# SU TASFİYESİ

Prof.Dr. Veysel Eroğlu

5. BASKI

# SU TASFİYESİ

**Genişletilmiş 5. Basım**

**Prof. Dr. Veysel EROĞLU**

**Ağustos 2008**
**ANKARA**

## İTHAF

*Bu eseri, "oğlum sen kendini bu ülkeye hizmete adamalısın" diyerek beni Aziz Milletimizin hizmetkârlığına yönlendiren babam merhum Hacı İbrahim EROĞLU'nun aziz hatırası ile dualarını esirgemeyen anneme, İTÜ, İSKİ, DSİ ve Çevre ve Orman Bakanlığındaki çalışmalarımda bana daima büyük bir manevi destek veren kıymetli eşim ile evlatlarıma ithaf ediyorum.*

Prof. Dr. Veysel Eroğlu

**Çevre ve Orman Bakanlığı Yayınıdır**

**Bakanlık Yayın No :** 359

**ISBN :** 978–605-393-029-7

**Basım** : Başak Matbaacılık
Tel : ( 0312 ) 384 27 61
www.basakmatbaa.com

## 5. BASIMIN ÖNSÖZÜ

İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümünde öğretim üyesi olduğum dönemde verdiğim çok sayıda dersin biri de "Suların Arıtılması" dersi idi. Ders anlatırken talebelerim not tutmak için büyük gayret sarfeder, çoğu kere çok hızlı anlattığımdan dolayı notlarını tamamlayamaz, en iyi not tutan bir arkadaşlarından fotokopi çektirmek suretiyle ders notunu temin cihetine giderlerdi. Bu yüzden bir ders kitabı hazırlamaya karar verdim. Önce bölümleri tasarlayıp her biri için takvim belirledim. Kitabı 6 ayda tamamlamıştım. Burada bir takvim yapmanın, yani zamanı planlayarak hareket etmenin önemini vurgulamak için bir hatıramı zikretmekte fayda ümid ediyorum. Atıksuların Arıtılması dersini de verdiğimden, hatta bu konuyu çok iyi bildiğimden "Atıksuların Arıtılması" kitabını yazmayı kafama koymuştum. Ancak nasılsa ezbere bildiğim bu kitabı kolayca yazarım düşüncesiyle bir takvim yapmadım. Ancak İSKİ Genel Müdürlüğü (Mayıs 1994-Ekim 2002) dönemim de dahi bu dersi vermeme rağmen maalesef kitabı zaman planlaması yapmadığımdan ilk baskısından tam 16 yıl sonra bilgi ve tecrübem bende saklı kalmasın düşüncesiyle İSKİ Genel Müdürlüğü dönemimde kitap haline getirmem mümkün oldu. Tabiatı ile bu defa zaman planlaması yapmıştım.

DSİ Genel Müdürlüğüm (Şubat 2003-Mayıs 2007) vazifem esnasında da kadrom İTÜ de idi. Ancak bu dönemde derslere gidemedim. Bu arada kitaplar tükendiği için bilhassa Çevre ve Orman Bakanı olarak bazı belediyelerin Suların Arıtılması konusunda kâfi bilgi ve tecrübeye sahip olmadığını farkettiğimden "Su Tasfiyesi" kitabının bazı ilaveler ile basılmasının faydalı olacağı düşüncesiyle yeniden ele aldım.

Bu eserin içmesuyu temini ve arıtımı ile ilgilenen Belediye ve kamu kurumlarında çalışan mühendislere, teknik elemanlara, çevre mühendisliği bölümü talebelerine faydalı olacağını ümid ediyorum. Bu yüzden bu kitap ülkemizdeki Bütün Belediyeler, Su ve Kanalizasyon İdareleri, su ile ilgili kamu kurumları ve Üniversitelerimizin kütüphanelerine dağıtılmak üzere bastırılmıştır.

Eserin, su tasfiyesi ile ilgili sisteme seçimine ve projelendirmeye yönelik olmasına itina edilmiş, bu düşünceyle tesislerin boyutlandırma esasları ve kıstasları verilmiş, ayrıca bölümlerin sonuna misaller konulmuştur. Ayrıca İSKİ Genel Müdürü iken üzerinde titizlikle durduğum ve Türkiye'de yerli mühendis, yerli müteahhit ile yapılan ilk büyük İçmesuyu Arıtma Tesisi olan "İkitelli Fatih Sultan Mehmed Han İçmesuyu Arıtma Tesisi" ve DSİ Genel Müdürlüğüm dönemimde projesini ve ihalesini yaptırmış olduğum "Afyonkarahisar İçmesuyu Arıtma Tesisi Projeleri" de uygulama misalleri olarak sunulmuştur.

Eserin bu basımını hazırlamam için beni teşvik eden Yrd. Doç. Dr. Ebubekir Yüksel ile kitabın yazımını itina ile yapan Ramazan Karakoç'a teşekkür ederim.

Ankara,
18.08.2008

**Prof. Dr. Veysel EROĞLU**

Bu eser, Bakanlık yayını olarak 5000 adet basılmak üzere müellifi Prof. Dr. Veysel Eroğlu tarafından herhangi bir telif ücreti alınmadan, Çevre ve Orman Bakanlığınca basımına müsaade edilmiştir.

1. BÖLÜM

1 SU TASFİYESİNE GİRİŞ
1.1. Su Tasfiyesinin Gayesi ..... 1
1.2. İçme Sularının özellikleri ..... 1
1.3. İçme Suyu Standartları ..... 4

2. BÖLÜM

2. TASFİYE METODUNUN SEÇİMİ
2.1. Giriş ..... 9
2.2. Su Kaynaklarının Özellikleri ve Kaynak Seçimi ..... 9
2.3. Tesis Yeri Seçimi ..... 10
2.4. Su Tasfiyesinde Maksad ve Temel İşlemler ..... 10
2.5. Tasfiye Akım Şemaları ..... 13

3. BÖLÜM

3. BİRİKTİRME
3.1. Giriş ..... 19
3.2. Biriktirmenin Su Kalitesi Üzerine Tesirleri ..... 19
3.3. Mikroorganizma Giderilmesi ..... 21
3.4. Azot Konsantrasyonunda Azalma ..... 27
3.5. Biriktirme Haznelerinde Alg Çoğalmasının Önlenmesi ..... 27
3.5.1. Azot Giderilmesi ..... 28
3.5.2. Fosfor Giderilmesi ..... 29
3.5.3. Işığın Kontrol Edilmesi ..... 29
3.5.4. Alglerin Kimyevi Maddelerle Bertaraf Edilmesi ..... 30

4. BÖLÜM

4. HAVALANDIRMA
4.1. Havalandırmadan Maksat ..... 31
4.2. Gaz Transferine Bakış ..... 36
4.3. Havalandırıcıların Hesap ve Teşkili ..... 41
4.3.1. Düşümlü (Savak) Havalandırıcılar ..... 41
4.3.2. Kademeli Havalandırıcılar ..... 43
4.3.3. Çok Katlı Tablalı Havalandırıcılar ..... 45
4.3.4. Fıskiyeli Havalandırıcılar (Püskürtücüler) ..... 47
4.3.5. Kabarcıklı Havalandırıcılar ..... 48
4.3.6. Mekanik Havalandırıcılar ..... 50
4.4. Misaller .....

5. BÖLÜM

5. HIZLI KARIŞTIRMA VE YUMAKLAŞTIRMA
5.1. Giriş ..... 61
5.2. Yumaklaştırmanın Mekanizması ..... 64
5.2.1. Kolloidlerin Özellikleri ..... 64
5.2.2. Perikinetik Yumaklaşma ..... 67
5.2.3. Ortokinetik Yumaklaşma ..... 69
5.3. Yumaklaştırıcılar ve Yardımcı Maddeleri ..... 73
5.3.1. Yumaklaştırıcılar ..... 73
5.3.2. Yumaklaştırıcı Yardımcıları ..... 75
5.4. Yumaklaştırmanın Verimliliğine Tesir Eden Unsurlar ..... 76
5.5. Yumaklaştırma Kısımlarının Hesap ve Teşkili ..... 79
5.5.1. Yumaklaştırmanın Su Tasfiyesindeki Yeri ..... 79
5.5.2. Hızlı Karıştırma Odalarının Hesabı ..... 80
5.5.3. Yumaklaştırma Havuzlarının Hesap ve Teşkili ..... 90
5.5.4. Çöktürme Havuzlarının Hesap ve Teşkili ..... 97
5.6. Birleşik Sistemler ..... 98
5.7. Misaller ..... 102

6. BÖLÜM

6. ÇÖKTÜRME
6.1. Çöktürme Havuzlarının İçme Suyu Tasfiyesindeki Yeri ..... 111
6.2. Çöktürme Havuzlarındaki Bölgeler ve Akım Şekilleri ..... 111
6.3. Çökelmenin Esası ..... 114
6.4. Çökelme Hızlarına Ait Frekans Dağılımı ..... 118
6.5. Sakin Çökelmede Verim ..... 119
6.6. Sürekli Akımlı Havuzlarda Çökelme ..... 123
6.7. Kısa Devreler ve Stabilite ..... 128
6.8. Boyutlandırma Esasları ..... 129
6.9. Projelendirme Esasları ..... 135
6.9.1. Dikdörtgen Çöktürme Havuzları ..... 136
6.9.2. Daire Planlı Çöktürme Havuzları ..... 138

7. BÖLÜM

7. SÜZME (FİLTRASYON)
7.1. Filtrasyondan Maksat ve Su Tasfiyesindeki Yeri ..... 145
7.2. Filtrasyonun Mekanizması ..... 148
7.3. Hızlı Kum Filtreleri ile Yavaş Kum Filtrelerinin Mukayesesi ..... 153
7.4. Filtrasyon Hidroliği ..... 154

7.5. Filtrelerde Basınç Diyagramları ..... 157
7.6. Hızlı Kum Filtreleri İçin Deney Neticeleri ..... 158
7.7. Filtrasyonun Dinamiği ..... 164
7.8. Hızlı Kum Filtrelerinin Geri Yıkanması ..... 166
7.9. Hızlı Kum Filtrelerinin Teşkili ..... 169
7.10. Filtrelerde Filtre Debisi Kontrolü ..... 171
7.11. Filtre Tabanı Teşkili ..... 176
7.12. Filtre Malzemesi Tertibi ve Geri Yıkama Usulleri ..... 182
7.13. Basınçlı Filtreler ..... 186
7.14. Yukarı Akışlı Filtreler ..... 189
7.15. Yavaş Kum Filtreleri ..... 191
7.16. Filtrasyon Misalleri ..... 196

8. BÖLÜM

8. DEZENFEKSİYON
8.1. Giriş ..... 207
8.2. Klorla Dezenfeksiyon ..... 208
8.3. Ozonla Dezenfeksiyon ..... 213

9. BÖLÜM

9. KOKU VE TAD KONTROLÜ
9.1. Giriş ..... 215
9.2. Tad ve Koku Kontrol Tedbirleri ..... 216
9.3. Önleyici Tedbirler ..... 216
9.4. Tesislerde Tad ve Koku Giderilmesi ..... 217
9.4.4. Havalandırma ..... 217
9.4.5. Biyooksidasyon ..... 217
9.4.6. Yumaklaştırma ..... 217
9.4.7. Klorlama ..... 218
9.4.8. Klor Dioksit ..... 219
9.4.9. Ozon ..... 219
9.4.10. Potasyum Permanganat ..... 219
9.4.11. Adsorpsiyon (Aktif Karbon) ..... 221

10. BÖLÜM

10. DEMİR VE MANGAN GİDERİLMESİ
10.1. Giriş ..... 229
10.2. Giderme Usulleri ..... 230

11. BÖLÜM
11. SERTLİK GİDERME (YUMUŞATMA)
11.1. Giriş ..... 237
11.2. Sertlik Giderme Usulleri ..... 237
11.2.1. Kireç-Soda Usulü ..... 246
11.2.2. Sodyum Hidroksit İle Yumuşatma ..... 246
11.2.3. Sodyum Fosfat İle Yumuşatma ..... 246

12. BÖLÜM
12. İYON DEĞİŞTİRME ..... 247

13. BÖLÜM
13. ARSENİK GİDERME
13.1. Arsenik Standartları ..... 253
13.2. Arsenik Giderme Usulleri ..... 254

14. BÖLÜM
14. SULARIN AGRESİF ÖZELLİKLERİ VE STABİLİZASYONU
14.1. Agresifliğin Tarifi ..... 259
14.2. Agresifliğin Mahzurları ..... 263
14.3. Suyun Stabilizasyonu ..... 266

15. BÖLÜM
15. TATBİKATLAR
15.1. Stokes Kanunu İle İlgili Uygulama ..... 267
15.2. İkitelli FSMH İçmesuyu Arıtma Tesisi ..... 275
15.3. Kağıthane Yeni İçmesuyu Tasfiye Tesisi ..... 285
15.4. Afyonkarahisar İçmesuyu Arıtma Tesisi ..... 287
15.5. İçmesuyu Kaynaklı Hastalıklardan Korunmak İçin Su İdareleri / Belediyeler Tarafından Alınacak Tedbirler ..... 365
15.6. İçmesuyu Tesislerinde Sağlık Konusunda Alınacak Tedbirler ..... 365
EKLER ..... 369
KAYNAKLAR ..... 434
İNDEX ..... 436

# 1. BÖLÜM

## 1. SU TASFİYESİNE GİRİŞ

### 1.1. Su Tasfiyesinin Gayesi

İçme suyu tasfiyesinden gaye, suyun kullanma maksadına uygun hale getirilmesidir. Tabiatta mevcut su kaynakları, bazı istisnalar dışında içme, kullanma ve sanayi su ihtiyaçları için doğrudan doğruya kullanılmaya müsait değillerdir. Bu yüzden suların bir tasfiye işleminden geçirilmesi icabeder.

**İçme Sularının Özellikleri**

İçme ve kullanma sularında istenilen ve istenmeyen vasıfları beş grupta toplamak mümkündür.

a) Su, kokusuz, renksiz, berrak ve içimi serinletici olmalıdır.
b) Su hastalık yapan mikroorganizma ihtiva etmemelidir.
c) Suda sağlığa zararlı kimyasal maddeler bulunmamalıdır.
d) Su, kullanma maksatlarına uygun olmalıdır.
e) Sular agresif olmamalıdır.

- **Su, kokusuz, renksiz, içimi lezzetli olmalıdır.**

Sularda fenoller, yağlar gibi suya kötü koku ve tad veren maddeler olmamalı, sular, renksiz, berrak ve içilebilecek sıcaklıkta olmalıdır. İçme suyu için en uygun sıcaklık 8 ila 12°C dır. Ayrıca sulardaki çözünmüş oksijen konsantrasyonu 5 mg/lt den daha büyük olmalıdır.

- **Suda Hastalık Yapan Organizmalar olmamalıdır.**

Suda bulunabilen bazı mikroorganizmalar çeşitli hastalıklara sebep olurlar. Bu çeşit hastalıklara "suyun sebep olduğu hastalıklar" denir. Sudan geçen bazı hastalıklar ve hastalığın sebebi olan organizmalar Cetvel 1.1' de verilmiştir.

Cetvel 1.1. Sudan Geçen Hastalıklar.

| Hastalık Adı | Organizma |
|---|---|
| Basilli dizanteri | Shigella dysenterial |
| Tifo | Salmonella typhi |
| Kolera | Vibrio cholera |
| Amibli dizanteri | Entamoeba histolytica |
| Çocuk felci | Çocuk felci virüsü |
| Sarılık | Hepatitis virüsü |

Cetvel 1.1' de verilen organizmalardan başka bulaşıcı hepatitis virüsü, su diyaresi virüsleri gibi bazı virüsler de sudan geçerek hastalık yaparlar. Halk arasında "kara sarılık" denen hastalığa sebep olan hepatitis virüsünün su ile geçmesi ve hastalık yapabilmesi için kuvvetli bir kirlenmenin gerekli olduğu ileri sürülmüştür. Hepatitis virüsü, iyi şekilde işletilen yumaklaştırma, çöktürme ve filtrasyon kısımlarından meydana gelen bir tasfiye tesisinde %90-99 oranında tutulabilmektedir.

Sudaki zararlı mikroorganizmaları yok etmek için en müessir yol dezenfeksiyondur. Suyun bakiye 0.1-0.2 mg/lt klor kalacak şekilde ve uygun temas süresi ile klorla dezenfekte edilmesi halinde bağırsak patojen bakterileri, 0.3-0.4 mg/lt bakiye klorla dezenfeksiyon halinde ise virüsler yok edilebilir.

Hastalık etkenleri olan yukarda belirtilen mikroorganizmaların bakteriyolojik muayeneleri zordur. Bu yüzden gösterge "indikatör" organizmalar kullanılır. Bunlar:

1. Koliform bakterisi, bilhassa E. koli olarak bilinen Escherichia koli.
2. Streptococcus faecalis.
3. Clostridium Perfringens Sporları

E kolinin, sularda bulunması, zararlı organizmaların mevcudiyetinin bir işaretidir. Dışkının 1 gramında $10^8$ - $10^9$ adet E. Koli bulunur. Bu sebeple bir içme suyu kaynağı tahlil edildiğinde E. Koli bulunmuşsa, bu kaynağın insan, memeli hayvan veya kuşların dışkılarıyla kirlendiği anlaşılır.

İçme sularının bakteriyolojik olarak kirlenip kirlenmediklerini kontrol için su nümuneleri alınarak tahlilleri yapılmalıdır. Dezenfekte edilen sularda haftada bir nümune alınır. Dezenfekte edilmeyen sularda nümune alma aralığı ise TS 266' da nüfusa bağlı olarak verilmiştir.

Dezenfekte edilmeyen sular için en fazla nümune alma aralıkları Cetvel 1.2 de gösterilmiştir.

Cetvel 1.2. Dezenfekte edilmeyen sular için nümune alma aralığı.

| Nüfus | En fazla nümune alma aralığı |
|---|---|
| 2000— 10000 | 2 ay |
| 10000— 20000 | 1 ay |
| 20000— 50000 | 2 hafta |
| 50000—100000 | 4 gün |
| 100000'den büyük | 1 gün |

Avrupa İçme Suyu Standartlarına Göre:

a) İçme suyu şebekesine girişlerden alınan 100 ml. numunelerde koliform grubundan herhangi bir bakteri bulunmamalıdır.

b) İçme suyu şebekesinden alınan 100 ml'lik numunelerden %95'inde koliform grubundan herhangi bir bakteri olmamalıdır. Bu, 100 numune tahlil edildiği zaman en fazla 5 numunede koliform gurubu bakterilerin bulunmasına müsaade edilebileceği manasına gelir. Buna göre "En Muhtemel Sayı"

$$EMS = \frac{5}{100x100} = 0.5x10^{-3} a\det/ml = 0.5\ a\det/lt$$

olarak elde edilir. 0 halde Avrupa İçme Suyu Standardı koliform bakterileri için EMS $\leq$ 0.5 adet/ litredir.

- **Suda Sağlığa Zararlı Kimyasal Maddeler Olmamalıdır**

Bazı kimyasal maddeler zehirli tesir gösterir. Arsenik, kadmiyum, krom, kurşun, civa, selenyum zehirli maddelerdir. Arsenik metalik olarak özellikle toz halinde- zehirsizdir. Ancak su, hatta havadaki nem ile birleştiği zaman Arsenik trioksite ($As_2O_3$) dönüşür. Bu çok zehirli bir maddedir. Arsenik zehirlenmelerinde felç, sinir sistemi bozuklukları görülür. İnorganik arsenik bileşiklerinin kanser yapıcı tesir göstermekte olduğu da ileri sürülmüştür.

Civa'nın vücudda yığılması neticesi, başlangıç arazları olarak baş ağrısı, yorgunluk, kol ve bacaklarda ağrılar görülür. Diş etleri iltihaplanır. Diş etlerinde mavimor "civa çizgisi' husule gelir. Kişide ruhi bozukluklar, hafıza zayıflıkları ve gövde, kol ve ayaklarda duygu bozuklukları ortaya çıkar.

Kadmiyum ve bileşikleri, şahıslarda baş ağrısı, susuzluk hissi, boğazda kuruluk, sinirlilik ve kuvvetli tahriş öksürüğü gibi rahatsızlıklara sebep olur.

Krom'un ülser, bronşit, akciğer ve böbrek hastalıklarına sebep olduğu bilinmektedir. Kurşun ve bileşikleri, iştahsızlık, karın ağrıları, yorgunluk, vücutta umumi zaafiyet hali, kurşun felçleri ve duyu organları bozukluklarına sebep olur. Baryum, kaslara ve kalp adalelerine, damarlar ve sinir sistemine zararlı tesirler yapmaktadır.

Nitrat, bilhassa bebeklerde, "süt çocuğu siyanozu" na sebep olur. Bunun sebebi bazı bakterilerin nitratları indirgeyerek nitritlere dönüştürmesi ve meydana gelen fazla miktardaki nitritin emilerek kandaki hemoglobini methemoglobine çevirmesidir. Bunun neticesi olarak oksijen dokulara taşınamadığından bebek ölümleri ortaya çıkar.

Florür, sularda bir miktar bulunursa diş çürümelerine karşı koruyucu bir tesir göstermektedir. Ancak florür'ün fazla miktarda alınması zehirli etki yapar. Kişide iştah azalır, omurga ve bacak kemiklerinde sertleşme husule gelir.

Radyoaktif maddeler, bilhassa nükleer silah denemeleri ve nükleer santrallerin artıkları sebebiyle içme suları kirlenmektedir. Suda Amonyum ($NH_4^+$)'ün bulunması, suyun kullanılmış sularla kirlendiğini ve kirlenmenin süre bakımından uzak olmadığına gösterir.

Klorür ($Cl^-$), suda umumiyetle sodyum klorür (NaCl) şeklinde bulunur. Suda fazla miktarda NaCl bulunması halinde suya insan veya hayvan idrarının karışmış olduğu düşünülebilir. Ancak deniz kenarındaki su kaynaklarında tatlı suya, denizden tuzlu su karışabileceği hatırdan çıkarılmamalıdır. Netice olarak, sağlığa zararlı maddelerin içme sularındaki konsantrasyonları (muhtevaları) belli bir değerden fazla olmamalıdır. Bu değerler çeşitli standartlarda belirtilmiştir.

- **Sular Kullanma Maksatlarına Elverişli Olmalıdır**

Sular içme suyu ve sanayide kullanma suları olarak kullanılabilir. İçme suyu olarak kullanılması halinde sudaki demir ve manganez muhtevaları düşük olmalıdır. Demir, bilhassa yeraltı sularında (2) değerlikli $Fe^{++}$ olarak, umumiyetle demir bikarbonat $Fe(HCO_3)_2$ şeklinde bulunur. $Fe^{++}$, oksijenle temas ederse sarı—kırmızı bir bileşik olan demir hidroksit halinde çökelir. Bu sebeple suyun tadı ve rengi değişir.

Reaksiyon:

$4\ Fe^{+} + O_2 + 10H_2O \rightarrow 4\ Fe(OH)_3 + 8\ H^{+}$ şeklindedir.

Suda bulunan demir, borularda demir bakterilerinin çoğalmasına ve boruların tıkanmasına sebep olur. İki değerlikli Manganez de demire benzer özellikler gösterir.

Reaksiyon:

$6Mn^{++} + 2O_2 + 6H_2O \rightarrow 6MnO_2 + 12H^{+}$

şeklindedir. Mangandioksit siyah bir çökelek halinde çökelir. Suyun sertliğinin de kullanma maksatlarına uygun olması icabeder.

- **İçme Suları Agresif Olmamalıdır**

Suların agresifliği, serbest karbondioksit ($CO_2$) ile bikarbonat ($HCO_3^-$) iyonunun dengede olmamasından ileri gelir. Suların agresifliği, boruların korozyonuna (aşınmasına) sebep olur, onların kısa zamanda harab olmalarına, dolayısıyla ilave masraflara yol açar. Ayrıca boruların aşınması halinde borudan ayrılan elementler suyun evsafının bozulmasına sebep olur. Suların agresif olup olmadıklarının tayininde umumiyetle Tilman Eğrisi ile Langelier indeksi kullanılmaktadır.

**İçme Suyu Standardları**

İçme sularının renksiz, berrak olması, hastalık yapıcı organizmaları, zararlı kimyasal maddeleri ihtiva etmemesi ve agresif olmaması gerektiği belirtilmişti. Sularda bu şartları sağlamak ve suda bulunması arzu edilmeyen maddelerin belirli bir seviyenin altında tutmak için çeşitli standardlar geliştirilmiştir. Bunlar arasında dikkate değer olanı Dünya Sağlık Teşkilatı (WHO) tarafından verilen standartlardır. Memleketimiz için kabul edilen içme suyu standardı ise TS-266 olup, Cetvel 1.3'de topluca verilmiştir. Diğer standartlar Cetvel 1.4'de gösterilmiştir.

Cetvel 1.3. Memleketimiz İçin Kabul Edilen İçme Suyu Standardı. (TS-266)

| Madde ismi | Müsaade edilebilen değer | Maksimum değer |
|---|---|---|
| **1. ZEHİRLİ MADDELER** | | |
| Kurşun (Pb) | - | 0.05 mg/l |
| Selenyum (Se) | - | 0.01 mg/l |
| Arsenik (As) | - | 0.05 mg/l |
| Krom ($Cr^{+6}$) | - | 0.05 mg/l |
| Siyanür (CN) | - | 0.2 mg/l |
| Kadmiyum ($C_d$) | - | 0.01 mg/l |
| **2. SAĞLIĞA ETKİ YAPAN MADDELER** | | |
| Florür (F) | 1.0 mg/l | 1.5 mg/l |
| Nitrat ($NO_3$) | - | 45 mg/l |
| **3. İÇİLEBİLME ÖZELLİĞİNE ETKİ YAPAN MADDELER** | | |
| Renk | 5 birim | 50 birim |
| Bulanıklık | 5 birim | 25 birim |
| Koku ve tad | Kokusuz normal | Kokusuz normal |
| Buharlaşma kalıntısı | 500 mg/l | 1500 mg/l |
| Demir (Fe) | 0.3 mg/l | 1.0 mg/l |
| Mangan (Mn) | 0.1 mg/l | 0.5 mg/l |
| Bakır (Cu) | 1.0 mg/l | 1.5 mg/l |
| Çinko (Zn) | 5.0 mg/l | 15.0 mg/l |
| Kalsiyum (Ca) | 75 mg/l | 200 mg/l |
| Mağnezyum (Mg) | 50 mg/l | 150 mg/l |
| Sülfat ($SO_4$) | 200 mg/l | 400 mg/l |
| Klorür (Cl) | 200 mg/l | 600 mg/l |
| pH | 7.0 – 8.5 | 6.5 – 9.2 |
| Bakiye klor | 0.1 m.g/l | 0.5 mg/l |
| Fenolik maddeler | - | 0.002 mg/l |
| Alkali benzil sülfonat | 0.5 mg/l | 1.0 mg/l |
| Mg + $Na_2SO_4$ | 500 mg/l | 1000 mg/l |
| **4. KİRLENMEYİ BELİRTEN MADDELER** | | |
| Toplam organik madde | 3.5* mg/l | - |
| Nitrik | - | - |
| Amonyak | - | - |

* Toplam organik madde 3.5 mg/l yi aşması halinde bakteryolojik muayenede özellikle titiz davranılmalıdır.

Cetvel 1.4 Dünya Sağlık Teşkilatı (WHO), A.B.D. ve Hollanda İçme Suyu Standartları.

| **Toksik Maddeler** | | **WHO** | | | **A.B.D.** | | | **Hollanda** | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | **Beynelmilel** | | **Avrupa** | **USPHS** | | **SDWA** | **DWA** | **NW** |
| **Madde** | | **Standard** | **Hedef** | **Standard** | **Standard** | **Hedef** | **Standard** | **Hedef** | |
| Arsenik | mg/l | 0.05 | - | 0.05 | 0.05 | 0.01 | 0.05 | 0.2 | - |
| Baryum | mg/l | - | - | - | 1.0 | - | 1.0 | - | - |
| Kadmiyum | mg/l | 0.01 | - | 0.01 | 0.01 | - | 0.01 | - | - |
| Krom (6 değerlik) | mg/l | - | - | 0.05 | 0.05 | - | 0.05 | 0.05 | - |
| Siyanür | mg/l | 0.05 | - | 0.05 | 0.2 | 0.01 | 0.2 | 0.01 | - |
| Kurşun | mg/l | 0.1 | - | 0.1 | 0.05 | - | 0.05 | 0.1 | - |
| Magnezyum | (Sülfat ≥ 250) mg/l | 150 | 30 | 30 | - | - | - - | - | |
| Magnezyum | (Sülfat < 250) mg/l | 150 | 125 | - | - | - | - - | | |
| Civa | mg/l | 0.001 | - | - | - | - | 0.002 | - | - |
| Nitrat | mg/l | 45 | - | 100 | - | 45 | 45 | 100 | - |
| Nitrit | mg/l | - | - | - | - | - | - | 0.1 | - |
| Polisilik Aromatik | | | | | | | | | |
| Hidrokarbonlar | mg/l | - | 0.0002 | 0.002 | - | - | - | - | - |
| Selenyum | mg/l | 0.01 | - | 0.01 | 0.01 | - | 0.01 | 0.05 | - |
| Gümüş | mg/l | - | - | - | 0.05 | - | 0.05 | - | - |

Cetvel 1.4'ün devamı

| Toksik Maddeler | | WHO | | | A.B.D. | | | Hollanda | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Beynelmilel | | Avrupa | USPHS | | SDWA | DWA | NW |
| Madde | | Standard | Hedef | Standard | Standard | Hedef | Standard | Standard | Hedef |
| Radyo aktivite α | pC/l | 3 | - | 3 | - | - | 15 | - | - |
| Radyo aktivite β | pC/l | 30 | - | 30 | 1000 | - | 50 | - | - |
| Radyum 226/228 | pC/l | - | - | - | 3 | - | 5 | - | - |
| Stronsiyum 90 | pC/l | - | - | - | 10 | - | 8 | - | - |
| Trityum | pC/l | - | - | - | - | - | 20000 | - | - |
| Endrin | mg/l | - | - | - | - | - | 0.0002 | - | - |
| Lindan | mg/l | - | - | - | - | - | 0.004 | - | - |
| Metosiklor | mg/l | - | - | - | - | - | 0.1 | - | - |
| Toksafen | mg/l | - | - | - | - | - | 0.005 | - | - |
| Klorofoksi | mg/l | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Florür (Maksimum günlük sıcaklıklardaki ortalama) | | | | | | | | | |
| 10 - 12 oC | mg/l | - | 1.7 | 1.7 | - | 1.7 | 2.4 | - | - |
| 12 - 14.5 oC | mg/l | - | 1.5 | 1.5 | - | 1.5 | 2.2 | - | - |
| 14.5 - 17 oC | mg/l | - | 1.3 | 1.3 | - | 1.3 | 2.0 | - | - |
| 17 - 21.5 oC | mg/l | - | 1.2 | 1.2 | - | 1.2 | 1.8 | - | - |
| 21.5 - 26 oC | mg/l | - | 1.0 | 1.0 | - | 1.0 | 1.6 | - | - |
| 26 - 32.5 oC | mg/l | - | 0.8 | - | - | 0.8 | 1.4 | - | - |

Cetvel 1.4'ün devamı

| Fiziksel ve Kimyasal Parametreler | | WHO | | | A.B.D. | | | Hollanda | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Beynelmilel | | Avrupa | USPHS | | SDWA | DWA | NW |
| **Maddeler** | | **Standard** | **Hedef** | **Standard** | **Standard** | **Hedef** | **Standard** | **Standard** | **Hedef** |
| Bulanıklılık | FTU | 25 | 5 | - | - | 5 | 1 | - | 0.05 |
| Renk Co | birimi | 50 | 5 | - | - | 15 | - | - | 10 |
| Koku ve tad | TON | * | | | - | 3 | - | - | 2 |
| Hidrojen sülfür | mg/l - | - | 0.05 | - | - | - | - | - | |
| Çinko | mg/l | 15 | 5 | 5 | - | 5 | - | - | - |
| Bakır | mg/l | 1.5 | 0.05 | 0.05 | - | 1 | - | - | - |
| Demir | mg/l | 1.0 | 0.1 | 0.1 | - | 0.3 | - | - | 0.05 |
| Mangan | mg/l | 0.5 | 0.05 | 0.05 | - | 0.05 | - | - | 0.01 |
| Amonyum | mg/l | - | - | 0.05 | - | - | - | - | 0.05 |
| Oksijen | mg/l | - | - | > 5 | - | - | - | - | > 6 |
| Klorür | mg/l | 600 | 200 | 600 | - | 250 | - | - | 100 |
| Toplam çözünmüş katı | mg/l | 1500 | 500 | - | - | 500 | - | - | - |
| Sertlik | mmol/l | 5 | 1 | 5 | - | - | - | - | 2.5 |
| Kalsiyum | mg/l | 200 | 75 | - | - | - | - | - | - |
| Sülfat | mg/l | 400 | 200 | 250 | - | 250 | - | - | - |
| Anyonik deterjan | mg/l | 1 | 0.2 | 0.2 | - | 0.5 | - | - | - |
| Mineral yağ | mg/l | 0.3 | 0.01 | - | - | - | - | - | - |
| Fenol bileşikleri | mg/l | 0.002 | 0.001 | 0.001 | - | 0.001 | - | - | - |
| Permanganat sarfiyatı | mg/l | - | - | - | - | - | - | - | 10 |
| pH | - | 6.5 - 9.2 | 7 - 8.5 | - | - | - | - | - | - |

# 2. BÖLÜM

# 2. TASFİYE METODUNUN SEÇİMİ

## 2.1. Giriş

Suyun kaynaktan alınması, isale edilmesi, tasfiyesi ve tüketiciye dağıtılması su temininin başlıca kısımlarını teşkil eder. Su kaynağının uygun olarak seçilmesi halinde tasfiye işlemleri azaltılabilir. Tasfiye tesislerinin yatırım ve işletme maliyetleri yüksek olduğundan su kaynağının uygun seçimi halinde mühim ölçüde tasarruf sağlanabilir. Bu yüzden mevcut su kaynaklarının özellikleri çok iyi bilinmelidir.

## 2.2. Su Kaynaklarımn Özellikleri ve Kaynak Seçimi

Bir kaynaktan alınan suyun kullanma maksadlarına uygun hale getirilmesi için tatbik edilecek tasfiye işlemleri, su kaynağının özelliklerine bağlıdır. Su kaynakları, yeraltı su kaynakları ve yüzey suları olmak üzere iki sınıfta incelenebilir. Yeraltı sularının kalitesi zamanla büyük değişmeler göstermez, renk dereceleri, bulanıklıkları düşüktür. Ancak fazla miktarda çözünmüş madde ihtiva ederler. Yüzey suları, nehir, göl, baraj ve seddelerden alınan sular olup, su evsafı zamanla büyük değişmeler gösterir, renk ve bulanıklılığı fazladır. Ayrıca yüzey suları, ev ve sanayii kullanılmış suları ile kirletilmiş olabilir. Bu yüzden organik maddeler, tad ve koku veren maddeler, fenoller, deterjanlar, metaller gibi maddeler de yüzey sularında bulunabilir. Tasfiye tesislerinin projelendirilmesinde bu durumlar göz önünde bulundurulmalıdır.

Mevcut su kaynaklarının seçiminde suyun miktarı, kalitesi, suyun temin edileceği yere uzaklığı, tasfiye edilebilme imkanları, suyun miktarında ve evsafında

mevsimlik değişmelerin olup olmadığı dikkate alınmalıdır. Bundan başka suyun birim hacminin maliyeti göz önünde bulundurularak en ucuz çözümü veren kaynak tercih edilmelidir. Su ihtiyacına bir kaynağın cevap verememesi ve birçok kaynaklardan su ihtiyacının karşılanması durumunda optimizasyon teknikleri kullanılarak en uygun çözüm yolu bulunmalıdır.

### 2.3. Tesis Yeri Seçimi

Tasfiye tesisi yeri seçilirken tesisin gelecekteki gelişme durumları dikkate alınarak, tesisin yapılacağı arazi kâfi büyüklükte seçilmelidir. Arazinin topografyası tesisin çeşitli birimlerini inşa etmek için uygun olmalıdır. İnşaat esnasında malzemenin, alet ve cihazlarının sevki ile işletme sırasında çeşitli kimyasal maddelerin nakli için tesis yerine karayolu ve demiryolu ile bağlantının kolay olmasına dikkat edilmelidir. Arazinin fiyatı çok yüksek olmamalı, ileriki yıllardaki gelişme için bu yer genişletilebilmelidir. Feyezan durumları, zemin kazısı ve zemin mukavemeti, zemin tesviyesi ve drenajı, tesisin yatırım maliyetine büyük ölçüde tesir ettiğinden, bu hususlar gözden uzak tutulmamalıdır. İsale hattının, tesis yerinden geçirilmesi uygun ve iktisadi olmalıdır. Tesisin inşaası ve işletilmesi sırasında lüzumlu olan elektrik enerjisi kolaylıkla temin edilmelidir. Ayrıca tesisin seçileceği yerin tabii güzellik bakımından zengin olması, varsa tarihi ve tabii güzelliklere zarar vermemesi, ayrıca içme suyuna kaynağında yapılabilecek sabotajlar dikkate alınarak tesis yerinin sivil savunma bakımından uygun bir arazi olmasına dikkat edilmelidir.

### 2.4. Su Tasfiyesinde Maksad ve Temel İşlemler

İçme suyu tasfiyesi umumiyetle aşağıdaki maksatlardan biri veya birkaçı için yapılır. Bunlar:

- Su sıcaklığının düşürülmesi veya yükseltilmesi
- Renk, bulanıklık, tad ve koku giderilmesi
- Mikroorganizma giderilmesi
- Demir ve manganez giderilmesi
- Amonyum ($NH_4^+$) giderilmesi
- Oksijen konsantrasyonunun yükseltilmesi, suya bazen $CO_2$ verilmesi, bazen giderilmesi, hidrojen sülfür ($H_2S$), metan ($CH_4$) gibi gazların sudan giderilmesi, yani gaz transferi.
- Asitlerden temizleme
- Su sertliğinin düşürülmesi

• Sudaki korrozif özelliğin giderilmesi

• Tuzluluğun giderilmesi

• Zararlı kimyasal maddelerin giderilmesi

İçme suları tasfiyesinde yukarıdaki maksatlara ulaşmak için çeşitli temel işlemler yapılır. Bu temel işlemler aşağıda verilmiştir.

• Gas transferi veya havalandırma

Suya oksijen veya $CO_2$ kazandırmak veya $CO_2$, $H_2S$, $CH_4$ gibi gazları sudan gidermek için uygulanır.

• Izgaradan Geçirme

Yüzücü ve iri maddeleri tutmak için tatbik edilir.

• Mikroeleklerden geçirme

Süspansiyon halindeki maddeleri veya algleri tutmak için uygulanır.

• Biriktirme

Su kalitesini iyileştirmek, konsantrasyondaki salınımları dengelemek için kullanılır.

• Çöktürme

Çökebilen katıları gidermek için yapılır.

• Yüzdürme

Ekseriya yağları ve sudan hafif yüzücü maddeleri sudan ayırmak için tatbik edilir.

• Suyun pH sını Ayarlama

Suya asit veya baz ilave edilerek suyun pH sının istenilen değere getirilmesi için yapılır.

• Hızlı Karıştırma ve Yumaklaştırma

Alüminyum ve demir tuzları gibi yumaklaştırıcı maddeleri ham suya ilave etmek suretiyle çökemeyen kolloidal maddeleri, çökebilen yumaklar haline getirerek sudan ayırmak maksadıyla yapılır.

• Filtrasyon

Suyu, daneli malzeme ile teşkil edilmiş filtrelerden geçmek suretiyle sudaki kolloid ve süspansiyon maddelerin tutulması işlemi için kullanılır.

• Dezenfeksiyon

Suda bulunan zararlı mikroorganizmaları bertaraf etmek için tatbik edilir.

• Kimyasal Stabilizasyon

İstenmeyen maddelerin zararsız hale getirilmesi işlemidir.

• Adsorbsiyon

Aktif karbon gibi maddelerle sudaki koku ve tad veren maddelerin tutulması için yapılır.

• İyon Değiştirme

Suyun iyon değiştiricilerden geçirilmesi suretiyle istenmeyen iyonların bir başka iyonla yer değiştirilmesi işlemidir.

• Kimyasal Çöktürme

Suda çözünmüş maddeler, oksidasyonla suda çözünmeyen bileşikler haline getirilerek çöktürme suretiyle sudan giderilmesi işlemidir.

Yukarda belirtilen işlemler, fiziki ve kimyevi işlemler olup sayıları çoğaltılabilir. Kaynatma, koku ve tad kontrolü, sertlik giderilmesi, demir ve mangan giderilmesi için tatbik edilen işlemler, reverse osmoz, elektrodializ gibi metodlar da içme suyu tasfiye işlemleri arasında sayılabilir.

### 2.5. Tasfiye Akım Şemaları

İçme suyu tasfiyesinde en mühim problemlerden biri ham suyun evsafına ve tasfiye edilmiş suyun kullanılma maksatlarına göre en uygun tasfiye akım şemasının seçilmesidir. Ham suyun özellikleri, kaynaktan kaynağa çok büyük değişiklikler götserebilir. Bazı kaynakların suları çok iyi vasıfta olup, basit bir dezenfeksiyon ile içme suyu şebekesine verilebilir. Bazı su kaynakları, mesela kirlenmiş nehirlerden su alınmasında olduğu gibi, kötü evsafta olduklarından biriktirme, hızlı karıştırma, yumaklaştırma, filtrasyon ve dezenfeksiyon gibi pek çok tasfiye kısımlarını gerektirir. Bundan dolayı, su kaynağında çeşitli parametreler uygun zaman aralıkları ve sayıda ölçülerek, kabul edilen içme suyu standardları ile karşılaştırılmalı ve hangi parametrelerin iyileştirilmesi gerektiği tesbit edilmelidir. Müteakiben tasfiye kısımları ve akım şemasına karar verilmelidir. Daha sonra her bir tasfiye çıkışında ve tasfiye edilmiş sudaki su kalitesi parametreleri tahmin edilerek, standardlarla mukayese edilmeli, çeşitli alternatiflerin olması halinde en ucuz çözümü veren hal tarzı tercih edilmelidir. Cetvel 2.1. de çeşitli vasıflardaki ham su kaynaklarının özellikleri verilmiştir.

Cetvel 2.1. İçme Suyu Kaynağı Olarak Kullanılacak Ham Su Kaynakları İçin Özellikler

| Suyun İhtiva Ettiği Maddeler | Çok Temiz Kaynak, Tasfiye için Sadece Dezenfeksiyon İstenmektedir | İyi Bir Kaynak Filtrasyon ve Dezenfeksiyon | Pek İyi Olmayan Kaynak, Özel ve İlave Tasfiye ve Dezenfeksiyon |
|---|---|---|---|
| $BOI_5$ mg/l<br>aylık ort.<br>Maks.günl. | <br>0.75 – 1.5<br>1.0 – 3.0 | <br>1.5 – 2.5<br>1.0 – 4.0 | <br>2.5<br>4.0 |
| Koliform<br>EMS/100 ml aylık ort.<br>maks.günl. | 50 – 100<br>Numunelerin % 5 inden daha azında 100 den fazla | 50 – 5000<br>%20 sinden azında 5000 | 5000<br>% 5 inden azında 20.000 |
| Çöz. $O_2$ mg/1 ort.<br>doyg. yüzdesi | 4.0 – 7.5<br>75 | 4.0 – 6.5<br>60 | 4.0 |
| pH ort.<br>Klorür (maks) mg/l<br>Florür mg/l<br>Fenol bileşikleri (maks) mg/l | 6.0 – 8.5<br>50<br>1.5<br>Yok | 5.0 – 9.0<br>50 – 250<br>1.5 – 3<br>0.005 | 3.8 – 10.5<br>250<br>3.0<br>0.005 |
| Renk (birim)<br>Bulanıklık (birim) | 0 – 20<br>0 – 10 | 20 –150<br>10 – 250 | 150<br>250 |

İyi bir projelendirme için tasfiye birimlerinin çeşitli parametreler üzerine tesirleri ve verimleri iyi bir şekilde bilinmelidir. Cetvel 2.2'de bazı temel işlemlerin çeşitli parametreler üzerine tesirleri verilmiştir. Cetveldeki + işareti verimliliği, O işareti hiçbir tesiri olmadığına, – işareti ise aksi tesiri ifade etmektedir. Dolaylı tesirler parantez içinde gösterilmiştir.

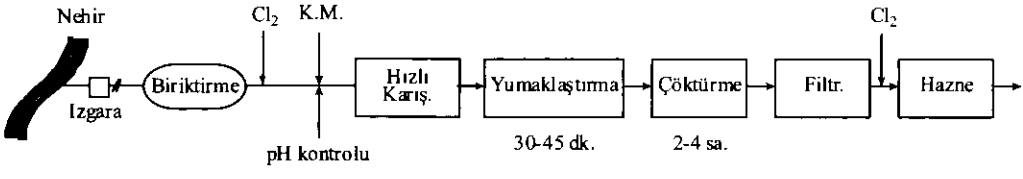
Çeşitli kalite parametrelerine göre tatbik edilecek tasfiye metotları ise Cetvel 2.3 de gösterilmiştir.

En çok kullanılan tasfiye akım şemaları yüzey suları ve yeraltı suları için aşağıda ayrı ayrı verilmiştir.

### A. Yüzey Suları İçin Akım Şemaları

Tasfiye sistemi, su kalitesi ve kalitedeki oynamalar ile değişir.

**a) Çökebilen madde miktarı yüksek ve mevsimlere göre kil muhtevası ve rengi değişen nehir suları**




Biriktirme müddeti 10–20 gün alınır. Bundan maksat iri danelerin çökelmesi ve su kalitesinin düzeltilmesi ve debinin dengelenmesidir. Biriktirme haznesi veya sun'i göl yapılmadığı takdirde iri danelerin çökelmesi için bir çökeltme havuzu (kum tutucu) yapılması mümkündür.

**b) Ötrofik Göl ve Su Haznelerinin Suları**

Bu sular bazı mevsimlerde yüksek seviyede alg, kil ve diatoma ihtiva ederler, iri çakıl ve kum daneleri yoktur, çok az miktarda mil bulunur.

Cetvel 2.2. Temel İşlemlerin Çeşitli Parametreler Üzerine Tesirleri

| Parametre | Havalandırma | Pıhtılaştırma ve Çöktürme | Kireç-Soda ile Yumuşatma | Yavaş Filtrasyon (a) Yok | Hızlı Filtrasyon (a) Yok | Dezenfeksiyon (Klorlama) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Bakteri | 0 | + + | (+ + +) 1,2 | + + + + | + + + + | + + + + |
| Renk | 0 | + + + | 0 | + + | + + + + | 0 |
| Bulanıklık | 0 | + + + | (+ +) 2 | + + + + 3 | + + + + | 0 |
| Koku - Tat | + + 4 | ( + ) | (+ +) 2 | + + | (+ +) | + + + + 5<br>- - 6 |
| Sertlik | + | (- - ) 7 | + + + + | 0 | (- -) 7 | 0 |
| Korozyon | + + + 8<br>- - - 9 | (- -) 10 | 11 | 0 | (- -) 10 | 10 |
| Demir ve Manganez | + + + | + 12 | (+ +) | + + + + 12 | + + + + 12 | 0 |

Not: + İşareti arttıkça verimin arttığı anlaşılmalıdır. + + + + Verim çok iyi, 0 tesiri yok manasınadır.

1- Eğer pH yüksekse ilave olarak kireçle muamele yapılır.
2- Kimyasal Çökeltme ile birlikte.
3- Bulanıklığın fazla olması halinde filtre çok çabuk tıkanır.
4- Klorofenol tadı dahil değil.
5- Eğer kırılma noktası klorlaması yapılır veya klorun alınmasından sonra süper klorinasyon tatbik edilirse
6- Çok kesif bir koku ve tadın mevcut olması halinde 5. tatbik edilemezse.
7- Bazı koagülantlar karbonatı sülfat haline çevirir.
8- Karbondioksitin uzaklaştırılması halinde
9- Koroziflik düşükse oksijen ilavesi sebebiyle.
10- Bazı koagülantlar $CO_2$'yi serbest bırakır.
11- Yüksek pH değerlerinde bazı metaller reaksiyona girdiğinde değişkendir.
12- Havalandırmadan sonra.

Cetvel 2.3. Çeşitli Kalite Parametrelerine Göre Tatbik Edilecek Tasfiye Usulleri.

| Su Özellikleri | | Ön Tasfiye | | | | Tasfiye | | | | | İlave , Özel Tasfiye | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Konsantrasyon | Izgaradan Geçirme | Ön Klorlama | Basit Çöktürme | Havalandırma | Kireçle yumuşatma | Pıhtılaştırma ve çöktürme | Hızlı filtrasyon | Yavaş filtrasyon | Son klorlama | Süper klorlama veya klor amonyum ilavesi | Aktif karbon | Özel kimyasal tasfiye | Tuzlu suyun tatlılaştırılmasız |
| Koliform EMS/100 ml (aylık ortalama) | 0- 20 | | | | | | | | | E | | | | |
| | 20 - 100 | | | O | | | O | O | O | E | | | | |
| | 100 – 5000 | | E | | | | E | E | O | E | | | | - |
| | > 5000 | | E | O[3] | | | E | E | | E | O | | | |
| Bulanıklık (birim) | 0 – 10 | O | | | | | | | | | | | | |
| | 10 – 200 | O | | | | | E | E | O | | | | | |
| | > 200 | O | | O[4] | | | E | E | | | | | | |
| Renk mg/l | 20 – 70 | | | | | | O | O | | | O | | | |
| | > 70 | | | | | | E | E | | | O | | | |
| Tat ve koku $CaCO_3$ mg/l | Fark edilebilir >200 | | O | | O | E | E | E | O | | O | E | E | |
| Fe ve Mn mg/l | < 0.3 | | O | | | | | S | | | | | | |
| | 0.3 – 1.0 | | | O | O | | E | E | O | | | | O | |
| | > 1.0 | | E | | E | | E | E | O | | | | O | |
| Klorür mg/l | 0 – 250 | | | | | | | | | | | | | |
| | 250 – 500 | | | | | | | | | | | | | O |
| | > 500 | | | | | | | | | | | | | E |
| Fenol bileşikleri mg/l | 0 – 0.005 | | | | | | O | O | | | O | O | O | |
| | > 0.005 | | | | | | E | E | | | O | E | | |
| Toksik maddeler | | | | | | | E | E | | | | E | O | |
| Diğer kimyasal maddeler | | | | | | | O | O | | | | O | O | |

E Esas

O Olabilir, ihtiyari

S (Özel) ilave olarak istenebilir

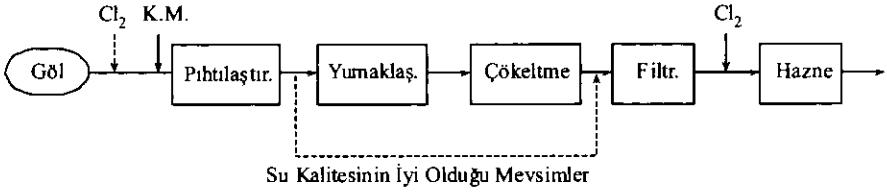
1- Süper klorlama klorun alınmasını müteakip tatbik edilir.

2- Diğer bir alternatif olarak klorür muhtevası çok düşük olan suyla karıştırma.

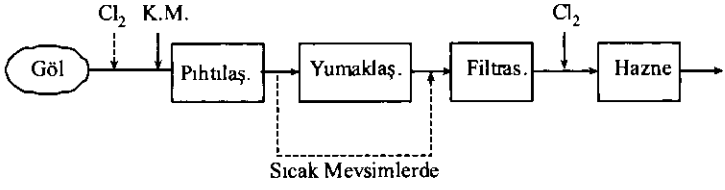
3- Koliform konsantrasyonunun (EMS) 20.00'den fazla olması halinde iki kademeli çöktürme yapılır.

4- Çok çamurlu sular basit çöktürmeden önce ilk çöktürmeye alınır.

Ötrofik Göl ve Su Haznelerinin Suları için tasfiye akım şeması aşağıda verilmiştir.




**c) Su Kalitesi İyi Olan Göller ve Su Hazneleri**

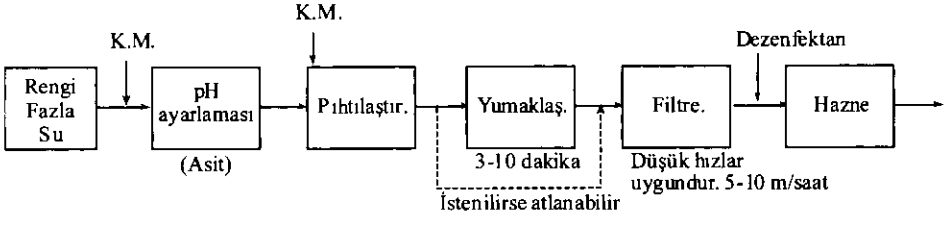



**d) Rengi Fazla Fakat Askıdaki Madde Muhtevası Az Sular**

$Al^{3+}$ veya $Fe^{3+}$ ile pıhtılaştırma çok zor çökebilen yumaklar meydana getirdiğinden dolayı çökeltme fazla tesirli değildir. Bu sebepten doğrudan doğruya filtrasyon tatbikatı tercih edilir. Şayet alum (veya demir) dozu yüksekse mesela 40 mg/l den fazla ise filtredeki yük kaybı fazla olur, bunu önlemek için çift tabakalı filtre malzemesi kullanılır veya düşük hızlarla çalışılır.

Renk en iyi şekilde düşük pH değerlerinde giderilir.

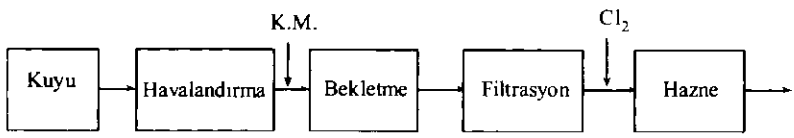
Renk giderilmesi esnasında meydana gelen alum yumakları zayıftır.




K.M. : Kimyevi madde

**B. Yeraltı suları İçin Akın Şemaları**

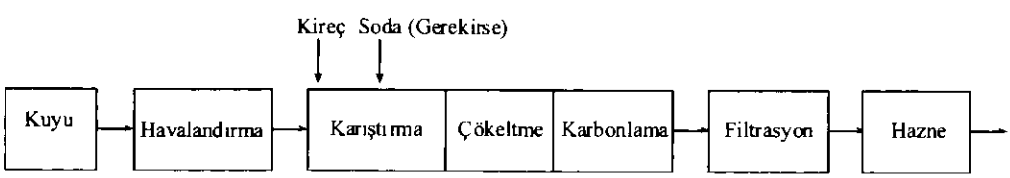
**a) Demir ve Mangan Giderilmesi**




**b) Sert sular İçin Kireç ile Yumuşatma (Yumuşatmanın daha fazla olması arzu edilirse soda da kullanılır)**

**Tek Kademeli Yumuşatma**

Sadece $Ca^{++}$ giderilmesi için uygundur. Bu gibi sularda $Mg^{++}$'nun arzu edilen sınırlar içerisinde olması gerekir.




Bu metod $Mg^{++}$ giderilmesi için de kullanılabilir. Fakat kireç ve $CO_2$ sebebiyle işletme masraflarının fazla olmasına sebep olur.

**İki Kademeli Yumuşatma**

$Ca^{++}$ ve $Mg^{++}$ beraber giderilmesi için en uygun tasfiye sistemidir. Diğerine göre yatırım maliyeti fazla, fakat işletme giderleri azdır. Birinci kademeden farkı sadece karıştırma ve çökeltme ile Karbonlama havuzlarının tekrar konulmasıdır.

# 3. BÖLÜM

## 3. BİRİKTİRME

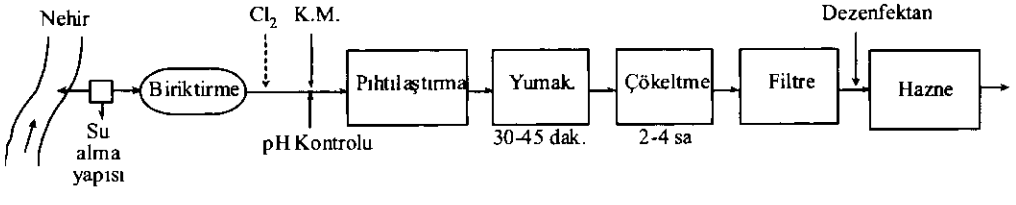
### 3.1. Giriş

Bilhassa nehirlerden su temininde biriktirmenin büyük bir ehemmiyeti vardır. Biriktirme müddeti umumiyetle 10 ila 20 gün arasında alınmaktadır. Bundan maksat iri danelerin çökelmesi, su evsafının (kalitesinin) düzeltilmesi ve debinin dengelenmesidir. Çökebilen madde miktarı yüksek, mevsimlere göre kil muhtevası ve rengi değişken sular için çok kullanılan bir tasfiye çeşidi Şekil 3.1 de gösterilmiştir.

Biriktirme haznesinin yapılmasının mümkün olmaması halinde en azından bir dinlendirme havuzu (kum tutucu) yapılması gerekli görülmektedir.

### 3.2. Biriktirmenin Su Kalitesi Üzerine Tesirleri

Suların bir haznede belli bir müddet biriktirilmesi neticesi su kalitesi değişir. Bu değişme hem su kalitesinin iyileşmesi hem de kötüleşmesi yönlerinde olmak üzere iki şekilde kendini gösterebilir. Biriktirme hazneleri olarak sun'i göller veya biriktirme yapıları kastedilmektedir.




Şekil 3.1 Su Tasfiyesinde Biriktirme Haznesinin Yeri

**Biriktirme Haznelerinin Faydaları**

Su kalitesinde mümkün olabilecek iyileşmeler şu şekilde sıralanabilir.

a. Suda bulunan iri daneler çökelir.

b. Suyun bulanıklığı azalır

c. Sudaki çözünmüş oksijende artma olabilir

d. Su sertliğinde azalma olabilir

Çünkü suda çözünmüş halde bulunan $CO_2$, algler tarafından alındığı zaman aşağıdaki reaksiyon sola doğru kayar. Böylece $Ca^{++}$ 'da azalma vuku bulur. Yani:

$$CaCO_3 + CO_2 + H2O \rightleftharpoons Ca^{++} + 2\,HCO^-_3$$

*Çökelme* *Alg* $C0_2$ azaldığından

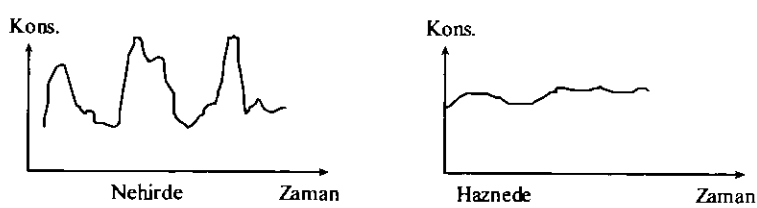
e. Organik oksidasyon sebebiyle

- Koku ve tad bakımından iyileşme
- BOJ azalması
- Bazı durumlarda suyun rengi bakımından iyileşme olur.

f. Koliform sayısında ve hastalık yapan mikroorganizmalarda azalma görülür.

g. Su kalitesinde dengelenme olur.

Bundan maksat, nehir suyu kalitesi zamanla çok değişmesine rağmen, bir biriktirme haznesine verilip oradan su alınırsa nehir suyunda herhangi bir parametredeki düzensizlikler giderilir. Bu durum şematik olarak Şekil 3.2 de gösterilmiştir.




Şekil 3.2. Biriktirme haznelerinde konsantrasyon dengelenmesi

Biriktirme haznelerinin faydaları arasında yukarıda belirtilenlere ilave olarak, nehirdeki kurak devre akımları esnasında biriktirme haznesinde kâfi derecede su bulunması sayılabilir. Bundan başka herhangi bir şekilde nehirdeki kirletici konsantrasyonunun çok artması halinde su alma ağzı kapatılarak, bir müddet hazneden su alınabilir, böylece fazla kirletilmiş devrelerde tasfiye tesisinin aşırı yüklenmesinin ve tasfiye edilmiş su kalitesinin bozulmasının önüne geçilmiş olur. Bir misal olmak üzere, su alma yapısının menba tarafında kazaen veya herhangi bir şekilde fazla miktarda zehirli bir madde dökülmüş olsa, arzu edilmeyen böyle zamanlarda, su alma ağzı kapatılarak biriktirme haznesinden su temin edilebilir.

**Su Kalitesinde Mümkün Olabilecek Bozulmalar**

a. Alg büyümesi en büyük problemdir. Alg büyümesi sebebiyle estetik görünüş bozulur, koku ve tad problemleri ortaya çıkar, Mavi–Yeşil algler gibi bazı yosunlar sebebiyle zehirli madde konsantrasyonları artar. Algler, hızlı (seri) kum filtrelerin kısa zamanda tıkanmasına veya geri yıkama peryodunun azalmasına sebep olurlar.

b. Bazı kirleticiler tekrar ortaya çıkabilir. Mesela tabana biriken organik maddelerin, anaerobik olarak ayrışması neticesi koku ve tad problemleri ortaya çıkar.

c. Sıcaklık tabakalaşması sebebiyle su kalitesi bozulabilir.

Görüldüğü gibi biriktirme haznelerinin pek çok faydası olmasına mukabil bazı mahzurları da vardır. Ancak biriktirme haznelerinde iyi bir karışım ve havalandırma temin edilir, derinlik ve büyüklükleri uygun seçilirse bu mahzurlar da bir parça bertaraf edilebilir.

### 3.3. Mikroorganizma Giderilmesi

Mikroorganizmaların zamanla azalması ortamda bulunan besi maddeleri miktarına (Nütriyent konsantrasyonuna), ortamın sıcaklığına, mikroorganizma çeşidine, ortamın mikroorganizmalar için zehirli özellikte (toksik) olup olmaması gibi pek çok faktöre bağlıdır.

Azalma hızının 1. mertebe kinetiğe uyduğu kabul edilirse:

$$-\frac{dn}{dt} = \alpha.n \qquad (3.1)$$

yazılabilir.

Burada:

$n$ : mikroorganizma sayısı, ($1/L^3$)

$t$ : zaman, (T)

$\alpha$ : reaksiyon sabiti veya azalma sabiti ($T^{-1}$)

olup, azalma sabiti yukarda belirtilen şartlara bağlıdır. Denklem (3.1) de verilen 1. mertebe diferansiyel denklemin çözümü:

$$n_t = n_0.e^{-\alpha.t} \qquad (3.2)$$

şeklindedir.

Burada:
$n_0$: Başlangıçtaki mikroorganizma konsantrasyonu ($l/L^3$)
$n_t$: Başlangıçtan t süre sonraki mikroorganizma konsantrasyonu ($l/L^3$)

(3.2) denklemini

$$\frac{n_0}{n_t} = e^{\alpha.t} \qquad (3.3)$$

şeklinde yazmak mümkündür. ηo/ηt oranı azalma katsayısı (R) olarak bilinir. Yani

$$R = n_0 / n_t = e^{\alpha.t} \qquad (3.4)$$

dir. O halde azalma katsayısı, hız sabitine ve başlangıçtan itibaren geçen zamana (haznelerde bekleme müddetine) bağlıdır.

Çeşitli mikroorganizmalar için α değerleri Cetvel 3.1' de verilmiştir.

Cetvel 3.1. Sıcaklığa bağlı olarak α değerleri (3).

| Mikroorganizma | $\alpha$ , Gün$^{-1}$ | Sıcaklık ° C |
|---|---|---|
| Vibrio Kolera | ~1 | 10–18 |
| Salmonella Thypi | ~1 | 10–21 |
| Polio Virus | 0.4 | 15 |
| Polio Virus | 0.1 | 5 |
| E. Coli (Ren Nehri için) | ≥0.3 | – |

**Biriktirme Haznesinin Tipi ve İşletilmesinin Azalma Katsayısı Üzerine Tesiri**

Biriktirme yapısının şekli ve işletilmesi (Reaktör tipi) bakımından dört çeşit hazne bulunmaktadır.

1. Doldur boşalt sistemi
2. Sürekli giriş ve çıkışı olan tam karışımlı hazneler.
3. Sürekli giriş ve çıkışı olan tam karışımlı seri bağlı hazneler
4. Piston akımlı hazneler

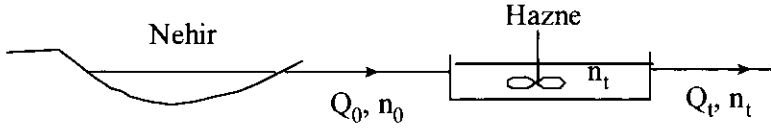
**Doldur Boşalt Şeklinde Çalışan Hazneler**

Böyle sistemlerde hazne su ile doldurulur. Belli bir t bekleme müddeti sonunda hazne boşaltılır, tekrar su ile doldurulur. Böyle haznelerde R azalma faktörü (3.4) denkleminde verildiği gibi:

$R = e^{\alpha.t}$ şeklindedir. Tatbikatta bu hazneler pek fazla kullanılmamaktadır.

**Sürekli Giriş ve Çıkışı Olan Tam Karışımlı Hazneler**

Böyle haznelerde tam karışım olduğundan haznedeki konsantrasyon çıkış konsantrasyonuna eşittir (Şekil 3.3).




Şekil 3.3. Tam Karışımlı Bir Biriktirme Haznesi

Mikroorganizmalar için madde dengesi yazılırsa

Giren + Azalma = Çıkan

Bu matematik olarak ifade edilirse:

$$Q_0.n_0 + V.\frac{dn_t}{dt} = Q_t.n_t$$

$Q_0 = Q_t = Q$ olduğu kabul edilir ve

$$-\frac{dn_t}{dt} = \alpha.n_t$$ yazılırsa

veya $Q.\ \eta o + V(-\alpha.\eta t) = Q.\eta t$

$$\frac{n_0}{n_t} = \frac{Q + \alpha.V}{Q} = 1 + \frac{\alpha.V}{Q}$$

Haznede suyun bekleme müddeti $t = \frac{V}{Q}$ ve

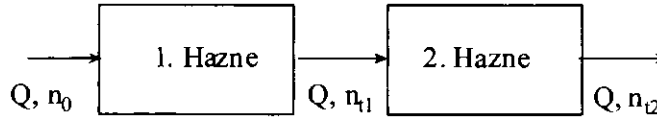
$$R = \frac{n_0}{n_t}$$ olduğundan

$$R = 1 + \alpha.t \qquad (3.6)$$

elde edilir.

**Sürekli Su Giriş ve Çıkışı Olan Tam Karışımlı Seri Bağlı Hazneler**

Seri bağlı iki hazne ele alalım. Debi, giriş ve çıkışları Şekil 3.4 de görüldüğü gibi eşit olsun.




Şekil 3.4. Seri Bağlı 2 Hazne

Haznelerde toplam bekleme müddeti T ile gösterilirse,

$$R_1 = \frac{n_0}{n_{t_1}} = 1 + \alpha.\left(\frac{T}{2}\right)$$

$$R_2 = \frac{n_{t_1}}{n_{t_2}} = 1 + \alpha.\left(\frac{T}{2}\right)$$

İki hazne için azalma katsayısı yazılırsa

$$R = \frac{n_0}{n_{t2}} = \frac{n_0}{n_{t1}}.\frac{n_{t1}}{n_{t2}} = R_1 x R_2 = \left(1 + \alpha\frac{T}{2}\right)^2$$

elde edilir. Benzer şekilde (n) adet seri bağlı hazne için aşağıdaki ifade yazılabilir.

$$Rn = R_1.R_2.R_3.....R_n = \left(1 + \alpha\frac{T}{n}\right)^n \qquad (3.7)$$

veya,

$$t = \frac{T}{n}$$ yazılırsa

$$Rn = (1 + \alpha t)^n \qquad (3.8)$$

bulunur.

**Piston Akımlı Hazneler**

Bu çeşit hazneler sonsuz sayıda seri bağlı hazneler gibi düşünülebilir.

$$\lim_{n\to\infty} R_x = \lim_{n\to\infty} (1+\alpha.\frac{T}{n})^n$$

$$R_x = e^{\alpha.t}$$

elde edilir.

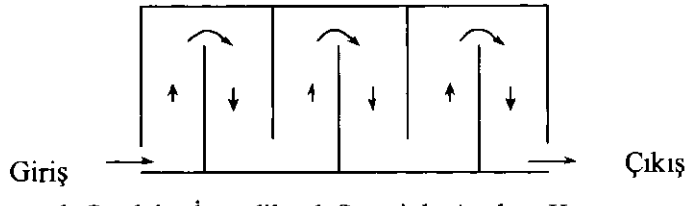
0.3 gün$^{-1}$ alınması halinde çeşitli bekleme müddetlerine göre hesaplanmış, azalma katsayıları R, Cetvel 3.2'de gösterilmiştir. Piston akımlıya ait değerler, kıyaslamak bakımından binliklere yuvarlatılmıştır.

Cetvel 3.2 den de görülebileceği gibi mikroorganizma azalması bakımından en uygun olanı piston akımlı haznelerdir. Tatbikatta ideal piston akımlı hane inşa etmek mümkün değildir. Hazne, Şekil 3.5'e benzer tarzda inşa edilmek suretiyle mümkün mertebe piston akım meydana getirilmeye çalışılır.

Bu mümkün olmadığı takdirde hiç olmazsa en az 2 veya 3 seri bağlı hazne kullanılması faydalıdır.

| Hazne çeşidi | Bekleme süresi (gün) | 15 | 23 | 30 | 38 |
|---|---|---|---|---|---|
| Piston akımlı | $R = e^{\alpha.t}$ | 100 | 1000 | 10 000 | 100 000 |
| 10 adet seri bağlı | $R = (1+\frac{\alpha.T}{10})^{10}$ | 41 | 190 | 613 | 2 014 |
| 5 adet seri | $R = (1+\frac{\alpha.T}{5})^{5}$ | 25 | 76 | 172 | 380 |
| 3 adet seri | $R = (1+\frac{\alpha.T}{3})^{3}$ | 16 | 36 | 64 | 111 |
| 2 adet seri | $R = (1+\frac{\alpha.T}{2})^{2}$ | 11 | 20 | 30 | 45 |
| Tam karışımlı | $R = (1+\alpha.t)$ | 6 | 8 | 10 | 12 |

Cetvel 3.2. Bekleme Zamanlarına Göre R değerleri, $\alpha = 0.3$ gün$^{-1}$ için




Şekil 3.5. Haznede Perdeler İnşa dilmek Suretiyle Azalma Katsayısının Arttırılması

**Misal:** Bir nehir suyunda E. coli konsantrasyonu, 15 000 adet/litre dir. Bu nehirden hacmi V = 441 600 $m^3$ olan bir biriktirme haznesine su alınmaktadır. Hazneye giden ve çıkan debiler eşit olup Q = 800 $m^3$/sa. dir. $\alpha$ = 0.3 $gün^{-1}$ kabul ederek hazne çıkış suyundaki E. coli konsantrasyonunu

a) Haznenin tam karışımlı tek bir hazne olarak inşa edilmesi.

b) Toplam hacmi V olan, 3 seri bağlı hazne olması halleri için hesaplayalım.

Çözüm :

Bekleme süresi

$$t = \frac{V}{Q} = \frac{441600}{800x24} = 23gün$$

a) Tam karışımlı hal için

b)

R = 1 + $\alpha$.t =l+0,3.(23) $\cong$ 8

$$R = \frac{n_0}{n_t} \Rightarrow n_t = \frac{n_0}{R} = \frac{15000}{8} = 1875$$

Çıkış suyundaki E. Coli 1875 adet/litredir.

b) 3 seri bağlı tam karışımlı hazne olması halinde

$$R = (1 + \alpha \frac{T}{3})^3 = (1 + 0.3.\frac{23}{3})^3 = 36$$

$$n_t = \frac{n_0}{R} = \frac{15000}{36} = 417a\det/litre$$

olarak bulunur.

### 3.4. Azot Konsantrasyonunda Azalma

Biriktirme haznelerinden çıkan sudaki amonyum konsantrasyonu giren suya göre daha azdır. Bu biriktirme haznesinin kendi kendine tasfiye kabiliyetinden ileri gelir. Kendi kendine tasfiyedeki reaksiyon hızı, biriktirme haznesindeki su sıcaklığına bağlıdır.

Konsantrasyon azalmasına tesir eden unsurlardan en mühimi biriktirme haznesindeki bekleme müddetidir. Bekleme müddeti:

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

ifadesiyle hesaplanabilir. Burada:

t : Haznedeki bekleme müddeti, gün

V: Haznenin hacmi, $m^3$

Q : Hazneye giren ve çıkan debi, $m^3$/gün

Biriktirme haznesine girişteki amonyum ($NH_4^+$) konsantrasyonu $C_o$, çıkıştaki konsantrasyon C ile gösterilirse

$$C = C_o - k.t$$

ifadesi yazılabilir. Burada k reaksiyon sabiti olup birimi (mg/l.gün) şeklindedir. Reaksiyon sabiti k'nin değerleri sıcaklığa bağlı olarak Cetvel 3.3.'de verilmiştir.

Cetvel 3.3. Reaksiyon Sabitinin Değerleri

| Sıcaklık, °C | k, mg/lt. gün |
|---|---|
| 5 | 0.01 |
| 10 | 0.02 |
| 15 | 0.03 |
| 20 | 0.05 |

### 3.5. Biriktirme Haznelerinde Alg Çoğalmasının Önlenmesi

Bir alg (yosun) hücresinin denklemi $C_{106}H_{181}O_{45}N_{16}P$ şeklindedir. Buradan görüldüğü gibi yosunun yapısında C, O, H, N ve P elementleri vardır. Ayrıca alglerin teşekkülü için güneş ışığı gereklidir. Yani

$$106\,CO_2 + 81\,H_2O + 16\,NO_3^- + HPO_4^{2-} + 18\,H^+ \xrightarrow[\text{Güneş ışığı}]{\text{Fotosentez}} C_{106}H_{181}O_{45}N_{16}P + 150O_2$$

yazılabilir.

Alg çoğalmasını önlemek için biriktirme haznesine giren sudaki C, N, P konsantrasyonlarını azaltmak ve ışığı kontrol etmek gerekir. Ayrıca haznedeki algleri çeşitli kimyevi maddelerle öldürmek de çözüm yollarından birisidir.

### 3.5.1. Azot Giderilmesi

Sulardan azot giderilmesi metodları aşağıda sıralanmıştır.

- Nitrifikasyon ve denitrifikasyon birimleriyle biyolojik tasfiye
- Damlatmalı filtrelerle tasfiye
- Kum filtrelerinden süzme
- Yeraltı suyunun sun'i olarak beslenmesi ve kuyularla çekilmesi
- Kırılma noktası klorlaması
- Yüksek pH da kesif olarak havalandırma
- İyon değiştirme

Bunlardan damlatmalı filtrelerden geçirme ve kum filtrelerinden geçirme metodlarının esası nitrifikasyondur. Denklemi:

$$2\,NH_4^+ + 3O_2 \xrightarrow{Nitrosomonas} 2\,NO_2^- + 4\,H^+ + 2\,H_2O$$

$$2\,NO_2^- + O_2 \xrightarrow{Nitrobakter} 2\,NO3^-$$

$$2\,NH_4^+ + 4O_2 \rightarrow 2NO_3^- + 4H^+ + 2H_2O$$

Yukardaki denklemlerden görüldüğü gibi nitrifikasyon işlemi için "Nitrosomonas" ve "Nitrobakter" bakterileri lüzumludur. Bu reaksiyondan 1 mg/lt $NH_4^+$ için 3.56 mg/lt oksijene ihtiyaç olduğu görülebilir.

Azot giderilmesinde etkili fakat pahalı bir çözüm yolu ise yüksek pH değerlerinde sürekli havalandırma metodudur. Sudaki pH değeri arttırılırsa amonyum iyonu ($NH_4^+$), amonyak ($NH_3$) e dönüşür:

$$NH_4^+ + H_2O \Leftrightarrow NH_4OH + H^+$$

$$NH_4OH \rightarrow NH_3 + H_2O$$

Buradan görülebileceği gibi pH değeri yükseldikçe $NH_3$ yüzdesi artar. $NH_3$-N yüzdeleri, pH'ya ve sıcaklığa bağlı olarak Cetvel 3.4'de verilmiştir.

Cetvel 3.4. pH ve Sıcaklığa bağlı $NH_3$ – N yüzdeleri.

| Sıcaklık °C | pH 8 | 9 | 10 | 10.7 | 11 | 11.5 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 1 | 9 | 50 | 83 | 91 | 97 |
| 10 | 2 | 17 | 67 | 91 | 95 | 98 |
| 20 | 4 | 29 | 80 | 95 | 97 | 99.2 |
| 25 | 6 | 38 | 86 | 97 | 98 | 99.5 |

Cetvel 3. 4' den görülebileceği gibi $NH_4^+$ u uçucu $NH_3$ a çevirmek için pH' nin 10.7-11 civarında olması gerekir. pH değerini yükseltmek için umumiyetle sönmüş kireç $Ca(OH)_2$ kullanılır.

Reaksiyon;

$$2\ NH_4^+ + Ca(OH)_2 \rightarrow 2\ NH_3 + Ca^{++} + 2\ H_2O$$

Daha sonra su bir havalandırma kulesinden bırakılır. Su yukardan aşağı inerken, plaklar arasından $NH_3$ havaya karışır.

### 3.5.2. Fosfor Giderilmesi

Sulardan fosfor giderilmesinde en çok kullanılan metodlar.

- Kimyasal olarak çöktürme
- Biyolojik tasfiye kademesinde $Al^{3+}$ veya $Ca(OH)_2$ ilavesi ile fosforun giderilmesi
- Adsorpsiyon
- İyon değiştirme
- Revers (ters) osmos.

Bu metodlardan en uygun olanı kimyasal çöktürme metodudur. Kimyevi madde olarak, $Al^{3+}$, $Fe^{3+}$ veya $Ca(OH)_2$ kullanılabilir.

Alüm tatbik edilirse, reaksiyon denklemi

$$Al_2(SO_4)_3 + 2H_2PO_4^- + 4HCO_3 \rightarrow 2AlPO_4 + 3SO_4^= + 4H_2CO_3$$

veya kısaca:

$$Al^{3+} + PO_4^{-3} \rightarrow AlPO_4\downarrow$$

Karıştırma ve çöktürme için, hızlı karıştırma, yumaklaştırma ve çöktürme havuzları kullanılır.

### 3.5.3. Işığın Kontrol Edilmesi

Güneş ışığı, alg büyümesi için lüzumlu faktörlerden birisidir. Işığın hazneye girmesini önlemek veya ışık şiddetini azaltmak suretiyle alg büyümesi kontrol edilebilir. Bunun için ilk akla gelebilecek çözüm yolu haznelerin üzerlerinin kapatılmasıdır. Bu küçük haznelerde mümkün ise de büyük haznelerde iktisadi olmaz. Sığ hazneler yerine derin hazneler yapılarak veya haznedeki bulanıklığın sun'i olarak arttırılması suretiyle ışık şiddeti azaltılabilir. Çünkü şiddeti derinlikle değişir. Yani:

$I = I_o . e^{-f.d}$

yazılabilir. Burada:

$I_o$ : Su yüzeyindeki ışık şiddeti

I : Su yüzeyinden d derinlikte ışık şiddeti

d : Derinlik

f : Işık nüfuziyet katsayısını göstermektedir.

Yukardaki denklemden görülebileceği gibi d ve f'in artması halinde ışık şiddeti azalır. d'nin arttırılması, sığ hazneler yerine derin haznelerin inşa edilmesi suretiyle mümkün olur. "f" katsayısının arttırılması ise haznedeki bulanıklığın sun'i olarak arttırılması ile sağlanabilir. Bulanıklığın arttırılmasında daha çok aktif karbon kullanılır. Yazın güneşli havalarda hazneye toz halinde aktif karbon serpilir.

Bu işleme "aktif karbonla karartma" işlemi denir.

### 3.5.4. Alglerin Kimyevi Maddelerle Bertaraf Edilmesi

Bu maksatla alg öldürücü bazı kimyevi maddeler kullanılmaktadır. Bu kimyevi maddeler arasında, Bakır sülfat ($CuSO_4$), Klor ($Cl_2$), Potasyum permenganat ($KMnO_4$), Aktif karbon, Sodyum arsenit ($Na_3AsO_3$) ve Herbisitler sayılabilir. Kuvvetli bir dezenfektan olan klor dioksit ($ClO_2$) de kullanılabilir. Bu maddelerin dozlama aralıkları Cetvel 3.5 de gösterilmiştir.

Cetvel 3.5. Algleri Öldüren Kimyasal Maddeler ve Dozları

| Kimyevi Madde | Tertibi | Dozaj sınırı mg/lt | Düşünceler |
|---|---|---|---|
| Bakır sülfat | $CuSO_4$ | 0.02 - 0.84 | |
| Klor | $Cl_2$ | 0.6 - 4.2 | 0.3-0.6 Bakiye klor |
| Aktif karbon karartma | — | 1.2 -9.6 | |
| Potasyum Permenganat | $KMnO_4$ | 0.36 - 4,2 | |

Ancak bu kimyevi maddeleri kullanmadan önce biriktirme haznesindeki canlı hayat göz önünde tutulmalıdır. Eğer haznede balık gibi su ürünleri de yetiştiriliyorsa, yukarda belirtilen kimyevi maddelerin küçük dozları dahi balıkların ölmesine sebep olacaktır.

# 4. BÖLÜM

## 4. HAVALANDIRMA

### 4.1. Havalandırmadan Maksat

Havalandırmadan gaye gazların sulara transferi veya sulardan giderilmesidir. Bunlar aşağıdaki şekilde sıralanabilir.

a) Oksijen Kazandırmak

- Demir ($Fe^{++}$) ve Manganın ($Mn^{++}$) oksidasyonu veya Amonyumun ($NH_4^+$) giderilmesi için oksijen gerekli olduğu hallerde
- Biyolojik tasfiye için lüzumlu oksijenin sisteme verilmesi için
- Nehir veya göllerde çözünmüş oksijen standartlarının karşılanması için sisteme oksijen verilmesi gerekmesi durumlarında, suya oksijen transferi söz konusudur.

b) Karbon Dioksit Gidermek veya Kazandırmak

Karbon dioksitin ($CO_2$) bazen sudan giderilmesi, bazen da suya verilmesi durumu söz konusudur. Sudaki karbonat dengesini ayarlamak için bir miktar karbon dioksitin sistemden uzaklaştırılması gerekebilir. Kireç - soda metodu ile sertlik giderilmesinde ise suya karbon dioksit verilmesi lüzumludur.

c) Hidrojen Sülfür Gidermek

Suda istenmeyen koku ve tadın giderilmesi, metallerin korozyonun azaltılması ve çimentonun ayrışmasının önlenmesi için Hidrojen Sülfür'ün ($H_2S$) giderilmesi gerekir. Havalandırma ile $H_2S$ büyük bir verimle giderilebilir.

d) Metan'ın Giderilmesi

Anaerobik ayrışmanın ürünlerinden metanın sudan giderilmesinde de havalandırma kullanılır.

e) Uçucu Yağlar ve Kimyasal Maddelerin Giderilmesi

Bu maddeler suya istenmeyen tad ve koku verdiklerinden ve sağlığa zararlı olduklarından yağlar ve kimyasal maddelerden uçucu olanlar, havalandırma ile giderilebilir.

f) Suların Dezenfeksiyonu

Suların dezenfeksiyonunda kullanılan Klor ($Cl_2$) ve Ozon ($O_3$) gibi gazların suya verilmesi durumlarında gaz transferi bahis konusudur.

**Havalandırıcıların Sınıflandırılması**

Su ve kullanılmış su tasfiyesinde kullanılan havalandırıcıları dört sınıfta toplamak mümkündür.

Bunlar

a) Cazibe ile çalışanlar

b) Püskürtücüler

e) Basınçlı Hava ile (Kabarcıklı) Havalandırma

d) Mekanik Havalandırıcılar

a) Cazibe ile Çalışan Havalandırıcılar

Bu cins havalandırıcıların esası suyun belli bir yükseklikten düşerken hava ile temas ederek suya oksijen kazandırmasıdır.

İçme suyu tasfiyesinde en çok kullanılan havalandırıcı çeşidi olup, Şekil 4.l'de gösterilmiştir. Bunlar da aşağıdaki gibi gruplandırılabilir.

$a_1$- Kademeli (Kaskat) Havalandırıcılar

Bunlar içme suyu tasfiyesinde en çok kullanılan havalandırıcı çeşidi olup, su bir basamaktan aşağı düşürülür. Basamakların sayısı ve yükseklikleri duruma göre ayarlanabilir. Şekil 4.l.a'da bu cins havalandırıcılar gösterilmiş olup, bir tek basamaktan ibaret olanları daha ziyade savak şeklinde yapılır.

$a_2$- Eğik Düzlem Şeklindeki Havalandırıcılar

Bu havalandırıcılar Şekil 4.l.b'de gösterilmiştir.

$a_3$- Düşümlü Havalandırıcılar

Bu cins havalandırıcılarda bir havalandırma kulesinden aşağıya düşürülürken, aşağıdan yukarıya hava verilir. Böylece suya oksijen kazandırılır. Şekil 4.l.c.

