, gaz veya sıvı klor bileşikleri halinde en çok kullanılan dezenfektanlardan birisidir. Klor, çoğu salgın hastalık mikrobunu etkisiz hale getirmektedir. Klor, normal ısı ve basınçta sarımsı-yeşil bir gaz olup, havadan 2,5 kat daha ağırdır. Çok keskin bir kokusu vardır ve nem bulunan yerlerde oldukça koroziftir (ATV - M 205E, 1998).

Klor kimyasalları toksik ve zararlıdır. Klor atomunun değeri ne kadar büyükse, klor bileşiminin oksitlenme gücü de o oranda fazla olmaktadır.

ClO_2 :+4, $NaClO_2$: +3, $HOCl$: +1, Cl_2 : 0

Buna göre en etkili klorlama, ClO_2 ile yapılmaktadır. Ancak, ClO_2 yerinde üretilip kullanılmalıdır. Yaygın olarak kullanılan klorlama sistemleri aşağıda verilmiştir:

- Sodyum hipoklorit çözeltisi,
- Klor gazı,
- Klordioksit

Dezenfektan kimyasallarının depolanması, hazırlanması ve kullanılması, kullanılacak kimyasalların tipine bağlıdır.

Sodyum hipoklorit çözeltisi, % 5 - % 15 $NaOCl$ konsantrasyonları hâlinde satın alınabilir, tanklarda depolanabilir ve pozitif yer değiştirmeli pompalar kullanılarak dozlanabilir. Sodyum hipoklorit çözeltisi, zamana bağlı olarak etkinliğini kaybeder. Etkinliğin azalması, sıcaklığın artışıyla hızlanır.

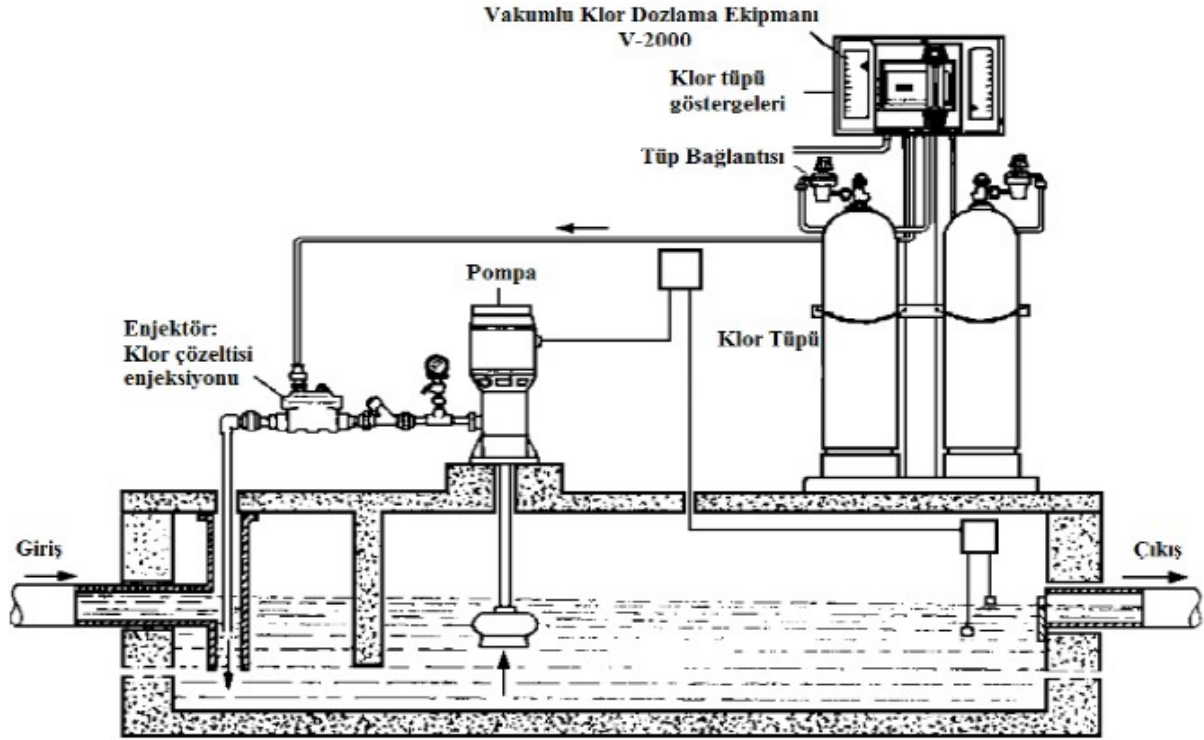
Klor gazı, basınçlı tanklarında depolanabilir. Herhangi bir kaçak, yırtılma veya yanlış kullanım durumunda klor gazından etkilenmesi muhtemel odalar, klor gazı detektörleri kullanılarak kontrol edilmelidir. Klor gazı, enjeksiyon sistemleriyle (venturi), çıkış suyu ile karıştırılır. Bu tür klorlama sistemleri aşağıdaki bileşenlere sahip olmalıdır:

- Basınç/vakum düzenleyicisi,
- Besleme oranı kontrol düzeneği,
- Venturi prensibiyle çalışan enjeksiyon cihazı,
- Debi ölçer

Klor gazı basınçlandırılarak sıvı hale getirilir ve basınçlı tüplerde saklanır. Bu tüplerden çekilen sıvılaştırılmış klor gazı dezenfeksiyon amacı ile kullanılmaktadır. Klordioksit, kolayca patlayabilen kararsız bir gazdır. Kullanılmak üzere depolanmamalı ve dezenfeksiyon prosesi için gerektiğinde üretilmelidir. Yaklaşık olarak % 5'lik bir klordioksit çözeltisinin depolanması ve kullanılması mümkündür. Sahada klordioksit çözeltisi üretmek için kullanılabilen belirli yöntemler bulunmaktadır. Bu yöntemler aşağıdaki reaksiyonları içerir:

- Sodyum klorür ve klor gazı,
- Sodyum klorür ve hidroklorik asit,
- Sodyum klorür, hidroklorik asit ve sodyum hipoklorit

Atıksu dezenfeksiyonu için klor gazı binası Şekil 4.'de verilmiştir.



Şekil 4. Atıksu dezenfeksiyonu için klor gazı binası (ATV - M 205E, 1998)

Tasarım ve İşletme

Atıksu dezenfeksiyonunda kullanılan klorlama sistemleri, içme suyu klorlamasında kullanılan sistemlere benzer teknolojiye sahiptir. Bunlar, aşağıdaki hususları içermelidir:

- Dezenfektan kimyasallarının depolanmasını,
- Dezenfektan çözeltilerinin hazırlanmasını ve kullanılmasını,
- Atıksu ve dezenfektan çözeltilerinin karıştırılmasını,
- Dezenfeksiyon reaksiyonlarının tamamlandığı ve genellikle su ile klorun temas ettiği reaksiyon tanklarını,
- Deşarj öncesi fazla klorun giderilmesini

Dezenfektan çözeltisinin gerekli dozajı, kullanılan dezenfektanın tipine bağlıdır ve sahaya özgüdür. Dezenfektan kimyasalın dozajı, temas süresi sonunda çıkışta belli bir bakiye klor sağlamak amacıyla, atıksuyun debisine ve dezenfektan kullanım oranına göre ayarlanmalıdır. Saha özelinde gerekli dozaj, mumkunse tasarıma başlanmadan önce deneylerle belirlenmelidir. Temas süresi sonunda çıkış suyundaki bakiye klor konsantrasyonu yaklaşık olarak 0,2 mg/L serbest klor olmalıdır. Daha düşük bakiye klor değerlerinde, dezenfeksiyon prosesi tamamlanamayabilir. Daha yu ksek bakiye klor konsantrasyonunda ise, alıcı ortamda

değişik etkilenmeler görülebilir. 0,05 mg/L – 0,1 mg/L arasındaki düşük bakiye klor konsantrasyonlarında, alıcı ortamda olumsuz etkiler tespit edilmiştir. Alıcı ortamda olumsuz etkileri azaltmak amacıyla, arıtma tesisi çıkışında bakiye klor alınmalıdır.

Tasarım kriterleri:

- Temas süresi: 30 – 120 dakika (Pik debide: 15 – 90 dakika),
- Kısa devreler ve hidrolik olarak ölü bölgelerin oluşmaması için uzun piston akımlı
- reaktörler kullanılır.
- Boy/En: 20/1 (tercihen 40/1),
- En az 2 adet klor tankı yapılmalı.
- Klor temas tankında katı maddelerin çökmesinin önlenmesi için yatay akış hızı
- 2 – 4,5 m/dakika olmalıdır.
- Reaktör içerisinde şaşırtma duvarları ve perdeler kullanılır.

Kontrollü dezenfeksiyon ancak ve ancak pH 6 ile 8 arasında tutulursa gerçekleşir. Çıkış suyundaki bakiye dezenfektan değeri 0,2 mg/L'nin üstüne çıktığında, fazla klor uzaklaştırılmalıdır.

Klordioksit kararlı bir gaz olmaması sebebiyle, 1-3 gramlık klordioksit sulu çözeltisi kullanılmadan hemen önce hazırlanmalıdır. Dozlama miktarı, çıkış suyundaki bakiye klordioksit değerine, atıksuyun organik yüküne ve istenilen giderimine bağlıdır. Atıksu arıtma tesislerinde bakterilerin 10³'lük oranda giderimi için 5–10 g klordioksit/m³ atıksu yeterlidir. Kum filtresinden geçmiş suda ise bu değer 1–5 g/m³ olabilir.

Klordioksit, pH değerlerinin geniş bir aralığında bakteriler için öldürücü etkiye sahip olup, birçok durumda klordan daha etkilidir. Klorun aksine, klordioksit amonyak ile kloraminlerin oluşumunu sağlamak üzere reaksiyona girmemekte ve AOX bileşiklerinin oluşumu klorla ilgili önemli ölçüde az olmaktadır. Ancak klordioksit başka yan ürünlerin oluşumuna sebep olabilir (klorit ve kloratlar vb.).

Klorlamanın Yan Etkileri ve Emniyet Tedbirleri

Klorla dezenfeksiyon sonucu, AOX, THM'ler, PCB, vb. gibi toksik yan ürünler de oluşabilir. Klorlanmış çıkış suyunun yeniden kullanılması düşünülüyorsa, bu yan ürünlerin çevresel etkisi göz önünde bulundurulmalıdır (ATV - M 205E, 1998).

Klorün taşınması için sıkı güvenlik önlemleri alınmalıdır. Tesise özel eğitilmiş personel bulundurulmalıdır. Klorün tutulduğu ve kullanıldığı yerlere uyarı levhaları asılmalı ve giriş kontrol altında tutulmalıdır.

Son derece zehirli olan klor gazı için MAK değeri 1,5 mg/m³'tür. Klor yeşil renkli ve sert kokulu bir gazdır ve küçük konsantrasyonlarda bile mukusları tahriş edebilir. Yüksek konsantrasyonlarda ise merkezi sinir sistemi üstünde felç edici bir etkisi vardır. Uzun süreli temas halinde, akciğer ödemiyle ilgili olarak ölüm olayı gerçekleşebilir. Vakum tekniğinin kullanılmasıyla, bugünlerde güvenlik riskleri büyük ölçüde azaltılmıştır. Son derece zehirli ve patlayıcı olan klordioksit için MAK değeri 1,45 mg/m³'tür. Klordioksitin turuncu-sarı arası

bir rengi ve aynı klor gibi keskin bir kokusu vardır. Havadaki en ufak klordioksit konsantrasyonu bile nefes alma problemlerine sebep olabilir, mukusları tahriş edebilir.

Klor, hipoklorit ve klordioksit, suda ve atıksuda inorganik ve organik bileşiklerle (protein, alkoller, hümik asitler, fenoller vb.) reaksiyona girer. Bu reaksiyonların sonucunda istenmeyen yan ürünler (klorofenoller, trihalide metanlar, AOX vb.) oluşturur. Klor gazıyla karşılaştırıldığında, klordioksit kullanımında çevre dostu olmayan ürün oluşumu daha azdır. Çünkü trihalometan, klorofenoller ve amonyum ve amin bileşiklerinde oluşan reaksiyon ürünleri oluşmaz. AOX oluşumu % 90 oranında azalır. Ancak klorit, klorat, ve klorit gibi organik reaksiyon ürünleri oluşur.

Deklorinasyon basamağı ile çıkış suyundaki fazla bakiye klorun alınması istenir. 0,3 – 0,6 mg/L'lik klor konsantrasyonları göl ve nehirlerdeki bitkilerin ölmesine ve hayvan biyokütlelerinin azalmasına sebep olur. 0,05 – 0,1 mg/L ise balıkların yaşayıp büyümesi üzerinde olumsuz etkide bulunur. Ayrıca, zehirli maddelerin besin zincirinde birikip balıklar ve daha ötesindeki canlılara da ulaşma tehlikesi vardır.

KLORLAMA HAVUZU

Atıksu tasfiyesinde klor dezenfeksiyon dışında birçok amaçlarla kullanılır. Örneğin, BOI giderilmesi amacıyla klorlama yapılıyorsa, giderilen mg/L BOI₅ başına 0,5 – 2,0 mg/L klor ilave edilmelidir. Bakteri sayısının azaltılmasında klor dozajı 2,0 – 20 mg/L arasında değişir. Atıksu dezenfeksiyonun da aşağıdaki klor dozları uygulanır:

Uygulandığı Yer	Dozaj, mg / lt
Hiçbir arıtma işleminden geçmemiş atıksular	6 – 25
İlk çökeltmeden çıkış	5 – 20
Kimyasal arıtmadan çıkış	2 – 6
Damlatmalı filtre çıkışı	3 – 15
Aktif çamur tesisi çıkışı	2 – 8
Aktif çamur tesisinden sonra gelen ve birkaç malzemeden oluşan filtrelerin çıkışı	1 – 5

Temas süresi 15 - 30 dk arasında olmalıdır.

Klor temas odaları piston akımlı bir reaktör şeklinde veya birbirine bağlı reaktör dizileri olarak projelenmelidir. Maksimum proje debisinde, arıtma tesisini alıcı suya bağlayan kanalın akış zamanı gerekli temas zamanından fazla ise klor temas odasında uygulanabilir. Katı madde çökmesine meydan vermemek için yatay hız 2 – 4,5 m/dk olmalıdır. Klorlama tank by-passı; tank temizlenmesi için boşaltıldığında, bir klorlayıcı içeren bay-pass kullanılmalıdır. Çıkış suyu kalitesi kontrolü; çıkış suyu akımı V savak veya dikdörtgen savak kullanılarak yapılabilir. Klorlama işleminin verimi ise, artık klor ve EMS (En muhtemel sayı) bakteri sayımları yapılarak kontrol edilmelidir.

$$Q_{\max} = 0,206 \text{ m}^3/\text{s}$$

t = 20 dakika seçilirse, havuzun hacmi (V),

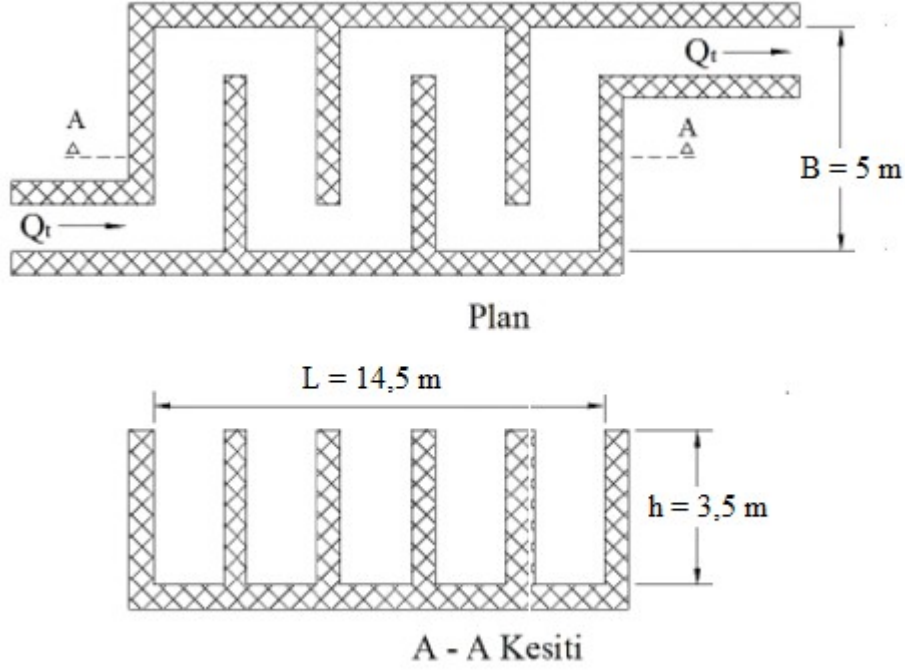
$V = Q \cdot t = 0,206 \text{ m}^3/\text{s} \cdot 20 \text{ dk} \cdot 60 \text{ s/dk} = 247,2 \text{ m}^3$ bulunur. Havuz derinliği 3,5 m kabul edilirse, boyutlar,

$$A = V / h = 247,2 \text{ m}^3 / 3,5 \text{ m} = 71 \text{ m}^2$$

Buna göre, B = 5 m ve L = 14,5 m kabul edilmiştir.

$A = 5 \text{ m} \cdot 14,5 \text{ m} = 73 \text{ m}^2 > 71 \text{ m}^2$ olduğundan uygundur.

Perde kalınlığı 20 cm tutularak, 5 bölme oluşturulacaktır.



Klorlama havuzu plan ve kesiti

Klor ihtiyacı,

Seçilen klor ihtiyacı = 7 g/m^3

Seçilen artık klor ihtiyacı = 1 g/m^3

Toplam, 8 g/m^3

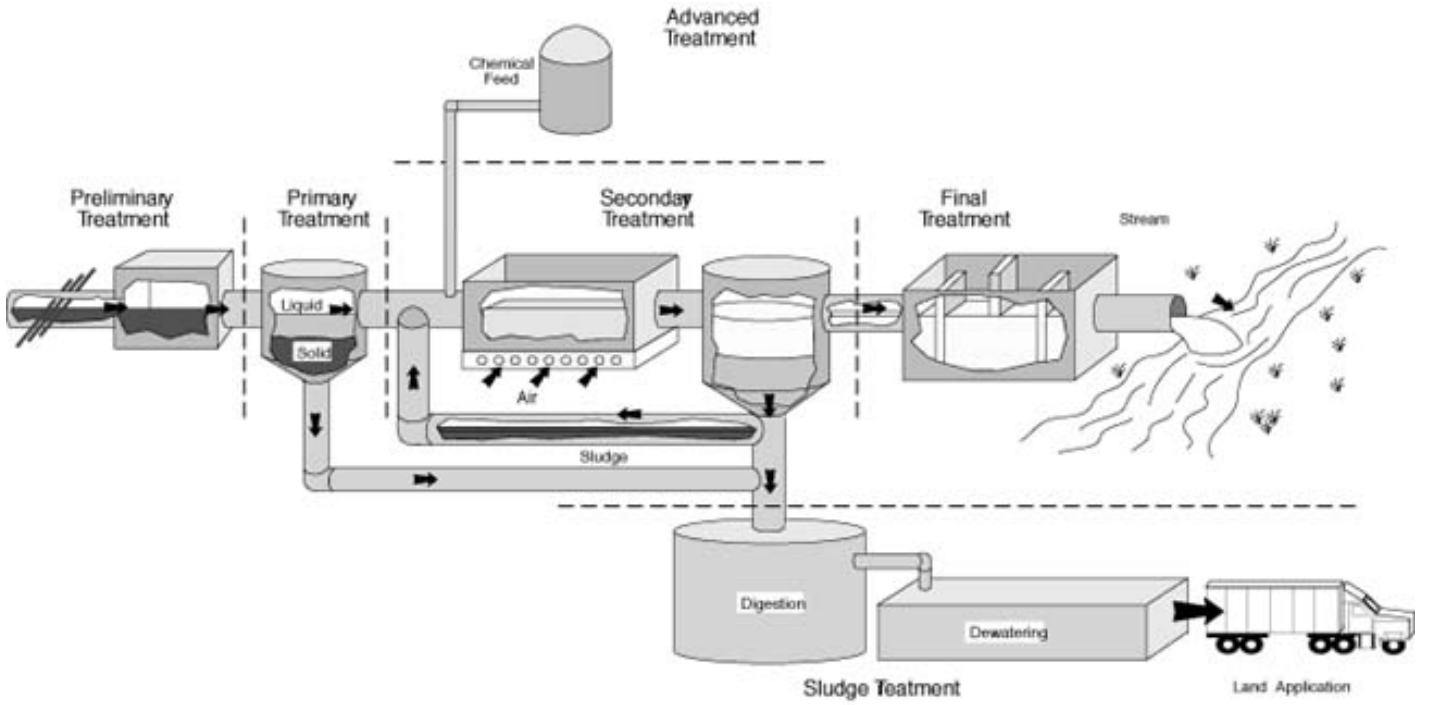
Dozlama 24 saat boyunca sürekli yapılacaktır. Günlük klor dozu,

$8 \text{ g/m}^3 \cdot 0,206 \text{ m}^3/\text{s} \cdot 86400 \text{ s/gün} \cdot 10^{-3} \text{ kg/g} = 142,4 \text{ kg/gün}$

Klorlamada, $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ kullanılacaktır. Gerekli $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ miktarı,

$(72 \text{ g/mol} / 100 \text{ g/mol}) \cdot 142,4 \text{ kg/gün} = 198 \text{ kg/gün}$.

Klorlama Havuzlarının Örnek Resimleri:

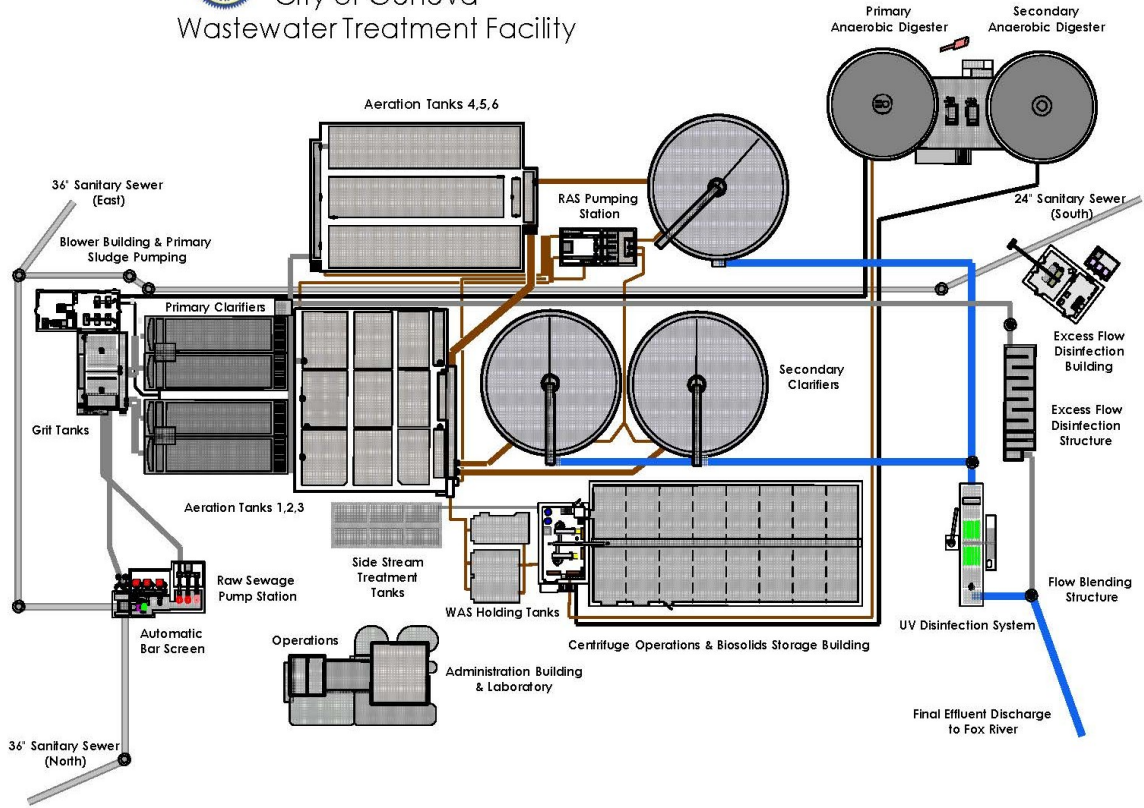


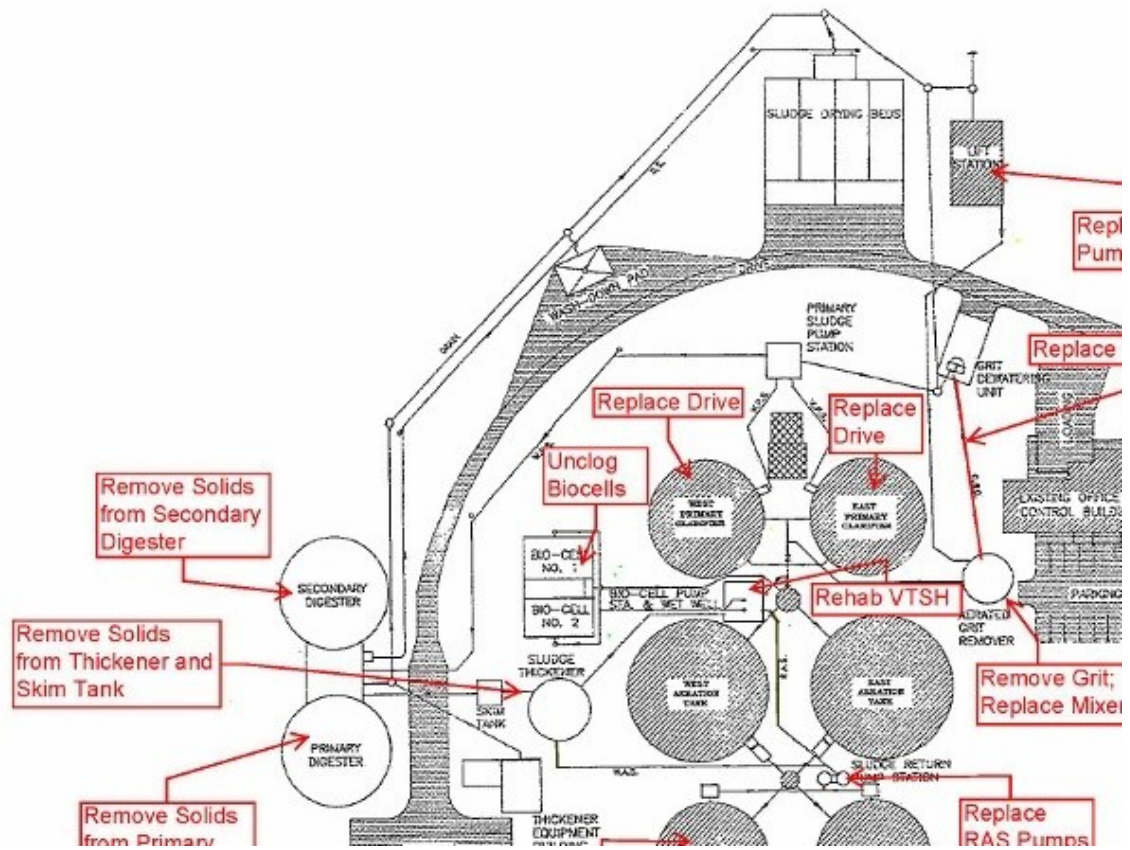
Akım Şeması

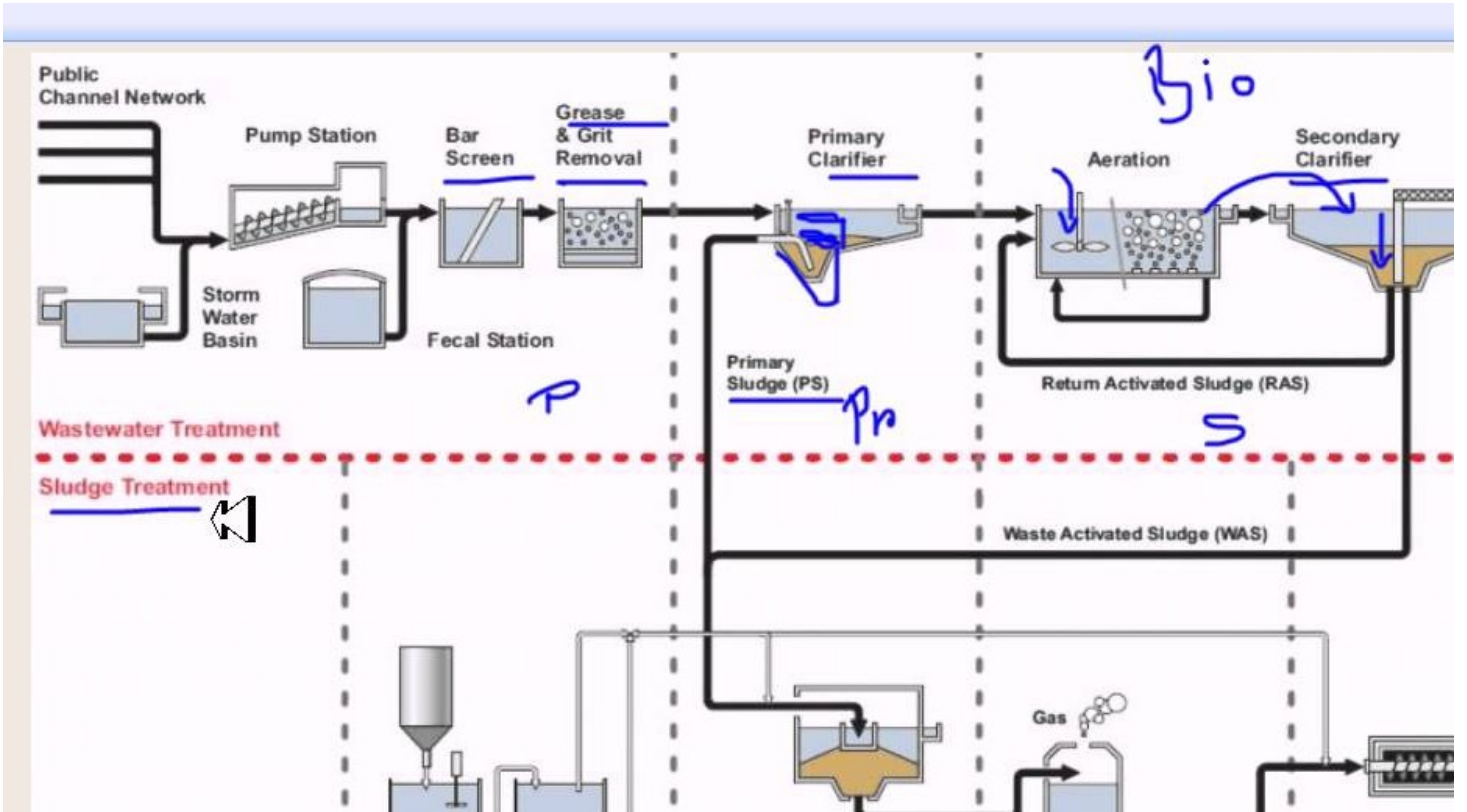
TESİS BORULAMA ÖRNEKLERİ



City of Geneva
Wastewater Treatment Facility







KİMYASAL ÇÖKTÜRME İLE FOSFOR GİDERİMİ

Genel Tanıtım

Kimyasal çöktürme ile fosfor giderimi prosesleri temelde askıda katı madde (AKM) giderimine dayanır. Bu bölümde, kimyasal çöktürmede fosfor kimyası, kimyasal fosfor çöktürme yöntemleri, metal tuzları ve polimerlerle fosfor giderimi ve kireçle fosfor giderimi konuları detaylı olarak incelenmektedir.

Kimyasal Çöktürmede Fosfor Kimyası

Fosfor bileşikleri metal iyonları ile çoğunlukla çözünürlüğü çok düşük olan tuzlar oluşturur. Kimyasal çöktürme ile fosfor gideriminde başlıca aşağıdaki tuzlar kullanılmaktadır:

Alüminyum III tuzları, $Al_2(SO_4)_3 \cdot 16H_2O$,

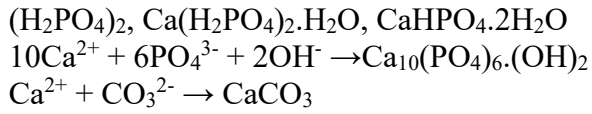
Ca^{2+} tuzları, $Ca(OH)_2$, CaO ,

Demir (III) ve demir II tuzları, $FeCl_3 \cdot H_2O$, $FeCl(SO_4)$, $FeSO_4 \cdot 7H_2O$

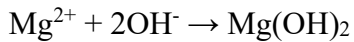
Kalsiyum tuzları ile fosfor çöktürme işlemi, yapı itibariyle alüminyum ve demir tuzları ile fosfor çöktürme proseslerinden farklılıklar gösterir, bu yüzden ayrı alt başlıklar altında incelenecektir.