$a_4$- Damlatmalı Filtreler

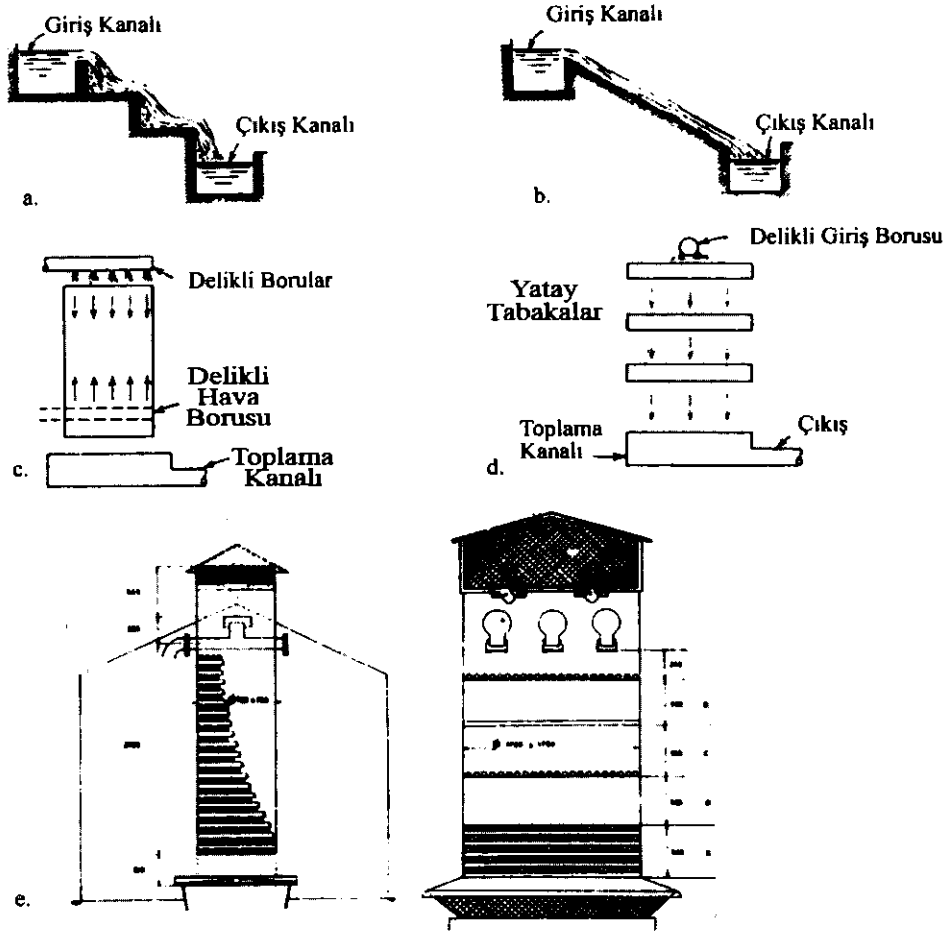
Bu cins filtrelere kuru filtreler de denilir. Bunun sebebi, diğer kum filtrelerde olduğu gibi filtre malzemesi arasındaki boşlukların tamamının su ile dolu olmamasındandır. Daha ziyade kullanılmış suların tasfiyesinde kullanılır.

b) Püskürtücüler

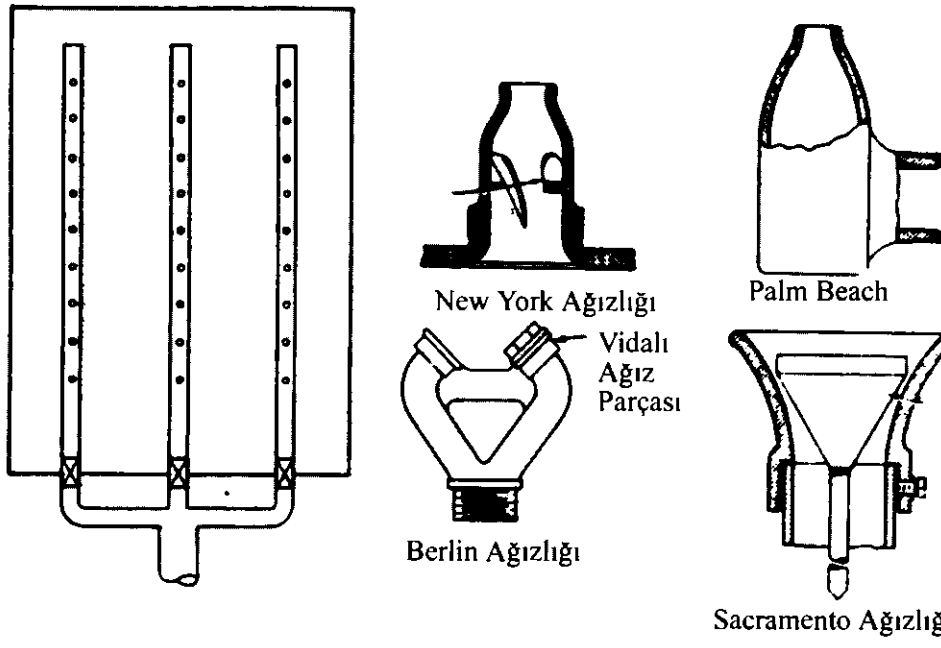
Bu cins havalandırıcılara fıskiyeli havalandırıcılar da denir. Su püskürtücüden düşey veya eğimli bir açı ile yukarı doğru püskürtülür. Bu sırada su, damlalara ayrılır. Böylece hava ile temas yüzeyi artar ve havadan oksijen alır.

Püskürtücüler, bir boru şebekesi üzerinde ağızlıklar konulmak suretiyle teşkil edilirler. (Şekil 4.2).

Püskürtücüler suya gerek oksijen transferi ve gerekse sulardan karbon dioksitin uzaklaştırılmasında yüksek verim sağlamalarına mukabil geniş alana ihtiyaç göstermeleri ve kış aylarında don tehlikesine maruz olmaları gibi mahzurları vardır.




Şekil 4.1. Havalandırıcılar a) Kademeli b) Eğik düzlem c,d,e) Düşümlü havalandırıcılar

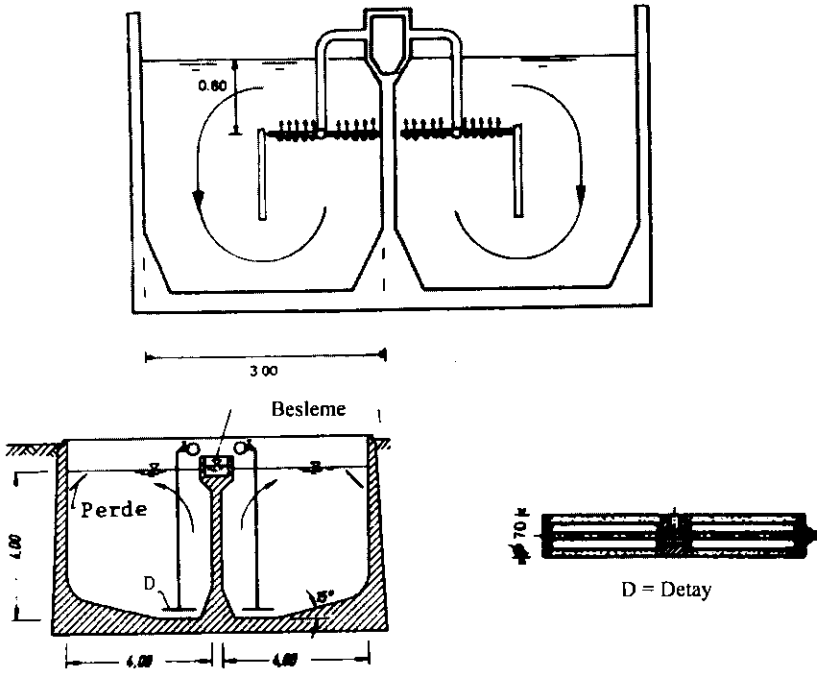



Şekil 4.2. Püskürtücüler ve Ağızlık Çeşitleri

Püskürtücülerde şekil 4.2'de görüldüğü gibi özel ağızlıklar kullanılır. Büyük çaptaki ağızlıklar yerine daha çok sayıda küçük ağızlıkların kullanılması uygundur. Ancak delik çapının çok küçük seçilmesi halinde tıkanma durumları ortaya çıkar. Bu yüzden ağızlıkların çapları 2,5 ~ 4 cm civarında seçilir. Ağızlık aralıkları ise 0,60 - 3,6 m arasında değişir.

c) Kabarcıklı Havalandırıcılar

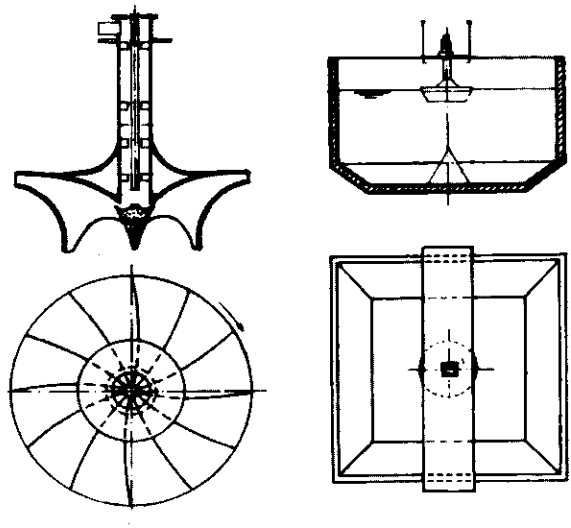
Kabarcıklı havalandırıcılar dikdörtgen planlı bir beton havuzdan ibarettir. Bu havuzun tabanına veya belli bir yüksekliğe yerleştirilen delikli borular veya gözenekli tüplerden basınçlı hava verilir, böylece ham sudaki çözünmüş oksijen muhtevası arttırılır. Hava kompresörlerle basılır. Lüzumlu hava basıncı, boruların dalına derinliğine ve hava borularındaki yersel ve sürekli yük kayıplarına bağlı olarak hesaplanabilir. Kış şartlarında don problemleri olmadığından püskürtücülere göre daha kullanışlıdırlar. Bu cins havalandırıcılar kullanılmış su tasfiyesinde çok yaygın olarak kullanılırlar. Şekil 4.3'de bu havalandırıcılardan iki tanesi gösterilmiştir.




Şekil 4.3. Kabarcıklı Havalandırıcılar.

d) Mekanik Havalandırıcılar

Bu havalandırıcılar bir tahrik ve dişli tertibatına bağlı bir havalandırıcıdan (türbünden) ibaret olup, su ile temas eden aksam koni, plak veya fırça şeklinde yapılabilir. Bunlar daha ziyade kullanılmış suların tasfiyesinde kullanılır. (Şekil 4.4).



Şekil 4.4. Mekanik Havalandırıcılar

### 4.2. Gaz Transferine Bakış

Bir gazın sudaki çözünürlüğü, gazın cinsine, suyun sıcaklığına ve sudaki kirleticilerin konsantrasyonlarına bağlıdır. Eğer bir sıvı ortam bir gaz veya gaz karışımlarıyla temas halinde ise gaz molekülleri, gaz ortamından sıvıya veya sıvıdan gaz ortamına geçerler. Bu durum gaz ile sıvı arasında bir denge hali teşekkül edinceye kadar devam eder. Bu denge durumunda sıvı içindeki gaz konsantrasyonu doygun durumdadır. Gerçekte bir gazın sıvı içindeki doygunluk konsantrasyonu, gazın, gaz ortamındaki konsantrasyonu ile doğru orantılıdır. Bu matematik olarak

$C_s = k_D \cdot C_g$

şeklinde ifade edilebilir. Burada:

Cs : Gazın sıvı ortamındaki doygunluk konsantrasyonu, $g/m^3$

Cg : Gazın gaz ortamındaki konsantrasyonu , g/m3.

$k_D$ : Yayılma katsayısı

Yayılma katsayısı $k_D$ gazın ve sıvının cinsine, sıcaklığına bağlı olarak değişir.

Çeşitli gazlara ait yayılma katsayıları Cetvel 4.1'de verilmiştir.

Bir gazın gaz ortamındaki konsantrasyonu, gazın kısmi basıncına, molekül ağırlığı, sıcaklığa bağlı olduğundan, doygunluk konsantrasyonu.

$$C_s = k_D \frac{f.(p - Pw)}{R.T}.Mq \qquad (4.1)$$

denklemiyle ifade edilebilir. Burada :

f : Kuru havada gazın hacim olarak yüzdesi
p : Gaz basıncı
Pw : Buhar basıncı
Mq : Gazın molekül ağırlığı
R : Üniversal gaz sabiti (8.3145 J/K.mol)
T : Mutlak sıcaklık

Pw, buhar basıncı, sıcaklığa bağlı olarak değişir. Buna ait değerler Cetvel 4.2'de verilmiştir. Kuru havada ve deniz seviyesinde bir gazın havadaki hacim yüzdeleri ise $N_2$ %78,084, Oksijen %20,948, Argon %0,934, Karbon dioksit %0,032 ve diğer gazlar ise %0,002 olup, basit işlemler için havanın %79 unun $N_2$ ve %21 inin oksijenden ibaret olduğu kabul edilebilir.

Cetvel 4.1. Çeşitli gazların yayılma katsayıları.

| Parametre | Mol. Ağırlığı | Yoğunluk, 0°C ve 101,3 | Yayılma Katsayısı, $k_D$ | | | | Kaynama Noktası |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | g/mol | Kg/m³ | 0 °C | 10°C | 20°C | 30°C | °C |
| Hidrojen, $H_2$ | 2,016 | 0,08988 | 0,0214 | 0,0203 | 0,0195 | 0,0189 | -253 |
| Metan, $CH_4$ | 16,014 | 0,7168 | 0,0556 | 0,0433 | 0,0335 | 0,0306 | -162 |
| Azot, $N_2$ | 28,01 | 1,251 | 0,0230 | 0,0192 | 0,0166 | 0,0151 | -196 |
| Oksijen, $O_2$ | 32,00 | 1,429 | 0,0493 | 0,0398 | 0,0337 | 0,0296 | -183 |
| Amonyak, $NH_3$ | 17,03 | 0,771 | 1,300 | 0,943 | 0,763 | ... | -33,4 |
| Hidrojen sülfür, $H_2S$ | 34,08 | 1,539 | 4,690 | 3,65 | 2,87 | ... | -61,8 |
| Karbon dioksit, $CO_2$ | 44,01 | 1,977 | 1,710 | 1,23 | 0,942 | 0,738 | -78,5 |
| Ozon, $O_3$ | 48,00 | 2,144 | 0,641 | 0,539 | 0,395 | 0,259 | -112 |
| Hava | ... | 1,2928 | 0,0288 | 0,0234 | 0,0200 | 0,0179 | ... |

Cetvel 4.2. Sıcaklığa bağlı olarak buhar basıncı

| Sıcaklık | Buhar Basıncı | |
|---|---|---|
| °C | kPa | mmHg |
| 0 | 0,611 | 4,58 |
| 5 | 0,872 | 6,54 |
| 10 | 1,23 | 9,21 |
| 15 | 1,71 | 12,8 |
| 20 | 2,33 | 17,5 |
| 25 | 3,17 | 23,8 |
| 30 | 4,24 | 31,8 |

Çözünmüş oksijenin sudaki doygunluk değerinin bulunmasında çeşitli tecrübi denklemler de kullanılabilir. Mesela 4°C ila 30°C arasındaki su sıcaklıkları için:

$$C_s = \frac{468}{31.6 + T} \qquad (4.2)$$

denklemi kullanılabilir. Burada T, °C olarak su sıcaklığıdır. Bundan başka :

$$C_s = 14.652 - 4.1022\text{x}10^{-1} + 7.9910 \text{ x } 10^{-3} T^2 - 7.7774\text{x}10^{-5} T^3$$

formülü de kullanılabilir. Ancak çözünmüş oksijenin doygunluk değerlerinin hazır cetvellerden alınması daha uygundur. Çözünmüş oksijenin sudaki doygunluk değeri, sıcaklığa ve klorür konsantrasyonuna bağlı olarak Cetvel 4.3'de verilmiştir.

**Havalanma Hızı Katsayısı**

Gaz transferinin mekanizmasını izah için film teori, penetrasyon teorisi, yüzey yenilenme teorisi gibi çeşitli nazariyeler geliştirilmiştir. Biz burada bu nazariyelerin izahına girmeyeceğiz. Esasen gaz transfer hızı, çözünmüş oksijen eksikliği ile doğru orantılıdır. Yani

$$\frac{dc}{dt} = k_2(C_s - C) \qquad (4.3)$$

yazılabilir. Burada $k_2$, havalanma hızı katsayısıdır.

t = 0 için C = $C_o$ olduğu nazar-ı itibare alınarak bu denklem integre edilirse.

$$C = C_s - (C_s - C_o)\, e^{-k2.t} \qquad (4.4)$$

veya

$$\frac{C_s - C}{C_s - C_o} = e^{-k2.t} \qquad (4.5)$$

bağlantısı elde edilir.

Cetvel 4.3. 760 mm Hg Basıncında ve Yüzde 20,90 Nisbetinde Oksijen ihtiva Eden Kuru Havaya Maruz Tatlı ve Tuzlu Suyun Çözünmüş Oksijen Doygunluk Konsantrasyonlar, mg/lt.

| Sıcaklık °C | Klorür Konsantrasyonu, mg/lt | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | 5000 | 10000 | 15000 | 20000 |
| 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 | 7,99 |
| 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 | 7,92 | 7,53 | 7,14 | 6,75 | 6,37 |
| 29 | 7,77 | 7,39 | 7,00 | 6,62 | 6,25 |
| 30 | 7,63 | 7,25 | 6,86 | 6,49 | 6,13 |

Burada:

$k_2$ : Havalanma hızı katsayısı veya iletim katsayısı, ($T^{-1}$)
t : Başlangıçtan itibaren geçen süre (T)

dir.

$D_o$ ve D sırasıyla başlangıçtaki ve başlangıçtan t süre sonraki çözünmüş oksijen eksiklikleri olarak tarif edilirse, yani:

$$D_o = C_s - C_o$$

$$D = C_s - C$$

yazılırsa :

$$D = Do\, e^{-k2.t} \qquad (4.6)$$

denklemi elde edilir.

Kademeli (kaskat) havalandırıcılar, düşümlü havalandırıcılar gibi havalandırıcılarda (4.5) denklemindeki t zamanının tesbiti zor, hatta imkansız gibidir. Bu yüzden hesaplarda kolaylık olmak üzere verim sabiti diye bir ifade tarif edilmiştir. Verim sabiti K :

$$K = \frac{C - C_o}{C_s - C_o} \qquad (4.7)$$

şeklinde verilmektedir. (4.7) denklemi, (4.5) denklemi ile karşılaştırılırsa, kararlı halde havalandırma için başlangıçtan itibaren geçen süre $t_k$ ile gösterilirse

$$\frac{C_s - C_e}{C_s - C_o} = e^{-k2.tk} = \text{sabit} = 1 - K \qquad (4.8)$$

ifadesi elde edilir.

Havalanma hızı katsayısı $k_2$ sıcaklıkla değişir. $k_2$ ile sıcaklık arasındaki münasabet :

$$(k_2)_{10} = (k_2)_T \,.\, 1{,}0188^{(10-T)} \qquad (4.9)$$

ifadesiyle verilebilir. Burada :

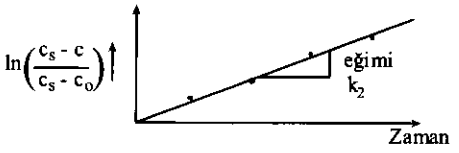
$(k_2)_{10}$ : 10°C sıcaklıkta havalanma hızı katsayısı; ($T^{-1}$)

$(k_2)_T$ : T°C sıcaklıkta havalanma hızı katsayısı ($T^{-1}$)

dir.

$k_2$'nin tayini için başlangıçtan itibaren belirli zaman aralıklarında çözünmüş oksijen konsantrasyonları ölçülür.

Yatay eksen zaman ekseni, düşey eksen ( $-\ln \frac{C_s - C}{C_s - C_o}$ ) olmak üzere çizilen eksen takımında noktalar arasından geçirilen doğrunun eğimi $k_2$'yi verir. Şekil (4.5).




Şekil 4.5 $k_2$'nin grafik yolla bulunması

$k_2$ grafik yolla bulunabileceği gibi, istatistik metodlar (regresyon teknikleri) yardımıyla da bulunabilir.

Suya oksijen verilmesi işlemlerinde en mühim parametrelerden birisi de oksijen alma kapasitesi, $O_a$ dır.

$$O_a = k_2.C_s^* \qquad (4.9)$$

olarak tarif edilir.

$C_S^*$ : Standard şartlarda çözünmüş oksijenin doygunluk değeri, g $O_2/m^3$

$O_a$ : Oksijen alma kapasitesi. g $O_2/m^3$.sn dir.

$O_a$ : Değeri bir saniyede bir $m^3$ suya verilen oksijenin gram olarak miktarıdır.

Standard şartlardan basınç olarak deniz seviyesindeki basınç 101.3 kPa veya 760 mm civa basıncı alınır. Ayrıca $C_0 = 0$ dır. 1 kPa = 1 kilopaskal = 1000 Paskal dır. Bilindiği gibi

1 Paskal = 1 Newton / $m^2$ dir.

Standard sıcaklık olarak Avrupa ve Amerika tatbikatları değişiktir. Avrupa'da standard sıcaklık olarak 10°C, Amerika da ise 20°C değerleri alınmaktadır.

Oksijen alma kapasitesi g $O_2$/sn cinsinden ifade edilmek istenirse $O_2$ değeri havalandırma havuzu hacmi olan V ile çarpılmalıdır. Böylece:

$$O_c = O_a.V = k_2.C_s^*.V \qquad (4.10)$$

bağıntısı elde edilir. Burada:

$O_c$ : Oksijen alma kapasitesidir, g $O_2$/sn olarak.

$O_c$ ve $O_a$ değerleri standard şartlar ve temiz su içindir. Kullanılmış sularda

$$(O_c)_{pissu} = \alpha.O_c$$

şeklinde hesap edilir. $\alpha < 1$ olan bir katsayıdır.

Çevre Mühendisliğinde havalandırma sisteminin uygun olup olmadığını anlamak için birim enerji sarfiyatına karşılık suya verilen oksijen miktarı bilinmelidir. Bu "Havalandırma Verimliliği" $O_e$, olarak tarif edilir, ve

$$O_e = \frac{O_c}{N_g} \tag{4.11}$$

denklemiyle hesap edilebilir. Burada :

$O_e$ : Havalandırma verimliliği, kg $O_2$/kW-st veya g $O_2$/J

$N_g$ : Güç, J/sn veya Watt veyahut kW

İş, enerji birimi joule , 1 J = 1 N.m

Güç (Watt) 1 W = 1 J/sn = 1 N.m/sn

(Kilo watt), 1 kW = 1000 W

$O_e$ değeri ne kadar büyükse, havalandırmanın verimliliği o kadar iyidir.

### 4.3. Havalandırıcıların Hesap ve Teşkili

İçme suyu tasfiyesinde inşasının basit ve işletilmesinin kolay olması sebebiyle tek düşümlü ve merdiven basamakları şeklindeki kademeli (kaskat) havalandırıcılar çok kullanılır.

#### 4.3.1. Düşümlü (Savak) Havalandırıcılar

Tek düşümden ibaret olan havalandırıcılarda verim sabiti K değeri, düşüm yüksekliğine, sıcaklığa ve suyun kirlilik derecesine bağlıdır. K'nın değeri:

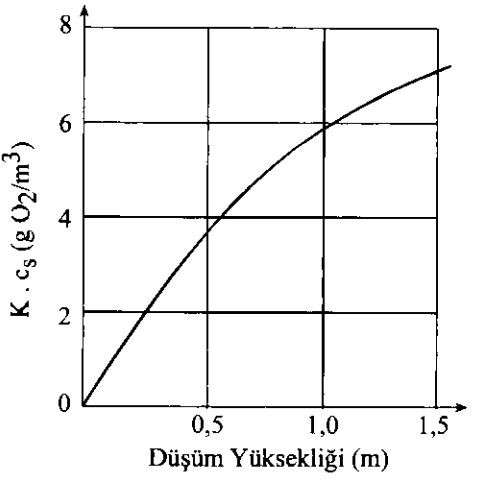
| | |
|---|---|
| Temiz sularda | $K = 0.45\ (1+0.046\ T).h$ |
| Kirletilmiş sularda | $K = 0.36\ (1+0.046\ T).h$ |
| Kanalizasyon suyunda | $K= 0.29\ (1+0.046\ T).h$ |

şeklinde hesap edilebilir. Burada:

$T$ : Suyun °C olarak sıcaklığı

$h$ : Düşüm yüksekliği, (m) dir.

Görüldüğü gibi tek düşümlü havalandırmanın verimliliği düşüm yüksekliğiyle doğru orantılı olarak değişmektedir. Ancak yapılan çalışmalarda düşüm yüksekliğinin belli bir değerden sonra verimliliğin daha fazla artmadığı görülmüştür. Bu husus Şekil 4.6. 'dan da anlaşılmaktadır.




Sekil 4.6. Düşüm Yüksekliği ile $K.C_s$ arasındaki bağıntı.

**Düşümlü Havalandırıcılarda Havalandırma Verimliliğinin Hesabı**

Havalandırma verimliliği tüketilen birim enerji başına kazanılan oksijen miktarı olarak tarif edilmişti, Yani

$$O_e = \frac{O_c}{N_g}$$

denklemiyle ifade edilmişti.

Oksijen kapasitesi $O_c$, standard şartlar altında (10°C, 101.3 kPa ve $C_0$=0) birim zamanda sisteme verilen oksijen miktarı olduğundan:

$$O_c = K.C_s.Q \qquad \text{gr } O_2\text{/sn}$$

yazılabilir.

$$N_g = \frac{\rho.g.Q.h}{\eta}$$

ifadesiyle hesap edilebilir. Burada.

$\rho$ : Suyun özgül ağırlığı kg/m$^3$

$g$ : Yerçekimi ivrnesi

$Q$ : Debi, m$^3$/sn

$h$ : Düşüm yüksekliği = terfi yüksekliği, m

$\eta$ : Verim

$N_g$ : Güç, Watt = J/sn

Yukarıdaki değerler yerlerine yazılırsa :

$$O_e = \frac{K.C_s.Q.\eta}{\rho.g.Q.h} = \frac{K.C_s.\eta}{\rho.g.h} \qquad \text{g } O_2/\text{J}$$

$\rho = 1000$ kg/m$^3$ olduğundan $O_c$ mg $O_2$/J

cinsinden ifade edilmek istenirse

$$O_e = \frac{K.C_s.\eta}{g.h} \qquad (\text{mg } O_2/\text{J})$$

ifadesi elde edilir.

Düşümlü havalandırıcılarda havalandırma verimliliği

*Oe*, 0.4 ila 0.7 mg $O_2$/J (1.5 ila 2.5 kg $O_2$/KW-st) civarında değişmektedir. Düşüm yüksekliği için uygun yükseklikler 0.4 ila 0.8 m. dir. h > 0.8 m için havalandırma verimliliği azalmaktadır.

**Misal :** 10°C sıcaklıktaki ham suda çözünmüş oksijen konsantrasyonu 2 g $O_2$/m$^3$ olup, bu sudaki çözünmüş oksijen konsantrasyonunu yükseltmek için 0.65 m yükseklikteki bir savaktan düşürülmektedir. Düşümden sonraki çözünmüş oksijen konsantrasyonunu hesaplayınız.

Bu su içme suyu maksadı için alındığından temiz su olarak düşünülüp, verim sabiti hesaplanabilir.

$$K = 0.45(1 + 0.046T)h$$

T = 10°C, h = 0.65 m olduğundan,

$$K = 0.45(1 + 0.046 \times 10)0.65 = 0.427$$

10°C sıcaklık için $C_s$= 11.3 g/m$^3$ dür.

$$K = \frac{C_e - C_0}{C_s - C_0}$$

veya

$$C_e = C_0 + K(C_s - C_0) = 2{,}0 + 0{,}427.(11{,}3 - 2{,}0) = 6g/m^3$$

$C_e = 6$ g/m$^3$

bulunur.

### 4.3.2. Kademeli Havalandırıcılar

Kademeli (kaskat) havalandırıcılar içme suyu tasfiyesin de basit ve ucuz bir havalandırma sistemidir. Tek düşümlü (savak) havalandırıcılarda düşük yüksekliğinin 0.7 m den fazla alınması halinde havalandırma verimliliğinin azaldığı ifade edilmişti. Tek düşümdeki bu mahzuru ortadan kaldırmak için basamak şeklinde kademeli bir havalandırma tatbik edilebilir.

Kademeli havalandırıcılarda oksijen transferinin matematik bağıntısının ifadesinde

$$(C_e - C_0) = K(C_s - C_0)$$

denkleminden faydalanılahilir. Eğer toplam düşüm yüksekliği $n$ adet kademeye bölünür ve her kademenin verim sabiti $Kn = K / n$ şeklinde ifade edilirse, $n$. kademeden sonraki çözünmüş oksijen konsantrasyonu, $C_n$, aşağıdaki şekilde hesaplanahilir.

$$C_e = C_s - (C_s - C_0)(1 - \frac{K}{n})^n \qquad (4.12)$$

Burada $K / n$ değeri herbir kadernenin verim sabiti olarak alınmalıdır. Mevcut sabit bir düşük yüksekliğinin olması halinde bu toplam düşük yüksekliğinin kaç kademeye bölünmesinin uygun olacağı bilinmelidir. Çünkü belli bir düşük sayısında çıkış suyunda çözünmüş oksijen muhtevası en büyük değere ulaşacaktır. Aşağıdaki misalde bu husus açıkça görülmektedir.

**Misal** : Çözünmüş oksijen muhtevası 2.0 g/m$^3$ olan su toplam düşüm yüksekliği 1.5 m olan havalandırıcıda havalandırılacaktır. Çözünmüş oksijenin doygunluk değeri $C_s$=10 g/m$^3$ olarak verildiğine göre en büyük çıkış konsantrasyonuna ulaşmak için havalandırıcı kaç kademeli olarak yapılmalıdır.

a) Tek Düşüm

h = 1.50 m. şekil 4.6'dan bu yüksekliğe tekabül eden $K.C_s$ değeri 7.0 g $O_2$/m$^3$ olarak bulunur. O halde

$$K = \frac{7}{10} = 0{,}70$$

Tek düşüm halinde çıkış konsantrasyonu

$$C_1 = C_s - (C_s - C_0)(1 - K_1)^n$$

$$C_1 = 10 - (10 - 2)(1 - 0.7)) = 7.6 \ \ g / m^3$$

b) Iki Kademeli Hal

İki kademe olduğundan her bir kademenin yüksekliği $h = \frac{1.5}{2} = 0.75 \ m$ olacaktır. Bu yüksekliğe tekabül eden $K.C_s$ değeri $K.C_s$ = 5.0 olarak verilmektedir.

$$K = \frac{5.0}{10} = 0.5$$

Havalandırıcının çıkışında çözünmüş oksijen muhtevası:

$$C_2 = C_s - (C_s - C_0)(1 - K_1)^n$$

$$C_2 = 10 - (10 - 2)(1 - 0.5)^2 = 8.0 \ \ g / m^3$$

c) Üç Kademeli Hal

$$h = \frac{1.5}{3} = 0.5m \qquad K.C_s = 3.5$$

$$K = \frac{3.5}{10} = 0.35$$

$$C_3 = C_s - (C_s - C_0)(1 - K_1)^3$$

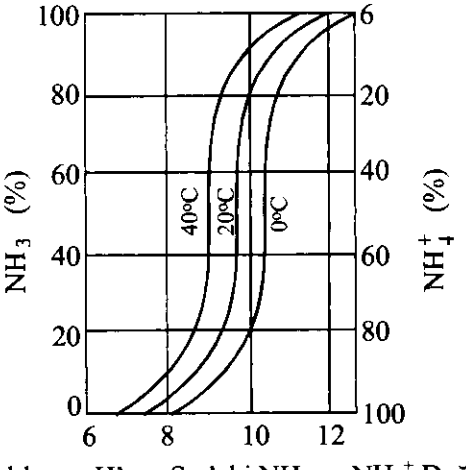
$$C_3 = 10 - (10 - 2)(1 - 0.35)^3 = 7.8 \ g/m^3$$

Görüldüğü gibi göz önüne alınan misal için 2 kademeli havalandırma yapılması halinde çıkışta en büyük çözünmüş oksijen konsantrasyonu elde edilmektedir.

### 4.3.3. Çok Katlı Tablalı Havalandırıcılar

Çok katlı tablalı havalandırıcılarda su, yukardan latalı, delikli ve tel örgülü tabanla teşkil edilmiş bir seri tablanın üzerine dağıtılarak verilir ve aşağı düşen su en altta bulunan bir havuzda toplanır. Kule şeklindeki çok katlı tablalı havalandırıcılar ekseriya kapalı olarak inşa edilirler. Bunlar umumiyetle karbondioksit ve amonyağın sulardan giderilmesinde kullanılır ve karşı akım esasına göre çalışırlar. Yani su yukardan aşağıya dökülürken, aşağıdan yukarıya hava verilir.

Gerek içme suyu maksadıyla alınan ham sudaki ve gerekse kullanılmış sulardaki amonyumun giderilme işleminde çok katlı tablalı havalandırıcılar kullanılır. Havalandırma işlemine geçmeden önce 3.5.1. kısımda belirtildiği üzere suya kireç ilavesi suretiyle pH değerinin 10.7-11 civarına yükseltilmesi gerekmektedir. Çünkü suyun pH değerine ve sıcaklığa bağlı olarak $NH_3$-N ve $NH_4^+$-N yüzdeleri değişmektedir. Bu değerler Cetvel 3.4'de verilmişti. Sıcaklık pH'nın sudaki $NH_3$-N ve $NH_4^+$ 'in dağılımına olan tesiri Şekil 4.7'de verilmiştir.

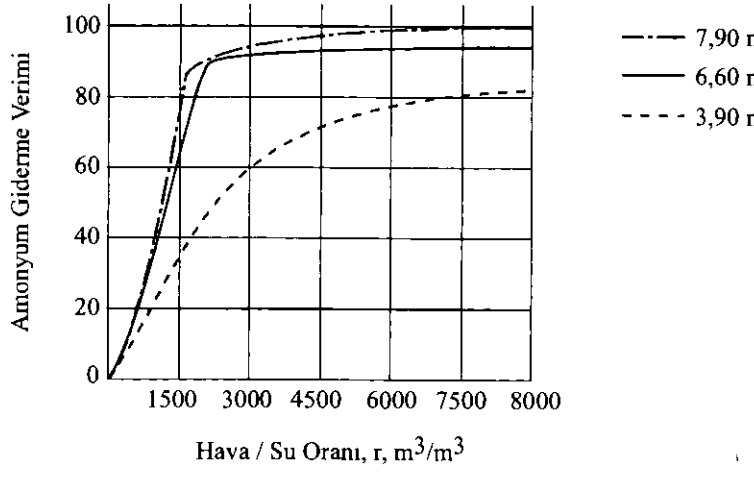



Şekil 4.7. Sıcaklık ve pH'nın Sudaki $NH_3$ ve $NH_4^+$ Dağılımına Tesiri

Amonyum iyonunun amonyaka dönüşümünde sıcaklığın rolü büyüktür. pH=10 iken 0°C sıcaklıkta $NH_3$ yüzdesi % 45 iken, aynı pH değerinde fakat 20°C sıcaklıkta $NH_3$ yüzdesinin %80 den daha fazla olduğu Şekil 4.7'den görülmektedir. Bu yüzden çok katlı tabakalı havalandırıcılarda kesif havalandırma yoluyla azot giderilmesinde sıcaklık arttıkça verim artmaktadır. Alttan verilen hava miktarının, su miktarına nisbeti, yüzey yükü ve tablalı kulenin yüksekliği, amonyum giderme verimine tesir eden faktörler arasında sayılabilir.

Çeşitli yüksekliklerdeki kuleler için amonyum giderme veriminin, hava debisinin su debisine oranı ile münasebeti Şekil 4.8 'de gösterilmiştir. Hava su oranı, $r$,

$$r = \frac{Q_{hava}}{Q_{su}} = \frac{m^3/st}{m^3/st} = m^3/m^3 \quad \text{olarak hesaplanabilir.}$$



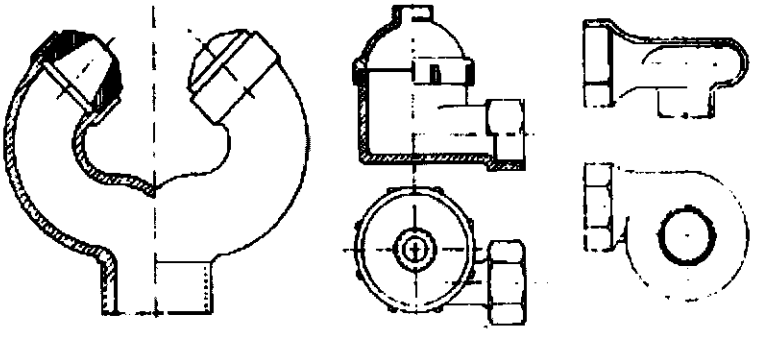

Şekil 4.8. Hava/Su Oranının Giderme Verimine Tesiri

Çok katlı tablalı havalandırıcılarda, verime tesir eden bir diğer unsur, yüzey yüküdür. Yüzey yükü umumiyetle 1,5 ~ 2.7 mm/sn civarında değişir.

### 4.3.4. Fıskiyeli Havalandırıcılar (Püskürtücüler)

Fıskiyeli havalandırma, içme suyu tasfiyesinde daha çok suya oksijen kazandırmak veya karbondioksit gidermek için kullanılır. Fıskiyeli havalandırıcılarda su, düşey veya eğimli bir açı ile yukarı doğru püskürtülür. Bu işlem sırasında su, havada küçük daneciklere, zerrelere ayrılır. Püskürtücüler, bir boru şebekesi üzerine yerleştirilmiş sabit ağızlıklardan ibarettir. Bunların verimleri yüksektir ve görünüşleri güzeldir. Ancak geniş bir sahaya ihtiyaç gösterirler. Bu yüzden açıkta inşa edilirler. Dolayısıyle soğuk havalarda don sebebiyle işletme güçlüklerine sebep olurlar.

Ağızlıkların şekilleri havalandırımanın verimliliğine tesir eder. Bazı ağızlık tipleri Şekil 4.9'da gösterilmiştir.



Amsterdam Ağızlığı Marley Ağızlığı Binks Ağızlığı

Şekil 4.9. Püskürtücülerde Kullanılan Bazı Ağızlık Çeşitleri

Ağızlık çıkış deliklerinin çapları küçüldükçe havalandırmanın verimliliği artar. Ancak çok küçük ağızlıkların tıkanma tehlikesi olduğundan işletme bakımından uygun değildir. Bundan dolayı ağızlık çapları 5 ila 40 mm arasında yapılır. Bu çaplara tekabül eden ağızlıktaki su basınçları sırasıyla 5.0 ve 0.5 m civarında alınmaktadır. Bir ağızlığın çapı $d_0$ ile gösterilirse, delik alanı :

$$A = \frac{\pi . d_0^{\,2}}{4}$$

ifadesiyle hesaplanabilir. Ağızlıktan suyun çıkış hızı ise

$$V = C_v . \sqrt{2gh} \qquad (4.13)$$

formülüyle bulunabilir. Burada

$C_v$ : Hız katsayısı olup 0.95 civarında alınabilir.
$g$ : Yer çekimi ivmesi
$h$ : Ağızlıktaki toplam yüktür.

Ağızlık sayısı $n$ adet ise toplam debi :

$$Q = C_d.n.A.\sqrt{2gh} \qquad (4.14)$$

ifadesiyle bulunabilir. Burada

$C_d$ : Debi katsayısı olup, $C_d = C_v.C_c$ şeklinde hesaplanır. $C_c$ büzülme katsayısıdır. Hız, büzülme ve debi katsayıları ağızlığın şekline ve özelliklerine bağlı olarak değişir.

Ağızlık çıkışındaki su huzmesinin yatayla yaptığı açı $\alpha$ ile gösterilirse su damlalarının teorik temas süresi :

$$t_c = 2.C_v.Sin\alpha \sqrt{\frac{2h}{g}} \qquad (4.15)$$

Püskürtücüden çıkan su huzmesinin çizdiği dairenin yarıçapı $r_s$ ise, rüzgar tesirinin olmadığı kabulüyle:

$$r_s = 2.C_v^{\,2}.h.Sin2\alpha \qquad (4.16)$$

ifadesinden hesaplanabilir.

Su huzmeleri arasındaki girişimi önlemek için ağızlıklar $2r_s$ aralıklarla yerleştirilmelidir. Bu aralıklar 0.5 ila 5 m. civarında değişir. Püskürtücülerin alan ihtiyacı fazladır. Lüzumlu alan, havalandırılacak suyun debisi başına 350 ila 700 $m^2$/havalandırılacak su debisi, $m^3$/sn arasında değişir. Bundan başka enerji sarfiyatları oldukça fazladır. Dolayısıyla havalandırma verimlilikleri düşüktür,

$O_e$, 0.14 ~ 0.33 mg/J veya (0.5 —1.2 kg $O_2$/kw-st) arasındadır.

### 4.3.5. Kabarcıklı Havalandırıcılar

Kabarcıklı havalandırıcılar, dikdörtgen planlı bir beton havuza yerleştirilmiş borular, gözenekli tüpler veya değişik cinste hava püskürtme teçhizatından ibarettir. Sisteme verilen basınçlı hava bu gözeneklerden hava kabarcıkları şeklinde çıkarak suyun içerisinden yukarıya doğru yükselirler.

Gözenekli boruların gözenek çaplarına göre ince, orta ve kaba kabarcıklı havalandırma söz konusudur. Havuzun eni, havuzdaki su derinliğine eşit alınabileceği gibi, en fazla iki katı kadar seçilebilir. Havuz boyu ise bekleme müddetine göre tayin edilir.

Havalandırma verimliliği $O_e$

$$O_e = \frac{O_c}{N_g}$$

bağıntısından bulunabilir.

Lüzumlu güç $N_g$ (watt), verilen hava dehisi $O_g$ ($m^3/s$) ve hava basıncından, P (pa) bulunabilir.

$$N_g = Q_g.P/\eta \qquad (4.17)$$

$\eta$ toplam verimi ifade eder, motorun ve kompresörün (üfleyicinin) verimleri çarpımıdır.

$P$, boru ve difüzördeki toplam kayıplar ile havuzdaki su hasıncını yenmek için gerekli basıncın toplamı olduğundan (4.17) ifadesi :

$$N_g = Q_g.(\Delta P + d_i.\rho.g)/\eta \qquad (4.18)$$

şeklinde yazılabilir. Burada :

$\Delta P$ : Hava borularında ve gözenekli tüpdeki toplam basınç kaybını, Paskal

$d_i$ : Gözenekli tüplerin su yüzeyinden derinliğini, m göstermektedir.

Bazı hallerde basınç kaybı yerine, metre su sütünü (mss) cinsinden yük kaybı verilebilir. Yani:

$\Delta h = \Delta P/\rho g$ ve $\Delta h + d_i = h$ ve

$N_G = Q_g.h.\rho.g/\eta$

yazılabilir.

### 4.3.6. Mekanik Havalandırıcılar

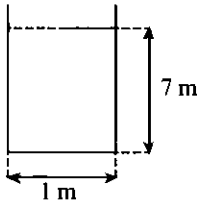
Bu cins havalandırıcılar düşey milli veya yatay milli olabilir. Mekanik havalandırıcılar esas itibariyle kullanılmış su tasfiyesinde kullanılırlar. Bu yüzden bu tip havalandırıcılardan burada bahsedilmeyecektir.

## 4.4. Misaller

**1. Misal** : 7 m su derinliğinde çözünmüş oksijenin doygunluk konsantrasyonunu hesaplayınız.

$T = 20°C$

**ÇÖZÜM:**




7 m su derinliğinde $P$ basıncı :

7 x 9,80665 = 68.65 kPa (kilopaskal)

$P = P_{at} + P_{su} = 101.3 + 68,65 = 169,95\ kPa$

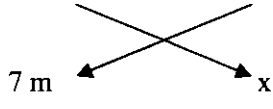
hesaplanarak (4.1) denkleminde yerine konulursa :

$$C_s = 0.0337 \frac{0.21(169,95 - 2,33)x10^3}{8,3143x293} x32 = 15,6 \quad mg/l$$

elde edilir.

7 mss nun kaç kilopaskal ettiği aşağıdaki şekilde de bulunabilir.

10,33 m su sütunu 101,32 k.Pa ederse

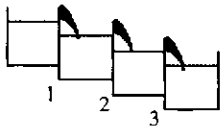



$$x = \frac{7}{10.33}.101.3 = 68,65 \quad kPa$$

**2. Misal: Bir** kaskat (kademeli) havalandırıcıda 3 kademe bulunmaktadır. Her kademe oksijen konsantrasyonunu 0'dan doygunluk değerinin %30 una yükseltmektedir.

Giriş suyunun sıcaklığı 20 $^0$C ve oksijen konsantrasyonu doygunluk değerinin % 10 u olması halinde çıkış suyundaki konsantrasyon ne olur?

**ÇÖZÜM :**




1 Kademe $C = 0$ $C = \%30C_s$

$$K = \frac{C_e - C_0}{C_s - C_0} = \frac{0.30C_s - 0}{C_s} = 0.30$$

$20^0$C $\rightarrow$ $C_s$ = 9.2 g $O_2$/m$^3$

Giriş suyu $C_0 = 0.1\ C_s$

$$C_e = C_o + K(C_s - C_0)$$

$$C_{e1} = 0.1C_s + 0.3(C_s - 0.1C_s) = 0.37C_s$$

$$C_{e2} = 0.37C_s + 0.30(C_s - 0.37C_s) = 0.56C_s$$

$$C_{e3} = 0.56C_s + 0.3(C_s - 0.56C_s) = 0.69C_s = 0.69x9.6$$

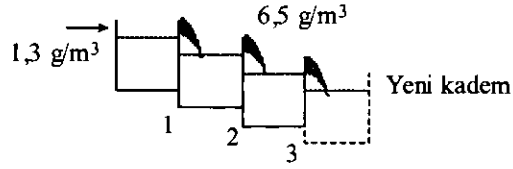
$$C_{e3} = 6.36 \text{ g } O_2/m^3$$

olarak bulunur.

**3. Misal :** İki kademeden ibaret bir kademeli havalandırıcı 1.3 g/m$^3$ konsantrasyonunda bir yeraltı suyunun havalandırılmasında kullanılmaktadır. Havalandırılmış suyun $O_2$ konsantrasyonu 6.5 g/m$^3$ ve sıcaklığı 10$^0$C dir. Bu konsantrasyon kafi görülmeyerek yeniden 3. bir kademe inşaası planlanmıştır. 3. kademeden sonraki çözünmüş oksijen muhtevası ne olur,

Eğer yeraltı suyu anaerobik olsaydı, 3. kademeden sonraki çözünrnüş oksijen konsantrasyonu ne olurdu?

**ÇÖZÜM :**




$C_0 = 1.3$ g/m$^3$ $\qquad$ $C_e = 6.5$ g/m$^3$, 10°C

$$\frac{C_e - C_0}{C_s - C_0} = K \qquad C_s = 11.3$$

$$C_e = C_0 + K(C_s - C_0)$$
$$C_{e1} = 1.3 + K(11.3 - 1.3) = 1.3 + 10K$$
$$C_{e2} = (1.3 + 10K) + K(11.3 - 1.3 - 10K) = 6.5$$

$$10K^2 + 20K + 5.20 = 0$$

$$K_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$
$$K_{1,2} = \frac{20 \pm \sqrt{(20)^2 - 4x10x5.2}}{2x10}$$

$K_1 = 1.69$ (olamaz) $\qquad$ $K_2 = 0.307$

* $C_0 = 1.3$ g/m$^3$ olması hali:

$$C_{e1} = 1.3 + 0.307(11.3 - 1.3) = 4.37 g/m^3$$
$$C_{e2} = 4.37 + 0.307(11.3 - 4.37) = 6.50 g/m^3$$
$$C_{e3} = 6.50 + 0.307(11.3 - 6.50) = 8.00 g/m^3$$

* $C_0 = 0$ g/m$^3$ olması hali:

$$C_{e1} = 0 + 0.307x11.3 = 3.47 g/m^3$$
$$C_{e2} = 3.47 + 0.307(11.3 - 3.47) = 5.87 g/m^3$$
$$C_{e3} = 5.87 + 0.307(11.3 - 5.87) = 7.54 g/m^3$$

**4. Misal:** Bir yeraltı suyu 3.5 mg/l demir (II) ve 1 mg/l $NH_4^+$ ihtiva etmektedir. Bu yeraltı suyu püskürtücülerle havalandırıldıktan sonra, hızlı kum filtresinden geçirilmekte ve düşümlü bir havalandırıcı ile tekrar havalandırılmaktadır. Deneyler püskürtücülerin $O_2$ eksikliğini % 90'dan % 5'e düşürdüğünü, düşümlü havalandırıcının ise $O_2$ muhtevasını sıfırdan, doygunluk değerinin %50 sine yükselttiğini göstermiştir. Demir (II) ve $NH_4^+$ ün tam olarak okside olduğunu kabul ederek tasfiye edilmiş suyun $O_2$ muhtevasını bulunuz. $C_s$ = 9 mg/l alınacaktır.

**ÇÖZÜM:**

Püskürtücü $D_0 = 0.90\ C_s \Rightarrow C_0 = 0.10\ C_s$

$D = 0.05\ C_s \Rightarrow C = 0.95\ C_s$

$$K_{pü} = \frac{C_e - C_0}{C_s - C_0} = \frac{(0.95 - 0.10)C_s}{(1 - 0.10)C_s} = \frac{0.85}{0.90} = 0.944$$

$$K_{düşüm} = \frac{C_e - C_0}{C_s - C_0} = \frac{0.50C_s - 0}{C_s} = 0.50$$

1 gr $Fe^{++} \rightarrow$ 0.14 g $O_2$ gerekli
1 gr $NH_4^+ \rightarrow$ 3.60 g $O_2$ gerekli

3.5 x 0.14 + 3.6 = 4.09 g $O_2/m^3$
$O_x$ = 4.09 g $O_2/m^3$

$$C_e = C_0 + K(C_s - C_0) - O_x = 0 + 0.944x9 - 4.09 = 4.41\ gO_2/m^3$$

Düşümden sonra çözünmüş oksijen muhtevası

$$C_{ed} = C_0 + K_d(C_s - C_0) = 4.41 + 0.5(9 - 4.41) = 6.71\ gO_2/m^3$$

bulunur.

**5. Misal: Bir** su haznesi 300 $m^3$ hacminde olup, yüzeyden bir mekanik havalandırıcıyla havalandırılmaktadır. Oksijen alma kapasitesini tayin etmek için hazne 10°C sıcaklığında temiz su ile doldurulmuştur.Test standart normal şartlar altında yapılmıştır. (Deniz seviyesinde, 101.3 kPa basınç altında). Aşağıda verilen ölçme neticelerine göre;

a) $k_2$ katsaysını grafik ve hesap yoluyla bulunuz.

b) 10 dakika sonraki $O_2$ konsantrasyonunu bulunuz.

c) 15 dakika sonraki $O_2$ konsantrasyonunu bulunuz.

d) Sistemin oksijen alma kapasitesi $O_a$'yi (g $O_2/m^3$.sn), ve $O_c$ (kg $O_2$/saat ve g $O_2$/sn) yi hesaplayınız.

e) Havalandırma verimliliği $O_e$ 'yi mg $O_2$/J ve kg $O_2$/kw-st cinsinden bulunuz.

Ölçmeler:

| Zaman (Dakika) | $O_2$ konsantrasyonu $g/m^3$ |
|---|---|
| 0 | 2.0 |
| 1 | 3.85 |
| 2 | 5.33 |
| 3 | 6.51 |
| 4 | 7.46 |
| 5 | 8.22 |

Not: Deney sırasındaki enerji sarfı 2 kw-st dır.

**ÇÖZÜM:**

a) $\frac{dc}{dt} = -k_2 (C_s - C)$ $\ln \frac{C_s - C}{C_s - C_0)} = -k_2.t$

veya $\log(\frac{C_s - C}{C_s - C_0)} = -0.4343.k_2.t$ çünkü log x = 0.4343 ln x dir

Şimdi $k_2$ katsayısını grafik ve hesap yoluyla bulalım.

$C_s =$ 11.3 g/m$^3$

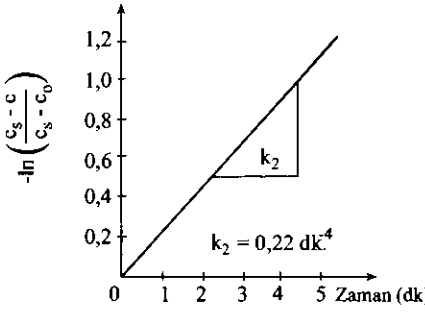
| Zaman (dak) | $O_2$ g/m$^3$ | $(\frac{C_s - C}{C_s - C_0})$ | $-\ln(\frac{C_s - C}{C_s - C_0})$ | $k_2 = \frac{-\ln(\frac{C_s - C}{C_s - C_0})}{t}$ |
|---|---|---|---|---|
| 0 | 2.0 | 1.000 | 0 | - |
| 1 | 3.85 | 0.8013 | 0.2215 | 0.2215 |
| 2 | 5.33 | 0.6418 | 0.4434 | 0.2217 |
| 3 | 6.51 | 0.5149 | 0.6637 | 0.2212 |
| 4 | 7.46 | 0.4129 | 0.8846 | 0.2212 |
| 5 | 8.22 | 0.3312 | 1.1049 | 0.2210 |

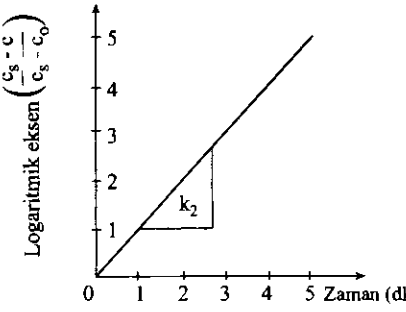
**Misal:**

$\frac{0.8846}{4} = 0.2212$ dir.

Ortalama $\overline{k_2}$ = 2213 ≅ 0.22 dak$^{-1}$ = 3.67x10$^{-3}$ sn$^{-1}$

Grafik olarak




b) t=10 dk $\rightarrow \dfrac{C_s - C}{C_s - C_0} = e^{-k_2 t} \rightarrow \dfrac{11.3 - C}{11.3 - 2} = e^{-0.22x10} \rightarrow$ C = 10.3 mg/l

c) t=15 dk $\rightarrow \dfrac{C_s - C}{C_s - C_0} = e^{-k_2 t} \rightarrow \dfrac{11.3 - C}{11.3 - 2} = e^{-0.22x15} \rightarrow$ C = 11.0 mg/l

d) $O_a = k_2.C_s = \dfrac{0.22}{60} x11.3 = 0.042\ gO_2 / m^3.sn$

$$OC = k_2.C_s.V = O_a.V = 0.042x300 = 12.6\ gO_2 / sn = 45.36\ kgO_2 / st$$

e) $O_e = \dfrac{O_a}{N_g}$ $\qquad N_g = \dfrac{2000Watt\ x\ 3600sn}{5x60sn} = 24000\ J / sn$

$$O_e = \frac{12.6x10^3 mgO_2 / sn}{24000\ J / sn} = 0.52\ mgO_2 / J = 1.87\ kgO_2 / kw - st$$

Not: 5 dakikada 2 kw-st harcanırsa, saatte 24 kw-st/sn harcanır.

$O_e$ = 45.36 / 24 ≅ 1.89 kg $O_2$/kw-st

**6. Misal:**

10°C sıcaklıkta ve 5 $m^3$/sn debisindeki anaerobik yeraltı suyunun havalandırılması için her biri 0.3 m yüksekliğinde kaskat (kademeli) havalandırıcılar kullanılacaktır. Yapılan deneyde bir kademenin çözünmüş oksijen konsantrasyonunu doygunluk değerinin %10 undan %30 a yükselttiği görülmüştür. Buna göre,

a) Bir kademenin verim sabiti ($K$) yı bulunuz.

b) Havalandırmadan sonraki çözünmüş oksijen konsantrasyonunu doygunluk değerinin %70 ine yükseltmek için kaç kademe gerektiğini bulunuz.

c) Motor ve pompanın verimini 0.7 ve elektrik fiatını 15 Yenikuruş/kW-st alarak, bir günlük enerji masrafını hesaplayınız.

**ÇÖZÜM:**

Anaerobik yeraltı suyu, 10°C , $Q$ = 5 $m^3$/sn

$h$ = 0.3m, bir basamak (kademe) %10 $C_s$'den %30 $C_s$ 'e. .10°C de

a) $$K = \frac{C_e - C_0}{C_s - C_0} = \frac{0.30C_s - 0.10C_s}{C_s - 0.10C_s} = \frac{0.20}{0.90} = 0.222$$

b) $c_e = 0.70\ c_s \Rightarrow$ n = ?

1. Çözüm yolu.

$$C_{e1} = C_0 + K(C_s - C_0)$$

$c_0 = 0$ (anaerobik)

$$C_{e1} = K.C_s = 0.222C_s$$

$$C_{e2} = 0.222C_s + 0.222(C_s - 0.222C_s) = 0.395\ C_s$$

$$C_{e3} = 0.395C_s + 0.222(C_s - 0.395C_s) = 0.529\ C_s$$

$$C_{e4} = 0.529C_s + 0.222(C_s - 0.529C_s) = 0.633\ C_s$$

$$C_{e5} = 0.633C_s + 0.222(C_s - 0.633C_s) = 0.714\ C_s$$

0.714 > 0.70 olduğundan 5 kademe kâfidir.

2. Çözüm yolu.

$$C_n = C_s - (C_s - C_0)(1 - \frac{\overline{K}}{n})^n$$

$\overline{K}$ : Toplam havalandırma verimliliği

$$0.70C_s = C_s - C_s(1 - 0.222)^n$$

$$0.30C_s = C_s(0.778)^n$$

$$0.30 = (0.778)^n$$

n=1 $0.30 \neq 0.778$

n=2 ?

.

.

n=5 → $0.30 \cong 0.285$ olduğundan 5 kademe kafidir.

c) $n = 0.7$ kW-sa = 15 Yenikuruş

$$N_g = \frac{\rho.g.H.Q}{\eta} = \frac{1000x9.81(5x0.3)x5m^3/sn}{0.7} = 10517\ J/sn = Watt$$

= 105.11 kW

105.11 x 15 x 24 = 378.4 Yenikuruş/gün

$Q$ = 5 $m^3$/sn = 432 x $10^3$ $m^3$/gün

$$\frac{378.40}{432x10^3} = 0.088\ Yenikuruş/m^3$$

**7. Misal** : Bir havalandırma haznesinin hacmi 300 $m^3$ dür. Havalandırma için basınçlı hava kullanılmakta olup, hava debisi 1500 $m^3$/saat tir. Difüzörlerin su yüzünden derinliği 3.3 m olup, kompresörlerin verimi 0.65 dir. Hava nakil borularındaki toplam yük kaybı 10 kPa dır. Sistemin oksijen alma kapasitesi $O_2$ = 45 kg $O_2$/saat olarak verildiğine göre:

a) Sistemin oksijen alma kapasitesini kontrol etmek için su haznesi $16^0$C sıcaklıkta ve 2 ($gO_2/m^3$) konsantrasyonunda temiz su ile doldurulmuştur. Atmosfer basıncı deney yerinde 96 kPa dır. Buna göre deney başlangıcından 5 ve 10 dakika sonra beklenen $O_2$ konsantrasyonu bulunuz.

b) Sistemin $O_e$, havalandırma verimliliğini hesaplayınız.

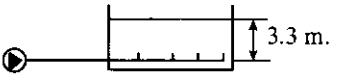
c) Oksijen alma kapasitesi ($O_a$)'yı (g $O_2/m^3$.sn) cinsinden bulunuz.

**ÇÖZÜM:**

$V = 300\ m^3$ $\quad Q = 1500\ m^3/h$ $\quad d_i = 3.3$ m $\quad \eta = 0.65$

$\Delta P = 10$ kPa, $\quad O_c = 45$ kg $O_2$/saat $\quad C_0 = 2\ gO_2/m^3$

a) 16 °C için $k_D = 0.0361$ Pw = 1.89 kP.




$$C_s = k_D \frac{f.(P - Pw)M_a}{RT} \qquad f = 20.95\ \%O_2$$

$$C_{s16,96kPa} = 0.0361x\frac{0.2095(96-1.89)x10^3 x32}{8.3142x(273+16)} = 9.48\ gO_2/m^3$$

Bu değer su yüzeyinin üzerindeki basınca tekabül eden $C_s$ dir. Halbuki difüzörün hemen üzerindeki basınç:

$P = 96 + 3.3 \times 9.81 = 128.4$ kPa dır.

Buna tekabül eden $C_s$ değeri hesaplanırsa $(C_s)_{16,128.4\ kPa} = 12.73\ g/m^3$ bulunur. Hesaplarda $C_s$ için bu iki değerin ortalaması alınabileceği gibi, emniyetli olması bakımından $C_s = 9.48\ g/m^3$ alınabilir.

$k_2 = ?$ $\quad O_c = V.k_2.C_s$ $\quad k_2 = \dfrac{O_c}{V.C_s} = \dfrac{45x10^3 gO_2/sa}{300m^3 x11.3g/m^3}$

$k_2 = 13.27\ sa^{-1} = 0.221\ dk^{-1}$ bu değer 10°C daki değerdir.

$(k_2)_{10} = (k_2)_{16} \times 1.088^{10-16}$ $\quad \Rightarrow (k_2)_{16^oC} = 0.247 dk^{-1}$

$$\frac{C_s - C}{C_s - C_0} = e^{-k_2.t} \qquad C = C_s - (C_s - C_0)e^{-k_2.t}$$

$t = 5$ dk için $\quad C = 9.48 - (9.48 - 2)e^{-0.247x5} = 7.31\ gO_2/m^3$

$t = 10$ dk için $\quad C = 9.48 - (9.48 - 2)e^{-0.247x10} = 8.85\ gO_2/m^3$

b) $O_c = 45$ kg $O_2$/saat = 12.5 g $O_2$/sn $\quad Q_g = 0.417\ m^3$/sn

$$N_g = \frac{\rho.g.H.Q_g}{\eta} \quad \text{veya} \quad N_G = \frac{\Delta P.Q_g}{\eta}$$

$$H = 3.3 + \frac{10}{9.81} = 3.3 + 1.02 = 4.32\ m$$

$$N_G = \frac{1000x9.81x4.32x0.417}{0.65} = 27184\ Watt$$

veya

$$\Delta P = (9.81x3.3 + 10) = 42.373\ kPa$$

$$= 42373 \text{ Pa}$$

$$N_G = \frac{42373x0.417}{0.65} = 27184 Watt$$

watt= J/sn

$$O_e = \frac{O_c}{N_g} = \frac{12.5}{27184} = 0.46x10^{-3} gO_2/J = 0.46\ mgO_2/J$$

veya

$$O_e = \frac{45\ kgO_2/sa}{27.166kW} = 1.66\ kgO_2/kw-st$$

c) $\quad O_a = \dfrac{O_c}{V} = \dfrac{12.5}{300} = 0.0417\ gO_2/m^3.sn$

bulunur.

# 5. BÖLÜM

## 5. HIZLI KARIŞTIRMA VE YUMAKLAŞTIRMA

### 5.1. Giriş

Yumaklaştırma işlemi küçük partüküllerin yumaklar haline getirilerek çökeltilmesidir. Bu işlem iki kademeden meydana gelmektedir. Pıhtılaştırma ve yumaklaştırma.

Yüzey suları bilhassa $10^{-7}$ – 0.1 mm büyüklükteki danecikleri ihtiva ederler. Bu danecikler çözünmüş maddeler, kolloidler ve askıdaki katı maddeler (süspansiyonlar) olarak sınıflandırılabilir.

Çözünmüş maddeler çapları 0.001 μm'den küçük olan maddelerdir. $Na^+$, $Cl^-$, $O_2$, $N_2$ çözünmüş maddelere misal olarak verilebilir. (1 μm = $10^{-3}$ mm.dir).

Kolloidlerin çapları 0.001 — 1 μm arasındadır. Kil, $SiO_2$, $Fe(OH)_3$, virüsler (0.03 - 0.3 μm) kolloidlerdendir.

Askıdaki katı maddelerin (süspansiyon) çapları 1 μm den büyüktür. Bakteriler (1-10 μm), kil, kum, $Fe(OH)_3$, bitki ve hayvan artıkları askıdaki katı maddelere misal olarak verilebilir.

Bir daneciğin çökelme hızı, danenin yoğunluğu, dane çapı ve sıvının viskozitesine bağlıdır. Dane çapı küçüldükçe çökelme hızı azalmaktadır. Cetvel 5.1'de çeşitli yoğunlukta ve çaptaki daneciklerin çökelme hızları verilmiştir.

Cetvel 5.1. Çökelme Hızları, 20 °C için

| Dane Çapları | Çökelme Hızları, m/saat | |
|---|---|---|
| | $\rho_s$ = 1002 kg/m$^3$ | $\rho_s$ = 2650 kg/m$^3$ |
| 1 mm = $10^{-3}$ m | 3,9 | 3200 |
| 1 μm = $10^{-6}$ m | 3,9x$10^{-6}$ | 3,2x$10^{-3}$ |
| 1 nm = $10^{-9}$ m | 3,9x$10^{-12}$ | 3,2x$10^{-9}$ |

Not : μm = mikrometre , 1 μm = $10^{-6}$ m.
nm = nanometre , 1 nm = $10^{-9}$ m.

Cetvel 5.1 den görüldüğü gibi çökeltme havuzları ancak askıdaki katı maddelerin çökeltilmesinde müessirdir. Kolloidlerin çökeltme havuzlarında çökeltilmeleri mümkün değildir. Bu tür danecikleri sudan ayırmak, bunların birbirleriyle birleştirilerek çökelme hızlarını arttırmak suretiyle olur.

O halde yumaklaştırmadan maksat, askıdaki daneciklerin yumak haline getirilmesidir. Bu yumaklar, yumaklaştırmadan sonraki çökeltme veya filtrasyon veyahut hem çökeltme hem de filtrasyon işlemleriyle sudan ayrılabilirler.

Kolloidleri çöktürmek için yumaklaştırma işlemi yapılır. İçme suyu tasfiyesinde suya renk ve bulanıklılık veren maddeleri gidermek için filtrasyon işleminden önce yumaklaştırmaya müracaat edilmektedir.

Deri, dokuma ve kağıt sanayii gibi çeşitli sanayi dallarından ortaya çıkan kullanılmış suların tasfiyesinde de yumaklaştırma bir tasfiye metodu olarak düşünülmektedir. Yine birtakım sanayi atık sularındaki bakır, çinko, arsenik, kadmiyum, krom, kurşun, selenyum, civa gibi muhtelif kirleticilerin tasfiye işlemlerinde de yumaklaştırma müessir bir tasfiye metodu olarak göze çarpmaktadır.

Yumaklaştırma, sulardan fosfatın giderilmesinde de uygun bir tasfiye işlemi olarak bilinmektedir.

Cetvel 5.2 de yumaklaştırmanın çeşitli kirleticilerin giderilmesindeki müessiriyeti gösterilmiştir. Bu cetvelden de görülebileceği üzere bulanıklık, süspansiyon katılar, renk, virüs, bakteri ve alglerin giderilmesinde de yumaklaştırma etkilidir.

Nitrat ($NO_3$), Amonyum ($NH_4^+$), Kobalt (Co). Nikel (Ni) ve Siyanür (Cn) gibi organiklerin giderilmesinde yumaklaştırmanın bir rolü olmamaktadır.

Fenoller suda çok iyi çözündüklerinden onları yumaklaştırma ile gidermek mümkün değildir.

Cetvel 5.2. Çeşitli Kirleticilerin Giderilmesi Yumaklaştırmanın Verimliliği

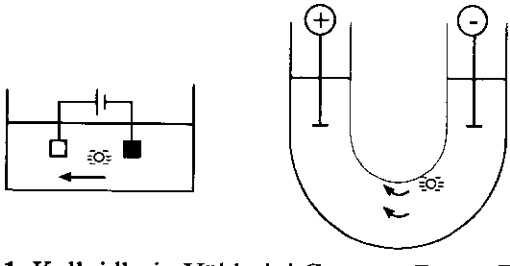
| **Parametreler** | | **Giderme Verimi**<br>0 Verim yok<br>+ %0-20<br>++ %20-60<br>+++ > %60 | **Düşünceler** |
|---|---|---|---|
| **İnorganikler** | | | |
| Bulanıklık | | +++ | |
| Askıdaki Katkılar | | +++ | |
| Fosfat | ($P_2O_5$) | +++ | |
| Nitrat | ($NO_3$) | 0 | |
| Amanyum | ($NH_4^+$) | 0 | |
| Klorür | ($CL^-$) | -, 0, + * | Kullanılan yumaklaştırıcıya bağlı |
| Sülfat | ($SO_4$) | -, 0, + | |
| Florür | (F) | ++ | |
| Demir | (Fe) | +++ | |
| Alumunyum | (Al) | +++ | |
| Manganez | (Mn) | + | |
| Bakır | (Cu) | +++ | |
| Çinko | (Zn) | ++ | |
| Kobalt | (Co) | 0 | |
| Nikel | (Ni) | 0 | |
| Vanadyum | (V) | +++ | |
| Arsenik | (As) | +++ $A_s^{+5}$, ++ $A_s^{+3}$ | |
| Kadmiyum | (Cd) | ++, +++ | |
| Krom | (Cr) | +$Cr^{+6}$, +++$Cr^{+3}$ | |
| Kurşun | (Pb) | +++ | |
| Setenyum | (Se) | +++ | |
| Civa | (Hg) | ++ | |
| Baryum | (Ba) | + | |
| Siyanür | (Cn) | 0 | |
| **Organikler** | | | |
| Renk | | +++ | |
| Koku | | 0, + | |
| KOİ ($O_2$) | | +++ | |
| Toplam Organik Karbon (TOK) | | +++ | |
| BOİ ($O_2$) | | +++ | |
| Kjeldahl Azotu (N) | | +++ | |
| Fenollar ($C_6H_5OH$) | | 0 | Çok iyi çözünür |
| Polisiktik Aromatik Hidro Karbon | | ++ | |
| Pestisidler (parathion, BHC, Dieldrin) | | +, ++ | |
| Metil mavisi ile reaksiyona giren sürfaktanlar. | | 0, + | |
| **Mikroorganizmalar** | | | |
| Virüsler | | +++ | |
| Bakteriler | | +++ | |
| Algler | | ++ | |

## 5.2. Yumaklaştırmanın Mekanizması

### 5.2.1. Kolloidlerin Özellikleri

Yumaklaştırmanın verimli ve tesirli bir şekilde tatbik edilebilmesi bakımından kolloidlerin özellikleri bilinmelidir. Su ortamında kil gibi suda çözünmeyen daneciklere suyu sevmiyen manasında hydrophobic (hidrofobik), nişasta, protoinler, organik polimerler gibi suda çözünen daneciklere de "suyu seven" manasında hydrophilic (hidrofilik) kolloidler denilir.

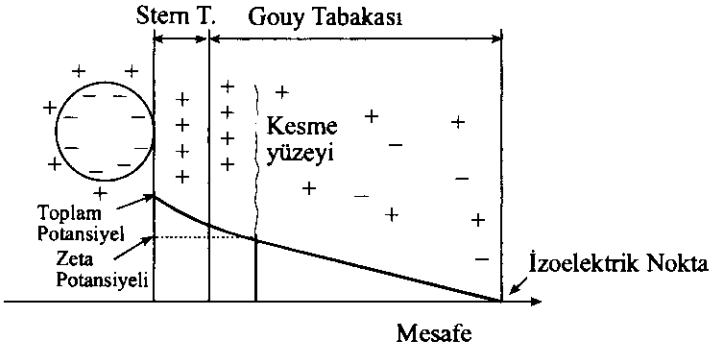
Kolloidler bulundukları sıvı ortam içinde daima bir elektrik yüküne sahiptirler. Kolloid ihtiva eden bir çözelti içerisine pozitif ve negatif yüklü elektrotlar yerleştirilirse kolloidlerin kendi yüküne zıt yüklü elektroda doğru yığıldıkları görülebilir. Kolloidlerin yükünü tesbit etmeye yarayan bir tertibat Şekil 5.1 'de gösterilmiştir.




**Şekil 5.1.** Kolloidlerin Yüklerini Gösteren Deney Tertibatı

Metal oksitler ($Al^{+3}$, $Fe^{+2}$ veya $Fe^{+3}$ gibi) pozitif elektrik yüküne, metal olmayan oksitler, kil, protoinler ise umumiyetle negatif elektrik yüküne sahiptirler. İçme suyu tasfiyesindeki karşılaşılan kolloidler umumiyetle negatif yüklüdür.

Kolloid danecikler, bulundukları sıvı içinde daima bir elektrik yüküne sahip olduklarından, daneciğin taşıdığı elektrik yüküne zıt iyonlar, danecik çevresinde birikerek sabit bir tabaka bunun çevresinde zıt yüklü iyonlar ikinci bir tabaka meydana getirirler. İkinci tabaka, danecik kenarından su içine doğru yayıldığından bu tabakaya "difüz tabakası" denilmektedir. (Şekil 5.2).




**Şekil 5.2.** Negatif Yüklü Bir Kolloidin Etrafındaki Tabakalar

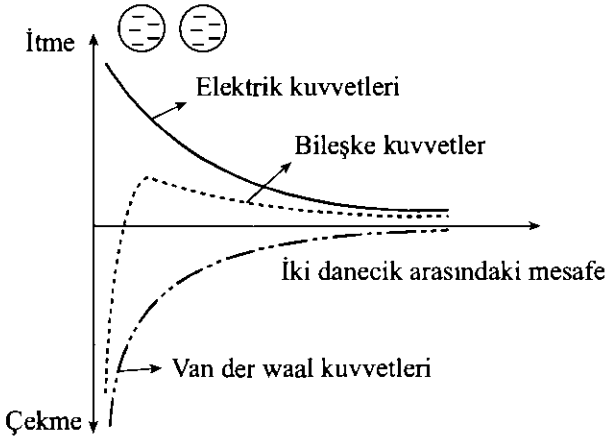
Şekil 5.2 den görüldüğü gibi daneciğin yükü fazla ise etrafına çok miktarda zıt işaretli iyon çeker. Böylece danecik zıt işaretli iyonlarla kaplanmış olur. Bu ilk ve yoğun zıt iyonlar tabakasına sabit tabaka veya stern tabakası denilmektedir. Stern tabakasının dışında yine aynı işaretli iyonların teşkil ettiği bir tabaka daha bulunur. Bu tabakaya Gouy Chapman Tabakası veya "Dağınık Tabaka" denir. İşte bu iki tabakaya "çift tabaka" adı verilir. Çift tabakada esas itibariyle kolloidin yüküne zıt iyonlar bulunmakla birlikte, aynı işaretli iyonlar da bulunur. Ancak iyonların sayıları danecik yüzeyinden uzaklaştıkça azalır. Belli bir mesafede + ve – yüklü iyonların sayıları eşit olup, bu noktaya izoelektrik nokta denilmektedir. Bu noktada potansiyel sıfırdır. Buradan daneik yüzeyine gidildikçe anyon ve katyonlar arasındaki konsantrasyon farkı arttığından elektrostatik potansiyel de artar. Şekil 5.2 de görülen kesme yüzeyindeki potansiyele "Zeta potansiyeli" denilmektedir. Bu yüzey, ayrılma düzlemini karakterize eder.

Kesme yüzeyi içindeki sıvı tabakası sanki daneciğe yapışıkmış gibi onunla birlikte hareket eder. Buna mukabil kesme yüzeyinin dışındaki kısım danecik ile birlikte hareket etmez. Hidrofobik kolloidlerde kesme yüzeyi, sabit tabakanın dış yüzüne çok yakındır.

Kolloidlerin Zeta potansiyeli oldukça mühim bir parametredir

Kolloidlerin bir diğer özelliği kolloidlerin su içinde tesadüfi bir şekilde hareket etmeleridir. Bu hareket "Brownian Hareket" olarak isimlendirilmektedir.

İki kollaid bir arada düşünülürse, her iki kolloid aynı elektrik yükü ile yüklü olduğundan birbirlerini itmek isterler. Çekme kuvvetleri ise Van der Waal kuvvetleri ile Brownian hareketlerden doğan kinetik enerjiden dolayı ortaya çıkar. Bu kuvvetler Şekil 5.3 de gösterilmiştir.




Şekil 5.3. Daneciklere Tesir Eden Kuvvetler

Kolloidlerin stabilizasyonu aşağıda belirtilen şekillerde olmaktadır. Duruma ve şartlara göre bunlardan biri veya birkaçı daha tesirli olmaktadır. Bunlar:

a) Çözeltiye ilave edilen zıt yüklü iyonlar, danecik etrafındaki çift tabakanın sıkışmasına sebeb olurlar. Böylece danecikler arasındaki itme etkisi azalır.

b) Çözeltiye ilave edilen metal iyonları veya organik polimerlerin danecik yüzeyinde adsorbe edilmesiyle danecik yüzeyindeki potansiyel azalmaktadır.

c) Yumaklaştırıcı maddelerin çözeltiye ilave edilmesiyle teşekkül eden metal hidroksitler çökerlerken kolloidleri de bir ağ şeklinde sararak onların da çökelmesini temin ederler.

d) Organik polimerlerin kullanılması halinde uzun zincirli bu polimerler, kolloidlerin etrafını sararak bir köprü meydana getirir. Böylece kolloidlerin destabizasyonu sağlanır.

Destabilize bir çözeltide kolloidlerin Brownian Hareketleri sebebiyle yumaklaşma olur, bu tip yumaklaşma "Perikinetik Yumaklaşma" olarak isimlendirilir. Bu hareket yavaş olduğundan yumaklaştırma işlemini hızlandırmak için çözeltiye ilave edilen kimyasal maddeler karıştırılır. Bu tip yumaklaştırmaya 'Ortokinetik yumaklaşma" denilmektedir.

### 5.2.2. Perikinetik Yumaklaşma

Brownian Hareketten doğan bu yumaklaşmada zamanla danecik sayısındaki azalmanın, danecik sayısının karesi ile orantılı olduğu ifade edilmiştir. Yani:

$$-\frac{dn}{dt} = k_p.n^2 \tag{5.1}$$

Burada:

$n$ : Birim hacimdeki danecik sayısı
$t$ : Zaman
$k_p$: Perikinetik hız sabiti

Hız sabiti ise

$$k_p = \alpha_p.\frac{4}{3}.\frac{\bar{k}.T}{\mu} \tag{5.2}$$

şeklinde ifade edilebilir. Burada

$\alpha_p$ : Birleşme ile neticelenen çarpışmaların yüzdesi
$\bar{k}$ : Boltzman sabiti
$T$ : Mutlak sıcaklık, °K
$\mu$ : Suyun dinamik viskozitesidir.

(5.2) denklemi (5.1) de yerine konursa:

$$-\frac{dn}{dt} = \alpha_p.\frac{4}{3}.\frac{\bar{k}.T}{\mu}n^2 \tag{5.3}$$

ifadesi elde edilir. Bu denklem aynı özellikte, aynı cins kolleidler için geçerlidir. Başlangıçtaki danecik sayısı $n_0$, $t$ süre sonraki $n$ olmak üzere (5.1) denklemi integre edilirse:

$$t = \frac{n_0 - n}{n.n_0.k_p} \tag{5.4}$$

denklemi bulunur.

(5.4) denklemi yardımıyla başlangıçtaki danecik sayısı $n_0$ 'in $n$ değerine düşmesi için lüzumlu süre hesaplanabilir. Aşağıdaki misalde bu husus izah edilmiştir.

Misal :Bir ham su, militresinde 10000 adet virüs ihtiva etmektedir. Suda başka kolloid veya süspansiyon halinde danecik olmadığını kabul ederek, virüs sayısının başlangıçtakinin yarısına düşmesi için lüzumlu zamanı hesaplayalım. Su sıcaklığı 20°C dır.

$$\bar{k} = 1{,}4x10^{-23} kgm^2 K^{-1}$$

$$T = 273 + 20 = 293^o K$$

$$\mu = 1{,}0x10^{-3} kgm^{-1}.sn^{-1}$$

$n$ değerinin bağlangıçtaki virüs sayısının yarısı olması istendiğinden $n_0 = 2.n$ yazılabilir.

$\alpha_p = 1$ kabul edilirse

$$k_p = 1x.\frac{4}{3}.\frac{1{,}4x10^{-23}}{10^{-3}} x293 = 5{,}47x10^{-18}$$

$n_0 = 10^4$ adet/ml = $10^{10}$ adet/m$^3$

$$t = \frac{n_0 - n}{n.n_0.k_p} = \frac{2.n - n}{n.n_0.k_p} = \frac{1}{n_0.k_p}$$

$$t = \frac{1}{10^{10}.5{,}47x10^{-18}} \cong 212$$

$t \cong 212$ gün olarak bulunur.

Misalden görüldüğü gibi perikinetik yumaklaşmada milimetrede 10000 Virüs olması halinde, virüs sayısının yarıya inmesi için 212 gün gereklidir. Virüs sayısının 1000 adet/ml olması halinde ise $n_0 / n = 2$ için lüzumlu süre 2120 gün olacaktır. Tabii ki bu süreler mühendislik bakımından uygun değildir. Bu yüzden sisteme enerji verilerek yumaklaşmanın hızlandırılması gerekir.

### 5.2.3. Ortokinetik Yumaklaşma

Ortokinetik yumaklaşmada danecik sayısında azalma hızı, hız gradyanı, danecik çapı ve danecik sayısına bağlıdır. Bu bağıntı:

$$-\frac{dn}{dt}=\frac{2}{3}\alpha_0 G.d^3.n^2 \qquad (5.5)$$

şeklinde ifade edilebilir. Burada:

$\alpha_0$ : Birleşme ile neticelenen çarpışmaların yüzdesi

$G$ : Hız gradyanı (ortalama değer),

$d$ : Danecik çapı

$n$ : Danecik sayısı

Danecikler küre şeklinde kabul edilir ve birim hacimdeki daneciklerin bütününün hacmi $\Omega$ ile gösterilirse:

$$\Omega=\frac{\pi d^3}{6}n \qquad (5.6)$$

yazılabilir. (5.6) denklemi (5.5) de yerine konursa:

$$-\frac{dn}{dt}=\frac{4\alpha}{\pi}.G.\Omega.n \qquad (5.7)$$

elde edilir.

(5.7) denklemi integre edilirse:

$$Ln(n_0/n)=\frac{4\alpha_0.G.\Omega.t}{\pi} \qquad (5.8)$$

bulunur. Azalma katsayısı $R$

$$R=\frac{n_0}{n}$$

olduğundan (5.8) denklemi :

$$LnR=\frac{4\alpha_0.G.\Omega.t}{\pi} \qquad (5.9)$$

yazılabilir. Bu denklem sayesinde danecik sayısının belli bir değere düşmesi için lüzumlu süre bulunabilir.

$$t=\frac{\pi.\ln R}{4\alpha_0.G\Omega.} \qquad (5.\ 10)$$

Şimdi perikinetik yumaklaşma için verilen misali ortokinetik yumaklaşma için çözelim.

$n_0 = 10^4$ adet/ml, $R = \frac{n_0}{n} = 2$

olması isteniyordu. Ortamda başka danecik olmadığını, virüslerin çaplarının $d$ = 1 μm, $\alpha_0$= 1 olduğunu kabul edelim.

$$\Omega = \frac{\pi d^3}{6}.n_0 = \frac{\pi}{6}(10^{-6})^3.10^4.10^6$$

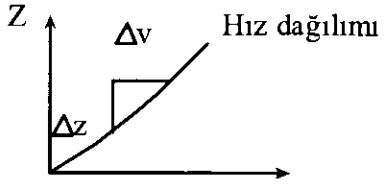
$$\Omega = 5{,}236x10^{-9} m^3 / m^3$$

$G = 100$ sn$^{-1}$ alınırsa

$$t = \frac{\pi.\ln 2}{4x1x100x5{,}236x10^{-9}} \cong 10{,}5x10^5 sn \cong 12 gün$$

Görüldüğü gibi bu halde virüs sayısının yarıya inmesi için lüzumlu süre takriben 12 gündür. Bu müddet çok uzundur. (5.10) denkleminden lüzumlu süre $t$'nin $\Omega$ ile ters orantılı olduğu görülmektedir. Çözeltiye $Fe^{+3}$ ve $Al^{+3}$ gibi metal tuzlarının ilavesi ile $\Omega$ değerinin arttırılması ve bu müddetin mühendislik bakımından tatminkar bir süreye indirilmesi mümkün olmaktadır.

Ortokinetik yumaklaşmada en mühim parametrelerden birisi 'hız gradiyenti" dir. Hız gradyanı




$$G = \frac{dv}{dz}$$

şeklinde yazılabilir.

Belli sıcaklık ve belli çaptaki daneciklerin Brownian hareketleri sebebiyle olan Perikinetik yumaklaşmanın ortokinetik yumaklaşmadaki hangi hız gradiyentine tekabul ettiği hesaplanabilir. Bunun için $\alpha_0 = \alpha_p$ kabul edelim.

$$\frac{\left\{-\frac{dn}{dt}\right\}_0}{\left\{-\frac{dn}{dt}\right\}_P} = \frac{\frac{2}{3}.\alpha_0.G.d^3.n^2}{\frac{4}{3}.\alpha_p.\bar{k}.T.n^2/\mu} = \frac{\mu.G.d^3}{2.\bar{k}.T} \qquad (5.11)$$

Maksadımız perikinetik yumaklaşmaya tekabül eden hız gradiyentini bulmak olduğundan:

$$\frac{\left\{-\frac{dn}{dt}\right\}_0}{\left\{-\frac{dn}{dt}\right\}_P} = 1$$

farzedilirse (5.11) denklemi :

$$G = \frac{2.\bar{k}T}{\mu.d^3} \qquad (5.12)$$

Şeklinde elde edilir.

Danecik çapını 1 μm, su sıcaklığını 20°C ve bu sıcaklıkta mutlak viskoziteyi $1{,}0x10^{-3}$ kg $m^{-1}sn^{-1}$, Boltzman sabitini (1,4) ($10^{-23}$) kg $m^2.K^{-1}$ alarak G değerini hesaplayalım.

Mutlak sıcaklık $T = 273 + t = 273 + 20 = 293$ K (Kelvin) olduğundan:

$$G = \frac{2.(1{,}4)(10^{-23})(293)}{(1{,}0x10^{-3})(10^{-6})^3} = 8.2 \ sn^{-1}$$

20°C için viskozite $\mu = 1{,}03 \times 10^{-4}$ kg sn/$m^2$

olup, bu değer yerçekimi ivmesi $g$ = 9.81 m/$sn^2$ ile çarpılırsa mutlak viskozite elde edilir. O halde 20°C için mutlak viskozite = $1{,}0 \times 10^{-3}$ kg $m^{-1}.sn^{-1}$ veya $1{,}0x10^{-3}$ N.sn/$m^2$ elde edilir.

Yukardan görüldüğü gibi perikenitik yumaklaşmada hız gradiyenti G = 8,2 $sn^{-1}$ ≅ 10 $sn^{-1}$ civarındadır. Bu yüzden ortokinetik yumaklaşmada hız gradiyentinin alt sınırı 10 $sn^{-1}$ alınır.

Ortokinetik yumaklaşmada reaktör cinsinin azaltma sabiti *Ro* üzerine tesiri vardır (5.9) denklemi :

$$R = e^{\frac{4}{\pi}\alpha_0 . G.\Omega . t} \qquad (5.13)$$

tarzında yazılabilir.

$$k^* = \frac{4}{\pi}\alpha_0 . G.\Omega \qquad (5.14)$$

ile gösterilirse

$$R = e^{k^* . t} \qquad (5.15)$$

elde edilir. Bu denklem, biriktirme haznelerinde mikroorganizma giderilmesiyle ilgili olarak bulunan ifadeye benzerdir. Bu denklemin, o denklemlere olan benzerliğinden:

a) Doldur-boşalt ve piston akımlı yumaklaştırma havuzlarında (5.15) denkleminin geçerli olduğu

b) Tam karışımlı reaktörlerde

$$R = 1 + k^* . t \qquad (5.16)$$

c) Seri Bağlı havuzlarda, havuz sayısı *n* olmak üzere

$$R = (1 + k^* . \frac{t}{n})^n \qquad (5.17)$$

yazılabileceği anlaşılır. Burada *t* havuzlardaki toplam bekleme müddetidir

## 5.3. Yumaklaştırıcılar ve Yardımcı Maddeleri

### 5.3.1. Yumaklaştırıcılar

Yumaklaştırmadan maksat, çok küçük daneciklerin yumaklar haline getirilip çöktürülmesi olduğuna göre, birtakım kimyasal maddelerin ilave edilmesi suretiyle danecik etrafındaki çift tabakanın sıkıştırılması, danecik yüzeyindeki potansiyelin azaltılması ve kolloidlerin metal hidroksitler çökerken, onlarla birlikte sürüklenmesinin sağlanması gerekir. Bu maksadla çeşitli yumaklaştırıcılar kullanılır. Bu yumaklaştırıcılar Cetvel 5.3 de verilmiştir.