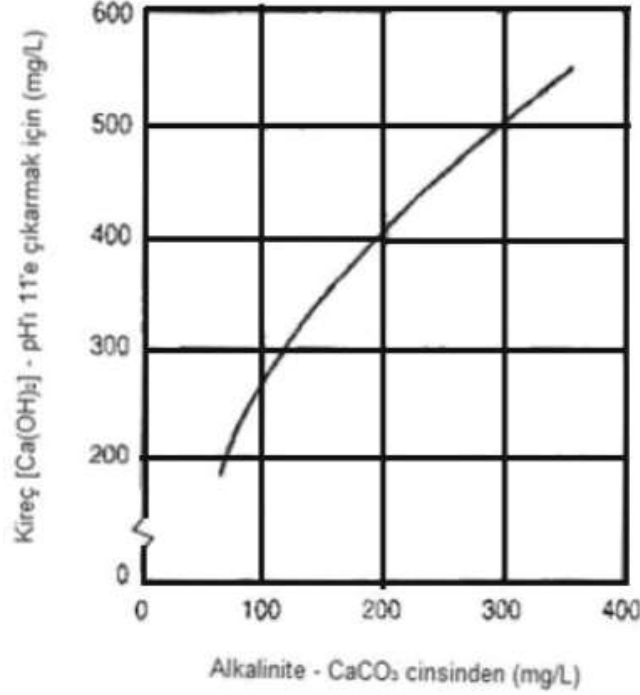
Kalsiyum ile Çöktürme

Kalsiyum ile fosfat çöktürülmesinde, kireç ($Ca(OH)_2$) ile ortama, hem Ca^{+2} hem OH^- iyonlarının girişi sağlanır. Böylece fosforun hidroksi apatit ve diğer kalsiyum fosfatlar halinde çöktürülmesi gerçekleştirilir.



Yüksek pH'larda (pH: 10-11), ortamda magnezyum hidroksit oluşumu gözlenir ve çökelme yardımcısı olarak iş gören bu kimyasal ile yüksek giderim verimi elde edilir. Ancak yüksek pH'larda çalışma durumunda, atıksuyun fosfor giderimi için gerekli kireç ihtiyacı, fosfor konsantrasyonundan çok suyun alkalitesi ve sertliği ile kontrol edilir





Şekil 1. Alkalinitesi belli atıksuyun pH'ını 11'e çıkarmak için kullanılması gerekli kireç (Ca(OH)₂) miktarları

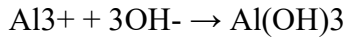
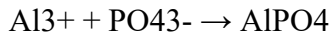
Şekilde görüldüğü üzere, fosforun çöktürülmesi için gerekli kireç miktarı, mg/L CaCO₃ cinsinden ifade edilen toplam alkalinitenin ~ 1,4-1,5 katı mertebesindedir.

Deşarj öncesi ham atıksuya ya da son havalandırma havuzu çıkışına veya çökeltim tankı girişine kireç ilavesi ile yükselen pH'ı, deşarj standartlarına uygun hale getirmek üzere (pH: 6-9), CO₂ ile rekarbonizasyon işlemi uygulanması gerekebilir.

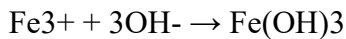
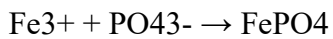
Alüminyum ve Demir Tuzları ile Çöktürme

Alüminyum ve demir tuzları ile fosfor çöktürme proseslerine temel teşkil eden reaksiyon denklemleri aşağıdaki gibidir.

Alüminyum ile fosfat çöktürmesi;

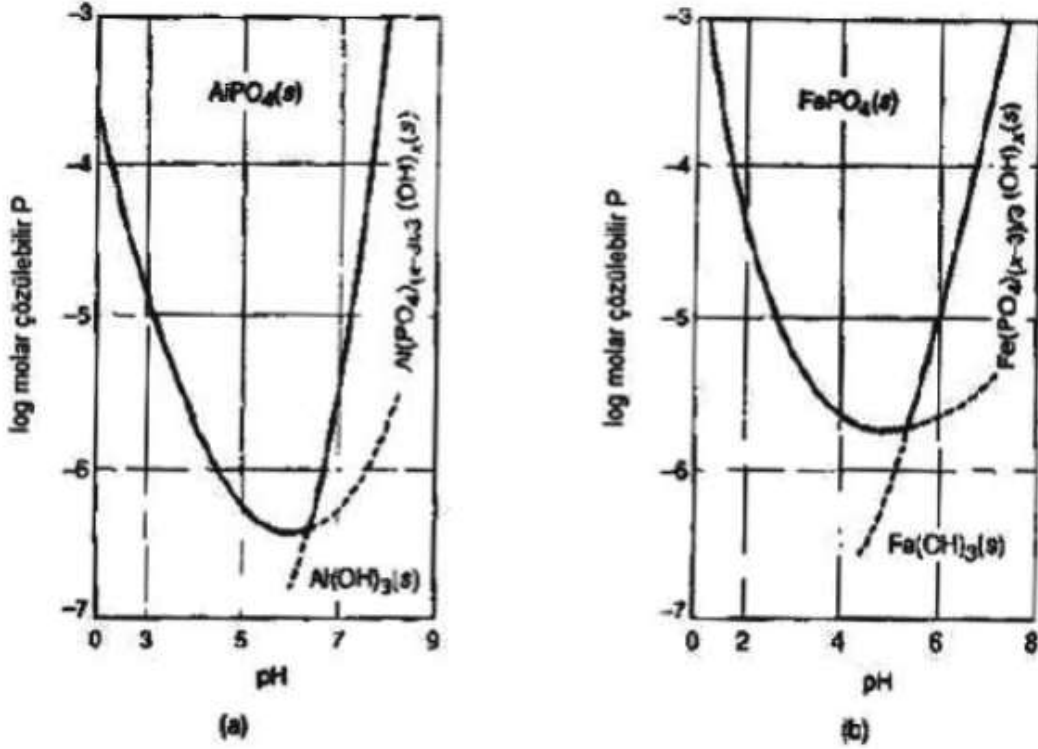


Demir ile fosfat çöktürmesi;



Yukarıdaki denklemlerden de görüleceği üzere, teorik olarak 1 mol fosfat çöktürmek için 1 mol alüminyum/demir gerekmektedir. Ancak atıksuyun pH'ı, alkalinitesi, içerdiği iz elementler vb. etkenler sebebiyle, gerekli dozaj hesabını sadece sitokiyometriyi esas alarak yapmak çoğunlukla doğru netice vermemektedir.

Şekil 2’de, eşit mollarda alüminyum (III), demir (III) ve fosfat içeren atıksular için çözünürlük eğrileri verilmektedir. Şekilden de görüleceği üzere, farklı pH’larda ortamda mutlaka bir miktar çözülmüş $AlPO_4$ ve $FePO_4$ bileşikleri bulunabilmektedir. Bu sebeple çöktürme işleminin kullanılacak kimyasallar için uygun pH aralığında yapılması kritik önem taşır.



Şekil 2. Alüminyum ve demir tuzları çökeltme eğrileri (Metcalf & Eddy, 2003)

Proses İhtiyaçları

Fosfor Çöktürücü Kimyasallar

Uygulamada, alüminyum, demir veya kalsiyum tuzları gibi nispeten az sayıda kimyasal çöktürücü kullanılmaktadır. Ekonomik sebeplerle kullanımı tercih edilen ticari kalite kimyasalların belli oranlarda çözünebilir ve çözünemez yapıda safsızlıklar içerdiği unutulmamalıdır. Sözü edilen kimyasal maddelerin belirli kombinasyonları, özellikle Ca^{+++} Fe^{++} kullanımı yaygındır (Metcalf & Eddy, 2003).

Bunlara ilaveten, polimerize demir ve alüminyum tuzları da mevcut olup, bu tuzlar yan tepkimelerle hidroksit forumda bağlanarak ziyan edilen metal iyonları miktarının azaltılması ile organik madde giderimini arttırmırlar. Polimerize alüminyum tuzunun genel formülü $Al_n(OH)_{n(3-n)^+}$ 'dir. Fosfor gideriminde kullanılan, başlıca kimyasalların bir listesi Tablo 1 ve Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 1. Başlıca çöktürücüler (Metcalf & Eddy, 2003)

Ürün açıklaması	Kimyasal formülü	Teslimat şekli ve yoğunluğu (t/m ³)	Depolama ve dozlama	P çöktürmesinde etkili katyon	Teslimat esnasında normal aktif madde içeriği (g/kg ve mL/kg)	Solüsyonun (doygun) pH değeri
Alüminyum klorür	AlCl ₃	Solüsyon 1,3	Tank Aside dayanıklı pompa	Al ³⁺	58-60 2,2	1
Alüminyum-demir (III) klorür	AlCl ₃ + FeCl ₃	Solüsyon 1,15	Tank Aside dayanıklı pompa	Al ³⁺ Fe ³⁺	19 10 0,9	1
Alüminyum sülfat	Al ₂ (SO ₄) ₃	Öğütülmüş Pudra 1 Solüsyon 1,27	Silo Vidalama Tank Pompa	Al ³⁺	40 1,5 24 0,9	3
Alüminyum-demir (III) sülfat	[Al ₂ (SO ₄) ₃ + Fe ₂ (SO ₄) ₃] * n H ₂ O	Öğütülmüş 0,95	Silo Vidalı Eksantrik pompa	Al ³⁺ Fe ³⁺	82 10 3,2	2
Demir (II)-klorür	FeCl ₂	Solüsyon 1,24-1,37	Tank Aside dayanıklı pompa	Fe ²⁺ → Fe ³⁺	86-135 1,5-2,4	1
Demir (III)-klorür	FeCl ₃	Solüsyon 1,41-1,43	Tank Aside dayanıklı pompa	Fe ³⁺	135-138 2,4-2,5	1
Demir (II)-klorür sülfat	FeClSO ₄	Solüsyon 1,43-1,51	Tank Aside dayanıklı pompa	Fe ³⁺	123 2,2	1
Demir (II)-sülfat	FeSO ₄ * 7 H ₂ O	Kalıntı (yeşil) Tuz 1	Havuzlama haznesi Pompa	Fe ²⁺ → Fe ³⁺	178-195 3,2-3,5	2
Demir (II)-sülfat	FeSO ₄ * n H ₂ O	Öğütülmüş 0,8	Silo Vidalı Eksantrik pompa	Fe ²⁺ → Fe ³⁺	195 3,5	3
Demir (III)-sülfat	Fe ₂ (SO ₄) ₃	Solüsyon 1,5	Tank Aside dayanıklı pompa	Fe ³⁺	118 2,1	1

Tablo 2. Başlıca çöktürücüler (Metcalf & Eddy, 2003) - (tablonun devamı)

Ürün açıklaması	Kimyasal formülü	Teslimat şekli ve yoğunluğu (t/m ³)	Depolama ve dozlama	P çöktürmesinde etkili katyon	Teslimat esnasında normal aktif madde içeriği (g/kg ve mL/kg)	Solüsyonun (doygun) pH değeri
Kalsiyum hidroksit Sönmüş kireç (beyaz kireç hidrati) Stabilize kireç sütü (ağırlıkça 20%)	Ca(OH) ₂	Pudra 0,45	Silo Vidalama Tank Eksantrik pompa	Ca ²⁺	376 9,4 75 1,9	12,5
Sodyum alüminat	NaAl(OH) ₄	Solüsyon 1,3-1,5	Tank Pompa	Al ³⁺	62-105 2,3-3,9	14
Poli-alüminyum (hidroksit) - klorür (PAK)	[Al(OH) _{3-x} Cl _x] _n	Solüsyon 1,2-1,37	Tank Aside dayanıklı pompa	Al ³⁺	70-90 2,6-3,3	1-3
Poli-alüminyum (hidroksit) - klorür- sülfat	[Al _x (OH) _y Cl _z [SO ₄] _w]	Solüsyon 1,4	Tank Aside dayanıklı pompa	Al ³⁺	52-90 1,9-3,3	1
Poli-alüminyum Demir (III) - klorür	[Al(OH) _{3-x} Cl _x] _n + FeCl ₃	Solüsyon 1	Tank Aside dayanıklı pompa	Al ³⁺ Fe ³⁺	59 6-15 2,3-2,5	1

Çökeltme sayesinde, çözülmüş fosfatların katı fosfat formuna dönüştürülmesinin yanında yumaklaştırma da sağlanır. Bir sonraki alt prosesin (yumaklaştırma) organik polimerlerle ayrıca desteklenmesi de mümkündür. Normalde, katyonik (pozitif yüklü) veya iyonik olmayan (non-iyonik, nötr) polimerler kullanılmaktadır.

Kimyasal Madde Depolama ve Dozlama

Çöktürücüler, suya dayanıklı maddeler olup, katı, sıvı veya askıda formlarda olabilmektedirler. Depolamanın yanı sıra solüsyon hazırlama ve dozlama üniteleri de, teslimat sırasındaki koşullar, akışkanlık, topak oluşturma tehlikesi ve içerisindeki çözünmeyen bileşikler arasındaki sürtünme dikkate alınarak tasarlanmalıdır (ATV 202E, 2004).

Depolama konteynerleri çelik, beton ve plastikten yapılır. Çelik ve betonda, korozyon koruması için uygun ve onaylı kaplamalar tercih edilmelidir. Sıvı çöktürücülerin dozlanması doğrudan konteynerden yapılabilir, ancak katı çöktürücülerde solüsyon hazırlanması için ilave üniteler ve sönmemiş kireç için söndürme sistemlerinin planlanması gerekir. Borular, temel bir kural olarak, korozyona dayanıklı plastikten üretilir.

Tam teşekküllü ve kullanım kılavuzlu dozlama istasyonları, ilgili uzman firmalar ve çöktürücüleri piyasaya sürenler tarafından temin edilebilmektedir.

Depolama konteynerleri, silo veya tankın dolu hacminin tamamını içine alabilecek şekilde boyutlandırılmalıdır (>25 m3). Hafta sonları ve tatil dönemleri de dikkate alınarak, yeterli ek bir rezerv alanı bırakılmalıdır.

Çöktürme dozlamasının ayarlanması ve kontrolü, zamana bağlı olarak yürütülmeli, ölçülmüş hidrograf eğrileri (küçük ölçekli atıksu arıtma tesisleri) dikkate alınmalı, su miktarlarıyla (orta ölçekli atıksu arıtma tesisleri) veya fosfor yüküyle (büyük ölçekli atıksu arıtma tesisleri) orantılı olarak tasarlanmalıdır. Bunlara ilaveten, fosfat konsantrasyonuna bağlı olarak yürütülen dozlamalar da başarılı olmaktadır. Su miktarlarıyla orantılı olarak yapılan dozlamalarda, bir dozaj sınırı mevcut değil ise, birleşik atıksu akımlarıyla gözlenen artışlar aşırı dozlamaya sebebiyet verebilmektedir.

Kireçle çöktürmede dozlama, uygun pH değeri ayarlamasıyla yürütülmelidir. Açıklayıcı kitapçık ATV-DVWK-M 206E (2001), depolama ve dozlama teknolojilerinin yanı sıra, sürekli ölçüm ve otomasyon tekniklerine de detaylı olarak yer vermektedir.

Arıtma Prosesleri

Kimyasal çöktürme sistemleri, arıtma prosesinde kimyasalların hangi aşamada eklendiğine göre Şekil 7.3'de gösterilen tiplere ayrılmıştır. Söz konusu prosesler birleştirilebilir ve arıtma sonrası lagünler, sızdırma birimleri, kum filtreleri ilave edilerek güçlendirilebilir. Uygulamada, kimyasal çöktürücü ile arıtma prosesleri birleştirilerek fosfor giderimi yapılan çeşitli yöntemlere rastlanmaktadır.

Doğrudan çöktürme, organik madde kaynaklı oksijen tüketiminin önemli bir etkisinin olmadığı büyük ve türbülanslı su kütlelerine deşarj durumlarında kullanılır. Yüksek oranda organik madde giderimi gerekli ise, doğrudan çöktürme, eşzamanlı çöktürme veya normal arıtma sonrası yöntemlerinin uygulanması daha yerinde olacaktır. Fosfor giderme yöntem ve performansları Tablo 7.3'de özetlenmiştir (Metcalf & Eddy, 2003).

Tablo 3. Fosfor giderme yöntemleri ve performansları

	<i>Ön çöktürme</i>	<i>Eşzamanlı çöktürme</i>	<i>Sonda çöktürme</i>	<i>Yumak filtrasyonu</i>
<i>Gözlenebilir kontrol değeri *(mg/L) P</i>	2	1	1	0,5
<i>Dozlama noktası (noktaları)</i>	<i>Birincil çökeltim tanklarından önce (örn. venturi, havalandırmalı kum tutucu vb.)</i>	<i>Havalandırma tankları öncesinde/ esnasında/sonrasında, biyolojik veya temas filtreleri</i>	<i>İkincil çökeltim tanklarından sonra</i>	<i>Eşzamanlı ve sonda çöktürmeye benzer olarak muzaaf</i>
<i>Tam karışım</i>	<i>Daha yüksek türbülansın olduğu noktalar</i>	<i>Daha yüksek türbülansın olduğu noktalar</i>	<i>Mikser (karıştırıcı)</i>	<i>Eşzamanlı ve sonda çöktürmeye benzer olarak muzaaf</i>
<i>Yumakların ayrılma noktası</i>	<i>Birincil çökeltim tankları</i>	<i>İkincil çökeltim tankları</i>	<i>İlave çökeltme veya yüzdürme tankları</i>	<i>1. aşama: mevcut ikincil çökeltim tankları 2. aşama: ilave filtreler</i>

* Optimum veya daha uygun işletme koşullarında, daha düşük değerler dahi gözlenebilir.

Kimyasal Çöktürme Türleri

Çöktürme için kullanılan kimyasal maddelerin seçiminde çöktürme yöntemi ve bu yöntemlerde kullanılacak kimyasallar Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4. Çöktürme için kimyasal seçimi (DIN EN 12255-13)

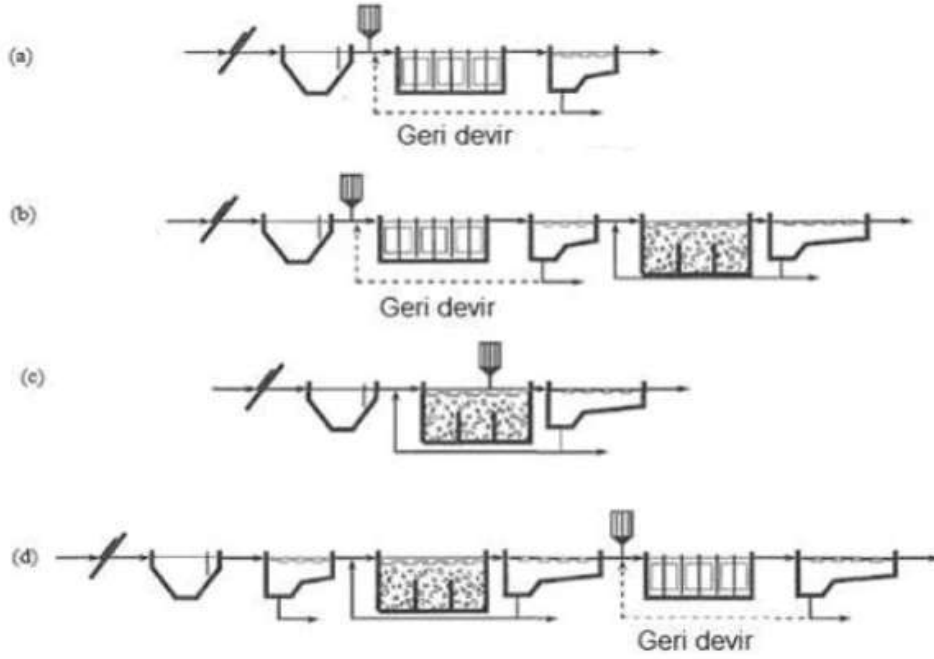
	<i>Alüminyum Sülfat</i>	<i>Polialüminyum klorür</i>	<i>Demir (II)sülfat</i>	<i>Demir (III)klorür</i>	<i>Kireç</i>
Doğrudan Çöktürme	+	+	-	+	+
Ön çöktürme	+	+	+	+	+
Eş zamanlı çöktürme	+	+	+	+	-
Son çöktürme	+	+	-	+	+
Çok noktalı çöktürme	+	+	+	+	+
Filtreler üzerinde çöktürme	+	+	+	+	-

Doğrudan Çöktürme

Genelde çöktürücü olarak, 8-10 arasındaki bir pH değerinde $Fe^{+++}Ca(OH)_2$ kullanılır. $Ca(OH)_2$ aynı zamanda tek başına da kullanılabilir, ancak bu durumda etkili yumaklaştırma elde edebilmek için pH'ın yaklaşık 11 civarında olması gerekir. $Ca(OH)_2$, atıksu debisinin % 3-5'i oranında deniz suyu ile birleşik de uygulanabilir. Deniz suyundaki magnezyum, pH'ın 9-10 değerinde destekleyici bir koagülan olarak rol oynar ve $Ca(OH)_2$ kullanımını azaltır (Metcalf & Eddy, 2003).

İlk Çökeltim Öncesi Çöktürme

Doğrudan çöktürme prosesi, biyolojik arıtma tesislerinin yükünü azaltmak için yaygın olarak kullanılmaktadır. Kimyasal destekli çöktürme ile klasik mekanik arıtma (ön çökeltim) da elde edilen % 30'luk organik madde giderimi % 50-70 mertebesine çıkarılabilmektedir (Metcalf & Eddy, 2003).



Şekil 3. Fosfor çöktürmesi için arıtma tesisi düzeni örnekleri; (a) doğrudan çöktürme, (b) ilk çökeltim öncesi, (c) eş zamanlı çöktürme ve (d) sonda fosfor çöktürme prosesleri

Çöktürme, mevcut mekanik arıtma işlemi ile birlikte uygulandığında genellikle yumaklaştırma birimi kullanılmaz. Havalandırılmalı kum tutucuların mevcut olduğu durumlarda ise, çöktürücü kimyasallar kum tutucu girişinde eklenebilir. Burada temel sorun, çamur oluşumundaki yüksek artış, dolayısıyla ilave çamur arıtma kapasitesi ihtiyacıdır. Fosfor/ AKM çöktürücü olarak, demir ya da alüminyum tuzları veya $Fe^{+++}Ca(OH)_2$ karışımı kullanılır. Fosfor gideriminin % 90'dan büyük olabilmesi için ilk yaklaşımda, mol Fe^{3+} veya Al^{3-} / mol çözülmüş P oranları > 2:1 olması önerilmektedir (Metcalf & Eddy, 2003).

Eşzamanlı Çöktürme

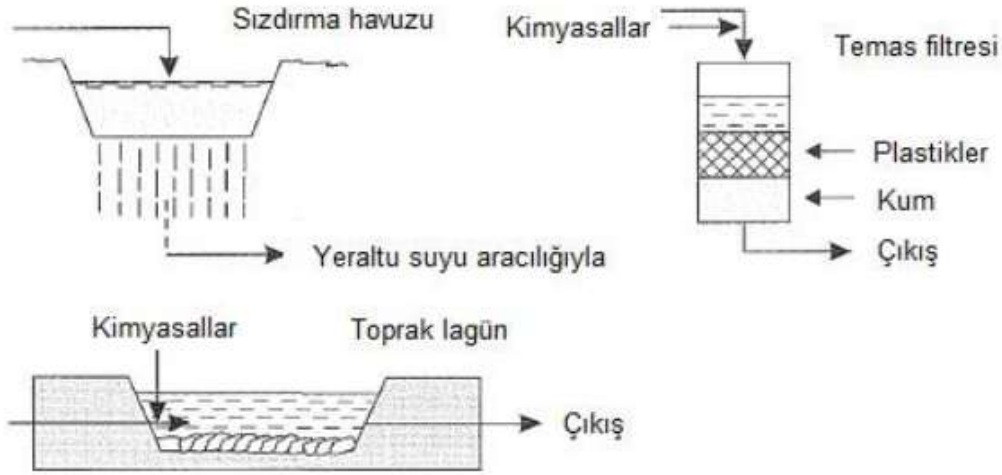
Bu proses özellikle fosfor giderimi için yaygın olarak uygulanmaktadır. Çöktürme alkalinite tüketen bir işlemdir; bu nedenle yumuşak sularda kireç formunda alkalinite ilavesi gerekebilir. Çöktürücü kimyasal, ilk çökeltim girişine, kum tutucuya veya doğrudan havalandırma havuzuna eklenebilir. Eşzamanlı çöktürmede yumaklaştırma üzerinde doğrudan bir kontrol yoktur, ancak genelde biyolojik çamurun yumaklaştırması yeterli olmaktadır. Eşzamanlı çöktürmeyi, ilk çökeltim öncesi ve/veya sonrada kimyasal fosfor giderimi işlemleri ile hızlı filtreye kombine biçimde uygulamak arıtmada daha büyük fayda (daha yüksek P giderimi) sağlayabilmektedir (Metcalf & Eddy, 2003).

Sonda Çöktürme

Bu proseste, genelde alüminyum tuzları kullanılır. Burada organik maddenin etkileşimi olmaksızın net bir kimyasal çöktürme işlemi gerçekleşir. Prosesin sonucunda susuzlaştırması nispeten daha güç ve büyük hacimli bir kimyasal çamur oluşur (Metcalf & Eddy, 2003).

Destekleyici İlave Arıtma Sistemleri Temas Filtrasyonu

Fosfor için çok düşük çıkış konsantrasyonlarına ulaşılması istendiğinde, atıksuyun son çökeltim sonrası temas yüzeyli filtrede ileri derecede arıtımı gerekir (Şekil 4).



Şekil 4. Düşük fosfor konsantrasyonlarına ulaşabilmek için uygulanabilecek arıtma sonrası işlemler

Prensip olarak temas yüzeyli filtrasyon prosesi, giriş akımına fosfor çökeltici kimyasalın ilave edildiği bir hızlı filtreden oluşur. Söz konusu çözünmüş fosfatın büyük kısmı, filtrede tutulan tanecikler içinde yer alır. Ayrıca arıtma tesisinde çökelemeyen parçacıklar da filtrasyonla giderilir. Filtrenin çok kısa sürede tıkanmasını önlemek üzere, üstte iri taneli plastik ve altta kum tabakalarından oluşan çift ortamlı bir filtreler kullanılır. Plastik tabakanın büyük gözenek hacmi sayesinde, kombine işleyen bir plastik/kum filtresi klasik kum filtresine göre daha büyük hacimlerde fosforlu çamurun tutulmasını sağlayabilmektedir (Metcalf & Eddy, 2003). Bir temas yüzeyli filtredeki çökeltme ve yumaklaştırma mekanizmaları, diğer çöktürme prosesleriyle teknik olarak aynıdır. Bu proseste, genellikle demir tuzları fosfor çöktürücü olarak kullanılmaktadır.

Toprak Lagünler

Bu proses, iyileştirme veya fosfor çöktürme işleminin ilk safhası olarak kullanılabilir. Prosesin verimi, toprak havuzun (lagün) boyutuna ve uygulanan kimyasal dozajına bağlıdır. Toprak bir havuz, uygun kimyasalların ilavesi ile oluşan floklar (yumak) için bir çöktürücü işlevi görür. Toprak havuz (lagün) yeterli büyüklükte yapılırsa, aynı zamanda bir alg havuzu olarak da çalışır. Bu durumda, lagünün giriş akımına kimyasal madde ilavesine gerek kalmayabilir. Ancak, havuz çıkışı akımından algleri ayırmak üzere ilave bir kimyasal çöktürme tesisi kurulması gerekebilir (Metcalf & Eddy, 2003). Lagünlerde, çöktürücü olarak demir ve alüminyum tuzları kullanılabilir. Kimyasal çamur, havuzun dibinden belirli aralıklarla sıyrılarak uzaklaştırılmalıdır.

Sızdırma Havuzları

Burada amaç toprağın süzme ve iyon değişim kapasitesini kullanarak fosfatı bağlamaktır. Bu prosesin etkin şekilde gerçekleşebilmesi için, organik madde içeriğinin büyük çoğunluğunun ayrıştırıldığı bir birinci kademe arıtma uygulanması gerekir. Sızdırma havuzları kesikli olarak işletilmekte olup bu süre sonunda 1-2 hafta dinlendirilir. Dinlendirme dönemlerinde havuzlar kuru kalır ve tabanın üstündeki tabaka okside olur; bu da tabanda biriken organik madde üzerinde üreyen mikroorganizmaların oluşturacağı tıkanmayı engeller (Metcalf & Eddy, 2003).

Fosfor Giderimi İçin Arıtma Tesisi Tasarımı

Arıtma tesisi tasarımı;

- Toplam fosfor,
- Çözünmüş fosfor ile askıda fosfor

türlerine bağlı olarak iki şekilde gerçekleştirilebilir. Bu iki yöntemden; toplam fosfora dayalı olarak yapılan tasarım daha kolay olmakla beraber, emniyeti düşüktür.

Toplam Fosfora Dayalı Tasarım

Hızlı sonuç veren ancak tam manasıyla güvenilir bir yöntem olmayan bu tür tasarımda, tesis çıkış suyunda ayrı ayrı hesaplanan çözünmüş ve askıda fosfor miktarları esas alınır.

Tablo 5’de, literatür verilerine göre toplam fosfor gideriminde kullanılan yöntemler, çöktürmede kullanılan metal tuzu konsantrasyonları ve ilgili optimum pH aralıkları verilmektedir (Henze vd., 2002).

Çıkış konsantrasyonu: 2-3 g P/m ³	Biyolojik fosfor giderimi Eşzamanlı çöktürme, Fe ⁺⁺ veya Al ⁺⁺⁺ , MO=0,8 Ön çökeltim, Al ⁺⁺⁺ , MO=1
Çıkış konsantrasyonu: 1-2 g P/m ³	Eşzamanlı çöktürme, Fe ⁺⁺ veya Al ⁺⁺⁺ , MO=1 Çöktürme, Ca ⁺⁺ + Fe ⁺⁺ , pH 8-9, MO (Fe)=1 Doğrudan çöktürme, Ca ⁺⁺ , pH 10-11 Doğrudan çöktürme, Al ⁺⁺⁺ , MO=1,5 Sonda çöktürme, Al ⁺⁺⁺ , pH 6,5-7,2, MO=1
Çıkış konsantrasyonu: 0,5-1 g P/m ³	Eşzamanlı çöktürme, Fe ⁺⁺ veya Al ⁺⁺⁺ , MO=1,5 Eşzamanlı çöktürme + çökeltim veya toprak havuzlar, Fe ⁺⁺ veya Al ⁺⁺⁺ , MO=1,5
Çıkış konsantrasyonu: 0,3-0,5 g P/m ³	Sonda çöktürme, Al ⁺⁺⁺ , pH 5,5-6,5, MO=2 Doğrudan çöktürme, Ca ⁺⁺ , pH 10-11 + deniz suyu Ön çöktürme, Ca ⁺⁺ + Fe ⁺⁺ , pH 9-10, MO (Fe)=1,5 Eşzamanlı çöktürme, Fe ⁺⁺ veya Al ⁺⁺⁺ + temas filtrasyonu, Fe ⁺⁺ veya Fe ⁺⁺⁺ , her ikisi de MO=2 Sonda çöktürme, Al ⁺⁺⁺ , pH 5,5-6,0, MO=2 + temas filtrasyonu, Fe ⁺⁺ , MO=2

Tablo 6 ve Tablo 7’de ise, çift ortamlı (plastik ve kum tabakalı) temas yüzeyli filtrelerde, alüminyum ve demir tuzları ile fosfor giderimi için giriş ve çıkış suyu toplam fosfor değerleri ile mol oranları verilmiştir.

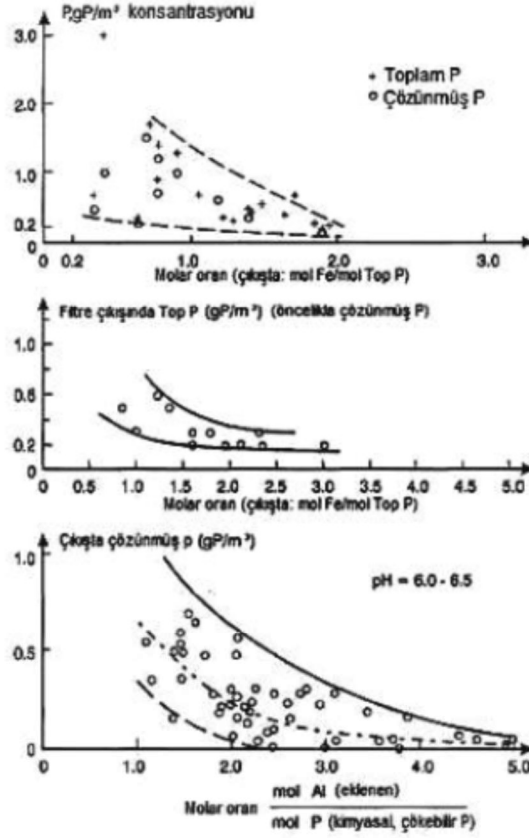
Literatürde, çıkış suyundaki toplam fosforun mol oranlarıyla (MO) ifade edildiği çok sayıda örnekle karşılaştırılır. Şekil 7.'da, fosfor gideriminin mol oranlarıyla gösterildiği eş zamanlı çökelme eğrileri verilmektedir.