Cetvel 5.3. Yumaklaştırıcılar

| Kimyevi madde | Formülü | Molekül Ağırlığı | Rengi | En yaygın şekli | Sudaki eriyebilirliği (1) | Sudaki eriyiğin durumu |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Alüminyum sülfat | $Al_2(SO_4)_3\ 18H_2O$ | 666 | Beyaz | Toz ve topak | 36,3 | Asit |
| Sodyum Alüminat | $NaAlO_2$ | 82 | Beyaz | Toz | - | Alkali |
| Ferrik Klorat (Demir (3)Klorür) | $FeCl_3.6H_2O$ | 270 | Kahverengi | Topak | 91,9 | Asit |
| Ferrik Sülfat {Demir (3)Sülfat} | $Fe_2(SO_4)_3.9H_2O$ | 562 | Sarımsı Kahverengi | Küçük kristaller | - | Asit |
| Ferrous Sülfat {Demir (2) Sülfat} | $FeSO_4.7H_2O$ | 278 | Yeşilimsi | " | 26,6 | Asit |
| Demir Sülfat Alüminyum Sülfat | $Fe_2(SO_4)_3.9H_2O$ $Al_2(SO_4)_3.18H_2O$ | - | - | - | - | Asit |
| Kireç (sönmemiş) | CaO | 56 | Beyaz | Topak toz | - | Alkali |
| Kireç (Sönmüş) | $Ca(OH)_2$ | 74 | Beyaz | Toz | 0.128 | Alkali |

(1) $20^0C$ da 100 gr. suda kuru maddenin eriyebilirliği (gr)

Netice olarak yumaklaştırıcılar $Al^{+3}$, $Fe^{+3}$, $Fe^{+2}$ ve $Ca^{++}$ şeklinde ifade edilebilirler. Ancak $Fe^{+2}$, (Demir sülfat) doğrudan kullanılırsa yumaklaştırma işlemi için uygun olmaz, bunun sebebi $Fe(OH)_2$ nin çok iyi çözünür olmasıdır. Halbuki yumaklaştırma işlemi için çözünmeyen hidroksitler gereklidir. Fakat $Fe^{+2}$, çelik sanayii yan ürünü olduğundan $Fe^{+3}$ e göre nisbeten ucuz olup, ancak aşağıda belirtilen metodlarla okside edilerek yumaklaştırıcı olarak kullanılır.

a) Tasfiye edilecek suda mevcut oksijen ile oksidasyon

$$4\ Fe^{+2} + O_2 + 10\ H_2O \rightarrow 4\ Fe(OH)_3 + 8\ H^-$$

Bu reaksiyonun hızlı bir şekilde olması için pH > 8,5 olmalıdır. Düşük pH değerlerinde (pH < 8,5) oksidasyon hızı düşüktür.

b) Aktif karbonun katalizörlüğünde oksijen ile oksidasyon

$$4\ Fe^{+2} + O_2 + 4\ H^+ \xrightarrow{\text{Katalizör}} 4\ Fe^{3+} + 2\ H_2O$$

c) Klor ile oksidasyon

$$2\ Fe^{+2} + Cl_2 \rightarrow 2\ Fe^{3+} + 2\ Cl^-$$

$$2\ Fe^{+3} + 6\ H_2O \rightarrow 2\ Fe\ (OH)_3 + 6\ H^+$$

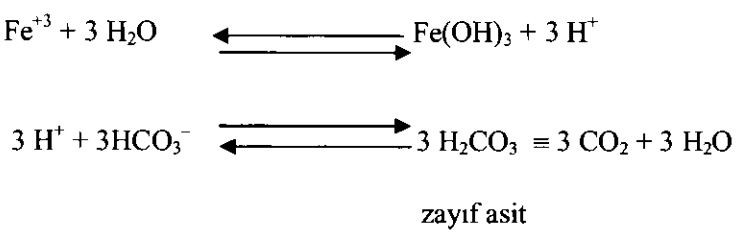
Netice olarak iki değerlikli demir yukarda belirtilen metodlardan biri kullanılarak demir (III) şekline dönüştürüldükten sonra yumaklaştırma işleminde kullanılabilir.

Yumaklaştırıcılardan hangisinin kullanılacağına karar vermek için mutlaka kavanoz testleri (Jar test) denilen deneyler yapılmalıdır. Bu suretle yumaklaştırıcının cinsi ve dozu belirlenebilir.

Suya $Al^{+3}$ ve $Fe^{+3}$ gibi yumaklaştırıcılar ilave edilirse suyun pH değeri düşer. (sodyum alüminat hariç). Yani bu yumaklaştırıcılar (koagülantlar) asidik özelliktedir. Kimyasal denklemler basit olarak :

$$Al^{+3} + 3\ H_2O \underset{\text{PH} > 4}{\rightleftharpoons} Al\ (OH)_3 + 3\ H^+$$

şeklinde olup bu reaksiyonun yönünün sağ tarafa olması için pH > 4 olmalıdır. $Fe^{+3}$ için denklem :




Sodyum alüminat ($NaAlO_2$) kullanılırsa

$$NaAlO_2 + 2\ H_2O \rightarrow Al(OH)_3 + Na^+ + OH^-$$

yazılabilir. Görüldüğü gibi bu reaksiyon baziktir.

### 5.3.2. Yumaklaştırıcı Yardımcıları

Yumaklaştırma işlemini hızlandırmak, daha büyük yumak elde etmek, kullanılan $Al^{+3}$ ve $Fe^{+3}$ gibi yumaklaştırıcıların konsantrasyonlarını azaltmak ve suda organik maddelerden ileri gelen rengi gidermek için yumaklaştırıcı yardımcı maddeleri kullanılır. Bu maddelerin kendileri yumaklaştırıcı (koagülant) olmadıkları halde, bir yumaklaştırıcı ile kullanıldıkları zaman, onun yumaklaştırma işlemine yardım ederler.

Teşekkül eden yumaklar zayıf olduğu zaman, yardımcı madde kullanmak faydalıdır. Ayrıca su sıcaklığının düşük olması halinde, viskozite yüksek olduğundan, yumakların çökelme hızları düşüktür. Böyle durumlarda suya kil, ve kireç taşı gibi maddeler ilave edilerek yumakların çökelme hızları iyileştirilir.

Bu yardımcı maddeler çok sayıda olup, burada bazılarından kısaca bahsedilmekle iktifa olunacaktır.

a) Kil

Kil, yumaklara bir çekirdek teşkil etmesi bakımından faydalıdır. Ayrıca bazı killer, suya kötü koku ve tad veren maddeleri adsorbe ederler. Bundan başka kil, yumakların ağırlığını arttırarak çabuk çökelmelerini temin eder.

b) Kalsit

Kalsit, toz halindeki kalsiyum karbonat olup, kilin olmadığı yerlerde bilhassa bulanıklılığı az olan suların tasfiyesinde yumaklaştırıcı yardımcısı olarak kullanılır.

c) Polielektrolitler

Bunlar anyonik, katyonik ve iyonik olmayan palielektrolitler olmak üzere üç sınıfta toplanabilir. Sentetik veya tabii olanları vardır. Bunlar alüm (Alüminyum sülfat) gibi kimyevi maddelerle kullanıldıklarında gayet hızlı çökebilen yoğun yumaklar teşkil ederler. Ancak içme suyu tasfiyesinde kullanılırken bilhassa sentetik polielektrolitlerin insan sağlığına zararlı bir tesiri olmadığından emin olunmalıdır. Ayrıca bunların çok pahalı oldukları da hatırdan çıkarılmamalıdır.

d) Aktif Silika

Aktif silika en çok kullanılan yumaklaştırıcı yardımcılarından birisidir. Bilhassa alüm (şap) ile birlikte kullanıldığı zaman, tutucu özellikte kısa zincirli polimerler teşekkül eder, böylece iyi çökebilen yumaklar meydana gelir.

e) Alkali ve Asitler

Suyun pH sının yumaklaştırma verimi üzerine tesiri büyüktür. Bu yüzden ham suyun pH sının ayarlanmasının lüzumu halinde çeşitli alkali ve asitler yumaklaştırmaya yardımcı maddeler olarak kullanılır. Alkaliler olarak sönmüş kireç. $Ca(OH)_2$, sönmeniş kireç, CaO, sodyum hidroksit NaOH veya soda kullanılır.

Asit olarak en çok kullanılan sülfürik asit, $H_2SO_4$, olup, bilhassa alüm (şap) ın tatbik edildiği renk giderme işlemlerinde pH yı ayarlamak için yaygın olarak kullanılmaktadır.

Ancak yumaklaştırıcıların ve yumaklaştırmaya yardımcı maddelerin cins ve dozajlarının belirlenmesi için mutlaka kavanoz tecrübeleri (Jar test) yapılmalıdır.

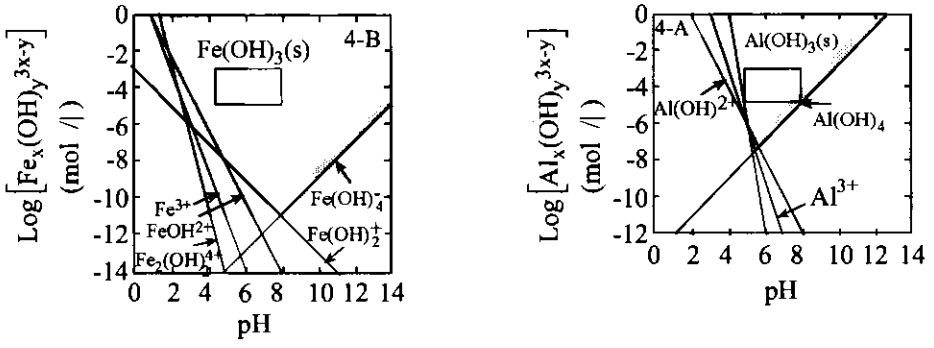
### 5.4. Yumaklaştırmanın Verimliliğine Tesir Eden Unsurlar

Bir su tasfiye tesisinde yumaklaştırma kısımlarını boyutlandırmadan önce yumaklaştırmanın verimliliğine tesir eden unsurların bilinmesi icab eder. Yumaklaştırma işlemine tesir eden unsurlar aşağıda maddeler halinde belirtilmiştir.

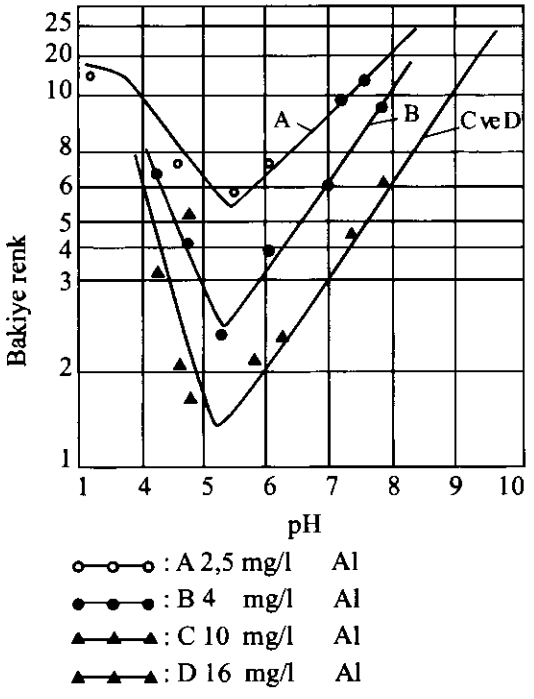
a) Ham suyun kalitesi, bulanıklılığı
b) Sudaki kolloidlerin ve asılı maddelerin miktar ve özellikleri
c) Suyun pH değeri
d) Yumaklaştırma prosesinin çeşidi, hızlı karıştırma ve yumaklaştırmada bekleme müddetleri
e) Suyun sıcaklığı
f) Suyun alkalinitesi
g) Sudaki iyonların miktar ve özellikleri
h) Yumaklaştırıcıların cins ve dozları.

Bunlardan pH nın ayrı bir ehemiyeti vardır. Çünkü pH bilhassa metal tuzlarının yumaklaştırıcı olarak kullanılması durumunda onların hidrolizinde esas rolü oynamaktadır. Bu durum Şekil 5.4 den görülebilir.

Ham sulardan renk giderme işleminde de pH ile kullanılan yumaklaştırıcının cins ve dozajının büyük bir rolü vardır. Alum ile renk giderme işleminde dozajın ve pH'nın bakiye renk üzerine tesiri Şekil 5.5 den görülebilir. Bu şekilden görülebileceği gibi renk giderme işleminde optimum pH değeri bütün dozlar için 5 ila 6 arasında kalmaktadır.

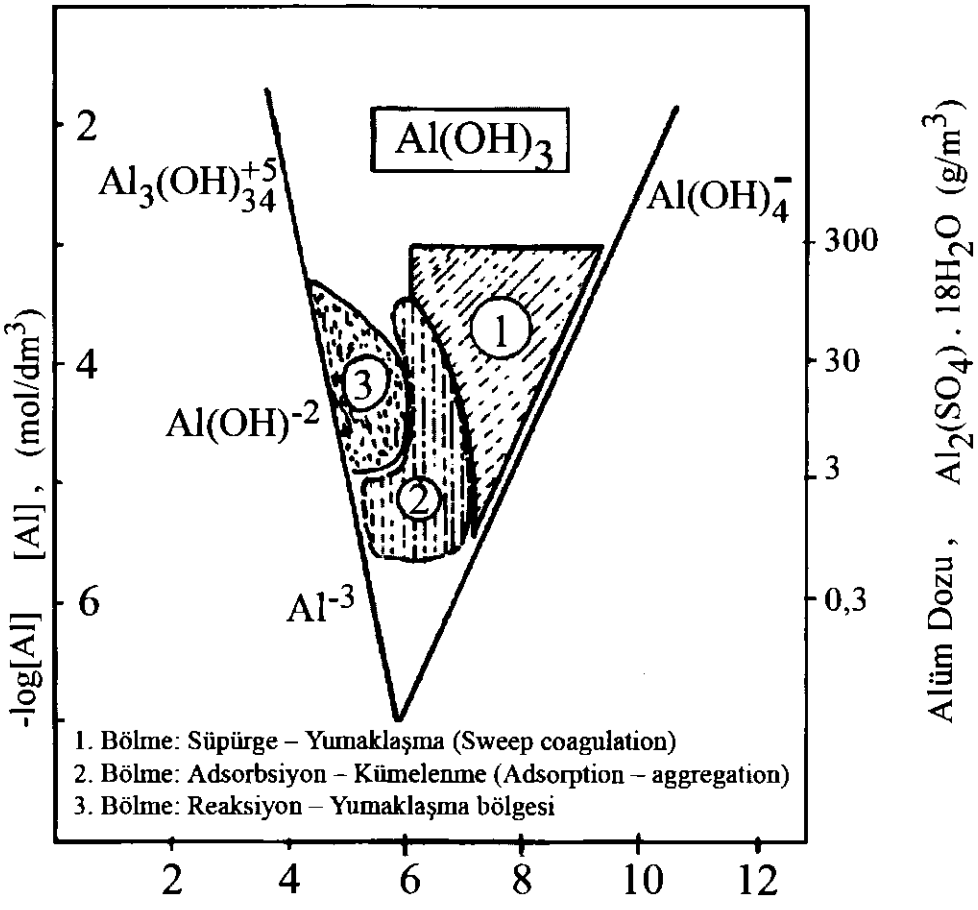



Şekil 5.4. pH'nın Metal Tuzlarının Hidrolizi Üzerine Tesiri




Şekil 5.5. Alüminyum (III) Dozunun ve pH'nın Renk Giderme Üzerine Tesiri

Bundan başka pH değeri yumaklaşmanın hangi tip yumaklaşma olduğunu belirler. Şekil 5.6'da alum dozuna ve pH'ya bağlı olarak yumaklaşmanın tipini belirleyen bölgeler gösterilmiştir.

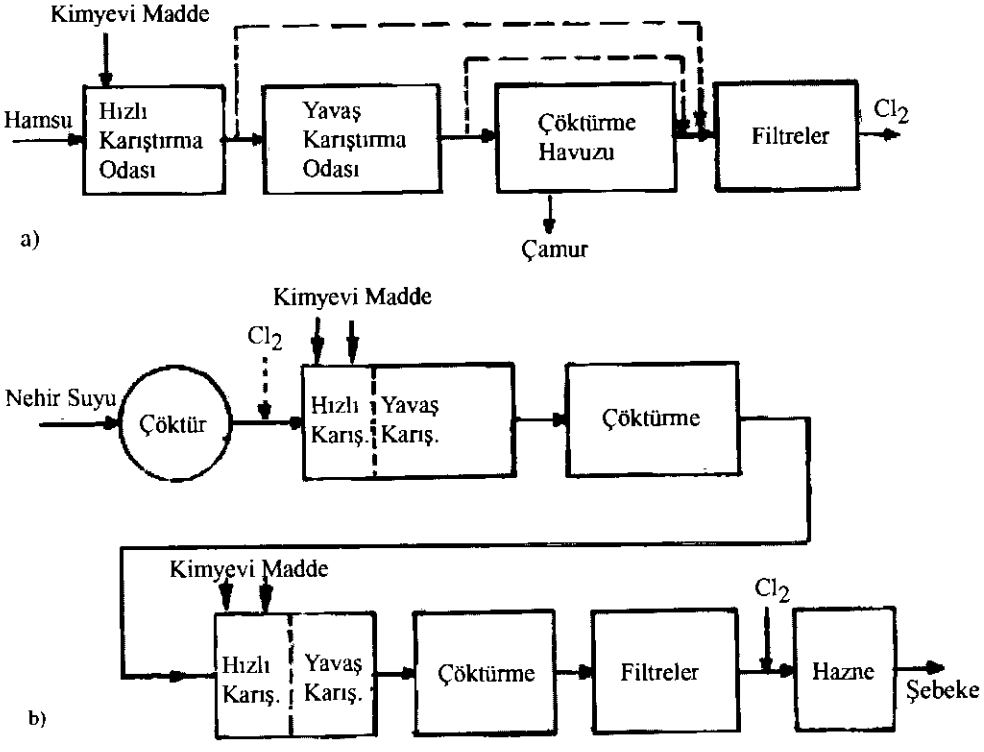



**Şekil 5.6.** Alüm dozu ile pH'nın yumaklaştırma tipine tesiri

## 5.5. Yumaklaştırma Kısımlarının Hesap ve Teşkili

### 5.5.1 Yumaklaştırmanın Su Tasfiyesindeki Yeri

Yumaklaştırma (koagülasyon) kısımları hızlı karıştırma odası, yumaklaştırma havuzu ve çökeltme bavuzlarından ibarettir. Yumaklaştırma işleminin su tasfiyesindeki yeri şematik olarak Şekil 5.7 de gösterilmiştir. Ayrıca kireç-soda metodu ile sertlik giderilmesinde de yumaklaştırma temel işlem olarak göze çarpmaktadır.




Şekil 5.7. Yumaklaştırmanın Su Tasfiyesindaki Yeri

a) Tek Kademeli Yumaklaştırma
b) İki Kademeli Yumaklaştırma

### 5.5.2. Hızlı Karıştırma Odalarının Hesabı

Yumaklaştırmanın verimli olması için yumaklaştırıcı olarak kullanılan kimyevi maddelerin suyla homojen (mütecanis) olarak karıştırılması icabeder. Bu iş için umumiyetle hızlı karıştırma odaları kullanılır. Daha iyi bir dağılmayı temin etmek bakımından bu odaların en az iki bölmeli olarak yapılması uygundur. Karıştırma işlemi ekseriya bir düşey mille elektrik motoruna bağlı olan pedallı veya türbin şeklindeki bir teçhizatla yapılır.

Hızlı karıştırma odalarının projelendirilmesinde hız gradyanı ile bekleme müddeti dikkate alınır.

Bir türbin veya pedal vasıtasıyla karıştırmanın mekanik olarak yapıldığı hızlı karıştırma odalarının hesabına esas olacak bekleme müddetleri ile hız gradyanları Cetvel 5.4 de verilmiştir.

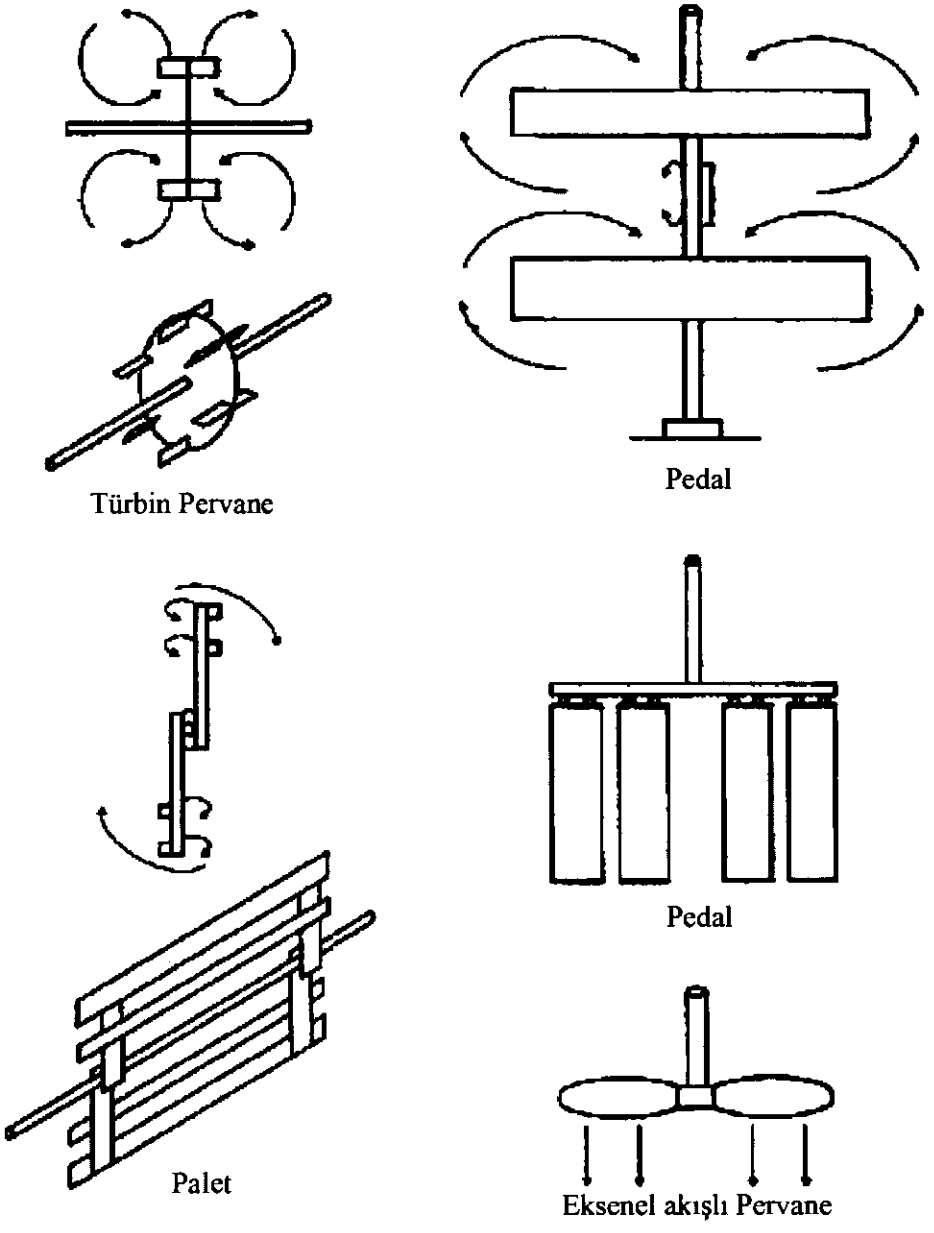
Cetvel 5.4. Hızlı Karıştırma İçin Bekletme Müddeti ve Hız Gradyanı

| **Bekleme müddeti, sn** | 20 | 30 | **40** | > 40 |
|---|---|---|---|---|
| Hız Gradiyenti, G, $sn^{-1}$ | 1000 | 900 | 790 | 700 |

Tatbikatta mekanik karıştırıcılar için karıştırma odasında bekleme süresi $t$ = 30 - 60 sn, hız gradyanı ise $G$ = 300 ila 1000 $sn^{-1}$ arasında alınmaktadır.

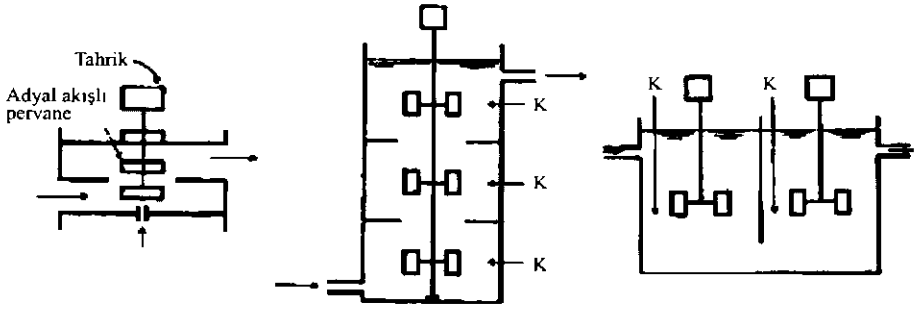
Mekanik karıştırıcılar, dönerek çalışanlar ve krank mili vasıtasıyla ileri, geri hareketle çalışanlar olmak üzere iki şekilde incelenebilir. Muhtelif karıştırıcı tipleri Şekil 5.8 de gösterilmiştir.

Karışımın mekanik olarak yapıldığı hızlı karıştırma odaları tek bölmeli veya iki bölmeli olarak yapılabilir. Mümkün olduğu takdirde iki bölmeli olarak yapılması faydalıdır.




Şekil.5.8. Muhtelif karıştırıcı tipleri

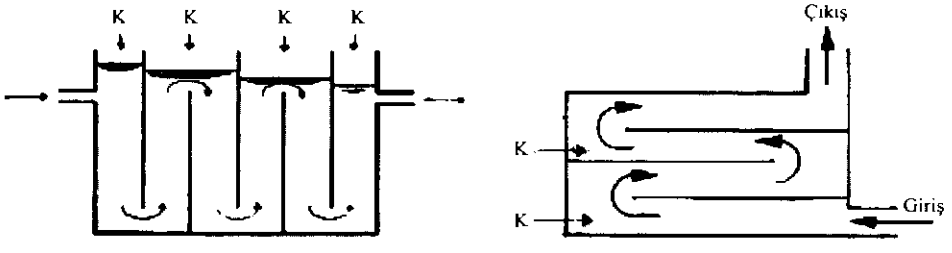
Şekil 5.9 da hızlı karıştırma odalarına ait resimler verilmiştir.




Şekil 5.9. Hızlı Karıştırma Odası Tipleri

Mekanik karıştırıcıların kullanılmasında bazı faydalar vardır. Bunların verimleri yüksektir, debinin değişmesinden etkilenmezler, ayrıca yük kayıpları da çok düşüktür.

Karıştırma, dalgıç perdeli veya yatay perdeli karıştırma odalarında da yapılabilir. Dalgıç perdeli karıştırıcılar şekil 5.10 da gösterilmiştir. Eğer gelen suyun debisi zamanla büyük değişikler gösteriliyorsa bunların kullanılması uygun olmaz.




a) Düşey Perdeli b) Yatay Perdeli

Şekil 5.10. Perdeli Karıştırma

Dalgıç perdeli karıştırıcının giriş ve çıkışı arasındaki yük kaybı $\Delta h$ ile gösterilirse, güç:

$$N = \rho \cdot g \cdot Q \cdot \Delta h \qquad (5.18)$$

ifadesinden bulunabilir.

Burada:

ρ : Suyun özgül ağırlığı, kg/m$^3$
$Q$ : Debi, m$^3$/sn
g : Yer çekimi ivmesi, 9.81 m/sn$^2$
Δh : Yük kaybı, m
N : Güç, watt veya N.m/sn = Joule/sn

Hız gradyanı ile güç arasında aşağıdaki bağıntı vardır.

$$G = \sqrt{\frac{N}{\mu.V}} \qquad (5.19)$$

Burada:

μ : Dinamik viskozite, N.sn/m$^2$ veya Pa.sn
V : Hacım, m$^3$
(5.18) ve (5.19) ifadelerinden

$$G = \sqrt{\frac{\rho.g.Q.\Delta h}{\mu.V}} \qquad (5.20)$$

ve

$$t = \frac{V}{Q}$$ olduğundan

$$G = \sqrt{\frac{\rho.g.\Delta h}{\mu.t}} \qquad (5.21)$$

olarak elde edilir.

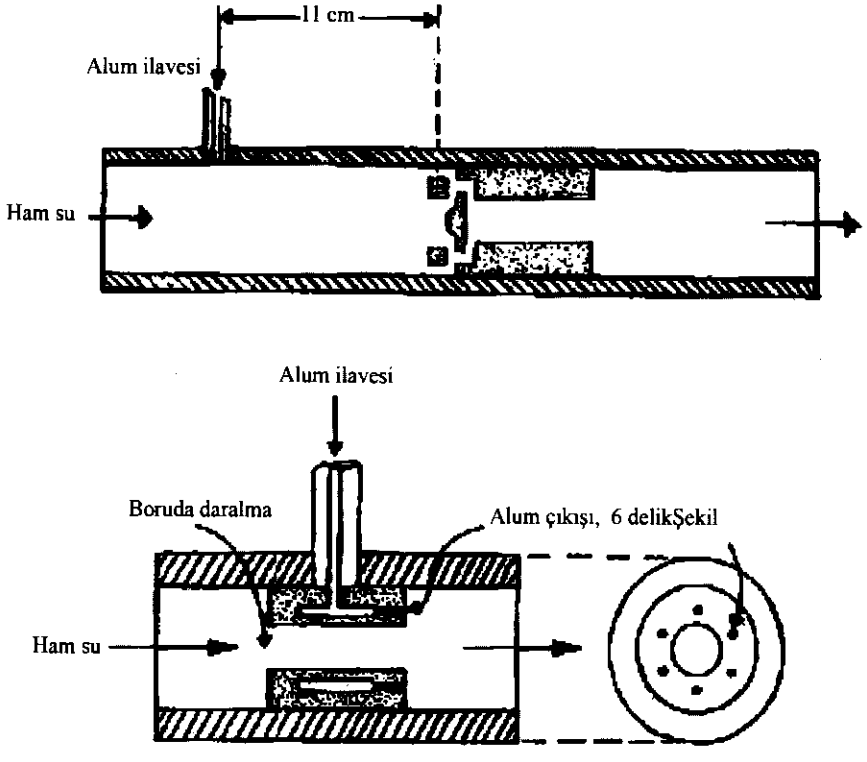
Karıştırma, yukarda belirtildiği üzere mekanik veya dalgıç perdeli karıştırıcılarla yapılabileceği gibi, hava ile karıştırma da mümkündür.

Hava ile karıştırmada havalandırma havuzuna kimyevi maddeler verilir. Karıştırmanın hava ile yapılması bilhassa ön havalandırmanın istendiği durumlar için çok uygundur.

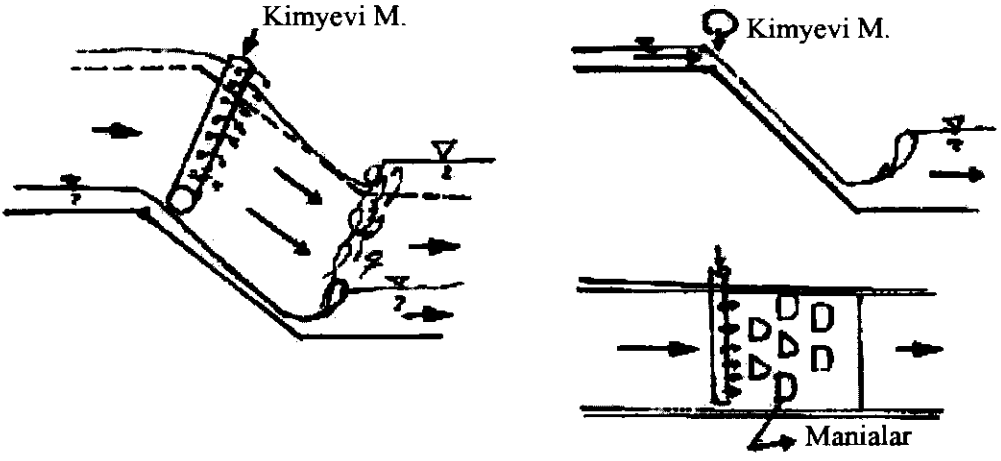
Bir diğer karıştırma sistemi borularda karıştırmadır. Terfi yüksekliği düşük olan bir tulumba vasıtasıyla kimyevi maddeler boruya enjekte edilir. Boru içinde şekil 5.11'de görüldüğü gibi teşkil edilen kesit daralmasından sonraki genişleme kısmında kimyevi maddenin tam karışması temin edilir.

Basit ve ucuz karıştırma işlemlerinden birisi de hidrolik karıştırmadır. Hidrolik karıştırmanın esası hidrolik sıçramadır. Bu cins karıştırmada teçhizat ve odasına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu yüzden Avrupa'da son zamanlarda bunları kullanma temayülleri artmıştır. Kimyevi maddeler şekil 5.12'de görüldüğü gibi sıçramadan önce verilir. Daha iyi bir karışım temini için meyilli kısma manialar konulabilir. Bunlarda tipik bekleme müddeti 2 sn ve hız gradyanı 800 $sn^{-1}$ civarındadır. Yük kayıpları ise 0.3 m olarak alınmaktadır.

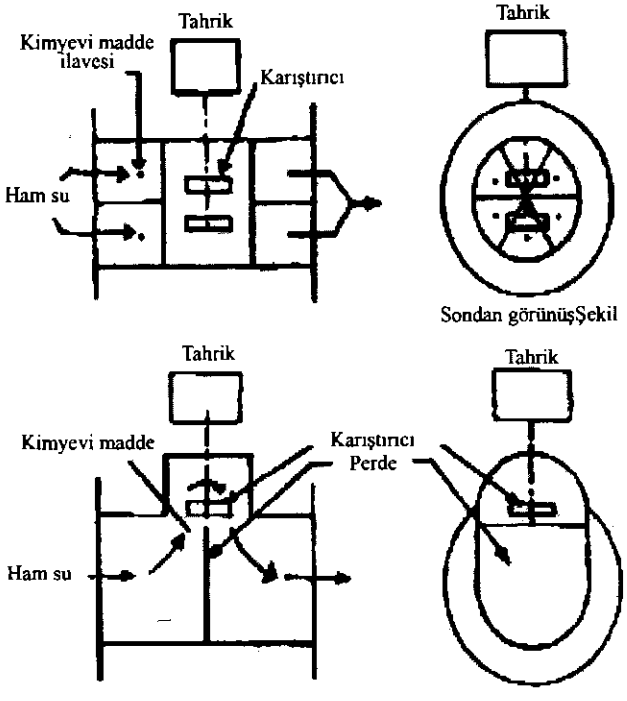
Bazı durumlarda yüksek G değerleri (3000-5000 $sn^{-1}$) kullanmak suretiyle, daha düşük bekletme müddeti ile karıştırma odalarını projelendirmek mümkün olmaktadır. Şekil 5.13'de gösterilen ve boru hattı üzerinde (In-line blender) şeklindeki karıştırma işlemiyle adsorpsiyon ve destabilizasyon reaksiyonlarını hızlandırmak mümkündür. Bunlarda bekletme süresi 30 sn'den daha az olmakta, ancak güçlü bir karıştırma teçhizatına ihtiyaç duyulmaktadır. Bunların çok az kısa devrelerle çok iyi bir karışım temin etmeleri, yük kaybı hesaplarına ihtiyaç göstermemeleri ve daha düşük maliyetle inşa edilebilmeleri gibi faydaları bulunmaktadır.




5.11. Karışımın Boruda Yapılması




Şekil 5.12. Karıştırmanın Hidrolik Sıçrama İle Yapılması




5.13. Boru Hattı Üzerine Konulmuş özel Karıştırıcılar (In-line blender)

Hızlı karıştırma işlemi ve yeri tesisteki çevre teknisyenlerinin işletmede güçlük çıkmadan çalıştırabilecekleri şekilde olmalı ve yakınında kimyevi maddelerin depo edilebilmesi kolaylıkla mümkün olmalıdır. Bazı hallerde hızlı karıştırma odası, kimyevi madde besleyicilerinin bulunduğu hacim altında yapılır. Böylece kimyevi madde iletim hatlarından büyük ölçüde tasarruf sağlanmış olunur.

Karıştırma odalarının hacimlerinin bulunması, bekleme müddetinin seçilmesi suretiyle hesaplanabilir. Bu süre, hız gradyanına, kullanılan kimyevi maddenin cinsine ve karıştırma şekline göre değişir. Mesela kireç ile yumuşatmada karıştırma odasında bekleme müddeti 5 dk civarında alınmaktadır. Dolayısıyla bekleme süresi, duruma ve şartlara göre 0,5 - 5 dk arasında alınabilir.

Hızlı karıştırma kısmını projelendirmek için en azından

- Su kalitesindeki en iyi ve en kötü durumları da temsil edecek şekilde ham suyun tahlil (analiz) neticeleri,
- Su ihtiyacındaki salınımlar, asgari ve azami debiler
- Kavanoz testi neticeleri

elde hazır bulunmalı, projelendirmede bu hususlar da dikkate alınmalıdır.

**Misal:** Bir kasabanın içme suyu, su kalitesi zamanla oldukça değişen bir nehirden karşılanacaktır. Bir yıl boyunca çeşitli zamanlarda yapılan ham su tahlil ve kavanoz testinden elde edilen uygun yumaklaştırıcı dozları Cetvel 5.5'de gösterilmiştir. 24 saat işletme için hesap debisi, günlük ortalama olarak 43,8 lt/sn ve maksimum sarfiyat ise 65,7 lt/sn olarak verildiğine göre, içme suyu tasfiye tesisine ait hızlı karıştırma ünitesini teşkil ediniz.

Cetvel 5.5. Tahlil Neticeleri

| Vuku bulma yüzdesi, % | 11 | 34 | 28 | 13 | 9 | 3 | 2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ham Su tahlilleri | | | | | | | |
| Bulanıklılık, BB. | 28 | 45 | 81 | 126 | 140 | 180 | >200 |
| Alkalinite, mg/l ($CaCO_3$) | 86 | 132 | 92 | 84 | 98 | 77 | 82 |
| Sıcaklık, °C | 13 | 10 | 8 | 18 | 18 | 16 | |
| Kavanoz Testi | | | | | | | |
| Alum, mg Alum/lt | 18 | 27 | 36 | 28 | 41 | 31 | 36 |
| pH | 6,4 | 6,7 | 6,4 | 6,4 | 6,4 | 6,2 | 6,4 |

**ÇÖZÜM**

Cetvel 5.5 den görülebileceği gibi ham suyun bulanıklığı zamanın %62 (=38+28) sinde 45 ila 81 BB (bulanıklılık birimi) arasında değişmekte ve zamanın ancak %27 (=13+9+3+2) sinde ise 126 BB eşit ve ondan büyük olmaktadır.

Yumaklaştırıcı olarak alum kullandığımıza göre aşağıdaki reaksiyona göre

$$\underbrace{Al_2(SO_4)_3.18H_2O}_{666} + \underbrace{3Ca(HCO_3)_2}_{3x100\ CaCO_3} \rightarrow 3CaSO_4 + 2Al(OH)_3 + 6CO_2 + 18H_2O$$

Optimum Alum dozu 27 ila 36 mg/l arasında değiştiğinden lüzumlu alkalinite ($CaCO_3$ cinsinden)

$$300 / 666 \ x \ (27 \sim 36) = 12{,}2 - 16{,}2 \ mg/lt$$

arasında değişir. Ham suda mevcut alkalinite $\geq$ 77 *mg/lt* olduğundan, görüldüğü gibi alkalinite kafidir. Böylece yumaklaştırıcı olarak sadece alum düşünülürse, optimum alum dozu için kavanoz testinden pH $\approx$ 6,4 olduğu görülmektedir.

Zamanın %27 sinde ham suyun bulanıklılığı 126 BB den yüksektir. Bu durumda adsorpsiyon - destabilizasyon önemli olduğundan, ani ve kuvvetli bir hızlı karıştırma uygun olmaktadır. Bu iş için boru üzerinde karıştırıcı (in-line blender) tercih edilebilir.

43,8 l/sn lik debi için 0,37 kW lık bir motor seçilirse max. debideki güç:

$$\frac{65{,}7}{43{,}8} \ x \ 0{,}37 = 0{,}56 \ kW = 560 \ N.m/sn \text{ veya Watt}$$

Boru hattı üzerindeki karıştırıcıdaki bekleme süresinin imalatçı tarafından 0,4 sn olarak verildiğini kabul edelim, bu gücün harcanacağı hacim:

$$V = t.Q = 0{,}4 \times 65.7 \times 10^{-3} = 0{,}026 \ m^3$$

olarak bulunur.

En düşük sıcaklık, en yüksek viskoziteye, dolayısıyle en düşük hız gradiyentine tekabül ettiğinden 8°C sıcaklıkta

$\mu = 1{,}387 \times N.sn/m^2$ olduğundan

$$G = (\frac{P}{\mu.V})^{1/2} = (\frac{560}{1{,}387x10^{-3}x0{,}026})^{1/2} = 3900\ sn^{-1}$$

Benzer şekilde 18° C sıcaklıkta, $\mu = 1{,}060x10^{-3}$ $N.sn/m^2$

$$G = (\frac{560}{1{,}060x10^{-3}x0{,}026})^{1/2} = 4500\ sn^{-1}$$

elde edilir.

Bu cins hızlı karıştırıcılar için tavsiye edilen hız gradyanı 3000 ila 5000 $sn^{-1}$ olduğundan, hesapta bulunan değerler bu araya düşmektedir. Eğer boru hattı üzerindeki karıştırıcıdaki bekleme süresi imalatçı tarafından verilmemişse, blenderin boyutlarından, karıştırıcının hacminin çıkarılmasıyla tesirli karıştırıcı hacmi bulunabilir. Debi de bilindiğinden bekleme müddeti hesaplanabilir.

**Misal 2:**

1. Misalde ele alınan kasabanın su ihtiyacı bir gölden temin edilecektir. Ham su oldukça üniform bir kaliteye sahiptir. Ham suya ait tahlil ve kavanoz tecrübesi neticeleri Cetvel 5.6 da verildiğine göre karıştırma odasını boyutlandırarak, hız granyanını ve karıştırıcının gücünü hesaplayınız.

**Cetvel 5.6. Tahlil Neticeleri**

| Vuku bulma yüzdesi, % | 24 | 33 | 21 | 14 | 8 |
|---|---|---|---|---|---|
| Bulanıklılık, B.B. | 12 | 21 | 35 | 49 | 69 |
| Alkalinete, *mg/lt* (CaCO3) | 36 | 29 | 34 | 31 | 29 |
| Sıcaklık,°C | 14 | 19 | 22 | 18 | 20 |
| Kavanoz tecrübesi | | | | | |
| Alum dozu, mg/lt alum | 36 | 28 | 31 | 27 | 29 |
| Kireç dozu, mg/lt Ca(OH)2 | 17 | 13 | 14 | 12 | 12 |
| pH | 6,6 | 6,4 | 6,5 | 6,7 | 6,5 |

**ÇÖZÜM:**

Ham suyun bulanıklılığı zamanın %78 (=24+33+21) inde 35 Bulanıklık biriminden, zamanın %92 (=24+33+21+14) inde ise 49 bulanıklılık biriminden azdır. Bu sebeble doğrudan filtrasyon, projelendirme alternatifi olarak da düşünülebilir. Ancak burada klasik yumaklaştırma - çöktürme - filtrasyon sistemi için hesap yapılacaktır. Kavanoz tecrübelerinden alkali ilavesinin gerektiği ve uygun alum dozunun 27 ila 36 *mg/lt* alum olduğu bulunmuştur. Bu durumda yumaklaştırmada esas mekanizmanın kolloidlerin $Al(OH)_3$ ler tarafından sarılarak çökeltilmesi şeklindeki (sweep coagulation) olduğu görülmektedir. Bu bakımdan mekanik karıştırmalı bir kısım yapmak uygundur. Uygun alum dozu olarak 31 mg/lt alınabilir. Alum dozu ile $Al^{+3}$ dozu birbiri ile karıştırılmamalıdır. Alumun molekül ağırlığı 666 olduğundan, 31 mg/lt Alum dozunun, $Al^{+3}$ cinsinden değeri

$$\frac{2x27}{666}x(31) = 2{,}5mg \quad A^{+3}/lt \text{ bulunur.}$$

Karıştırma odasında bekleme müddeti 50 sn ve hız gradyanı 700 $sn^{-1}$ seçilirse:

Hızlı karıştırma odası hacmi:

$V = 65{,}7x10^{-3} \times 50 = 3{,}29\ m^3$

İki adet paralel hızlı karıştırma odası seçilirse:

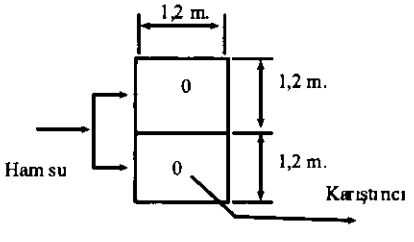
$$V_1 = \frac{3{,}29}{2} = 1{,}65\ m^3$$

Boyutlar I,2x1,2 alınırsa, derinlik

$$h = \frac{1{,}65}{1{,}2x1{,}2} = 1{,}15m$$

bulunur.

Seçilen ebat : 1,2 x 1,2 x 1,2



Her bir odanın hacmi :

$V_1 = 1,2 \times 1,2 \times 1,2 = 1,728\ m^3$

En düşük sıcaklık değeri 14°C olduğundan, bu sıcaklıktaki viskozite $1,1748 \times 10^{-3}$ Pa.sn veya $N.sn/m^2$ alınarak,

$N = G^2\ \mu\ V$

$N = (700)^2.(1,1748 \times 10^{-3}) \times 1,728 = 995$ Watt (veya N.m/sn)

Motor gücü, verimin 0,80 kabulü ile

$$N_m = \frac{995}{0,8x1000} = 1,24\ kW$$

Bu takadda motor olmadığından seçilen motor 1,5 kW dır.

Dozlamada aşağıdaki hususlar dikkate alınmalıdır:

a) Alum çözeltisini ileten borular ham su içine % 0,5 veya daha düşük konsantrasyonlarda alumun beslenmesine göre boyutlandırılmalıdır. Yapılan çeşitli araştırmalar, kimyevi maddelerin zayıf çözeltiler şeklinde beslenmesinin yüksek konsantrasyonlarla beslemeden daha iyi netice verdiğini göstermiştir. Alkalinite için ilave edilecek $Ca(OH)_2$, hızlı karıştırıcının menba veya mansab tarafından beslenebilir, ancak yapılan deneyler mansab tarafından ilave edilmesinin daha uygun olduğunu göstermiştir.

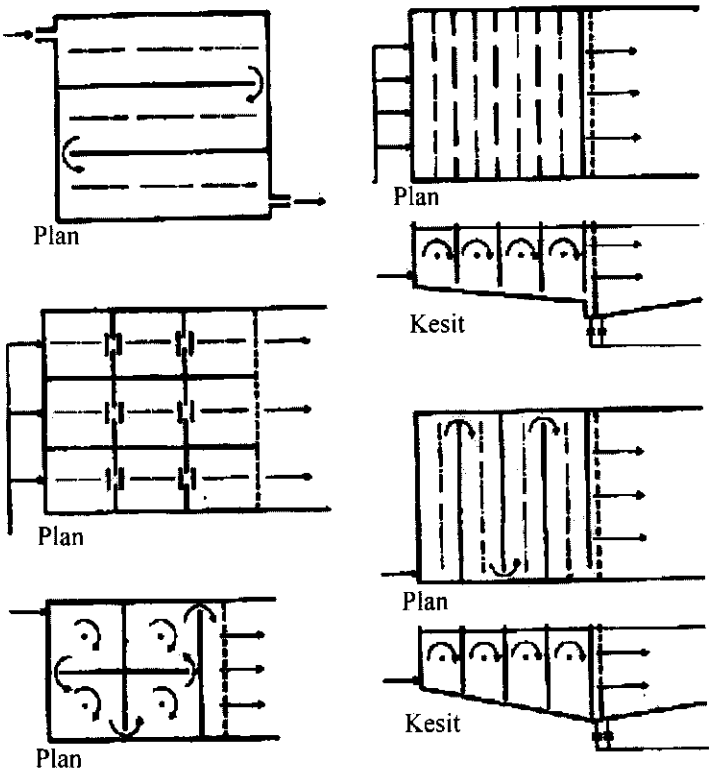
b) Hızlı karıştırma odasının yeri, mümkün olduğu kadar kimyevi madde besleme tanklarına yakın olmalıdır. Besleme hatlarının kısa olması bilhassa sönmüş kireçle beslenmede tıkanma problemlerinin asgaride tutulması bakımından faydalıdır.

### 5.5.3. Yumaklaştırma Havuzlarının Hesab ve Teşkili

Yumaklaştırıcı maddelerin (koagülantların) hızlı karıştırma odasından suya karıştırılmasını müteakiben yumakların teşekkülü bakımından yavaş karıştırma (floculation) işleminin yapılması gerekir. Bu işlem destabilize olmuş kolloidlerin birleştirilmesi veya çap ve büyüklüklerinin arttırılması demektir.

Karıştırma işlemi için en çok mekanik yumaklaştırıcılar kullanılır. Bunlar düşey milli pedallı karıştırıcılar veya yatay milli pedallı veya kanatlı karıştırıcılar olabilir.

Şekil 5.14 de muhtelif yumaklaştırıcı çeşitleri görülmektedir.




Şekil 5.14. Muhtelif Yumaklaştırıcı Çeşitleri

Mekanik yumaklaştıcıların haricinde, dalgıç perdeli ve basınçlı hava ile de yumaklaştırma mümkündür. Dalgıç perdeli yumaklaştırma havuzları eskiden çok yaygın olarak kullanılmalarına rağmen, mekanik yumaklaştırma teçhizatlarındaki gelişme sebebiyle bugün için fazla revaç görmemektedirler. Bu cins havuzlarda kısa devrelerin olmaması gibi faydalar vardır. Ancak debi zamanla büyük değişiklikler gösteriyorsa, yumaklaştırma verimlerinin düşmesi bunlar için büyük bir mahzur teşkil etmektedir.

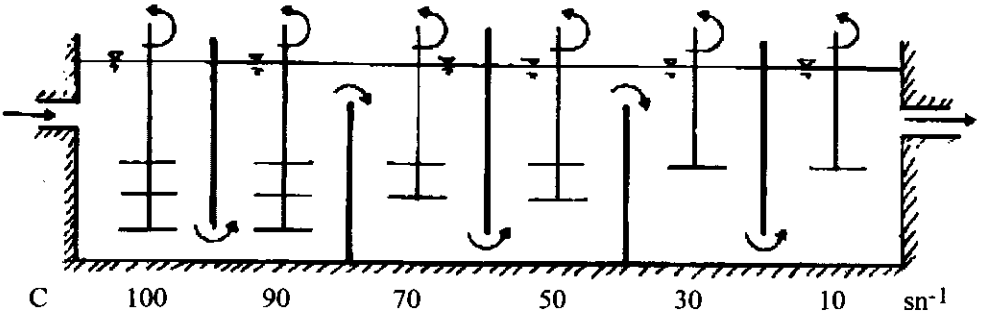
Yumaklaştırma havuzlarının projelendirilmesinde dikkate alınacak en mühim unsurlar hız gradyanı ve bekleme müddetidir. Bekleme müddeti umumiyetle 15 ila 45 dakika arasında alınır. Bulanıklık giderilmesinde bu iki değerin arasındaki değer olan 30 dk yı almak uygun olabilir. Sulardan sertlik gidene işleminde ise bu süre 45 ila 60 dk ya kadar çıkmaktadır.

Hız gradyanı ise esas itibariyle 10 dan 100 $sn^{-1}$ değerine kadar seçilebilirse de bu değerin 20 ila 74 $sn^{-1}$ arasında kalması tavsiye edilmektedir.

Hız gradyanıyla, bekleme süresinin çarpımının G.t=$10^4$ ila $10^5$ arasında kalması istenir. Bazı çalışmalarda ise G.t değerinin $2x10^4$ ila $2x10^5$ arasında kalmasının uygun olacağı belirtilmiştir.

Yumaklaştırmanın verimliliğini arttırmak için hız gradyanının kademeli olarak azaltılması uygundur. Bilindiği gibi danecik sayısındaki azalma hız gradyanı ile doğru orantılıdır. $\frac{dn}{dt} = f(G)$ olarak ifade edilmiştir. Buradan hız gradyanının artırmanın daneciklerin birbiriyle olan bütünleşmesini arttırdığı, ve yumakların büyümesine sebep olduğu anlaşılmaktadır. Ancak kayma gerilmesi $\tau = \mu.G$ şeklinde, hız gradyanına bağlı olduğundan hız gradyanını belli bir değerin üstünde tutmak, teşekkül eden yumakların tekrar parçalanmasına sebep olacaktır. Bu yüzden hız gradyanı G $\leq$100 $sn^{-1}$ alınır.

Hız gradyanının yumaklaştırmayı hızlandırmasına mukabil teşekkül eden yumakları parçalaması da söz konusu olduğundan birbirine tezat olan bu iki durumu en iyi şekilde ayarlamak için hız gradyanının kademeli olarak azaltılması düşünülmüştür. Başlangıçta henüz yumaklar teşekkül etmediğinden hız gradyani büyük tutulabilir. Daha sonra yumakların kırılmaması, kesilmemesi, parçalanmaması için hız gradyanı azaltılır. Bunun için yumaklaştırma havuzu bölmeli olarak yapılır. Her bölmedeki hız gradyanı değişik alınır. Bölme sayısı 2 ila 6 arasında değişmektedir. Şekil 5.15 de 6 bölmeli bir yumaklaştırma havuzu görülmektedir. Her bölmedeki bekletme müddeti 2 ila 2,5 dk arasında değişmektedir. Hız gradyantı ise 100 $sn^{-1}$ den 10 $sn^{-1}$ ye kademeli olarak düşürülmüştür.



| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| C | 100 | 90 | 70 | 50 | 30 | 10 | $sn^{-1}$ |
| t | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 2,5 | dk |

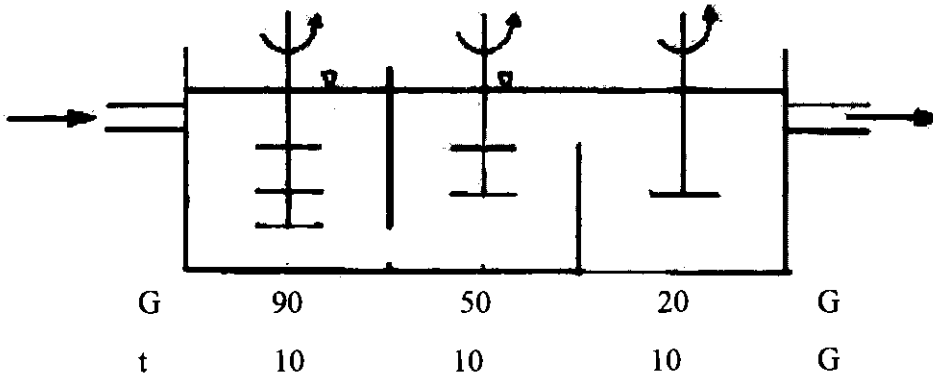
Şekil 5.15. Hız Gradyanının Kademeli Olarak Azaltılması

Her bir bölme için t = 2,5 dk =150 sn alınarak G.t değeri hesaplanırsa:

$$G.t = (100+90+70+50+30+10)x150 \approx 5x10^4$$

bulunur. Bu değer $10^4$ ile $10^5$ arasında olduğundan uygundur.

Yukarıdaki misalde olduğu gibi bölme sayısı 6 olan seri bağlı tesisler mevcuttur. Ancak hız gradyanının bu şekilde azar azar düşürülmesi tatbikat bakımından uygun bir çözüm tarzı değildir. Bölme sayısının 2 veya 3 adet seçilmesi daha uygundur. Bilhassa 3 bölmeli yumaklaştırma havuzları yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Hız gradyanını yumaklaştırma süresinin 1/3 ünde 90, müteakip *1/3* ünde 50, nihai *1/3* ünde 20 $sn^{-1}$ almak uygun olabilir. Şekil 5.16 da bu durum gösterilmiştir.




Şekil 5.16. Üç Adet Seri Bağlı Yumaklaştırma Havuzu

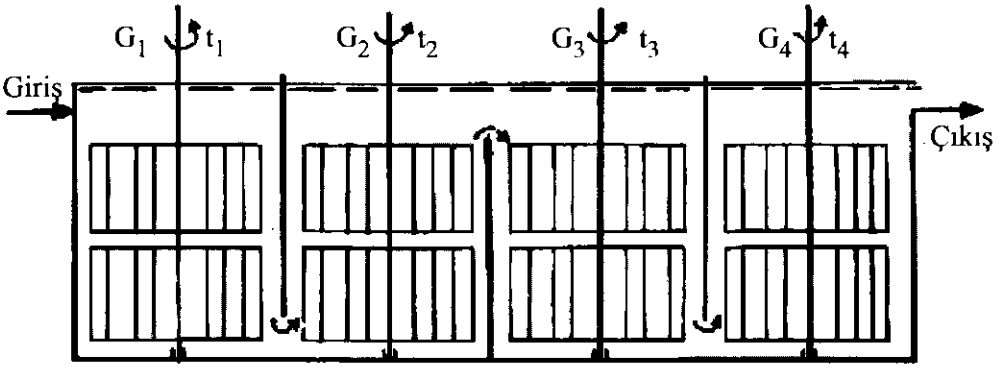
Yukarıdaki misal için G.t değeri hesaplanırsa:

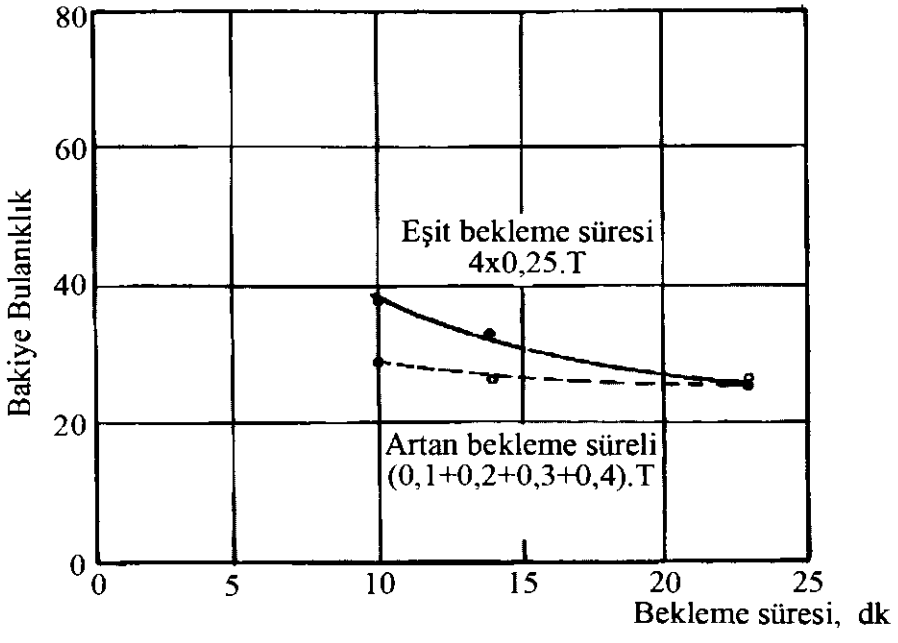
$G.t = (90+50+20) \times 10 \times 60 = 9{,}6 \times 10^4$

$10^4 < G.T < 10^5$

olduğundan uygundur.

Normal olarak, seri bağlı reaktörlerde umumiyetle eşit bekletme zamanları tatbik edilmektedir. Ancak yapılan nazari çalışmalar, yumaklaştırmada, seri bağlı reaktörlerin bekletme sürelerinin giderek arttırılmasının, yumaklaştırma verimi üzerine iyi tesir ettiğini göstermektedir. Yani ilk yumaklaştırma havuzundaki bekleme süresi sonuncusundan daha az olmalıdır. Küçük yumaklaştırma süreleri için artan bekletme süreleri tatbik etmenin faydalı olduğu Şekil 5.17 den görülmektedir.



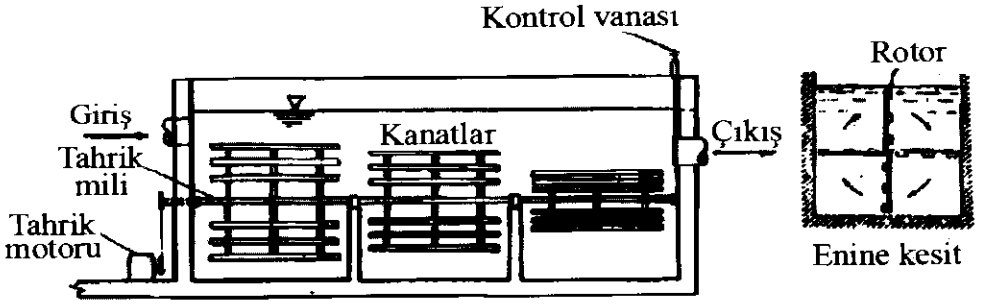




Şekil 5.17. Artan Bekleme Süreli Seri Bağlı Yumaklaştırma Havuzları

Sıcaklık = 11,8 - 14.5°C, pH 6,2 - 6,5
Çökeltmede, y.y, $S_0$=0,5 - 0,6 m/sa

**Pedal Alanının Hesabı**

Mekanik yumaklaştırıcılarda pedal veya kanadlar yatay veya düşey milli olarak yerleştirilebilirler. Şekil 5.18 de yumaklaştırıcıların boyuna ve enine kesitleri gösterilmiştir.




Şekil 5.18 Muhtelif Yumaklaştırıcılar
Yatay milli pedallı veya kanatlı karıştırıcılar

Yumaklaştırıcıların su hareketine dik yöndeki pedalların toplam alanı A, ile gösterilirse, pedalların döndürülmesi için gerekli kuvvet

$$F = C_D.\rho.A.\frac{V_r^2}{2} \qquad (5.22)$$

ifadesinden hesaplanabilir. Burada:

$C_D$ : katsayı
$\rho$ : sıvının yoğunluğu, kg/m$^3$
A : pedalların yüzey alanı, m$^2$
$V_r$ : pedalların suya nazaran izafi hızları'dır.

$C_D$ katsayısı pedalın eni ve boyuna bağlıdır. Pedal eni W, boyu L ile gösterilirse, *L/W* oranından $C_D$ değerleri aşağıdaki cetvelden alınabilir.

| L/W | 5 | 20 | ∞ |
|---|---|---|---|
| $C_D$ | 1,2 | 1,5 | 1,9 |

İzafi pedal hızları mutlak hızın 0,75'i kadar kabul edilebilir.
Vr= 0,5 - 0,7 m/sn arasında alınabilir.
Toplam pedal alanı havuz en kesitinin %20 sinden daha küçük olmalıdır.

Lüzumlu güç ihtiyacı ise

N = F x V

$$N = C_D.A.\rho.\frac{V_r^3}{2}$$

$$G = \sqrt{\frac{N}{\mu V}}$$ olduğundan

$$G = \sqrt{\frac{C_D.A.\rho.V_r^3}{2.\mu.V}}$$

elde edilir. Bu ifadeden pedal alanı

$$A = \frac{2\mu.V}{C_D.\rho.V_r^3}.G^2 \qquad (5.24)$$

şeklinde hesaplanabilir.

**Misal:** Hacmi 3000 $m^3$ olan bir yumaklaştırma havuzunda G = 50 $sn^{-1}$ lik bir hız gradyanı elde etmek için lüzumlu gücü ve pedal alanını hesaplayınız.

Su sıcaklığı 15°C olup, bu sıcaklıkta viskozite $\mu = 1{,}139 \times 10^{-3}$ N.sn/$m^2$ alınacaktır. Pedal hızı 0,6 m/sn ve izafi pedal hızı mutlak hızın 0,75 katı olarak alınacaktır. Pedal katsayısı $C_D$ = 1,8 dir.

**ÇÖZÜM:**

$N = \mu G^2 V = 1{,}139 \times 10^{-3}$ (N.sn/$m^2$) x $(50)^2$(l/sn)$^2$ x (3000 $m^3$)

= 8543 N.m/sn (Watt)

$N = C_A . A . \rho V_R^3/2$ ve $V_r = 0.75$ v

$$A = \frac{2N}{C_D.\rho.V_r^3} = \frac{2x8543\ kgm^2/sn^3}{1{,}8(999{,}1\ kg/m^3)(0.75x0{,}6\ m/sn)^3} = 104{,}3\ m^2$$

veya

$\mu = 1{,}139 \times 10^{-3}$ N.sn/$m^2$ (kg/m.sn) alınarak

$$A = \frac{2\mu V}{C_D \rho.V_r^3}.G^2$$

$$A = \frac{2.(1{,}139x10^{-3} kg/m.sn)(3000\ m^3)}{1{,}8(999{,}1\ kg/m^3)(0.75x0{,}6\ m/sn)^3}.(50/sn)^2 = 104{,}3\ m^2$$

**Misal:** Debisi 1000 $m^3$/saat olan bir su, 500 $m^3$ hacmindeki yumaklaştırma havuzundan geçirilmektedir. Su sıcaklığını 20°C alarak hız gradyanının 20 $sn^{-1}$ ve 75 $sn^{-1}$ alması halleri için gerekli gücü bulunuz ve G.t. değerini hesaplayınız. 20°C için dinamik viskozite (lücuzet) $\mu = 10^{-3}$ N.sn/$m^2$ olarak alınacaktır.

ÇÖZÜM :

G = 20 $sn^{-1}$ için

$N = \mu.V.G^2 = (10^{-3}\ N.sn/m^2)\ (500\ m^3)(20)^2 1/sn^2 = 200$ Watt

$$t = \frac{V}{Q} = \frac{500}{1000} = 0{,}5st = 30dk = 1800sn$$

G.t = 20 x 1800 = 3,6 x $10^4$, $10^4 < Gt < 10^5$

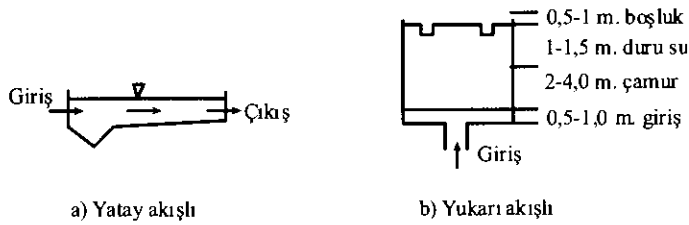
G = 75 $sn^{-1}$

G.t = (75) (1800) = 1,35 x$10^5$, $10^4 < G.t < 10^5$ için

uygun değil, fakat bazı kaynaklarda 2 x $10^4$ < G.t < $10^5$ olmasının uygun olduğu belirtilmiştir. Bu kıstas dikkate alınırsa uygun olmaktadır.

### 5.5.4. Çöktürme Havuzlarının Hesap ve Teşkili

Yumaklaştırmanın sonunda yumakların çöktürülmesi için çökeltme havuzları yapılır. Ancak çökeltme havuzunun tesirli olup olmadığı da düşünülmelidir. Çünkü renk giderme işlemlerinde olduğu gibi bazı hallerde teşekkül eden yumaklar çok küçük ve zayıf olabilir, bu gibi durumlarda çöktürme işlemi verimli olmadığından bu kısım yapılmayıp su, yumaklaştırma işleminden sonra filtrelere gönderilir. Çökeltme işleminden ilerde bahsedilecektir. Ancak burada yumaklaştırmanın bir birimi olarak çökeltme havuzlarından kısaca bahsedilecektir. Bu havuzlar umumiyetle "yatay akışlı çökeltme havuzları" ve "yukarı akışlı çökeltme havuzları" olarak iki grupta incelenebilir. Şekil 5.19 da bu havuzlar şematik olarak gösterilmiştir.




Şekil 5.19. Çökeltme Havuzlarının Şematik Resmi

Çökeltme havuzlarının boyutlandırılmasında aşağıdaki hususlar göz önüne alınır :

- Yüzey yükü, $S_o = Q/A$ , $m^3/m^2.st$
- Bekleme müddeti , $t = V/Q$ , st
- Derinlik , $h = V/A$ , m

Alum yumakları için tavsiye edilen değerler Cetvel 5.7 de gösterilmiştir.

Cetvel 5.7. Çöktürme Havuzlarında Boyutlandırma Kıstasları

| $Al(OH)_3$ yumaklarının çöktürül. | Yatay akışlı çök. havuzları | Yukarı akışlı çök. havuzları |
|---|---|---|
| Yüzey yükü, $S_o$, m/st | 1 - 1,5 | 2 - 5 |
| Bekleme müddeti, t, st | 2 - 4 | $\leq 1$ |
| Derinlik , m | 2 - 4 | 5 - 7 |
| Katı madde yükü, $s_k$, kg AKM / $m^3$.st | 3 | 6 |
| Savak Yükü, qs, $m^3$/gün.m | 125 | 300 |

**5.6. Birleşik Sistemler**

Yumaklaştırmanın bütün kısımlarını, hızlı karıştırma, yumaklaştırma ve çöktürme havuzlarını bir araya toplayan sistemlere birleşik sistemler diyoruz. Bunlara ait muhtelif tipler Şekil 5.20 ve 5.21 de gösterilmiştir.

Birleşik sistemlerin çeşitli fayda ve mahzurları vardır.

**Faydaları**

- Karıştırma, yumaklaştırma ve çöktürme havuzları birleştirildiğinden yatırım maliyeti düşüktür.

• Yumaklaşma hızı fazladır. Çünkü $dn/dt = f(n^2)$ olduğundan bu tip sistemlerde çamur bölgesinde n arttığından yumaklaşma hızı fazladır.

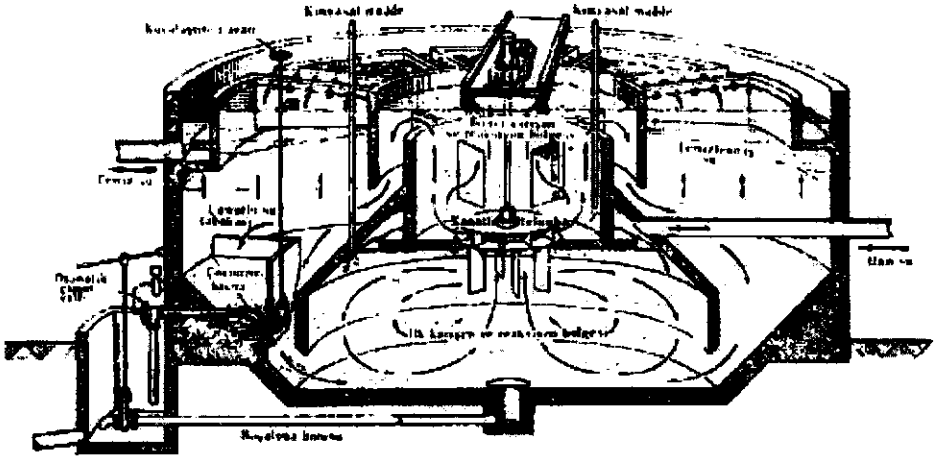
• Bu sistemlerde genellikle yukarı akışlı çökeltme havuzları kullanıldığından yatay akışlılara nazaran daha fazla yüzey yükü tatbik edilebilir.

**Mahzurları**

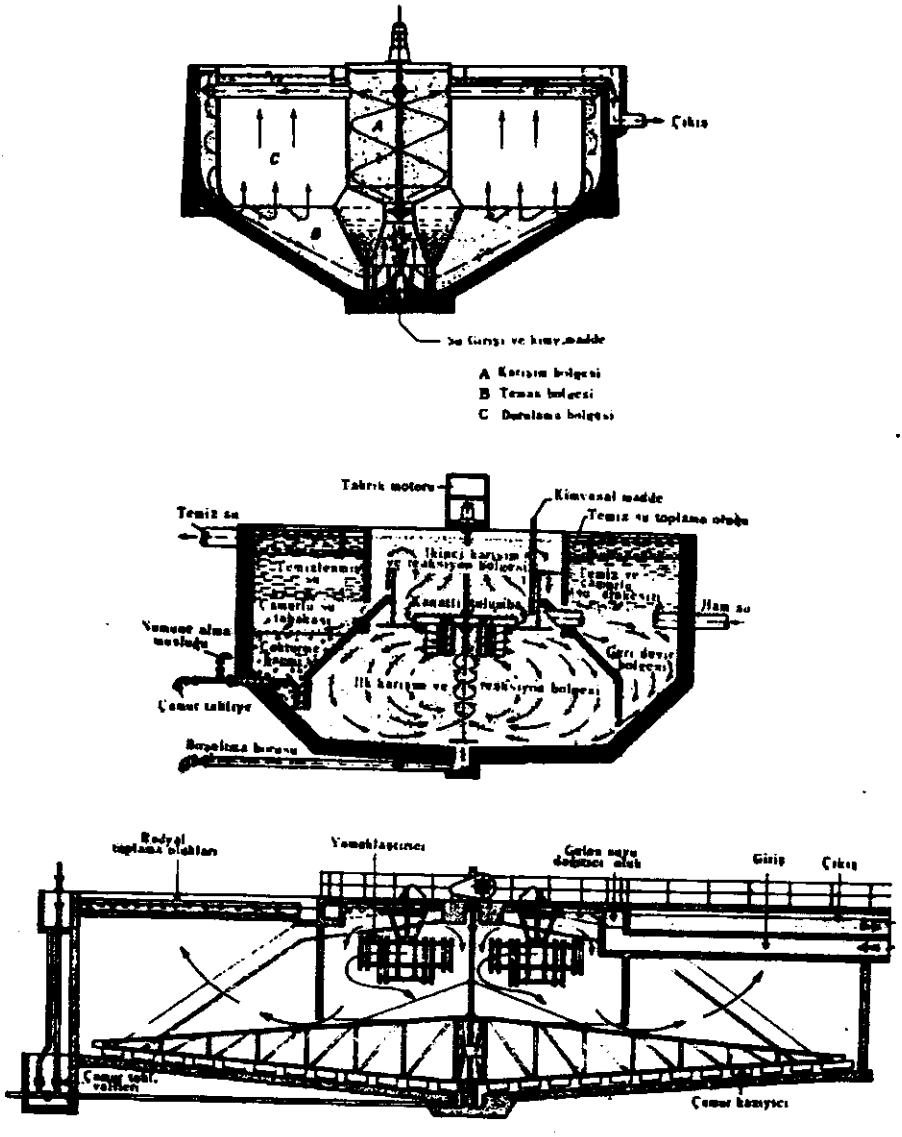
• İşletme güçlükleri vardır.

• Çöktürme bölmesinde çamur tahliyesinden sonra yeniden *çamur* tabakasının teşekkülü zordur. Böyle durumlarda en az 24 saat çok düşük yüzey yükü ile çalışması gerekebilir.

• Debide fazla salınım olması halinde verimleri düşer.

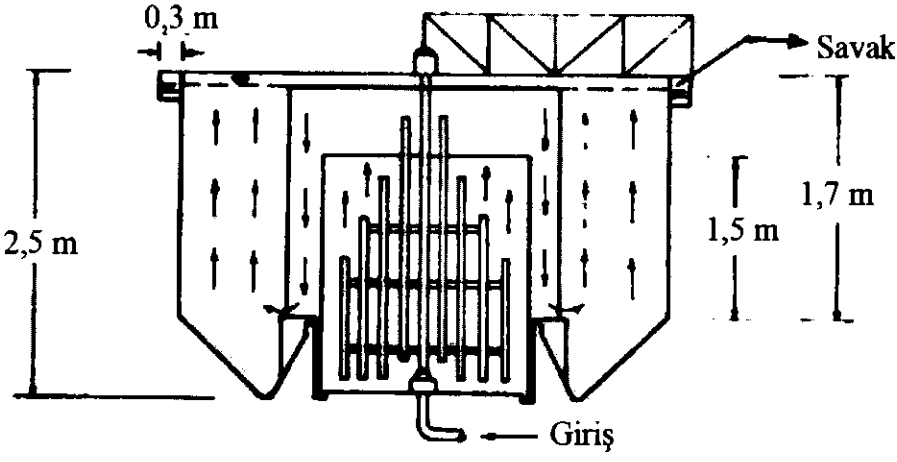


Şekil 5.20 Birleşik Yumaklaştırıcı Sistemi (Accelerator)

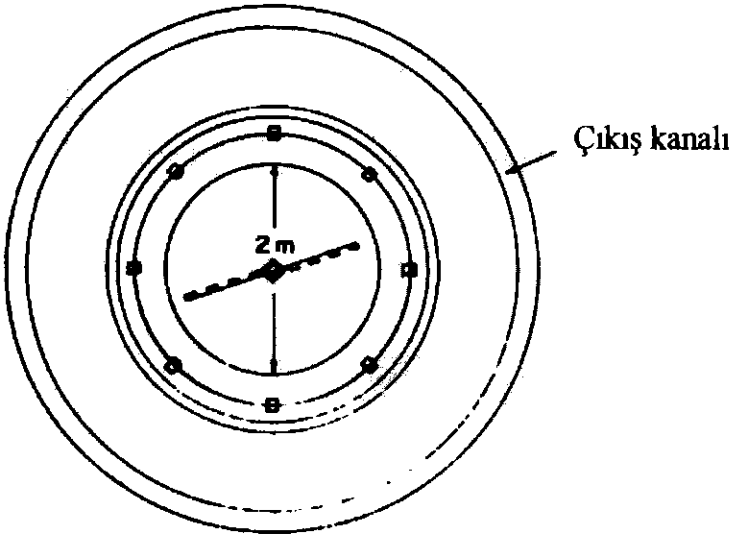



Şekil 5.21. Muhtelif Birleşik Sistemler

Bazı hallerde sadece yumaklaştırma havuzu ile çöktürme havuzları birleştirilir. Böyle bir sistem şekil 5.22 de gösterilmiştir.




Kesit




Plan (köprü gösterilmeksizin)

Şekil 5.22. Yumaklaştırma Havuzu İle Çökeltme Havuzunun Birleştirildiği Bir Sistem (Clariflocculator)

### 5.7. Misaller

**1. Misal:** Hesap debisi $Q$ = 11400 $m^3$/gün olan bir içme suyu, hacmi 5,7 $m^3$ olan karışım odasından sonra 4,6 m genişlik, 21 m uzunluk ve su derinliği 3,5 *m* olan bir yumaklaştırma havuzundan geçmektedir. Çökeltme tankı bir boyutu 23 m olan kare bir havuzdur. Çökeltme havuzundaki su derinliği 3,6 m ve çıkış savağı boyu 90 m dir. Buna göre bekleme sürelerini hesaplayınız. Yumaklaştırma havuzundaki yatay hızı bulunuz. Çökeltme havuzunda savak yükü ile yüzey yükünü hesaplayınız. Kanaatlerinizi belirtiniz.(Şekil 5.23)

**ÇÖZÜM:**

Debi = 11400 $m^3$/gün = 7.92 $m^3$/dk = 0,132 $m^3$/sn

Karıştırma odasında bekleme müddeti

$$t = \frac{V}{Q} = \frac{5{,}7m^3}{0{,}132\ m^3/s} = 43\ sn$$ (>30 sn, pedallı karıştırıcılar için uygun)

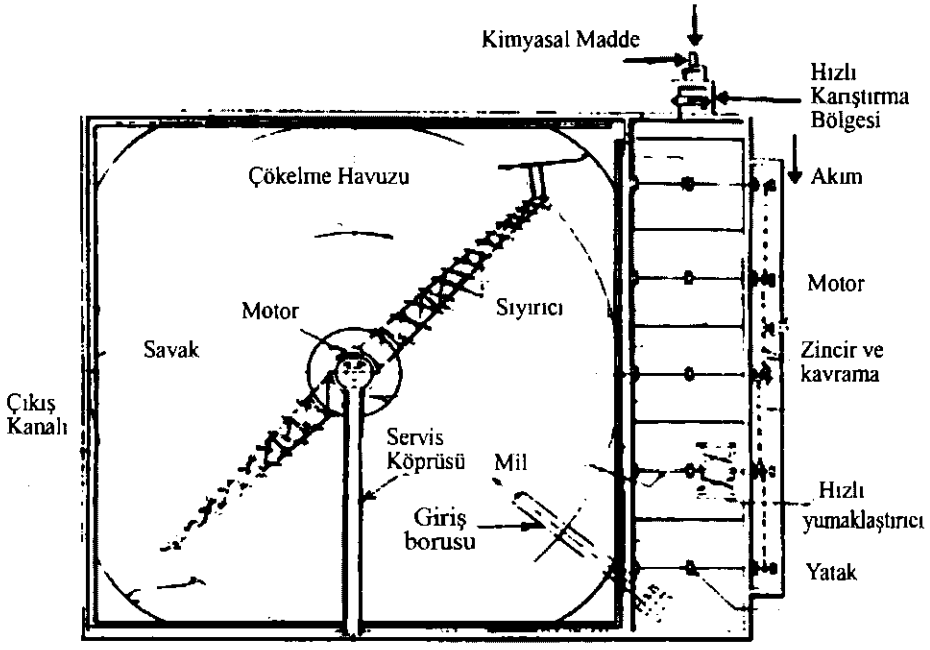
Yumaklaştırma havuzunda bekleme müddeti ve yatay hız

$$t = \frac{4{,}6mx21mx2{,}5m}{7{,}92m^3/s} = 30\ dakika$$ (uygun 15 <t<45)

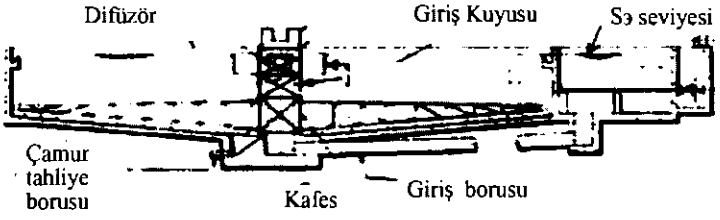
$$V = \frac{Q}{A} = \frac{0{,}132\ m^3/s}{4{,}6mx2{,}5m} = 0{,}0115\ m/sn = 11.5\ mm/s$$ (>7,5 mm/sn uygun olabilir)

Çökeltme havuzunda bekleme müddeti

$$t = \frac{23mx23mx3{,}6m}{0{,}132\ m^3/snx3600\ sn/saat} = 4{,}0\ saat$$ (uygun)




Plan




Düşey kesit

Şekil 5.23. 1. Misale Ait Sistemin Plan ve Kesiti

$$\text{Savak Yükü: } = \frac{Q}{L_{savak}} = \frac{11400\ m^3/gün}{90\ m} = 127\ m^3/m.gün\ (<250 \text{ uygun})$$

$$S_0 = \frac{Q}{A} = \frac{11400\ m^3/gün}{23mx23m} = 21{,}6\ m^3/m^2.gün = 0{,}9\ m/saat \text{ (uygun)}$$

Sistemin plan ve kesiti şekil 5.23'de gösterilmiştir.

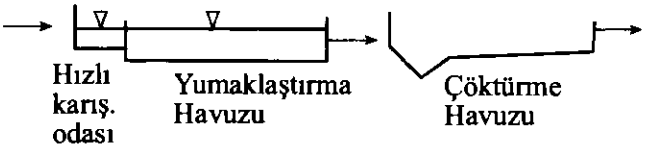
**2. Misal:**

Debisi 1000 $m^3$/saat olan bir kasaba için yumaklaştırma kısımlarını boyutlandırınız. Şematik olarak kesitlerini çiziniz.

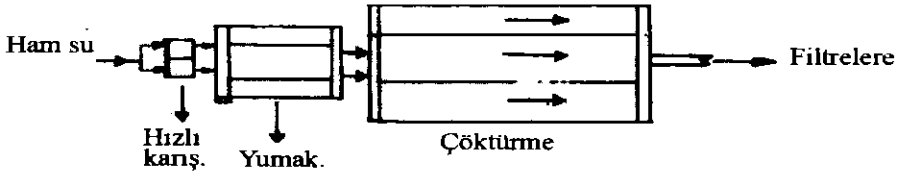
**ÇÖZÜM:**

Önce sisteme karar vermek gerekir. Bunun için birleşik sistem veya ayrık sistemden biri seçilebilir. Ayrık sistemde tesis maliyetini (inşa maliyeti) azaltmak için 1.misalde şekli verilen bir tertip tarzı düşünülebilir. Biz misalin farklı olması bakımından çökeltme havuzu, yatay akışlı dikdörtgen bir havuz olan ayrık bir sistemi seçelim.

Yani sistem şematik olarak aşağıdaki gibi seçildi.




2 ad. Hızlı karıştırma odası seçelim. 3 adet de paralel bağlı yumaklaştırma ve çökeltme havuzu kabul edelim.




$$Q_1 = \frac{1000}{2} = 500 m^3 / saat \qquad Q_{h1} = \frac{1000}{3} = 333 m^3 / st.$$

$Q_{h1}$ yumaklaştırma ve çöktürme havuzlarının beheri için hesap debisidir.

Hızlı Karıştırma Odasının Boyutlandırılması

Karıştırma teçhizatı: Mekanik, pedal tipi karıştırıcı kullanalım.

Bu tip karıştırma durumunda bekletme zamanı ($Al^{3+}$ ve $Fe^{3+}$ için) 30 saniyeden büyük seçilmelidir. t = 50 ~ 60 sn. seçilmesi uygundur. t = 60 sn seçelim.

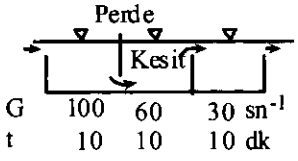
$$t = \frac{V}{Q} \quad V = t.Q_1 = 60sn.500m^3/saat.\frac{1saat}{3600sn} = 8{,}3 \ m^3$$

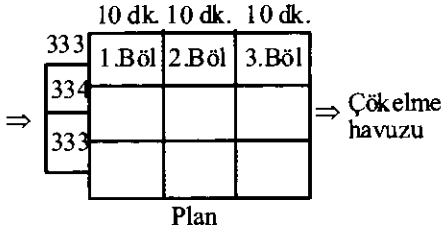
Seçilen: derinlik 1,5 mB=2.4 m L ≈ 2.4 m V ≈ 8,6 $m^3$

$Q_1$ = 500 $m^3/saat$ alındı. Çünkü 2 adet (paralel) hızlı karıştırma odası seçilmişti.