Tablo 6. Temas filtrasyonu ile çöktürmede, Fe⁺⁺⁺, Fe⁺⁺ ve Al⁺⁺⁺ ile fosfor giderimi

Çöktürücü	Mol oranı çıkış suyunda Me/çözünmüş P	Giriş		Çıkış		Molar giderim Δmol P/mol Me
		Top. P gP/m ³	PO ₄ -P g P/m ³	Top. P g P/m ³	PO ₄ -P g P/m ³	
Fe ⁺⁺⁺	0,8	0,54	0,25	0,31	0,25	0,46
Fe ⁺⁺⁺	1,1	0,4	0,16	0,24	0,16	0,40
Fe ⁺⁺⁺	1,1	1,73	0,65	0,90	0,65	0,42
Fe ⁺⁺	1,2	3,87	1,55	1,71	1,55	0,44
Fe ⁺⁺	1,2	1,09	0,33	0,50	0,33	0,47
Fe ⁺⁺	5,5	1,37	0,22	0,44	0,22	0,13
Al ⁺⁺⁺	0,3	-	1,23	-	1,23	0,79
Al ⁺⁺⁺	1,1	-	0,83	-	0,83	0,47
Al ⁺⁺⁺	1,4	-	0,34	-	0,34	0,50
Al ⁺⁺⁺	6,9	-	0,05	-	0,05	0,11
Al ⁺⁺⁺	7,7	0,19	0,05	0,19	0,05	0,11

Tablo 7. Demir sülfat ile eşzamanlı çöktürmeyi takiben temas filtrasyonu çıkışındaki AKM ve fosfor değerleri

	AKM (g SS/m ³)	Askıda P (g P/m ³)
Eş Zamanlı çöktürme çıkışı (temas yüzeyli filtrasyon girişi)	10 ±3	0,44 ±0,18
Temas yüzeyli filtrasyon çıkışı	6 ±3	0,21 ±0,09



Şekil 7.5. Eşzamanlı çöktürme için giriş akımına ilave edilen metal tuzu miktarı ve metal/fosfor mol oranı arasındaki ilişki (ABD ve Danimarka'dan tesis örnekleri) (Henze vd., 2002)

Kimyasal Çöktürme ve Yumaklaştırmanın Atıksu Arıtımı ve Çamur Oluşumuna Etkileri

Kimyasal Yöntemlerle Fosfor Gideriminin Biyolojik Proseslere Etkisi

Organik maddelerin biyolojik olarak ayrışması ve biyo-kimyasal oksidasyonu ile azotun indirgenmesi aşağıdaki işlemlerden etkilenmektedir (ATV 202E, 2004):

Ön çöktürme: N/BOİ5 oranının arttırılması ve atıksuyun asiditesinin değiştirilmesinin yanı sıra çamur yaşının arttırılması,

Eşzamanlı çöktürme: çöktürme ve yoğunlaştırma özelliklerinin geliştirilmesinin yanı sıra, aktif çamurun inorganik kısmının artması, fazla çamur miktarının artması, asiditenin azalması ve çöktürücünün özelliğine bağlı olarak nitrifikasyonu tetikleyici veya engelleyici etkisi,

Sonda çöktürme: bu üiteden tesis girişine çamur geri devrinin yok sayılabilecek kadar düşük etkisi

Burada dikkat edilmesi gereken husus, çöktürmenin hangi yöntemle uygulandığına bakılmaksızın, takip eden biyolojik arıtmaya yeterli fosfor sağlanması gereğidir (100 mg/L BOİ5 başına 0,7 mg/L P ~ 1 mg/L).

Asidite düşürülmesi, genellikle metal iyonlarının kilogramı üzerinden tanımlanmasına karşın, esasen çöktürücüdeki asit kalıntılarının muhteviyatına bağlıdır. Bu değer demir için 54 mol/kg, alüminyum için 111 mol/kg'dır. Nitrifikasyonun inhibe olmasının önüne geçebilmek için, güvenlik açısından 1,5 mmol/L'luk asidite sağlanmalıdır. Kritik durumlarda, tercihen sönmüş kireçle beraber, alkali bir çöktürücü kullanılır. Sönmüş kireç ile dozlamada pH değeri, ortamda çözünmüş alüminyum birikmesi ve kalsiyum karbonat çökmesinin önüne geçilebilmesi için hızlı (aşırı) arttırılmamalıdır (ATV 202E,2004).

Eşzamanlı çöktürmenin bir sonucu olarak, aktif çamurun inorganik kısmı artar. Tesisin boyutlandırmasında, oluşacak fazla çamur miktarı da dikkate alınmalıdır. Gerek ön, gerekse sonda çöktürmede, kimyasal çamur oluşum sürecine ilişkin işlemler aynı şekilde ilerlemektedir.

Fosfor Giderimin Çamur Oluşumuna Etkileri

Katı Madde Yüğü

Çökebilien floklar içindeki çözünmüş ve askıda katı maddelerin taşınımı suretiyle, katı madde oranı artış gösterir. İlave katı madde yükü ise eklenen çöktürücü, oluşan bileşikler ve ayrılan katı madde miktarlarına bağlı olarak değişim gösterir. Uygulamada, çöktürücülerin oluşturduğu fosfatlar, hidroksitler ve diğer maddeler, demir cinsinden 2,5 g/g ve alüminyum cinsinden 4 g/g'lik kuru katı madde içerirler (ATV 202E, 2004).

Katı maddenin toplamındaki artış, yukarıdaki özgül değerler ve dozlanan aktif madde miktarı kullanılarak hesaplanır. Geliştirilmiş biyolojik fosfor giderimindeki katı madde yükünde, artılan fosfor cinsinden, yaklaşık 3 g/g'lik bir artış beklenmelidir.

Çöktürücü olarak sönmüş kireç ilavesiyle, katı madde miktarı dozlanan kireç miktarının 1,35 katı kadar artar. Katı maddenin artışı pH'ın ~9,5 olduğu durumlarda, 50 g/(kişigün) ve 11 civarında olduğu durumlarda 200 g/(kişigün) olarak gerçekleşir (ATV 202E, 2004).

Çamur Hacimleri

Fosfat giderimi sonucunda oluşan ilave çamur hacimleri, katı madde yükünün yanı sıra, su veya katı madde içeriğinden kaynaklanır. Daha yüksek katı madde muhteviyatı sağlanabilirse, çökme/yumaklaştırma reaksiyonunun katı madde veriminin artmasına karşın, çıkan çamur hacminin azalması mümkün olur (ATV 202E, 2004).

Oluşan flokların katı madde içeriğinde, seçilen işletme metodu (ön, eş veya sonda çöktürme) ile seçilen çöktürücünün tip ve miktarı etkilidir.

Ön çöktürme ile birincil çamurun katı madde içeriği, çöktürücü girdisinin artışıyla beraber artar. Eşzamanlı çöktürmede çamurun baştan düşük katı madde içerikli olması durumunda, artan dozlamalar sonucu cüzi artışlar söz konusu olur. Bu yolla çamur kabarmasının da önüne geçilir. Sonda çöktürmede, su muhtevası yüksek hidroksit flokları dozajın artmasıyla artar. Bunun neticesinde de, üçüncül çamurun katı madde muhteviyatı azaltılmış olur.

Makro flokların oluşumunda metal tuzlarının ($\beta > 2$) kullanıldığı durumlarda, hidroksit flok oluşumuna bağı olarak katı madde içeriği düşer. Bu durum, metal tuzlarının yerine organik çöktürücülerin (poli-elektrolit) kullanılmasıyla tersine çevrilebilir (ATV 202E, 2004).

Fosfor Gideren Arıtma Tesislerinin İşletilmesi

Fosfor gideriminde kullanılan arıtma tesislerinin işletimi esnasında karşılaşılan sorunlar aşağıdaki başlıklar altında ele alınacaktır:

- Güvenlik sorunları,
- Mekanik ekipman ve ölçme sorunları,
- Proses sorunları

Güvenlik Sorunları

Kimyasal fosfor çöktürücüler, Fe^{+++} , Fe^{++} ve Al^{+++} gibi orta derecede güçlü asitler veya $Ca(OH)_2/CaO$ gibi nispeten kuvvetli bazlardan oluşur. Bu yüzden kimyasallar, göze ve cilde zarar verme tehlikeleri dolayısıyla oldukça dikkatli kullanılmalıdır. Sönmüş kireç $Ca(OH)_2$ ve sönmemiş kireç CaO için de geçerli olmak üzere, bu tarz pudramsı maddeler şiddetli toz oluşumuna yol açabilirler. Bu maksatla, gerektiğinde kimyasallar için kapalı dozlama sistemleri kullanılmalıdır.

Mekanik Ekipman ve Ölçme Sorunları

Demir ve alüminyum tuzları kullanırken korozyon sorunu ortaya çıkabilmektedir. Plastikler, boru ve konteynerlerin imali için uygun malzemelerdir.

Çöktürücüler, belli bir oranda çözünemeyen madde içeriğine sahip teknik (ticari) kalite ürünlerdir. Bu malzemeler, boru dirsekleri, vanalar vb. hassas noktalarda tıkanma ve pompalarda aşınmaya yol açabilirler. Örneğin alüminyum sülfat, alüminyum oksit içeren çok iyi öğütücü nitelikli bir maddedir. Bu sebeple borular ve benzeri yapılarda aşınma ve tıkanma sorunlarına dikkat edilmeli ve sürekli takip edilmelidir.

Kimyasal çöktürme sistemlerinde pH ölçümü, proses izleme ve/veya kontrolü için esastır. Burada dikkat edilmesi gerekli husus, pH elektrodunun üzerinin kaplanması dolayısıyla hatalı ölçümlere ve yanlış dozlamaya yol açabilme riskidir. pH ölçerlerde yaşananlara benzer sorunlara iletkenlik, bulanıklık oksijen ölçümlerinde de rastlanır.

Proses Sorunları

Burada proses sorunları olarak tanımlanan problemler, fosfor çıkış değerlerinin sağlanıp sağlanmadığı ile ilişkilidir. Çözünmüş ve askıda fosforun ayırt edilmesi oldukça önem taşımakta olup iki bileşen için alınacak önlemler farklılık gösterir. Demir (genellikle Fe^{++}) ile eş zamanlı çöktürme esnasında, havalandırma havuzunda oksijen kontrolünün sağlanamaması ve havalandırma kaynaklı yüksek türbülans oluşumu olmak üzere iki temel problem ortaya çıkabilmektedir. Organik madde ile eşzamanlı çöktürme uygulanan sistemlerde anaerobik şartlar oluşabilir. Bu durum, Fe^{+++} 'nin Fe^{++} 'ye indirgenmesi ve sudaki kalsiyum iyonlarının konsantrasyonuna bağlı olarak fosforun belirli oranda ortamda çözünmesi ile sonuçlanır. Bu çözünme özellikle pH'ın 7 veya daha düşük değerlerinde gözlenmektedir.

Tesiste aerobik koşullar, organik madde kaynağının azaltması veya havalandırma kapasitesinin artırılmasıyla yeniden sağlanabilir. Havalandırma kapasitesi, örneğin aktif çamur sistemlerinde, difüzör aracılığıyla daha fazla hava üflenmesi ile artırılabilir. Ancak bu durumda da oluşan yüksek türbülans biyo-kimyasal flokları parçalayarak çıkış suyundaki fosfor konsantrasyonunun yükselmesine yol açabilir. Optimum yumaklaştırma, ortalama hız gradyanı $G = 10-50 \text{ s}^{-1}$ seviyesinde sağlanır. Buna karşılık, bir aktif çamur sisteminin havalandırma havuzundaki G değeri optimum aralığın oldukça üstünde 100-200 s^{-1} olabilmektedir. Bu yüzden, tank içerisinde havalandırmanın mümkün olduğunca az türbülanslı şekilde yürütülmesi, gerektiğinde oksijen aktarımının kaba kabarcıklı yerine ince kabarcıklı difüzörler kullanılarak yapılması önem taşımaktadır.

Fe^{++} ile eşzamanlı çöktürmede, $B_x = 0,2-0,4 \text{ kg BOİ} / (\text{kg AKM} \times \text{d})$ olan orta yüklü tesislerde, havalandırma tankındaki belirgin köpük problemi nedeniyle özellikle belirli bir tür mikroorganizmanın (aktinomisetler) gelişiminde artış gözlenmiştir. Bu sorun düşük yüklü tesislerde gözlenmemektedir. Al^{+++} kullanımında ise, anaerobik koşullarda fosfor çözünmesi ile ilgili herhangi bir sorun yaşanmayacaktır. Eşzamanlı çöktürmede pH kontrolü işlemi düşük dozlarda, bir başka deyişle yaklaşık 1 mol oranlarında bilhassa önem taşır.

Demir ve alüminyum tuzları ile yapılan çöktürme sonrası işlemler ve temas filtrasyonunda karşılaşılan en temel sorun ise, düşük dozajlarda suyun alkalinitesinin kritik önem kazanmasıdır. Düşük alkalinite ve dolayısıyla düşük konsantrasyonlarda fosfat elde edebilmek için asit ilavesi gerekir. Bu, sülfürik asit, hidroklorik asit veya daha fazla kimyasal çöktürücü (asidik türde) ekleyerek yapılabildiği gibi, alkalinite tüketen bir işlem olan biyolojik proseste nitrifikasyon ile de sağlanabilir.

Fosfat konsantrasyonunu düşürmek için kullanılan diğer bir yöntem de, çöktürme sonrası işlemlerden biyolojik proseslere kimyasal çamurun geri devridir. Bu şekilde, eşzamanlı çöktürme ile çöktürme sonrası işlemler birleştirilmiş olup esasen fosfor

bağlayıcı kapasiteye sahip olan bu çamurun daha etkin kullanımı sağlanır. Son çöktürme sonrası kimyasal fosfor giderim işlemleri, çözülmüş fosfor açısından bazı sorunlar oluşturabilir; bunun en önemli sebebi prosesin optimum G değerinde yürütülmemiş olmasıdır. Türbülans koşullarını optimize etmenin yanı sıra, flokların mekanik gücünü arttıran organik polimer ilavesi yapılabilir. Ayrıca flok hacim oranını arttıracak şekilde, ikincil çökeltme tankından yumaklaştırma tankına kimyasal çamur da geri devrettirilebilir.

ATIKSU ARITIMI TESİSİ TASARIMI VE PROJESİ

Endüstriyel atıksuların debisi max. Debiye göre ve üretim saatlerinde yapılır. Eğer evsel atıksular ile arıtılacaksa nitelik bakımından iyi bilinmelidir. Birleşik sistem kanalizasyon sistemlerinde yağmur suyu debisi göz önüne alınmalıdır. Birleşik sistem ekonomik değildir.

- **Günlük debi** : Kim. madde hesabı, çamur katısı, organik yükleme belirlenmesinde kullanılır.
- **Ortalama debi** : Kütleli yükleme hızının belirlenmesinde kullanılır.
- **Debi dengeleme** :Sabit debi elde etmek ve karıştırma ile sbt kirlilik yükleri ve konsantrasyonlar elde etmek. Aerobik ortamdır arıtım A.Ç. ile yapıyorsa ön havalandırma olur ve verimi artırır.

İŞLEM	BOI	KOI	AKM	P	N	NH ₃ -N
Izgara	-	-	-	-	-	-
Kum tutucu	0-5	0-5	0-10	-	-	-
Ön çökeltme	30-40	30-40	50-65	10-20	10-20	0
Klasik AÇ	80-95	80-85	80-90	10-25	15-50	8-15
Damlatmalı filtre						
Yüksek hızlı Kaya dolgu ortamlı	65-80	60-80	60-85	8-12	15-50	8-15
Süper hızlı plastik dolgu ortamlı	65-85	65-85	65-85	8-12	15-50	8-15
Biyodisk	80-85	80-85	80-85	10-25	15-50	8-15
Klorlama havuzu	-	-	-	-	-	-

Atıksuların niteliksel özellikleri

Debi (L/N-gün)	80-300
BOI (g/N-gün)	45-54
KOI “ “	(1,6-1,9×BOI
TOC “ “	0,54×BOI
PH	6,8-8,0
Yağ – gres “ “	20-30
Askıda katılar “ “	2-6
Toplam P “ “	6-8
Toplam N “ “	0,9-4

Evsel atıksuların karakteristikleri

Parametre	Zayıf	Orta	Güçlü
AKM (mg/L)	100	220	350
BOI “	110	220	400
KOI “	250	500	1000
T.N “	20	40	85
T.P “	4	8	15
Yağ-gres “	50	100	150

I - IZGARALAR

Izgaraların Tasarım kriterleri

Parametre	Elle temiz.	Mekanik temiz.	Projelendirme kriteri	İnce ızgara	Kaba ızgara
Çubuk genişliği (cm)	0,5-1,5	0,5-1,5	Projelendirme debisi	max	max
Çubuk derinliği (cm)	2,5-3,75	2,5-3,75	Çubuk aralığı (cm)	1,5-3,0	<0,4
Çubuklar arası açıklık (cm)	2,5-5,0	0,5-7,5	Yerleşim açısı (yatayla)	60-80	30-60
Çubukların yatayla yaptığı açı	30-45	0-30	Kanalda hız (m/sn)	>0,5	>0,5
Yaklaşım hızı (m/sn)	0,3-0,6	0,6-1,5	Çubuklar arası hız (m/sn)	<1,2	<1,2
Yük kaybı (cm)	15	15	Temizlenme şekli	Mekanik	Elle-mekanik

$$h_f = f \left(\frac{s}{b} \right)^{\frac{4}{3}} \chi \left(\frac{v^2}{2g} \right) \chi \sin \alpha$$

- ızgara cubukları arası hız 0,6-1,2 m/sn olmalıdır. Kanaldaki yatay akım hızı 0,4 m/sn den büyük olmamalıdır. Izgaraya yaklaşım hızı 0,9 m/sn civarında olmalıdır.

- Izgarada tutulan madde miktarı; ızgara arası açıklık, atıksu debisi, atıksu toplama sisteminin tipine, halkın sosyo-ekonomik yapısına bağlıdır. Izgarada tutulan maddeler; öğütme,anaerobik çürütme, yakma, gömme uygulanabilir.

II - KUM TUTUCULARAR

- Özellikle birkeşik sistemlerde kullanılırlar. Pompa, vana gibi mekanik aksamın korunmasında önemlidir.
- Hız kontrollü kum tutucuda hız, sutro veya orantılı savak yardımı ile yapılır. Dikdörtgen biçimli kum tutucuda hız kontrolü parsall savağı ve orantılı akım savağı ile yapılır. Trapez kesitli de dikdörtgen çıkış savağı bulunur. Venturi kanalıda hız kontrolü için kullanılır.
- Havalandırmalı kum tutucuda Verilen hava mik. 4,6-12,4 L/sn.m min alıkonma süresi 3 dk.
- Kum tutucularda ürbülans verimi etkileyen önemli parametrelerden birisidir ve kontrol edilmelidir. Ayrıca taban kazınması da verimi etkileyen önemli faktörlerdendir. Kritik akım hızının üstündeki hız değerlerinde tabandaki kum tekrar süspans hale gelir. $V_{kritik} = 0,3$ m/sn dir.

Havalandırmalı kum tutucu tasarım esasları

Parametre	Aralık	Tipik değe
Max. Debide td	2-5	3
Derinlik (m)	2,1-4,8	
Uzunluk (m)	7,5-19,5	
Genişlik (m)	2,4-6,9	
Genişlik –derinlik oranı	1:1-5:1	1,5:1
Uzunluk –genişlik oranı	3:1-5:1	4:1
Hava gereksinimi (m ³ /dk.m uzunluk)	0,2-0,5	
Tutulan kum miktarı (L/m ³ atıksu)	0,004-0,2	0,015

Havalandırmalı kum tutucunun avantajları;

- 1-Hava ile temizlenen atıksuda ilave AKM ve BOI giderimi olur.
- 2-Havalandırmada min. Yük kaybı
- 3-Nispeten düşük ayrışma özelliğine sahip organik maddelerin kumdan ayrışması
- 4-Yüksek kum tutma verimi
- 5-Atıksu debisinin salınımlarına karşın sabit giderim verimi
- 6-Yağ tutuma amaçları içinde kullanılabilirlik.

Yatay akımlı kum tutucuların tasarım kriterleri

Parametre	Aralık	Tipik değer
Alıkonma süresi (sn)	45-90	60
Yatay akım hızı (m/sn)	0,25-0,4	0,3
Tanecik çapına bağlı olarak çökme hızı (m/dk)		
0,2 mm	0,96-1,26	1,14
0,15 mm	0,6-1,0	0,75
Kanal derinliğinin %si olarak kontrolki yük kaybı	30-40	36

III - YÜZDÜRME SİSTEMLERİ

Çökeltme işleminin tersidir. Suyun özgül ağırlığından düşük askıda taneciklerin yükseltilmesi esasına dayanır. Köpük gideriminde çok etkilidir.

- 1- **Basit yağ kapanları:** Yağ kons. Düşük olan tesislerde kullanılır. td 5-15 dk. YHY 0,5-1,5 m³/m².saat dır.
- 2- **Sıyırma havuzları :** Yağ ve petrol türevlerinin gideriminde kullanılır. YHY 0,9-3,6 m³/m².saat dır. Yatay akım hızı 18-55 m/saat. Su derinliği- havuz genişliği oranı 0,3-0,5 dır.
- 3- **Havalandırmalı yağ tutucuları:** YHY 15-25 m³/m².saat dır.
- 4- **Eğik plakalı ayırıcılar :** Yer çekimi ile yağ ve katı maddelerin su fazından ayırımını sağlar.
- 5- **Çözünmüş hava yüzdürmesi:** Basınçlı hava ile doyurulmuş atıksu atmosfer basıncına çıktığında gazlar çözünür ve yukarı çıkarken AKM, yağ-gerside tutar. Yüksek verime sahiptir. Basınçlandırma sistemi 3-5 atm basınç verir. %30- 40 lık geri çevrime sahip, 0,04-0,165 m³/m².saat YHY ye sahip, 20- 40 dk. Alıkonma süresindeki atıksulara uygulanır.

IV - ÇÖKELTME HAVUZLARI

Sudan daha fazla yoğunluğa sahip taneciklerin yerçekimi etkisi ile çökeltmesi esasına dayanır. Giriş, çökeltme, çamur, çıkış bölgelerinden oluşur.

1. Sınıf katılar: Taneli katı maddeler. Çökeltme hızları konsan- trasyondan bağımsızdır. Ve YHY ye eşittir. Yumak oluşturma eğilimine sahip değildir.

2. Sınıf katılar: Gittikçe büyüyen partiküller. Tanecik büyümesi önemlidir. Giderim, YHY ün bir fonksiyonu olup td den bağımsızdır.

• Evsel atıksular için ön çökeltmede YHY 0,38-0,47 L/m³.sn olmalı

• D.F. ve biyodisk gibi yapışık büyüme süreçlerinin som çökeltme havuzlar 0,24-0,33 L/m³.sn YHY ye göre tasarlanmalıdır. Eğer demir(+3) klorür ve polimer kullanılıyorsa YHY 0,21-0,74 L/m³.sn olmalı.

3. Sınıf katılar : Çökeltme hızı konsantrasyonun bir fonksiyonudur ve AKM konsantrasyonu önemli mertebededir. td ve katı yükleme hızı önemlidir. Çökeltme hızı yüksek F:M ve düşük sıcaklık değerleri için düşüktür.

Parametre	Aralık	Tipik değer
Dikdörtgen planlı ön çökeltme havuzları		
Derinlik (m)	3,1-4,6	3,7
Uzunluk (m)	15,2-91,4	24,4-39,6
Genişlik (m)	3,1-24,4	4,9-9,8
Uzunluk/genişlik	3:1	
Genişlik/derinlik	1:1-2,25:1	
Savak yükü m ³ /m.gün	<10	2,5
Dairesel ön çökeltme havuzları		
Derinlik (m)	3,1-4,6	3,7
Çap (m)	3,1-61,0	12,2-45,7
Taban eğimi (mm/m)	62,5-166,7	83,3
Savak yükü	125--500	

Çökeltme havuzlarının bekleme süreleri ve YHY'leri

Havuz tipi	Td(saat)	So(m/saat)
Basit çökeltim havuzu	1,5-2,5	1,0-1,5
Ön çökeltim havuzu	D.F	1,5-2,5
	A.Ç	1,0-2,0
Son çökeltim havuzu	D.F	2,0-2,5
	A.Ç	>3,0

- Giriş yapısının görevi, gelen akımı hem yatay hem de düşey düzlemde tüm havuz en kesiti boyunca üniform olarak yaymak
- Çök. havuzlarında giderim verimi derinliğinden bağımsızdır.
- Evsel atıksuda toplam kuru katı mik. 0,12-0,2 kg/kişi.gün dür.
- Kim. maddelerin kullanılmadığı ön çök. Havuzlarında AKM giderme verimi %50-60 kolloidal giderme verimi %30-35
- Ön çök. Oluşan çamurun katı madde oranı %2,5-5,0 dır.
- Çökeltme ünitesinin giriş yapısında hız 0,5-1 m/sn olmalı.

BİYOLOJİK ARITIM

Biyolojik arıtım metotları

1-A.Ç 2-D.F 3-B.D 4-H.L 5-S.H 6-ANR.ART

Atıksu arıtımında kullanılan biyolojik sistemler;

1-Aerobik sis. 2-Anaerobik sis. 3-Anoksik sis.

4-Aerobik-Anaerobik sis. 5-Aerobik-Anoksik sis.

1-AEROBİK SİSTEMLER

A-SÜSPANSE BÜYÜME

A-1) Aktif Çamur

a-Klasik A.Ç b-Tam karışimli A.Ç c-Kademeli

havalandırma d- Azalan havalandırmalı sis.

e- Saf O₂ li havalandırma f-Kontakt stabilizasyon

g-Uzun havalandırmalı h-Oksidasyon hendekleri

A-2) Süspanse Büyüme Nitrifikasyon

A-3) Aerobik Çürüme

a-Klasik havalandırma b- Saf oksidasyon

A-4) Yüksek Hızlı Aerobik Alg Havuzları

B- BAĞLI BÜYÜME

B-1) Damlatmalı filtre

a-Düşük hızlı D.F b-Yüksek hızlı D.F

B-2) Dönen Biyodisk Sistemleri

B-3) Paket Yataklı Reaktörler

C- KOMBİNE SİSTEMLER

a- A.Ç + D.F b- D.F + A.Ç

2-ANOKSİK SİSTEMLER

A- SÜSPANSE BÜYÜME

a- Süspanse Büyüme Denitrifikasyon

B- BAĞLI BÜYÜME

a- Sabit Film Denitrifikasyon

3- ANAEROBİK SİSTEMLER

A- SÜSPANSE BÜYÜME

A-1) Anaerobik Çürüme

a- Standart Hızlı Tek Kademeli b- Yüksek Hızlı Tek Kademeli c- İki Kademeli

A-2) Anaerobik Kontakt Prosesi

A-3) Anaerobik Lagünler

B- BAĞLI BÜYÜME

B-1) Anaerobik filtreler

4- ANAEROBİK/ANOKSİK VEYA AEROBİK/ANAEROBİK SİSTEMLER

A- SÜSPANSE BÜYÜME

A-1) Tek kademeli nitrifikasyon – Denitrifikasyon

B- BAĞLI BÜYÜME

B-) Tek kademeli nitrifikasyon – Denitrifikasyon

C- KOMBİNE SİSTEMLER

C-1) Fakültatif Lagünler

C-2) Olgunlaştırma Havuzları

C-3) Aerobik – Fakültatif lagün

C-4) Anaerobik – Fakültatif – Aerobik lagün

V - AKTİF ÇAMUR SİSTEMİ

AÇ, organik ve inorganik maddeler içeren atıksu ile hem canlı hem de ölü mikroorganizmaların karışımıdır. Aktif çamur süreci mikroorganizmaların organik maddeyi oksijen kullanarak ayrıştırmasını esasında yararlanılarak geliştirilen bir aerobik biyolojik arıtma sistemidir.

- AÇ süreci 0,15-0,5 kgBOI₅/kgMLSS.gün lük karbonlu organik madde yükleme hızına ve 3-6 günlük katı alıkonma süresine göre tasarlanırlar.
- Çıkış suyu kalitesini bozan en önemli parametre AKM konsantrasyonudur. Diğer etkenler; yetersiz alıkonma süresi, karışım, geri çevrim oranının düşük olması, düşük oksijen. Kapasitesi.
- Çıkış suyunda en fazla 10 mg/L BOI₅ ve 15 mg/L AKM vardır
- KAS artırılırsa nitrifikasyon başlar(en az 10 gün).Yüksek KAS nitrifikasyon bakterilerinin yeterli sayıda bulunmasını sağlar. O₂ konsantrasyonu 1mmg/L den az olursa nitrifikasyon bakterilerini inhibe eder. Optimum ph 8-9 aralığıdır. Yüksek KAS da verim fazla olur ve oluşan çamurda fazla olur.
- Azot oksidasyonu için iki kademeli AÇ süreci iyidir. İlk kademe yüksek hızlıdır ve karbonlu madde giderilir. İkinci kademede ise nitrifikasyon gerçekleşir. Her kademe ayrı çökeltme havuzuna ve geri çevrim oranına sahiptir. UHAÇ sürecinde C ve N giderimi aynı havuzda gerçekleşir.
- Sıcaklığın azalması nitrifikasyonu azaltır. KAS ın artırılması ile bu etki karşılanabilir. Yaz aylarında sıcaklığın artması ile oksijenin çözünürlüğü azalır ve oksijen gereksinimi artacaktır. Evsel atıksular yeterli miktarda nitrüent içerir.
- Organizmaların sistem içerisindeki büyüme dönemleri;
 - 1- Adaptasyon dönemi: Organizmaların ortama alışma dönemi
 - 2- Logaritmik büyüme dönemi: Organizmaların max. Büyüme dönemi
 - 3- Yavaşlama dönemi: Besi maddesi azalması veya toksik etkilerle büyüme yavaşlar
 - 4- Durgun büyüme dönemi: Hücre konsantrasyonu sabittir. Büyüme hızı ölüm hızına eşit.
 - 5- Ölüm dönemi: Ölüm hızı büyüme hızından büyüktür.

• Havalandırma havuzlarında ki yük birimleri:

1- **Hidrolik yük** : $Q_v = Q/V$ t(bekleme süresi) = 1/Q_v

2- **Biyolojik yük** : $L \left(\frac{kgBOI_5 / gün}{m^3} \right) = F/V$

F: Besin maddesi miktarı = QxS₀ S₀ = Giriş BOI konsantrasyonu

L = Q*S₀ / V = Q_v*S₀ = S₀/t

3- F/M oranı (çamur yükü , L_s)

$F/M = L_s = \frac{kgBOI_5 / gün}{kgMLSS} = Q*S_0/V*X = S_0/t*X$

F: Besi maddesi , M: Biyomas miktarı , X: kg MLSS /m³

- Logaritmik fazda; 0,5 < F/M < 1,0 (yüksek hızlı sistem)
- Sabit büyüme fazında; 0,2 < F/M < 0,5 (normal veya düşük hızlı sistem)
- Azalan hızlı büyüme fazında; 0,05 < F/M < 0,2 (uzun havalandırmalı sistemlerdir)

4- Çamur yaşı θ_c , KAS, SRT

$$\theta_c = X_T / (\Delta X / \Delta t)_T = V * X / Q_w * X_r + Q_e * X_e$$

X_T = Arıtma sistemindeki toplam m/o kütlesi

$(\Delta X / \Delta t)_T$ = Arıtma sisteminde 1 günde uzaklaştırılan m/o kütlesi

θ_c : Klasik A.Ç sistemlerinde 5 – 10 gün
Uzun havalandırmalı sistemlerde 30 – 40 gün

5- Çamur hacim indeksi CHİ : Kuru halde ağırlığı 1 gr olan maddenin 30 dk.'lık çökeltme sonucunda 1 L de işgal ettiği hacim

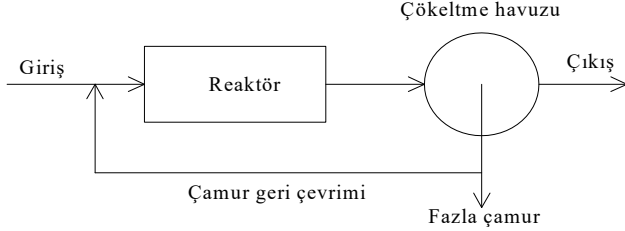
- CHİ , çamurun çökeltme özelliklerinin bir ölçüsüdür ve bu nedenle geri çevrim oranını ve MLSS konsantrasyonunu etkiler. Tasarımda anahtar faktördür. Dolaylı olarak MLSS konsantrasyonunu sınırlar. Çünkü, çökeltim havuzu dibindeki çamur konsantrasyonunu kontrol eder. Soğuk havalarda kötü çökeltme özelliklerinden dolayı CHİ artar.
- Çökeltme havuzuna fazla katı yükleniyorsa, sistemden mikroorganizmaların yıkanarak kaçması gerçekleşir. Bunu engellemek için daha düşük CHİ veya daha büyük çökeltme havuzu hacmi uygulanmalıdır.
- İyi bir işletim için CHİ nin 80-120 mg/L arasında olması gerekir. CHİ nin bu aralıkta tutulması için, çok kademeli havalandırma havuzları uygulanabilir. Düşük CHİ değeri de bazı sorunlara neden olur. Düşük CHİ hızlı çökelen çamurun ve/veya yüksek inorganik AKM nin yetersiz biyo kütlelerin bir göstergesidir. Sonuçta birbirleri ile birleşen ve yumak oluşturan çamur yerine hızla ve ayrık çökeltme özelliğine sahip çamur oluşur ve üst sıvı oldukça bulanıktır.

$$\text{SVI (ml/g)} = \frac{V_{\text{çökelen(ml/l)}}}{\text{MLSS(mg/l)} * 10^{-3} \text{(g/mg)}}$$