**Yumaklaştırma Havuzlarının Hesabı :**

Yumaklaştırma Havuzlarını 3. Bölmeli hesaplayalım. Havuzlardaki G ve t değerlerini aşağıdaki gibi seçelim.




Σ G.t = 10x60 (100+60+30) = 114000 = 1.1x$10^5$ =$10^5$ uygun

$$V = Q_{h1}.t = (333x\frac{30}{60}) = 166{,}5m^3$$

Seçilen → derinlik 3,0 m A = 55.5 $m^2$

Seçilen B = 4 m. L = 3x4,6 = 13,8 m

A = 4x13.8 = 55.2 ≈ 55.5 $m^2$

Not: Kanatlı karıştırıcılar seçildi. Kanat alanları G'ye bağlı olarak hesap edilebilir.

Çökeltme Havuzu

Bekleme müddeti : 4 saat

Yüzey yükü : 1,25 m/sa seçelim

Derinlik : 3 m

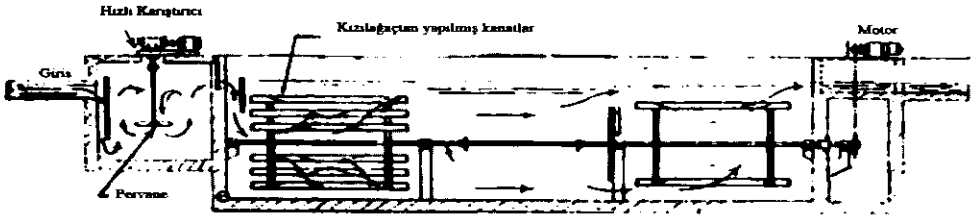
3 adet paralel çökeltme tankı düşünüldüğünden Q=333 $m^3$/st

V = t.Q = (4saat) 333 $m^3$/sa = 1332 $m^3$

$$A = \frac{1332m^3}{3m} = 444 \ m^2$$

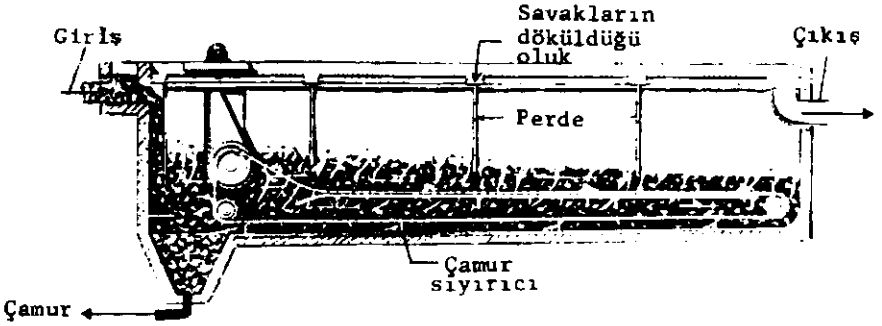
Genişlik: 8 m Boy: 55 m. ~ 440 $m^2$

Sistemin şematik bir kesiti şekil 5.24 de gösterilmiştir.




Kimyasal metodla su tasfiyesinde kullanılan hızlı karıştırma ve yumaklaştırma üniteleri: Önde hızlı karıştırıcı arkada yavaş dönen yatay mili kanatlı çark.

Hızlı Karıştırma ve Yumaklaştırma Kısımları Boyuna Kesiti




Çöktürme Havuzu Boyuna Kesiti

Şekil 5.24. Sistemin Şematik Kesitleri

**3. Misal:** Bir yumaklaştırma havuzu, birbiri ucuna dayanmış 2 adet yatay mile bağlı ve herbirinin toplam uzunluğu 6 m olan bir pedal karıştırıcı ile 4 devir/dak. hızla karıştırılmaktadır. Her yatay mile birbirine zıt uçlarda olmak üzere 20 cm genişlikte 2 adet pedal takılmıştır. Herbir pedalın ortasının milin merkezinden mesafesi 2 m dir. Debi 10,5 $m^3$/dk olup, havuzdaki bekleme müddeti 40 dakikadır. Pedal katsayısı $C_D$ =1,4 alınacaktır. Suyun ortalama hızı, pedal hızının dörtde biridir.

Buna göre

a) Pedal alanının havuzun kesit alanına oranını

b) Pedal hızlarını

c) Güç ihtiyacını

d) Hız gradyanını ve G.t değerlerini hesaplayınız.

**ÇÖZÜM:**

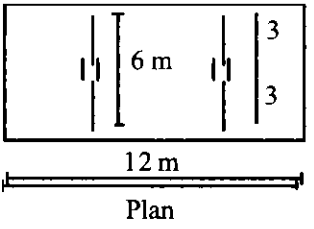
Havuz hacmi V = t.Q = 40 x 10,5 = 420 $m^3$

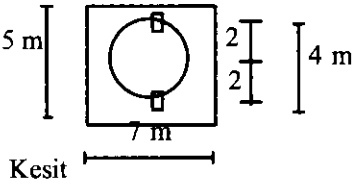
Derinlik 5 m, alınırsa A = 420/5 = 84 $m^2$ bulunur.

Seçilen l2x7 = 84 $m^2$

a) Havuz en kesitindeki pedal alanını hesaplayalım. Pedal genişliği 20 cm, pedal uzunluğu 6 m, ve bir mile bağlı 2 adet pedal bulunduğundan,

Pedal alanı = 6 x 2 x 0,2 = 2,4 $m^2$




Havuz en kesit alanı = 7 x 5 = 35 $m^2$

Pedal alan yüzdesi $\frac{2,4}{35} x100 = \%6.85 < \%20$ uygun

b) Pedal Çevre Hızı Hesabı

Pedal devri 4 devir/dk ve iki pedal ortasının birbirine mesafesi (2+2) = 4 m olduğundan, pedalların çevre hızı V = (4) (4) $\pi$ /60 = 0,837 m/sn

İzafi pedal hızı $V_r$ = 0,75 V = 0,75x0,837 = 0,63 m/sn bulunur.

c) Güç Hesabı

Bir mile bağlı pedal alanı 2,4 $m^2$ dir. Havuzda iki mil olduğundan toplam pedal alanı 2x2,4 = 4,8 $m^2$ dir. Bu alan = 3x2x2x2x0,2 = 4,8 $m^2$ şeklinde de hesaplanabilir.

$N = 1/2\ C_D \cdot A \cdot \rho \cdot V_r^3$

$N = 1/2\ (1,4)(4,8)(1000)(0,63)^3 = 840$ Watt = 0,84 kW

=1,14 Beygir gücü

d) Hız gradyanı ve Gt hesabı

Viskozite, $\mu = 10^{-3}$ N.sn/m$^2$ alınırsa ve N = 840 Watt (N.m/sn) olduğundan:

$$G = \sqrt{\frac{N}{\mu V}} = \sqrt{\frac{840(N.m/sn)}{(10^{-3} N.sn/m^2)(420m^3)}}$$

G = 45 sn$^{-1}$ 10 < G < 100 uygun

G.t = 45x(40x60) = 1,08x10$^5$ ~ 10$^5$

10$^4$ < G.t < 10$^5$ uygun

4. **Misal:** Debisi 720 m$^3$/st olan bir su dalgıç perdeli bir havuzda yumaklaştırılmaktadır. Bekleme müddeti 40 dk ve yük kaybı 1 m olduğuna göre bu yük kaybına karşılayacak güç ihtiyacını, G ve Gt değerlerini hesaplayınız. Su sıcaklığı 20°C için dinamik vizkosite 10$^{-3}$ N.sn/m$^2$ alınacaktır.

**ÇÖZÜM :**

N = ρ . g . $Q$ . Δh

$Q$ = 720 m$^3$/st = 12 m$^3$/dk = 0,2 $m^3/sn$

N = 1000 x 9,81 x 0,2 x 1,0 = 1962 Watt = 1.96 kW

V = 40 dk x 12 $m^3/dk$ = 480 m$^3$

Birim hacim başına lüzumlu güç

$N_1 = \frac{N}{V} = \frac{1962}{480} = 4{,}1\ Watt/m^3$ yumaklaştırma hacmi bulunur.

$$G = \sqrt{\frac{N}{\mu V}} = \sqrt{\frac{1962}{10^{-3} x480}} \cong 64\ sn^{-1}$$

G.t = 64 x 40 x 60 = 1,54 x 10$^5$

elde edilir.

5. **Misal:** Hesap debisi 4550 lt/dk olan bir kasabanın içme suyundaki bulanıklılık yumaklaştırma sistemi ile giderilecektir. Hızlı karıştırma odası ayrı, yumaklaştırma ve çökeltme havuzları birleşik olarak düşünülerek sistemi boyutlandırınız.

**ÇÖZÜM :**

a) Hızlı Karıştırma Odasının Boyutlandırılması

Seçilen Türbin tipi karıştırıcı, bekleme müddeti: 1,5 dk

Hacim V = t.Q = 1,5 x 4550 x $10^{-3}$ = 6,8 $m^3$

Derinlik 1,5 m alınırsa, yüzey alan, $A = \frac{6,8}{1,5} = 4,5m^2$

Boyutlar 2,15 x 2,15 x 1,5 = 6,9 $m^3$ > 6.8 $m^3$

b) Yumaklaştırma ve Çöktürme Havuzu Sisteminin Boyutlandırılması

Şekil 5.22 deki birleşik sisteme (clariflocculator) benzer şekilde bir sistem alınabilir.

- Yumaklaştırıcı
  Bekleme müddeti 30 dk alınırsa, hacim :
  V = 30 x 4550 x $10^{-3}$ = 136,5 $m^3$
  Derinlik 3 m seçilirse, alan 136,5/3 = 45,5 $m^2$
  Daire kesit seçilirse çapı = 7,65 m (A= 46 $m^2$)
  V = 46 x 3 =138 $m^3$ > 136,5 $m^3$
- Çöktürme Havuzu :
  Bekleme müddeti 4 st alınırsa, hacim
  V = 4 x 60 x 4550 x $10^{-3}$ = 1092 $m^3$
  Ortalama derinlik 3,7 m alalım.
  Yumaklaştırıcı ve çöktürme havuzunun toplam hacmi

$V_t$ = 1092 • 183 = 1230 $m^3$

Birleşik sistemin yüzey alanı : $\frac{1230}{3,7} = 332,4 \ m^2$

Bu sistemin dış çapı

$$D = \sqrt{\frac{4.A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4x332.4}{\pi}} \cong 20,60m$$

olarak bulunur.

# 6. BÖLÜM

# 6. ÇÖKTÜRME

## 6.1. Çöktürme Havuzlarının İçme Suyu Tasfiyesindeki Yeri

Çöktürme havuzları içme suyu tasfiyesinde suda bulunan askıdaki çökebilen katı maddelerin miktarlarının azaltılmasında kullanılır. Çöktürme, içme suyu tasfiyesinde dezenfeksiyondan sonra en çok kullanılan bir işlemdir.

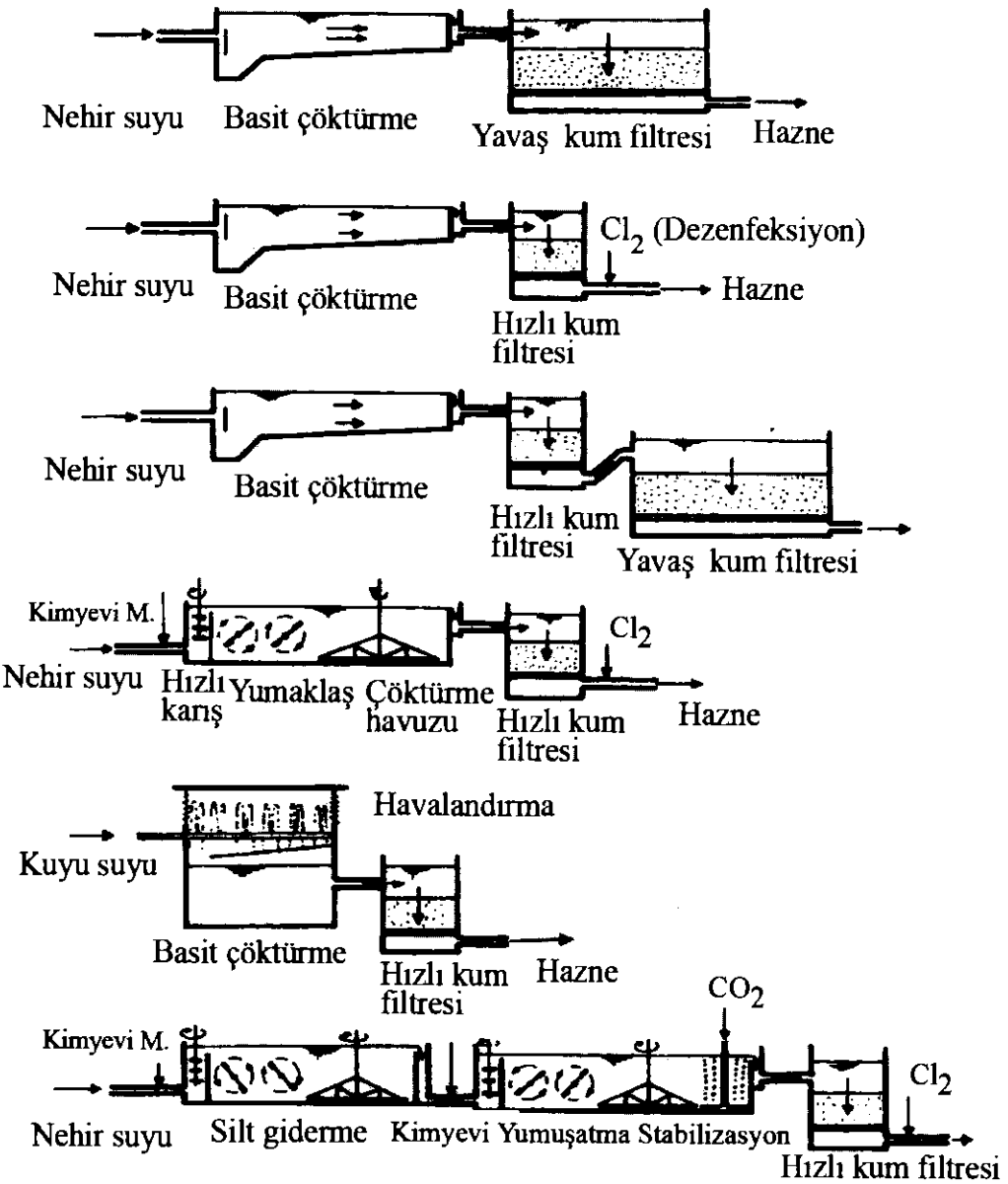
Çöktürme içme suyu tasfiyesinde iki şekilde tatbik edilir. Bunlardan birincisi basit çöktürme, ikincisi ise hızlı karıştırma ve yumaklaştırma veya yumuşatmayı takip eden çöktürmedir. Basit çöktürme suda bulunan çökebilen maddeleri sudan uzaklaştırmak için kullanılır. Bulanıklılığın fazla olması hallerinde ise kendisinden sonraki tasfiye kademesinin yükünü azaltmak maksadıyla kullanılabilir. Bilhassa yavaş kum filtrelerinden önce basit çökeltme havuzlarının kullanılmasının sebebi budur.

Hızlı karıştırma ve yumaklaştırmayı takip eden çöktürme, renk ve bulanıklılığı gidermek için yumaklaştırıcı kimyevi maddelerin ilavesi ve sertliği gidermek için kireç ve soda ilavesi suretiyle meydana gelen çok miktardaki çökebilen maddeleri sudan uzaklaştırmak maksadıyla kullanılır. İçme suyu tasfiyesinde çöktürme havuzlarının yeri şekil 6.1 de topluca gösterilmiştir.

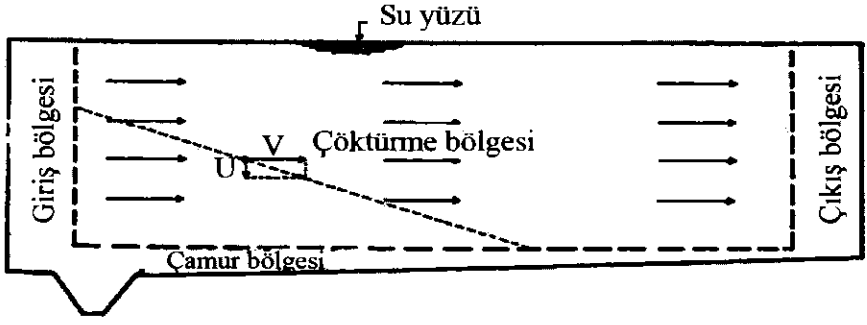
## 6.2. Çöktürme Havuzlarındaki Bölgeler ve Akım Şekilleri

Çöktürme havuzları gördükleri işlere göre dört bölgeye ayrılabilir (Şekil 6.2). Bunlar:

a) Giriş Bölgesi: Giren suyun sakin bir geçişle çöktürme bölgesinde istenen üniform, kararlı akım şekline dönüşmesini sağlar.
b) Çökelme Bölgesi: Çökebilen katı maddelerin sudan uzaklaştırıldığı bölgedir.
c) Çıkış Bölgesi: Çöktürme bölgesinden çıkış kanalına suyun sakin bir şekilde geçişini sağlar.
d) Çamur Bölgesi: Çökelen katı maddelerin, çökelme işlemini engellemeyecek bir şekilde toplandığı bölgedir.

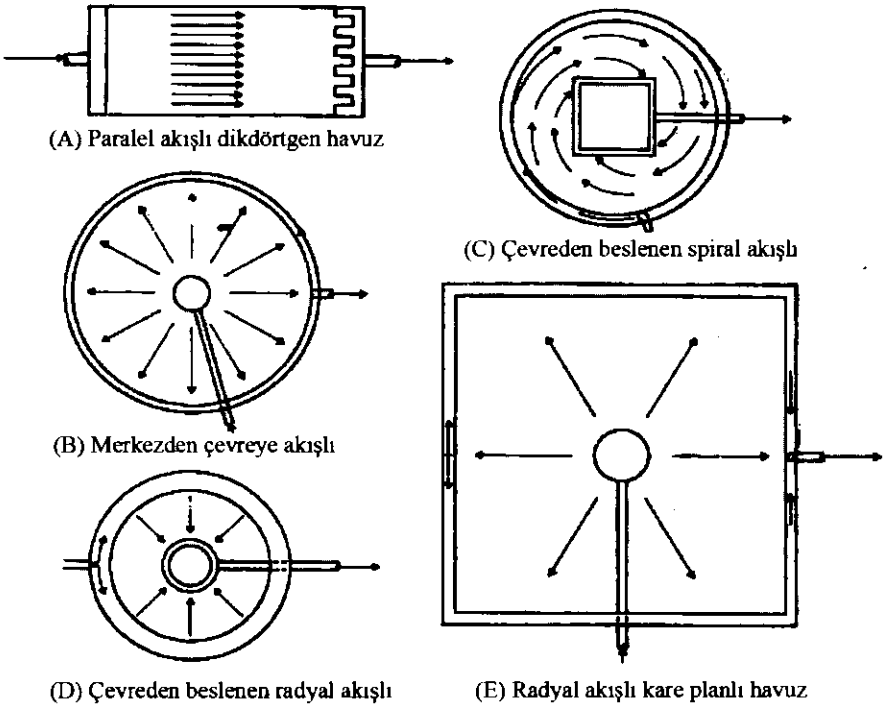



Şekil 6.1 Çöktürme Havuzlarının Su Tasfiyesindeki Yeri




Şekil 6.2. Bir dikdörtgen çöktürme havuzundaki dört bölge

Çöktürme havuzlarının verimliliği, giderilecek olan asılı maddelerin özelliklerine ve çöktürme havuzunun hidrolik karakteristiklerine bağlıdır. Çöktürme havuzlarının hidrolik karakteristiklerini havuzun geometrisi ve suyun havuzdaki akış şekli belirler. Yumaklaştırma ve çökelme bölgelerinin birleştirildiği birleşik sistemlerdeki yukarı akışlı çökeltme havuzlarının haricinde, içme suyu tasfiyesinde en çok kullanılan havuzlar yatay akışlı havuzlardır. Yatay akışlı havuzlar dikdörtgen veya daire şeklinde olabilir. Daire planlı havuzlar merkezden veya çevreden beslenebilir. Fakat en çok kullanılan daire planlı havuzlar merkezden beslenen havuzlardır. Çöktürme havuzlarındaki akım çeşitleri Şekil 6.3 de gösterilmiştir.




Şekil 6.3. Çöktürme havuzlarında akış yönleri

Dikdörtgen havuzlarda akış ekseriya paralel akış şeklindedir. Yani akış çizgileri paralel ve sadece bir yöndedir. Yatay akışlı havuzların projelendirilmesinde gaye, çöktürme bölgesinde her bir düşey üzerindeki bütün noktalarda hızın eşit olmasını sağlamaktır. Bu durum tatbikatta havuzdaki su akıntılarının düzensiz olması ve sürtünme kuvvetlerinin farklı olması yüzünden tam olarak gerçekleştirilemez.

### 6.3. Çökelmenin Esası

Çökeltme havuzları, içme suyu tasfiyesinde yumaklaştırma işleminden evvel ve sonra olmak üzere iki yerde kullanılabilir. Birincisinde yüzey sularındaki çökebilen katı maddelerin sudan uzaklaştırılması bahis mevzuu olduğundan çökeltme işlemi 'münferid danelerin çökeltilmesi" işlemidir. İkincisinde yumaklaşma olduğundan çökeltme özellikleri farklıdır. Bu cins çökeltme "yumaklı çökeltme" olarak isimlendirilmektedir.

Münferid danelerin çökelmesinde, çökelme sırasında daneciklerin çap, ağırlık ve şekilleri değişmez. Eğer bir danecik sakin bir sıvı ortamına bırakılırsa, yoğunluğu sıvının yoğunluğundan fazla ise, aşağı doğru çökelir. Bu durumda daneye iki kuvvet tesir etmektedir. Bunlar danenin ağırlığından ileri gelen ağırlık kuvveti ve danenin çökelmesine karşı sıvının gösterdiği sürtünme kuvvetidir. Danenin su içindeki ağırlığı W,

$$W = V \cdot (\rho_s - \rho_w) \cdot g \qquad (6.1)$$

şeklinde ifade edilebilir. Burada

V : Danenin hacmi , $m^3$
$\rho_s$ : Danenin yoğunluğu, $kg/m^3$
$\rho_w$ : Suyun yoğunluğu, $kg/m^3$
g : Yerçekimi ivmesi, $m/sn^2$ dir.

Direnç kuvveti ise sıvı ortamın cinsine, yoğunluğuna, dane şekil ve çökelme hızına bağlı olup :

$$F_d = C_d \cdot A \cdot p_w \cdot s^2/2 \qquad (6.2)$$

tarzında ifade edilebilir. Burada :

A : Hareket yönüne dik istikamette danecik kesit alanı,
s : Dane çökelme hızıdır.
$C_d$ : Newton direnç katsayısı (boyutsuz) dır.

Çökelme hızı:

$$s = \sqrt{\left[\frac{2.g.V}{C_D A}\left(\frac{\rho_s - \rho_w}{\rho_w}\right)\right]} \qquad (6.3)$$

şeklinde ifade edilebilir. Çapı d olan küre şeklindeki danecikler için

$$A = \frac{\pi}{4}.d^2, \qquad V = \frac{\pi}{6}d^3 \text{ olduğundan}$$

$$s = \sqrt{\left[\frac{4.g.d}{3C_D}\left(\frac{\rho_s - \rho_w}{\rho_w}\right)\right]} \qquad (6.4)$$

bağıntısı elde edilir. $C_d$ katsayısı Newton tarafından teklif edildiğinin aksine sabit olmayıp, Reynolds sayısına bağlıdır.

Reynolds sayısı $R_e$ :

$$R_e = \frac{s.d}{\upsilon} \qquad (6.5)$$

şeklinde ifade edilebilir. Burada v sıvının kinematik viskozitesini göstermektedir. Su için kinematik viskozite değerleri sıcaklığa bağlı olarak Cetvel 6.l'de gösterilmiştir.

Cetvel 6.l. Suyun Kinematik Viskozite Değerleri :

| Sıcaklık °C | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 |
|---|---|---|---|---|---|
| Kinematik Viskozite $m^2/sn$ | $1,79x10^{-6}$ | $1,52x10^{-6}$ | $1,31x10^{-6}$ | $1,15x10^{-6}$ | $1,01x10^{-6}$ |

$C_d$ katsayısı Reynolds sayısına bağlı olup aralarındaki bağıntı Şekil 6.4 de grafik olarak gösterilmiştir.

$R_e < 1$ olan bölgeye "Stokes geçerlilik bölgesi",

$1 < R_e < 2000$ olan bölgeye geçiş bölgesi",

$R_e > 2000$ olan bölgeye türbülanslı bölge denilmektedir.

Yapılan çalışmalarda :

$R_e < 1$ için $C_d = 24 / R_e$

$1 < R_e < 2000$ için $C_d = \frac{24}{R_e} + \frac{3}{\sqrt{R_e}} + 0,34$

$R_e > 2000$ için $C_d = 0,40$

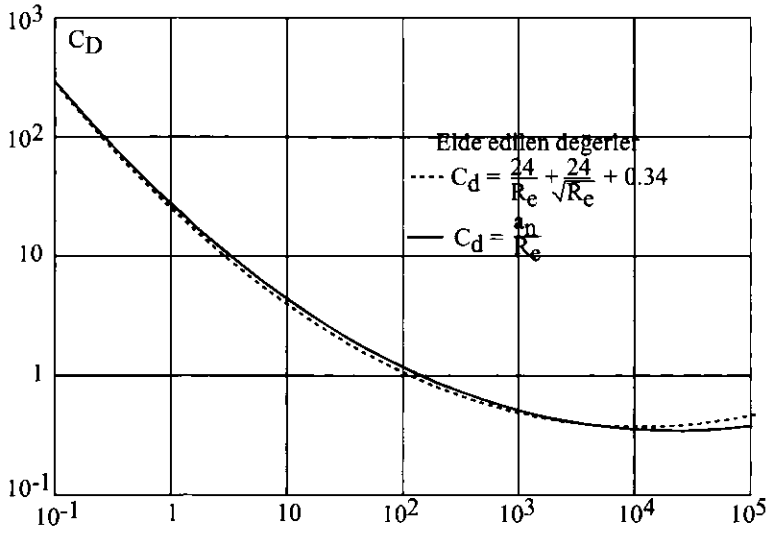
alınabileceği belirtilmiştir.

Geçiş bölgesini kısımlara ayırmak suretiyle daha iyi bir yaklaşım temin etmek mümkündür. Mesela :

$1 < R_e < 50 \qquad C_d = \frac{24}{R_e^{3/4}}$

$50 < R_e < 1600 \quad C_d = \dfrac{4,7}{R_e^{1/3}}$

$R_e > 1600 \quad C_d = 0,4$




Şekil 6.4. Küre Şeklindeki Danecikler İçin Reynolds Sayısı ile $C_D$ Arasındaki Münasebet alınabilir. Bu değerlerin çökelme hızını ifade eden denklemde yerlerine konulmasıyla

$R_e < 1 \qquad S = \dfrac{1}{18}.\dfrac{g}{\upsilon}.(\dfrac{\rho_s - \rho_w}{\rho_w}).d^2 \qquad (6.6)$

$1<R_e<50 \qquad S = \dfrac{1}{10}.\dfrac{g^{0,8}}{\upsilon^{0,6}}.(\dfrac{\rho_s - \rho_w}{\rho_w})^{0,8}.d^{1,4} \qquad (6.7)$

$50<R_e<1600 \qquad S = \dfrac{1}{2,13}.\dfrac{g^{0,6}}{\upsilon^{0,2}}.(\dfrac{\rho_s - \rho_w}{\rho_w})^{0,6}.d^{0,8} \qquad (6.8)$

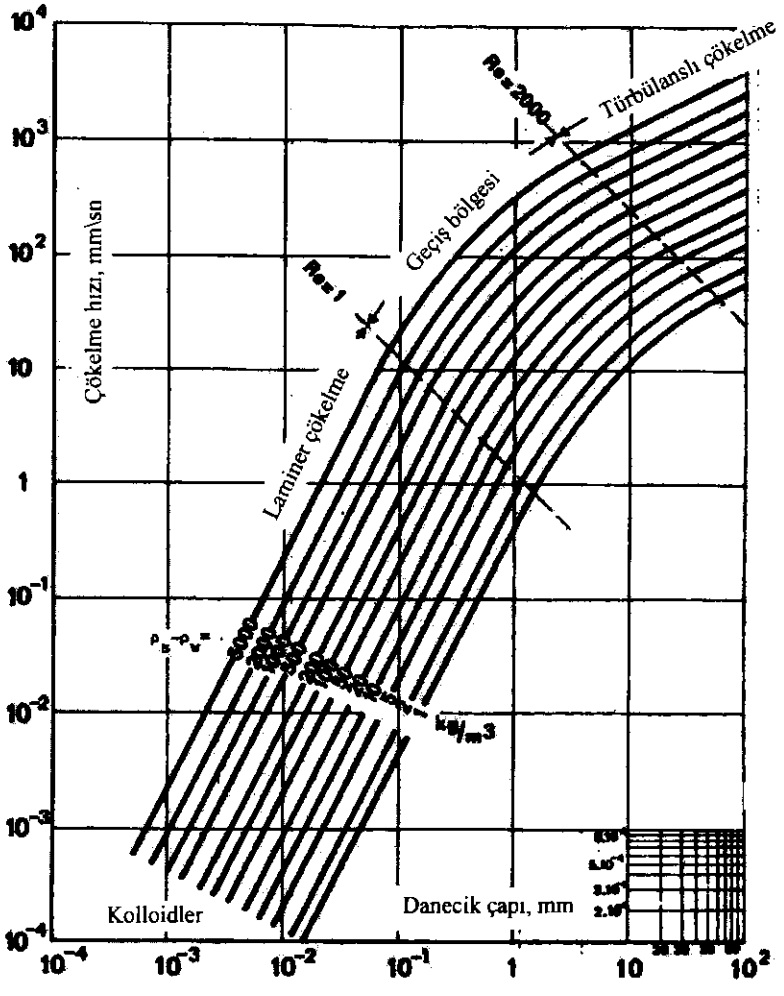
$R_e > 1600 \qquad S = 1,83.g^{0,5}(\dfrac{\rho_s - \rho_w}{\rho_w})^{0,5}.d^{0,5} \qquad (6.9)$

bağıntıları elde edilir.

Şekil 6.5 de 10°C sıcaklıkta su içinde küre şeklindeki daneciklerin çökelme hızları, danecik çapına bağlı olarak verilmiştir. Gerçekte daneciklerin tam küre şeklinde olması bir istisna olup, ekseriya danecik şekilleri oldukça düzensizdir. Bu yüzden küre şeklindeki daneciklere nazaran daha büyük bir direnç kuvvetine maruz kalırlar.

Bu sebeple, düzgün bir şekle sahip olmayan daneciklerin çökelme hızları, tam küre şekil için elde edilmiş yukarıdaki bağıntılardan elde edilen değerlerden daha küçüktür.

İçme suyu mühendisliğinde, yüzey sularından su alma yapıları tesise asgari miktarda askıdaki katı madde girecek tarzda inşa edilirler. Fakat, ham suda küçük kum ve kil danecikleri sebebiyle bir miktar bulanıklık olabilir. İçme suyu tasfiyesinde kullanılan çökeltme havuzlarında ekseriya laminer çökelme bölgesinde kalındığı Şekil 6.5 den görülebilir.



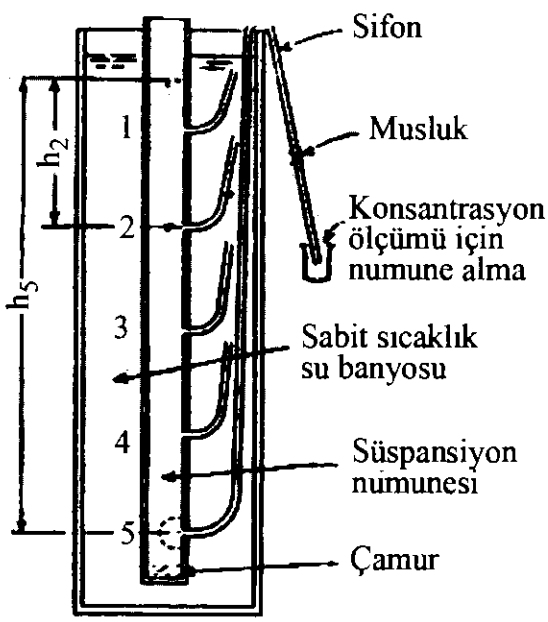

Şekil 6.5. Küre Şeklindeki Daneciklerin 10°C Suda Sakin Çökelme Hızları

Dolayısıyla (6.6) Denklemiyle verilen Stokes formülünün geçerli olduğu bu bölgede çökelme hızının danecik çapının karesiyle orantılı olduğu bilinmektedir. Bu yüzden yumaklaştırma ile danecik çapı 10 misli arttırılırsa, çökelme hızı 100 misli artar. Aynı ifadeden çökelme hızının viskoziteye, dolayısıyla suyun sıcaklığına bağlı

olduğu görülebilir. Sıcaklığın çökelme hızına tesirini görmek için yazın 25°C olan su sıcaklığının kışın 0°C a düştüğünü farzedelim. Kinematik viskozite 2 misli arttığından, kış aylarındaki çökelme hızı, yaz aylarındaki çökelme hızına nazaran %50 azalır.

### 6.4. Çökelme Hızlarına Ait Frekans Dağılımı

Sulardaki daneciklerin büyüklükleri, şekilleri ve yoğunlukları çok çeşitlidir. Bu yüzden su daneciklerinin herbirinin çökelme hızları değişiktir. Suda asılı katı daneciklerin büyüklük, şekil, hacim ve yoğunlukları bilinirse, çökelme hızını veren denklemler vasıtasıyla çökelme hızları bulunabilir. Ancak yukardaki parametreleri tayin etmek çok güç, hatta imkânsızdır. Bu yüzden çeşitli daneciklerin çökelme hızlarına ait frekans dağılımı laboratuarda sakin çökelme sütunu yardımıyla elde edilir. Bu maksada hizmet eden deney tesisatı Şekil 6.6 da verilmiştir. Bu deney tesisatı çeşitli noktalardan numune alınabilen bir çökelme sütunudur.




Şekil 6.6. Sakin Çökelme İçin Deney Tesisatı

Deney başlangıcında süspansiyon, bütün çökelme sütunu içinde yeknesak (üniform) olarak dağılmış olmalıdır. Deney, başlangıç konsantrasyonu ile birkaç noktadan belli zaman aralıklarında alınan numunelerin katı madde konsantrasyonlarını tayin etmekten ibarettir.

Katı madde konsantrasyonu, toplam matı madde, bulanıklık, renk veya çökelme sırasında azalan herhangi bir parametre cinsinden ölçülebilir.

Bir sakin çökelme deneyi sonunda elde edilmiş değerler Cetvel 6.2 de, bunlara ait çökelme hızlarının frekans dağılımı ise Şekil 6.7 de gösterilmiştir.

Şekil 6.7'ye dikkat edilirse iki ayrı derinlikten alınan numuneler için çizilen toplam frekans dağılımı eğrisinin üst üste düştüğü görülmektedir. Bu bize çökelmenin münferid daneli çökelme olduğunu göstermektedir. Yumaklı çökelme için benzer deney yapılırsa çeşitli derinliklere tekabül eden eğrilerin birbirinden farklı olduğu görülür.

### 6.5. Sakin Çökelmede Verim

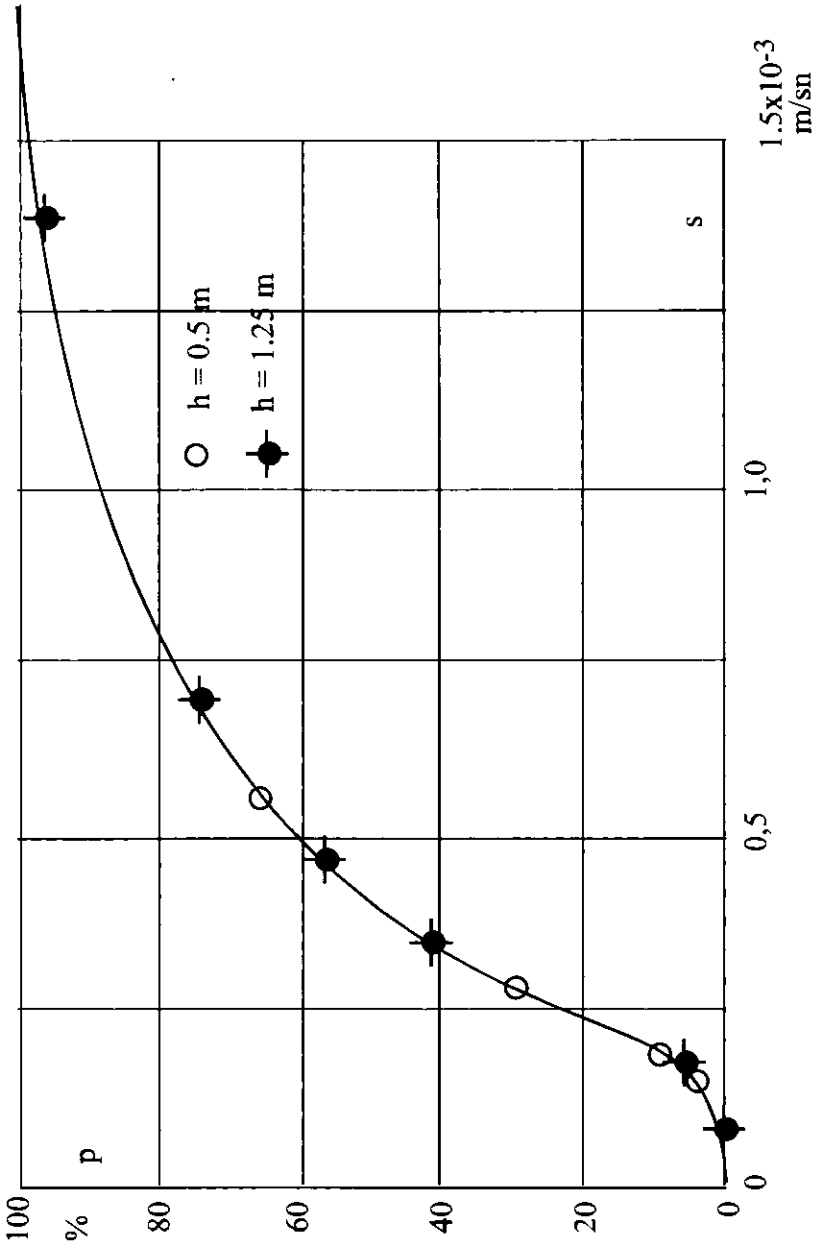
İçinde çökebilen katı maddeler bulunan bir su, H derinliğindeki bir havuzda $T_0$ süre ile bekletilirse, çökelme hızı $S_0 = H/T_0$ olan bütün danecikler tabana çökelir. Bunların sudan ayrılma oranları $(1—p_0)$ dır. Çökelme hızları $s_0$ dan küçük olan daneciklerin ise ancak bir kısmı sudan ayrılır. Bu oran ise $(s/s_0)$ şeklinde ifade edilir. Sakin çökelmede verim, çökelme hızlarına ait toplam frekans eğrisinden bulunabilir. Verimin nasıl bulunacağı Şekil 6.8 de gösterilmiştir. $S_0$ değerinden çizilen düşey doğrunun *eğriyi* kestiği noktanın ordinatı $p_0$ ile gösterilirse, eğri ile $p_0$ arasında kalan bölge iki eşit parçaya bölünerek giderme verimi r bulunur.

Giderme verimi t analitik olarak :

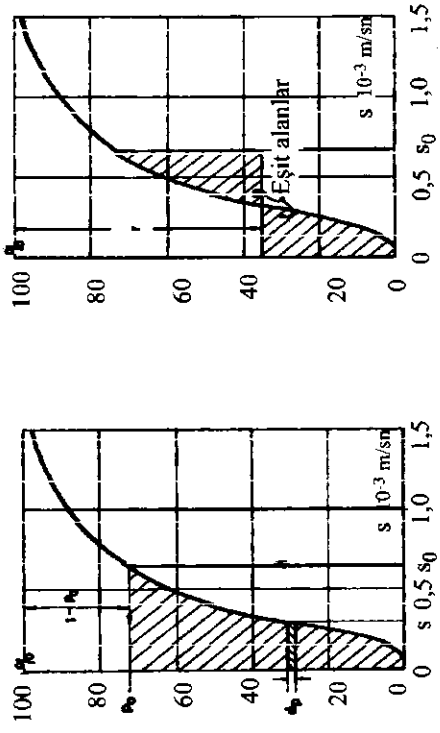
$$r = (1 - p_0) + \int_0^{p_0} \frac{s}{s_0} . dp \qquad (6.10)$$

Cetvel 6.2. Çökelme Deneyi Neticeleri

| t | 0 | 900 | 1800 | 2700 | 3600 | 5400 | 7200 | saniye |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| h = 0,5 m | | | | | | | | |
| h/t | | 0.556 | 0.278 | 0.185 | 0.139 | 0.093 | 0.069 | $10^{-3}$ m/sn |
| C | 86 | 57 | 25 | 8 | 3 | 1 | 0 | ppm |
| 100 $C/C_0$ | 100 | 66 | 29 | 9 | 4 | 1 | 0 | % |
| h = 1,25 m | | | | | | | | |
| h/t | | 1.389 | 0.695 | 0.463 | 0.347 | 0.232 | 0.174 | $10^{-3}$ m/sn |
| *C* | *86* | 63 | 49 | 37 | 16 | 19 | 6 | ppm |
| 100 $C/C_0$ | 100 | 96 | 73 | 57 | 42 | 19 | 7 | % |




Şekil 6.7. Çökelme Hızlarının Toplam Frekans Dağılımı.
(Cetvel 6.2. 'de Verilen Değerler için)




Şekil 6.8. Çökelme Hızlarına Ait Toplam Frekans Dağılımından Sakin Çökelmede Verimin Bulunması

veya

$$r = (1 - p_0) + \frac{1}{s_0} \cdot \int_0^{p_0} s.dp \qquad (6.11)$$

şeklinde de ifade edilebilir.

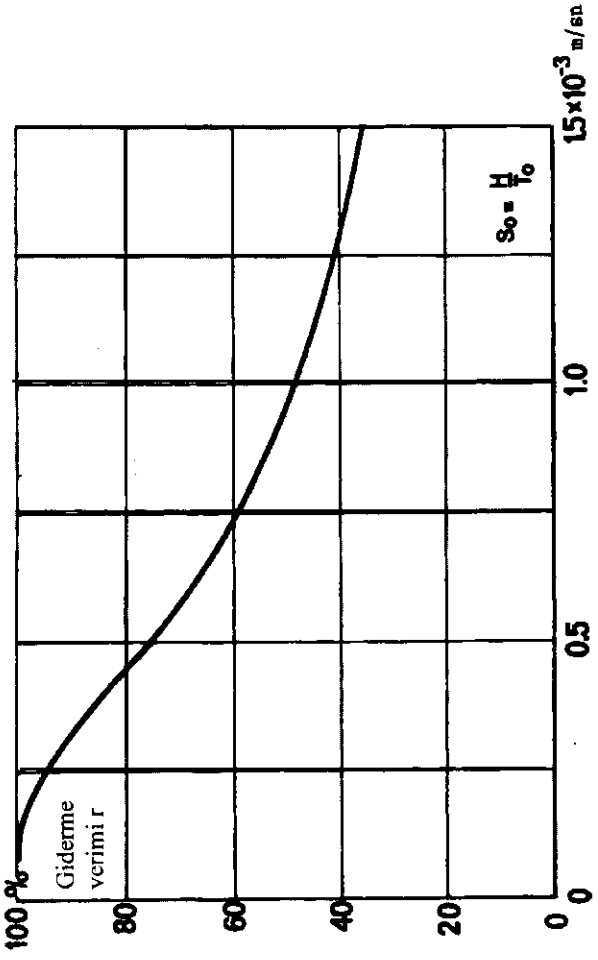
Çöktürme havuzunun hacmi, V, yüzey alanı A ile gösterilirse, $T_0$ bekleme müddeti olduğundan

$$V = Q.T_0 = A \,.\, H \text{ veya } \quad T_0 = \frac{A.H}{Q}$$

yazılabilir. $s_o = H/TQ$ olduğundan

$$S_0 = \frac{H}{T_0} = \frac{H.Q}{A.H} = \frac{Q}{A}$$

olarak bulunur. $s_o$ değerine yüzey yükü denilmektedir. $s_o = Q/A$ değeri de hız boyutundadır. Bu değer çöktürme havuzlarının boyutlandırılmasında dikkate alınacak en mühim unsurlardan birisidir. Çünkü çöktürme havuzunun giderme verimi yüzey yüküne bağlıdır. Giderme verimi ile yüzey yükü arasındaki bağıntı Şekil 6.9 da grafik olarak verilmiştir. Grafikten görülebileceği gibi yüzey yükü arttıkça gidene verimi azalmaktadır.



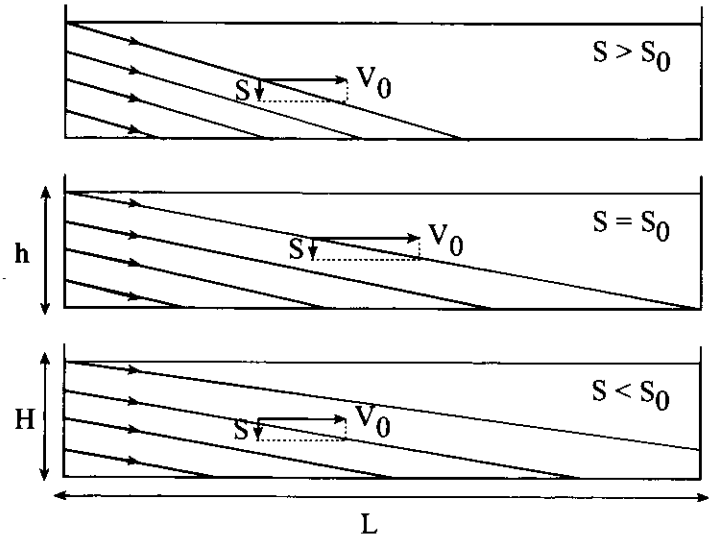

Şekil 6.9 Yüzey Yükü İle Giderme Verimi Arasındaki Münasebet

## 6.5. Sürekli Akımlı Havuzlarda Çökelme

Fasılalı olarak doldurulup boşaltılan havuzlar bugün için çok nadir olarak inşa edilmektedir. Su ve kullanılmış su tasfiyesinde ise münhasıran sürekli akımlı havuzlar kullanılmaktadır.

Yatay bir su hızına sahip çökeltme havuzlarında bir dane, kendi çökelme hızı ile yatay su hızının vektörel bileşkeni istikamette hareket eder. Dikdörtgen planlı ideal bir havuzda çökelme bölgesine giren ve havuzun en kesiti boyunca üniform olarak dağılmış bulunan bütün münferid tanelerin yörüngeleri doğru çizgilerden ibarettir

(Şekil 6.10). Münferid daneciklerin engellenmemiş çökelmesinde verim tamamen yüzey yüküne bağlıdır, havuz derinliği H ve bekleme müddeti $T_0$'dan bağımsızdır.




Şekil 6.10. Yatay Akışlı Dökdörtgen Havuzlarda Daneciklerin Yörüngeleri

Katı daneciklerin sudan ayrılma nisbetleri sadece hidrolik yüzey yüküne bağlı olduğundan, en iktisadi çökeltme havuzunun gerekli minimum yüzey yükünün dikkate alınması ile bulunacağı ortaya çıkar. Verim, daneli çökelmede derinlikten bağımsız olduğundan, verilen yüzey yüküne ve debiye bağlı olarak havuzun yüzey alanı $A = Q/s_0$ ifadesinden bulunabileceğinden, yatay hız derinliğe bağlı olarak değişir. Tabana çökelen katı maddelerin tekrar suya karışmaması bakımından yatay su hızının belli bir değeri aşmaması gerekir. Bu yatay su hızına ($V_0$) tekabül eden derinlik aşağıdaki şekilde bulunabilir:

$$V_0 = \frac{Q}{B.H}$$

ve

$$H = \frac{Q}{V_0.B}$$

Burada:

$V_0$: Çökeltme havuzunda müsaade edilen en büyük yatay hızdır.

B: Çökeltme havuzunun genişliğidir.

Havuzdaki yatay hızı $V_0$ ın tabana çökelen danelerin tekrar suya karışmasına sebep olan Vs hızından küçük veya ona eşit olması gerekir. Kayma gerilmesi $\tau$ ile gösterilirse

$$\tau = \rho_w . g . R . J \qquad (6.10)$$

yazılabilir. Burada :

R: Hidrolik yarıçap
J: Hidrolik eğimdir.

Hidrolik eğim yerine Darcy — Weisbach formülündeki ifadesi yazılabilir:

$$J = \frac{\lambda}{D} . \frac{V_s^2}{2g} \qquad (6.11)$$

ve daneciklerin küre şeklinde oldukları düşünülürse

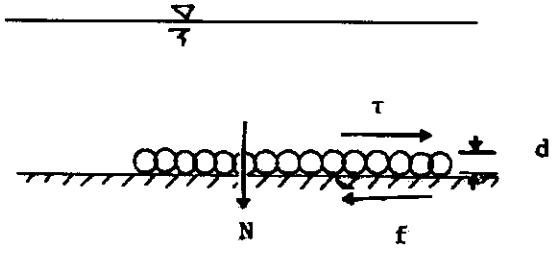
R =D/4 ve D = 4R yazılabileceğinden

$$\tau = \frac{\lambda}{8} . \rho_w V_s^2 \qquad (6.12)$$

denklemi elde edilir. λ bir katsayı olup ortalama bir değer olarak λ = 0,03 alınabilir. Daneciklere tesir eden diğer kuvvet sürtünme kuvvetidir. (Şekil 6.11) Bu kuvvet:

$f = \alpha_f . N$

şeklinde hesap edilebilir. N değeri normal kuvvet olup, daneciklerin su altındaki ağırlıklarından ibarettir.




Şekil 6.11. Tabana Çökelen Daneciklere Tesir Eden Kuvvetler

Daneciklerin su altındaki ağırlıkları, birim alan için:

$N = \alpha_p (\rho_s - \rho_w)\, g.d$

yazılabilir.

Burada:

$\alpha_p$ : Porozite faktörü olup, 0,2 – 0,6 arasında değişir. Böylece:

$f = \alpha_f.N = \alpha f.\ \alpha_p (\rho_s - \rho_w).g.d = \beta (\rho_s - \rho_w).g.d$

elde edilir.

$\alpha_f.\ \alpha_p = \beta$ ile gösterilmiş olup $\alpha_f = 0{,}1\text{-}0{,}2$ arasında değiştiğinden $\beta = 0{,}04\text{-}0{,}06$ arasında alınabilir. Tabanda çökelen katıların hareket etmemesi için $\tau = f$ olmalıdır. Böylece:

$$\tau = \frac{\lambda}{8}.\rho_s V_s^{\,2} = \beta(\rho_s - \rho_w)\,g.d \qquad (6.13)$$

Buradan:

$$v_s = \sqrt{\frac{8\beta}{\lambda}\left(\frac{\rho_s - \rho_w}{\rho_w}\right)g.d} \qquad (6.14)$$

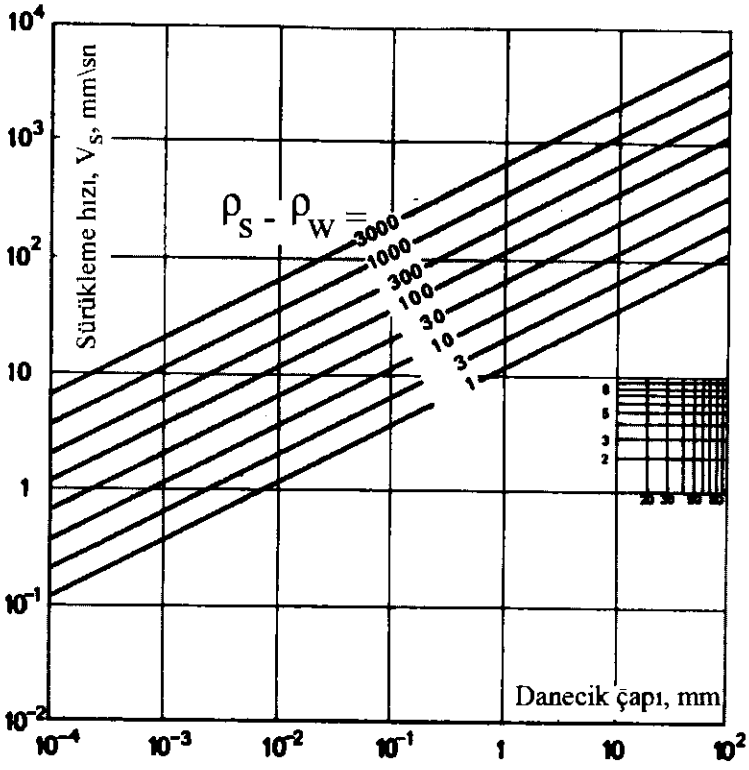
veya

$\beta = 0{,}05 \qquad \lambda = 0{,}03$ konulursa:

$$v_s = \sqrt{\frac{40}{3}\left(\frac{\rho_s - \rho_w}{\rho_w}\right)g.d} \qquad (6.15)$$

bulunur.

Bu denklem, düşey eksende $v_s$, yatay eksende dane çapı d olmak üzere, muhtelif $(\rho_s - \rho_w)$ değerleri için çizilirse Şekil 6.12 elde edilir.




Şekil 6.12. Küre Şeklindeki Danecikler İçin $v_s$ Değerleri

Çökeltme havuzu tabanına çökelen daneciklerin tekrar suya karışmaması için $v_0 < v_s$ olmalıdır.

Dikdörtgen havuzlarda yatay hız,

$$v_0 = \frac{Q}{B.H}$$

şeklinde kolayca hesaplanabilir. Daire planlı havuzlarda, yatay hız ortadaki dağıtma yapısı civarında en büyük değerdedir. Buradaki hız, dağıtma yapısı çapı $D_w$ ile gösterilerek:

$$v_0 = \frac{Q}{\pi\ D_w H}$$

şeklinde hesap edilebilir.

$v_0 < v_s$ olması gerektiğinden

$$D_w > \frac{Q}{\pi H.v_s}$$

elde edilir.

### 6.6. Kısa Devreler ve Stabilite

Havuzlarda akım çizgilerinin boy ve hızları farklıdır. Çünkü sürtünme kuvvetleri sebebiyle cidara yakın yerlerdeki su hızları, orta kısımdan daha azdır. Bu yüzden sıvı zerrelerinin bir kısmı havuz çökelme bölgesini, hidrolik bekleme müddeti olan T süresinden daha kısa, bir kısmı ise daha uzun zamanda geçer. Ayrıca rüzgâr, yoğunluk farkları ve giren sıvının ataleti sebebiyle meydana gelen çevrilerde yatay hızın değişmesine, böylece "kısa devrelerin" ortaya çıkmasına sebep olur. Dar ve uzun havuzların hidrolik karakteristiklerinin geniş havuzlardan daha iyi olduğu gösterilmiştir. Bir başka ifadeyle Froude sayısı büyük olan havuzlarda akım şekli iyidir. Froude sayısı

$$F_r = \frac{v^2}{g.R}$$

şeklinde ifade edilebilir. Burada v ortalama hızı, g yerçekimi ivmesini ve R enkesitin hidrolik yarıçapını ifade eder. Havuzların stabilitesi bakımından Froude sayısının büyük olması arzu edilir. Froude sayısının büyük çıkması için havuzun uzun, dar ve sığ olması lazımdır. Bu ise tabandan madde kaldırılmaması şartına ters düşer.

Ayrıca türbülansı küçük tutmak için Reynold sayısının küçük olduğu geniş ve derin havuzlar lüzumlu olur. Hakiki havuzlar üzerinde yapılan tecrübelerde kısa devreleri ve kararsızlılık durumlarını kabul edilebilir sınırlarda tutmak için Froude sayısının $10^{-5}$ den büyük olması gerektiği ortaya çıkmıştır. Türbülansın çökeltme verimini aksi yönde etkilememesi bakımından ise Reynolds sayısı 2000 den küçük tutulmalıdır. Netice olarak:

$$R_e = \frac{V_0.R}{\upsilon} < 2000$$

ve

$$F_r = \frac{V_0^{\,2}}{g.R} > 10^{-5}$$

sağlanmaya çalışılmalıdır.

## 6.7. Boyutlandırma Esasları

Çevre mühendisleri, tasfiye işleminde kullanacakları çöktürme havuzlarını boyutlandırmadan önce, laboratuvarda yapacağı deneyler ile asılı maddelerin çökme özelliklerini tayin etmelidir. Daha önceki kısımda görüldüğü gibi çökelme hadisesi üzerine suyun ve ihtiva ettiği asılı maddelerin özellikleri tesirli olmaktadır. Mesela, su sıcaklığı, dane yoğunluğu, çapı, şekli gibi.

Boyutlandırmada bir fikir vermesi bakımından durgun sudaki kum ve silt daneciklerin çökelme hızları Cetvel 6.3 de verilmiştir.

Görüldüğü gibi sudan ayrılması istenen danenin çapı çöktürme havuzunun hesabında mühim bir rol oynamaktadır. Çünkü hesaba esas alınacak yüzey yükü $s_0$ *($m^3/m^2$* saat) değeri buna bağlıdır. Aynı şekilde su sıcaklığı da ehemmiyetlidir. Viskozite sıcaklıkla değiştiğinden çökelme hızları da sıcaklıkla değişmektedir.

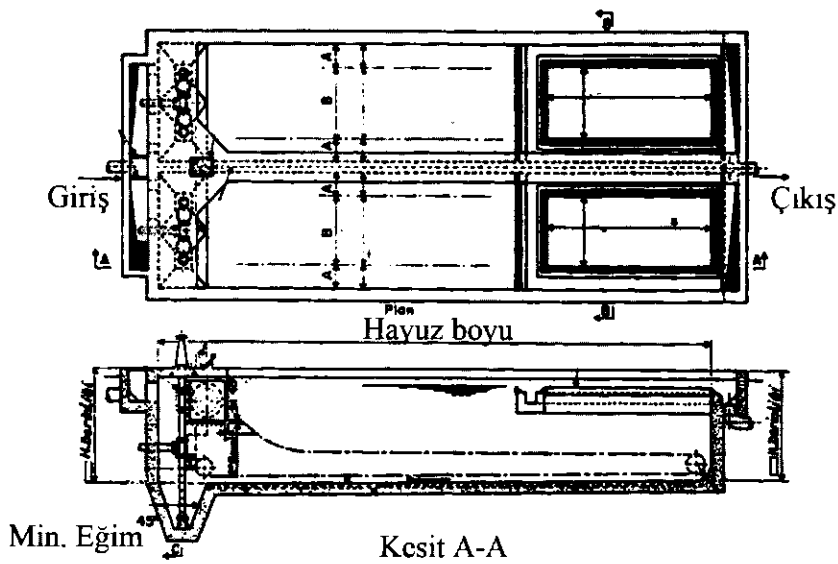
Cetvel 6.3. Kum ve Silt Daneciklerin Sudaki Çökelme Hızları
($\rho_s$ = 2650 kg/m$^3$, ve su sıcaklığı 10°C alınmıştır)

| Dane çapı | Sınıflandırma | Çökelme Hızı | Yüzey yükü |
|---|---|---|---|
| mm | - | mm/sn | m$^3$/m$^2$.st |
| 10.0 | Çakıl | 1000.0 | 3600 |
| 1.0 | | 100.0 | 360 |
| 0.6 | | 63.0 | 227 |
| 0.4 | İri Kum | 42.0 | 152 |
| 0.2 | | 21.0 | 76 |
| 0.1 | | 8.0 | 29 |
| 0.06 | | 3.8 | 14 |
| 0.04 | İnce Kum | 2.1 | 7.58 |
| 0.02 | | 1.62 | 2.22 |
| 0.01 | | 0.154 | 0.555 |
| 0.004 | Silt | 0.0247 | 0.088 |

Bu yüzden havuz boyutlandırılırken tasfiye edilecek su sıcaklığı azaldıkça çökelme hızı, dolayısıyla yüzey yükü azalmaktadır. Yüzey yükünün azalması, gerekli havuz yüzey alanının artması demek olacağından, su sıcaklığının çöktürme havuzlarının boyutlandırılmasında çok mühim bir parametre olduğu hatırdan çıkarılmamalıdır.

Bir diğer parametre danenin yoğunluğudur. Danenin özgül ağırlığı arttıkça çökelme hızı artmaktadır.

Bugün inşa edilen çöktürme havuzlarının tamamı sürekli akım esasına göre çalışmaktadır. Çamurların da sürekli olarak alınması esastır (şekil 6.13). Çöktürme havuzunun boyutlandırma parametresi olan yüzey yüküne bağlı olarak, yüzey alanı, bekleme süresine bağlı olarak havuzun derinliği, havuzun en— kesit alanına bağlı olarak ise yatay su hızı hesaplanabilir.




Şekil 6.13. Mekanik çamur sıyırıcısı bulunan dikdörtgen çöktürme havuzu

Esas boyutlandırma kıstası, yüzey yükü $s_0$ olduğundan bu değerin uygun seçilmesi gerekir. Eğer havuz ideal bir havuz ise yüzey yükü, ayrılması istenen en küçük danenin çökelme hızına eşit alınır. Ancak tatbikatta durum değişiktir, ideal havuzlar bahis mevzuu değildir. Bu sebeple en küçük danenin çökme hızından bulunan yüzey yükleri 0,60 ile 1,00 arasında bir değerle çarpılmak suretiyle azaltılır. Bekleme müddetleri de 1,0 – 1,75 arasındaki bir değerle çarpılarak arttırılır. Münferid danelerin bahis mevzu olduğu hallerde yüzey yükü azaltma faktörünün 0,8 ila 1,0, bekleme müddeti artırma katsayısının 1,0 ila 1,25 arasında alınması tavsiye edilmektedir. Yumaklı çökelme durumlarında bu katsayıların yüzey yükü için 0.60 ile 0,80, bekleme müddeti için 1,25–1,75 arasında alınması uygundur.

• Yüzey Yükü

Projelendirmede esas alınacak yüzey yükleri, çökeltme havuzunun kullanılma maksadına göre çeşitli çalışmalardan elde edilen neticelerden alınabilir. Cetvel 6.4 de çeşitli maksadlara hizmet eden çökeltme havuzları için yüzey yükleri, ($s_o$ = Q/A) değerleri verilmiştir.

Cetvel 6.4. Çökeltme Havuzlarında Yüzey Yükleri

| *Suyun cinsi* | *Tasfiye şekli* | *Yüzey yükü, $m^3/m^2.st$* |
|---|---|---|
| Yüzey suyu | Alum ile yumaklaştırma | 0,6-1,0 |
| Yüzey suyu veya yeraltı suyu | Kireç ile yumuşatma | 0,9-3,4 |
| | Yukarı akışlı durulama havuzları | 1,8-2,5 (soğuk su)<br>2,5-4,5 (sıcak su) |
| | Yukarı akışlı yumuşatma havuzları | Yüzey sularında 3,0 e kadar<br>Kuyu sularında4,4 e kadar<br>Genel olarak 1,8-6,0 arasında |

Görüldüğü gibi yüzey yükü için geniş aralıklarda değerler verilmektedir. Cetvel 6,5'de bir başka kaynak tarafından tavsiye edilen değerler gösterilmiştir. Bu cetvel de verilen değerlerin büyük tesisler için olduğu belirtilmiş olup, orta büyüklükteki tesisler için bu değerlerin %15-20 kadar azaltılması, küçük tesisler için ise daha da fazla azaltılmasının uygun olacağı tavsiye edilmektedir. Orta büyüklükteki tesis olarak günlük ortalama debisi Q = 130 - 250 lt/sn olan tesisler düşünülmektedir.

Cetvel 6.5 Yumaklaştırma Sonundaki Çöktürme Havuzlarındaki Yüzey Yükleri

| Tasfiye Şekli | | Yüzey yükü, $m^3/m^2.st$ |
|---|---|---|
| Kireçle yumuşatma | Düşük Magnezyum | 3,4 |
| | Yüksek Magnezyum | 2,7 |
| Alum ile yumaklaştırma | Bulanıklık giderme | 2,0 |
| | Renk giderme | 1,5-1,7 |

• Derinlik ve Bekleme Müddeti

Münferid danelerin çökelmesinde derinliğin fazla bir rolü yoktur. Ancak yumaklı çökelmede havuz derinliği de mühim bir parametredir.

Çöktürme havuzunun hacmi yüzey alanı ile ortalama derinliğin çarpımına eşittir. V=A.H. Teorik bekleme müddeti ise havuz hacminin, debiye oranından bulunabilir. Yani:

$$t = \frac{V}{Q} = \frac{A.H}{Q}$$

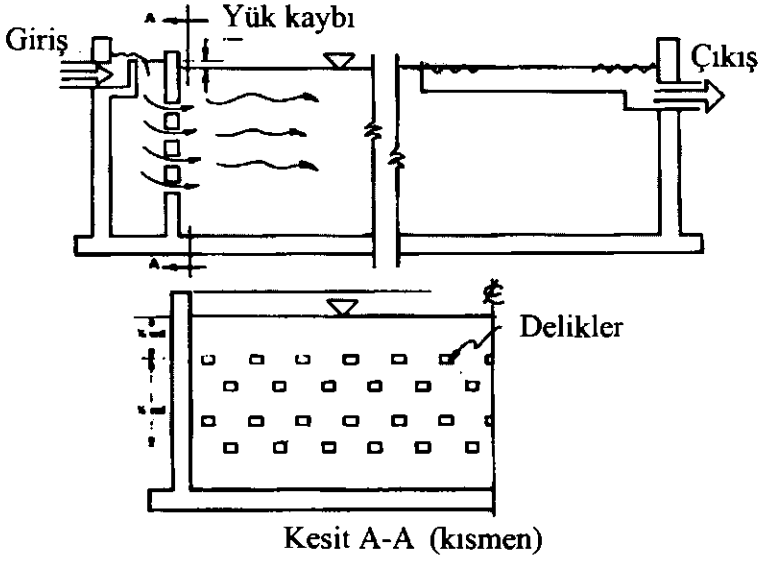
A ve Q sabit olarak kabul edilirse, bekleme müddetinin derinliğe bağlı olduğu söylenebilir. Bekleme süresi havuzun kullanma gayesine göre seçilir. Çöktürme havuzları ekseriya yüzey sularındaki bulanklığın yumaklaştırma ile giderilmesi veya yeraltı sularının kireç—soda usulü ile yumuşatılması işlemlerinde kullanılmakta olup, bu durumlarda bekleme müddetleri 2—4 saat arasında seçilmektedir.

• Yatay Hız

Çökeltme havuzlarındaki yatay hızlar 2,5 ila 15 mm/sn civarında alınmalıdır.

• Giriş ve Çıkış Şartları

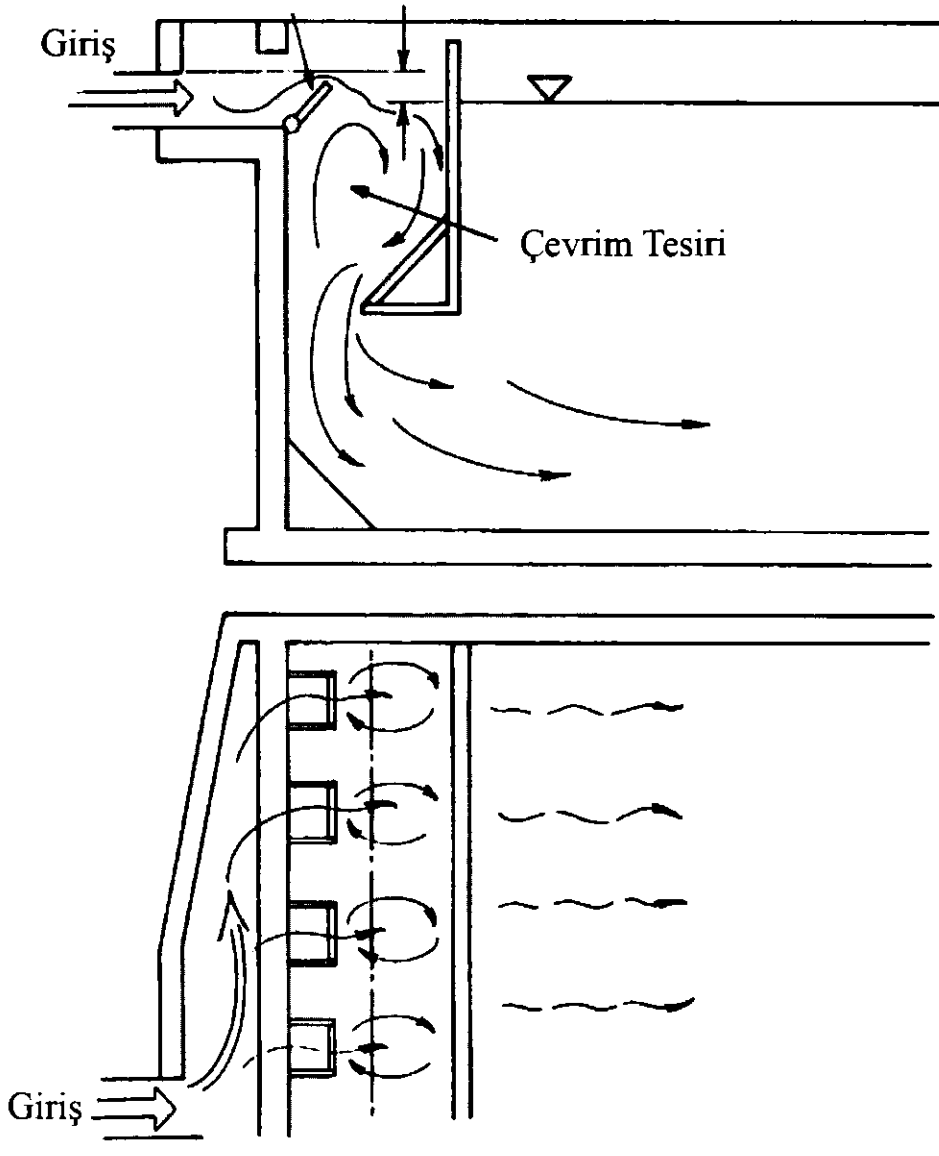
Çökeltme havuzlarının giriş yapıları, debileri her bir havuza eşit olarak ve havuzun en kesiti boyunca üniform olarak dağıtılacak şekilde projelendirilmelidir. Giriş şeklinin, havuzun verimliliği bakımından ehemmiyeti, çıkış yapısından daha fazladır. Giriş kanallarındaki hızlar, yumakların parçalanmasını önlemek için 0,15 - 0,60 m/sn gibi düşük değerlerde tutulmalıdır. Çöktürme havuzu girişindeki küçük bir değişiklik çöktürme havuzunun verimini değiştirebilir. Girişlerden esas istenen su getiren borudaki nispeten yüksek hızlardan çöktürme bölgesinde istenen çok düşük üniform hızlara sakin bir geçişi sağlamaktır. Şekil 6.14 de delikli duvardan teşkil edilmiş bir giriş yapısı görülmektedir.




Şekil 6.14. Çökeltme Havuzu Giriş Yapıları

Bir diğer giriş yapısı ise şekil 6.15 de gösterilmiştir. Dikdörtgen havuzlar için başka giriş şekilleri de vardır.

Çöktürme havuzları çıkış yapıları da oldukça ehemmiyetlidir. Çöktürme havuzlarındaki su seviyesi, umumiyetle çıkış savakları ile kontrol edilir. Çıkış savakları, ekseriya V savağı şeklinde yapılır. Çıkış savaklarına yakın yerde tabana çökelen malzemenin tekrar suya karışmaması için savak yüklerinin belli bir değeri geçmemesi icab eder. Uygun savak yükleri Cetvel 6.6'da verilmiştir.




Şekil 6.15. Çökeltme Havuzu Giriş Yapısı

Cetvel 6.6. Çöktürme Havuzlarının Savak Yükleri

| Havuzun inşa maksadı | Savak Yükleri | | |
|---|---|---|---|
| | l/sn.m | $m^3$/st.m | $m^3$/gün.m |
| Suyun durulanması | < 7,2 | < 26 | <622 |
| Su Tasfiyesi<br>Hafif alum yumakları<br>(Az bulanık sular) | 1,6—2 | 5,8—7,2 | 138—170 |
| Oldukça ağır alum yumakları<br>(Çok bulanık sular) | 2—3 | 7,2—11 | 170—260 |
| Kireçle yumuşatmadan meydana gelen çok ağır yumaklar | 3–3,7 | 11—13 | 260–320 |

• Çamurların Sıyrılması

Çöktürme havuzların tabanı normal olarak çamurun toplandığı çukura doğru eğimli olarak yapılır. Çökelen çamurlar ekseriya hidrolik olarak çamur toplama çukuruna doğru hareket eder. Çamur sıyırma tertibatının gayesi, çamurların çökeltme havuzu tabanına yapışmasını önlemek ve çamurun akışına yardım etmektir. Eğimli taban ve çamur çukuru, çamurun zaman zaman uzaklaştırılacağı dikkate alınarak uygun hacimde yapılmalıdır. Çamur temas havuzlarında olduğu gibi, bazı hallerde çamurun devrettirilmesi faydalı olabilir. Çamur sıyırıcıların hızları çok düşük olmalıdır. Aksi halde çökelen çamur tekrar suya karışabilir veya en azından çökelme engellenebilir. Bu yüzden sıyırıcıların hızı 0,30 m/dk = 5 *mm/sn* den daha küçük olmalıdır. Dairevi havuzların kullanılması halinde bazı sıyırıcılarda çok hafif ve yeknesak maddeler için lastik kenarlı sıyırıcılar yerine vakumla emme yapan borular bulunur.

### 6.8. Projelendirme Esasları

Ham suyun özellikleri ve tatbik edilen tasfiye şekli çökeltme havuzlarında daneciklerin çökelme özelliklerine tesir eder. Çöktürme havuzları, en büyük akım sırasında dahi çökeltilmiş suyun özellikleri bozulmayacak şekilde kâfi derecede bir kapasiteye sahip olmalıdır.

Suda asılı katı maddelerin miktarı, suyun sıcaklığı ve debisi mevsimden mevsime değişir. Çevre Mühendisleri, çökeltme havuzlarının boyutlandırılmasına tesir edecek olan kritik projelendirme durumlarını tayin etmek durumundadır. Mesela, bazı hallerde soğuk mevsimdeki daha düşük debiler, sıcak mevsimdeki yazlık debiden daha gayri müsait (kritik) olabilir. Çünkü kış aylarında su sıcaklığı azaldığından suyun viskozitesi artar, böylece çökelme hızları azaldığından kış aylarındaki daha düşük debiler, yazlık debiye göre kritik olabilir.

Havuz sayıları, toplam debiyi karşılayacak şekilde ve işletmede arzu edilen esnekliği ve tesis maliyetleri göz önünde tutularak tespit edilir. Havuzlardan birisinin tamir, bakım ve temizlik gibi sebeplerle işletme dışı kalabileceği düşünülerek tesiste en azından iki adet paralel havuz yapılır. Çok büyük tesislerde ise havuz sayısı, bir havuzun en büyük boyutu dikkate alınarak bulunabilir. Ancak çok sayıda havuz seçilmesi halinde, havuzlardan birisinin herhangi bir sebeple işletme dışı bırakılması durumunda, çöktürmenin verimi üzerinde kayda değer kötü bir tesir meydana gelmez.

Projelendirmede, tamir ve bakım durumları daima dikkate alınmalıdır. Herhangi bir arıza durumunda havuzların kısa zamanda ve emniyetli bir şekilde boşaltılmaları düşünülmelidir. İş emniyeti ve tamir kolaylıkları, projelendirmede göz önünde tutulacak en mühim hususlardır.

Daha önce belirtildiği gibi kullanma maksadına ve asılı maddelerin çökme özelliklerine göre havuzun yüzey yükü $s_0$ *($m^3/m^2.st$)* ve bekleme müddeti $t_0$ (st) seçilir. Bundan sonra havuzun boyutlarını bulmak kolaydır. Yüzey alanı $A = Q/s_0$ ve derinlik $H = s_0.t_0$ ifadelerinden hesaplanır.

Havuzun yüzey alanı ve ortalama derinliği belli olunca havuzun geometrik şekli, (yani dikdörtgen, daire veya kare planlı) ve havuz sayısı tespit edilir. Dikdörtgen havuzlarda, en kesit alanı, yatay hız 5-10 mm/sn olacak şekilde bulunur. Sonra havuzun genişliği hesaplanır. Havuzun hakiki genişliğinin seçilmesinde, standart olarak imal edilmiş sıyırıcılar için genişlikler bahis mevzuu ise, bu genişlikler göz önünde tutulur. L/B (Uzunluk / Genişlik) oranı da uygun şekilde seçilerek havuzun taban eğimi tespit edilir. Böylece havuzun giriş ve çıkış kısımlarındaki derinlikler hesaplanır.

Daire planlı havuzlarda ise yüzey alanını karşılayacak çap bulunur. Çaplar standard hale getirilmişse, ona yakın standart çap alınır. İnşaatı basitleştirmek için iç çaplar uygun değerlere yuvarlatılır.

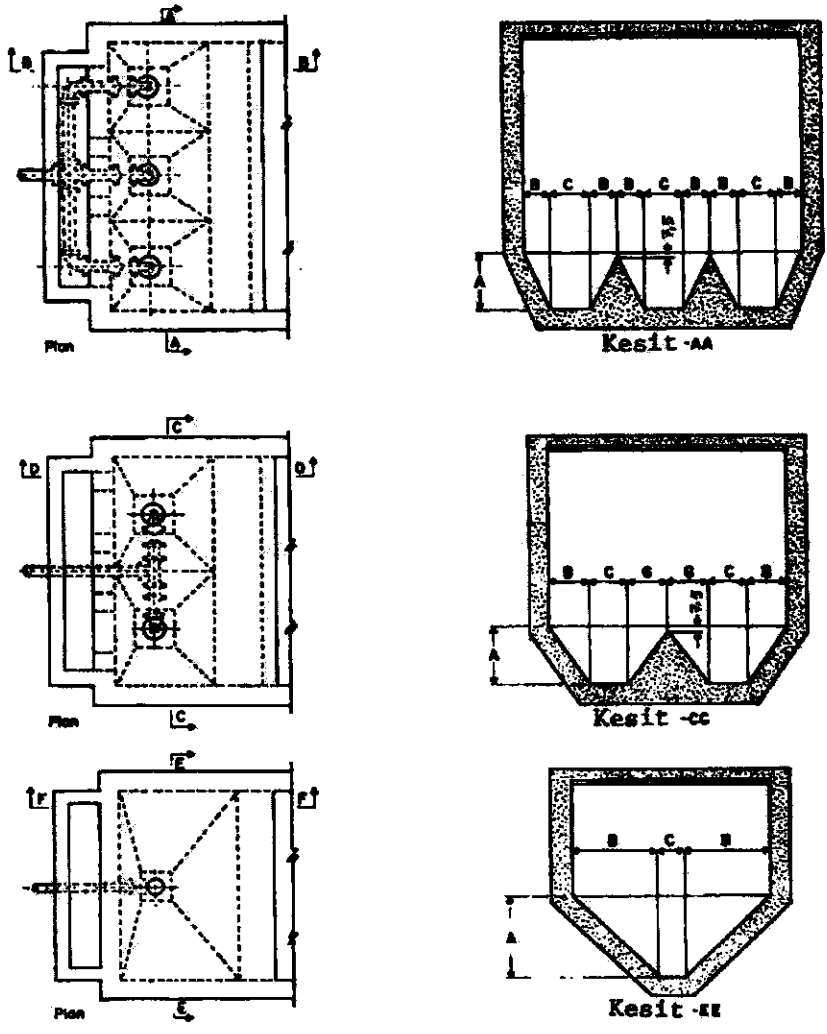
### 6.8.1. Dikdörtgen Çöktürme Havuzları

Dikdörtgen havuzlar 1,5 ila 7,5 m genişlikte inşa edilirler. Çamur sıyırıcılar paralel olarak yerleştirilirse bu genişlikler biraz daha arttırılabilir. Uzunlukları ise en fazla 75 m ye kadar alınmaktadır. Umumiyetle uzunluğun genişliğe nispeti 3:1 ila 5:1 arasında alınır. Takriben 30 m uzunlukta olan havuzlar yaygın olarak kullanılır. Dikdörtgen havuzların derinliği en az 2,5 m, tavsiye edilen derinlikler ise 2,5 — 3,7 m arasındadır. Bazı çalışmalarda derinliğin 2,1 — 4,6 m arasında seçilebileceği belirtilmiştir. En çok kullanılan ortalama havuz derinliği 3 m' dir. Arazinin müsait olduğu yerlerde derin havuzlar yerine sığ havuzların seçilmesi uygun olur.

Dikdörtgen havuzlar, suyun çökelme bölgesine alınması, çamurların uzaklaştırılması ve yüzen maddelerin sıyrılması bakımından daha iyi projelendirilme imkânları sağlar.

Dikdörtgen havuzların tabanı, çamur toplama çukuruna doğru eğimli olarak inşa edilir. En çok kullanılan eğim 1:100 dür. Bu eğim her halükarda 1:200 e eşit veya ondan büyük olmalıdır. Raylar üzerinde hareket eden bir köprüye bağlı olan sıyırıcılarla çamur sıyırılarak çamur toplama çukuruna doğru sürülür. Sıyırıcı çamur konisine vardığı zaman otomatik olarak yukarı çekilir ve çıkış kenarına geri alınır.

Bazı havuzlarda çamur bir, iki veya üç çamur konisine toplanır. Her çamur çukuru ayrı çamur tahliye boruları ile teçhiz edilmiş olup, böylece istenirse ayrı ayrı zamanlarda çamurlar alınabilir. Muhtelif çamur konileri Şekil 6.16'da gösterilmiştir.




Şekil 6.16. Dikdörtgen havuzlar için çamur konileri

Çamur konilerinin eğimleri 1,2: 1 ila 2:1 arasında alınır. Bazı geniş havuzlarda, gerekli çamur çukuru sayısı çok fazla çıkabilir. Bu durumlarda havuz giriş kısmının tabanına enlemesine bir çamur toplayıcı yapmak daha uygun olabilir. Enine toplayıcı birbiri ile bağlantılı olan çok sayıda havuzun çamurunu bir tek çamur çukurunda toplamaya yarar. Şekil 6.17 de enine toplayıcısı olan dök dörtgen çöktürme havuzu gösterilmiştir.

Çıkışa enlemesine yapılacak tek bir savak olması halinde bazı hallerde savak yükü istenilen değerlerden fazla olabilir. Bu durumda havuz uzunluğunun son üçte birinde, Şekil 6.13 ve 6.17 de görüldüğü gibi savaklar yapılabilir.

Son zamanlarda çökeltme havuzlarının verimini arttırmak maksadıyla yatay perdeler yapılmaktadır. Şekil 6.18 c de böyle yatay perdeli bir havuz kesiti gösterilmiştir.

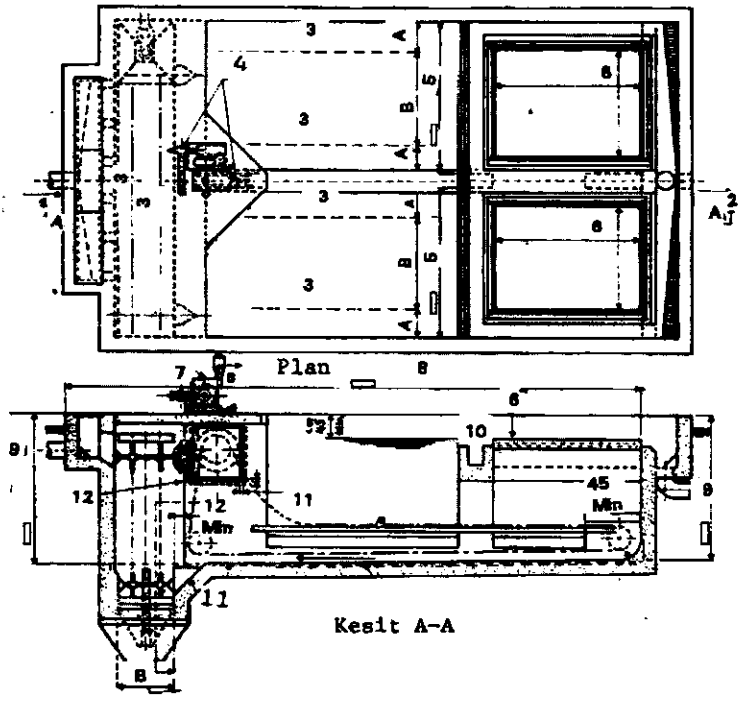
Bazı durumlarda da havuz içine eğimli plakalar yapılmak suretiyle çökeltme verimleri iyileştirilmektedir. Bu tip çökelmeye lamella tipi çökelme denilmektedir.

### 6.8.2. Daire Planlı Çöktürme Havuzları

Bu havuzlar umumiyetle merkezden beslenir. Bir daire planlı havuzda, suyun havuza verildiği bir giriş yapısı, çamurların toplandığı ve uzaklaştırıldığı kısım ve çıkış yapısı bulunur.

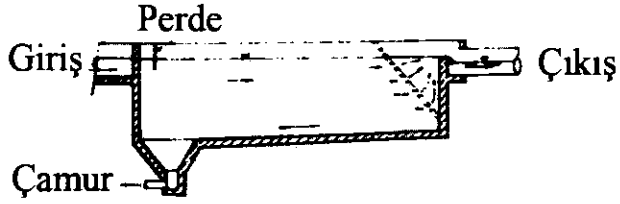
Dairevi havuzların çapları 75-90 m çapa kadar inşa edilirse de bunların çaplarının 38-45 m den büyük olmaması uygundur, hatta çapın 30 m den büyük seçilmemesi tercih edilmektedir. Kare planlı havuzlarda ise bir kenarın en büyük uzunluğu 20 *m* alınmaktadır.

Merkezden beslenen havuzlarda su bir giriş kulesinden havuza verilir. Böylece giren suyun çökelme bölgesine üniform ve düşük hızla dağıtılması sağlanmış olur. Şekil 6.19 da merkezden beslenen bir havuzun plan ve kesiti gösterilmiştir.