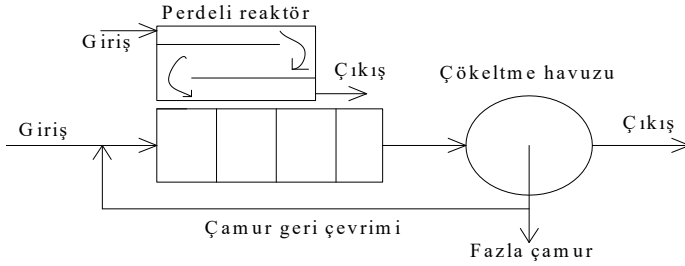
- Yüksek KAS değerine sahip süreçler daha düşük miktarda nutrient gerektirirler. Çünkü iç solunum ile ayrılan bakteriler suya azot ve fosfor bırakırlar.
- Hidrolik yükteki artış sistemden mikroorganizmaların yıkanmasına neden olur. F:M oranı artar ve çıkış suyu kalitesi bozulur. Hidrolik aşırı yük aşağıdakilere neden olur
 - 1- Artan hidrolik yükleme ile havalandırma havuzundan fazla katı madde çökeltme havuzuna transfer edilir.
 - 2- Çamur geri çevrimi uygulanmıyorsa, havalandırma havuzundaki katı madde konsantrasyonu azalır. Son çökeltme havuzundan çamur çekimi yapılmazsa birikim meydana gelecektir.
 - 3- F:M değeri artar ve KAS azalır. Sonuçta çıkış suyu kalitesi bozulur.
 - 4- KAS'ın azalması sonucunda şişkin çamura neden olur ve çıkış suyu kalitesi
- Yüksek AKM konsantrasyonu varsa, gerekli önlem; KAS veya F:M oranının iyileştirilmesi ve biyolojik olarak ayrışmayan katıların etkisinin kestirimi ile alınabilir.
- Çamur geri çevriminin amacı, AÇ havalandırma havuzundaki mikroorganizma konsantrasyonunu belirli bir değerde tutmaktır.
- Düşük ph , düşük azot, düşük oksijen, ve/veya yüksek hidrokarbonlar, aktif çamur kütlesi içerisinde ipliksi bakterilerin ve mantarların baskın oluşuna neden olur. Bu organizmalar şişkin çamur sorunu yaratarak aktif çamurun çökeltme özelliklerini bozar ve son çökeltme havuzundan bakteri kaçmasına neden olur.
- Şişkin çamur, çökeltme özellikleri kötü ve sıkışma yeteneği az olan çamur tipidir. Şişkin çamura neden olan iki neden vardır. Birincisi, ipliksi bakterilerin gelişimi ve ikincisi çamur yumakları içerisinde suyun hapis olması. Ayrıca düşük oksijen içeriği şişkin çamurun diğer bir nedenidir. Bazı F:M oranları da şişkin çamura neden olur.
- MLSS konsantrasyonu 5000 mg/L yi aşmamalı çünkü bu daha düşük alıkonma süresine, dolayısıyla sistemden yıkanmaya neden olur.
- Net çamur üretim verimi 0,4 – 0,6 mgMLSS / mgBOI₅ dır.
- Genelde, klasik AÇ sistemlerinde bekleme süresi 4 – 8 saat
Uzun havalandırmalı AÇ süreçlerinde 18 – 36 “ dır.

REAKTÖRLER

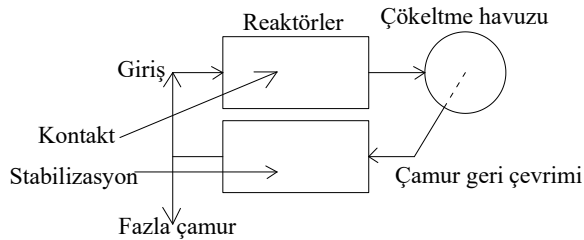
1- Tam karışımli reaktörler ; Havuz içerisindeki özellikler aynı olduğundan, çıkış suyu kalitesi de havuz içeriğine özdeştir. Çıkış suyu büyük miktarda mikroorganizma ve kısıtlı besin maddesi içerir. TKAÇS nin bu özelliği sayesinde, organik yüklemelerdeki salınımlar, çıkış suyu kalitesinde azalma yaratmadan sönmülenir. Hidrolik alıkonma süresi en az 2 – 4 saattir. Önerilen MLSS konsantrasyonu 3,000 – 5,000 mg/l, geri çevrim oranı genelde % 50 – 100 olması önerilmektedir. TKR şok yüklemelere cevap verirler ve sürekli sbt ÇO seviyesi vardır.



2- Piston akımlı reaktörler ; PAR, uzunluk : genişlik oranının yüksek tutulması ile ya tek bir havuzda ya da tam karışımli küçük reaktörlerin birbirlerine seri bağlanması ile birden fazla havuzda gerçekleşir. Havuzlar genelde 5 – 10 m genişlikte ve 125 m ye varan uzunluklardadır. Yüksek KAS değerine sahip piston akımlı reaktörler, geri karışım nedeni ile tam karışımli reaktör davranışı sergiler. PAR in en önemli özelliği, ilk hücredeki mikroorganizmalara yüksek organik madde yüklemesinin yapılmasıdır. Yükleme havuz sonuna doğru organik maddenin ayrışması ile azalır. PAR pik debinin geldiği süre içerisinde arıtılmamış suyun sistemden geçişine olanak tanımazlar ve bu nedenle azot giderimi için tercih edilirler. Piston akımlı havuzlardaki ÇO içeriği düşüktür.



3- Kontakt stabilizasyon ; AÇ sürecinin bir modifikasyonu olup, çok kısa alıkonma süreli bir reaktörden, bu reaktörden alınan çamurun stabilize edildiği ayrı bir reaktörden ve bir çökeltme havuzundan ibarettir. Stabilizasyon reaktöründeki alıkonma süresi kontakt reaktördekinin genelde iki katıdır. Kontakt stabilizasyon KAS değerinin yüksek tutulacağı nispeten düşük debiler için uygundur.



4- Kademeli havalandırma ; Kademeli havalandırma, piston akımlı reaktörlerin bir modifikasyonudur. Kademeli havalandırmanın alışlagelen piston akımlı sürece kıyasla daha iyi bir çamur çökeltimi vardır.

5- Oksidasyon hendeği ; Havuz içeriği bir yüzeysel havalandırıcı ile dairesel bir yörünge boyunca hareket ettirilir. ÇO içeriği havalandırıcıdan itibaren su çevrimi yaptıkça azalır. Nitrifikasyon ve denitrifikasyon aynı havuzda gerçekleştirilebilir.

SON ÇÖKELTİM İŞLEMİ

Çıkış suyu kalitesinin kötü olması tasarımdan veya son çökeltme havuzunun iyi işletilmemesinden kaynaklanır. Arıtılmış çıkış suyu içerisindeki BOI₅ değerini oluşturan en önemli bileşen sistemden kaçan MLSS dir. Son çökeltme havuzu AÇ un iyi bir şekilde çökeltmesine olanak tanıyacak ve çökelen çamurun kısmi sıkışması ve yoğunlaşmasını sağlayacak şekilde tasarlanmalıdır.

- Ortalama debi için 33 m³/m².gün lük YHY değerinin iyi bir katı-sıvı ayırımı sağladığı saptanmıştır.

- Maksimum debide 12 m³/m².gün lük YHY değerinin seçilmesinde mutlak yarar vardır.
- Çökeltme havuzlarının derinlikleri de çıkış suyu kalitesinde önemli rol oynar. Örneğin çökeltme havuzu yüzey alanı artarken, derinliğin azalması.

Havuz çapı (m)	Minimum	Önerilen
<1,2	3,0	3,3
1,2-2,1	3,3	3,6
2,1-3,0	3,6	3,9
3,0-4,2	3,9	4,2
>4,2	4,2	4,5

- Yüksek ÇHİ değerlerinde, çamurun oturmasını sağlamak için daha büyük çökeltme havuzu hacmi seçilmeli veya havalandırma havuzundaki MLSS konsantrasyonu düşürülmeli.
- Katı yükleme hızı çok yüksek ise bu durumda, ÇHİ 125 den daha küçük ve MLSS ise oldukça yüksektir ve %100 lük bir geri çevrim oranı uygulanmaktadır.
- S.Ç. havuzunun savak yükü 120-360 m³/m. gün olması önerilmektedir.
- Çökeltmiş AÇ. un , pik debinin geldiği periyotta, kısa bir süre için depolanması tasarımda dikkate alınması gereken bir konudur. Tesise min. Debi geldiğinde, son çökeltme havuzunun tabanına çökelmiş olan çamur hemen çekilir ve havalandırma havuzuna geri çevrilir. Ve böylelikle organik yükün artabileceği periyot için gerekli önlem alınmış olur.
- Fosfor giderimi için, piston akımlı havuz, hafice alkali pH, yeterli ÇO ve düşük CO₂ konsantrasyonu gerekir.
- Fosfor gideriminde, reaktörde giderilen fosfor MLSS ten, karıştırma havuzunda yaratılan uzun alıkonma süresi sonucunda oluşan anoksik koşullar ile ayrılır. Bu süreçte oluşan kimyasal çamur miktarı daha azdır. Diğer olumlu yanı ise, anoksik koşullarda tutulan çamurun oluşumunun ortadan kaldırılmasıdır.

Denitrifikasyon :

Nitrifikasyon sonrası oluşan nitratın giderilmesi gerekebilir. Bu süreç, dışsal bir karbon kaynağının ilavesinin söz konusu olduğu anaerobik şartlarda ve uygun bakterilerin varlığında meydana gelirse denitrifikasyon adını alır.

- Denitrifikasyon için dışsal bir organik karbon ilavesine gerek vardır. Verimli bir denitrifikasyon için atıksuda en azından 3:1 lik bir C:N olması gerekir.
- Denitrifikasyon ünitesinin aerobik reaktörden önce tesis edilmesi ve nitrifikasyon ünitesi çıkış suyunun yüksek oranlarda denitrifikasyon ünitesine geri çevrilmelidir. Bu durumda dışsal bir karbon kaynağına gerek kalmadan %70 – 90 oranında nitrat giderimi sağlanabilir. Bu durumda, nitrifikasyon ünitesi çıkış suyunda mümkün mertebede sifıra yakın bir çözünmüş oksijen konsantrasyonu sağlanabilir.

A.Ç. REAKTÖRLERİ

1- Tek kademeli A.Ç. süreçleri

1.1 – Uzun havalandırma A.Ç. süreci :

Bu süreçte, ham atıksu doğrudan havalandırma havuzuna alınır ve yüksek alıkonma sürelerince havalandırılır. Diğer özellikleri; yüksek MLSS konsantrasyonu, yüksek çamur geri çevrim oranı ve düşük çamur atım hızı. Bu sürecin en önemli avantajı hidrolik ve organik yüklemelerdeki salınımların sönmünebilmesidir.

Tek kademeli A.Ç. süreçlerinin tasarım kriterleri

Süreç	F:M (kgBOI ₅ /kgMLSS.gün)	KAS (gün)	Hacimsel yük (kgBOI ₅ /m ³ .gün)	Verim (%)	Alıkonma süresi (gün)
Uzun havalandırma	0,05-0,15	20-30	0,15-0,25	90-98	18-36
Ahşılakelen (klasik)	0,15-0,4	3-8	0,3-1,0	90-95	4-8
Yüksek hızlı	0,4-1,0	2-4	1,15-3,0	85-90	2-4
Modifiye havalandırma	1,5-3,0	<1	0,5-1,1	60-75	0,5-2
Kontakt – stabilizasyon	0,15-2,0	3-10	1,45-3,0	85-95	1-6
Tek kademeli nitrifikasyon	0,05-0,15	10-20	0,15-0,5	95-98	6-15

Süreç	Oksijen gereksinimi (KgO ₂ /kgBOI ₅)	MLSS (mg/l)	Geri çevrim (%)	Fazla çamur (kg/kgBOI ₅)	Nitrifikasyon oluşumu
Uzun havalandırmalı	1,4-1,6	2,000-6000	100-300	0,1-0,3	Evet
Alışlagelen (klasik)	0,8-1,1	1,500-4,000	30-100	0,4-0,6	Olası
Yüksek hızlı	0,7-0,9	3,000-5,000	30-100	0,5-0,7	Hayır
Modifiye havalandırmalı	0,4-0,6	500-1,500	10-30	0,8-1,2	Hayır
Kontakt – stabilizasyon	0,8-1,1	2,000-10,000	25-100	0,4-0,6	Olası
Tek kademeli nitrifikasyon	1,1-1,5	3,000-6,000	30-100	0,1-0,3	Evet

Yüksek KAS nedeni ile, oksijen gereksinimi de genellikle yüksektir. Yüksek mikroorganizma konsantrasyonlarından kaçınmak ve sistemden mikroorganizma kaçmasını engellemek için sistemden periyodik olarak fazla çamurun uzaklaştırılması gerekir. Bu sürecin olumsuz yönü ise, çok küçük yumakların sistemden kaçabilmesidir. Son çökeltme havuzundaki uzun alıkonma süresi çamurun yükselmesine ve yüzmesine neden olabilir.

Tasarımda kullanılacak tablo-1 (kirlilik yükü hesabında)

Kirletici unsur	Birim miktar(gr/kişi.gün)
TKM	213
TN	12
TP	4
BOI	60

Tasarımda kullanılacak tablo-2

Arıtma kalitesi	Kre(iç solunum sabiti)	Ls(çamuryükü) F/M	MLSS(mg/l)	E(BOI giderme verimi) %	Tmin (saat)
Yüksek hızlı	0,2	1,00-2,00	1500-2500	80	1
Klasik	0,15	0,3-0,7	2500-3500	90	4
Uzun havaland.	0,1	0,05-0,15	3500-4500	95	18

1.2 – Alışlagelen A.Ç süreçleri :

0,15 – 0,4 kgBOI₅/kgMLSS.gün arasında değişen ve orta aralık olarak tanımlanan F:M oranı ile tanımlanır. Eğer tesis kış aylarına göre tasarlanmışsa organik yüklemenin düşük olduğu yaz aylarında nitrifikasyon gerçekleşir.

1.3 – Yüksek hızlı A.Ç süreci :

Yüksek hızlı AÇ süreci, kısa havalandırma süresine sahiptir. Kısa alıkonma süresi nedeni ile reaktör içeriği şok yüklemelere karşı daha duyarlıdır.

1.4 – Modifiye havalandırmalı A.Ç süreci :

Genelde kısmi arıtım için kullanılırlar. F:M çok yüksek, Oksijen gereksinimleri düşük, çamur miktarı yüksektir. Çıkış suyu kalitesi genelde iyi değildir.

1.5 – Kontakt stabilizasyon :

Bu süreç, kısa alıkonma süresine sahip bir kontakt tankı, çamurun stabilizasyonunun gerçekleştirildiği stabilizasyon tankı ve bir çökeltme tankından oluşur. AÇ un adsorbsiyon yeteneği, kontakt tankındaki askıda ve kolloidal organik maddelerin gideriminde kullanılır. Oksidasyonun büyük bölümü stabilizasyon tankında gerçekleşir. Alıkonma süresi az olduğundan hidrolik yüklemelere karşı duyarlıdır. Eğer nitrifikasyon istenmiyorsa çok daha az bir hacim içerisinde yüksek verim sağlanabilir.

1.6 – Tek kademeli nitrifikasyonun oluştuğu A.Ç süreci :

Basit tasarımı ve işletimindeki elastikiyet nedeniyle yaygın olarak kullanılmaktadır. Süreçte iki farklı mikroorganizma olduğundan oksijen miktarı iyi ayarlanmalıdır.

2. – Saf oksijenli A.Ç süreci :

MLSS 3,000 – 5,000 mg/l alıkonma süresi 1- 3 saat. Endüstriyel atıksuların da alındığı tesislerde MLSS değeri daha yüksek tutulmalıdır. Kapalı sistemdir. Sisteme saf oksijen verildiğinden, mikroorganizma faaliyeti hızlanır ve daha az çamur oluşur. Oluşan çamurun çökeltme sıkışma özellikleri iyidir. Eğer nitrifikasyon isteniyorsa iki kademeli sistem uygulanmalıdır. İlkinde saf oksijen ikincisinde hava kullanılabilir.

3. – Çok kademeli A.Ç süreci :

Çok kirli evsel atıksuların arıtımı için kullanılabilir. İlk kademe yüksek hızlı veya modifiye havalandırmalı AÇ sürecidir ve % 80 –90 BOI₅ giderilir. İkinci kademede nitrifikasyon gerçekleşir.

3.1 – İki kademeli A.Ç süreci :

Nitrifikasyonun ikinci kademeye alınması ile hacim azalır. Birinci kademede karbonlu, ikinci kademede azotlu maddelerin giderimi vardır. Sürecin olumsuz yanı; fazla çamur oluşumu, ilave çökeltim havuzu maliyeti ve ph kontrolü için kimyasal madde masrafıdır. Ayrıca ikinci kademeden bakteri kaçışının kontrolü de önemlidir.