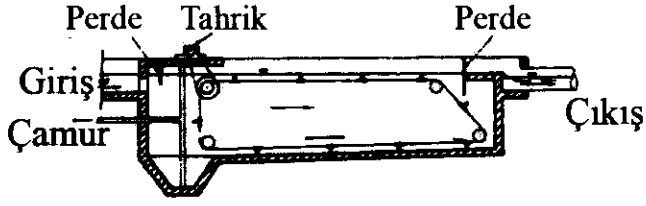



1. Giriş, 2. Çıkış, 3. Zincir rayı, 4. Döşemede zincir boşluğu, 5. Çamur sıyırıcı genişliği, 6. Çıkış savağı, 7. Tahrik, 8. Havuz boyu, 9. H. Derinliği, 10. EYSS, 11. 45° eğimde 5. cm, 12. Ahşap dalgıç perde, 13. Enine kolektör min. Genişliği 90 cm.

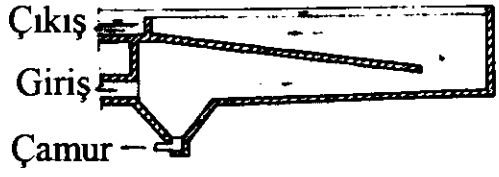
Şekil 6.17. Mekanik çamur sıyırıcılı ve enine kollektürlü dikdörtgen çöktürme havuzu




(a) Mekanik sıyırıcısız çöktürme havuzu

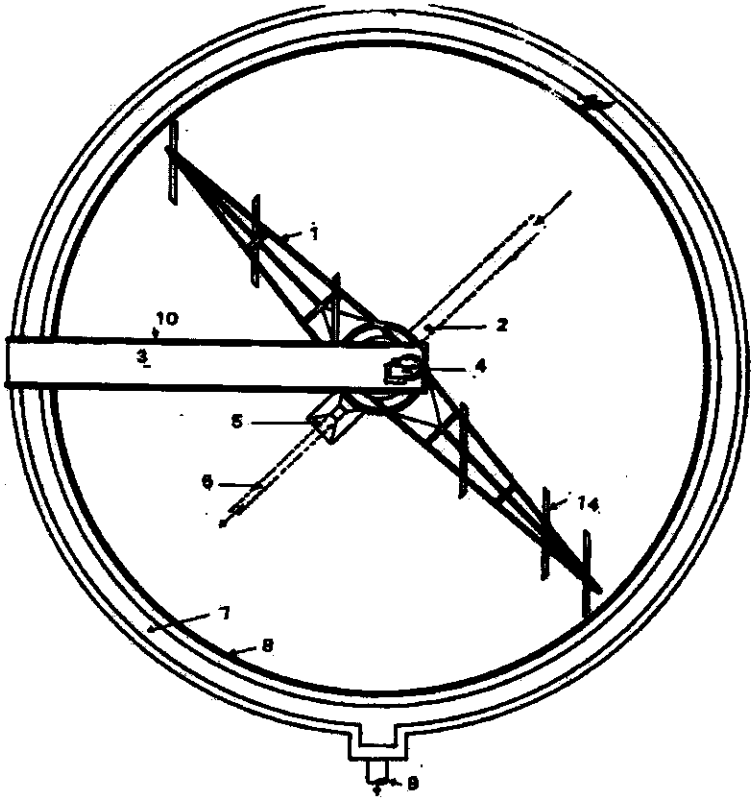



(b) Sıyırıcılı çöktürme havuzu

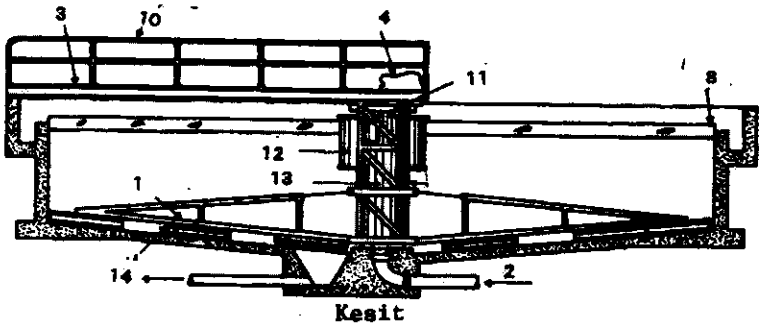



(c) Yatay Perdeli Çöktürme Havuzu

Şekil 6.18. Çöktürme Havuzu Kesitleri




Plân




Kesit

Şekil 6.19. Merkezden Beslenen bir Dairesel Çöktürme Havuzunun Planı ve Kesit Şekli

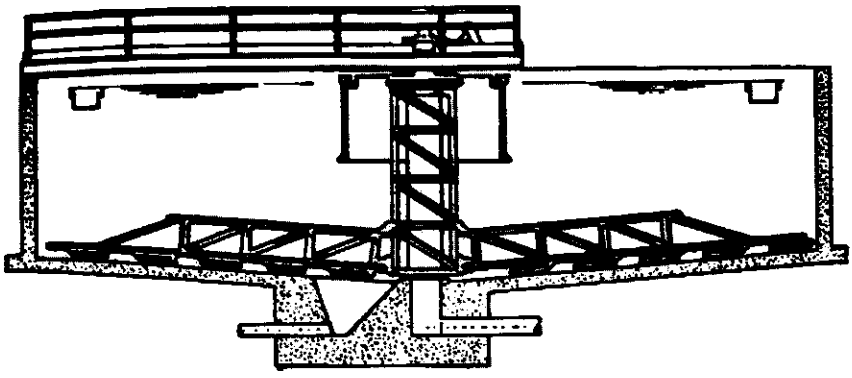
Bazı durumlarda giriş borusu, havuz tabanından gelerek düşey bir dirsekle yukarıya çıkar (Şekil 6.20 A ve C). Bazı hallerde ise hamsu borusu havuz içinden giriş yapısına bağlanır (Şekil 6.20 B). Bu durumlardan hangisi tatbik ediliyorsa, köprü ve sıyırıcıların inşaatı da ona göre yapılır. Bu, şekil 6.20 A.B ve C'de görülmektedir.

Merkezden beslenen havuzlar için en genel bir dağıtma bacası havuzun merkezinde bulunan silindirik bir perdeden ibarettir. Suyun üniform çıkışını sağlamak üzere çıkış boşlukları bulunur. Bu boşluklarda su hızı 0,3 m/sn yi geçmemelidir.

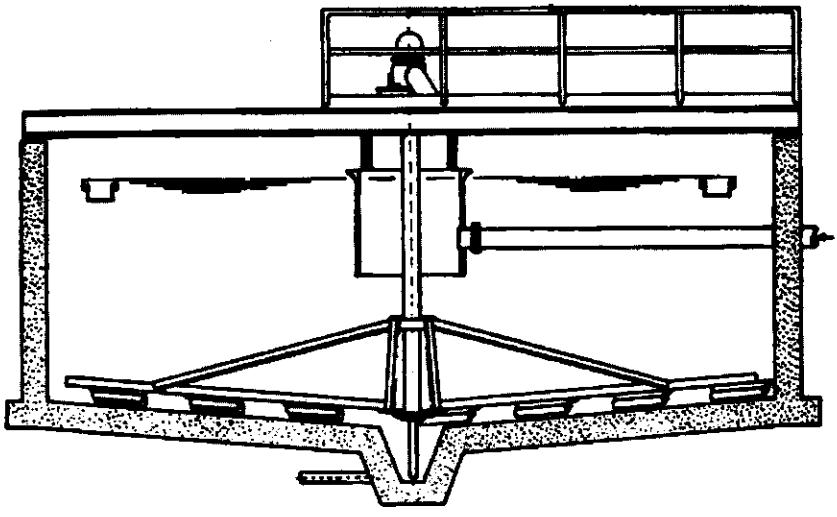
Dairevi havuzların tabanları merkezdeki çamur toplama çukuruna doğru %8 ~ (1:12) eğimli yapılır. Ancak havuzun kullanma maksadına bağlı olarak bu eğim 1:12 ila 1:6 arasında değişmektedir. Ancak en çok kullanılan eğim 1:8 ila 1:12 arasındadır. Çamur çukurlarının eğimleri ise dikdörtgen havuzlardakine benzer şekilde 1,2:1 ila 2:1 arasında seçilmektedir.

Kare planlı havuzlardaki çamur sıyırma tertibatı daire planlı havuzlarınkine benzerdir. Yalnız bunlarda dairevi sahanın dışında kalan köşe bölgelerdeki çamurları sıyırmak için sıyırıcının iki yanına ilave kollar uzatılır. Bu kollar köşelerdeki çamurları esas sıyırma bölgesine sürükler. Bu işlemi kolaylaştırmak bakımından buradaki eğim 1:12 den fazla alınır.

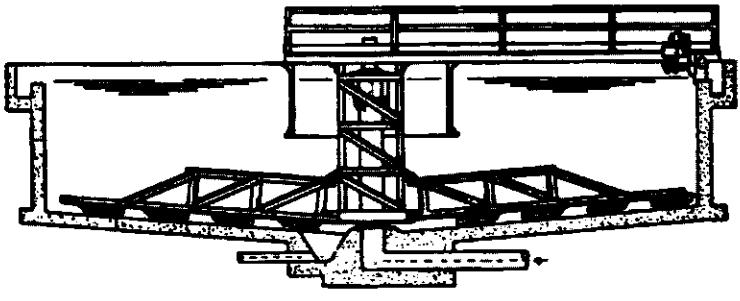
Daire planlı havuzlar umumiyetle merkezden beslenir. Ancak çevreden beslenen dairevi havuzlar da vardır. Böyle bir havuz Şekil 6.21'de gösterilmiştir.



A. Suyun giriş bacası ve tahrik ünitesi havuzun ortasındaki iskele tarafından taşınmaktadır.

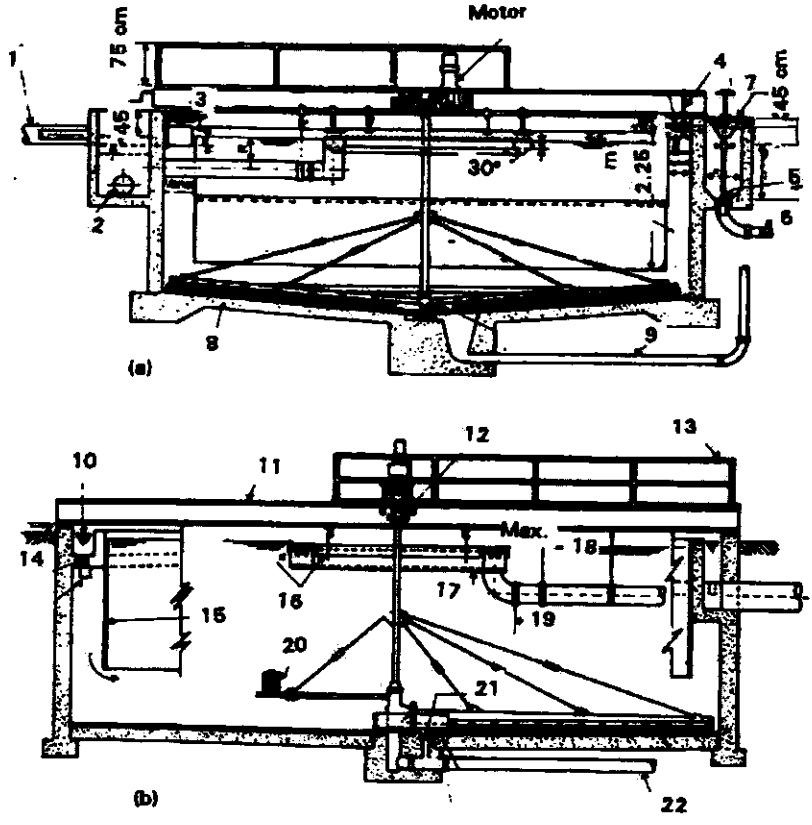


B. Suyun giriş bacası ve tahrik ünitesi köprü tarafından taşınmaktadır.



C. Cer makinası çevrede olup çamur toplayıcısı merkezdeki iskele tarafından taşınmaktadır.

Şekil 6.20. Dairevi çöktürme havuzu kesitleri




1. Giriş, 2. Çıkış, 3. Giriş oluğu, 4. Elle çalıştırılan köpük borusu, 5. Köpük vanası, 6. Köpük borusu, 7. 10 cm kanal, 8. Taban eğilimi %6, 9. Çamur borusu, 10. Giriş kanalı, 11. Köprü, 12. Sonsuz vida, 13. Korkuluk, 14. Orifis, 15. Dalgıç perde, 16. Ayarlanabilen savak, 17. Çıkış kanalı, 18. EYSS, 19. Çıkış borusu, 20. Karşı ağırlık, 21. Dren, 22. Çamur çıkışı

Şekil 6.21. Çevreden beslenen dairesel çöktürme havuzları

# 7. BÖLÜM

# 7. SÜZME (FİLTRASYON)

## 7.1. Filtrasyondan Maksad ve Su Tasfiyesindeki Yeri

İçme suyu tasfiyesinde en eski ve en çok kullanılan tasfiye usullerinden birisi süzmedir. Su tasfiyesinde süzme işleminin maksadı aşağıda belirtilmiştir.

a- Suda asılı bulunan küçük danecikleri sudan uzaklaştırmak, bulanıklılığı gidermek.

b- Organik maddelerin okside olmasını sağlamak (yavaş kum filtrelerinde)

c- Mikroorganizmaları nispeten sudan uzaklaştırmak.

d- Demir ve manganı okside etmek

e- Amonyumu okside etmek
Kullanma maksadına göre filtreler çeşitli sınıflara ayrılır.

• Filtrasyon Hızına Göre Sınıflandırma

a) Yavaş Filtreler (Bati Filtreler)

b) Hızlı Filtreler (Seri Filtreler)

• İnşaat ve Hidrolik Şartlarına Göre Tasnif

a) Yerçekimi ile çalışan filtreler

Bunların üstleri açık olup, su yerçekimi ile akar ve filtreden çıkan su atmosfer basıncındadır.

b) Yukarı Akışlı Filtreler

Bu filtrelerde su girişi alttandır.

c) Basınçlı Filtreler

Bunlar basınca dayanıklı tank şeklindedir. Su tulumba ile filtre içerisine basılır, basınçla filtreye girer, basınçla çıkar.

• Filtre Malzemesine Göre Tasnif

a) Kum filtreleri

b) Antrasit kömürü ile teşkil edilen filtreler

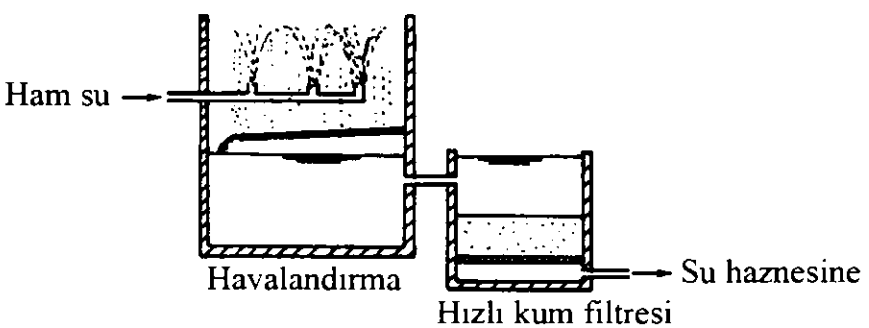
c) Birden fazla malzemenin kullanıldığı filtreler

Kum ve kömür kullanılan filtreler gibi

d) Diatomit filtreler

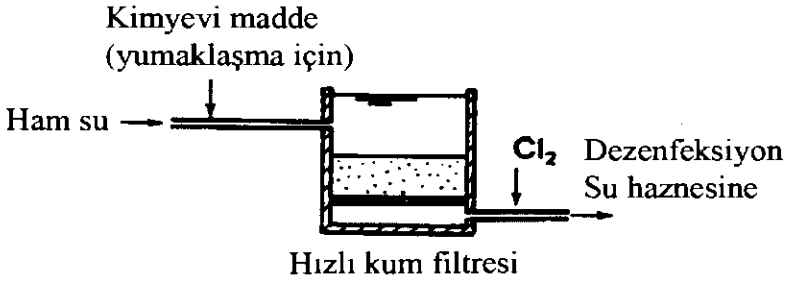
Filtrasyon işlemi su tasfiyesinde yalnız başına veya bir başka tasfiye işlemiyle birlikte kullanılabilir. Yeraltı suyundan su temininde demir ve manganı gidermek için hızlı filtreler havalandırmayı müteakip çok yaygın olarak kullanılır (Şekil 7.1)

Bu durumda 2 mm çapında oldukça kaba kum kullanılabilir ve 54 m/st a kadar, hatta daha büyük filtrasyon hızları tatbik edilebilir.



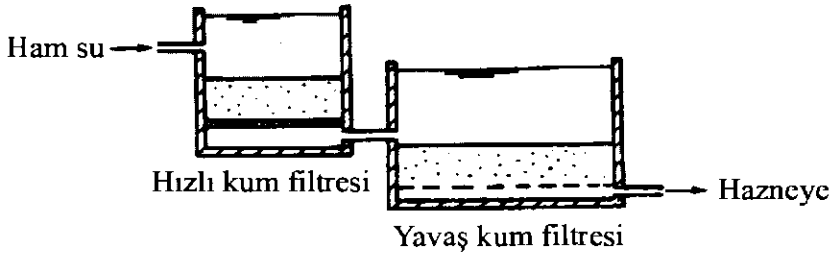

Şekil 7.1. Anaerobik Yer altı Suyunun Tasfiye Şekli

Su evsafının nisbeten iyi olduğu bazı durumlarda ise yumak teşekkülü bakımından kimyevi maddelerin ilavesinden sonra hızlı kum filtreleri kullanılabilir. Böyle hallerde filtrasyon işleminden sonra klor veya ozon gibi dezenfektan maddelerle dezenfeksiyon yapılması uygundur (Şekil 7.2.).



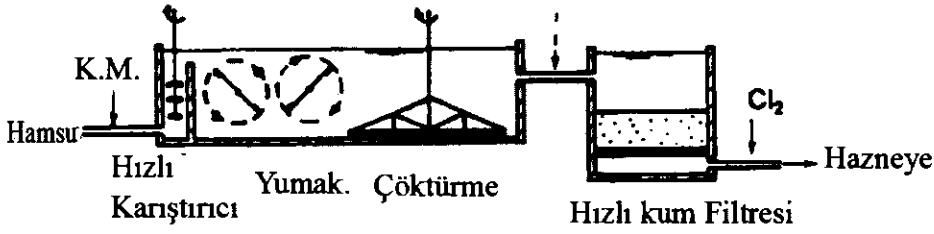

Şekil 7.2. Az Kirlenmiş Yüzey Suları İçin Tasfiye Usulü

Bazı hallerde yavaş kum filtrelerinin tek başına kullanıldığı durumlar vardır. Yavaş kum filtreleri çıkış sularının evsafı bakteriyolojik bakımdan hızlı kum filtrelerine nazaran daha iyidir. Bu yüzden bilhassa küçük yerleşmelerde ve arazinin müsait olduğu yerlerde yavaş kum filtreleri uygundur. Ancak ham suyun bulanıklığı fazla ise böyle durumlarda ön tasfiye gereklidir. Bunun için Şekil 7.3 de görüldüğü gibi yavaş kum filtrelerinden önce hızlı kum filtreleri kullanılınır. Hızlı kum filtrelerinin gayesi içme suyu için iyi evsafta su hazırlamaktan ziyade, yavaş kum filtrelerinin yükünü azaltmaktır. Böylece yavaş kum filtrelerini uzun filtrasyon süreleri için kullanmak mümkündür.




Şekil 7.3. Yüzey Sularının Tasfiyesi

Yüzey sularında yumaklaştırmayı müteakiben cilalama işlemi olarak hızlı kum filtreleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Böyle bir tasfiye akım şeması Şekil 7.4 de gösterilmiştir.




Şekil 7.4. Yüzey Sularının Tasfiyesinde Hızlı Kum Filtresinin Yeri

### 7.2. Filtrasyonun Mekanizması

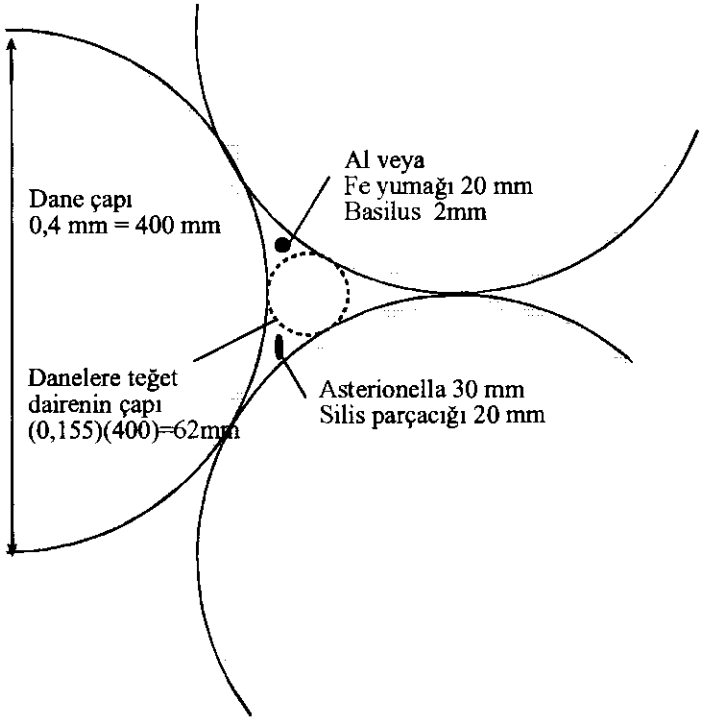
Süzme işlemi sırasında kirliliklerin giderilmesi için birbirinden farklı aşağıdaki hadiseler tesirli olmaktadır:

- Mekanik Süzme
- Çökelme
- Adsorpsiyon(Tutunma)
- Kimyasal reaksiyon
- Biyolojik faaliyet

#### a. Mekanik süzme

Mekanik olarak süzme işlemi, kullanılmış suların filtre yatağından geçerken bazı kirleticilerin filtre malzemesi tarafından tutulması işlemidir. Süspansiyon halindeki katıların boyutları, yatak malzemesi gözeneklerinden büyük olduğundan burada tutulurlar. Ancak kum malzemenin çapı 0,4 mm olsa dahi, küre şeklindeki kumların yan yana dizilmesi halinde arada kalan boşluk 0,155x400 μm = 62 μm çapındadır (Şekil 7.5). Kolloidlerin çaplarının (0.001 - 0,1 μm), bakterilerin çaplarının (1-10 μm) olduğu dikkate alınırsa bunların 0.4 mm çaplı malzemeyle teşkil edilmiş filtrelerde tutulamayacakları anlaşılır. Hatta küçük çaplı alüminyum ve demir yumaklarının (mesela 20 - 50 μm) da tutulması mümkün görülmemektedir.

Ancak süzülme sırasında bazı daneciklerin birbiriyle temas etmesi neticesi büyük yumaklar teşekkül eder, böylece kirletici maddelerin filtre yatağından süzülüp çıkış suyuna karışması engellenir. Hızlı kum filtrelerinde mekanik süzme, diğer giderme mekanizmaları yanında ihmal edilebilecek mertebededir. Bu yüzden çabuk tıkanmalara meydan vermemek için bu filtrelerde kum yatağının dane çapı daha büyük seçilir.




Şekil 7.5. Filtre Malzemesinin Arasında Kalan Deliklerin ve Süspansiyon Haldeki Maddelerin Boyutları

**b. Çökelme**

Filtrede filtre yatağının üzerinde bir durgun su sütunu bulunmaktadır. Burada normal çökelme işleminde olduğu gibi bazı danecikler filtre yatağının üzerine çökelir. Çökeltme havuzlarında, çökelen maddeler tabanda birikirler. Halbuki filtrelerde, filtre yüzeyine ilave olarak daneciklerin toplam yüzey alanı da bahis konusudur. Yatağın porozitesi p ile, dane çapı d ile gösterilirse, 1 *$m^3$ hacimdeki* küre şeklindeki kum malzemenin toplam yüzey alanı

$\frac{6}{d}.(1-p)$ , $m^2$ olarak hesaplanabilir. p= 0,4, d= 0,8 mm

alınırsa 1 m filtre malzemesinin toplam yüzey alanı 4500 $m^2$ bulunur. Süzülme sırasında çökelen malzemeler, gözenek hacmini azaltır, suyun geçtiği kesit daraldığından su hızı artar, filtre yatağındaki malzeme artan su hızı ile aşağıya taşınır, filtre yatağı kalınlığı sınırlı olduğundan çıkış suyu kalitesi bozulur. Böyle durumlarda hızlı kum filtrelerinin geri yıkanması gereklidir.

**c. Adsorpsiyon**

Adsorpsiyon (tutulma), kolloidlerin ve küçük asılı daneciklerin sudan uzaklaştırılmasında en mühim işlemlerden birisidir. Adsorpsiyon kuvvetleri, en fazla 0,01—1 μm gibi çok kısa mesafeler için tesirli olmaktadır. Hâlbuki kum daneciklerini saran film tabakasının kalınlığı, bu mesafeden çok daha büyüktür. Bu husus dikkate alınırsa adsorpsiyonun, daneciklerin tutulmasında bir rolü olmayacağı anlaşılır. Ancak durum farklıdır. Absorbsiyon işlemine yardım eden, taşınma mekanizmaları ile suda bulunan partiküller filtre malzemesini teşkil eden kum danesine doğru yaklaştırılır. Böylece mesafe azaldığından partiküller tutulur. Taşınma mekanizmaları, kesişme, atalet, yerçekimi, difüzyon ve hidrodinamik tesirler olarak sınıflandırılabilir. Parçacıkların taşınma mekanizmalarının basitleştirilmiş gösterilişleri Şekil 7.6 da verilmiştir.

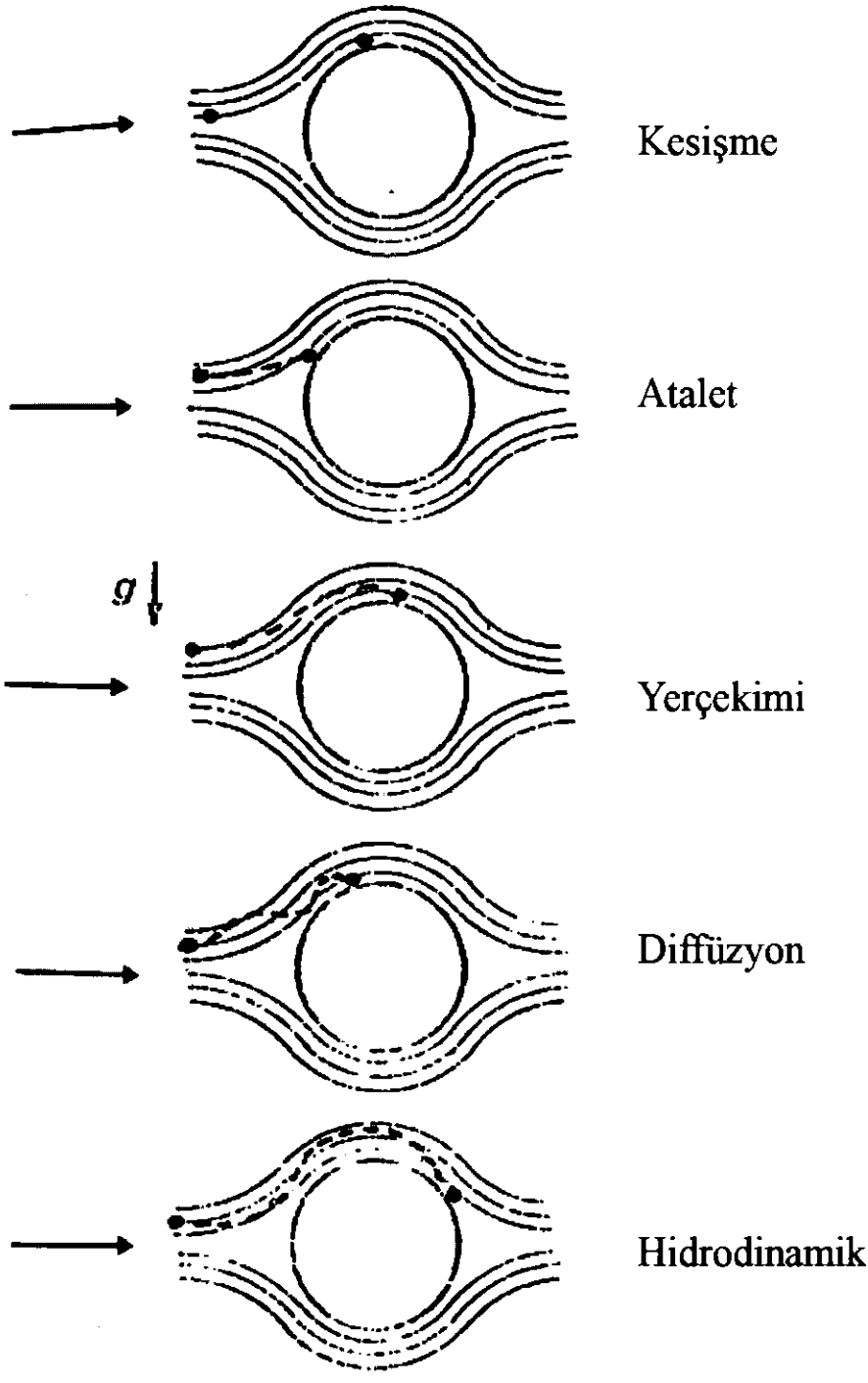
**d. Kimyasal Reaksiyon**

Filtrasyon işlemi sırasında bazı reaksiyonlar cereyan eder. Böylece çözünmüş haldeki kirletici maddeler ayrışır, daha az zararlı maddeler haline dönüşür veya çözünmeyen maddelere dönüşerek çökelme ve adsorpsiyon ile sudan uzaklaşır. Suda oksijen mevcut ise organik maddeler, aerobik olarak ayrışır. Reaksiyon basit olarak:

$$C_5H_7O_2N + 5O_2 \Leftrightarrow H_2O + 4CO_2 + NH_4^+ + HCO_3^-$$

şeklinde yazılabilir. Bu denklemden görülebileceği üzere 1 gr organik madde ayrışırken 1,4 gr oksijen sarfeder, 0,16 gr. amonyum ortaya çıkar.

Amonyum da bakterilerin yardımıyla okside olur.




Şekil 7.6. Parçacıkların Taşınma Mekanizması

$$NH_4^+ + \frac{3}{2}O_2 \xrightarrow{Nitrosomonas} H_2O + NO_2^- + 2H$$

$$NO_2^- + 1/2O_2 \xrightarrow{Nitrobakter} NO_3^-$$

$$H^+ + HCO_3^- \longrightarrow H_2O + CO_2$$

Reaksiyonlar topluca yazılırsa

$$C_5H_7O_2N + 7O_2 \longrightarrow 3H_2O + 5CO_2 + NO_3^- + H^+$$

bulunur.

Diğer bir reaksiyon demirin okside olmasıdır :

$$4\ Fe^{++} + O_2 + (2n+4)\ H_2O \longrightarrow 2Fe_2O_3.n\ H_2O + 8H^+$$

$$8\ H^+ + 8HCO_3^- \longrightarrow 8H_2O + 8CO_2$$

veya

$$4Fe^+ + O_2 + (2n+4)H_2O + 8HCO_3^- \longrightarrow 2Fe_2O_3.n\ H_2O + 8CO_2$$

Bu reaksiyonlardan 1 gr demirin okside olması için 0.14 *gr* oksijene ihtiyaç olduğu görülebilir.

Manganın oksidasyonu için de benzer denklemler yazılabilir.

$$4\ Mn^{++} + (2x + y—2)O_2 + (2y+4z+4)\ H_20 \longrightarrow 4MnOx\ (OH)y\ (H_2O)z + 8H^+$$

$$8H+ + 8HCO_3^- \longrightarrow 8\ H_2O + 8\ CO_2$$

$$4\ Mn^{++} + (2x+y-2)\ O_2 + (2y+4z-4)\ H_2O + 8HCO_3^- \rightarrow 4\ MnO_x\ (OH)_y\ (H_2O)_z + 8\ CO_2$$

(2x+y) nin mümkün olabilen en büyük değeri 4 veya (2x+y—2) ise 2 den büyük olamayacağından, 1 gr manganın oksidasyonu için 0.29 gr oksijenin lüzumlu olduğu bulunabilir. Reaksiyon:

$$2\ Mn^{++} + O_2 + 4\ HCO_3^- \longrightarrow 2\ MnO_2 + 2H_2O + 4CO_2$$

şeklinde basitleştirilebilir.

**e. Biyolojik Faaliyet**

Filtre yatağında ve yatak yüzeyinde yaşayan mikroorganizmalar biyolojik faaliyet gösterirler. Suda bulunan besin maddelerin bir kısmı, bu mikroorganizmaların yaşamaları için gerekli olan enerjiyi temin için (dissimilasyon), bir kısmı ise kendilerinin büyümeleri için (assimilasyon) harcanır. Bu mikroorganizmalardan bir kısmı süzme, çökelme ve adsorpsiyon ile kum daneciklerin yüzeyinde tutulur. Ancak hızlı kum filtreleri ve yavaş kum filtrelerindeki bakteriyolojik faaliyetler birbirinden farklıdır. Hızlı kum filtrelerinde bakteriyolojik bakımdan emniyetli bir çıkış suyu temin edilemez. Bu filtrelerde E koli için azalma faktörü 2 ila 10 arasında değişir. Bu değer çok küçük bir değerdir. Yavaş kum filtrelerinde filtre yüzeyinde teşekkül eden biyofilm tabakası sebebiyle bakteriyolojik faaliyet fazladır. Ayrıca bakteri azalma faktörü hızlı kum filtrelerine göre çok iyidir.

### 7.3. Hızlı Kum Filtreleri İle Yavaş Kum Filtrelerinin Mukayesesi

Bugün için en çok kullanılan filtreler hızlı kum filtreleri (seri filtreler) ile yavaş kum filtreleri (bati filtreler) dir. Bunları birbirinden ayıran en mühim kıstaslardan birisi, filtre hızıdır. Filtre hızı, filtrenin birim yüzey alanından, birim zamanda süzülen su miktarı olarak tarif edilebilir. Yani

$$V = \frac{Q}{A}, \ \left(m^3 / m^2.st\right) \ veya \ \left(m / st\right) \qquad (7.1)$$

yazılabilir. *Burada :*

Q = Debi, $(m^3/st)$

A = Filtrenin yüzey alanı, $m^2$

V = Filtre hızını (m/st) göstermektedir.

Her iki filtre arasındaki diğer farklar aşağıda verilmiştir.

| Mukayese Kriteri | Hızlı kum filtreleri | Yavaş kum filtreleri |
|---|---|---|
| Filtre hızı, $m^3/m^2.st$ | 5-15 | 0,1-0,5 |
| Kumun dane çapı, mm | 0,5-2 | 0,15-0,35 |
| Malzeme üniformluk katsayısı, $u=d_{60}/d_{10}$ | <1,5 | 2~3 |
| Yatak kalınlığı, m | 0,5-2 | 0,6 -1,2 |
| Su yüksekliği, m | 0,25-2 | 1,0 -1,5 |
| Temizleme şekli | Geri yıkama | Sıyırma |
| Temizleme aralığı, gün | 1 ~ 3 | 90-120 |
| Bir filtrenin en düşük yüzey alanı, $m^2$ | 10—20 | 100-200 |
| Bir filtrenin en büyük yüzey alanı, $m^2$ | 100-200 | 2000-5000 |
| Filtre sayısı, n | 4 ~ 40 | - |
| Filtrenin tesirli kısmı | Bütün hacim | Üst yüzey |
| İnşa maliyeti | Düşük | Yüksek |
| İşletme masrafları | Yüksek | Düşük |
| Tesisin ömrü | Kısa | Uzun |
| Yetişmiş eleman ihtiyacı | Fazla | Az |

Mukayese cetvelinden görüldüğü gibi yavaş kum filtrelerinin yetişmiş eleman ihtiyaçları az, işletme masrafları düşük ve işletilmeleri kolaydır. Ayrıca yavaş kum filtresinden çıkan suyun bakteriyolojik bakımdan evsafı çok daha iyidir. Bu yüzden arazinin müsaid olduğu yerlerde yavaş kum filtrelerinin tercih edilmeleri uygun olacaktır.

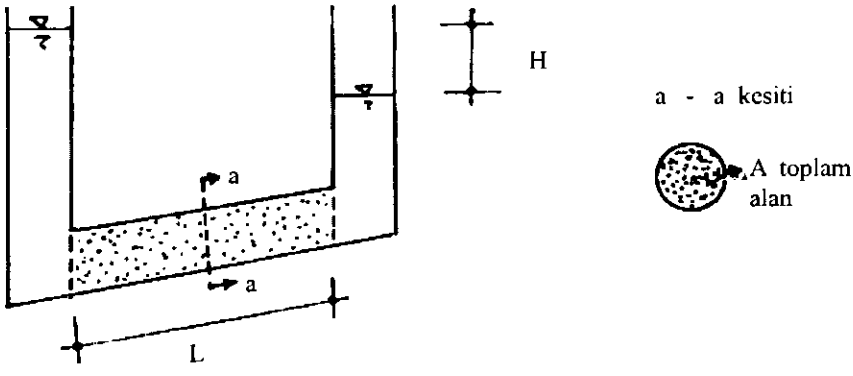
### 7.4. Filtrasyonun Hidroliği

Darcy Kanununa göre gözenekli bir ortamda akıştaki, filtre hızı V, yük kaybına bağlıdır. (Şekil 7.7) Yani:

$$V = k.I = k.\frac{H}{L}$$

yazılabilir. Burada :

V: Filtre hızı, Q/A
H: Yük kaybı
k: Geçirimlilik katsayısı
L: Yatak kalınlığı




Şekil 7.7. Gözenekli bir ortamda akış

Darcy ifadesinden H yük kaybı çekilirse

$$H = \frac{V}{k}.L \qquad (7.2)$$

bağıntısı bulunur.

Ancak filtrasyonda yük kaybı 1esaplarında Darcy formülü kullanılmaz. Bunun yerine Carman-Kozeny veya Sabri Ergun denklemleri kullanılmaktadır.

Carman — Kozeny denkleminde temiz bir filtrenin başlangıçtaki yük kaybı:

$$H_0 = \frac{180\upsilon}{g} \cdot \frac{(1-p_0)^2}{P_0^3} \cdot \frac{V}{d_h^2} \cdot L \qquad (7.3)$$

ifadesiyle verilmiştir. Burada:

$H_0$:Filtre yatağının başlangıçtaki yük kaybı, m

v: Kinematik viskozite, $m^2/sn$

$P_0$:Temiz filtre yatağının porozitesi

V: Filtrasyon hızı, m/sn

$d_h$: Filtre malzemesinin hidrolik çapı, m

L: Yatak kalınlığı, m 'dir

Malzemenin hidrolik çapı,

$d_h = \phi \cdot d_s$

tarzında ifade edilebilir. Burada

d: Spesifik dane çapı

$\phi$ :Şekil katsayısıdır.

Şekil katsayısı filtre malzemesinin şekline bağlıdır. Küre şeklindeki malzeme için

$\phi$ = 1,00, Küreye yakın malzeme için 0.95 alınabilir. Bu değer, kırık malzeme için 0,65 olup, diğer malzeme şekilleri için 0,65 ila 0,95 arasındaki değerler alınabilir. Malzemenin spesifik çapı, $d_s$, elek analizi yardımıyla aşağıdaki ifadeden bulunabilir:

$$\frac{W}{\phi . d_s} = \frac{W_1}{\phi_1 \cdot \sqrt{s_1 . s_2}} + \frac{W_2}{\phi_2 \cdot \sqrt{s_2 . s_3}} + \ldots + \frac{W_n}{\phi_n \cdot \sqrt{s_n . s_{n+1}}} \qquad (7.4)$$

Burada :

$s_i$: elek çapları

$W_i$: eleğin üzerinde kalan kumun ağırlık yüzdesini göstermektedir.

**Misal:** Bir filtre malzemesinin hidrolik dane çapını bulmak gayesiyle yapılan elek analizinde aşağıdaki değerler bulunmuş ve şekil katsayıları verilmiştir. Buna göre hidrolik çapı hesaplayınız.

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Elek çapları, | s,mm | 0,71 | 0,80 | 0.90 | 1,00 | 1,12 | 1,25 | 10 |
| Malzeme %si, | W | 1,5 | 6,5 | 34 | 45 | 10 | 3 | |
| Şekil katsayısı | $\phi$ | 0,90 | 0,89 | 0,88 | 0,87 | 0,86 | 0,84 | |

ÇÖZÜM:

Bulunan değerler (7.4) denkleminde yerine konulursa:

$$\frac{100}{\phi.d_S}=\frac{1,5}{(0,90).\sqrt{0,71x0,80}}+\frac{6,5}{0,89\sqrt{0,80x0,90}}+\frac{34}{0,88\sqrt{0,9x1,0}}+...\frac{3}{0,84\sqrt{1,25x1,4}}=\frac{100}{\phi.d_S}=113,99$$

$d_h = \phi . d_s = 0,88$ mm bulunur.

Carman- Kozeny denklemi ancak laminer akımlar için geçerlidir. Kumun dane çapı, 0,5 mm ila 1,0 mm arasında değişen ve normal filtrasyon hızlarında çalışan (v = 4 ~ 12 m/st) hızlı kum filtreler için akımın laminer bölgede olduğu kabul edilir ve Carman-Kozeny denklemi kullanılabilir. Bu şartlarda Reynold sayısı umumiyetle 3 den azdır. Bazen kullanılmış suların filtrasyonunda olduğu gibi büyük çaplı filtre malzemesi kullanılır ve filtrelerin geri yıkanmasında büyük hızlar bahis mevzuu olur. Böyle durumlarda filtre içindeki akım, laminer bölgeden çıkar ve laminer bölge ile türbülanslı bölge içindeki geçiş bölgesine girer. Bu hallerde Carman - Kozeny denklemi kullanılmaz. Onun yerine Sabri Ergun denkleminin kullanılması uygundur. Sabri Ergun denklemi laminer, geçiş bölgesi ve türbülanslı bölgeyi içine alan bir denklemdir. Bu denklem

$$\frac{H}{L}=150\frac{\mu}{\rho.g}.\frac{(1-\rho_0)^2}{P_0^3}.(\frac{S_v}{6})^2.V+1,75\frac{(1-p_0)}{P_0^3}.\frac{S_v}{6}.\frac{V^2}{g} \qquad (7.5)$$

şeklinde ifade edilmiştir. Burada

H: Yatak boyunca değişen yük kaybı
g: Yer çekimi ivmesi
p: Porozite, = boşluk hacmi / yatak hacmi
$S_v$: Spesifik yüzey
$\mu/\rho$: v, kinematik viskozitedir.

Spesifik yüzey, birim hacme düşen dane yüzeyi alanı olup, bu değer küre şeklindeki danecikler için $6/d_{eq}$ ve düzgün olmayan daneler için $6/\psi.d_{eq}$ şeklinde verilmiştir. $d_{eq}$ eşit hacimdeki kürenin çapıdır. $\psi$, küresellik katsayısı olup, eşdeğer hacimdeki bir kürenin yüzey alanının, danenin hakiki yüzey alanına oranıdır.

Ergun denkleminin 1. terimine dikkat edilirse, bunun Carman—Kozeny denklemiyle aynı olduğu görülür. Esasen Carman-Kozeny denklemi de (7.2) ifadesiyle verilen Darcy formülüne benzerdir. (7.2) ve (7.3) denklemleri karşılaştırılırsa Carman-Kozeny formülünde

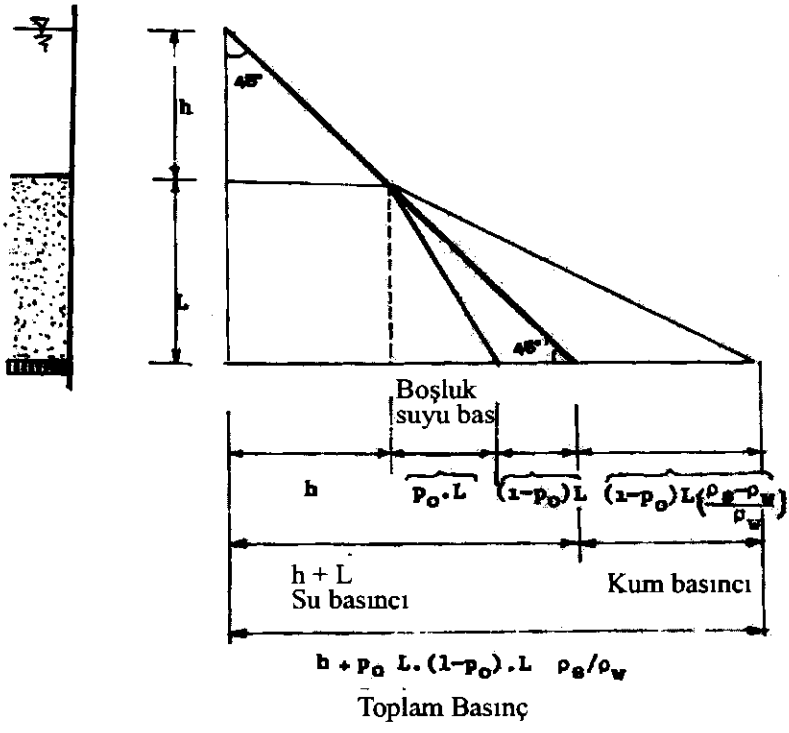
$$\frac{1}{k}=\frac{180\upsilon}{g}.\frac{(1-p_0)^2}{P_0^3}.\frac{1}{d_h^2}$$

olduğu görülür.

Ergun denklemindeki ikinci terim, kinetik enerji kayıplarını belirtir ve hız arttıkça ehemmiyeti artar.

### 7.5. Filtrelerde Basınç Diyagramları

Bir filtrede yatak kalınlığı L, su yüksekliği h ile gösterilirse Şekil (7.8) de gösterilen basınç diyagramı çizilebilir.




Şekil 7.8. Filtrelerde Basınç Dağılımı

## 7.6. Hızlı Kum Filtreleri İçin Deney Neticeleri

Filtrasyonun mekanizmasını anlamak, filtre malzemesi çapı, yatak kalınlığı, geri yıkama süresi gibi özellikleri tesbit etmek için laboratuvarda bir veya birkaç filtre sütununda deney yapmak uygundur.

Böyle bir deney tesisatı Şekil 7.9'da gösterilmiştir.

Deney filtrelerinin iç çapları 0,1 - 0,3 m arasında ve yükseklikleri 2-4 m arasında değişir. Filtrenin muhtelif yüksekliklerinde numune alma muslukları bulunmaktadır. Deney sırasında, su basınçları ölçülür ve çeşitli derinliklerden numuneler alınır. Böylece zaman, filtre yatağı kalınlığı ile çıkış suyu evsafı arasındaki münasebeti görmek mümkün olur. Şekil 7.9 da gösterilen derinlikler için yapılan bir filtre deneyi neticesi Şekil 7.10'da grafik olarak gösterilmiştir. Hızlı kum filtrelerinde iki parametre oldukça mühimdir. Bunlar:

a) Çıkış suyu kalitesinin standartları sağladığı Tq filtre süresi

b) Filtrede yük kaybının müsaade edilen en büyük değere eşit olduğu filtre süresi Tr

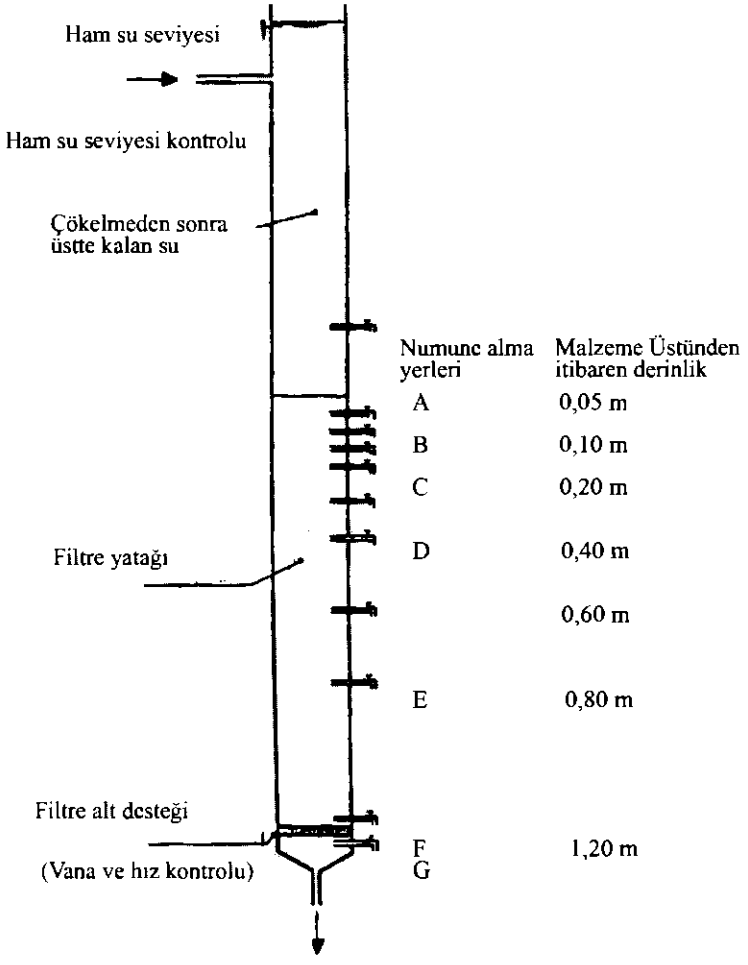
Bu iki değer aşağıdaki iki grup değişkene bağlıdır.

a) Tasfiye edilecek suyun fiziki, kimyevi ve bakteriyolojik özellikleri

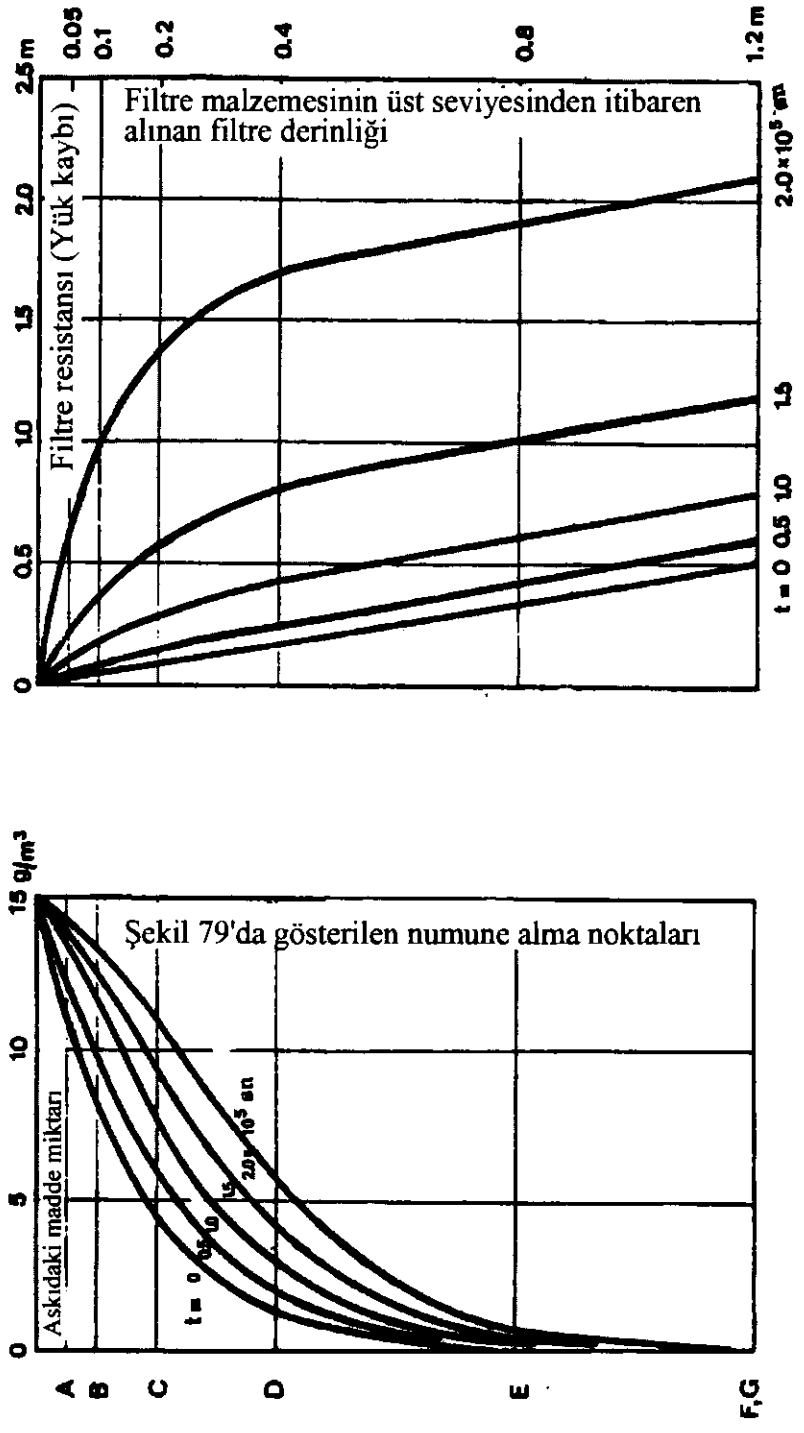
b) Filtre hızı ve filtre yatağının terkibi (yatak kalınlığı, malzeme dane çapı, dane büyüklükleri dağılımı gibi)

Laboratuvarda filtre sütununda d = 0,7, 0,8 ve 0,9 mm çaplı kum malzemeler ile yapılan deney neticeleri Şekil 7.11 de gösterilmiştir. Filtre kalınlığı her üç malzeme için 0,8 m alınmıştır. Çıkış suyunda asılı madde konsantrasyonu 0,5 $g/m^3$ ve müsaade edilen en büyük yük kaybı 1,5 m alınarak Şekil 7.11 deki grafikten bulunan değerler aşağıda belirtilmiştir.

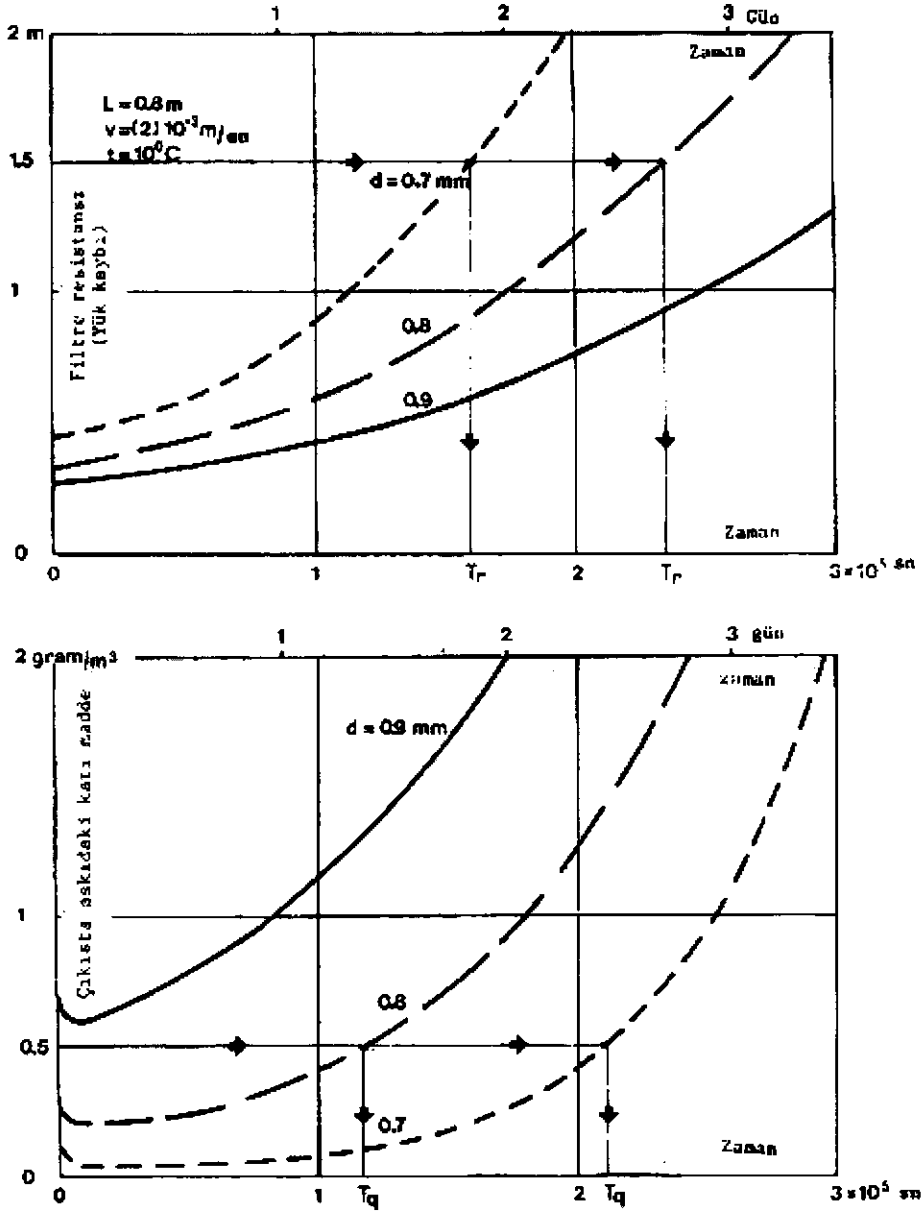
| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| d= | 0,7 | 0,8 | 0,9 | mm |
| Tq= | 2,12 | 1,17 | <0 | $x10^5$ sn |
| $T_r$= | 1,60 | 2,34 | <3 | $x10^5$ sn |




Şekil 7.9. Laboratuar Filtre Sütunu




Şekil 7.10. Filtre Deneyi Neticeleri




Şekil 7.11. Değişik Boyutlardaki Filtre Malzemesi Kullanarak Yapılan Deneylerin Neticeleri

Bu değerlerden aşağıdaki neticeler çıkarılabilir:

a) En ince filtre malzemesi olan d= 0,7 mm bütün şartları sağlamaktadır. Ancak filtrasyon süresi biraz büyük olduğundan daha büyük filtre hızlarının da tatbik edilebileceği düşünülebilir.

b) Çapı 0,8 mm olan orta irilikteki malzeme için en düşük filtrasyon süresi $T_q \cong 1{,}17 \times 10^5$ sn = 32 st olup uygundur. Ancak $T_q < T_r$ olduğu görülmektedir. Bu, su kalitesi bozulmasına rağmen, filtrede müsaade edilen en büyük yük kaybına henüz ulaşılmadığını gösterir. Çıkış suyu kalitesini ölçmek, filtrede yük kaybını ölçmekten zor olduğundan, filtre yatağının arttırılması suretiyle $T_r$'nin bir miktar azaltılması, $T_q$'nün arttırılması uygun olur.

c) Filtre yatak kalınlığının 0,8 m ve malzeme çapının 0,9 mm olduğu hal için göz önüne alınan çıkış suyu standardlarının sağlanamadığı görülmektedir.

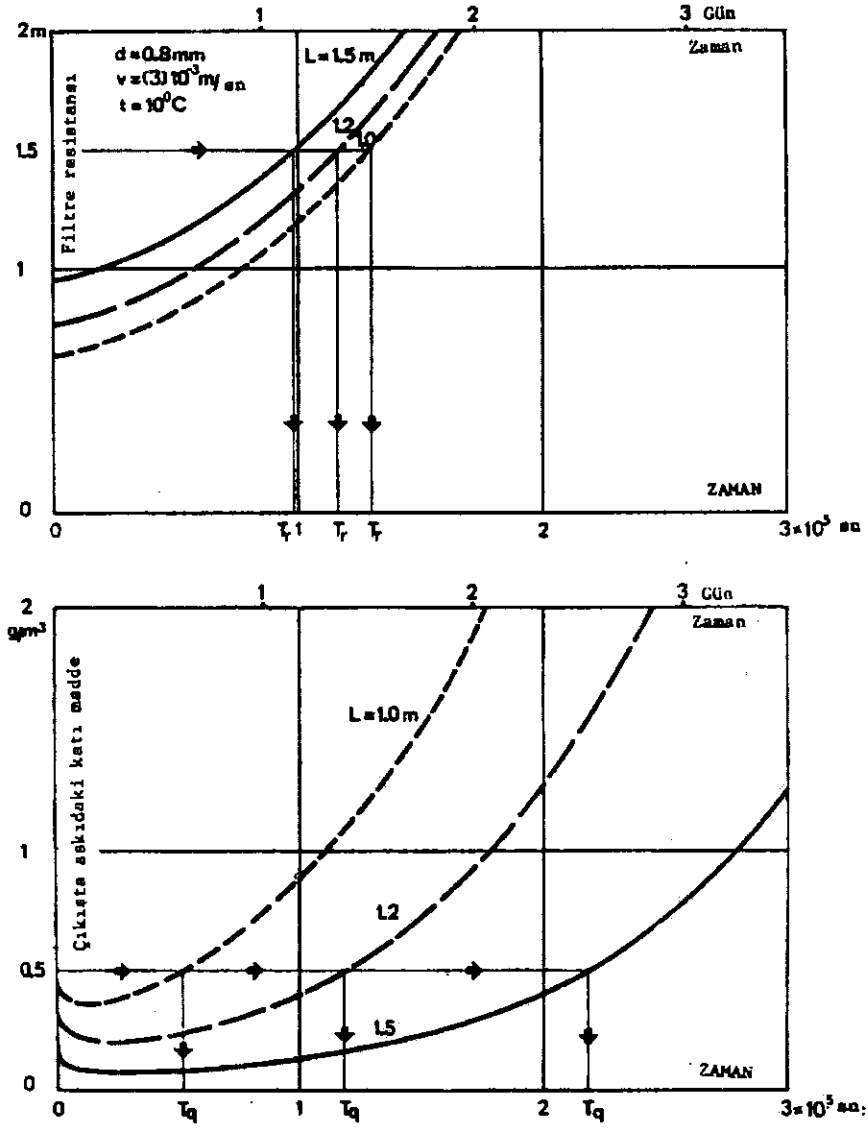
Yukarıdaki mülahazalardan 0,8 mm çaplı malzemenin uygun olduğu anlaşılmaktadır. Burada yatak kalınlığı sabit olarak alınmıştı,L = 0,8 m., şimdi yatak kalınlığının (b) şıkkında belirtildiği üzere arttıralım ve sırasıyla 1,0 ; 1,2 ; ve 1,5 m yatak kalınlığı için deney yapalım. Filtre hızı $V = 3 \times 10^{-3}$ m/sn = 10,8 m/st olarak alınsın. Bu hal için elde edilen deney neticeleri Şekil 7.12'de grafik olarak gösterilmiştir.

Şekil 7.12'de verilen grafikten çeşitli yatak derinliğindeki $T_q$ ve $T_r$ filtrasyon süreleri aşağıda verilmiştir.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| L = | 1,0 | 1,2 | 1.5 | m |
| $T_q$ = | 0,52 | 1,18 | $2{,}18 \times 10^5$ | sn |
| $T_r$ = | 1,30 | 1,16 | $0{,}98 \times 10^5$ | sn |

Bu değerlerden L = 1,2 m kalınlık için en iyi neticenin alındığı görülebilir. $T_r \cong T_q \cong 1{,}16 \times 10^5$ sn $\cong$ 32 st olup, tatbikatta filtrasyon süresi veya geri yıkama peryodu

24 ~ 25 st veya 1 gün civarında alınmaktadır.

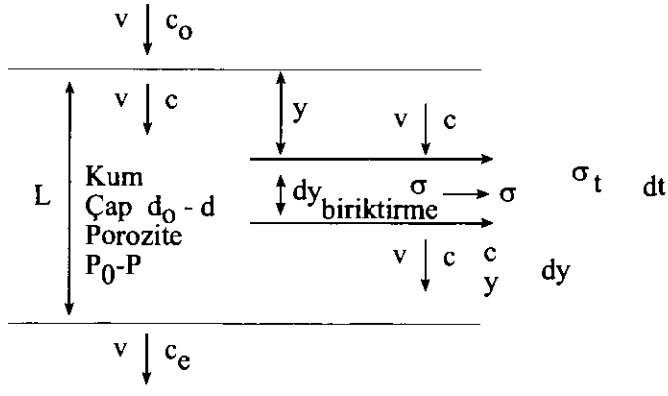



Şekil 7.12. Değişik Yatak Kalınlığındaki Filtrelerden Alınan Deney Neticeleri

Çevre mühendisleri göz önüne alınan ham su için benzer deneyler yapmak suretiyle uygun filtre yatak kalınlığı ile filtre malzemesi çapını tesbit etmek suretiyle, daha uygun bir projelendirme yapmalıdır.

### 7.7. Filtrasyonun Dinamiği

Süzme işlemi sırasında kirletici maddeler süzülen sudan giderilir. Bu bir bakıma su kalitesindeki iyileşme, diğer bakıma kirleticilerin filtre yatağındaki boşluklarda birikerek gözeneklerin tıkanması manasına gelir. Filtrasyonun mekanizmasını anlamak için yatak kalınlığını L, porozitesini po ve malzeme çapını do ile gösterelim. (Şekil 7.13). Kirleticilerin filtre yatağında birikmesi neticesi yatak kalınlığı değişmez, fakat porozite ve dane çapı değişir. Kirlenmiş yatağın porozitesini p, dane çapını d ile gösterelim.




Şekil 7.13. Filtrasyon Matematiği

Ham sudaki kirletici konsantrasyonu $C_0$ ve filtre hızını V ile gösterelim. Filtre yatağından y mesafe derinlikte filtre hızı hala V olmasına rağmen, kirletici konsantrasyonu $C_0$ dan C'ye azalır.

Filtreden kirleticilerin giderilmesi, kirletici konsantrasyonuyla birinci dereceden orantılı olduğu yazılırsa:

$$-\frac{\partial c}{\partial y} = \lambda C \qquad (7.5)$$

yazılabilir. λ değeri orantılılık katsayısı olup, filtre katsayısı olarak isimlendirilir. Bu denklem, y = 0, c= $C_0$ sınır şartı ile integre edilirse

$$C = C_0\, e^{-\lambda_0 y} \qquad (7.6)$$

elde edilir.

Bu ifadeden kirletici konsantrasyonunun derinlik ile logaritmik olarak azaldığı görülmektedir,

y = L için (7.6) denklemi

$$C_e = C_0\, e^{-\lambda_0 . L} \qquad (7.7)$$

yazılabilir. $C_e$, çıkıştaki konsantrasyonu göstermektedir.

Mesela t = 0,75 m, $\lambda_o$ = 6 $m^{-1}$ ve $C_0$ = 15 $g/m^3$ verilmesi halinde çıkış konsantrasyonunu hesaplayalım. (7.7) denkleminden

$$C_e = 15\ e^{-(6)(0,75)} = 0,17\ g/m^3$$

bulunur.

Filtrasyon sırasında sudan giderilen kirlilikler, filtre yatağına, filtre malzemesi arasındaki boşluklara, birikir. Filtre yatağında y derinlikte bir dy tabakası göz önüne alalım (Şekil 7.13). Belli bir t zamanında, ham sudaki kirleticiler burada σ konsantrasyonuyla birikecektir. Müteakip dt zaman aralığında, bu konsantrasyon artacaktır. Bu dσ artması:

$d\sigma = \frac{\partial \sigma}{\partial t}.dt$ şeklinde ifade edilebilir.

Maddenin korunumu kanununa göre:

*Birikme = Giren - Çıkan*

yazılabilir, veya matematik olarak

$$\frac{\partial \sigma}{\partial t}.dt.dy = V.c.dt - V(c + \frac{\partial c}{\partial y}.dy)dt \qquad (7.8)$$

veya

$$-\frac{\partial c}{\partial y} = \frac{1}{V}.\frac{d\sigma}{\partial t} \qquad (7.9)$$

ifade edilebilir.

$c = c_0\ e^{-\lambda_0 y}$ olduğundan

$$\frac{\partial c}{\partial y} = -\lambda_0 C_0\ e^{-\lambda_0 . y} \qquad (7.10)$$

ve

$$\frac{\partial c}{\partial t} = V.\lambda_0.c_0\ e^{-\lambda_0 . y} \qquad (7.11)$$

yazılabilir. Bu denklemin integrasyonu ile

$$\sigma = V.\lambda_0.c_0\ e^{-\lambda_0 . y}\ t \qquad (7.12)$$

elde edilir.

Birim hacimdeki birikmenin derinlik ile logaritmik olarak azaldığı ancak zamanla lineer olarak arttığı (7.12) denkleminden görülmektedir.

Filtrasyon üzerine yapılan çalışmalar filtre katsayısı λo'ın sabit olmadığını gerçekte bu değerin zamanla azaldığını ortaya koymuştur. Son zamanlarda yapılan çalışmalarda:

$$\lambda_0 = f(L, d_0, p_0, V, c_0, \nu, \rho_d, \ldots) \text{ ve } \lambda = \lambda_0\ f(t)$$

olduğu bulunmuştur.

$\lambda_0$ ile $\lambda$ değerlerini veren pek çok çalışma yapılmış olup bunlardan bazıları aşağıda verilmiştir.

Ison formülü:

$$\lambda_0 \approx \frac{\upsilon^{1.4} e^{0.3}}{d_0^{1.4} v^4}$$

Burada e, asılı katıların büyüklüğüdür.

Ives formülü

$$\lambda_0 \approx \frac{1}{d_0^{\,n} \upsilon^2 V} \qquad \lambda = \lambda_0 (1 + \beta_1 \frac{\sigma_v}{p_0} - \beta_2 \frac{\sigma_v^{\,2}}{p_0 (p_0 - \sigma_v)})$$

Burada n, 1 ila 3 arasında bir katsayıdır, deney sabitleridir.

Iwasaki formülü :

$$\lambda = \lambda_0 (1 - \beta \frac{V}{p_0})$$

Lerk formülü :

$$\lambda_0 \approx \frac{(1 - p_0) p_0}{d_0^{\,3} v.V} \qquad \lambda = \lambda_0 (1 - \frac{\sigma_v}{p_0})$$

### 7.8. Hızlı Kum Filtrelerinin Geri Yıkanması

Geri yıkama, filtre yatağında malzeme üzerinde biriken kirleticilerin, filtreyi yukarı doğru yıkamak suretiyle sökülüp atılmasıdır. Yalnız geri yıkama esnasında malzeme kaybının olmaması esastır.

Geri yıkama sırasında filtre yatağı akışkan yatak haline getirilir. Yatak akışkan halde iken yukarı doğru olan kuvvet (basınç düşmesi) ile aşağıya doğru olan kuvvet, yatağın su altındaki ağırlığı dengededir. Bu matematik olarak:

$$\rho \; g \, . \, Z \, . \, A = (1 - p) \; L \; (\rho_s - \rho) \; g \; A \qquad (7.13)$$

şeklinde ifade edilebilir. Burada :

$\rho$ : Suyun yoğunluğu kg/m$^3$
$\rho_s$: Malzemenin yoğunluğu, *kg/m*$^3$
L: Yatak kalınlığı, m
p: Yatağın porozitesi
g: Yerçekimi ivmesi
Z: Geri yıkamadaki filtre yatağının yük kaybı, mss
A: Filtre yatağı yüzey alanıdır, m$^2$

7.13 denkleminden Z çekilirse :

$$Z = (1-p)\ L\ (\rho_s - \rho)\ /\ \rho \qquad (7.14)$$

elde edilir.

Misal olarak $\rho_s$ = 2650 kg/m$^3$, $\rho$ = 1000 kg/m$^3$, p= 0,4 olarak geri yıkamada filtre yatağının yük kaybını hesaplayalım.

Z = (1-0,4) L (1,65) = 0,99 L ≅ L

Görüldüğü gibi yatağın yük kaybı aşağı yukarı yatak kalınlığı kadardır.

Geri yıkamada bir diğer parametre genişleme yüzdesidir.

Genişleme yüzdesi:

$$E = 100\ \frac{Le - L}{L} = 100 \frac{P_e - p}{1 - P_e}$$

şeklinde hesaplanabilir. Burada:

$L_e$ ve $P_e$, sırasıyla genişletilmiş yatak kalınlığı ve porozitesini göstermektedir.

Geri yıkama suyu, toplam filtre edilmiş suyun % 1–2 si arasında olmalı, fazla su kullanılmamalıdır.

Geri yıkama ortalama olarak 5 dk sürer.

Geri yıkama esnasındaki yük kaybı sadece filtre yatağının yük kaybı olmayıp, toplam yük kaybı:

$$H = H_{taban} + H_{yatak} + H_{boru}$$

olarak hesaplanır.

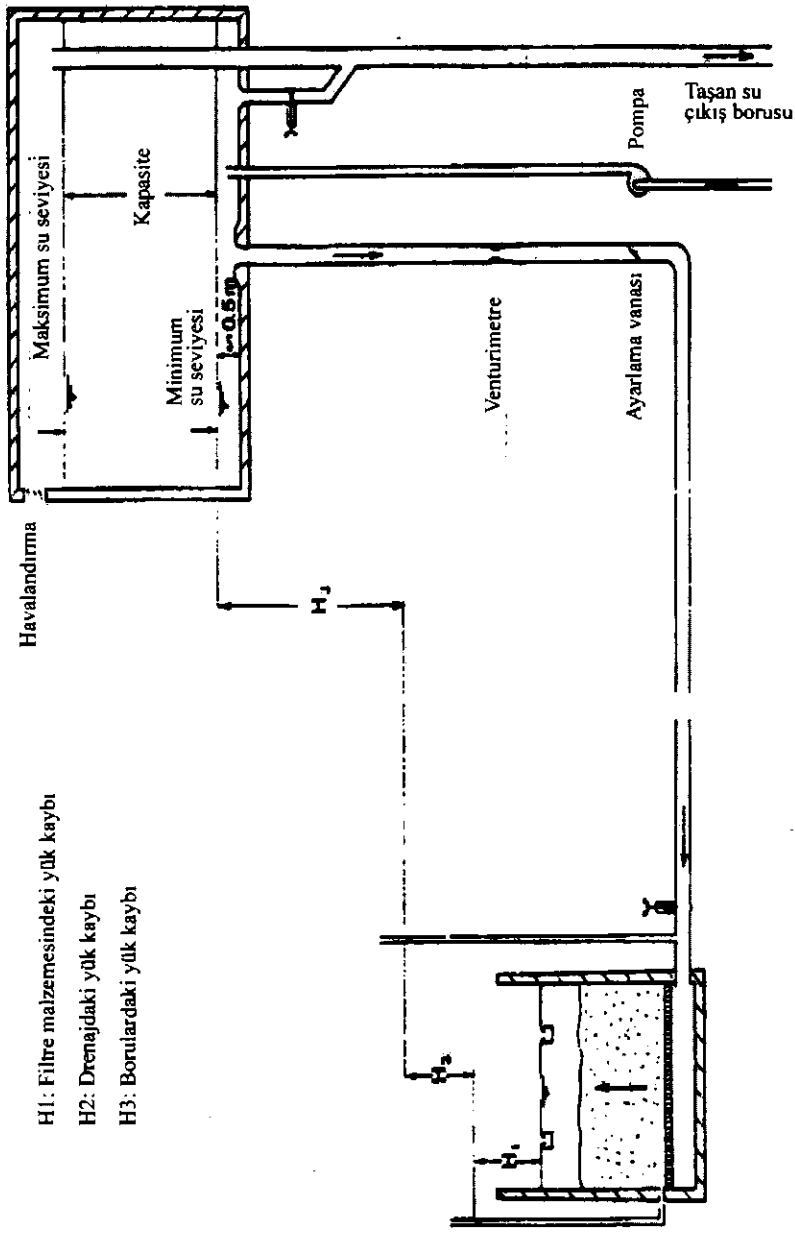
$$H_{taban} = \beta . \frac{v^2}{2g}$$

şeklinde, boru ve vanalardaki yük kayıpları ise benzer tarzda bulunabilir.

Geri yıkamadaki yük kayıpları Şekil 7.14 de gösterilmiştir.

## Geri Yıkama Suyu Temini

Geri yıkama suları çeşitli şekillerde temin edilebilir.




Şekil 7.14. Filtrenin Geri Yıkanması

Bunlar:

a) Şehir içme suyu şebekesinden temin edilebilir. Ancak bu halde su basıncı çok fazla olacağı için basıncın düşürülmesi gerekir. Çok sayıda filtre olduğu zaman bunun kullanılması uygundur.

b) Geri yıkama haznesi inşa edilerek, su buradan temin edilir.

Geri yıkamada kullanılan suların uzaklaştırılması çeşitli şekillerde olabilir:

a) Kanalizasyona verilmesi

b) Nehire verilmesi

c) Çökeltme işlemi için su tasfiye tesisine geri gönderilmesi

d) Önce çökeltme havuzlarına sonra (a),(b),(c) şıklarından uygun olan birisine

e) Özel filtrelere, oradan (a),(b),(c) şıklarından uygun olan birisine,

f) d veya e şıklarından sonra tekrar hızlı kum fiitreleri girişine verilebilir.

### 7.9. Hızlı Kum Filtrelerinin Teşkili

Hızlı kum filtrelerinde filtre hızı seçilirse, lüzumlu filtre yüzey alanı A:

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

ifadesinden bulunabilir. Burada *Q*, yıllık ortalama olarak su ihtiyacını *($m^3/st$)*, V ise filtre hızını ($m^3/m^2/st$) göstermektedir. Filtre hızı V= 5—15 *$m^3/m^2/st$* arasında alınabilir. Debi zamanla salınım gösterdiğinden yüzey alanının :

$$A = 1{,}5\frac{Q}{V}$$

alınması uygundur.

Bir filtrenin yüzey alanı a ise :

$$a = \frac{A}{n-1} \quad \text{veya} \quad a = \frac{A}{n-2}$$

denklemleriyle bulunabilir. n filtre sayısıdır.

n yerine (n-l) veya (n-2) alınmasının sebebi 1 veya 2 filtrenin geri yıkamada olacağı içindir. Filtre sayısının 4'den az seçilmemesi ve bir filtrenin yüzey alanının 10 ~ 20 $m^2$ den küçük, 100 ~ 200 $m^2$ den büyük alınmaması uygundur.

Filtre sayısı n, tecrübelerden elde edilen aşağıdaki formülle bulunabilir:

$$n = 12\sqrt{Q}$$

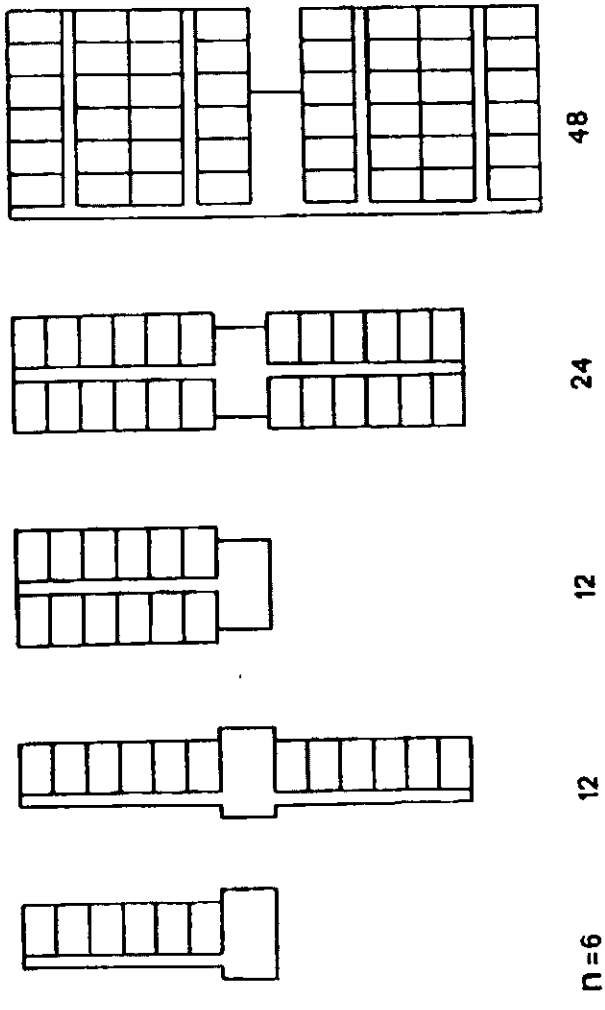
ve bir filtrenin alanı a, ise :

$$a = 3{,}5 \ n$$

şeklinde alınabilir. Q ortalama debiyi ($m^3$/sn) göstermektedir. Bu formüller kullanılmazsa bir filtrenin yüzey alanı seçilerek, filtre sayısı hesaplanır.

Filtreler tanzim edilirken bir kenar veya orta kısım koridor olarak bırakılır. İşletme binası da uygun bir yere yapılır. Çeşitli sayıdaki filtreler için tertip şekilleri Şekil 7.15'de gösterilmiştir.

Filtrelerin boyutlarının 3 - 6 m civarında alınması uygundur. Üst kısımda 30 ~ 45 cm'lik bir hava payı bırakılmalıdır. Geri yıkama süresi 3 ~ 10 dakika alınabilir. (ortalama 5 dk)




Şekil 7.15. Filtre Sayısına Göre Tertip Şekilleri

Geri yıkamada su kullanılıyorsa, geri yıkama hızı 37—70 $m^3/m^2$.st arasında alınır. Bazı hallerde hava da kullanılır, basınçlı hava hızı 1—1,5 $m^3/m^2$.dk arasında seçilir.

Borulardaki hızlar:

| | |
|---|---|
| Filtreye ham su getiren giriş boruları | 0,9 – 1,8 m/sn |
| Filtreye yumaklaştırılmış su getiren giriş boruları | 0,3 – 0,6 m/sn |
| Filtreden süzülmüş suyu taşıyan çıkış boruları | 0,9 – 1,8 m/sn |
| Yıkama suyunu taşıyan mecralar | 1,2 – 2,5 m/sn |
| Yıkama suyu giriş boruları | 2,5 – 4,0 m/sn |
| Tahliye boru ve kanalları | 4 – 6 m/sn |

### 7.10. Filtrelerde Filtre Debisi Kontrolü

Filtrelerde filtre debisi kontrolü, sabit çıkış debi kontrolü ve azalan debili filtre kontrolü olmak üzere belli başlı iki kontrol şekli vardır.

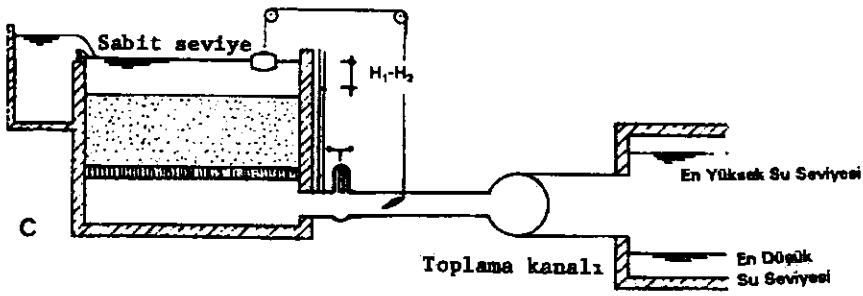
#### a. Sabit Çıkış Debi Kontrolü

Bu klasik kontrol şeklinde, her bir filtreye su girişi filtre su seviyesinin altındadır ve miktarı sınırlandırılmaz. Debi kontrol sistemi filtre çıkış hattında bulunur. Venturimetre gibi bir debi ölçme cihazı, bir debi ayarlama cihazı, bir kontrol mekanizması ve bir kontrol vanasından teşekkül eder. Bu kontrol sistemiyle, filtre hızına bağlı olarak seçilmiş bulunan sabit debiyi sağlamak için kontrol vanası otomatik olarak ayarlanır.

Yani:

$$V = k.i = k.\left(\frac{H_1 - H_2}{L}\right) = \alpha(H_1 - H_2)$$

V: Sabit olarak alınır, α filtrasyon süresince azaldığından ($H_1$—$H_2$) farkı artacaktır. (Şekil 7.16).



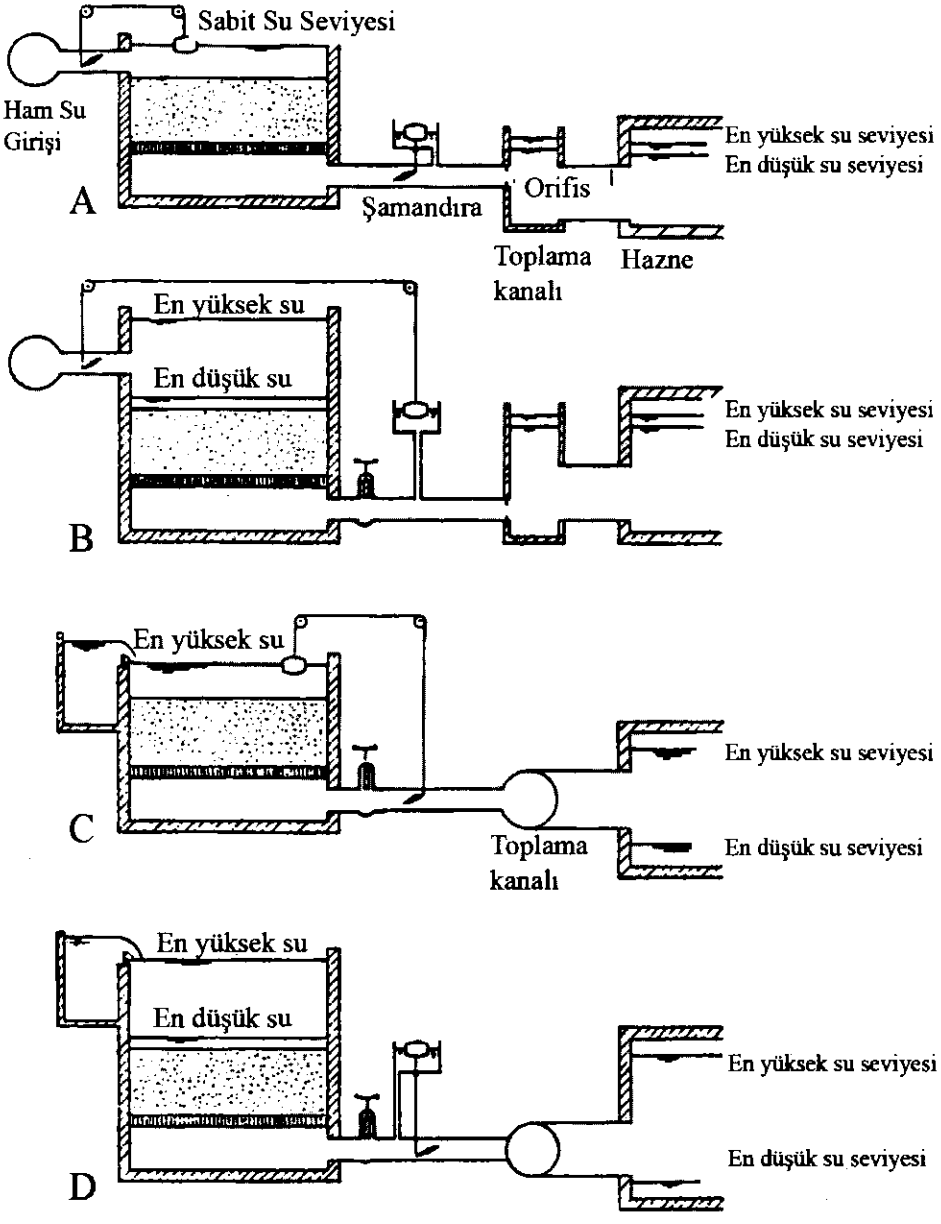

Şekil 7.16. Sabit Seviyeli Ham Su Girişi ve Değişen Seviyeli Filtre Edilmiş Su Seviyesi (Yani $H_1$ Sabit, $H_2$ Değişken)

Burada α katsayısı filtre tabakası kalınlığı, filtre malzemesinin şekli, büyüklüğü ve dağılımı ile poroziteye bağlıdır. Filtrasyon esnasında sudaki parçacıklar v.s. boşluklara birikeceğinden α küçülür. Bu durumda debiyi (veya hızı) sabit tutmak için yapılabilecek iki yol vardır.

1) Filtredeki su seviyesi ($H_1$) i filtrasyon süresince arttırmak

2) Çıkış su seviyesini ($H_2$)i filtrasyon süresince düşürmek

Filtre kontrol sistemleri Şekil 7.17 de topluca gösterilmiştir.




Şekil 7.17. Filtre Kontrol Sistemleri

Böyle sistemlerin mahzurları şunlardır:

- Karmaşık bir kontrol sistemi olduğu için ilk tesis ve işletme maliyetleri yüksektir.
- Çıkış suyu, giriş suyuna eşit olmadığı takdirde, filtredeki su seviyesinin çok değiştiği görülür, bunun için otomatik veya elle çalışan su seviyesi kontrol aletlerine ihtiyaç vardır.
- Debisi zamanla azalan filtreler kadar iyi kalitede filtre edilmiş su sağlayamaz.

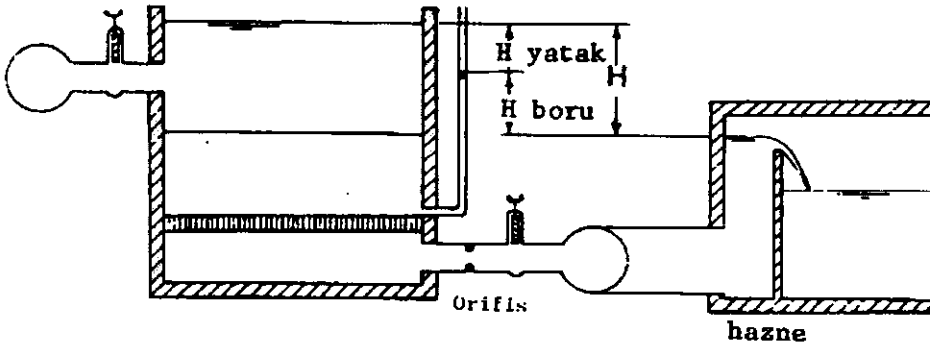
**b) Değişen ve Azalan Debili Filtre Kontrolü**

Azalan debili filtrasyonda filtre yatağı, filtrenin alt kısmının ve borulardaki toplam yük kaybı sabit tutulur (Şekil 7.18)

Yani, $H_{Toplam} = H_{yatak} + H_{taban} + H_{boru}$

$$V = \alpha\,(H_1 - H_2) = \alpha \,.\, H_{yatak} \cong \text{sabit}$$

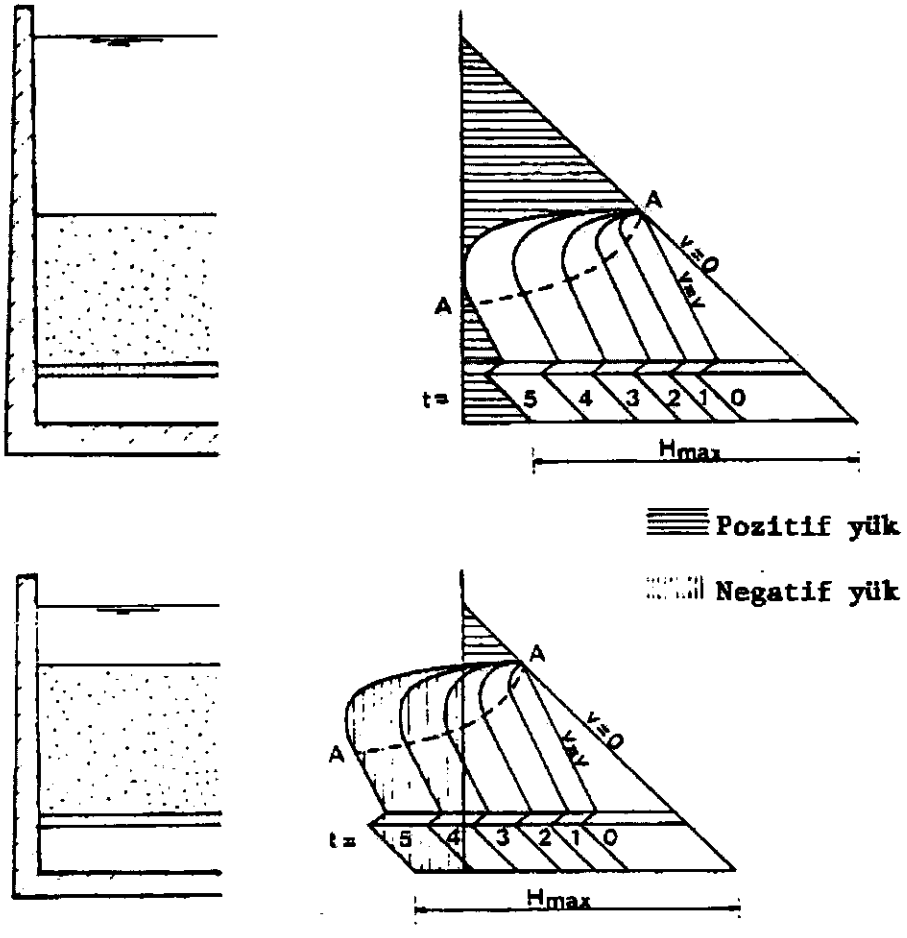
Bu durumda filtre hızı zamanla azalır, yani debi zamanla azalır. Filtrasyon debisi başlangıçta en yüksektir, zamanla azalır.




Şekil 7.18. Azalan Debili Filtre Kontrolu

- Filtrelerde en büyük yük kayıpları

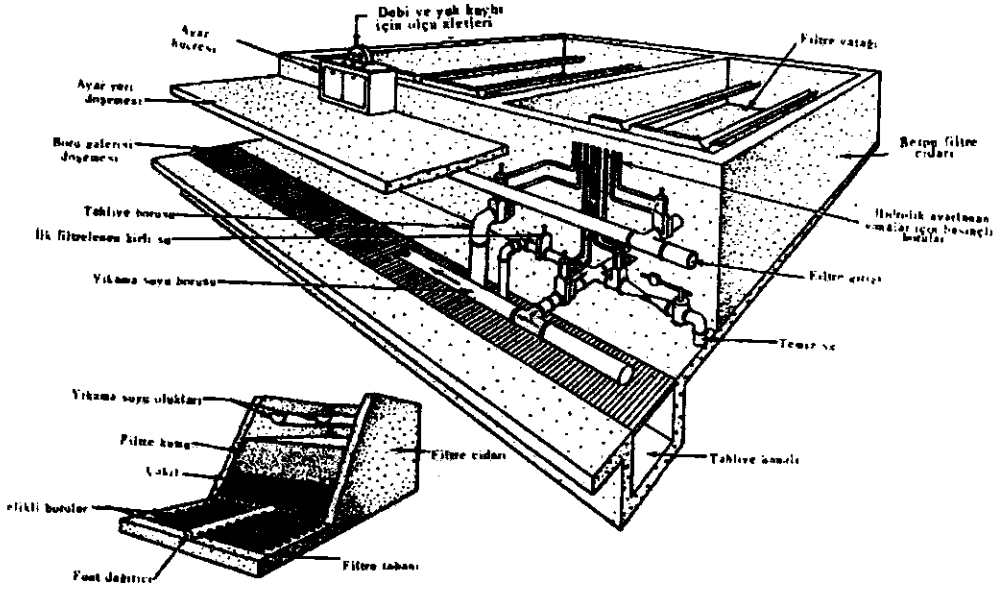
Hızlı kum filtrelerinde başlangıçtaki $H_0$ yük kaybı zamanla (filtrasyon süresi ile) artarak belli bir H değerine ulaşır. Filtrelerde su kalitesinin bozulmaması açısından filtre yatağında negatif basınçlara müsaade edilmez. Bu yüzden yük kayıpları bir $H_{max}$ değeri ile sınırlandırılmıştır. Şekil 7.19'dan filtre üzerindeki su yüksekliğine bağlı olarak aynı filtrasyon süresi için su seviyesi fazla olan filtrede negatif basınç olmamasına rağmen, su seviyesi az olanda negatif basınç teşekkül ettiği görülmektedir.




Şekil 7.19. Az ve Fazla Basınçla Filtrasyon

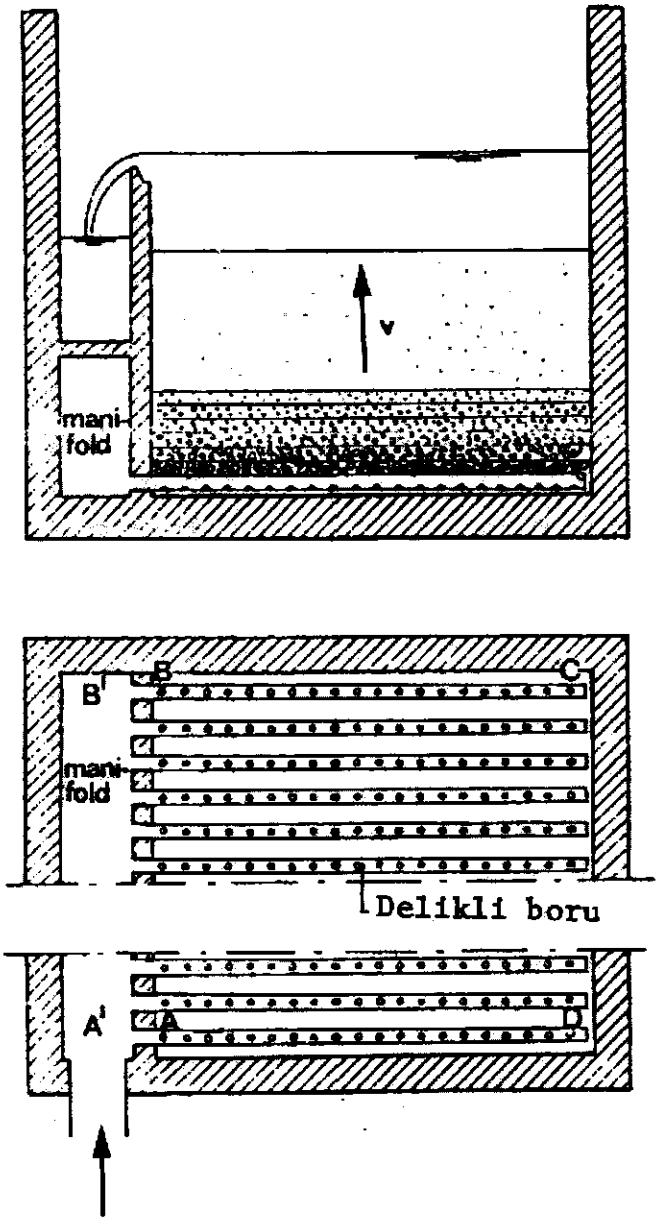
### 7.11. Filtre Tabanı Teşkili

Filtre tabanı, tıkanmayacak ve filtre yatağındaki malzemenin filtre edilmiş suya karışmasına mani olacak şekilde yapılmalıdır. Şekil 7.20 de filtre tabanının yeri gösterilmiştir.



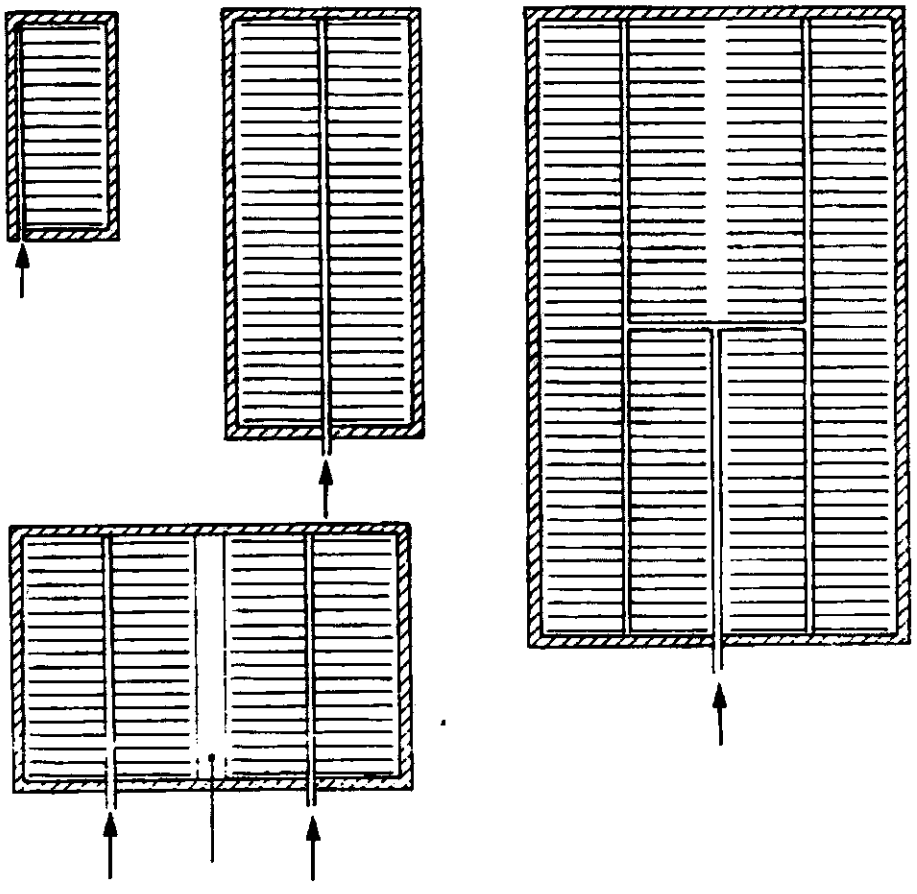

Şekil 7.20. Bir hızlı kum filtresinin görünüşü

Filtre tabanında filtre yatağının altında kum ve çakıl tabakası, onun altında ise delikli borular ve manifold bulunmaktadır. (Şekil 7.21)




Şekil 7.21. Filtre Tabanı Teşkili

Tabandaki yatay delikli borular ve manifoldların tertip tarzları ise çeşitli şekillerde yapılabilir. Şekil 7.22 de delikli drenaj boruların tanzim şekilleri verilmiştir.



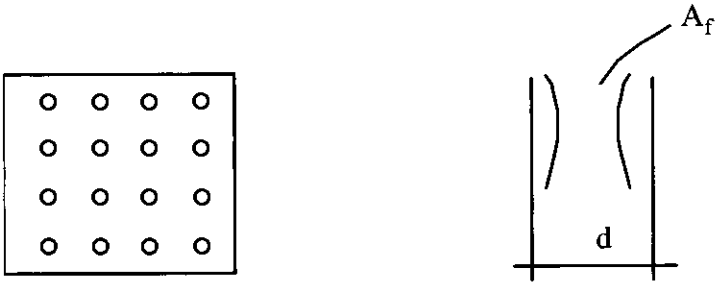
Şekil 7.22. Delikli Drenaj Boruları Tanzim Şekilleri

Filtre yatağının altındaki kum - çakıl tabakasının çok iyi bir şekilde tanzim edilmesi gerekir. Bu tabakanın büyüklük ve kalınlığı uygun seçilmelidir. Kum çakıl tabakanın en üstünde ince daneli tabaka bulunur. Filtre tabanına doğru dane çapları arttırılır. Her bir tabakadaki en büyük ve en küçük dane çapları arasındaki oran $\sqrt{2} = 1.41$ i geçmemelidir. Kum-çakıl tabakaların dane çapları ve kalınlıkları Şekil 7.23 de gösterilmiştir.

Su ve hava ile geri yıkamada kullanılan bir filtre drenaj sistemi ise Şekil 7.24 de verilmiştir.

- Filtre Tabanının Yük Kaybı

Filtre tabanındaki yük kaybı $H = V_0^2 / 2g$ şeklinde bulunabilir. Eğer 1 $m^2$ de bulunan delik sayısı n, seri yıkamadaki filtre hızı V, $m^3/m^2$.sn ile gösterilirse 1 $m^2$ de bulunun delik alanı $A = (\pi d^2 / 4).n$ olacaktır. Burada d, bir deliğin çapını göstermektedir. Ancak delikten su geçerken büzüleceğinden faydalı alan $A_f = \mu A$ olacaktır. μ, büzülme katsayısıdır.




Hakiki su hızı $V_0$ $$V_0 = \frac{V}{A_f} \qquad (7.15)$$

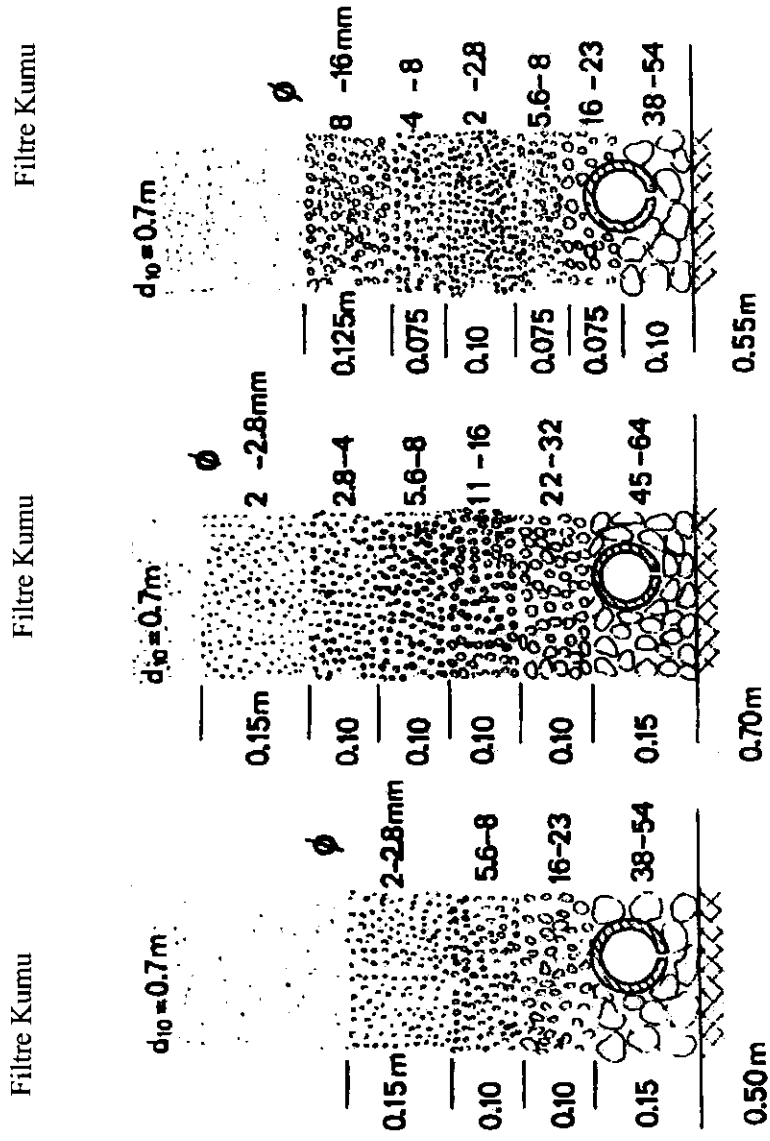
şeklinde bulunabilir. Yük kaybı ($V_0^2$ /2g) teşkil edilirse:

$$\frac{V_0^2}{2g} = \frac{8}{\pi^2 g \mu^2} \cdot \frac{V2}{n^2.d^4} \qquad (7.16)$$

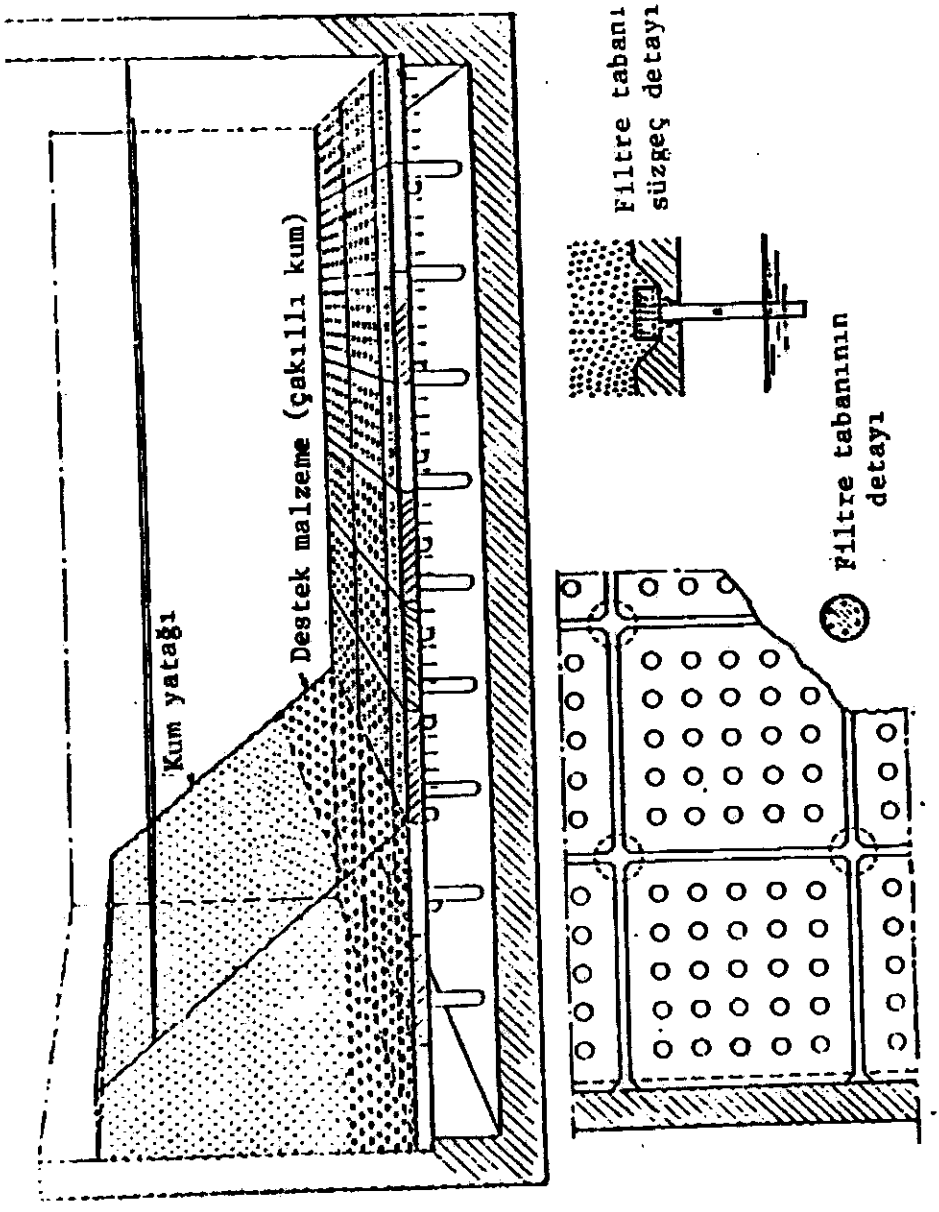
$\mu = 0{,}7$ alınırsa:

$$H_{Taban} = \frac{V_0^2}{2g} = \frac{V2}{6.n^2.d^4} \qquad (7.17)$$

elde edilir.




Şekil 7.23. Filtre Tabanındaki Kum ve Çakıl Tabakası




Şekil 7.24. Su ve Hava İle Geri Yıkamada Kullanılan Filtre Drenaj Sistemi

**Misal:** 1 $m^2$ de 50 adet delik olması ve delik çapının 10 mm, geri yıkama hızının 54 $m^3/m^2.st$ olarak verilmesi halinde geri yıkamadaki filtre tabanının yük kaybını bulunuz.

Çözüm: V = 54 m/st. = $15x10^{-3}$ m/sn

ve

$$\frac{V_0^2}{2g} = \frac{1}{6}.\frac{V^2}{n^2 d^4} = \frac{1}{6}.\frac{(15x10^{-3})^2}{(50)^2.(10^{-2})^4} = 1{,}5 \text{ m}$$

$H_{taban}$= 1.5 m.ss olarak bulunur.

Tatbikatta geri yıkamada filtre tabanının yük kaybı 1 ila 4 m arasında değişmektedir. 1 $m^2$ filtre tabanında 25 ila 75 delik olup, çapları da 6 ila 15 mm arasındadır.

Geri yıkama oluklarının tanzimi Şekil 7.25.'de verilmiştir.

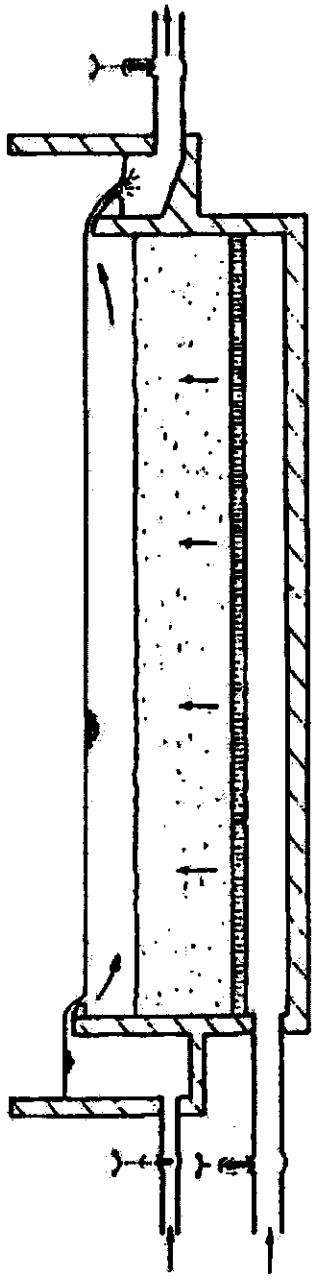
### 7.12. Filtre Malzemesi Tertibi ve Geri Yıkama Usülleri

Hızlı kum filtrelerinin çeşitli ülkelerdeki tatbikatları değişiktir. Bunları Amerikan, İngiliz ve Avrupa tatbikatları olarak üç grupta incelemek mümkündür. Bu üç tatbikat şekli filtre malzemesi ve geri yıkama tarzı bakımından farklılıklar göstermektedir.

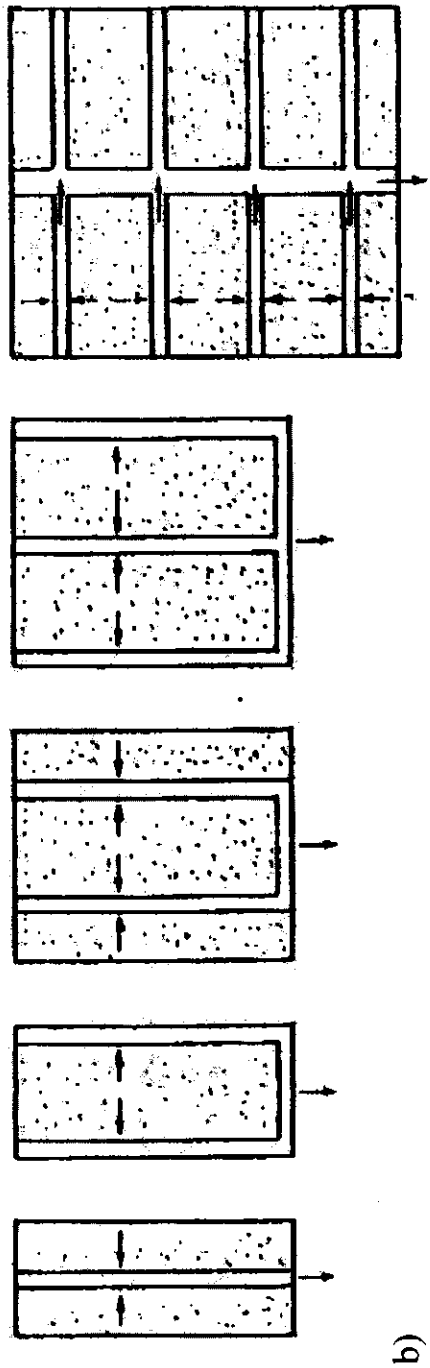
- **Değişik tatbikatlar için dane boyutları ve yatak kalınlıkları :**

**a) Amerikan Tatbikatı**

Yumaklaştırma ve çöktürmeden sonraki içme suyu tasfiyesi için:



a) Su ile Temizleme



b)

Şekil 7.25. Geri Yıkama Oluklarının Tanzimi

| | Dane Çapı (mm) | Toplam Yatak Derinliği (m) |
|---|---|---|
| 1. Sadece Kum Yatak | 0.5 – 1.2 | 0.6–0.7 |
| 2. Çift malzemeli yatak çok kullanılır (Yatağın 0.1~0.7 si antrasit) | 0.9 – 2.5 | 0.6–0.9 |
| 3. Üç Malzemeli Yatak (0.1 m çakıl eklenir) | 0.25–0.75 | 0.7–1.0 |

Amerikan tatbikatında ham su için doğrudan filtrasyon nadir olarak kullanılmaktadır.

**b) İngiliz Tatbikatı**

| | Dane Çapı (mm) | Toplam Yatak Derinliği (m) |
|---|---|---|
| 1. Sadece Kum Yatak (Çok kullanılır)<br>Yumaklaştırma ve çökeltmeden sonra<br>Yavaş kum filtrelerinden önce (ham su) | 0.6–1,2<br>0.7–2,0 | 0.7<br>- |
| 2. Çift malzeme (son zamanlarda tatbik ediliyor)<br>İri Daneli Kömür ve Kum | Kömür 1.2–2,5<br>Kum 0.6–1,2 | 0.7 |

**c) Avrupa Tatbikatı**

| | **Dane Çapı (mm)** | **Toplam Yatak Derinliği (m)** |
|---|---|---|
| **1. Sadece Kum kullanılması (Çok tatbik edilir)** | | |
| Yumaklaştırma ve çökeltmeden sonra | 0.9–1,5 | 0.9–1,2 |
| Ham su filtrasyonu | 1.0–1,5 | 0.8–1,2 |
| Ham su filtrasyonu | 1.4–2,0 | 0.8–1,2 |
| Demir ve Mangan giderilmesi | 1–2 | 1.5–3 |
| Demir ve Mangan giderilmesi | 2–3 | 1.5–3 |
| **2. Çift malzeme (son zamanlarda yüzey sularının tasfiye işleminde kullanılmaya başlanmıştır)** | | |
| Yumaklaştırma ve çökeltmeden sonra | | |
| Kömür | 1.5–2,5 | 1.5–2 |
| Kum | 0.8–1,2 | 1.5–2 |

**- Geri Yıkama Usulleri**

Çeşitli tatbikatlar için geri yıkama usulleri aşağıda verilmiştir.

| Tatbikat | A.B.D. | İngiltere | Avrupa |
|---|---|---|---|
| Geri yıkama usulü | Su | Önce hava sonra su | Önce hava ve su, sonra su |
| Yatağın, akışkan yatak haline getirilip getirilmediği | Evet | Sınırda | Hayır |
| Yatak genişlemesi (%) | 20–50 | <10 | - |
| Yatağın üstünde yıkama sistemi kullanılıp kullanılmadığı | Evet | Hayır | Hayır |
| Su taşıma mesafesi (m) | 0.7–1 | 0.1–0.2 | 0.5 |

**- Geri Yıkama Hızları**

Çeşitli ülkelerde kum filtreler için tatbik edilen geri yıkama hızları aşağıda verilmiştir.

| Tatbikat | Dane Çapı (mm) | Sıra | Hava Debisi (m/st) | Su Debisi (m/st) |
|---|---|---|---|---|
| A.B.D. | 0.5–1.2 | Önce hava sonra su | 54–90 | 36–54 |
| İngiltere | 0.6–1.2 | Önce hava sonra su | 18–29 | 13–18 |
| Avrupa | 1.0–2.0 | Önce hava ve su sonra su | 54–90 | 13–36 |
| | 2.0–3.0 | Önce hava ve su sonra su | 108–144 | 14–36 |
| | 2.0–4.0 | Önce hava ve su sonra su | 108–144 | 14–36 |

Yatağın çift malzemeli olması halinde geri yıkamada, A.B.D' de tek malzemeli kum filtrelerdekinin aynısı tatbik edilir. İngiliz tatbikatında antrasitin kum üzerinde tabakalaşması için su hızı 29 m/saat'e yükseltilir. Avrupa tatbikatında ise önce 90 m/st hızla hava verilir. Sonra yatağı akışkan hale getirmek ve %10 - 20 nispetinde genişletmek için su verilir.

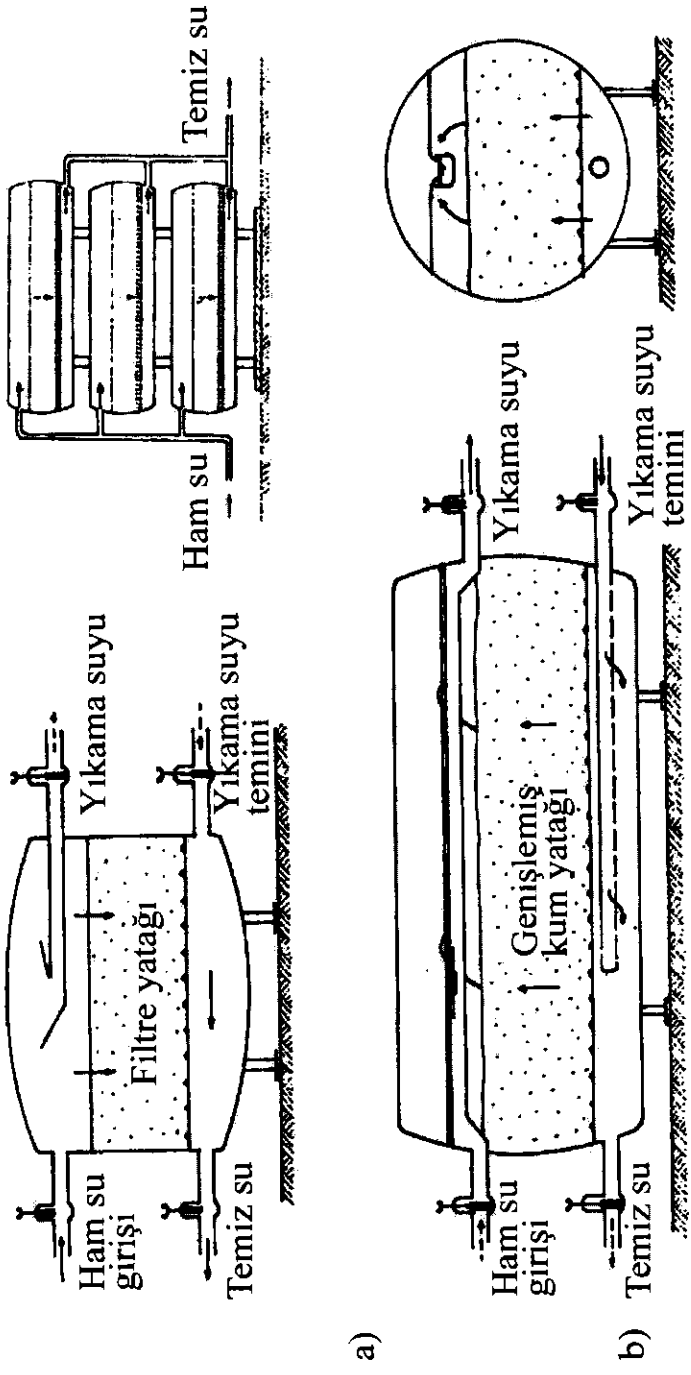
Yukarda görüldüğü gibi geri yıkamada usulleri farklıdır. Bunların birbiriyle mukayesesi aşağıda verilmiştir.

| **Geri Yıkama Usulü** | **A.B.D** | **İngiltere** | **Avrupa** |
|---|---|---|---|
| Yıkama Şekli | Su | Önce hava sonra su | Hava su beraber |
| Su hızı (masrafı) | Fazla | Az | Az |
| Hava hızı | Kullanılmaz | Az | Fazla |
| Yıkamanın tesirliliği | Zayıf | Orta | İyi |
| Geri yıkama suyu ile katı maddelerin taşınması | Orta | Zayıf | İyi |
| Filtre tabanı altına çakıl yerleştirmek suretiyle yapılan drenaj sistemine uygun olup olmadığı | Evet | Evet | Hayır |
| İnce malzeme için uygun olup olmadığı | Evet | Evet | Hayır |
| Çift malzemeli filtreler için uygun olup olmadığı | Evet | Evet (*) | Hayır |
| Malzeme kaybı | - | Az | Çok |

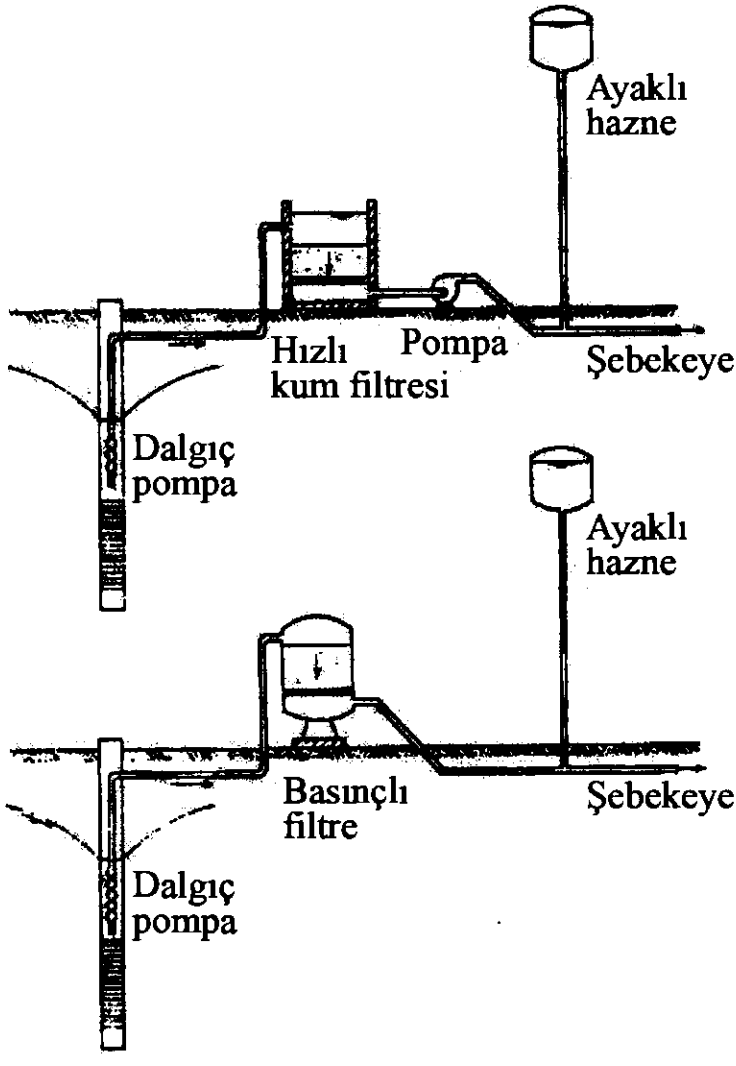
(*) Şayet yeteri kadar geri yıkama hızı ve geri yıkama suyu taşma mesafesi kullanılırsa.

### 7.13. Basınçlı Filtreler

Basınçlı filtrelerin çalışma esası hızlı kum filtrelerinin aynısıdır. Aralarındaki tek fark, basınçlı filtrelerin istenilen basınca dayanıklı kapalı kaplardan ibaret olmasıdır. Kapalı kaplar ekseriya çelikten yapılmış silindir şeklindedir. (şekil 7.26). Bu filtreler daha ziyade yeraltından su temini halinde tulumba sayısını azaltmak için kullanılır. Bu durum Şekil 7.27 de görülmektedir.




Şekil 7.26. Basınçlı Filtre a) Filtrasyonlu b) Geri yıkamada




Şekil 7.27. Basınçlı Filtrelerin kullanılmasıyla tulumba sayısının azaltılması

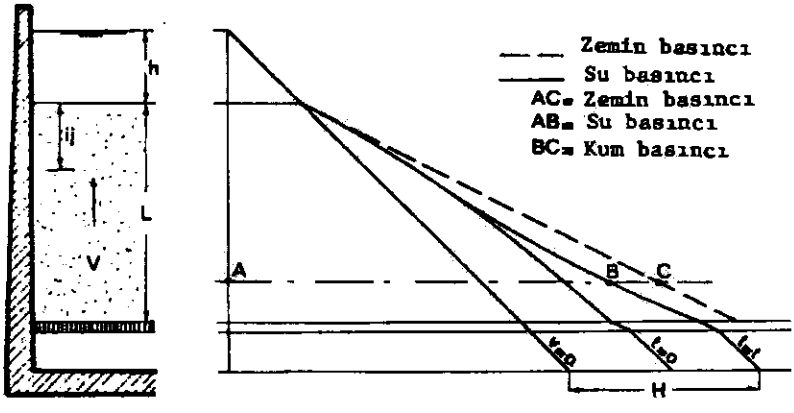
Basınçlı filtrelerde basınç atmosfer basıncından fazla olduğundan negatif basınç tehlikesi yoktur. Bunlardaki filtre hızları 7 - 18 $m^3/m^2$.st arasında alınabilir. Bazı hallerde 36-54 $m^3/m^2$.st lik hızlara da çıkıldığı görülmektedir.

Yumaklaştırma ve çökeltme işleminden sonra bu filtrelerin kullanılması uygun değildir. Çünkü arada terfi merkezi olacağından, çökeltme havuzunda tutulamayıp, filtrede tutulması istenen yumaklar terfi sırasında parçalanacağından filtrasyonun verimi düşer.

### 7.14. Yukarı Akışlı Filtreler

Bu filtrelerde süzme işlemi sırasında su akışı aşağıdan yukarı doğrudur. Böyle filtrelerde iri daneler aşağıda, ince daneler yukarıda olduğundan, ham su önce iri danelerin bulunduğu kısımdan geçer, sonra ince daneli kısımda daha iyi bir şekilde süzülerek filtreyi terk eder. Bunun bir diğer faydası filtrasyon süresinin uzun olmasıdır.

Ancak bu filtrelerde yük *kaybı* sınırlıdır. Yukarı akış sırasında yük kaybı, yukarı doğru bir kuvvet meydana getirir. Şayet bu kuvvet kum yatağın ağırlığını geçecek olursa, kum akışkan yatak haline geçmeye başlar ve biriken kirleticileri çıkış suyuna bırakır. Müsaade edilen en büyük yük kaybını bulmak için Şekil 7.28 deki basınç dağılımını inceleyelim.




Şekil 7.28. Yukarı akışlı bir filtrede basınç dağılımı

Geri yıkamadaki yük kaybına benzer şekilde :

$$H\max = (1-p).L\left(\frac{\rho_s - \rho}{\rho}\right)$$

yazılabilir.

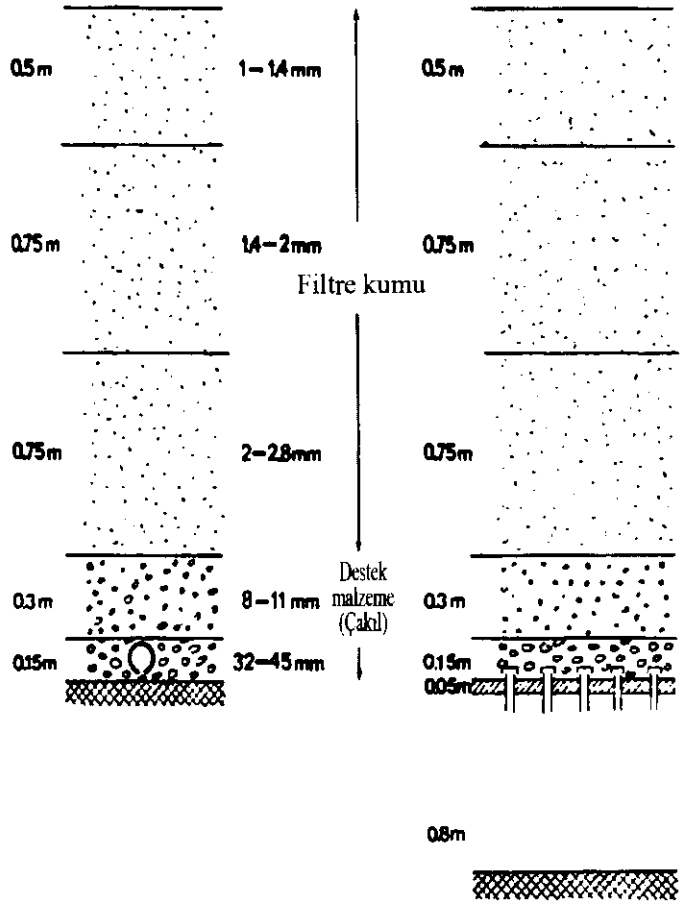
Mesela $\rho_s = 2600$ kg/m$^3$, p = 0.40 için

$$H_{\max} = (1-0.40)L\left(\frac{2600-1000}{1000}\right) = 0{,}96L \cong L$$

bulunur. Görüldüğü gibi filtrede en büyük yük kaybı filtre yatak kalınlığına ve malzeme yoğunluğu $\rho_s$'e bağlıdır. Yukarı akışlı filtrelerde bu husus dikkate alınarak filtrasyon süresini uzun tutmak bakımından daha büyük yatak kalınlığı L = 1,5-2 m tercih edilmektedir. Müsaade edilen en büyük yük kaybını arttırmak, dolayısıyla filtrasyon süresini uzatmak için bir diğer yol, yoğunluğu fazla olan malzeme kullanmaktır. Filtre malzemesi olarak magnetit seçilirse, malzemenin yoğunluğu ≈ $\rho_s$ = 4900 kg/m$^3$ olduğundan yatak kalınlığının 2.15 katı kadar bir yük kaybına müsaade edilebilir.

Yukarı akışlı filtrelerde filtre yatağı ve filtre tabanı teşkiline ait iki ayrı tertib tarzı Şekil 7.29'da gösterilmiştir.

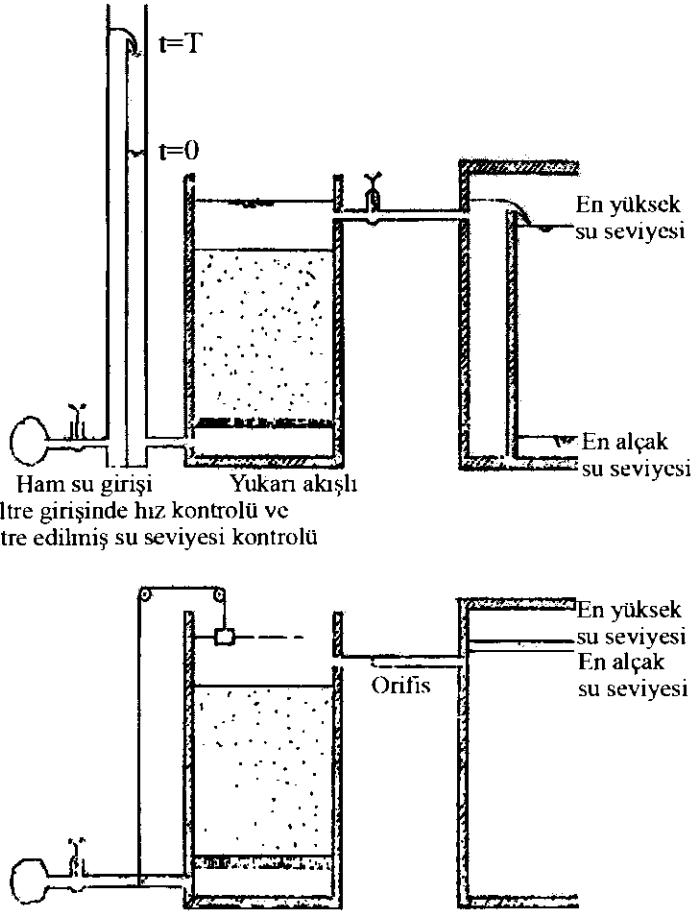
Yukarı akışlı filtrelerde filtre kontrolünü çeşitli şekillerde yapmak mümkündür. Şekil 7.30'da filtre kontrolü ile ilgili iki tertip tarzı gösterilmiştir.




Delikli drenaj boruları kullanılan sistem

Süzgeçli sistem

Şekil 7.29. Yukarı Akışlı Filtrelerde Taban ve Yatak Tertibi




Filtre girişinde su seviyesi kontrolü ve filtre çıkışında debi kontrolü

Şekil 7.30. Yukarı Akışlı Filtrelerde Filtre Kontrolü

### 7.15. Yavaş Kum Filtreleri

Yavaş kum filtrelerinde su cazibe ile ince daneli kum tabakasından, düşük bir hızla süzülür. Filtre hızı 0.1 ila 0.4 $m^3/m^2$.st arasında değişir. Efektif dane çapı 0.15 ila 0.35 mm civarındadır. Süspansiyon ve kolloid maddeler filtrenin üst yüzeyinde birikir. Filtre malzemesinin dane çapları küçük olduğundan filtrenin derinliklerine nüfuz edemezler. Filtrenin tıkanması halinde üst kısımdaki birkaç cm kalınlığındaki tabaka sıyrılarak alınır.

Filtrenin kum tabakası kalınlığı 0.6 ila 1.2 m dir.

Su tabakasının yüksekliği 1 ila 1.5 m dir. Kışı soğuk geçen yerlerde, yavaş kum filtrelerinin, donmaya karşı üzeri örtülmelidir. Bazı hallerde alg büyümesini önlemek, rüzgâr sebebiyle doğabilecek kirlenmelerden sakınmak için de filtrenin üzeri kapatılır.

Yavaş kum filtreleri, bilhassa sudan bakterilerin giderilmesi ve bakteriyolojik bakımdan emniyetli içme suyu elde etmek için kullanılır. İyi bir şekilde çalıştırıldığı zaman E. coli için azalma faktörü ($R = C_0 / C$), 1000 ila 10 000 değerine ulaşır.

Yavaş kum filtrelerin çabucak tıkanmaması için ortalama bulanıklılığın 10 mg/l nin altında ($SiO_2$ olarak ölçülen) olması icabeder. Kısa bir süre için 50 mg/l 'ye kadar çıkabilir. Bulanıklılık yukarda zikredilen değerlerden fazla olması halinde aşağıda belirtilen ön tasfiye usulleri yavaş kum filtrelerinden önce kullanılabilir.

a. Çökeltme

b. Biriktirme ve gerekli ise mikro eleklerden geçirmek suretiyle alg giderilmesi

c. Hızlı kum filtresi

d. Çökeltme ve hızlı kum filtresi

e. Çökeltme, yumaklaştırma ve hızlı kum filtreleri

Yavaş kum filtreleri, işletilmelerinin kolay, yetişmiş eleman ihtiyacının az olması, çıkış suyu evsafının iyi olması sebebiyle bilhassa küçük yerleşmeler için çok uygun bir tasfiye şeklidir. İnşaatı fazla bir teknoloji gerektirmediğinden gelişmekte olan yerlerde tatbik edilebilir.

Bunların mahzurları, fazla araziye ihtiyaç göstermeleri ve ilk yatırım maliyetlerinin yüksek olmasıdır. Ancak işletme masraflarının hızlı kum filtrelerine nazaran çok düşük olduğu gözden uzak tutulmamalıdır.

**- Filtrelerin Temizlenmesi**

Yavaş kum filtrelerinde filtrelerin temizlenmesi, filtrenin üzerindeki birkaç cm kalınlığındaki tabakanın sıyrılıp alınması suretiyle olur. Çünkü bu filtrelerde dane çapı küçük olduğundan kirletici maddeler filtre yüzeyinde ancak 2–3 cm derinliğe kadar nüfuz edebilirler, daha derine inemezler. Bu yüzden üst kısım 2–3 ayda bir kere sıyrılarak alınır.

Filtrenin Temizlenmesi aşağıdaki şekillerde yapılabilir.

a) Elle temizleme

b) Mekanik aletlerle temizleme

c) Hidrolik olarak temizleme

**- Filtre Tertibi**

Toplam filtre alanı, müsaade edilen filtre hızına bağlı olarak:

$$A \geq \frac{Q}{V}$$

formülü ile hesap edilir. Filtre hızı $V=0.1 - 0.5\ m^3/m^2.st$ arasında seçilebilir.

Her bir filtrenin yüzey alanına (a) denir ve bir filtre yedek olarak düşünülürse

$$n \geq \frac{A}{a} + 1$$

Büyük tesislerde en az 2 yedek filtre konulur.

Bir filtre alanı a'nın en düşük değeri 100–200 $m^2$ olmalıdır. En büyük değeri ise 2000 ila 5000 $m^2$ dir.

n, en az 2, tercihen 4 olmalıdır.

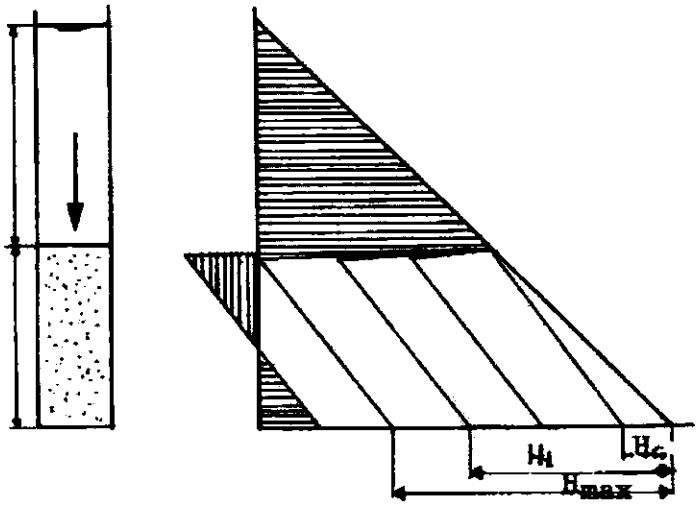
Filtre sayısı bu şekilde bulunabileceği gibi aşağıdaki tecrübelerden elde edilmiş ifadeyle de hesaplanabilir.

$$n = \frac{1}{4} \cdot \sqrt{Q}$$

Denklemde Q debisi $m^3/st$ olarak yerine konulmalıdır.

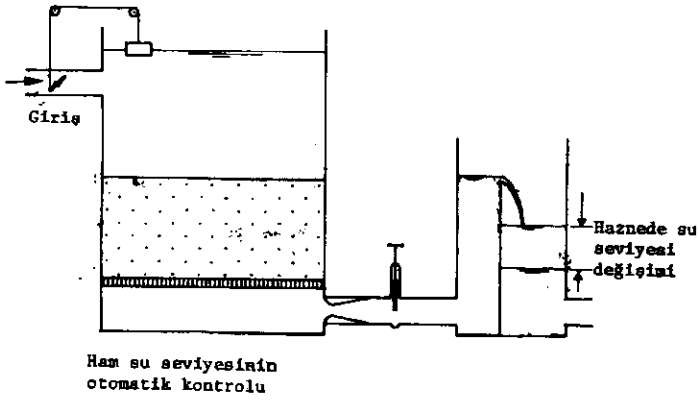
- **Yavaş Kum Filtrelerinde Basınç Dağılımı ve Filtre Kontrolü**

Bu filtrelerde basınç dağılımı Şekil 7.31 de gösterilmiştir.

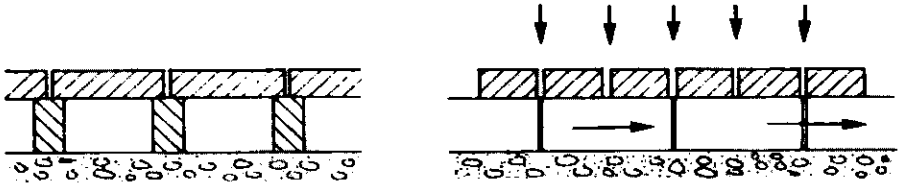



Şekil 7.31. Yavaş Kum Filtrelerinde Basınç Dağılımı

Yavaş filtrelerde çeşitli filtre kontrol sistemleri tatbik edilebilir. Şekil 7.32'de çok kullanılan bir filtre kontrol sistemi gösterilmiştir.

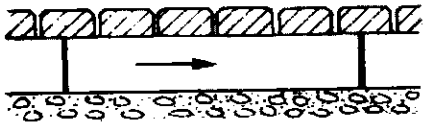



Şekil 7.32. Filtre kontrolü

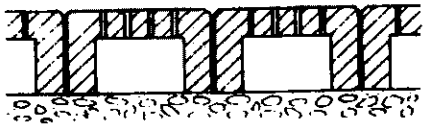


Enine kesit Boyuna kesit

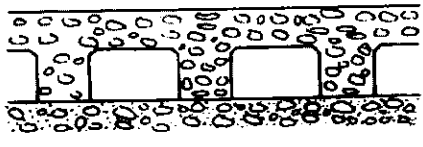
Blok tuğlalarda teşkil edilmiş filtre tabanı



Hazır beton bloklarla teşkil edilmiş filtre tabanı



Üzerinde delikler olan hazır beton bloklar



İri malzeme ile hazır çelik klaıplarla dökülmüş filtre tabanı

Şekil 7.33. Filtre Drenaj Şekilleri

- **Filtre Tabanı**

Yavaş kum filtrelerinde filtre yatağının altına hızlı kum filtrelerine benzer şekilde kum çakıl tabakası yapılır. Bu tabaka; ince kum <0.4 mm çapında, iri kum 0.2–1.2 mm, kaba kum 1.2–2.4 mm, ince çakıl 2.4–4.8 mm, orta çakıl 4.8–9.6 mm, iri çakıl 9.6–19 mm ve kaba çakıl 19–32 mm çaplarındaki tabakalardan teşkil edilebilir.

Toplam taban malzemesi kalınlığı 50 cm civarında alınabilir. Bu kum çakıl tabakası Şekil 7.33 de gösterilen çeşitli drenaj sistemlerine oturtturulabilir. Drenaj sistemiyle birlikte tabandaki kum ve çakılın bir görünüşü de Şekil 7.34'de verilmiştir.

Şekil 7.34. Drenaj Sisteminin ve Kum Çakıl Tabakasının Resmi

### 7.16. Filtrasyon Misalleri

1. Misal. Bir hızlı kum filtresinin yatak kalınlığı 0.9m dir. Filtre malzemesi olarak, spesifik çapı 0.8 mm ve özgül ağırlığı 2640 kg/m$^3$ olan kum kullanılmıştır. Bu kumun üniformluk katsayısı u = 1.2 ve Şekil faktörü 0.95 olup temiz filtre yatağının porozitesi po= 0.42 dir. Filtrede 0.3 m lik bir negatif basınca müsaade edilmektedir. Yapılan deneyde bu negatif basıncın, filtre tabakasının üst yüzeyinden 0.4 m aşağıda teşekkül ettiği görülmüştür. Yatak üzerindeki su tabakası kalınlığı 1.2 m dir. Filtrasyon hızı 7.2 m/saat, su sıcaklığı 20°C dir. Her bir filtrenin alanı 15m$^2$ ve 20°C da kinematik vizkosite 1,01 x 10$^{-6}$ m$^2$/sn olduğuna göre:

a) Filtre yatağının başlangıçtaki yük kaybını bulunuz.

b) Filtre yatağında müsaade edilen en büyük yük kaybını bulunuz. Filtrasyonun başında ve sonundaki basınç diyagramını çiziniz.

c) Geri yıkama esnasında genişleme yüzdesini %20 kabul ederek filtre yatağının yük kaybını bulunuz.

d) Filtre malzemesi 50 kg. lık torbalar halinde alınacağından bir filtre için lüzumlu torba sayısını hesaplayınız.

**ÇÖZÜM:**

Hızlı Kum Filtresi İçin

L=0.9 m  $d_s$=0.80 mm  $\delta s$=2640 kg/m$^3$  u=1.2  $p\phi i$= 0.95

$p_0$ = 0.42  V = 7.2 m/sa  h=1.2 m  a = 15 m$^2$

T = 20° C  $\upsilon$= 1.01x10$^{-6}$ m$^2$/sn verilmektedir.

a) dh= $\phi$ .$d_s$ = 0.95x0.80 = 0.76 mm = 0.76x10$^{-3}$ m olduğundan

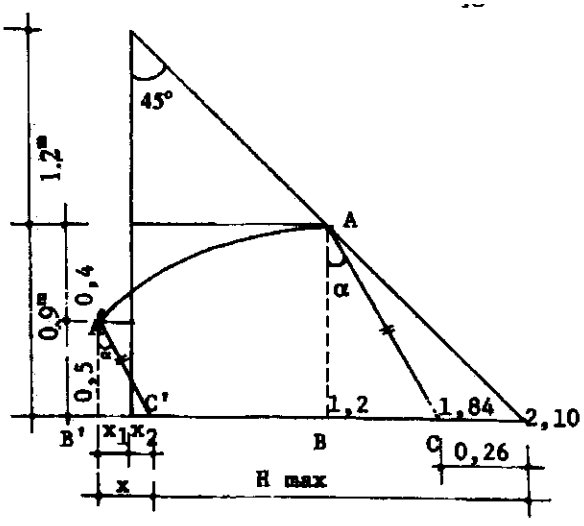
$$H_0 = \frac{180\nu}{g} \cdot \frac{(1-p_0)^2}{p_0^{\,3}} \cdot \frac{V}{d_h^{\,2}} \cdot L$$

$$H_0 = \frac{180x1.01x10^{-6}}{9.81} \cdot \frac{(1-0.42)^2}{0.42^3} \cdot \frac{7.2}{3600} \cdot \frac{0.9}{(0.760x10^{-3})^2}$$

$$H_0 = 0.26 \text{ m}$$

bulunur.

b) ABC ve A'B'C' üçgenlerinin benzerliğinden




$$Tgx = \frac{1{,}84 - 1{,}2}{0{,}9} = \frac{x}{0{,}5}$$

$$x = \frac{0{,}5}{0{,}9} \times 0{,}64 \times 0{,}36 \text{ m}$$

$x_1 = 0{,}30$ m

$x_2 = 0{,}36 - 0{,}30 = 0{,}06$ m

$H_{max} = 2.10 - 0{,}06 = 2{,}04$ m

c) $Z = (1-p).L.\left(\frac{\rho_s - \rho_w}{\rho_w}\right) = (1-0.42)x0.9x(2.64-1) = 0.86$ m

d) Bir filtrenin kum ağırlığı

$W = (1-po)xL.axp_s = (1-0.42)x0.9x15x2640 = 20671.2$ kg.

Torba adedi $n = \frac{W}{W_t} = \frac{20671.2}{50} \cong 414$ torba

2. Misal. Bir hızlı kum filtresi filtre malzemesinin hidrolik çapı 0.9 mm, yatak kalınlığı 1.2 m, su yüksekliği h=1.5 m dir. Q = 2160 $m^3$/sa olarak verilmiştir. Filtre tabanı 1 $m^2$ de 60 adet olan süzgeçlerden ibarettir. Her süzgeçte l0x0.8 mm ebadında 15 adet yarık bulunmaktadır. Buna göre:

a) Filtre sayısını ve bir filtrenin alanını bulunuz.

b) Filtre yatağında müsaade edilecek en büyük yük kaybını hesaplayınız.

Filtrasyon sonunda kirlenmenin 0.30 m derinliğe kadar nüfuz ettiğini kabul ediniz.

c) Geri yıkama esnasında filtre yatağının genişleme yüzdesi %20 ve genişlemiş yatağın porozitesi % 50 olduğuna göre, filtre yatağının geri yıkamadaki yük kaybını bulunuz.

d) Süzgeçlerin imalat katsayısı p = 0.65 olarak verildiğine göre, geri yıkama hızının 50 m/sa olması halinde filtre tabanının yük kaybını bulunuz.

ÇÖZÜM:

Hızlı Kum Filtresi, L=1.2 m d= 0.9 mm h=1.5 m

Q = 2160 rn3/sa (hesap debisi)

a) Hesap debisi, ihtiyacın maksimum olduğu gündeki ortalama saatlik sarfiyattır. Filtre sayısını bulmak için $n = 12\sqrt{Q}$ formülünü kullanalım. Burada Q, ihtiyacın senelik ortalamaya eşit olduğu gündeki ortalama sarfiyattır. $Q_{max} = 2160\ m^3/sa = 0.6\ m^3/sn$

$$Q_{ort} = \frac{Q_{max}}{1,5} = \frac{0,6}{1,5} = 0,4\ \text{m}^3/\text{sn} \qquad n = 12\sqrt{0,4} = 7,5$$

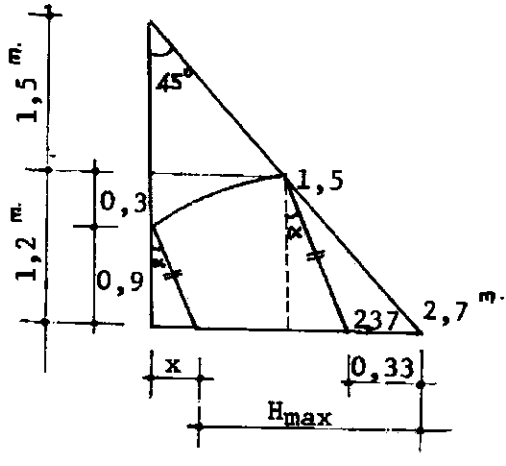
8 filtre olarak seçelim. Filtre hızı 6 m/sa =1.667x10$^{-3}$ m/sn olsun. Bu hız ortalama filtrasyon hızıdır. Maksimum sarfiyatın olduğu gündeki filtre hızının 7 m/sa = 1.9x10$^{-3}$ m/sn ye çıkarılabileceğini ve 1 adet filtrenin yedekte bulunacağını düşünerek

$$a = \frac{A}{n-1} = \frac{Q/V}{n-1} = \frac{0,6/1,9x10^{-3}}{8-1} = 45\ \text{m}^2$$

elde edilir.

$$H_0 = \frac{180\upsilon}{g} \cdot \frac{(1-p)^2}{p_0^{\,3}} \cdot \frac{V}{d_h^{\,2}} \cdot L$$

$$H_0 = \frac{180x1,31x10^{-6}}{9,81} \cdot \frac{(1-0,40)^2}{0,40^3} \cdot \frac{(1,667x10^{-3})}{(0,9x10^{-3})^2} \cdot 1,2$$




Ho = 0.33 m

$$tg\alpha = \frac{2.37-1.5}{1.2} = 0.725$$

x = 0.9x0.725 = 0.65 m

$H_{max}$ = 2.7 - 0.65 = 2.05 m

c) $E = 100\dfrac{p_e - p_o}{1 - p_e}$

$$20 = 100\frac{0.50 - p_o}{1 - 0.50} \qquad p_o = 0.40$$

$$Z = (1 - p)L\left(\frac{\rho_s - \rho_w}{\rho_w}\right) = (1 - 0.40)x1.2x\left(\frac{2.6 - 1}{1}\right) = 1.15m$$

d) V = 50 m/sa μ = 0.65 $\qquad V_0 = \dfrac{V}{A_{eff}} = \dfrac{50/3600}{60x15x0.01x0.0008x0.6}$

$V_0 = 2.97$ m/sn $\qquad \dfrac{V_0^2}{2g} = \dfrac{2.97^2}{2x9.81} = 0.45$ m

**3.Misal.** Bir yavaş kum filtresinin yatak kalınlığı 1.2 m, su yüksekliği 1.5 m dir. En düşük filtre hızı olan 0.1 m/sa hızda temiz filtrenin piyezometrik eğimi 0.25 dir. Aynı hızda filtre tabanının yük kaybı 0.02 in ve çıkış borularındaki yük kaybı 0.2 m dir. Buna göre:

a) 0.1 m/sa lik filtre hızında müsaade edilen en büyük yük kaybını ($H_{max}$) bulunuz. (Negatif basınca müsaade edilmemektedir).

b) Filtre hızının 0.2 m/sa olması halinde müsaade edilen en büyük yük kaybını bulunuz.

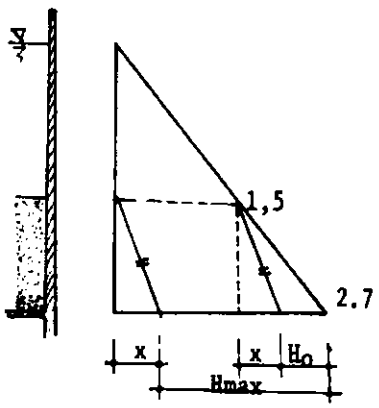
c) Filtre kontrol sistemi çizerek kısaca izah ediniz.

**ÇÖZÜM:**

Yavaş Kum Filtresi: L = 1.2 m h = 1.5 m

V = 0.1 m/sa - $J_o = 0.25$ $\begin{cases} \Delta H_{yatak} = 0.2\ m \\ \Delta H_{taban} = 0.02\ m \end{cases}$

a)




V = 0.1 m/s

V = k . J

$$k = \frac{V}{J} = \frac{0.1}{0.25} = 0.4\ m/sa$$

$$V = k.\frac{H_o}{L} \qquad H_o = \frac{L}{k}.V$$

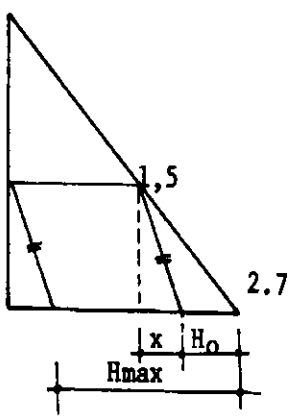
$$H_o = \frac{1.2}{0.4}\ x\ 0.1 = 0.30\ m$$

X = 2.7-.30-1,5=0.90 m.

$(H_{max})$ . yatak = 2.70-0.90 = 1.80 m

$H_{max}$ filtre = 1.80 + 0.20 + 0.02 = 2.02 m

b)




$$H_o = \frac{L}{k}.V = \frac{1.2}{0.4}x0.2 = 0.60\ m$$

x = 2.70 – 1.50 – 0.60 = 0.60 m

$(H_{max})_{yatak}$ = 2.70 – 0.60 = 2.10 m

| *Filtre yatağatağ* | *Taban* |
|---|---|
| $\Delta H_1 = \alpha\ V_1$ | $\Delta H_2 = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^2 .\Delta H_1$ |
| $\Delta H_2 = \alpha\ V_2$ | $\Delta H_2 = 4x0.02 = 0.08$ |

$$\Delta H_2 = \frac{V_2}{V_1}.\Delta H_1 = 2x0.20 = 0.40$$

$H_{max}$ filtre = 2.10+0.40+0.08=2.58 m

c) Filtre kontrol sistemi için yavaş kum filtrelerine ait filtre kontrol şekillerine bakınız.

**4. Misal :** Su ihtiyacı Q = 600 $m^3$/st olan bir kasabanın içme suyu tasfiyesi için hızlı kum filtresi, müteakiben yavaş kum filtresinin uygun olacağı düşünülmüştür. Her iki filtrenin sayılarını bulunuz. Kullanılan malzemeleri, çaplarını, yatak ve su yüksekliklerini seçiniz.

ÇÖZÜM:

Hızlı Kum Filtrelerinin Boyutlandırılması

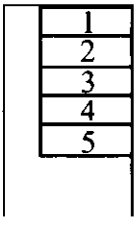
$Q_h$ = 600 $m^3$/st dir. Hızlı kum filtrelerinde v= 5—15 m/st alınabilir. v = 6 m/st seçelim. Bu durumda toplam yüzey alanı:

$$A = \frac{Q}{V} = \frac{600}{6} = 100m^2 \text{ alınabilir.}$$

a=25 $m^2$ alınırsa, boyutlar 6x4.2 = 25.2 $m^2$ seçilebilir.

$$a = \frac{A}{n-1} \qquad n-1 = \frac{A}{a} = \frac{100}{25} = 4 \quad \Rightarrow n = 5$$

bulunur.




Filtre yatağı sade kum yatak olarak seçilmiştir.
Kum tabakası kalınlığı L=1,2 m, kumun dane çapı d = 0,8 mm seçilmiştir. Su yüksekliği h=1 m alınmıştır.

Yavaş Kum Filtrelerinin Boyutlandırılması

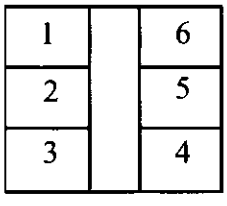
Filtre hızı v = 0.1— 0.5 m/st alınabilir. v=0.3 m/st seçilirse

$$A = \frac{Q}{v} = \frac{600}{0.3} = 2000 \ m^2$$

$$n = \frac{1}{4}\sqrt{Q} = \frac{1}{4}\sqrt{600} = 6 \qquad \text{civarında olmalı.}$$

a= 400 $m^2$ seçilirse $n = \frac{A}{a} + 1 = \frac{2000}{400} + 1 = 5 + 1 = 6$ adet

Plan




Filtre boyutları 25x25=625$m^2$

Kumun dane çapı $d_{10}$=0,25 mm

Kum tabakası kalınlığı L=0,9 m

Su yüksekliği h=1,25 m alınmıştır.

**5. Misal.**

Azalan Debili Filtre Misali

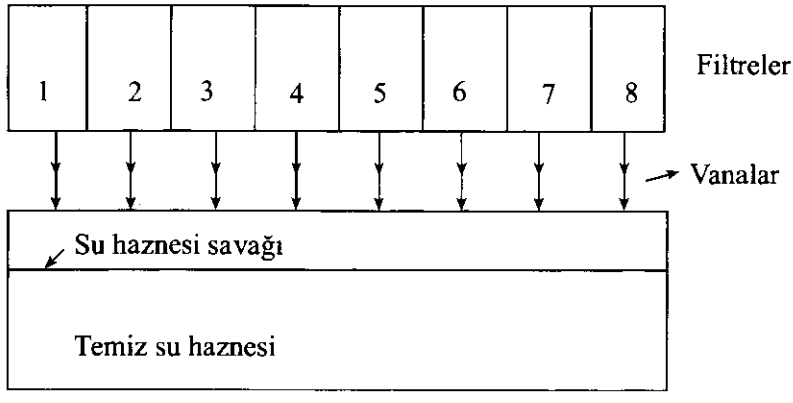
Azalan debili 8 filtre şekilde gösterildiği gibi sıralanmıştır. Filtrelere giren ham su miktarı 45000 $m^3$/gün, ortalama filtre hızı 12,5 m/st, temiz bir filtrede istenen maksimum filtrasyon debisi ise 17.5 m/st olarak verilmektedir.

17.5 m/ saat'lik bir debi için aşağıdaki yük kayıpları bulunmuştur.

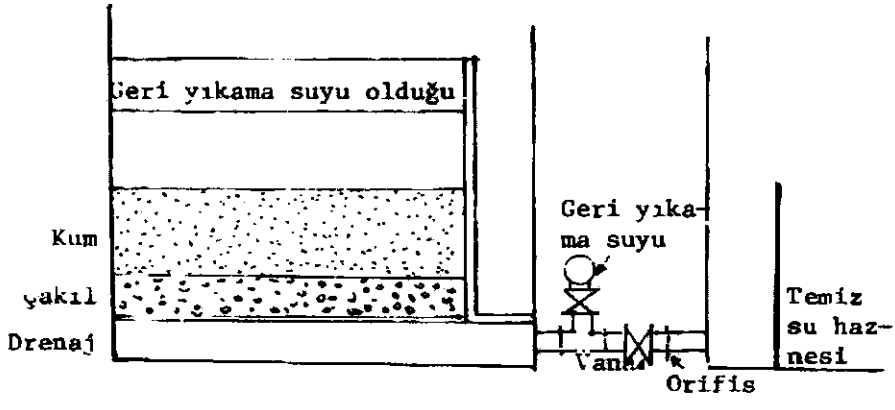
Kum yatağın yük kaybı 0.85 m.ss

Tabandaki çakılın yük kaybı : 0.02 m.ss

Taban drenajının yük kaybı : 0.21 m.ss




Filtrelerden temiz su haznesine giden borunun iç çapı 300 mm ve uzunluğu 4 m'dir. Bu boruların üzerinde 300 mm'lik bir vana ve debiyi sınırlandıran bir orifis vardır. Temiz su haznesi savağının üzerinden itibaren suyun filtre içinde ulaşacağı yükseklik en fazla 1.8 m olarak alınacaktır.



Buna göre;

a) Filtre içindeki su maksimum seviyeye ulaştığı zaman, filtrenin maksimum debisinin 17.5 m/st olması için orifisteki gerekli yük kaybını bulunuz.

b) Yukarda bulunan yük kaybını elde edebilmek için orifisin deliğinin çapı ne olmalıdır

c) Filtre hız, filtre kirlendikten sonra 8.5 m/st'e düştüğü zaman filtre malzemesi üzerinde kalan mevcut yük ne olacaktır.

d) Şayet bütün filtreler temiz olarak ve 12.5 m/st lik bir debide çalıştırılmaya başlandıysa, filtrelerin üzerindeki suyun düşebileceği en alçak seviyeyi bulunuz.

Çözümde çıkış borusunda sürtünmeden doğan yük kayıpları ihmal edilecek, diğer yük kayıplarının hesabı da $\Delta h=k.v^2/2g$ şeklinde yapılacaktır.

Giriş kaybı için k=0.5, çıkış kaybı k=1.0, vana kaybı için k=0.2 , T parçasındaki kayıp için k=0.2 alınacaktır.

ÇÖZÜM:

Önce filtre boyutlarını bulalım.

$$\frac{45000}{8\,filtre x 12.5 m^3/m^2 st x 24 st/gün} = 18.75\ m^2/filtre$$

Akımlar

$$\text{Her filtreye ortalama akım} = \frac{45000\ m^3/gün}{8} = 5625\ m^3/\text{gün}$$

Her filtreye maksimum akım = 18.75 $m^2$x17.5 $m^3/m^2$st x 24 st/gün =7875 $m^3$/gün

Her filtreye minimum akım 18.75 x 8.5 x 24=3825 $m^3$/gün

a) Orifiste gerekli yük kaybı

1.8 m toplam — Σ kayıplar

Σ kayıplar = 0.85 kum + 0.02 çakıl +0.21 drenaj+boru kayıpları

$$\text{Boru kayıpları} = \Sigma \frac{kV^2}{2g} = (0.5 + 1.0 + 0.2 + 0.2)\frac{V^2}{2g}$$

$$V = Q/A = \frac{7875\ m^3/gün}{\frac{\pi.0.3^2}{4} x86400\ sn/gün} = 1.29\ m/sn$$

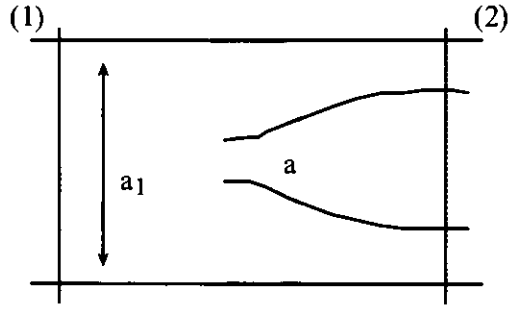
$$V^2/2g = \frac{1.29^2\ m^2/sn^2}{2x9.81\ m/sn^2} = 0.0848\ mss$$

Boru kayıpları = 1.9 x 0,0848 = 0.16 m

Σ kayıpları = 0.85+0.02+0.21+0.16 = 1.24 m

Orifiste gerekli yük kaybı = 1.8-1.24 = 0.56 m

b) Orifis çapının hesaplanması




$$Q = C.a\sqrt{\frac{2g(\frac{\rho_1}{\gamma} - \frac{\rho_2}{\gamma})^2}{1 - C^2(\frac{a}{a_1})^2}}$$

Bu denklemdeki yük kaybı ΔH = $(\frac{\rho_1}{\gamma} - \frac{\rho_2}{\gamma})$ boru içindeki herhangi bir üst noktadan akımın en dar olduğu noktaya kadar olan kaybıdır.

Orifis çapı kullanılarak hesap edilen Reynolds sayısı 10000 den fazlaysa orifis katsayısı C nin değeri C=0.61 olarak alınır. Bizim için gerekli olan yük kaybı akımın en dar noktasına kadar olan yük kaybı değil, borunun daha alt kısımlarına kadar olan yük kaybıdır. Akım, en dar noktadan geçtikten sonra tekrar bir miktar yük kazanılır. Bu kazanma el kitaplarında ΔH in %30 u kadar olduğu verilmektedir. Orifiste gerekli yük kaybı 0.56 m olduğuna göre orifis denkleminde kullanılması gereken ΔH= 0.54/0.7= 0.8 m dir.

Q= 7875 $m^3$/gün. 1/86400 gün/sn = 0.0911 $m^3$/sn

$$0.0911 = 0.61a\sqrt{\frac{2x9.8x0.8}{1-(0.61)^2.\frac{\pi d^4/4}{\pi.0.3^2/4}}}$$

$$0.0911 = 0.61.\frac{\pi d^2}{4}.\sqrt{\frac{15.68}{1-4.13d^2}}$$

$$0.0083 = 0.2295d^4\left(\frac{15.68}{1-4.13d^2}\right)$$

$0.0083–0.0343d^2-(0.2295d^4).(15.68) = 0$

Deneme ve yanılma ile d= 0.21 m bulunur.

Deneme ve yanılma metodu kullanılarak çözüm bulunur.

$3.599\ d^4 + 0.0343\ d^2 — 0.0083 = 0$

d = 0.2 m, denenirse 0.0058 +0.0014 – 0.0083 = - 0.0011

d = 0.21 m denenirse

0.0070 + 0.0015 – 0.0083 = 0.0002

Yeteri kadar doğru olduğu için burada deneme bırakılacaktır Reynolds sayısını kontrol edelim:

$V_{orifis}$ = 1.29 m/sn.(0.3/0.21)2 = 2,63 m/sn

$$Re = \frac{V.d}{v}$$

20°C da; v = $10^{-6}$ $m^2$/sn

Re = 0.21 m x 2.63 m/sn / $10^{-6}$

Re = 552 x $10^3$

c) Filtrasyonun sonlarına doğru 8.5 m/saat hızda kumun üzerinde kalan yükü hesaplayalım.

Türbülanslı kayıplardan dolayı $\alpha Q^2$

17.5 m/saat'teki türbülanslı kayıplar:

Orifis drenaj borular

0.56 + 0.21 + 0.16 = 0.93 m

8.5 m/saat teki türbülanslı kayıplar:

$$0.93x\left(\frac{8.5}{17.5}\right)^2 = 0.22 \text{ m}$$

Laminer akımdan dolayı olan kayıplar $\alpha Q^2$

Şayet kum içindeki kayıplar toplam laminer kayıplardan çıkarılırsa çakıl içinde 17.5 m/saat hızındaki yük kaybı = 0.02 m.

0.02x8.5/17.5 = 0.01 m

8.5 m/saatteki toplam yük kayıpları = 0.23 m.

Kirlenmiş kum içerisindeki yük kaybı = 1.8 – 0.23=1.57 m

d) 12.5 m/saatteki en düşük su seviyesi

Türbülanslı kayıplar =*0.93* m x $(12.5/17.5)^2$= 0.47 m

Laminer kayıplar = 0.87 x 12.5/17.5 =0.62 m

En düşük su seviyesi= Toplam 1.09 m

Bütün filtreler temizken en düşük su seviyesi, temiz su savağı seviyesinin 1.09 m üstündedir.

# 8. BÖLÜM

# 8. DEZENFEKSİYON

## 8.1. Giriş

Bir suyun ihtiva ettiği sağlığa zararlı mikroorganizmaların sudan giderilmesi işlemine 'suyun dezenfeksiyonu" denilmektedir. Dezenfeksiyon ile sterilizasyon terimleri birbiriyle karıştırılmamalıdır. Sterilizasyon, dezenfeksiyondan daha ileri kademe olup, sporlar dahil sudaki bütün canlıların öldürülmesi işlemidir.

İçme sularının dezenfekte edilmesinin gayesi sudan geçen sâri hastalıkların bulaşmasının önlenmesidir.

Suların dezenfeksiyonu birkaç şekilde yapılabilir. Çökeltme, yumaklaştırma ve filtrasyon gibi işlemlerle mikroorganizmaların kısmen azaltılması mümkündür. Ancak asıl mikroorganizma giderme usülleri aşağıda belirtilmiştir.

a) Kaynatma ve benzeri fiziki işlemler
b) Ultraviyole Işınlarıyla dezenfeksiyon
c) Bakır ve gümüş gibi metal iyonlarıyla
d) Halojenler (Klor, brom, iyot), ozon, potasyum permanganat gibi oksidantlar ile dezenfeksiyon

Ancak dezenfektanın seçiminde ve kullanımında aşağıdaki hususlara dikkat edilmelidir:

a. Dezenfektanın cinsi ve dozu
b. Lüzumlu temas süresi
c. Suyun sıcaklığı ve kimyevi özellikleri
d. Giderilecek mikroorganizmaların cins ve özellikleri

**8.2.Klorla dezenfeksiyon**

Klor normal ısı ve basınçta sarımsı - yeşil bir gaz olup, havadan ağırdır. Çok keskin bir kokusu vardır. Aktif bir elementtir. Su olması halinde, normal sıcaklıkta bütün elementlere tesir eder. Sadece asal gazlar ve oksijenle reaksiyona girmez. Oda sıcaklığında kuru klor, platin, altın ve gümüş gibi metaller ile bakır ve demir ile bir reaksiyon meydana getirmez. Bu sebeple kuru kloru bakır ve demir borularda nakletmek ve çelik kaplarda muhafaza etmek mümkündür.

Suda çözünen klor su ile reaksiyona girerse:

$$Cl_2 + H_2O \rightleftharpoons HOCl + H^+ + Cl^-$$

meydana Düşük pH 'a bağlı olarak reaksiyon aşağıdaki gibi olur:

$$HOCL \rightleftharpoons H^+ + OCl^-$$

Yüksek pH

HOCl (Hıpokıorıt) kuvvetli, $OCl^-$ ise zayıf bir dezenfektandır. Bu yüzden reaksiyonun sola doğru olması istenir. Bu ise düşük pH değerlerinde mümkündür. pH'ya bağlı olarak HOCl yüzdeleri cetvel 8.1 'de gösterilmiştir.

Cetvel 8.1. pH ya bağlı olarak HOCl yüzdeleri

| pH | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| %HOCl | 100 | 96 | 75 | 23 | 3 | <1 | <1 |

Bu durum şekil 8.1'den de görülebilir.