3.2 – Üç kademeli A.Ç süreci :

İlk kademede karbonlu madde giderimi, ikinci kademede nitrifikasyon, üçüncü kademede ise denitrifikasyon gerçekleşir. Toplam azotun giderilmesinde oldukça etkindir. Süreç dışsal karbon kaynağı gerektirir. Azot kabarcıkları çamur yumaklarının üzerine tutunarak çamurun yüzmesine neden olurlar. Olumsuz yanları iki kademelininki ile aynıdır. Ayrıca ilk yatırım maliyeti oldukça yüksektir ve işletimde ek masraflar vardır.

4. – Entegre nitrifikasyon – denitrifikasyon süreci :

Süreçte ilk ünite denitrifikasyon ünitesidir. Daha sonra karbonlu maddelerin giderildiği ve aynı zamanda nitrifikasyonun gerçekleştiği ünite yer alır. Karbon kaynağı ham atıksudur. Yüksek azot giderme verimine sahiptir. Azot gideriminin en az % 90 olması için 4 kademeli sistemler geliştirilmiştir. Birinci ve üçüncü havuz, min. sıcaklıkta denitrifikasyon olacak şekilde tasarlanırlar. İkinci ünite nitrifikasyon bakterileri baskındır ve KAS bunların yıkanıp sistemden kaçmasını önleyecek kadar uzundur. Toplan KAS 30 – 50 gündür. Dördüncü havuzun ana amacı, üçüncü havuzdan gelen karbondioksitin sıyırılması, kalan amonyanın oksitlenmesi, ÇO konsantrasyonunun artırılması, fosfatın çökeltme havuzunda sıvı fazına geçmesinin önlenmesi ve iyi bir çökeltim için şartların hazırlanmasıdır.

• Normal olarak tasarlanmış bir AÇ sürecinde kontrol edilmesi gereken değişkenler; çamur geri devir oranı, çamur atım hızı ve verilen oksijen miktarıdır.

SÜREÇ KONTROL ENSTRÜMENTASYONU

1- Çözünmüş oksijen konsantrasyonu :

Havalandırma havuzunda ÇO konsantrasyonunu 2 mg/l nin üzerinde olması yeterlidir. Bunun üzerinde olan değerler gereksiz enerji harcaması demektir. Sbt değerinde tutulan ÇO konsantrasyonunun çamurun çökeltme özelliklerini iyileştirdiği saptanmıştır.

2- Karışık sıvı askıda katı madde konsantrasyonu (MLSS) :

MLSS konsantrasyonu, çamur geri çevrim oranı ve fazla çamur atım miktarını belirler.

3- Çamur örtü seviyesi :

Havalandırma havuzunun tasarımına, işlenmesine ve son çökeltim havuzunun tasarımına bağlı olarak son çökeltme havuzunda bir çamur örtüsü oluşur. Sistemin işleyişi hakkında bilgi verir. Çamur seviyesinin sürekli artması; havalandırma havuzundan katıları yıkanması, çamur atımı veya yetersiz geri çevrim oranından kaynaklanır.

4- Bulanıklık :

Bulanıklığın artması sistemde aksaklıkların olduğunu gösterir. Çıkış suyunda eğer yumaklı katılar mevcutsa son çökeltme havuzlarında aşırı hidrolik yüklemeye, denitrifikasyona işaretler. Disperse mikrobiyal katılar ise havalandırma havuzunda sorun olduğunu gösterir.

VI – DAMLATMALI FİLTRELER

• Biyolojik büyümenin hareket etmeyen sabit bir ortamda gerçekleştiği ve çamur geri devir işleminin yapılmadığı süreçlerdir. Ön çökeltme ünitesinden geçen atıksu, filtre yüzeyini kaplayan bakteri tabakasından geçerken adsorbsiyon veya biyota tarafından biyolojik olarak temizlenir. Filtrenin üst kısmında aerobik, orta kısmında fakültatif, alt kısmında anaerobik ortamlar vardır.

• Max. Büyüme, hidrolik yükleme hızı, filtre ortamı tipi, organik maddenin cinsi, nutrient miktarı, sıcaklık ve biyolojik büyümenin kontrolü ile yapılırlar.

• D.F de suyun geri çevrimi sonucu;

1- Hidrolik yükleme hızının artırılması, tesise min. atıksu debisi gelmesi durumunda, filtre ortamının sürekli olarak ıslak kalmasını ve biyolojik film tabakasının kurumamasını sağlar.

2- Yüksek hidrolik yükleme hızı, artan kesme kuvveti etkisi ile aşırı kalın film tabakalarının koparılmasını ve sonuçta filtrenin tıkanmamasını sağlar.

• D.F de yaşanan işletme sorunlarından birisi; aşırı alg üremesi ile ortam boşluklarını tıkanması ve koku sorunu yapmasıdır.

Değişik tip D.F lerin kıyaslanması

Parametre	Düşük hızlı	Orta hızlı	Yüksek hızlı (kaya ortam)	Süper hızlı(plastik ortam)	Kaba arıtım
H.Y (m ³ /m ² .gün)	0,94-3,74	3,74-9,36	9,36-37,44	14,04-84,24	56,16-168,48
O.Y (kg/m ³ .gün)	0,08-0,4	0,24-0,48	0,4-4,8	<4,8	>1,6
Geri çevrim	Min.	Genellikle	Sürekli	Genellikle	Bazen
Derinlik (m)	1,8-2,5	1,8-2,5	0,9-2,5	<12,0	0,9-6,1
BOI giderimi (%)	80-85	50-70	65-80	65-85	40-65
Nitrifikasyon	İyi	Kısmi	Nitritler	Sınırlı	Yok
Film kopması	Aralıklı	Değişken	Sürekli	Sürekli	Sürekli
Filtre sinekleri	Fazla	Değişken	Az	Az	Az

• Düşük hızlı D.F de nitrifikasyon gerçekleşir. Büyük tesisler için çok kademeli D.F sistemleri gerekli olabilir. İlk kademe, karbonlu maddelerin büyük bir kısmının giderilmesi amacıyla, “yüksek hızlı” veya plastik ortamlı “kaba arıtım sağlayan” filtre şeklinde düzenlenebilir. İkinci kademe ise, “düşük hızlı” filtre olarak teşkil edilebilir. Bu durumda gerçekleşecek olan nitrifikasyon ile (organik azotun nitrata dönüştürülmesi), alıcı ortamda oksijen tüketimine neden olunmayacaktır. (nitratın azot gazına indirgenmesi) ünitesi kullanılabilir.

• Yüksek ve süper hızlı D.F. lerin çoğunda geri çevrim vardır.

• D.F ler sıcaklığa oldukça duyarlıdır. Yaz ve kış sıcaklık değerleri arasında büyük fark olan bölgelerde inşa edilen D.F lerin arıtma verimi büyük değişim gösterir.

• D.F ler özellikle yüksek kirlilik içeren endüstriyel atıksuların ön arıtımında uygundur. Fakat yüksek oranda çözünmüş organik madde içeren endüstriyel atıksuların arıtımında pek kullanılmaz.

• D.F nin verimini etkileyen faktörler:

- 1- Atıksu bileşeni
- 2- Atıksuyun arıtılabilirliği
- 3- Ön arıtma gereksinimi
- 4- D.F ortamının tipi
- 5- Hidrolik ve organik yüklenme hızları
- 6- Hava sirkülasyonu
- 7- Sıcaklık

• Atıksu debilerindeki salınımları sönmek için;

1- Giriş suyu ve geri çevrim debisini değiştirmek için pompaj yapılması

2- Sürecin önüne dengeleme havuzu inşa edilmesi

3- Atıksuyun niteliğindeki salınımları azaltmak için geri çevrimin yapılması

• Filtre ortamının tıkanması sorununu ortadan kaldırmak amacı ile ön arıtım yapılması uygun olur. Ön arıtım doğrudan sürecin verimini etkiler.

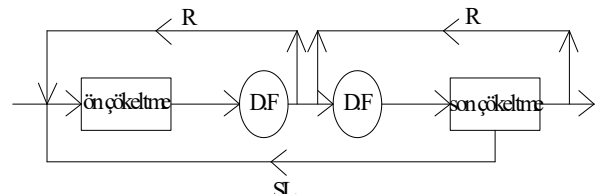
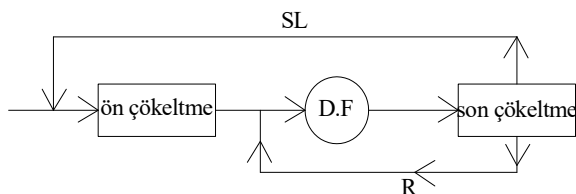
• D.F de yüksek birim yüzey alanı birim hacim içerisinde daha fazla biyolojik film tutunmasına neden olur. Büyük boşluk oranı da, daha fazla hava sirkülasyonuna olanak tanır. Plastik dolgu malzemesi kullanıldığında diğerlerine göre daha yüksek hidrolik ve organik yüklenme hızları uygulanabilir.

	Plastik	Ahşap	Granit	Fırın cürufu
Birim alan (m ² /m ³)	82-115	46	62	66
Boşluk oranı (%)	94-97	-	-	49

• Düşük hızlı D.F ler genelde 1,5 - 2,1m derinlikte inşa edilirler. Yüksek hızlıları ise 0,9 – 1,8m arasındadır.

Sentetik ortamlı filtrelerin arıtma verimi, kaya ortamına göre derinliğe daha duyarlıdır. Süper hızlı D.F lerin derinliklerinin seçilmesi en önemli tasarım kriteridir.

• D.F lerde geri çevrim, düşük hızlı D.F de BOI giderme verimini artırır. Yüksek hızlı D.F de ise filtre ortamını kurumaktan koruduğu için önemlidir.



- Geri çevrimin BOI giderme verimini artırma nedenleri;
 - 1- Geri çevrilen filtre çıkış suyundaki organik maddeler, biyolojik ortam ile defalarca temas ettirilir. Ve verim artar.
 - 2- Geri çevrim çok kirli atıksuların seyrelmesine neden olur.
 - 3- Ön çökeltmeye uygulanırsa köpük oluşmaz. Son çökeltmeden ön çökeltmeye uygulanan çamur geri çevrimi, çamur hacmini azaltır ve çıkış suyundaki oksijen miktarının düşmesine engel olur.
 - 4- Geri çevrim uygulanan debinin tüm filtreye eşit olarak dağılmasını ve filtrenin tıkanmasını önler.
- Plastik dolgu ortamına sahip filtrelerde uygulanan geri çevrimin amacı, sürekli bir min. ıslanma hızının eldesine yöneliktir. Süper hızlı filtrelerde hem ıslanma hızının eldesi hem de hidrolik ve organik yüklemelerde ki salınımları sönmölemek içindir.
- Yaz ve kış aylarındaki D.F verimleri arasında önemli farklar vardır. Filtreye uygulanan geri çevrim kış ayları süresince soğutucu etki yaptığından arıtma verimini düşürür.

NRC Tasarım yöntemi,

Temelinde, organik madde ile dolgu ortamı arasındaki temas süresinin filtre boyutuna ve suyun filtreden geçiş sayısına bağlı olduğu yatmaktadır. Verim doğrudan temas süresi ve yükleme hızına bağlıdır.

	Düşük hızlı	Orta hızlı	Yüksek hızlı
Geri çevrim (%)	Yok	60-100	100-400
Verim (%)	75-83	83	78-84

- Düşük hızlı D.F de ototrofik nitrifikasyon bakterilerinin daha çok gelişmesinden dolayı çıkış suyunda daha fazla nitratın bulunmasına neden olur. Yüksek hızlıda ise ph, yükleme hızı ve sıcaklığa bağımlı olarak nitrifikasyon gerçekleşebilir.
- Soğuk iklimin olduğu bölgelerde nitrifikasyon için iki kademeli filtrasyon yapılmalı.
- Filtrenin tıkanmasının nedenleri;
 - 1- Çok küçük ve yeterli miktarda üniform olmayan filtre dolgu malzemesinin kullanılması.
 - 2- Hidrolik yüke kıyasla daha fazla organik yükün filtreye gelmesi.
- Filtre tıkanmasını engellemek için;
 - 1- Yatak yüzeyini basınçlı su ile yıkamak.
 - 2- Döner kolu tıkalı kısmın üzerinde durdurarak bol miktarda atıksu ile yıkamak
 - 3- Haftada birkaç defa, birkaç saat süre ile filtreye giren suya klor vermek.
 - 4- Filtrenin kurummasını sağlamak için filtre birkaç gün süre ile devre dışı bırakılır.
 - 5- Yatağın en az 24 saat süre ile su altında tutmak.

VII BİYODİSKLER

Dönen biyolojik reaktörler, bir betonarme veya çelik konstrüksiyon tank içerisinde yer alan, bir yatay şafta monte edilmiş büyük çaplı veya diğer tür bir malzemeden yapılmış dairesel plakalardan ibarettir. Plakaların atıksu içerisinde geçerken oluşturduğu kesme kuvveti ve gittikçe büyümüş biyomas filminin alt tabakalarındaki organizmalar için azalan besi maddesi ve oksijen nedeni ile meydana gelen ölümler kopmalara neden olur. Böylelikle plakalar üzerinde kalınlığı daima sabit kalan bir organizma topluluğu oluşur. Kopan katıların tank içerisinde çökmemesi için gerekli karışım dönme etkisi ile sağlanır. B.D ler birbirlerine seri bağlanmalı böylece verim artacaktır. 13 °C nin altındaki sıcaklıklarda verim düşmektedir. Ayrıca B.D lerin dönme hızı önemli bir tasarım kriteridir. BOI ve Nitrifikasyon gerçekleştirmek için önerilen dönme hızı, 0,3m/sn dir.

- Dönen plakalar;
 - 1- Çok büyük miktarda yüzeyde tutulu organizma büyümesini
 - 2- Biyomas ile atıksu arasında gerekli temasın
 - 3- Atıksuyun verimli bir şekilde havalandırılmasını
 - 4- Aşırı biyomasın ortamdan uzaklaştırılmasını
 - 5- Kopan katıların çökelememesi için gerekli karışımı sağlar

- B.D lerde atıksu sistem içerisinde bir kez geçer, geri çevrime gerek yoktur. Biyomasın yapışık halde sürekli büyümesi nedeni ile çamurun geri çevrimi de söz konusu değildir.
- Temel tasarım kriteri; D.F ve A.Ç da olduğu gibi organik yükleme hızı değil organik yükleme hızıdır. Hidrolik yükleme hızı, 0,08-0,16 m³/m².gün dür.(çıkış suyunda 15-30 mg/l lik BOI ve AKM sağlamak için)
- B.D lerde alıkonma süresini etkileyen faktörler, gerekli arıtımı sağlayan plaka yüzey alanı ve dolayısıyla onun kapladığı hacim ile ilgilidir.
- B.D lerin son çökeltme havuzlarında ki çamurun katı madde içeriği % 3, organik madde içeriği %80 dir.
- B.D lerde fosfor giderimi %0-20 dir.

Biyodisk sistemlerini tasarım kriterleri ve çıkış suyu özellikleri

Parametre	İkincil arıtım	Birleşik nitrifikasyon	Ayrı nitrifikasyon
Hidrolik yük	0,08-0,16	0,03-0,08	0,04-0,10
Organik yük			
gBOI _{çözünmş} /m ² .gün	3,7-10,0	2,5-7,5	0,5-1,5
gBOI _{toplam} / m ² .gün	10,0-17,5	7,5-15,0	1,0-3,0
Birinci üniteye uygulanabilecek max. Organik yük			
gBOI _{çözünmş} /m ² .gün	20-30	20-30	
gBOI _{toplam} / m ² .gün	40-60	40-60	
NH ₃ yükü (g/ m ² .gün)		0,75-1,5	1,0-2,0
Alıkonma süresi (saat)	0,7-1,5	1,5-4,0	1,2-2,9
Çıkış BOI ₅ (mg/l)	15-30	7-15	7-15
Çıkalı NH ₃ (mg/l)		<2	1-2

- B.D ortamları;
 - 1- Standart yoğunluklu (1130 m²/m şaft)
 - 2- Orta yoğunluklu (1360 m²/m şaft)
 - 3- Yüksek yoğunluklu (2000 m²/m şaft)
- Ünitelerin üzerlerinin kaplanması;
 - 1- Diskleri ultraviyole ışınlarından korur.
 - 2- Süreci düşük sıcaklıklardan korur. alg üremesini kontrol eder.
 - 3- Ortam ve ekipmanı hasarlara karşı korur.

Biyodisk süreçlerinde kullanılan son çökeltme havuzlarının tasarım kriterleri

Parametre	C giderimi için	C ve N giderimi için
Yüzeysel Hidrolik yük (m³/m².gün)		
Ortalama debide	16,3-32,6	16,3-24,4
Pik debide	40,7-48,8	32,6-40,7
Yüzeysel katı yükü (kg/ m².saat)		
Ortalama debide	3,9-5,9	2,9-4,9
Pik debide	9,8	7,8
Derinlik (m)	3,0-4,5	3,0-4,5