Küçük tesislerde, dezenfeksiyonda sodyum hipoklorit çözeltisi kullanılır. Sodyum hipoklorit, sodyum hidroksit çözeltisine klor verilmek suretiyle hazırlanmaktadır.

$$Cl_2 + 2NaOH \rightarrow NaCl + NaOCl + H_2O$$

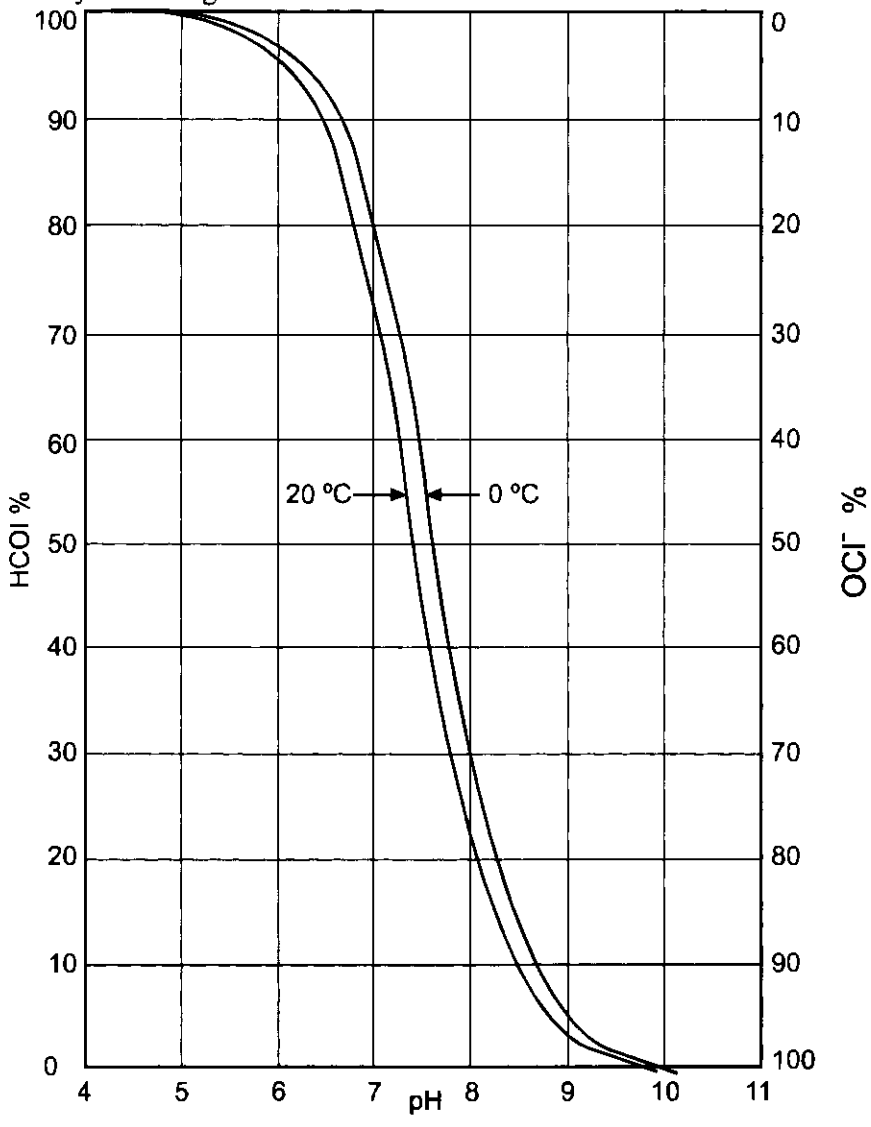
Ancak çözelti kararlı değildir. Aşağıdaki reaksiyonla zamanla dezenfektan özelliğini kaybeder.

$$2\ NaOCl \rightarrow 2NaCl + O_2$$

Bu reaksiyon ışık ile hızlanır. Bu sebeble sodyum hipoklorit çözeltisi ışığa karşı muhafaza edilmelidir.

Klorla dezenfeksiyonda mikroorganizma giderme verimine tesir eden unsurlar aşağıda belirtilmiştir;

- Mikroorganizmaların cinsi
- Mikroorganizmaların kesafeti
- Kullanılan dezenfektanın cinsi ve dozajı
- Temas müddeti
- Suyun pH değeri
- Suda dezenfektanla reaksiyona giren bileşiklerin (organik maddeler, amonyum, $Fe^{++}$ , $Mn^{++}$ vs.gibi) olup olmadığı
- Suyun sıcaklığı




Şekil 8.1. pH ve Sıcaklığa Bağlı Olarak HOCl ve $OCl^-$ Yüzdeleri

Giderilecek olan organizmaların cinsleri ve kesafeti mikroorganizma giderme verimine tesir eder. Kullanılan dezenfektan maddenin cinsi mühimdir. Çünkü her dezenfektan ayrı bir güce ve özelliğe sahiptir. Temas müddeti arttıkça mikroorganizma giderme verimi artmaktadır. Dezenfekte edilecek suda bulunan maddelerin cins ve miktarları dezenfeksiyonun verimine tesir eder. Dezenfekte edilecek suda organik maddeler, demir ve mangan gibi metallerin olması halinde bunların dezenfektan ile okside olacağı göz önünde bulundurulmalıdır. Suyun bulanıklığı fazla ise dezenfektan maddenin imha tesiri azalır. İyi bir dezenfeksiyon için bulanıklığın düşük olması gerekir. Suyun sıcaklığı arttıkça dezenfeksiyonun hızı da artmaktadır.

Amonyum ile reaksiyon

Klor, amonyak ihtiva eden suya ilave edildiğinde aşağıdaki reaksiyonlar meydana gelir.

$HOCl + NH_3 \rightarrow H_2O + NH_2Cl$ (Monokloramin)

$HOCl + NH_2Cl \rightarrow H_2O + NHCl_2$ (Dikloramin)

$HOCl + NHCl_2 \rightarrow H_2O + NCl_3$ (Trikloramin)

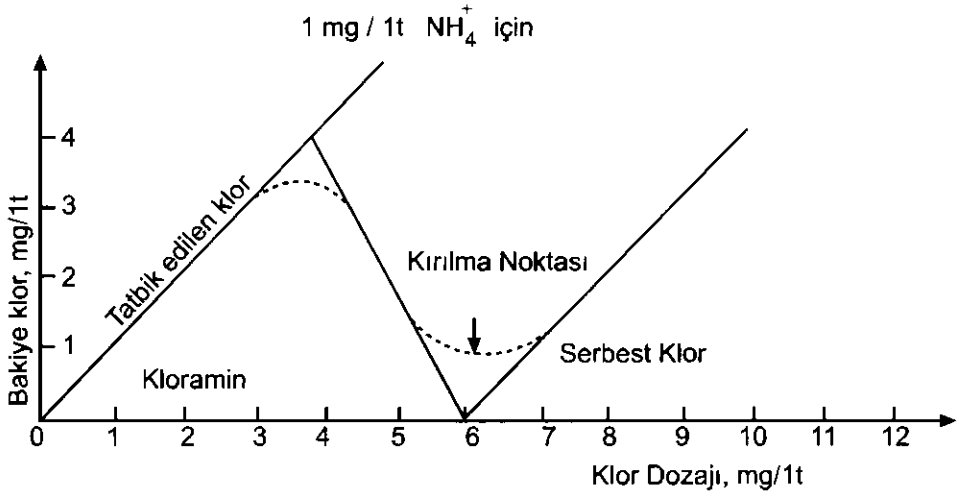
Teşekkül eden reaksiyon ürünleri, pH, sıcaklık, temas müddeti ve başlangıçtaki (klor/amonyak) nisbetine bağlıdır. Suyun pH değeri 8 den büyük ise esas itibariyle monokloramin teşekkül eder. pH'nın 3 den küçük olması halinde ise Trikloraminler husule gelir.

Amonyak ihtiva eden suya klor ilave edildiği zaman tatbik edilen klor dozajına karşı, bakiye klor noktalanırsa Şekil 8.2'de gösterilen eğri elde edilir. Bakiye klor, serbest klor ile bağlı klordan ibarettir. Şekil 8.2., 1 mg/lt amonyum $NH^+_4$ ihtiva eden suların dezenfeksiyonu için çizilmiştir. Kesik çizgiler ise tatbikattaki durumu ifade etmektedir. Teorik olarak 3 molekül klor, iki molekül amonyum ile birleşir. Yani

$2NH^+_4 + 3\,Cl_2 \rightarrow N_2 + 8H^+ + 6Cl^-$

yazılabilir. Buradan 1 mg $NH_4$/lt için 6 mg/lt klora ihtiyaç olduğu hesapedilebilir.

$$\left.\begin{array}{ll} \textit{Serbest klor} & (OCl^-,\ HOCl\ ve\ Cl_2) \\ \textit{Bağağklor} & (NH_2Cl,\ NHCl_2\ ve\ NCl_3) \end{array}\right\} = \textit{Bakiye klor}$$




Şekil 8.2. Kırılma Noktası Klorlamasının Grafik Gösterilişi

Nazari olarak 1 mg $NH^+_4$/lt için 6 mg/lt klor ihtiyacı olmasına rağmen tatbikatta bu değer biraz daha büyük alınarak 10 *mg/lt* civarında tutulur.

Şekilde gösterilen kırılma noktasında kloramin şeklindeki klor bakiyesi en düşük seviyededir. Bu noktaya tekabül eden değerden daha büyük klor dozlarında suda tamamıyla serbest klor teşekkül edecektir.

Şekil 8.2'de verilen grafik temsilidir. Bütün su numunelerine tatbik edilemez. Çünkü her su numunesinin kendine mahsus bir (bakiye klor — klor dozajı eğrisi) vardır. Çünkü klor ihtiyacı, suyun amonyum konsantrasyonuna, temas müddetine ve suda klorla reaksiyona giren başka maddelerin olup olmamasına bağlıdır.

Dezenfeksiyonun hızı, bakiye klor konsantrasyonuna ve cinsine, temas müddetine, pH değerine, sıcaklığa ve öldürülecek organizmaların cinslerine bağlıdır. Bağlı klorlar, serbest klorlara göre daha zayıf dezenfektan olduklarından daha uzun temas müddetlerine ve daha büyük dozlara ihtiyaç vardır. Bir misal olmak üzere HOCl ile $NH_2Cl$ yi mukayese edelim. Aynı temas müddetinde aynı tesiri elde etmek için HOCl'den daha fazla monokloramin gerekir. Mesela 10 dakikalık temas müddeti için 0.5 mg/lt HOCl ile elde edilen tesiri elde etmek için 2.0 mg/lt $NH_2Cl$ lüzumludur. Eğer aynı doz tatbik edilirse, aynı giderme verimi elde etmek $NH_2Cl$ için lüzumlu temas müddeti, HOCl için lüzumlu olan müddetten fazladır. Mesela 0.5 mg/lt HOCl için 10 dakikalık temas müddetinin yaptığı tesiri elde etmek için $NH_2Cl$ ile 60 ila 120 dakikalık bir temas müddeti lüzumludur.

Netice itibariyle bağlı klorlar daha zayıf dezenfektan olduklarından daha uzun temas müddetine ihtiyaç vardır.

İçme suyunda bakteriyolojik dezenfeksiyon için tavsiye edilen minimum bakiye klor konsantrasyonları Cetvel 8.2'de verilmiştir.

Cetvel 8.2. Bakteriyolojik Dezenfeksiyon İçin Tavsiye Edilen Minumum Bakiye Klor Konsantrasyonları.

| pH | 10 dakikalık temas müddeti sonunda bulunması gerekli minumum serbest bakiye klor mg/lt | 60 dakikalık temas süresinden sonra bulunması gerekli minumum bağlı bakiye klor, mg/lt |
|---|---|---|
| 6.0 | 0.2 | 1.0 |
| 7.0 | 0.2 | 1.5 |
| 8.0 | 0.4 | 1.8 |
| 9.0 | 0.8 | Tatbik edilemez (> 3.0) |
| 10.0 | 0.8 | Tatbik edilemez (> 3.0) |

Bağlı klorun serbest klordan daha zayıf dezenfektan olmasına karşılık kararlı olması gibi bir faydası vardır. Serbest klor ($Cl_2$, $OCl^-$, HOCl) o kadar kararlı değildir, zamanla dezenfektan tesiri kaybolur. Bu durum Cetvel 8.3 de gösterilmiştir. Halbuki monokloramin ($NH_2Cl$) için bu durum bahis mevzu değildir, bu dezenfektan kararlıdır, yani zamanla dezenfeksiyon gücü azalmaz. Bu durum bilhassa içme suyu şebekeleri için ehemmiyetlidir. Çünkü içme suyu şebekesinde kirlenme ihtimali varsa bu durumda şebekede kararlı dezenfektanın olması arzu edilir. Sık sık su kesintilerinin olduğu meskun mahaller için bu husus dikkate alınmalıdır.

Cetvel 8.3. Klorun Sudaki Tesirinin Zamanla Azalması.

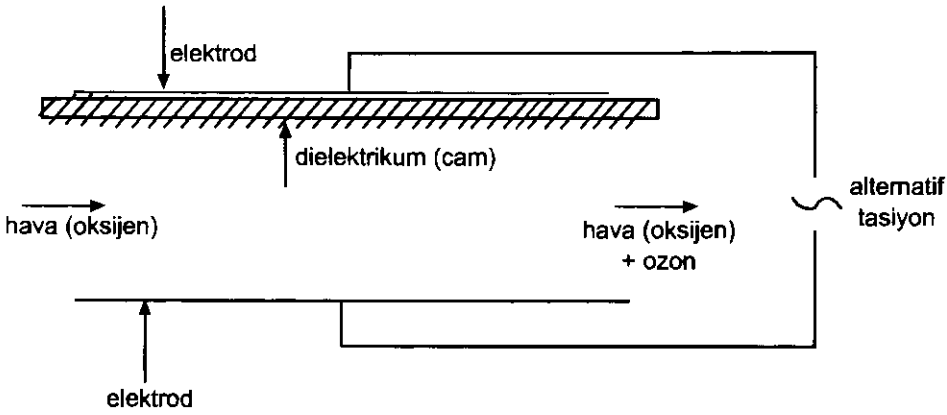
| Saat | Bakiye serbest klor mg/l | Yüzde |
|---|---|---|
| 0 | 0.6 | 100 |
| 3 | 0.5 | 83 |
| 5 | 0.45 | 75 |
| 24 (1 gün) | 0.3 | 50 |
| 48 (2 gün) | 0.2 | 33 |
| 96 (4 gün) | 0.05 | 8 |

Cetvel 8.3'den görüldüğü gibi bakiye serbest klorun başlangıçtan 24 saat sonraki dezenfektan tesiri %100 den 50 ye düşmekte ve 2 günden sonra ise tesiri hemen hemen kaybolmaktadır.

Su şebekesinde kirlenme ihtimali varsa ve su amonyak ihtiva etmiyorsa bu durumda şebekede kararlı bir dezenfektanın olması arzu edildiğinden, klorlamadan önce suya amonyak ilave edilerek bir miktar monokloramin teşekkül etmesi sağlanır.

### 8.3. Ozonla Dezenfeksiyon

Ozon, oksijenin özel bir halidir. Bir oksijen molekülünün 2 oksijen atomundan ibaret olmasına mukabil, ozon 3 oksijen atomundan teşekkül eder. Ozon, ($O_3$), havadaki oksijenin çok yüksek voltajda elektrik akımına maruz bırakılması suretiyle üretilir. (Şekil 8.3).




Şekil 8.3. Ozon Üretim Tertibatının Şematik Resmi

Ozon üretiminde kullanılan alternatif akımın voltajı 7000—15000 Volt civarındadır. Elektrik akımının frekansının ise 50-300 Hz arasında olması tavsiye edilmektedir. Ozon üretimi için saf oksijen kullanılabileceği gibi hava da kullanılabilir. Ancak ozon üretiminde kullanılan havanın ısısı düşük (-4°C) ve kuru olmalıdır. Havanın nemli olması ve içinde toz bulunması üretimin verimliliğini düşürmektir.

Ozon çok kuvvetli bir dezenfeksiyon maddesidir. Bakteri ve virüsleri öldürmek için lüzumlu doz 0.3-1.0 mg/lt arasında değişmekte ve birkaç dakikalık temas müddeti de kafi gelmektedir. Dünya Sağlık Teşkilatı (WHO) tarafından bakteri ve virüslerin giderilmesi için 0.4mg/lt ozon dozu ve asgari 4 dakikalık bekleme müddeti tavsiye edilmektedir.

Ozonun dezenfeksiyon tesirinden başka suyun koku ve tadının iyileştirilmesi gibi bir faydası vardır.

Ozonun çok kuvvetli bir dezenfektan olması faydası karşısında, üretiminin pahalı olması gibi mahzuru vardır. Bu yüzden ancak büyük tesisler için kullanılması uygundur.

Ozonun bir diğer mühim mahzuru son derecede kararsız bir madde olmasıdır. Bu özelliği, pH'ya bağlı olarak değişir. Dozlama yapıldığı andaki dezenfeksiyon gücü %100 olarak gösterilmek suretiyle, zamanla ozonun gücündeki azalma pH'ya bağlı olarak Cetvel 8.4 de verilmiştir.

Cetvel 8.4 Ozonun Gücündeki Azalmaya pH'nın Tesiri

| | Bakiye Ozon, % | | |
|---|---|---|---|
| pH / Dakika | 7.6 | 8.5 | 8.2 |
| 3 | 98 | 90 | 65 |
| 6 | 92 | 70 | 40 |
| 18 | 78 | 30 | 5 |

Klor ve ozondan başka su dezenfeksiyonunda klor dioksit ($ClO_2$ ) ve potasyum permenganat ($KMnO_4$) gibi dezenfektanlar da kullanılmaktadır. Ozon, $ClO_2$ ve $KMnO_4$, $NH^+_4$ ile reaksiyona girmezler. Ozonun kararsız olmasına karşılık, $ClO_2$ ve $KMnO_4$ kararlı dezenfektanlardır.

Kuvvetli ve kararlı bir dezenfektan olması dolayısıyla klordioksit günden güne daha geniş kullanma alanları bulmaktadır.

$Br_2$, $I_2$ ve $Ag^+$' nin ise kullanma alanları oldukça sınırlıdır. $Br_2$ yüzme havuzlarında; $I_2$ ise çok küçük debili suların, gümüş iyonu ($Ag^+$ ) ise küçük debiler ve şişe sularının dezenfeksiyonunda tatbik edilmektedir.

# 9. BÖLÜM

## 9. KOKU VE TAD KONTROLÜ

### 9.1. Giriş

Tad ve koku problemi hem yeraltı suları hem de yüzey sularından su temininde karşımıza çıkmaktadır. Ancak yüzey sularının su kaynağı olarak kullanılması halinde koku ve tad problemi, yeraltı sularına göre daha sık ve daha büyük bir problem olarak ortaya çıkmaktadır. Çünkü yüzey suları gerek tabii olarak ve gerekse insanlar tarafından verilen organik atıklarla daha fazla kirlenmeye maruzdur.

İstenmeyen tad ve koku giderilmesinde koku eşiği olarak bilinen Threshold koku seviyesinin üst sınırı umumiyetle 3 ila 5 arasında alınmaktadır. Bazan bu değerlerde dahi tüketiceler tarafından itirazlar gelmektedir. Esasen bu üst eşik seviyesinin ham su evsafına bağlı olarak tesbit edilmesi faydalıdır.

Koku ve tad ekseriya beraber bulunur. Bir suda istenmeyen koku ve tad aşağıdaki sebeplerden ileri gelir:

- Ev kullanılmış sularının su kaynaklarına karışması
- Sanayi atık suları, bilhassa fenol, yağ ve benzerleri gibi kimyevi maddeler
- Su kaynağında yaşayan algler, diğer organizmalar ve bunların ölmesinden ileri gelen organik maddelerin çürümesi
- Klor ve suda fenolle birleşen mono ve diklorofenoller
- Hidrojen sülfür ve metan gibi suda çözünmüş gazlar
- Yabani ot ve böcek mücadelesinde kullanılan zirai mücadele ilaçları.

Yukarda belirtilenlerin hepsi suya değişik şekillerde koku ve tad verirler. Nehir sularında umumiyetle $H_2S$ ve $CH_4$ gibi gazlar bulunmaz, çünkü bunlar havasız (anaerobik) ayrışmanın mahsulleridir. Göl ve barajlar gibi büyük biriktirme haznelerinde dibe çökelen alg, bitki ve organizmaların havasız ayrışması neticesi $H_2S$ (hidrojen sülfür) ve $CH_4$ (metan) husüle gelir.

Yapılan araştırmalar, içme suyunda koku ve tad hasıl eden belli başlı sebeplerden birincisinin algler, ikincisinin ise bitki örtüsünün çürüyüp ayrışması olduğunu göstermiştir.

Koku, bazı alg cinslerinin normal metabolik faaliyetleri neticesi husule gelmektedir. Yeşil alglerin büyük ekseriyeti canlı kaldıkları müddetçe suya fark edilir bir koku ve tad vermemektedir. Hâlbuki mavi-yeşil algler çok defa kesif bir tad ve kokuya sebep olmaktadır. Ayrıca su hazneleri, baraj veya göllerin tabanındaki bitkiler çürüyerek istenmeyen koku ve tad husule getirmektedir. Bu bakımdan doldurmaya başlamadan önce biriktirme hazneleri ve baraj göllerinin su altında kalacak olan sahalarındaki bütün bitki ve ağaçlar temizlenmelidir.

### 9.2. Tad ve Koku Kontrol Tedbirleri

Tad ve Koku Kontrol Tedbirleri:

•Su kaynaklarının kirlenmesini önleyici tedbirler

• Tasfiye tesisinde tad ve koku giderilmesi olmak üzere iki sınıfta incelenebilir.

### 9.3. Önleyici Tedbirler

Bu çeşit kontrol tedbirleri su kaynaklarının korunması istikametindeki tedbirlerdir. Bunlar

a) Kirlenmeyi daha kaynağında önlemek

•İleri tasfiye ile atık sulardan azot ve fosfor giderilmesi,

• Sanayii atıklarının bertaraf edilmesi

• Zirai sahalardan su kaynağına gelebilecek gübre ve zirai mücadele ilaçları gibi kirleticilerin kontrolü

gibi tedbirler bu cümledendir.

b) Kirleticileri su kaynağına girmeden önce gidermek

Biriktirme haznelerinden önce yumaklaştırma ile fosfor gidermek gibi tedbirlerle, su kaynağında koku ve tada sebep olan yosunların (alglerin) çoğalmasının önlenmesi gibi tedbirler bu sınıfta sayılabilir.

c) Su kaynağında alınacak tedbirler

Suyun temin edildiği kaynakta (göl, baraj v.s, gibi) alglerin çoğalmasını önlemek, su kenarında yaşayan bitkilerin büyümesini engellemek, bu tedbirler arasında sayılabilir. Alg (yosun) çoğalmasını önlemek için çeşitli kimyevi maddeler ($KMnO_4$, $CuSO_4$, $Cl_2$...vs) kullanılabilir. Ancak su kaynağı olarak kullanılan yüzey suyunda balık yetiştiriliyorsa, bu maddelerin balıklar üzerine olan öldürücü tesisi düşünülmelidir.

### 9.4. Tesislerde Tad ve Koku Giderilmesi

Tesislerde, tad ve koku kontrolü aşağıda belirtilen usullerden biri veya birkaçı vasıtasıyla yapılır. Bunlar:

1. Havalandırma
2. Biyooksidasyon
3. Yumaklaştırma
4. Klorlama ($Cl_2$)
5. Klor dioksit ($ClO_2$)
6. Ozon ($O_3$)
7. Potasyum permanganat ($KMnO_4$)
8. Aktif karbon

Ancak bu usullerin seçiminde aşağıdaki hususlar dikkate alınmalıdır:

a) Ham suyun evsafı, bilhassa tad ve koku bakımından özellikleri
b) Arzu edilen giderme verimi
e) Kimyevi maddelerin fiyatı ve temin edilme imkanları
d) Kimyevi maddelerin kolaylıkla ve ucuz olarak tatbik durumları.

#### 9.4.1. Havalandırma

Havalandırma ile $H_2S$ gibi uçucu gazlar ve bazı uçucu yağlar giderilebilir. Havalandırma sistemlerinde $H_2S$ giderme verimi %50 civarındadır. Şayet giderilmesi istenen bileşikler uçucu ise havalandırma tad ve koku kontrolü için en uygun ve ucuz bir hal tarzıdır. Ancak bazı özel durumlarda diğer usullerle birlikte tatbik edilir.

#### 9.4.2. Biyooksidasyon

Bazı koku ve tad veren organik maddeler, biriktirme haznelerinde bekletilmeleri, yavaş veya hızlı kum filtrelerinden süzülmeleri esnasında okside edilerek giderilebilir. Ancak bu sistemlerin verimliliği koku ve tad veren maddelerin ayrışma kabiliyetine bağlıdır.

Suni olarak yeraltına ham su verip, bir başka yerden bu suyun kuyularla alınması suretiyle tad ve koku giderilmesi de mümkündür.

#### 9.4.3. Yumaklaştırma

Yumaklaştırma koku ve tad kontrolünde ekseriya müessir bir çözüm tarzı değildir. Çünkü koku ve tad veren maddeler suda umumiyetle çözünmüş halde bulunurlar. Dolayısıyla bunlar $Al^{+3}$ ve $Fe^{+3}$ gibi yumaklaştırıcılarla çözünemeyen bir şekle indirgenemezler. Bununla beraber suya istenmeyen koku ve tad veren bazı maddeler yumaklar tarafından adsorbe edilerek sudan uzaklaştırılabilir.

### 9.4.4. Klorlama

Klor, kuvvetli bir oksitleyicidir. Dolayısıyla koku veren pek çok madde klor ile okside edilerek büyük ölçüde giderilebilir. Ancak ham su fenol ihtiva ediyorsa, klor, fenolle birleşerek klorofenolleri meydana getirir. Klorofenollerin çok küçük konsantrasyonları dahi istenmeyen tad ve kokuya sebep olduğundan, klorun tad ve koku kontrolünde kullanılmasında dikkatli olunmalıdır. Böyle durumlarda klor yerine başka maddelerin kullanılması uygundur. Herhangi bir sebeple klor kullanılması arzu ediliyorsa, $Cl_2$ yerine Monokloramin ($NH_2Cl$) gibi klor bileşiklerinin kullanılması faydalıdır.

Klor, birkaç şekilde tatbik edilebilir.

1. Basit ve sınırlı klorlama

Burada takriben 30 dakikalık ortalama temas müddeti sonunda ancak çok cüzi bir bakiye klor kalacak şekilde klorlama tatbik edilebilir.

2. Bağlı Klorla klorlama

Klorlamadan önce amonyak ilave edilerek Monokloramin ($NH_2Cl$) teşekkülü sağlanır.

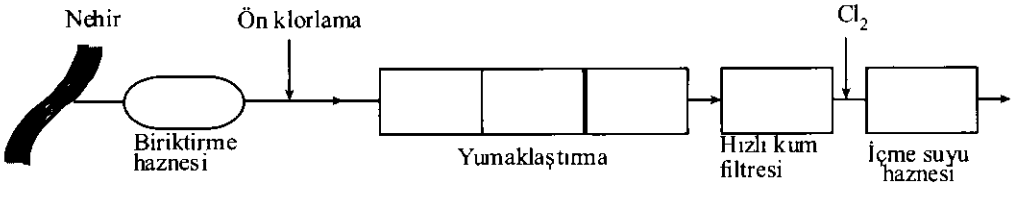
3. Kırılma noktası klorlaması

Suda amonyum varsa, kırılma noktası klorlaması ile 0.2 mg/lt civarında bakiye serbest klor kalacak şekilde dozlama yapılır.

4. Aşırı klorlama

Aşırı klorlama, daha sonra fazla klorun giderilmesi şartıyla, klorun yüksek dozlarda suya verilmesidir.

Klorun tasfiye tesisindeki tatbik yerine gelince, biriktirme haznesi veya göl, baraj gibi su kaynağından suyun alınmasından sonra bir ön klorlama, temiz su haznesinden önce ise nihai klorlama yapılması uygundur. (Şekil 9.1)




Şekil 9.1. Su Tasfiyesinde Klorlamanın Yeri

### 9.4.5. Klor dioksit ($ClO_2$)

Klor dioksit, içme suyu tasfiyesinde bazı durumlarda klora tercih edilir. Çünkü klorla dezenfeksiyonda olduğu gibi suyu fena koku veren klorofenoller teşekkül etmez. Ayrıca klora nazaran daha kararlıdır. İçme suyu şebekesinde en azından 48 saat tesirini kaybetmeden kalır.

Klor dioksit koku ve tad kontrolünde ve $Fe^{++}$ ile $Mn^{++}$ in oksitlenmesinde kullanılmaktadır. Büyük tesislerde sodyum klorit çözeltisinden klor gazı geçirilmek suretiyle elde edilir. Reaksiyon aşağıdaki gibidir:

$$2\ NaClO_2 + Cl_2 \rightarrow 2\ NaCl + 2\ ClO_2$$

Küçük tesislerde gaz halindeki klor gazının temini zor olduğundan $ClO_2$ elde etmek için HCl kullanılır.

$$5\ NaClO_2 + 4\ HCl \rightarrow 4\ ClO_2 + 5\ NaCl + 2\ H_2O$$

Dezenfeksiyon özelliği yanında, klor dioksitin pek çok organik ve inorganik bileşikleri okside etme hususiyeti vardır. Böyle hallerde klor dioksitin bir kısmı klorit iyonuna dönüşür. Yani:

$$ClO_2 + e \rightarrow ClO_2^-$$

yazılabilir. Klorit ($ClO_2^-$)'in suda 1mg/lt den daha büyük konsantrasyonlarda bulunması sağlık bakımından zararlıdır. Zehirli bir tesir gösterir. Bu yüzden klor dioksit kullanımında dozaj sınırlı tutulmalıdır.

Klor dioksitin, klora göre bazı üstünlükleri olmasına mukabil, klordan 1,5 ila 2 defa daha pahalı olması gibi bir mahzuru vardır.

### 9.4.6. Ozon

Ozon, bir dezenfektan olarak kullanılabileceği gibi koku ve tad kontrolünde de faydalanılabilir. Fenol bileşikleri ile reaksiyonu neticesi hissedilebilir bir koku ve tad veren bileşikler meydana gelmez. Ozon, koku ve tad kontrolünden başka renk giderilmesi ve demir ve manganın oksidasyonunda da kullanılabilir.

### 9.4.7. Potasyum Permanganat ($KMnO_4$)

Potasyum permanganat, koku ve tad kontrolünde müessir, verimli ve iktisadi bir çözüm yoludur.

Potasyum permanganatın ($KMnO_4$) ün molekül ağırlığı 158 olup, kapalı kaplarda muhafaza edildiği zaman kararlıdır. Çözelti yoğunluğu 1440 -1600 kg/m$^3$ ve oda sıcaklığında çözünürlüğü %5 civarındadır.

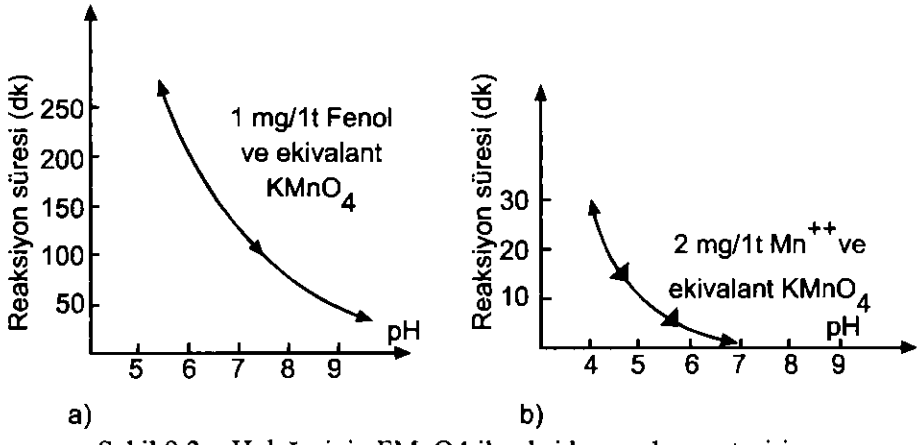
Su tasfiyesinde, permanganattaki mangan +7 değerlikten +4 değerlikli çözünmeyen mangan dioksite indirgenir. Bu esnada pembemsi mor renkteki çözelti, konsantrasyona bağlı olarak sarı veya kahverengimsi bir renge dönüşür.

Reaksiyonlar basit olarak aşağıda gösterilebilir:

$$KMn^{7+}O_4 + H_2O + \left\{\begin{array}{l} \text{Organik maddeler} \rightarrow CO_2 + \text{Su} \\ \text{Çözünmüş demir} \rightarrow \text{Çözünmeyen demir} \\ \text{Çözünmüş mangan} \rightarrow \text{Mangan dioksit} \\ \text{Hidrojen sülfür} \rightarrow \text{Çözünmüş sülfat} \end{array}\right\} + Mn^{+4}O_2$$

Reaksiyon neticesi yan ürün olarak ortaya çıkan $Mn0_2$ çözünmeyen şekildedir ve umumiyetle yumaklaştırma, çöktürme ve filtrasyon işlemi sırasında giderilir.

Optimum neticeyi elde etmek için pH değerinin uygun olması gerekir. Çünkü oksidasyon hızı pH'ya bağlı olarak artmaktadır. Bir başka ifade ile pH arttıkça reaksiyon süresi azalmaktadır. Mangan ve fenol oksidasyonu için bu durum şekil 9.2 de grafik olarak gösterilmiştir.




Şekil 9.2. pH değerinin FMnO4 ile oksidasyon hızına tesiri
a) Fenolün oksidasyonu
b) Manganın oksidasyonu

Potasyum permanganat, tasfiye tesisinde mümkün olduğu kadar başlangıçta ve diğer kimyevi maddelerden önce suya verilmelidir. Bazı tesislerde su alma yapısından hemen sonra potasyum permanganat dozlaması yapılabilir. Bu, daha güç okside olan koku ve tad veren bileşiklerin oksidasyonu için daha uzun bir süreye imkân tanıması bakımından faydalıdır. Eğer su alma yapısında besleme mümkün değilse potasyum permanganat hızlı karıştırma odasına veya daha önce verilebilir.

Koku ve tad veren maddelerin oksidasyonu için umumiyetle 0.5 ila 2.5 mg/l dozlama kafidir. Eğer çok fazla dozlama yapılırsa, pembe permanganat rengi filtreden geçerek içme suyu şebekesine girer, orada çözünmüş mangan dioksit halinde dağılarak giyim eşyaları ve diğer eşyalarda renkli lekeler bırakır. Potasyum permanganat ihtiyacı günde 12 kg den büyük olan tesislerde kuru besleme yapılması faydalıdır.

### 9.4.8. Adsorpsiyon (Aktif Karbon)

**Aktif Karbonun özellikleri**

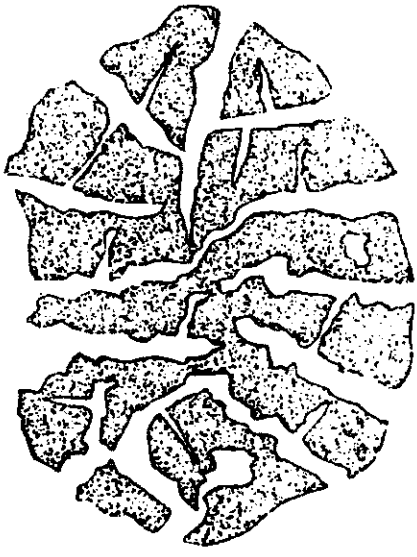
Aktif karbon, kil ve benzeri maddeler ile koku tad veren maddeler tutulmak suretiyle giderilir. Aktif karbon, tad ve koku kontrolü için iyi bilinen ve çok eski bir tatbikatı olan tasfiye usulüdür. Evvelce suların filtre edilmesinde mangal kömürü kullanılmıştır. Ancak bu kömür, aktif karbon değildir, adsorblama (tutma) kabiliyeti çok düşüktür. Bu sebepten dolayı günümüzde artık kullanılmamaktadır.

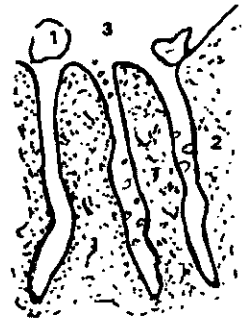
Aktif karbon ilk defa 1913 yılında ABD'de piyasaya sürülmüş fakat bir süre kullanılmamıştır. 1930 yılında ilk defa Michigan'da daneli aktif karbonla filtre yapılmıştır. Bu filtreler işletme ve verim bakımından çok iyi bulunmuş, fakat sanayi atıkları ile kirlenmiş yüzey sularının tasfiyesinde toz şeklindeki aktif karbonun üstünlüğe haiz olması sebebiyle daneli aktif karbonla teşkil edilmiş filtreler terk edilir olmuşlardır. Aktif karbonun toz şekli, istenilen dozajın daha iyi şekilde elde edilebilmesi ve tasfiyenin daha kolaylıkla yapılabilmesi bakımından üstünlüğe sahiptir.

Aktif karbon, ister daneli, ister toz halinde kullanılsın fiziki bir tutma (adsorblama) şeklinde etki eder, kimyasal bir reaksiyon yapmaz. Gazları ve inorganik maddeleri hemen adsorbe eden karbon, koku ve tad kontrolünde kullanılması esnasında organik maddeleri de tutar. Bundan dolayı karbon, oksidasyonla zararsız hale gelen, suya koku veren gazolin, kerosen gibi organik bileşiklerin uzaklaştırılmasında faydalıdır.

Su tasfiyesinde kullanılan karbonun yüzey alanı 500 ila 1500 $m^2/g$ arasında değişir. Suyu kirleten maddeler yüzey alanında tutulacağından, yüzey alanı giderme verimine tesir eder.

Yüzey alanı yanında verime tesir eden bir diğer parametre gözenek büyüklüğüdür. Gözenekler silindirik veya konik şekilde olabilir, şekil 9.3 de aktif karbonun gözenek yapısı gösterilmiştir. Gözeneklerin çap veya büyüklükleri, giderilecek kirleticilerin danecik çaplarına uygun olmalıdır.






Konik Yapı Silindirik Yapı

1. Kolloid veya polimerik molekül
2. Adsorbe edimiş büyük moleküller (deterjanlar, boyalar)
3. Adsorbe edilmiş küçük moleküller (solventler vs.)

Şekil 9.3. Aktif karbonun gözenek yapısı

Yüzey alanı ve gözenek büyüklüğünden başka, tutulacak maddelerin cinsi, su sıcaklığı ve pH gibi birçok parametre giderme verimine tesir etmektedir. Suyun sıcaklığı ne kadar düşükse o kadar iyi netice elde etmek mümkündür.

Adsorpsiyon hadisesi bir denge ameliyesidir. Yani kirleticinin tutulan miktarı kadar olan kısmı sudan giderilmiş olacaktır. Bu işlem izoterm denklemleriyle ifade edilmektedir. En çok kullanılan izotermler

- Freundlich izotermi
- Langmuir izotermidir

Freundlich izotermi:

$$\frac{x}{m} = k.c^{\frac{1}{n}} \qquad (9.1)$$

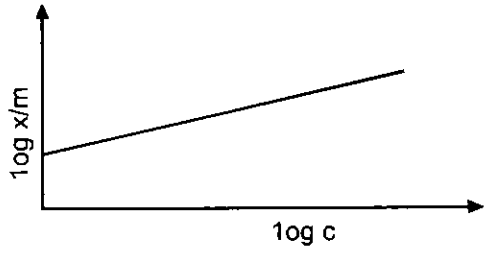
ifadesiyle verilmektedir. Burada:

x : tutulan madde miktarı
m : kullanılan aktif karbon miktarı
e : çıkış suyundaki madde konsantrasyonu
k ve n ise sabitelerdir.

Umumiyetle x/m nisbeti (g/100 g aktif karbon) birimiyle, c ise mg/lt cinsinden verilmektedir. (9.1) denkleminin her iki tarafının logaritması alınmak suretiyle lineer bir denklem haline getirilebilir. Yani:

$$\log \frac{x}{m} = \log k + \frac{1}{n} \log c \qquad (9.2)$$

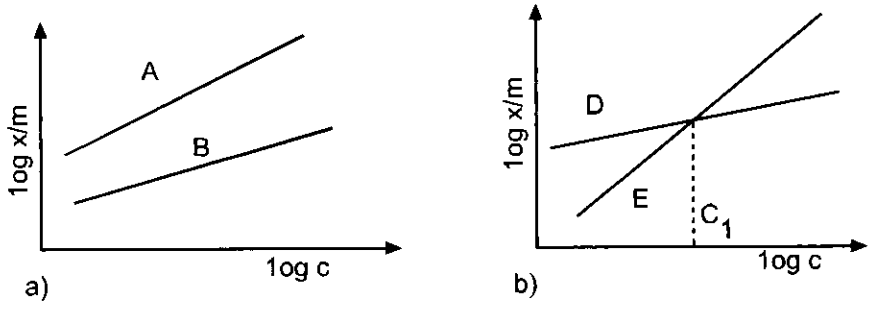
şeklinde yazılabilir. (Şekil 9.4)




Şekil 9.4. Freundlich izoterminin çift logaritmik eksen takımında gösterilişi

l/n değeri doğrunun eğimi olup, bu değer ekseriya 0.3—0.7 arasında değişmektedir.

Çeşitli aktif karbon numunelerinden uygun olanının seçiminde izotermlerden faydalanılabilir. Şekil 9.5'de dört ayrı cins (A, B, D, E) aktif karbona ait izotermler verilmiştir. Şekil 9.5 a daki iki aktif karbondan "A" ile gösterilen uygundur. Şekil 9.5 b dekine karar vermek için arzu edilen çıkış suyu kalitesine karar vermek gerekir. Eğer çıkış suyu kalitesi $C_e < C_1$ isteniliyorsa "D" yi, aksi halde yani $C_e > C_1$ için E ile gösterilen aktif karbonu seçmek uygun olacaktır.




Şekil 9.5. Dört cins aktif karbona ait adsorpsiyon izotermleri

Bir diğer adsorpsiyon izotermi "Langmuir İzotermi" olarak bilinmektedir. Bu:

$$\frac{x}{m} = \frac{abc}{1+bc} \qquad (9.3)$$

şeklinde ifade edilebilir. Burada, a ve b sabitlerdir. Langmuir sabitleri c/x/m değeri düşey, c yatay eksende çizilmek suretiyle elde edilebilir. Yani (9.3) denklemi aşağıdaki şekilde doğru denklemi haline getirilebilir.

$$\frac{c}{x/m} = \frac{1}{ab} + \frac{1}{a}c \qquad (9.4)$$

## Toz Şeklindeki Aktif Karbon

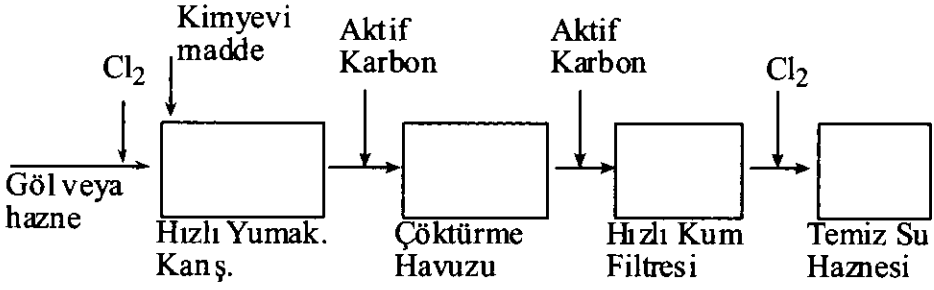
Aktif karbon toz halinde tatbik edilebilir veya karbon filtrelerinde filtre malzemesi olarak kullanılır. Toz halindeki tatbikatta; aktif karbon, tasfiye tesisinde filtrasyondan önce herhangi bir noktadan suya verilebilir. Ancak tatbik noktasının seçiminde aşağıdaki hususlar hatırda tutulmalıdır.

- Düşük pH değerleri aktif karbon için daha uygundur.
- Bazı kimyevi maddeler, bilhassa yumaklaştırıcılar tarafından aktif yüzeyin kapatılmasına karşı tedbir alınmalıdır.
- Eğer ön klorlama veya kırılma noktası klorlaması şeklinde bir klorlama yapılıyorsa; aktif karbon, kloru etkisiz bıraktığından, klor ilavesi ile aktif karbon ilavesi arasında kafi bir sürenin bulunmasına itina gösterilmelidir. Bu süre 20-30 dakika civarında alınabilir.

Aktif karbonun, su alma yapısından hemen sonra tatbiki, daha iyi bir dağılma ve uzun temas süresi sağlar. Esasen asgari temas süresi 15 dakika olmalıdır. Bu sürenin daha büyük olması (mesela 1 saate kadar) ilave faydalar sağlar. Aktif karbon esas itibariyle koku ve tad kontrolünde kullanılmasına rağmen, yumaklaştırma işleminde yumaklar için bir çekirdek vazifesi görmesi bakımından yumaklaştırmaya yardımcı madde olarak da kullanılmaktadır.

Pek çok hallerde aktif karbon, karıştırma odasından suya verilir. Ancak bu durumda aktif karbonun adsorplama kabiliyeti tam olarak kullanılamaz. Çünkü yumaklaştırıcı olarak kullanılan kimyevi maddelerin aktif karbonun yüzeyini kaplaması hadisesi ortaya çıkar. Keza yumaklaştırma veya yumuşatma işlemi için kireç kullanılıyorsa pH yükselir, bu ise aktif karbonun verimi üzerine ters tesir yapar. Eğer ön klorlama da karışım odasından yapılıyorsa, yani klor ile aktif karbon yan yana tatbik ediliyorsa, bir miktar klor kaybı olur.

Bulanıklılığın giderilmesi sırasında yumaklaştırma ile tad ve kokuların giderilmesi faydalıdır. Şekil 9.6 da gösterilen tesislerde çöktürme havuzu çıkışında, durulanmış suya ikinci defa karbon verilir. Bulanıklığı giderilmiş suya verilen aktif karbonun yüzeyinin kapanması tehlikesi olmadığından, bu noktadan verilen aktif karbondan verimli bir şekilde istifade edilmiş olur.




Şekil 9.6. Bir su tasfiye tesisinde aktif karbonun tatbik yerleri

Aktif karbonun bir diğer tatbik yeri de çöktürme havuzundan çıkan suyun hızlı kum filtresine giriş yeridir. Bazı hallerde filtre üstünden de verilebilir. Ancak bu tatbik tarzı seri bağlı filtreler için uygundur.

Netice olarak toz şeklindeki aktif karbonun verimli bir şekilde kullanılması için bunun iki veya daha fazla kademede tatbikinin uygun olduğu ifade edilebilir. Su tasfiyesi çeşidine göre tatbik yerleri de iyi seçilmelidir. Mesela karbonun bir kısmı ham suya, geri kalan kısmı çöktürme havuzu çıkışına tatbik edilebilir.

Projelendirme için tavsiye edilen dozlar aşağıda verilmiştir.

| | |
|---|---|
| Sürekli işlerde | :2—8 mg/lt |
| Ara sıra tatbiki gereken mühim problemlerde | :5—20 mg/lt |
| Acil ihtiyaç gösteren tasfiye için yani tehlikeli durumlarda | :20—100 *mg/lt* |

Dozlamanın sınırı değişik aralıklarda verildiğinden, aktif karbon besleyicilerin biraz büyük kapasitede seçilmesi faydalıdır.

Aktif karbon tozu suya doğrudan verilmeyip, önce derişik bir süspansiyon hazırlanarak, bu süspansiyon suya katılır. Bu süspansiyonun hazırlanmasında muhtelif özellikteki kuru besleyicilerden biri seçilebilir.

Aktif karbon kapalı tanklarda muhafaza edilirken karbonun oksijeni de adsorbe ettiği dikkate alınmalıdır. Aksi halde çeşitli maksatlarla tank içine girildiğinde ölümle neticelenen iş kazalarının vukuu ihtimal dahilindedir.

Aktif karbon ıslak halde korozif özelliğe sahiptir, bu yüzden PVC kaplar veya paslanmaz çelik tanklarda muhafaza edilmelidir.

## Aktif Karbon Filtreler

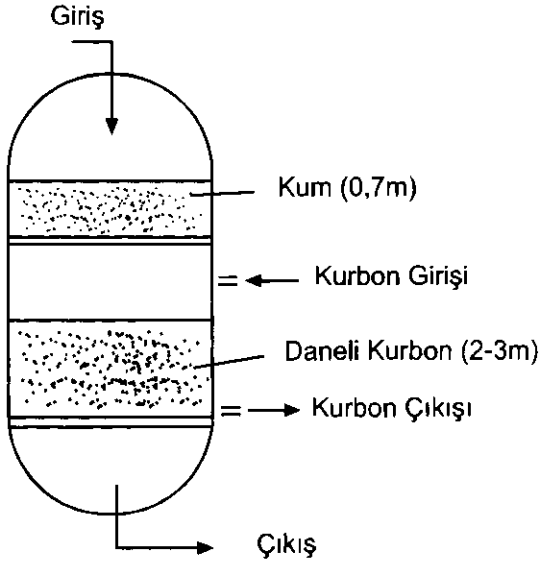
Kolay tatbik edilmesi ilave yatırım maliyetine ihtiyaç göstermemesi, fiyatının ucuz olması bakımından pek çok içme suyu tesisinde aktif karbon tozu, aktif karbon filtrelerine tercih edilmektedir. Ancak karbon tozunun bazı mahzurları vardır. Mesela emniyet mülahazası ile bazen lüzumundan fazla aktif karbon kullanılmaktadır. Ayrıca lüzumlu dozajın periyodik olarak tayin edilmesi lüzumu vardır. Bu mahzurlar karbon filtrelerinde yoktur.

Karbon filtreleri, aşağı akışlı veya aşağıdan yukarıya akışlı olarak işletilebilir. Filtre hızları, hızlı kum filtrelerine yakın veya biraz daha büyük seçilebilir.

İçme suyu tatbikatında basınçlı karbon filtreleri daha çok kullanılır. Böyle bir filtrenin şematik kesiti şekil 9.6 da gösterilmiştir. Bu filtrelerin çapları 3.6 - 5 m civarındadır. Karbon derinliği 2 - 3 m, filtre hızı ise 20-25 m/st civarında alınmaktadır.

Ekseriya 1 $m^3$ karbon ile $10^5$ $m^3$ su tasfiye edilmektedir. Aktif karbon, belli bir süre kullanıldıktan sonra yenilenmelidir.

Aktif karbon filtreleri normal olarak su tasfiye tesisinin sonunda kullanılır. Karbon filtrelerinin kullanılmasında aşağıdaki hususlara dikkat edilmelidir.




Şekil 9.6. Basınçlı bir karbon filtresinin görünüşü

a. Aktif karbon filtrelerinden geçirilecek su,temiz bir görünüme sahip bulunmalı, bulanıklılığı giderilmiş olmalıdır. Aksi halde karbon yatağı kirlenecektir.

b. Suda demir ve mangan konsantrasyonları çok düşük (< 0.1 mg/lt) olmalıdır. Aksi halde filtre yatağında çökelecek demir ve mangan yumakları filtre yatağının kirlenmesine sebep olacaktır. Bu çeşit kirlenmenin geri yıkama ile de giderilemeyeceği hatırda tutulmalıdır.

c. Su, $CaCO_3$ bakımından dengede olmalı veya bir miktar agresif karbondioksit ihtiva etmelidir. Aksi halde $CaCO_3$ çökelerek, aktif karbonun yüzeyini kaplar, bu durum aktif karbon daneciklerinin aktivitesini azaltır.

d. Daneli aktif karbondan teşkil edilen filtre yatağında, bakteri ve diğer organizmaların çoğalması mümkündür. Çünkü suda çok az miktarda olan besin maddeleri aktif karbon yüzeyinde tutunarak, mikroorganizmaların çoğalmasına uygun vasat doğurur. Bundan dolayı aktif karbon filtresinden geçmiş suyun dezenfekte edilmesi gereklidir.

e. Filtrenin çelikten yapılması halinde korozyon durumu dikkate alınarak, plastikle kaplama gibi tedbirler alınmalıdır.

Aktif karbondan sonra su kalitesi

Aktif karbondan sonra Fe konsantrasyonu ≤0.03 mg/lt

KOİ ~ 0 ~2 *mg/lt*

TOK < 1 mg/lt

Fenol muhtevası çok düşüktür.

Deterjanların ise %70-80 i tutulur.

**Aktif Karbonun Klor Gidermede Kullanılması**

Aktif karbon sudaki klorun giderilmesinde de kullanılır.

Reaksiyon;

$$2\ Cl_2 + C + 2\ H_2O \rightarrow CO_2 + 4\ HCl$$

şeklindedir. Karbon katalizör olarak

$$Cl_2 + H_2O \xrightarrow{karbon} 2H^+ + 2\ Cl^- + 1/2\ O_2$$

Bu filtrelerde filtre yatak derinliği ≤2 m dir. Filtre hızı 25—35 m/st arasında alınabilir.

# 10. BÖLÜM

## 10. DEMİR VE MANGAN GİDERİLMESİ

### 10.1. Giriş

Demir ve mangan (manganez) tabiatta çözünmeyen ($Fe^{+3}$ ve $Mn^{+4}$) ve çözünen ($Fe^{+2}$ ve $Mn^{+2}$) hallerinin her iki şeklinde de bulunmaktadır. İki değerlikli demir ve mangan, ekseriya yeraltı sularında bulunur. Bunlar oksijene maruz bırakıldıkların da okside olarak iki değerlikli demir, üç değerlikli demire, iki değerlikli mangan ise dört değerlikli mangana dönüşür.

Demir ve manganın içme sularında yüksek konsantrasyonlarda olmasının bazı mahzurları vardır:

- İçme suyunda istenmeyen renk ve bulanıklığa sebep olurlar.
- Demir ve mangan çamaşır, kumaş ve porselen eşya üzerinde leke bırakır. Demir, kahverengimsi, mangan ise gri-siyah leke yapmaktadır.
- Su borularının iç cidarlarında biriken demir ve mangan, kesit daralmasına ve yük kayıplarının artmasına sebep olmaktadır.
- Suyun iletildiği borularda demir bakterilerinin çoğalmasına sebep olur. Bu bakteri kütleleri, borularda kesit daralmasına, ayrıca zaman zaman koparak içine suyunun kirlenmesine ve boru, vana, su saati gibi aksamın tıkanmasına sebep olmaktadır.

Bundan başka zamanla çürüyen bu bakteri kütleleri suya kötü bir tad ve koku vermektedir.

Sanayi için su temininde imalatta kullanılan sudaki demir ve mangan muhtevaları daha büyük bir ehemmiyet arz etmektedir. Dokuma, kağıt, deri, plastik gibi sanayilerde kullanılan suda, demir ve mangan konsantrasyonlarının yüksek olması, mamullerin rengini ve görünüşünü bozmaktadır. Bazı gıda sanayiinde ise mamulün renginin ve tadının değişmesine sebep olmaktadır.

Demir için içme suyunda 0.30 mg/lt civarındaki konsantrasyonlarda problemler doğmaktadır. Sanayi için su temininde bu konsantrasyon, 0.10 mg/lt gibi daha küçük bir değerdir. Manganın zararlı durumları ise daha düşük konsantrasyonlarda başlamaktadır.

Demir ve manganın yukarda belirtilen mahzurları yüzünden içme sularındaki konsantrasyonları standartlarla sınırlandırılmıştır. Çeşitli memleketlerde kullanılan içme suyu standartlarında demir ve mangan (manganez) için verilen değerler Cetvel 10.1 de gösterilmiştir.

Cetvel 10.1. Demir ve Mangan İçin İçme Suyu Standartları (mg/lt)

| MADDE mg/lt | Dünya Sağlık T. (WHO) | | | A.B.D. | Hollanda | Türkiye | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Beynelmilel | | Avrupa | USPHS | - | TS 266 | |
| | Standart | Hedef | Standart | Hedef | Hedef | Standart | Hedef |
| Demir | 1.0 | 0.1 | 0.1 | 0.3 | 0.05 | 1.0 | 0.3 |
| Mangan | 0.5 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.01 | 0.5 | 0.1 |

### 10.2. Giderme Usulleri

İçme ve kullanma sularındaki demir ve manganezin giderilmesi, esas itibariyle çözünebilen şekillerinin muhtelif usullerle oksitlenerek çözünemeyen şekillere dönüştürülmesi ve çöktürülmek suretiyle uzaklaştırılmasından ibarettir. Oksidasyon hızı pH, alkalinite, organik madde muhtevası ve ortamda okside edici kimyevi madde olup olmamasına bağlıdır.

Demir ve mangan giderme usulleri aşağıda sıralanmıştır.

a) Havalandırma + bekletme+ filtrasyon
b) Havalandırma + Kimyasal oksidasyon + Bekletme + filtrasyon
e) Havalandırma + Yumaklaştırma + çöktürme + Filtrasyon
d) Havalandırma + Yeraltına sun'i besleme + Kuyularla çekme
e) İyon değiştirme

İki değerlikli demir ve mangan bulunan sularda umumiyetle çözünmüş oksijenin bulunmadığı hatırda tutulmalıdır.

Havalandırmadan maksat $Fe^{++}$nin çözünmeyen $Fe^{+3}$ e dönüştürülmesidir. Şayet suda sadece demir mevcutsa (çok küçük miktarda mangan olabilir), basit bir havalandırmayı müteakip doğrudan doğruya filtrasyon tatbik edilebilir. Havalandırmadan sonra 5-10 dk bekleme sureli bir temas havuzundan sonra hızlı kum filtresinden geçirilmesi uygundur. Oksidasyona yardımcı olması için temas havuzundan (bekletme havuzu) önce klor ilave edilebilir.

Demirin oksijenle oksidasyon denklemi aşağıda verilmiştir.

$$4\ Fe^{2+} + O_2 + 10\ H_2O \Leftrightarrow 4\ Fe(OH)_3 \searrow + 8\ H^+$$

Buradan 1 mg/lt demirin oksidasyonu için 0.14 mg/lt oksijenin lüzumlu olduğu hesaplanabilir. Demirin oksidasyonu yukarıdaki reaksiyondan görüldüğü gibi pH ya bağlıdır. Çünkü $\{H^+\}$ iyonu konsantrasyonu azaldıkça, yani pH yükseldikçe, reaksiyon sağa kayar. O halde pH'nın yüksek değerlerinde reaksiyon hızlıdır. Demirin oksitlenme hızı pH'nın 7,5 dan daha büyük değerlerinde ve sıcaklığın artmasıyla yükselir.

Demirin okside olan yüzdesi bekletme süresine bağlıdır. Bir fikir vermesi bakımından bekletme sürelerine bağlı olarak, okside olan yüzde, Cetvel 10.2 de gösterilmiştir.

Cetvel 10.2. Demirin Süreye Bağlı Olarak Okside Olan Yüzdesi

| Süre, Dakika | Oksidasyon Yüzdesi |
|---|---|
| 1 | 20 |
| 3 | 50 |
| 6 | 70 |
| 10 | 85 |

Ancak pH'nin arttırılması suretiyle oksidasyon için lüzumlu süre azaltılabilir. Uygun şartlarda 5 dakikalık bir reaksiyon periyodu kâfi gelebilir.

pH 'nin yükseltilmesi için suya kireç, soda gibi alkaliler ilave edilebilir. $CO_2$ ihtiva eden suların pH' si havalandırma sonunda bir miktar artar. pH 'yi daha fazla yükseltmek lüzumlu ise CaO, $Ca(OH)_2$, NaOH gibi alkalilerden birisi kullanılabilir.

Havalandırılmış su, hızlı süzen kum filtrelerinden geçirilmek suretiyle oksidasyon neticesi teşekkül eden $Fe(OH)_3$ kum yatakta tutulur. Bekletme havuzunda okside olmayan bir kısım $Fe^{+2}$ de filtrede okside olur. Çünkü filtre içinde oksidasyon hızı, havuzdaki oksidasyon hızından daha büyüktür. Bunun sebebi, kum daneciklerin etrafını saran $Fe(OH)_3$ ün $Fe^{+2}$ nin oksidasyonunda katalitik bir tesir göstermesindendir.

Demir ve mangan giderilmesinde kullanılan kumun çapı 1-2 mm, yatak derinliği 1,5-3 m civarında alınmaktadır. Filtrasyon hızı ise 5 ila 20 ($m^3/m^2$.saat) arasında seçilebilir.

Manganın oksidasyon denklemi ise aşağıdaki gibidir.

$$6\,Mn^{+2} + O_2 + 6\,H_2O \Leftrightarrow 2\,Mn_3O_4 + 12\,H^+$$

$$2\,Mn_3O_4 + 2\,O_2 \Leftrightarrow 6\,MnO_2$$

$$6\,Mn^{+2} + 3O_2 + 6H_2O \Leftrightarrow 6\,MnO_2 \downarrow + 12\,H^+$$

Buradan 1 mg/lt manganın oksitlenmesi için 0.29 mg/lt oksijenin gerektiği hesaplanabilir.

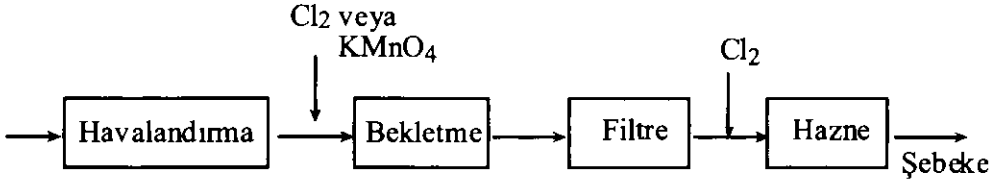
Manganın oksidasyon hızı da büyük ölçüde pH değerine bağlıdır.

Havuzlarda pH < 8.6, kum filtrelerinde pH < 7.0 ise reaksiyon hızı hemen hemen sıfırdır. Demirde olduğu gibi manganın da filtrelerdeki oksidasyon hızı, havuzdaki oksidasyon hızından büyüktür. Bu, filtre malzemesini saran $Mn_3O_4$'ün $Mn^{+2}$ 'nin oksidasyonunda katalitik etkisi sebebiyledir.

Bu husus dikkate alınarak bazı tesislerde havalandırmadan hemen sonra ekseriya yatak malzemesi kok ile teşkil edilmiş temas filtreleri kullanılmıştır. Bundan sonra su manganezin giderilmesi için çöktürme havuzları ve hızlı kum filtrelerinden geçirilir.

$Fe^{++}$ ve $Mn^{++}$ 'nin oksidasyon hızlarının pH 'ye bağlı olması sebebiyle bazı hallerde oksidasyon işleminin kimyevi maddelerin kullanılması suretiyle hızlandırılması uygun olabilir. Bu yüzden demir ve mangan giderme tesisinin projelendirilmesi laboratuar ve pilot tesis testlerine göre yapılmalıdır.

Havalandırma, kimyasal oksidasyon, bekletme ve filtrasyon şeklindeki tasfiye akın şeması aşağıda verilmiştir.



Demir ve manganın oksidasyonu için aşağıdaki kimyevi maddeler kullanılabilir.

- Klor $Cl_2$
- Klor dioksit, $ClO_2$
- Potasyum permanganat, $KMnO_4$
- Ozon
- Klor

Klor ve klor bileşikleri demir ve manganı oksitleyici maddelerdir. Ancak mangan, suda organik maddelerle bağlı ise bu durumda klorla oksidasyon tesirli olmamaktadır.

Klor dozu, metal konsantrasyonu, pH, karıştırma şartları ve diğer şartlara bağlıdır.

- Klor dioksit

Klor dioksit, demir ve manganı oksitleyen çok kuvvetli bir maddedir. Tesir derecesi klorda olduğu gibi suyun pH değerine bağlıdır, pH değerinin 7'den büyük olması durumunda iyi neticeler alınmaktadır.

- Potasyum Permanganat

Potasyum permanganat, demir ve manganın giderilmesinde çok tesirli bir maddedir,

1 mg/lt potasyum permanganat, aşağıdaki denklemde gösterildiği gibi 1.06 mg/lt $Fe^{++}$ yi okside eder.

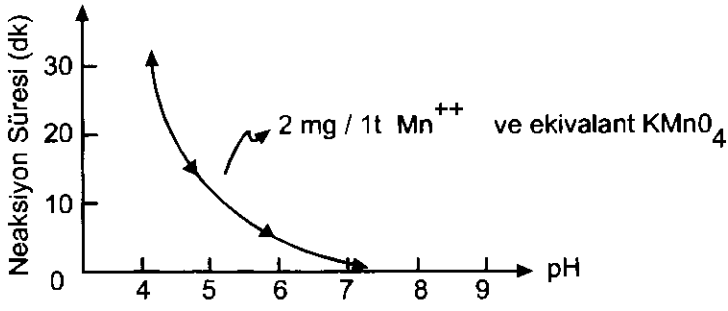
$$3\ Fe^{+2} + MnO_4^- + 4\ H^+ \rightarrow MnO_2 + 3\ Fe^{+3} + 2\ H_2O$$

Potasyum permanganat, çözünmüş mangan ($Mn^{++}$) nin giderilmesinde de çok iyi bir oksitanttır. Teorik olarak 1 mg/lt $KMnO_4$, 0.52 mg/lt $Mn^{++}$ 'yi okside eder. Reaksiyon:

$$3Mn^{++} + 2MnO_4^- + 2H_2O \rightarrow 5\ MnO_2 + 4H^+$$

şeklindedir.

Potasyum permanganat ile manganın oksidasyonu da pH ya bağlıdır. Manganın oksidasyonu üzerine pH 'nin tesiri Şekil 10.1 de verilmiştir. Şekilden görüldüğü gibi pH 'nin 7 den büyük değerleri için reaksiyon süresi 1 dk 'dan daha azdır.




Şekil 10.1. Mangan oksidasyon hızı üzerine pH'nın tesiri

Kimyasal oksidasyonun lüzumu halinde uygun kimyevi maddenin seçiminde, bu maddelerin temini, fiyatı ve kolay tatbik edilebilme imkânları da düşünülmelidir. Kimyevi madde sarfiyatı hesaplarında faydalı olabileceği düşüncesiyle 1 mg $Fe^{++}$ ve 1 mg $Mn^{++}$, okside etmek için lüzumlu kimyevi madde miktarları Cetvel 10.3 de verilmiştir.

Cetvel 10.3. Demir ve Mangan Oksidasyonunda Oksidant İhtiyaçları

| Kimyevi Madde | 1 mg $Fe^{++}$ yi okside etmek için lüzumlu miktar | 1 mg $Mn^{++}$ ı okside etmek için lüzumlu miktar |
|---|---|---|
| Oksijen, $O_2$ | 0.14 mg | 0.29 mg |
| Klor, $Cl_2$ | 0.62 | 1.30 |
| Kalsiyum hipoklorit, $Ca(OCl)_2$ | 0.64 | 1.30 |
| Sodyum hipoklorit, NaOCl | 0.67 | 1.36 |
| Klor Dioksit, $ClO_2$ | 1.21 | 2.45 |
| Potasyum permanganat, $KMnO_4$ | 0.91 | 1.91 |

• Ozon

Ozon, bilhassa demire göre oksidasyonu daha zor olan manganın okside edilmesinde çok tesirlidir. Ozonla $Mn^{++}$ 'nin oksidasyon hızı pH 'ye daha az bağlıdır. Nötr veya biraz asit sularda dahi ozon, manganın oksidasyonunda iyi netice vermektedir.

Havalandırma, yumaklaştırma, çöktürme ve filtrasyondan ibaret olan tasfiye sistemi de demir ve mangan giderilmesinde kullanılabilir. Ancak bu şekildeki tasfiyenin verimli olması için yumaklaştırma işleminden önce $Fe^{++}$ ve $Mn^{++}$ 'nin okside edilmesi uygundur. Böylece $Fe^{+3}$ ve $Mn^{+4}$ 'ün yumaklaştırma işleminde yumaklaştırıcı kimyevi madde ve yumaklaştırmaya yardımcı madde olarak da kullanılması mümkündür.

Manganez giderilmesinde, yatak malzemesi olarak manganez zeolitin kullanıldığı filtreler ve diatoma filtreleri de giderme usulleri arasında sayılabilir.

Demir (II) ihtiva etmeyen suların yeraltına sun'i olarak verilmesi, bilahare kuyularla çekilmesi suretiyle de yeraltında demir ihtiva eden suların demirden arınmış olarak temini mümkündür, işin esası, oksijene doygun olarak zemine verilen sudaki oksijenin yeraltı suyunda bulunan $Fe^{++}$ 'yi oksitlemesinden ibarettir. Oksidasyon işlemi yeraltında cereyan etmektedir. Mesela yeraltı suyunun 2 mg/lt $Fe^{++}$ ihtiva ettiğini kabul edelim. Yeraltına beslenen sudaki çözünmüş oksijen konsantrasyonu 10 mg/lt olsun. Bu takdirde 2 mg/lt $Fe^{++}$ nin oksidasyonu için 2x0.14 = 0.28 mg/lt oksijen lüzumlu olduğu dikkate alınarak, bir litre besleme suyunun demir (II) sini okside edebileceği yeraltı suyu:

$$\frac{10}{0.28} \cong 40lt$$

bulunur.

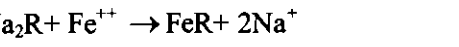
Nazari olarak 1 litre besleme suyu ile 40 litrelik yeraltı suyunun demiri giderilmektedir. Yani verilen suyun alınan suya nisbeti 1:40 dır. Aslında tatbikatta bu oran, 1:5 ila 1:10 civarındadır. Görüldüğü gibi verim düşüktür. Bundan başka oksidasyon neticesi hasıl olan $Fe(OH)_3$ yumaklarının kuyu filtrelerini tıkaması tehlikesi vardır. Bu sebeplerden bu giderme usulü pek tatbik sahası bulmamıştır.

İyon Değiştirme

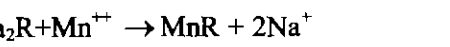
İyon değiştirme kolonlarında, $Fe^{++}$ ve $Mn^{++}$ nin giderilmesi mümkündür. $Fe^{++}$ ve $Mn^{++}$'nin bu usulle giderilmesinde katyon değiştirici reçineler kullanılmaktadır.

Reçineli katyon değiştiriciler veya zeolitler bünyelerindeki sodyumu verip bunun yerine sudaki demir ve mangan iyonlarını alırlar. Reaksiyonlar:

Sodyum devresinde zeolitler için



$$Na_2Z + Fe^{++} \rightarrow FeZ + 2Na^+$$

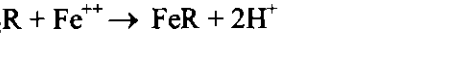


$$Na_2Z + Mn^{++} \rightarrow MnZ + 2Na^+$$

Sodyum devresinde reçineli katyon değiştiriciler için



$$Na_2R + Fe^{++} \rightarrow FeR + 2Na^+$$



$$Na_2R + Mn^{++} \rightarrow MnR + 2Na^+$$

Hidrojen devresindeki reçineli katyon değiştiriciler için



$$H_2R + Fe^{++} \rightarrow FeR + 2H^+$$



$$H_2R + Mn^{++} \rightarrow MnR + 2H^+$$

şeklinde basit olarak yazılabilir.

Demir ve manganez bileşiklerinin kimyası hakkında bilgiler arttıkça, demir ve manganez giderilmesiyle ilgili yeni metotlar geliştirilmektedir.

Son zamanlarda demir hidroksitin katalitik etkisinden yararlanması istikametinde çalışmalar yapılmaktadır. Havalandırma ve çöktürme kısımlarının bulunduğu bir demir giderme tesisinde çöktürme havuzu tabanına çökelen demir hidroksit çamurlarının havalandırma havuzunun başına geri devrettirilmesi suretiyle daha küçük havalandırılma havuzu hacmi ile oksidasyon işleminin yapılabileceği gösterilmiştir.

Netice olarak suyun özelliklerine, klor, klor dioksit ve $KMnO_4$ gibi oksitleme maddelerinin kullanılması ve temini imkânlarına göre uygun giderme usulleri seçilmelidir. Seçim yapılırken işin mali yönü de dikkate alınmalıdır.

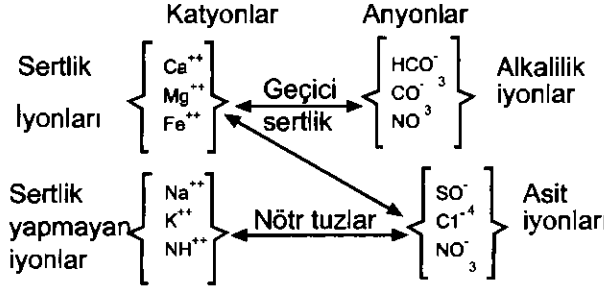
# 11. BÖLÜM

## 11. SERTLİK GİDERME (YUMUŞATMA)

### 11. 1. Giriş

Sertlik esas itibariyle sudaki kalsiyum ve magnezyum iyonlarından ileri gelmektedir. Demir, mangan, çinko, kurşun gibi iki değerlikli metal iyonları da suya sertlik verirler. Ancak bunlar sularda önemli miktarlarda bulunmazlar.

Sertlik, geçici sertlik (karbonat sertliği) ve kalıcı sertlik (karbonat olmayan sertlik) olmak üzere iki şekilde ortaya çıkmaktadır. Bu durum aşağıda gösterilmiştir.




Geçici sertlik, suyun ısıtılması suretiyle giderilebilir. Suyun sertliği, Alman, Fransız ve İngiliz sertlik dereceleri ile ifade edilebilir.

1 Alman sertlik derecesi = 10 mg CaO/lt

1 Fransız sertlik derecesi = 10 mg $CaCO_3$/lt

1 İngiliz sertlik derecesi = 14,26 mg $CaCO_3$/lt, dir.

Amerika'da ise sertlik mg $CaCO_3$ /lt cinsinden ifade edilmektedir. Sular sertliğine göre aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir.

| | | |
|---|---|---|
| 0 -75 mg | $CaCO_3$/lt | yumuşak |
| 75 - 100 mg | $CaCO_3$/lt | orta sertlikte |
| 150 - 300 mg | $CaCO_3$/lt | sert |
| >300 mg | $CaCO_3$/lt | çok sert |

**Suyun sertliğinin mahzurları**

• Sert sularda sabun sarfiyatı fazladır, sabun geç köpürür. Suyun içinde bulunan kalsiyum ve magnezyumun, sabunların bileşiminde bulunan sodyum veya potasyum ile yer değiştirerek tamamen sarf edildikten sonra sabun köpürür.

• Sert sular, ısıtma tekniği bakımından uygun değildir. Bilhassa sıcak su tesisatı, buhar kazanları gibi tertibata ait boruların kısa zamanda kireçtaşı bağlanmasıyla kesitlerinin daralmasına sebep olur.

• Sert suların kullanıldığı dokuma sanayisinde boyaların dokular içerisine tam olarak nüfuz etmesi güçleşir.

• Sert sular, mutfak işleri bakımından da elverişli değildir. Baklagiller gibi bazı yemekler sert sularda iyi pişmezler, sert kalırlar. Karbonat sertliği, çay ve kahvenin tadını bozar.

• Sert sular, çiçek ve bitki sulaması bakımından da uygun değildir.

Bir suyun sertliğinin çok düşük olması da arzu edilmez. Çünkü çok yumuşak sular agresif (aşındırıcı) bir tesir yapar. Ayrıca sert suları içen bölgelerde kalp - damar hastalıkları ölümlerinin yumuşak suları içen bölgelere kıyasla düşük bulunduğunu gösteren tıbbi istatistikler de vardır.

Meskûn bölgeler için çok yumuşak suya ihtiyaç yoktur. Ayrıca böyle bir su yavan olduğu için istenmez. İçme suyu için uygun sertlik 75-100 mg $CaCO_3$/lt dir.

### 11.2. Sertlik Giderme Usulleri

Sulardan sertlik, çeşitli usullerle giderilmektedir. Bunlar:

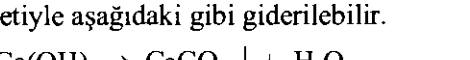
• Kireç—soda usulü
• Sodyum Hidroksitle muamele
• Sodyum Fosfat ile yumuşatma
• İyon değiştirme ile sertlik giderme sayılabilir.

Bu metotlardan ilk üçünde esas prensip $Ca^{++}$ ve $Mg^{++}$ iyonlarının suda çözünmeyen bileşikler haline getirilerek çöktürülmesidir. İyon değiştirme ise, suya sertlik veren iyonların başka bir iyonla değiştirilmesidir.

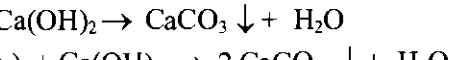
### 11.2.1. Kireç-Soda Usulü

Bu işlemde, kireç ve soda çözeltisi suya katılmak suretiyle sertlik giderilir. Reaksiyonlar aşağıdaki özetlenmiştir.

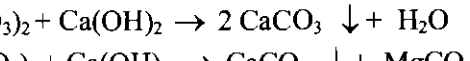
• Karbonat (geçici) sertliği, kireç ilavesi ile $CaCO_3$ veya $Mg(OH)_2$ in çöktürülmesi suretiyle aşağıdaki gibi giderilebilir.



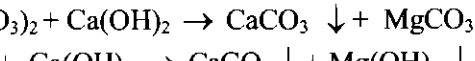
$CO_2 + Ca(OH)_2 \rightarrow CaCO_3 \downarrow + H_2O$



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

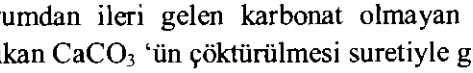


$Mg(HCO_3)_2 + Ca(OH)_2 \rightarrow CaCO_3 \downarrow + MgCO_3 + 2H_2O$



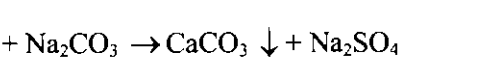
$MgCO_3 + Ca(OH)_2 \rightarrow CaCO_3 \downarrow + Mg(OH)_2 \downarrow$

• Kalsiyumdan ileri gelen karbonat olmayan (kalıcı) sertlik, soda ilavesi neticesi ortaya çıkan $CaCO_3$ 'ün çöktürülmesi suretiyle giderilebilir.

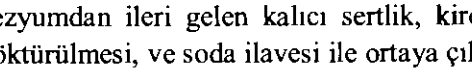


$Ca\,SO_4 + Na_2CO_3 \rightarrow CaCO_3 \downarrow + Na_2SO_4$

• Magnezyumdan ileri gelen kalıcı sertlik, kireç ilavesi ile meydana gelen $Mg(OH)_2$ 'nin çöktürülmesi, ve soda ilavesi ile ortaya çıkan kalıcı kalsiyum sertliğinin giderilmesi suretiyle aşağıda gösterildiği gibi uzaklaştırılabilir.

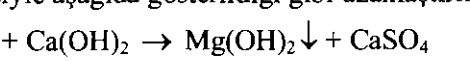


$Mg\,SO_4 + Ca(OH)_2 \rightarrow Mg(OH)_2 \downarrow + CaSO_4$

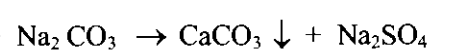


$CaSO_4 + Na_2\,CO_3 \rightarrow CaCO_3 \downarrow + Na_2SO_4$

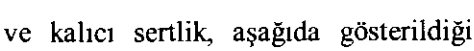
•Geçici ve kalıcı sertlik, aşağıda gösterildiği gibi suya sadece Sodyum hidroksit (kostik soda) ilavesi ile de giderilebilir.



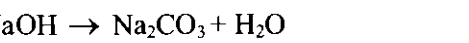
$CO_2 + 2NaOH \rightarrow Na_2CO_3 + H_2O$



$Ca\,(HCO_3)_2 + 2\,NaOH \rightarrow CaCO_3 \downarrow + Na_2\,CO_3 + 2H_2O$



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



$Mg\,SO_4 + 2\,NaOH \rightarrow Mg\,(OH)_4 \downarrow + Na_2\,SO_4$

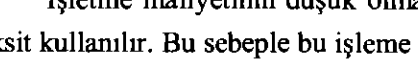
Ancak burada $CaSO_4$ ün $Na_2CO_3$ ile reaksiyona gireceği ve teşekkül eden $CaCO_3$ ün çöktürülmek suretiyle giderilebileceği göz önünde tutulmalıdır.

Yumuşatılmış su umumiyetle Kalsiyum Karbonat ile doymuş durumdadır ve pH değeri yüksektir. Bu yüzden su, filtrasyondan önce stabilize edilmelidir. Bu işlem suya $CO_2$ verilmesi veya asit ilavesi ile yapılabilir. Reaksiyonlar aşağıdaki gibidir:

Karbon dioksit verilmesi halinde

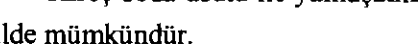
$$CaCO_3 + CO_2 + H_2O \rightarrow Ca(HCO_3)_2$$

Asit ilavesi halinde ise



$$2\ CaCO_3 + H_2SO_4 \rightarrow Ca(HCO_3)_2 + CaSO_4$$

veya



$$2\ CaCO_3 + 2\ HCl \rightarrow Ca(HCO_3)_2 + CaCl_2$$

reaksiyonları olur.

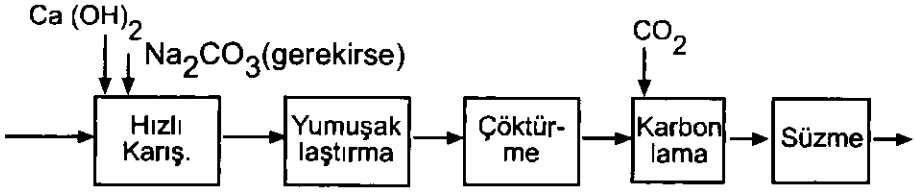
İşletme maliyetinin düşük olması açısından bu işlem için çoğunlukla Karbon dioksit kullanılır. Bu sebeple bu işleme "Karbonlama işlemi" denilmektedir.

Kireç-soda usulü ile yumuşatma tek kademeli ve iki kademeli olmak üzere iki şekilde mümkündür.

**Tek Kademeli Yumuşatma**

Tek kademeli yumuşatma sadece kalsiyumdan ileri gelen sertliğin giderilmesi için uygundur. Bu halde Magnezyumun kabul edilebilecek konsantrasyonlarda olması gerekir. Eğer karbonat olmayan (kalıcı) sertliğin de giderilmesi arzu edilirse bu takdirde soda ilave edilir.

Tek kademeli yumuşatma işleminde hızlı karıştırma, yumaklaştırma, çöktürme ve karbonlama kısımları bulunur. Karbonlama kısmından sonra su filtrelerde süzülür. Sistemin akım şeması Şekil 11.1 de gösterilmiştir.




Şekil 11.1 Tek Kademeli Yumuşatma

**Hızlı Karıştırma ve Yumaklaştırma**

Hızlı karıştırma işleminden maksat, ilave edilen kimyevi maddelerin su ile mütecanis (homojen) bir şekilde karışmalarını ve reaksiyonların başlamasını temin etmektir. Kalsiyum hidroksit tamamen çözününceye kadar su hızlı karıştırma odasında kalmalıdır. CaO ve $Ca(OH)_2$ yavaş çözünürler. Bu yüzden bulanıklık giderilmesinde kullanılan yumaklaştırma işleminde tatbik edilen 30 ila 60 sn gibi bekletme müddetleri kafi değildir. Kireç kullanılması halinde hızlı karıştırma odasındaki bekletme müddetinin 5-10 dk alınması uygundur.

Yumaklaştırma havuzundaki bekletme müddeti ise 40 ila 60 dk arasında seçilmelidir. Mekanik teçhizatlı yumaklaştırma havuzları, dalgıç perdeli havuzlara göre daha iyidir. Hava ile karıştırma uygun değildir. Yumaklaştırma havuzlarında ekseriya pedal tipteki karıştırma teçhizatı kullanılır. Bunlar yatay veya düşey akslı olabilir. Suyun akış istikametine doğru pedal yüzey alanlarını azaltmak veya pedal hızlarını kademeli düşürmek suretiyle azalan hız gradyanı tatbik edilebilir. Pedalların çevre hızları 0.15-0.6 m/sn arasında değişir.

Teşekkül eden yumakların parçalanmaması için boru, giriş ve çıkış yapıları gibi yerlerde su hızı 0.15 - 0.50 m/sn arasında alınarak boyutlandırma yapılmalıdır.

**Çöktürme**

Kireç-soda usulü ile yumuşatma tesislerinde, çöktürme havuzundaki bekletme müddeti, bulanıklık giderme işlemlerinde $Al^{3+}$, $Fe^{3+}$ gibi yumaklaştırıcı maddelerin kullanılmasına göre daha azdır. Dikdörtgen veya daire şeklindeki havuzlarda 2 ila 3 saatlik bekletme süreleri kafi gelmektedir. $Al(OH)_3$ yumaklarının çöktürülmesinde bu sürenin 4 saat alınması tavsiye edilmişti. Yatay hız takriben 3 cm/dk alınır. Yüzey yükü için, $S_o = Q/A = 0.9$ ila 2.7 $m^3/m^2$.saat arasındaki değerler uygundur. Bazı durumlarda bu değerlerin üzerine de çıkılmaktadır. Mesela yaz ayları için yüzey yükü 3.4 $m^3/m^2$.st ve suyun akış hızı 30 cm/dk ya kadar büyük değerler alınabilir.

Kireç-soda ile yumuşatmada fazla miktarda çamur teşekkül ettiği için, ekseriya çamurun sürekli olarak alındığı mekanik çamur sıyırıcılar kullanılmaktadır.

Sertlikle 100 mg/lt azalmaya karşılık takriben 200 mg/lt kuru çamur teşekkül etmektedir. Mesela 440 l/sn debi ile çalışan bir tesiste, suyun sertliğini 100 mg/lt düşürmek için günde 7.6 ton kuru çamur hasıl olmakta ve katı madde muhtevası %10 olan çamurdan hergün 76 $m^3$ çamurun tesisten uzaklaştırılması gerekmektedir. Yani:

(440) lt/snx(86400) sn/gün ($200x10^{-6}$ kg/lt) $\cong$ 7600 kg/gün

=7.6 ton/gün olup, katı madde muhtevası. %10 kabul edilirse

$$\frac{7.6x100}{10} = 76m^3 / gün$$

bulunur.

Görüldüğü gibi çamurun bertaraf edilmesi ciddi bir meseledir. Çamurlar, akarsulara doğrudan verilemez. Çamur lagünlerine verilmesi uygundur. Yumuşatma işleminden çıkan çamurlar çabuk kurumamakta ve geniş sahalara ihtiyaç göstermektedir. Bu sebeple büyük tesislerde kireç çamuru kurutulup, tekrar yakılmak suretiyle sönmemiş kireç haline getirilerek tekrar kullanılması daha uygundur.

**Karbonlama**

Sudaki serbest karbon dioksiti gidermek için başlangıçta suya kireç ilave edilmişti. Yumuşatma işleminin sonunda bu işlemin tersi yapılır. Suya $CO_2$ verilir. Bu işleme karbonlama denilmektedir.

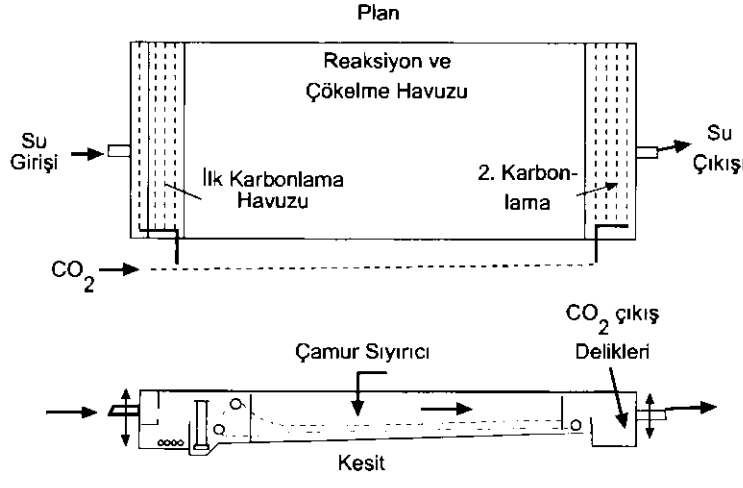
Kireçle yumuşatılmış sular $CaCO_3$ ile aşırı doymuş halde olduğundan $CaCO_3$ yönünden dengeli halde değildir. Bu yüzden $CaCO_3$, filtreler, boru hatları, su saatleri vs. gibi yerlerde çökerek tıkanmalara sebebiyet verir. Buna mani olmak için çökeltme havuzlarında çökelmeyen fazla $CaCO_3$ 'ün Kalsiyum bikarbonat haline getirilmesi icap eder. Kalsiyum bikarbonat, $Ca(HCO_3)$, kalsiyum karbonata kıyasla suda çok iyi erir, bu sebeple filtre ve borularda v.s. çökelmez.

Karbonatların bikarbonat haline dönüşmesi için suyun pH değerinin takriben 8,3 'e düşürülmesi icap eder. Suyun pH değerine bağlı olarak serbest $CO_2$, $HCO_3^-$ ve $CO_3^{-2}$ yüzdeleri Şekil 11.2 de gösterilmiştir. Şekilden daha fazla $CO_2$ verilmesi halinde pH nın düşeceği görülmektedir. Bu yüzden karbonlama işleminde dikkatli olunmalı, fazla $CO_2$ vererek suyun pH 'sını düşürüp bütün $CaCO_3$'ü $Ca(HCO_3)$ haline getirmemeli, su, $CO_3$ ve $HCO_3^-$ iyonları yönünden dengeli tutulmalıdır.

Reaksiyon aşağıdaki gibidir:

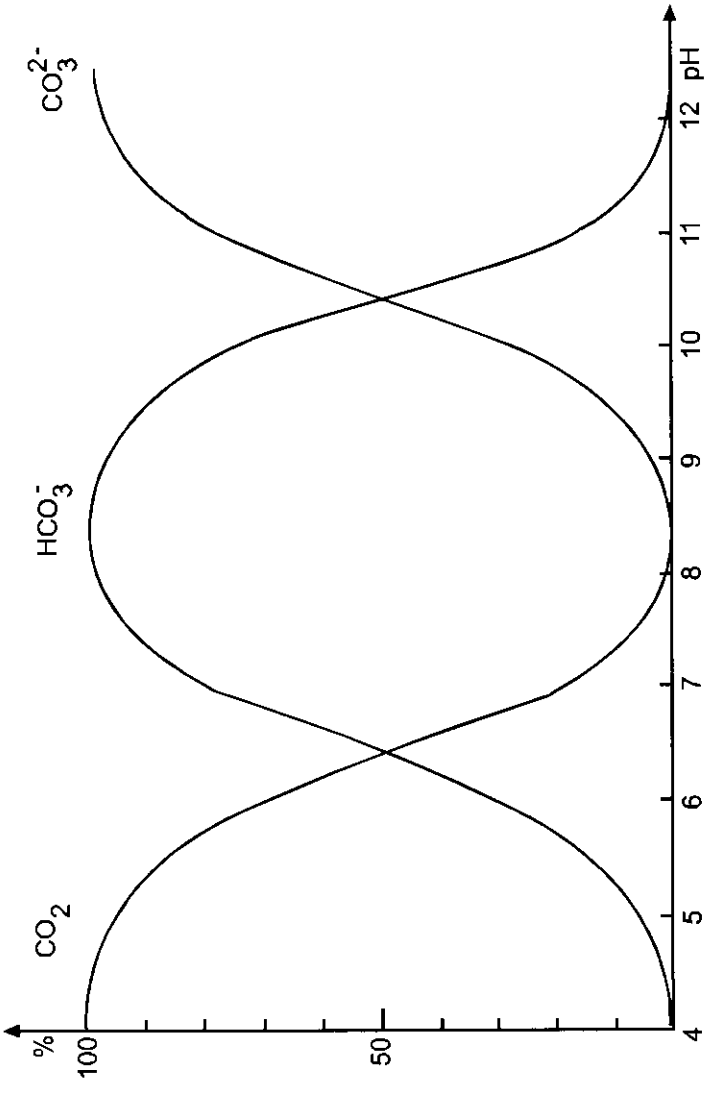
$$CaCO_3 + CO_2 + H_2O \rightarrow Ca(HCO_3)_2$$

Bir karbonlama havuzunun şematik plan ve kesiti şekil 11.3 'de gösterilmiştir. Şekilden görüldüğü gibi havuzun başında ve sonunda $CO_2$ suya verilmektedir. Ortada reaksiyon ve çökelme kısmı bulunur.




Şekil 11.3. Karbonlama Havuzunun Plan ve Kesiti

Karbonlama havuzlarının derinliği 3-5 m. arasında olup, bekleme müddeti her birinde 7 ila 15 dakika arasında seçilir. Aradaki reaksiyon ve çökelme kısmında ise bekleme müddeti 45 dakika alınabilir. Bu havuzun yüzey yükü ise 4 mt/saat civarında seçilebilir.




Şekil 11.2. Suyun pH değerine bağlı olarak $CO_2$, $HCO_3^-$ ve $CO_3^{-2}$ yüzdeleri

Karbonlama havuzuna borularla iletilen $CO_2$, suya havuz tabanından gözenekli veya delikli borular vasıtasıyla verilebilir.

Ancak bazı hallerde karbonlama havuzuna ihtiyaç olmadığı da hatırda tutulmalıdır.

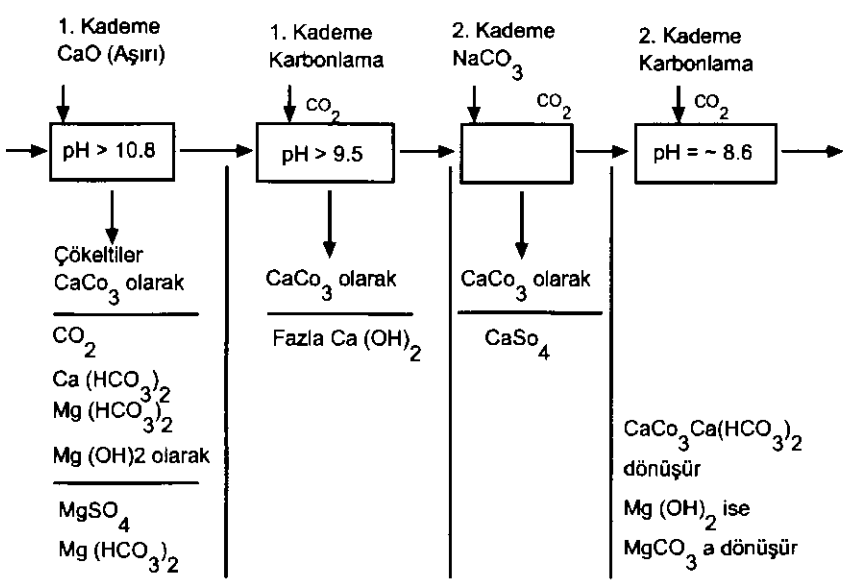
**Karbon dioksit Temini**

Karbon dioksit, eski tesislerde kok, petrol veya gazyağı gibi bir yakıtın veya bunlardan birkaçının hava ile yakılması suretiyle elde edilirdi. Bu yanmadan sonra icap ediyorsa gaz temizlenir ve şayet kükürt ve katran gibi bileşiklerde ihtiva ediyorsa, bunlar da temizlendikten sonra bir körük veya kompresörle kullanılacak yere sevk edilirdi. Üretilen buhar, kompresörleri çalıştırmada kullanılırdı. Yakıt fiyatlarındaki artışlar sebebiyle artık $CO_2$ temini için bu yola gidilmemektedir. Küçük tesislerde veya pH ayarlamanın fazla olmadığı yerlerde kuru buz (sıvı $CO_2$), kullanılması, karbon monoksit gibi tehlikeli bir gazın hasıl olmaması ve kompresör v.s, gibi aletlere ihtiyaç duyulmaması bakımından tercih edilmektedir. Katı veya sıvı karbondioksiti gaz haline geçirmek için bir buharlaştırıcı kullanılır.

Büyük tesislerde ise $CaCO_3$'ü yakmak suretiyle yeniden kireç ve $CO_2$ elde etmek daha iktisadi olabilir. İşçi sağlığı ve iş emniyeti bakımından karbonlama havuzları atmosfere açık olmalıdır, aksi takdirde havalandırma gerekir.

**İki Kademeli Yumuşatma**

İki kademeli yumuşatma, kalsiyum ve magnezyum sertliklerinin birlikte giderilmesi için uygun bir tasfiye sistemidir. Bu sistemin yatırım masrafı fazla, fakat işletme masrafı diğerlerinden daha azdır. Bu sistem şematik olarak Şekil 11.4 de gösterilmiştir. Bunun faydası, magnezyum sertliğinde büyük bir giderme verimi temin eder. Ayrıca bu şekilde pratik olarak en düşük sertlik seviyesi elde edilebilir.

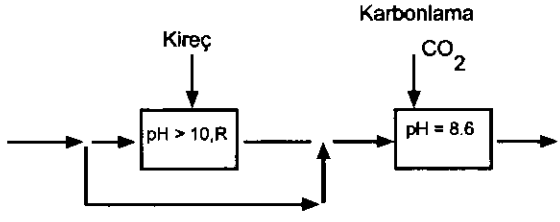



Şekil 11. 4. İki Kademeli Yumuşatma ve karbonlamanın şematik akış diyagram

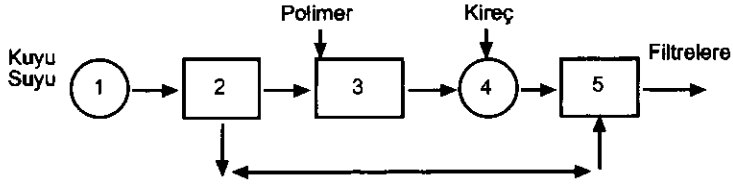
İki kademeli yumuşatma sisteminde kalıcı sertliği gidermek arzu ediliyorsa, soda ilavesinin 2. kademede yapılması uygundur.

Bazı hallerde suyun çok fazla yumuşatılmasına ihtiyaç duyulmaz. Bu takdirde suyun bir kısmi yumuşatılma işlemine sokulmayarak bölünür. Bu sisteme bölünmeli tasfiye denilmektedir. Bölünmeli tasfiye ve karbonlama sisteminin akım şeması Şekil 11.5 de gösterilmiştir.

Bölünmeli tasfiye pek çok tesiste iyi bir şekilde tatbik edilmektedir. Bir misal olarak Florida (A.B.D) deki bir tesisin akım şeması Şekil 11.6 da gösterilmiştir.




Şekil 11.5. Bölünmeli Tasfiye ve Karbonlama




1- Havalandırıcı
2- Debi Ayırıcı
3- Hızlı Karıştırıcı
4- Katı Temaslı Havuz
5- Karbonlama Havuzu

Şekil 11.6. Florida, St. Petersburg Tasfiye Tesisi Akım Şeması

Kireç ile yumuşatmada 2. derecede bazı faydalar da vardır. Bunlar :

- Yüksek pH sebebiyle bakteriyolojik tesir
- Demir giderilmesi. Bilhassa kuyu sularındaki 2 değerlikli demir giderilir.
- Yumaklar çökelirken bazı organik maddeleri de sudan uzaklaştırırlar.
- Bazı eser elementlerin konsantrasyonlarında azalma olur. (Hg, Pb, Zn gibi).

### 11.2.2. Sodyum Hidroksit ile Yumuşatma

Sodyum hidroksit (kostik soda) nın suya tatbiki çok kolaydır. Ancak sodyum hidroksitin fiyatı kirece göre daha pahalıdır. Bu halde reaksiyonlar aşağıdaki gibidir.

$$CO_2 + 2\,NaOH \rightarrow Na_2CO_3 + H_2O$$

$$Ca(HCO_3)_2 + 2\,NaOH \rightarrow CaCO_3 \searrow + Na_2CO_3 + 2\,H_2O$$

$$Mg(HCO_3)_2 + 2\,NaOH \rightarrow MgCO_3 + Na_2CO_3 + 2H_2O$$

$$MgCO_3 + 2\,NaOH \rightarrow Mg(OH)_2 \searrow + Na_2CO_3$$

$$MgCl_2 + 2\,NaOH \rightarrow Mg(OH)_2 \searrow + 2\,NaCl$$

$$CaCl_2 + Na_2CO_3 \rightarrow CaCO_3 \searrow + 2\,NaCl$$

Yukarda verilen denklemlerden görülebileceği gibi sodyum hidroksit (NaOH) ile karbonat ve karbonat olmayan sertliklerin her ikisi de giderilebilir. Ayrıca NaOH kullanılması halinde ortaya çıkan çamur miktarı, kireç kullanılmasına göre daha azdır. Sodyum hidroksitin kirece nazaran bir diğer üstünlüğü de su sıcaklığının 1 ila 22°C arasındaki değerleri için NaOH ile olan reaksiyonların hızı üzerine, sıcaklığın bir tesiri olmamasıdır. Hâlbuki kireç kullanılması halinde ve su sıcaklığı 6°C den daha düşük olması durumunda reaksiyon hızları süratle azalmaktadır.

Sodyum hidroksit kullanılmasının faydaları yanında fiyatının yüksek olması gibi mahzuru vardır. Bu durumda işin mali yönü de dikkate alınmalıdır.

### 11.2.3. Sodyum Fosfat İle Yumuşatma

Sodyum fosfat, $Ca^{++}$ ve $Mg^{++}$ iyonları ile reaksiyona girdiği zaman suda çözünmeyen fosfatlar teşekkül eder:

$$3\,Ca(HCO_3)_2 + 2\,Na_3PO_4 \rightarrow Ca_3(PO_4)_2 + 6\,NaHCO_3$$

$$3\,CaSO_4 + 2Na_3PO_4 \rightarrow Ca_3(PO_4)_2 + 3Na_2SO_4$$

Sodyum fosfat, fiyatının yüksek olması sebebiyle içmesuyu tasfiyesinde kullanılmaz. Ancak çok düşük bakiye sertlik elde edilmesi dolayısıyla çok yumuşak suya ihtiyaç gösteren sanayilere su temin eden tesislerde tatbik edilebilir.

Sertlik gideril esinde tatbik edilen bir diğer usul ise iyon değiştirme metodu olup, ileriki bölümde ele alınacaktır.

# 12. BÖLÜM

## 12. İYON DEĞİŞTİRME

İyon değiştirme, bir iyonun diğer bir iyonla yer değiştirilmesidir.

**Katyon değiştirme veya Baz Değiştirme**

Pozitif bir iyonun veya katyonun, diğer bir pozitif iyonla yer değiştirmesi olup, tabii sularda katyonlar, $Ca^{++}$, $Mg^{++}$, $Na^{+}$, $H^{+}$, $Fe^{++}$ ve $Mn^{++}$ gibi maddelerdir.

**Anyon Değiştirme veya Asit Değiştirme**

Negatif bir iyonun yani anyonun, diğer bir negatif iyonla yer değiştirmesi olup, tabii sularda anyonlar genel olarak $Cl^{-}$, $SO_4^{=}$, $NO_3^{-}$, ...vs. gibi maddelerdir.

**Reçineli Katyon Değiştiriciler**

Reçineli katyon değiştiriciler, sülfonatlara çevrilmiş polistrenlerin sentetik organik polimerleridir. Bunlar daneli ve boncuğa benzer şekilde imal edilirler. Bunların kimyasal formülleri $Na_2R$ ve $H_2R$ ile gösterilir. $Na_2R$, sodyum devresindeki işletmeye göre bir iyon değiştiricidir. $H_2R$ ise hidrojen devresindeki işletmeye göre bir iyon değiştiricidir. Sodyum devresinde rejenerasyon (yani reçinenin yenilenmesi) NaCl ile, hidrojen devresinde iyon değiştiricilerin $H_2R$ 'nin yenilenmesi ise $H_2SO_4$ ile yapılmaktadır.

Katyon değiştiricilerde yenilemede kullanılan maddenin veya iyon değiştiricinin tipine bağlı olarak ya sodyum veya hidrojen iyonları ile sıvı içindeki katyonların (+), bir kısmı veya tamamı yer değiştirir.

Sodyum devresindeki reçineli katyon değiştiriciler için reaksiyonlar:

$$Na_2R + Ca^{++} \rightarrow CaR + 2Na^{+}$$

$$Na_2R + Mg^{++} \rightarrow MgR + 2Na^{+}$$

$$Na_2R + Fe^{++} \rightarrow FeR + 2Na^{+}$$

Hidrojen devresinde reçineli katyon değiştiriciler için ise:

$$H_2R + Ca^{++} \rightarrow CaR + 2H^{+}$$

$$H_2R + Mg^{++} \rightarrow MgR + 2H^{+}$$

$$H_2R + 2Na^{+} \rightarrow Na_2R + 2H^{+}$$

$$H_2R + Fe^{++} \rightarrow FeR + 2H^{+}$$

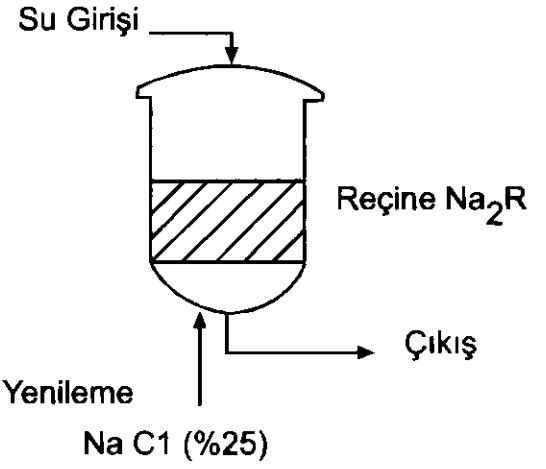
şeklinde verilebilir.

Anyon değiştiricilerde ya karbonat veya hidroksit iyonları ile sıvı içindeki anyonların tamamı veya bir kısmı yer değiştirir. Her iki iyon değiştirici her özellikteki su için ayrı ayrı ve beraberce kullanılabilir. Bu, bilhassa sanayi için su temin edilmesi halinde uygun olmaktadır.

Yumuşatmada, sodyum formundaki katyon iyon değiştiriciler kullanılmaktadır.

Bunun için yatak kalınlığı 0,80-2,0 m olan reçine yatağı, kum filtrelere benzer şekilde teşkil edilir. Reçineden teşkil edilmiş filtre yatağı kalınlığı 0,75 ila 2,0 m. arasında seçilir. Filtreler basınçlı veya serbest yüzeyli olarak inşa edilebilir. Filtre hızı $S_0$, 6-15 m/saat arasında alınabilir. Ortalama bir değer olarak 10 m/saat alınması uygundur.

Bazı hallerde $S_0$ = 20~40 m/saat alınabilirse de yüzey yükünün her halükarda 40 m/saat den daha az olması şarttır.




**Misal :** Bir ham suyun analizi neticesinde

| | | | |
|---|---|---|---|
| $Ca^{++}$ = 148.8 mg/lt | | $Cl^-$ = 27 mg/lt | |
| $Mg^{++}$ = 24.8 | " | $SO_4$ = 159 | " |
| $Na^+$ = 15 | " | $HCO_3^-$ = 372 | " |
| $K^+$ = 3.3 | " | $NO_3^-$ = 2.2 | " |
| pH = 7.15 | | $CO_2$ = 22 mg/1 olarak bulunmuştur. | |

Bu ham sudaki sertlik iyon değiştiricilerle giderilecektir.

a) Hangi tip iyon değiştiriciler kullanılır. Proje kriterlerini veriniz.

b) Sudaki sertliği 150 mg/l $CaCO_3$ sertliğine düşürmek kafi geleceği bilinirse nasıl bir yol tavsiye edersiniz?

ÇÖZÜM: Önce su analizinin doğruluğunu kontrol edelim.

| Katyonlar | = | Anyonlar |
|---|---|---|
| $Ca^{++} \rightarrow \frac{148.8}{40} x2 = 7.44$ mek/l | | $Cl^{-} \rightarrow \frac{27}{35.5} x1 = 0.76$ mek/l |
| $Mg^{++} \rightarrow \frac{24.8}{24} x2 = 2.06$ mek/l | | $SO_4^{=} \rightarrow \frac{159}{96} x2 = 3.31$ mek/l |
| $Na^{+} \rightarrow \frac{15}{23} x1 = 0.65$ mek/l | | $HCO_3^{-} \rightarrow \frac{372}{61} x1 = 6.10$ |
| $K^{+} \rightarrow \frac{3.3}{39} x\ 1 = \underline{+\ 0.08}$ | | $NO_3^{-} \rightarrow \frac{2.2}{62} x1 = \underline{+0.04}$ |
| 10.23 | | 10.21 |

10.23 ~ 10.21 uygun

Şimdi sertliği $CaCO_3$ sertliği cinsinden bulalım.

$[Ca^{++} + Mg^{++}] = 7.44 + 2.06 = 9.50$ mek/l

$$\text{Sertlik} = \frac{9.50}{2} x\ 100 = 475 \text{ mg/l}$$

Sertlik bir başka yolla :

$$\left(\frac{148.8}{40} + \frac{24.8}{23}\right) x\ 100 = 475 \text{mg/l}$$

olarak bulunabilir.

İyon Değiştirme Kolonu veya Filtresi Kullanalım.

Reçine olarak sodyum formundaki katyon iyon değiştirici kullanılacaktır.

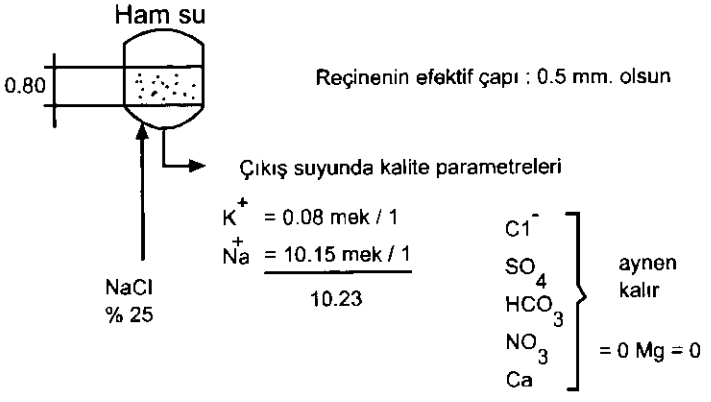
Reaksiyonlar aşağıdaki gibidir.

$Na_2R + Ca^{++} \rightarrow CaR + 2Na^{++}$

$Na_2R + Mg^{++} \rightarrow MgR + 2Na^{+}$

Filtre yatak kalınlığını: 80 cm ve

Filtre hızını : $10\ m^3/m^2.sa = 10$ m/saat seçelim.




$Na^{+} = 10.15$ mmol/l $= 233$ mg/l

$K^{+} = 0.08$ mmol/l $= 3.3$ mg/l

Regenerasyon NaCl % 25

Regenerasyon (yenilenme) süresi 30 dk.

Geri yıkama hızı $S_L = 20$ m/saat seçilmiştir.

b) Eğer sertliğin tamamının giderilmesi istenmiyorsa

Yani toplam sertiik 475 mg/1

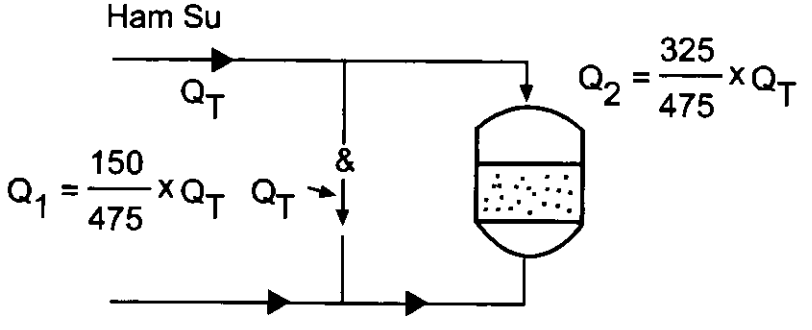
$$\begin{array}{rl} 150 & \rightarrow \text{(kalacak)} \\ \underline{+\ 325} & \rightarrow \text{(giderilecek)} \\ 475 & \end{array}$$

Bu takdirde ham suyun ancak belli bir yüzdesi iyon değiştiriciden geçirilir, geri kalanı geçirilmez. Geçirilen.

$$\text{debi } Q_2 = \frac{325}{475} Q_T$$

tir.

Bu durum aşağıda şematik olarak gösterilmiştir.



# 13. BÖLÜM

# 13. ARSENİK GİDERME

## 13.1. Arsenik Standartları

Ülkemizde bilhassa yer altı suyunu kaynak olarak kullanan bazı şehirlerde Arsenik muhtevası yüksektir. Bu yüzden kitaba bu bölüm ilave edilmiştir. Arsenik metalik olarak- özellikle toz halinde- zehirsizdir. Ancak su, hatta havadaki nem ile birleştiği zaman Arsenik Trioksite ($As_2O_3$), dönüşür. Bu çok zehirli bir maddedir. Arsenik zehirlenmelerinde felç, sinir sistemi bozuklukları görülür. İnorganik Arsenik bileşikliklerinin kanser yapıcı tesir göstermekte olduğu da ileri sürülmüştür. ABD Ulusal Bilimler Akademisinin 1999 yılında yaptığı çalışmada o tarihlerde suda arsenik standardı olan 50 ppb'nin 1/100 oranında kanser riski taşıdığı sonucuna varılmıştı. Teklif edilen 10 ppb'lik standart Avrupa Birliği ve Dünya Sağlık Teşkilatı tarafından kabul edilen standart ile uygunluk göstermektedir.

EPA'ya göre içme suyundaki arsenik insanlarda deri, akciğer, mesane ve prostat kanserine sebep olmaktadır. İçme suyundaki arsenik ayrıca diyabet, kalp ve damar hastalıkları, anemi, bağışıklık, sinir ve üreme sistemi hastalıkları ile ilişkilidir. Ayrıca, en son elde edilen bilgilere göre 10 ppb'ye denk gelen çok düşük seviyelerde bile arseniğin hormonlarla etkileşime girerek potansiyel endokrin bozucu olduğu yönündedir. Hormonlar vücudun önemli hayati fonksiyonları düzenlemesi için ürettiği kimyasal taşıyıcılardır.

ABD'de içme sularında ilk Arsenik standardı 50 ppb olarak 1942 yılında kabul edilmiştir.

1993'te Dünya Sağlık Teşkilat (WHO) 10 ppb'yi içme suyunda arsenik için tavsiye edilen limit olarak belirlemiştir. AB'nin 15 ülkesi 1998'de 10 ppb'yi içme suyundaki arsenik için zorunlu standart olarak kabul etmiştir.

Ülkemizdeki 'İnsani Tüketim Amaçlı Sular Yönetmeliği' AB mevzuatına uyumlu olarak hazırlanmış ve 17 Şubat 2005 tarihinde yürürlüğe girmiştir. Daha önceki yönetmelikte Arsenik Konsantrasyonu için 0 mikrogram/litre olarak kabul edilen değer 10 mikrogram/litreye çekilmiştir. Ancak 17 Şubat 2005 tarihinde yürürlüğe giren bu Yönetmelikle, Belediyeler başta olmak üzere ilgili kurumlara bu kıstaslara uyum gayesiyle 3 yıllık geçiş süresi verilmiştir. Bu süre 17 Şubat 2008 tarihinde sona ermiştir.

Netice olarakTSE 266 (2005), 98/93 EC (1998) ve WHO (1998) standartlarında Arsenik standartı 10 $\mu g$ As/litredir.

### 13.2. Arsenik Giderme Usulleri

Arsenik suda yaygın olarak (5) değerlikli $As^{+5}$ şeklinde bulunmaktadır, veya arsenat olarak yüzeysel aerobik sularda, $As^{+3}$ veya arsenit olarak anaerobik yeraltı sularında bulunmaktadır. pH 4-10 aralığında $As^{+3}$ olarak daha çok bulunmaktadır. $As^{+5}$, $As^{+3}$' e göre daha kolay giderim sağlanmaktadır. Bu durum Yumaklaştırma bahsinde Cetvel 5.2. de görülebilir. Misal olarak, Yumaklaştırma $As^{+5}$ giderme verimi, $As^{+3}$ ün giderme veriminden daha fazladır.

Arsenik en etkin olarak $As^{+5}$ formunda arıtılmaktadır. $As^{+3}$, ön oksidasyon ile $A^{+5}$ formuna çevrilebilir. Bu işlem için kullanılabilecek oksidanlar klor, demir klorür ve potasyum permanganat olabilir. Klor ile ön oksidasyon işlemleri, istenmeyen yan ürünler doğurabileceğinden mümkün ise ozon ve hidrojen peroksit kullanılmalıdır.

#### Yumaklaştırma ve Filtrasyon

$As^{+5}$ giderimi için etkin bir arıtma usulüdür. Giderme verimine, yumaklaştırıcı kimyevi maddenin cinsi ve dozajı etkilidir. pH'nın yüksek veya düşük olması arıtma verimini düşürmektedir. Kimyevi madde olarak demir sülfat kullanılması, Alum kullanılmasına nazaran daha tesirlidir. Diğer yumaklaştırıcılar da demir sülfata nazaran daha az etkili olmaktadır. Yumaklaştırma işleminden sonra kullanılacak hızlı kum filtresinin boyutlandırılmasında Demir ve Mangan giderilmesindeki filtreler dikkate alınabilir. $As^{-3}$ halinde yeraltı suyu da muhtemelen anaerobik olduğundan havalandırma ve oksidasyon (klor, ozon, hidrojen peroksit kullanılabilir) işlemlerinden sonra yumaklaştırma ve filtrasyon tatbik edilebilir. Cetvel 13.1. de Havalandırma – Yumaklaştırma – Çöktürme – Filtrasyon ve Kireçle Yumuşatmada Arsenik Giderme Verimi verilmiştir.

Cetvel 13.1. Havalandırma – Yumaklaştırma – Çöktürme – Filtrasyon ve Kireçle Yumuşatmada Arsenik Giderme Verimi

| | Havalandırma | Yumaklaştırma, çöktürme ve filtrasyon | Kireçle Yumuşatma |
|---|---|---|---|
| Arsenik (+3) | + | + +, + + + | + +, + + + |
| Arsenik (+5) | + | + + +, + + + + | + + +, + + + + |

+ : (% 0 - 20)
+ + : (% 20 - 60)
+ + + : (% 60 - 90)
+ + + + : (% 90 - 100)
Çıkan çamurların bertarafı da düşünülmelidir.

**Kireç ile Yumuşatma**

Optimum pH aralığı 10.5 den büyük olması giriş konsantrasyonunun 50 µg/ L olması durumunda yüksek oranda (% 90 civarı) Arsenik giderimi sağlanabilmektedir.

**Aktif Alum**

Yüksek miktarda toplam çözünmüş katı madde ihtiva eden sularda etkili bir usuldür. Ancak selenyum florür, klorür ve sülfat yüksek seviyelerde ise adsopsiyon bölgelerinde bir rekabete sebeb olabilir.

**İyon Değiştiriciler**

İyon değiştiriciler, arseniği etkin olarak giderebilir. Ancak sülfat, toplam çözünmüş katılar, selenyum, florür ve nitrat, arsenik ile rekabet etmekte ve iyon değiştirici periyodunu etkilemektedir. Seri halde kolon kullanımı ile giderim verimi arttırılarak rejenerasyon sıklığı düşürülebilir. Askıda katı maddeler ve çökelen demir iyon değiştirici yatağında tıkanmalara sebep olmaktadır. Eğer sistem yüksek miktarda bu maddeleri ihtiva ediyorsa bir ön arıtma gerekebilir. Cetvel 13.2. de İyon Değiştiricilerle Arsenik Giderim Verimi verilmiştir.

Cetvel 13.2. İyon Değiştiricilerle Arsenik Giderim Verimi

| İyon Değiştirici Cinsi | | |
|---|---|---|
| | Anyonik | Katyonik |
| Arsenik (+3) | + + +, + + + + | + |
| Arsenik (+5) | + + +, + + + + | + |

**Ters Ozmos**

Uygun basınçta % 95 ten fazla oranda giderim verimi sağlar. Rejeksiyon suyunun ve tuzlu suyun deşarjı da önemli bir konudur. Cetvel 13.3. de Membran Proseslerde Arsenik Giderimi verilmiştir.

Cetvel 13.3. Membran Proseslerde Arsenik Giderimi

| Membran Prosesler | | |
|---|---|---|
| | Ters Ozmos | Elektrodializ |
| Arsenik (+3) | + +, + + + | + +, + + + |
| Arsenik (+5) | + + +, + + + + | + + +, + + + + |

**Nanofiltrasyon**

Bu yöntemle %90 üzerinde arsenik giderimi gerçekleştirilebilmektedir.

## Gelecekteki Muhtemel Teknolojiler

### Tuzlu Su Geri Dönüşümlü İyon Değişimi

Bir araştırmaya göre iyon değişimi işlemi ile sülfat seviyelerinin 200 mg/l kadar yüksek olduğu durumlarda bile arsenik seviyesinin 2 mikrogram/L seviyesinin altına düşürülebildiği gösterilmiştir. Sülfat işlemin süresini etkilemekte, yüksek sülfat konsantrasyonu arseniğin kısa sürede ilerlemesine sebep olmaktadır. Bu çalışma ayrıca rejenerasyon suyuna tuz ilave edilerek klorür seviyesinin yeterli olması sağlandığında tuzlu su rejenerasyon solüsyonunun arsenik giderimine etkisi olmadan 20 kereye kadar tekrar kullanılabildiğini göstermiştir. Tuzlu suyun yeniden çevrimi atık bertarafı ve işletme giderlerini azaltır.

### Doğrudan Filtrasyon ile Demir Koagülasyonu

Bir araştırmada demir eklenmesi ile yumaklaştırma işleminin ardından uygulanan doğrudan filtrasyon (mikrofiltrasyon) yöntemi ile arsenik seviyesinin 2 mikrogram/L seviyesinin altına düşürülebildiği gösterilmiştir. Kritik işlem parametreleri demir miktarı, karışım enerjisi, bekleme süresi ve pH dır.

### Konvansiyonel Demir/Mangan (Fe/Mn) Giderimi Prosesi

Demir koagülasyon/filtrasyon ve doğrudan filtrasyon ile demir tuzları ile yumaklaştırmayı müteakip filtrasyon, arsenik giderimde etkili yöntemlerdir. Tabii olarak demir ve/veya mangan ihtiva eden kaynak sularının arsenik giderimi konvansiyonel Fe/Mn giderimi prosesi ile yapılabilmektedir. Bu prosesler ile demir ekleme yöntemindeki aynı mekanizma kullanılarak kaynak suyundan demir ve manganın giderilmesi yoluyla önemli miktarda arsenik giderimi sağlanmaktadır. Tabii olarak bulunan demir/mangan konsantrasyonu arsenik giderimi için yeterli değilse demir tuzları eklenmesi gerekebilir.

### Mukayese

### Koagülasyon/Filtrasyon ve Kireçle Yumuşatma

- Çoğu küçük sistem için uygun değil: yüksek maliyet, tecrübeli eleman ihtiyacı vardır ve proses performansındaki değişkenlik gösterir.

- Koagülasyon / Filtrasyon ve Kireçle Yumuşatma yöntemi ile düşük seviyede standartları sağlamada yaşanan zorluklar olabilir. Arıtımda buna ilave olarak iyon değişimi yöntemini kullanmak faydalı olabilir.

- Arıtma çamurunun bertarafı sorun olabilir.

**İyon Değiştirme**

- Konsantre olmuş tuzlu atıksuyun yan ürünlerinin bertarafı problem olabilir. Tuzlu su geri çevrimi etkiyi azaltabilir.
- Sülfat seviyeleri işlem süresini etkileyebilir.
- Sülfat ve toplam çözünmüş madde seviyesi düşük küçük yer altı su sistemlerinin filtrasyon ve düşük seviyeli seçeneklerin ardından en iyi uygulanabilir ilave arıtım olarak tavsiye edilmektedir.

**Ters Ozmoz/Nanofiltrasyon**

- Düşük seviyeli seçenekler için kapsamlı bir korozyon kontrolü gerekebilir, harmanlaması sınırlı olabilir.
- Giren suyun %20-25'i olan su rejeksiyonu için kullanıldığından su sıkıntısı yaşanan bölgeler için sorun olabilir.

**Ortaya Çıkan Çamurun veya Konsantre Atıkların Bertarafı :**

Yumaklaştırma/Filtrasyon ve Kireçle Yumuşatma teknolojilerinden kaynaklanan arsenik ihtiva eden arıtma çamurlarının bertarafı önemli bir husustur. Büyük arıtma tesisleri için ters ozmoz/nanofiltrasyon teknolojilerinden kaynaklanan konsantre tuzlu suyun deşarjı için büyük miktarlarda su gerekmektedir. Denizden uzak arıtma tesislerinde deşarjdan önce ön arıtıma ihtiyaç duyulmakta ya da tuzluluktaki artıştan dolayı kanalizasyona deşarj yapılması gerekmektedir. Kanalizasyona deşarj için yüksek seviyedeki arseniğin giderilmesi için ön arıtım yapılmalıdır. İyon değiştirme teknolojilerinin atıksuyu yüksek konsantrasyonda tuzlu su ve toplam çözünmüş madde ihtiva eder. Bu tuzlu suyun alıcı ortama veya kanalizasyon sistemine deşarj edilmeden önce ön arıtımdan geçmesi gerekebilir.

# 14. BÖLÜM

# 14. SULARIN AGRESİF ÖZELLİKLERİ VE STABİLİZASYONU

## 14.1. Agresifliğin Tarifi

Suyun agresif olması, sudaki karbon dioksit ($CO_2$) ve bikarbonat ($HCO_3^-$) dengesinin bulunmamasından ileri gelmektedir. Suyun agresif olup olmadığını anlamak için çeşitli usuller bulunmaktadır. Bunlardan en çok kullanılan iki metot:

- Tillmans Eğrisi ve
- Langelier İndeksidir

Bunlardan Tillman Eğrisi mol/lt cinsinden

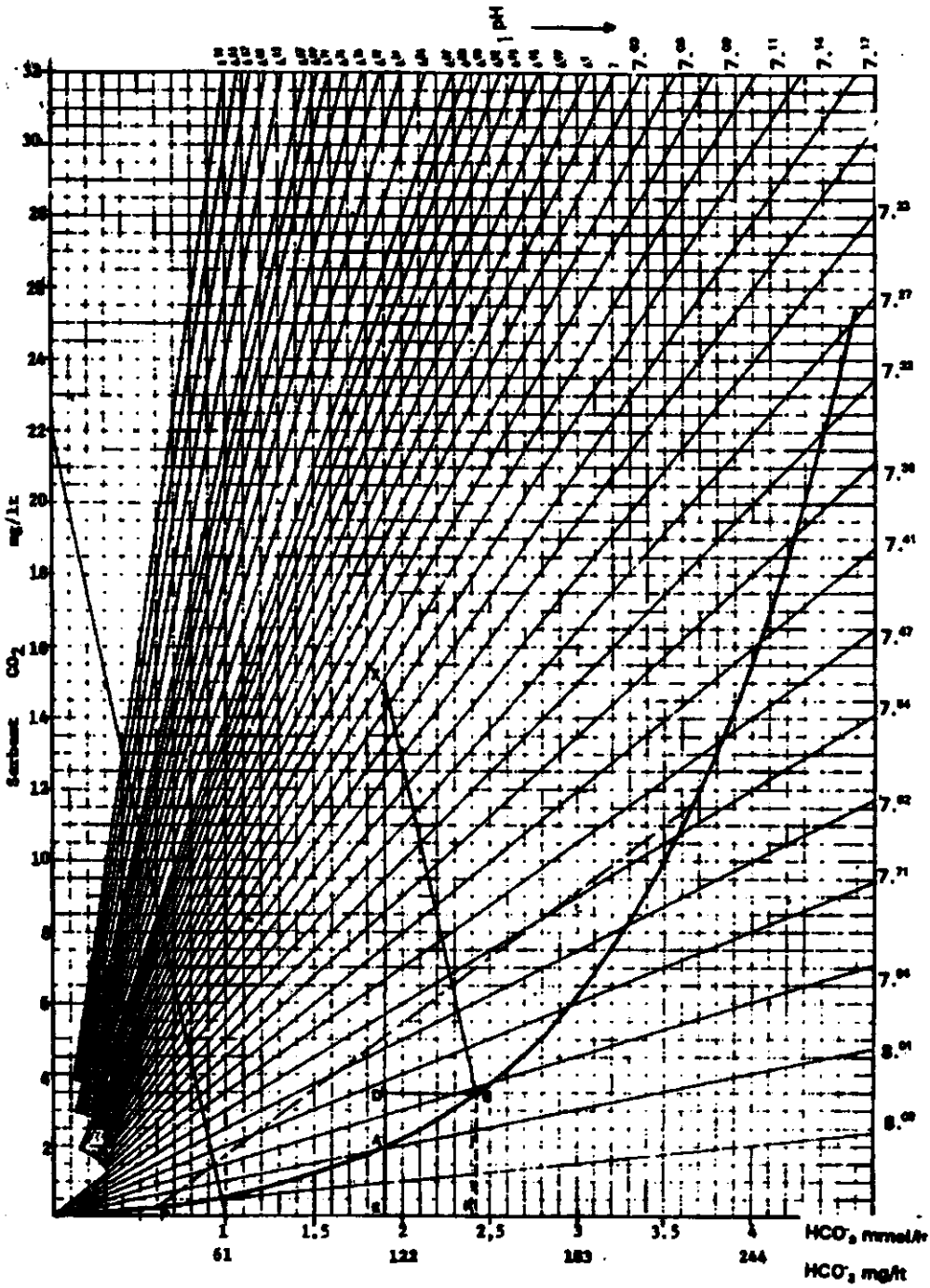
$[Ca^{++}] / [HCO_3^-] = 1/2$ olması halinde kullanılır.

Yani:

$$CaCO_3 + CO_2 + H_2O \Leftrightarrow Ca^{++} + 2HCO_3^- \qquad (14.1)$$

denkleminde $[Ca^{++}] / [HCO_3^-]$ oranı 1/2 olduğundan bu halde Tillmans Eğrisi kullanılabilir. Yeraltı sularında ekseriya bu şart sağlanmaktadır. Su tahlilleri neticesinde verilen değerlerden bu oran hesaplanarak Tillmans veya Langelier İndeksinden hangisinin uygulanacağına karar verilmelidir.

Tillmans Eğrisi Şekil 14.1'de gösterilmiştir. Bu eğrinin kullanılması için yukarıdaki oranın 1/2 olduğu görüldükten sonra su tahlilleri neticesi bulunan serbest $CO_2$ konsantrasyonu düşey, $HCO_3^-$ konsantrasyonu yatay eksende işaretlenmek suretiyle kesim noktası bulunur.




Şekil 14.1. Tillman Eğrisi

**Misal:** Şekilde $CO_2$ = 15 mg/lt ve $HCO_3^-$ = 1,9 mili mol/lt = 116 mg/lt değerleri için x noktası bulunmuştur. Esasen pH = 7,11 ve $HCO_3^-$ = 116 mg/lt değerlerinden de aynı nokta bulunabilir. Tatbikatta pH ölçümü daha kolay olduğundan bu yol takip edilmektedir.

Tillmans diyagramında işaretlenen nokta

- Eğrinin üst tarafında ise su agresiftir.
- Eğrinin tam üzerinde ise dengededir.
- Eğrinin alt tarafında ise aşırı doymuş durumdadır.

Misalimizde x noktası göz önüne alınan değerler için eğrinin üst tarafında olduğundan su, agresiftir. Agresif $CO_2$ miktarını bulmak için düşey eksende 22 mg/lt değerini, yatay eksende 61 mg/lt değerine birleştiren doğruya x noktasından paralel çizilir. Bu doğru, eğriyi B'de kesmektedir. Buradan çizilen yatay doğrunun XE düşey çizgisini kestiği nokta D ile gösterilmiştir. XD değeri agresif $CO_2$ miktarını göstermektedir. Şekildeki X noktası için agresif $CO_2$ miktarı (15 -3,5) = 11,5 mg/lt olarak elde edilebilir.

XB doğrusunun 22-61 doğrusuna paralel olmasının hikmeti (14.1) denkleminden anlaşılabilir.

1 mmol $CO_2$/lt 'ye 2 mmol $HCO_3^-$/lt tekabül etmektedir.

1 mmol/lt $CO_2$ $\rightarrow$ 44 mg/lt

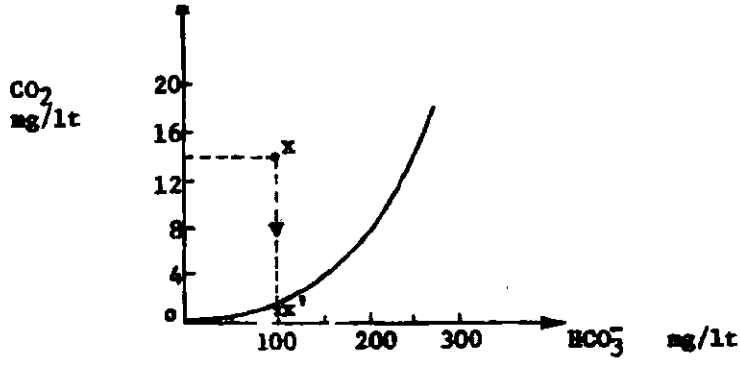
2 mmol/lt $HCO_3^-$ $\rightarrow$ 2x61 mg/lt olduğundan

22 mg/lt $CO_2$ ye, 61 mg/lt $HCO_3^-$ tekabül etmektedir. Bu yüzden XB doğrusu (22) - (61) doğrusuna paralel çizilmek suretiyle elde edilmiştir.

Agresif $CO_2$ 'yi gidermek için çeşitli usuller vardır. Burada sırası gelmişken havalandırma, NaOH ile muamele ve HCl ilavesinin ne gibi tesir yaptığını görelim.

**· Havalandırma**

Havalandırma neticesi $CO_2$ 'nin bir miktarı giderilir. Böylece X noktası X 'ye getirilebilir. (Şekil 14.2)




Şekil 14.2. Havalandırmanın Tesiri

Havalandırma ile $CO_2$ 'yi 2~4 mg/lt mertebesine kadar düşürmek mümkün olabilir. O halde bilhassa bikarbonatın ≥ 122 mg/lt olması halleri için havalandırma, agresifliği gidermek için uygun bir çözüm yoludur.

**· NaOH ile Muamele**

Suya NaOH ilave edilmesi halinde aşağıdaki reaksiyon olur:

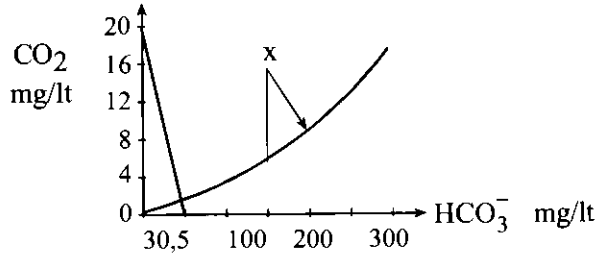
$CO_2 + NaOH \rightarrow HCO_3^- + Na^+$

1 mmol/lt $CO_2$ → 1 mmol/lt $HCO_3$

44 mg/lt → 61 rng/lt

22 mg/lt → 30,5 mg/lt

Bu durumda Şekil 14.3 'de görüldüğü gibi (22) - (30,5) doğrusuna paralel X X' doğrusu elde edilir.




Şekil 13.3. NaOH ile Muamele

Şekilden görülebileceği gibi NaOH muamelesi ile de agresif $CO_2$ 'nin giderilmesi mümkündür.

**· HCl ilavesi**

Suya, hidroklorik asit (HCl) ilavesi halinde aşağıdaki reaksiyon hasıl olur:

$HCO_3^- + HCl \rightarrow H_2CO_3 + Cl^-$

$H_2CO_3 \rightarrow H_2O + CO_2$

Görüldüğü gibi asit ilavesi halinde sudaki serbest $CO_2$ konsantrasyonu artmaktadır. Bu ise istenmeyen bir durumdur.

Tillmans Eğrisi sadece $Ca(HCO_3)_2$ ve $CO_2$ ihtiva eden su için tecrübelere dayanılarak elde edilmiştir. Tatbikatta su, diğer birçok tuzları da ihtiva eder. Bu tuzlar ise $CO_2$ ve $CaCO_3$ dengesine tesir etmektedir. Böyle hallerde Langelier indeksi kullanılır.

Langelier'in ortaya koyduğu formül basit olarak:

$$pH_s = pK_2' - pK_s' + pCa + pA \qquad (14.2)$$

yazılabilir. Burada:

$pH_s$ : $CO_2$ ve $CaCO_3$ 'in dengede olduğu pH değeridir.
$pK_2$: Karbonik asitin ayrışma (dissosiyasyon) sabitinin negatif logaritması
$pK_s$ : Kalsiyum karbonatın çözünme sabitinin negatif logaritması
pCa: Kalsiyumun molar konsantrasyonunun negatif logaritması
pA : Mol. $CaCO_3$ cinsinden alkalinitenin negatif logaritmasını göstermektedir.

Langelier, ölçülen pH ile hesaplanan $pH_s$ arasındaki farkı doyma indeksi ($I_s$) olarak tarif etmiştir. Yani

$$I_s = pH - pH_s$$

olarak ifade edilmiştir.

- $I_s = 0$ ise su dengededir.
- $I_s < 0$ ise agresif, yani suyun $CaCO_3$ ile az doymuş olduğunu,
- $I_s > 0$ ise aşırı doymuş, yani suyun $CaCO_3$ ile aşırı doymuş olduğunu gösterir.

Dolayısıyla $CaCO_3$ suda çökelecektir.

(14.2) denkleminden $pH_s$'in hesaplanması yerine bu iş için geliştirilen grafiklerin kullanılması daha kolaydır. Böyle bir grafik Şekil 14.4 'de verilmiştir.

$pH_s$ değerinin bu grafikten bulunabilmesi için

- Kalsiyum karbonat cinsinden toplam alkalinite, mg/lt
- Kalsiyum konsantrasyonu (mg/lt)
- Toplam çözünmüş katılar (mg/lt)
- Sıcaklık

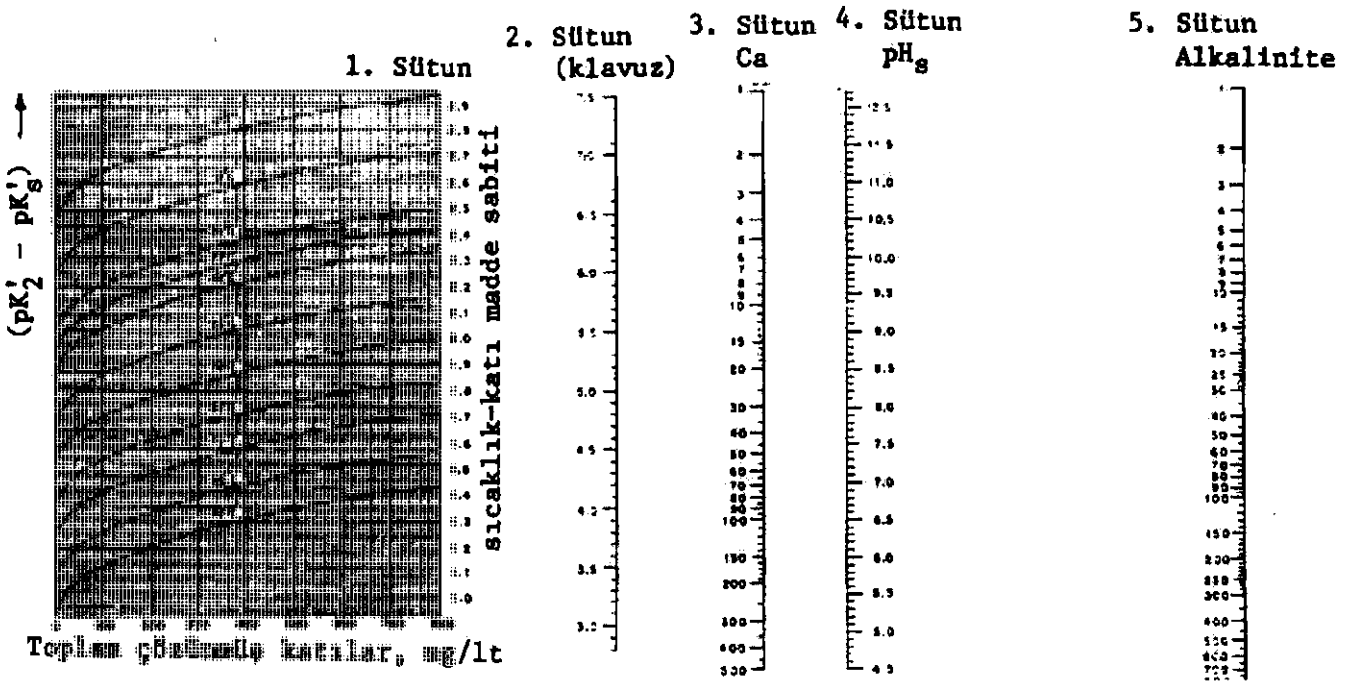
bilinmelidir.

### 14.2. Agresifliğin Mahzurları

Suyun agresif olması iki sebepten istenmez;

- Korrozyon sebebiyle su kayıpları olur, boru ve tesisatın zamanla tahrip olması ilave masrafları gerektirir.
- Suyun agresif olması sebebiyle boruların yapıldığı bazı maddeler suda çözünürler.

Bu yüzden suyun evsafı bozulur.




**Grafiğin Kullanılışı**

1. Toplam çözünmüş katılar ve sıcaklıtan 1. sütun işaretlenir.
2. Sudaki Ca konsantrasyonu 3. sütunda işaretlenerek, 1. stünda işaretlenen değerle birleştirilir. Bu çizginin 2. sütunu kestiği nokta işaretlenir.
3. Alkalinite 5. sütunda işaretlenerek, 2. sütundaki nokta ile birleştirilir. Bu çizginin 4. sütunu kestiği noktada $pH_s$ değeri okunur. $I_s = pH - pH_s$ değeri hesaplanır.

Şekil 13.4. Langelier Indeksinin Bulunuşuna Ait Grafuik (pH = 7,0 – 9,5 için)

Mesela kurşun borulardan ayrılıp suda çözünen kurşun ($Pb \rightarrow Pb^{++}$) zehirlenmelere yol açar.

Demir de :

$$Fe \rightarrow Fe^{++} \rightarrow Fe^{+3} \equiv Fe(OH)_3 \downarrow$$

şeklinde çökelti meydana getirerek suyun renginin bozulmasına sebep olur.

Demirin korozyonu pH'ya bağlıdır. Korozyonu önlemek için tavsiye edilen su evsafı:

$pH > 8,0$
$HCO_3^- \geq 122$ mg/lt
$I_s > 0$

Bakır için ise,

$7 < pH < 9$
$HCO_3^- \geq 122$ mg/lt
$NH_4^+ < 5,4$ mg/lt

Galvanizli borular için

$7,5 < pH < 8,5$

Netice olarak korozyon probleminin olmaması için,

$0 < I_s < 0,5$
$HCO_3^- \geq 122$ mg/lt
$8,0 < pH < 8,3$
$NH_4^+ < 5,4$ mg/lt

olması uygundur.

### 14.3. Suyun Stabilizasyonu

Yukarda görüldüğü üzere çeşitli malzemelerin korozyonu sudaki serbest $CO_2$, $I_s$, $HCO_3^-$ değerlerine bağlıdır.

Suyun stabilizasyonu ise çeşitli şekillerde yapılabilir. Bununla ilgili birim işlemler aşağıda verilmiştir.

I. Havalandırma

II. Kimyevi Madde ilavesi

- $CaO$
- $Ca(OH)_2$
- $Na_2CO_3$
- $NaHCO_3$
- $NaOH$
- $NaAlO_2$

III. Filtrasyon

- $CaCO_3$ Kireç taşı
- $CaCO_3$, $MgO$ tabakasından filtreleme

IV. Filtrasyondan önce $CO_2$ Verilmesi

- $CaCO_3$
- $CaCO_3$ $MgO$ (Magno) tabakasından filtreleme

V. Kimyevi Madde İlavesinden önce $CO_2$ Verilmesi

- $Ca(OH)_2$
- $NaOH$
- $Na_2CO_3$

Yukarıdaki usullerden biri veya birkaçı birlikte su stabilizasyonu için kullanılabilir. Ancak uygun olanın seçimi için suyun terkibi bilinmelidir. Bazı, sular için yukarıdaki usullerden bir kısmının hiçbir faydası olmayabilir. Bu durum daima göz önünde bulundurulmalıdır.

# 15. BÖLÜM

## 15. TATBİKATLAR

### Stokes kanunu ile ilgili uygulama

10°C'de su içerisindeki küresel bir kum tanesinin nihâi çökme hızını hesaplayınız. Tanecik çapını 20 μm ve yoğunluğunu da 2500 kg/m$^3$ olarak kabul ediniz. (10 °C'de suyun kinematik viskozitesi, ν = 1.306 x 10$^{-6}$ m$^2$/s)

Çözüm:

1. Stokes kanunu kullanılarak;

$$V_s = \frac{g\left(sg_p - 1\right)d_p^{\,2}}{18\nu} = \frac{\left(9.81\,\mathrm{m/s^2}\right)\left(2.5-1\right)\left(2\times10^{-5}\,\mathrm{m}\right)^2}{18\left(1.306\times10^{-6}\,\mathrm{m^2/s}\right)} \times 3600\ \mathrm{s/saat} = 0.9\ \mathrm{m/saat}$$

2. Reynolds sayısının ve akım şartlarının kontrolü;

$$\mathrm{Re} = \frac{d_p V_s}{\nu} = \frac{\left(2\times10^{-5}\,\mathrm{m}\right)\left(0.9\,\mathrm{m/saat}\right)\left(1\,\mathrm{saat}/3600\,\mathrm{s}\right)}{\left(1.306\times10^{-6}\,\mathrm{m^2/s}\right)} = 0.004$$

**Not:** Reynolds sayısı 1'den küçük olduğu için, laminar akım şartları mevcuttur ve Stokes kanunu uygulanabilir.

**Reynolds sayısının bir fonksiyonu olarak nihai/kritik (terminal) çökme hızının hesaplanması**

10 °C'de su içerisindeki 210 μm çapa sahip küresel bir kum tanesinin ($\rho$=2650 kg/m$^3$) nihâi çökme hızını hesaplayınız.

**Çözüm:**

1. Stokes kanunu kullanılarak;

$$V_s = \frac{g\left(sg_p - 1\right)d_p^{\,2}}{18\nu} = \frac{\left(9.81\,\text{m/s}^2\right)\left(2.65-1\right)\left(2.1\times10^{-4}\,\text{m}\right)^2}{18\left(1.306\times10^{-6}\,\text{m}^2/\text{s}\right)} \times 3600\,\text{s/saat} = 104.1\,\text{m/saa}$$

2. Reynolds sayısının ve akım şartlarının kontrolü;

$$\text{Re} = \frac{d_p V_s}{\nu} = \frac{\left(2.1\times10^{-4}\,\text{m}\right)\left(104.1\,\text{m/saat}\right)\left(1\,\text{saat}/3600\,\text{s}\right)}{\left(1.306\times10^{-6}\,\text{m}^2/\text{s}\right)} = 4.65$$

Not: Reynolds sayısı 1'den büyük olduğu için, laminar akım şartları sağlanamamaktadır ve Stokes kanunu uygulanamaz. Bu durumda, hesaplamada aşağıda verilen sürüklenme katsayısı denklemi ve Newton Kanunu kullanılmalıdır.

$$C_d = \frac{24}{\text{Re}} + \frac{3}{\sqrt{\text{Re}}} + 0.34 \quad \left(1 < \text{Re} < 1.0\times10^4 \text{ için}\right)$$

$$V_s = \sqrt{\frac{4}{3} g \frac{\left(sg_p - 1\right)}{C_d}}$$

Çökelme hızı kesin olarak hesaplanamayacağından deneme yanılma yöntemiyle çözüme gidilmelidir. Yukarıdaki Re = 4.65 değeri kullanılarak sürüklenme katsayısı aşağıdaki gibi hesaplanabilir.

$$C_d = \frac{24}{4.65} + \frac{3}{\sqrt{4.65}} + 0.34 = 6.89$$

$$V_s = \sqrt{\frac{4}{3}\left(9.81\,\text{m/s}^2\right)\frac{\left((2.65-1)\left(2.1\times10^{-4}\,\text{m}\right)(3600\,\text{s/saat})^2\right)}{6.89}} = 92.3\,\text{m/saat}$$

Bu değerler kullanılarak Re yeniden hesaplanabilir ve 4.12 olarak bulunur. Birkaç iterasyon yapılarak yaklaşık sonuç elde edilir.

| Deneme | Re | $C_d$ | $V_s$ |
|---|---|---|---|
| 0 | 4.65 | 6.89 | 92.3 |
| 1 | 4.12 | 7.64 | 87.7 |
| 2 | 3.92 | 7.98 | 85.8 |
| 3 | 3.83 | 8.14 | 85 |
| 4 | 3.8 | 8.2 | 84.6 |
| 5 | 3.78 | 8.23 | 84.5 |
| 6 | 3.77 | 8.24 | 84.4 |
| 7 | 3.77 | 8.25 | 84.4 |

200 μm çapa sahip küresel bir kum tanesinin nihâi çökme hızı 84.4 m/saat olarak bulunur.

## Ön çöktürme tankı tasarımı

0.09 mm çapa sahip kum tanelerini gidermek için, 1 $m^3/s$ tasarım debisine sahip bir kum tutucu (iki bölmeli, betondan yapılmış bir tank) inşa edilecektir. Maksimum akış hızı, ortalama akış hızının 2 katı olup, su sıcaklığı 10 °C'dir. Su derinliğini 3.5 m ve emniyet katsayısını da 1.5 kabul ederek aşağıdaki tablo yardımıyla kum tutucu tankını boyutlandırınız. Yine aynı tabloya göre yüzey yükleme hızını ve bekleme süresinin uygunluğunu kontrol ediniz. Parçacık çökme hızları da aşağıdaki diğer tabloda verilşmiştir.

Ön çöktürme tankı tasarım esasları

| Parametre | Birimi | Değeri |
|---|---|---|
| Tankın tipi | - | Yatay akış, dikdörtgen tank |
| Gerekli en az tank sayısı | boyutsuz | 2 |
| Derinlik (otomatik sediment giderici hariç) | m | 3.5 – 5 |
| Derinlik (otomatik sediment giderici ile birlikte) | m | 3 – 4 |
| Minimum uzunluk/derinlik oranı | boyutsuz | 6:1 |
| Uzunluk/genişlik oranı | boyutsuz | 4:1 – 8:1 |
| Yüzey yükleme hızı | $m^3/m^2$.gün | 200 – 400 |
| Ortalama yatay akış hızı (maksimum günlük akışta) | m/s | 0.05 |
| Bekleme (tankta kalış)süresi | dakika | 6 – 15 |
| Giderilen parçacıkların minimum boyutu | mm | 0.1 |
| Dip eğimi | m/m | En az 1:100 boyuna eğim |

Çeşitli büyüklüklerdeki taneli çökelen parçacıklara ait çökme hızları

| Parçacık çapı, mm | 1 | 0.6 | 0.4 | 0.2 | 0.15 | 0.1 | 0.08 | 0.06 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Çökme hızı, m/s | 0.1 | 0.063 | 0.042 | 0.021 | 0.015 | 0.008 | 0.006 | 0.0038 |

**Çözüm:**

1. Tankın alanı, tasarım esasları tablosuna göre yatay hız maksimum 0.05 m/s olacak şekilde;

$$A = \frac{0.5Q_{max}}{V_f} \frac{(0.5)(1.0\ \mathrm{m}^3/\mathrm{s})(2)}{(0.05\ \mathrm{m/s})} = 20\ \mathrm{m}^2$$

Su derinliği 3.5 m verildiğine göre derinlik de yaklaşık 5 m seçilebilir.

2. Her bir tank uzunluğu aşağıdaki formül ile belirlenir:

$$L = K\left(\frac{h_0}{v_s}\right)v_f$$

Burada;

L = uzunluk, m
K = emniyet katsayısı, birimsiz (burada 1.5 olarak veriliyor)
$h_0$ = efektif su derinliği, m
$v_s$ = çökme hızı, m/s
$v_f$ = maksimum günlük debideki ortalama hız, m/s

Çökme hızları tablosuna bakarak; 0.08 mm çap için çökme hızının 6 mm/s olduğu görülür.

Ortalama debideki yatay hız hesaplanırsa;

$$V_f = \frac{V_{f,max}}{(V_{f,max}/V_f)} = \frac{(0.05\ \mathrm{m/s})}{2} = 0.025\ \mathrm{m/s}$$

Bu değer de tank uzunluğu hesaplama denkleminde yerine konursa;

$$L = (1.5)\times\left[\frac{3.5\ \mathrm{m}}{0.006\ \mathrm{m/s}}\right]\times 0.025\ \mathrm{m/s} = 22\ \mathrm{m}$$

3. Uzunluk/derinlik ve uzunluk/genişlik oranlarının kontrolü;

a) Tasarım tablosuna göreuzunluk/derinlik oranı minimum 6:1 olduğuna göre;

$$\frac{L}{d} = \frac{22}{3.5} = \frac{6.3}{1} > \frac{6}{1} \text{ uygundur.}$$

b) Yine aynı tabloda uzunluk/genişlik oranı minimum 4:1 olduğuna göre;

$$\frac{L}{W} = \frac{22}{5} = \frac{4.4}{1} > \frac{4}{1} \text{ uygundur.}$$

4. Bekleme süresi ve yüzey yükleme hızının kontrolü;

a) Tasarım tablosuna göre bekleme süresi 6-15 dakika olmalıdır;

$$\tau = \frac{V}{Q} = \frac{22\text{ m} \times 5\text{ m} \times 35\text{ m}}{0.5 \times (1.0\text{ m}^3/\text{s}) \times (60\text{ s/dak})} = 12.5\text{ dak}$$

b) Yüzey yükleme hızının bulunması;

$$V_c = \frac{Q}{A} = \frac{(1.0\text{ m}^3/s)(3600\text{ s/saat})(24\text{ saat/gün})}{(22\text{ m})(5\text{ m})(2\text{ tank})} = 393\text{ m}^3/\text{m}^2.\text{gün}$$

Bu değer tasarım tablosundaki 200 – 400 $m^3/m^3$.gün arasında olduğu için uygundur.

**<u>Çöktürme tankı tasarımı</u>**

Maksimum günlük debisi 4.5 $m^3/s$ (ortalama debi, 3 $m^3/s$'nin 1.5 katı) olan bir su arıtma tesisi yüzeysel suları arıtmaktadır. Tesiste kimyasal olarak alum kullanılmakta olup, alum flokları 10 °C'de 2.5 m/saat çökme hızına sahiptir. Suyun 10 °C'deki dinamik viskozitesi 0.00131 kg/m.s ve yoğunluğu da 999.7 $kg/m^3$ olarak veriliyor. Floklaşmış çamur giderimi için, yatay akışa sahip bir arıtma sistemi tasarlayarak, dikdörtgen çöktürme tankı sayısı ve boyutlarını hesaplayınız. Tasarım, maksimum debiye göre yapılacaktır.
Tasarımda aşağıdaki tablodaki parametreleri dikkate alınız.

Dikdörtgen çöktürme tankı tasarım esasları

| Parametre | Birim | Değer |
|---|---|---|
| Tank tipi | - | Yatay akışlı dikdörtgen tank |
| Gerekli en az tank sayısı | birimsiz | 2 |
| Su derinliği | m | 3 – 5 |
| Minimum uzunluk/derinlik oranı | boyutsuz | 15:1 |
| Genişlik/derinlik oranı | boyutsuz | 3:1 – 6:1 |
| Minimum uzunluk/genişlik oranı | boyutsuz | 4:1 – 5:1 |
| Yüzey yükleme hızı | m/saat | 1.25 – 2.5 |
| Ortalama yatay akış hızı (maksimum günlük akışta) | m/dakika | 0.3 – 1.1 |
| Bekleme (tankta kalış) süresi | saat | 1.5 – 4 |
| Launder weir loading | $m^3$/m.saat | 9 – 13 |
| Reynolds sayısı | boyutsuz | <20,000 |
| Froude sayısı | boyutsuz | $>10^{-5}$ |
| Manuel kontrollü çamur uzaklaştıma sistemleri için dip eğimi | m/m | 1:300 |
| Mekanik çamur sıyırma ekipmanı için dip eğimi | m/m | 1:600 |
| Çamur sıyırıcının çamur toplama yönündeki hızı | m/dak | 0.3 – 0.9 |
| Çamur sıyırıcının geri dönüş yönündeki hızı | m/dak | 1.5 – 3 |

**Çözüm:**

1. Tank (havuz) sayısının belirlenmesi: Tesisin bakımı da göz önünde bulundurularak, prosesin sürekli olarak çalıştırılabilmesi için en az iki tanka ihtiyaç vardır. Tankın birisi devre dışı kaldığında, diğeri çalışmaya devam eder. Ancak, bu durumda da tek bir tank aşırı debi yüklemelerini kaldıramaz. Muhtemel bir taşmayı önleyebilmek için, üç tank kullanmak daha uygundur ve yine de yük kontrolü yapılmalıdır.

2. Her bir tank boyutunun belirlenmesi:

a) Uygun derinlik ve genişlik belirlenmelidir. Tank genişliği çamur uzaklaştırma ekipmanlarının boyutlarına bağlıdır. Bir çamur toplayıcısının standart genişliği maksimum 6 m'dir. Sonuç olarak 6 m ve katları olarak genişlik seçilebilir. Genişliği 18 m alarak başlanabilir. Yukarıdaki tabloya göre su derinliğinin 3 – 5 m seçilmesi uygundur. Tankın derin olması, sığ olmasına göre daha çok tercih edilir; burada 4 m'lik su derinliği seçilecektir.

b) Tank alanının belirlenmesi: Floklarınm çökelme hızı (çamur bölgesinden çıkmadan hemen önceki hız) 10 °C'de 2.5 m/saat verilmektedir. Tank alanını belirleyebilmek için aşağıdaki formül kullanılırsa;

$$A = \frac{Q}{V_c} = \frac{(3\,\mathrm{m}^3/s)}{(2.5\,\mathrm{m/saat})(1\,\mathrm{saat}/3600\,\mathrm{s})} = 4320\,\mathrm{m}^2$$

c) Tank uzunluğunun belirlenmesi: Yukarıdaki tablo kullanılarak, uzunluk/genişlik oranı dikkate alınmalıdır. Üç tank için 18 m genişlik alınırsa;

$$L = \frac{4320\,\mathrm{m}^2}{3\,\mathrm{tank} \times 18\,\mathrm{m}} = 80\,\mathrm{m} \qquad \frac{\mathrm{L}}{\mathrm{W}} = \frac{80}{18} = \frac{4.44}{1} > \frac{4}{1} - \frac{5}{1}$$

3. Tablodaki diğer parametrelerin uygunluğu:

a) $Q_{maks.}$ ve $Q_{ort.}$ debilerinde bekleme sürelerinin kontrolü;

$$Q_{maks.}\ \text{için}: \frac{(18 \times 80 \times 4)\,\mathrm{m}^3 \times 3\,\mathrm{tank}}{(3\,\mathrm{m}^3/s)(3600\,\mathrm{s/saat})} = 1.6\,\mathrm{saat}$$

$$Q_{ort}\ \text{için}: 1.5 \times 1.6\,\mathrm{saat} = 2.4\,\mathrm{saat}$$

Bu bulunan değerler de kabul edilebilir aralıktadır (1.5 – 4 saat).

b) Uzunluk/derinlik oranının kontrolü;

$$\frac{L}{D} = \frac{80}{4} = \frac{20}{1} > \frac{15}{1}\ \text{uygundur.}$$

c) Yatay akış hızının kontrolü;

$$V_f = \frac{Q}{A} = \frac{\left(3\ \mathrm{m}^3/s\right)\ (60\ \mathrm{s/m})}{18\ \mathrm{m} \times 4\ \mathrm{m} \times\ 3\ \mathrm{tank}} = 0.833\ \mathrm{m/dak}$$

Tasarım tablosuna göre, 0.3 m/dak < $V_f$ < 1.1 m/dak olduğundan uygundur.

d) Reynolds ve Froude sayılarının kontrolü;

$$\mathrm{Re} = \frac{\rho V_f R_h}{\mu}, \quad R_h = \frac{A_x}{P_W} = \frac{4\ \mathrm{m} \times 18\ \mathrm{m}}{18\ \mathrm{m} + 2\,(4\ \mathrm{m})} = 2.77\ \mathrm{m}$$

$$V_f = \frac{(0.833\ \mathrm{m/dak})}{(60\ \mathrm{s/dak})} = 0.014\ \mathrm{m/s}$$

$$\mathrm{Re} = \frac{(999.7\ \mathrm{kg/m^3})(0.014\ \mathrm{m/s})(2.77\ \mathrm{m})}{(0.00131\ \mathrm{kg/m.s})} = 29{,}594 > 20{,}000$$ olduğu için uygundur.

$$Fr = \frac{V^2}{gR_h} = \frac{\left[(0.014)^2\ \mathrm{m}^2/s^2\right]}{(9.81\ \mathrm{m/s^2})(2.77\ \mathrm{m})} = 7.2 \times 10^{-6} < 10^{-5}$$ (önerilen değer) olduğu için Reynolds ve
Froude sayıları yeniden hesaplanmalıdır. Her tank için iki boyuna şaşırtmalı engel (baffle) eklenirse;

$$R_h = \frac{A_x}{P_W} = \frac{4\ \mathrm{m} \times 6\ \mathrm{m}}{6\ \mathrm{m} + 2\,(4\ \mathrm{m})} = 1.71\ \mathrm{m}$$

$$\mathrm{Re} = \frac{(999.7\ \mathrm{kg/m^3})(0.014\ \mathrm{m/s})(1.71\ \mathrm{m})}{(0.00131\ \mathrm{kg/m.s})} = 18{,}162 < 20{,}000$$ olduğu için uygundur.

$$Fr = \frac{V^2}{gR_h} = \frac{\left[(0.014)^2\ \mathrm{m}^2/s^2\right]}{(9.81\ \mathrm{m/s^2})(1.71\ \mathrm{m})} = 1.17 \times 10^{-5} > 10^{-5}$$ bulunduğundan, uygundur.

**Not:** Bu örnekteki tanka eklenen şaşırtmalı perdeler (baffle) için bulunan Re ve Fr sayıları uygun gözükmektedir. Ancak, yüzeysel suların mevsimsel değişmeleri de göz önüne alınarak, uygun tank sayısının ve boyutlarının sağlanabilmesi için yıllık Re ve Fr değerleri hesaplanmalı ve bir el kitabı şeklinde operatöre sunulmalıdır.

## 15.2. İkitelli Fatih Sultan Mehmet Han İçmesuyu Tasfiye Tesisi İstanbulun İçme Suyu ve Arıtma Tesislerinin İleri Teknolojilerle Teçhiz Edilmesi

İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi (İSKİ) Genel Müdürlüğü vazifesine başladığım 05 Mayıs 1994 tarihinde İstanbul'un içme suyu tasfiye tesislerinin durumu büyük bir perişanlık arz etmekteydi. Benden önceki yöneticilerin İSKİ'yi ne hale düşürdükleri herkesçe bilinen bir husustu. Ancak işe başlayınca durumun çok daha vahim olduğunu gördüm. Mevcut İçmesuyu Arıtma Tesislerinin kapasiteleri kafi gelmediği gibi, işletmeler de son derecede kötü idi. Bazı tesislerin içinde kamışlar oluşmuş, hızlı kum filtreleri ise kum dahi satın alınamadığından işlevlerini yerine getiremez durumda idi. İstanbul'a bazı bölgelere 15 günde bir verilen suyun kalitesi de çok kötü idi, sarımtırak rengi ve zaman zaman oluşan lağım kokusu ile suyun zaten arıtılamadığı biliniyordu. Bu yüzden ilk ele aldığım husus arıtma tesislerinin yenilenmesi ve ileri teknolojiler ilavesi ile fonksiyonlarının en iyi şekilde yerine getirir duruma getirilmesi olmuştur.

Bu çerçevede Elmalıdaki içmesuyu arıtma tesisi yenilenerek, ozon ve aktif karbon ilavesiyle İstanbulluya hizmet verir hale getirilmiş, Ömerli ve Kağıthane'deki İçme Suyu Arıtma Tesisleri yenilenmiş, ön klorlama yerine ozon tesisi kurulmuş, Büyükçekmece'deki Hızlı Kum Filtreleri ıslah edilmiş ve İstanbullular'da İçme suyuna olan güven sağlanmıştır.

Bu arada o tarihlerde DSİ tarafından yapılmakta olan Sazlıdere Barajının sularını arıtmak üzere İkitellide bir arıtma tesisi planlanmıştı. Ancak o tarihlerde hükümet, değil destek vermek, köstek oluyordu. Bu yüzden İstanbul'un acil su meselesi çözümünde mühim bir yeri olan bu tesisi İSKİ olarak yapmaya karar verdik. Istrancaların suları'da Terkos Gölüne akıtılacağından 33 km lik 2200 mm çaplı bir isale hattı ile Terkos Gölünden gelecek sular ile Sazlıdere Barajının sularını arıtmak üzere burada İstanbul'un en büyük kapasiteli arıtma ve su dağıtım merkezini kurmaya karar verdik. Ve projelerimizi 2040 yılına kadar planlamak suretiyle her biri 420 000 $m^3$/gün kapasitede 3 tesis kurmayı kararlaştırdık. Böylece her tesis 2.600.000 kişiye su verecek ve böylece nihai kapasite 7.800.000 kişiye ulaşılacaktı. Şimdi en uygun arıtma usulünün seçimine sıra gelmişti. O tarihlerde yerli mühendis ve müteahhitler arıtma tesisi projesini ve inşaatını yapamaz şeklinde bir anlayış vardı. Bu yanlışlığı düzeltmek üzere sistemi en ileri şekilde seçmeye ve tamamen otomasyon dahil en uygun arıtma tesisini inşa etmek üzere kolları sıvadık.

Yüzey sularındaki organik maddelerin ön dezenfeksiyonda kullanılan klor ile birleşerek organoklorlu bileşiklerin oluşmasının istemediğimden ön klorlama yerine ön ozanlama seçildi. O tarihlerde gerçekleştirdiğim Japonya seyahatinde, Tokyo şehrinde bu meseleyi çözmek için 3 yıldan beri çalışmalar yaptıklarını ve neticelerin çok müsbet olduğunu öğrendiğimde seçimimin gayet uygun olduğunu anladım. Neticede bu tesis 15 ay gibi kısa bir sürede öz kaynakla, tamamen yerli mühendis ve müteahhit firmaların eliyle tamamlandı. Yabancı firmalara göre 3 de bir maliyette inşa edildi. Bu tesis, Türkiyede ilk defa 2040 yılı ihtiyaçlarına göre projesi yapılan,

yerleşim planı ona göre hazırlanan ve 3 tesisin inşa edileceği arazinin dahi önceden hazırlandığı bir su tasfiye ve dağıtım merkezidir. İstanbul'un su meselesinin çözümüne de neşter vuran bir sistemdir. Bu alanda bir eğitim merkezi, kütüphane, konferans salonu ve seminer odaları, su müzesi ve hatta spor tesisleri dahi düşünülmüştür.

Arıtma tesisinin birimleri aşağıda verilmiştir.

İkitelli İçmesuyu Arıtma Tesisi

İkitelli Fatih Sultan Mehmet Han Arıtma Tesisi; Terkos Gölü ve Sazlıdere barajının ham suyunu arıtmak üzere 20.12.1998 tarihinde devreye alınmıştır. Tesis, 2.600.000 kişinin su ihtiyacını karşılayacak kapasitededir. Bu tesis, devreye alınınca 2. kademe olarak planladığımız II. Beyazıd Han Tasfiye Tesisinin de temeli atılmıştır. Böylece iki tesisin toplam hizmet ettiği toplam nüfus 5.200.000 olacaktır.

İkitelli Olimpiyat köyü içinde, 270.000 $m^2$'lik alan üzerinde kurulu olan Tesisin debisi 420.000 $m^3$/gün olup hamsu Terkos Gölünden yaklaşık 33 km uzunluğunda 2200 mm çaplı ve Sazlıdere barajından da 4,5 km uzunluğunda 1600 mm çaplı çelik borularla tesise ulaşmaktadır.

**Giriş ve Dağıtım Yapısı;** Giriş ve borulama sisteminde; tesisin ileriye dönük, ilave hamsu bağlantısı ve çıkışta ise ortak bir kolektörden sonra II. Kademe tesise hamsu verebilmesi için yedek boru çıkışları bulunmaktadır. Dağıtım yapısından sonra 1800 mm çaplı hamsu giriş borusu üzerinde; tesise giren suyun kontrolü için akış vanası ve debimetre bulunmaktadır.

**Havalandırma;** Barajlardan gelen oksijeni azalmış suyun oksijen miktarını artıran, suda koku yapan organik maddelerle, demir mangan vs. maddelerin oksitlenerek sudan uzaklaştırılmasını sağlayan havalandırma yapısı; kademeli (kaskat) olarak inşa edilmiş olup, dolu savak yapısı ile de fazla debi deşarj edilerek, tesis drenaj sistemine verilmektedir. Havalandırmadan geçen hamsu kaba ızgaradan geçirilerek ön ozonlamaya gönderilir.

**Ön Ozonlama;** Mikroorganizmaların dezenfeksiyonu ile organik ve inorganik kirleticilerin oksitlenerek çözülebilir hale dönüştürülmesi için kullanılan ozan sistemi, ozon jeneratör grubu ve ozon temas tankı olmak üzere iki ayrı yapıda oluşmaktadır.

Jeneratör mahallinde oluşturulan ozon; ozonlama sistemini meydana getiren yapı içinde, difüzörlerle suya karıştırılarak her kademede en az 6 dakikalık temas süresi sağlanır. Hamsu giriş ve çıkışları aktuatörlü penstoklarla yapılmaktadır.

**Hızlı ve yavaş karıştırıcılar;** Hamsu yumaklaştırıcı olarak dozlanan (Alüminyum Sülfat ve Polielektrolit) kimyasallarının homojen karışımını sağlayan, hızlı karıştırıcılar ve yavaş karıştırıcılar, özel beton tasarımları ile her durutucu için 1'er adet olmak üzere tesiste toplam 3 adettir. Hızlı karıştırma ünitesinde, hamsuya dozlanan, Alüminyum Sülfatın, 60 sn. süren homojen bir karışım ile yumuşaklaşması sağlanır.

Yavaş karıştırma ünitesinin labirent yapısında akışına devam eden ham suda oluşan yumaklar, Polielektrolit dozlaması ile arıtılarak çökeltme havuzlarına yönlendirilirler.

**Kimya Binası;** Hamsu içerisindeki, koloidal maddelerle askı halindeki çok küçük maddelerin çökelebilir yumaklar oluşturulması için yapılan pıhtılaştırma işleminde, kimyevi madde olarak Alüminyum Sülfat, yumaklaştırıcı yardımcısı olarak da Polielektrolit kullanılmaktadır.

Ekonomik olması sebebi ile tesise büyük parçalar halinde getirilen Alüminyum Sülfat, çözelti tanklarında su ilave edilip bekletilerek eriyik halinde (%30 - %70 Alüminyum Sülfat) getirilir ve dozlanmak üzere servis tanklarına transfer popalarıyla nakledilir.

Hazırlanan eriyik, tesise giren hamsuyun günlük laboratuar jar test neticesine göre tespit edilen doz ve miktarlarda 5 adet (3 faal 2 yedek) dozlama pompası ile hızlı karıştırıcılara dozlanır. Alüminyum Sülfat ilavesi ile sudaki çok küçük boyuttaki kirletici maddelerin itme kuvveti yenilerek bir araya gelmeleri ve çöke bilir yumaklar oluşturmaları sağlanır.

Polielektrolit toz halinde temin edilmekte olup, Polielektrolit tesisi; kuru besleyicilet toz tasfiye üniteleri, çözelti hazırlama tankları transfer ve dozlama pompaları borulama ve otomasyonu ihtiva eden 3 adet paket üniteden oluşmuştur.

İhtiyaç olan 0,05 -2 mg/lt Polielektrolit eriğini hazırlamak üzere kurulan tesiste 5 adet (3 faal 2 yedek) dozlama pompası ile hamsu özelliklerine göre ihtiyaca uygun olarak ayarlanan dozlar da Polielektrolit eriği yavaş karıştırıcılara iletilir. İlave edilen Polielektrolit yüksek molekül ağırlığı ve zincir yapısı sayesinde yumaklar birbirine bağlanarak daha kolay çökebilir yumakların oluşması sağlanır.

**Durultucu (Çöktürme) Havuzları;** İkitelli Fatih Sultan Mehmet Han Tasfiye Tesisinde yumakların ve diğer kirletici maddelerin giderimi yukarı akışlı çamur yataklı durultucular ile sağlanmaktadır. Durultucu havuzlara düz tabanlı olup, tabandan 2,5 - 3 m yüksekliğe kadar çamur yatağı, onun üzerinde de 2,0 -1,5 m yüksekliğinde duru su fazı vardır. Çamur yatağı havuza giren yumakların oluşturduğu bir tabaka olup yumaklaşmaya tabi olmuş su tabandan yukarı yükselirken yumakların çamur yatağı içinde tutulması sağlanır. Durusu üst seviyeden savaklanarak temiz su kanallarına toplanır

Çamur yataklı durultucuların, yumakların tabana birikerek alındığı yatay akışlı sistemlere göre şu üstünlükleri mevcuttur.

- Yumaklaştırma, çamur yatağı içinde de devam eder.
- Havuz hacimleri küçük ve dolayısıyla maliyetleri düşüktür.
- Yatay akışlı sistemlere göre daha yüksek yüzey yükünde yüksek giderim verimi elde edilir.

İkitelli FSMH Tasfiye Tesisinde 6 adet durultucu havuz mevcut olup; yüzey alana; 40,5 x 18 metredir. Fazla çamur konilerde toplanır ve belli bir ağırlık değerinden sonra çamur konileri otomatik olarak deşarj olur. Durultucu havuzlarda bekleme süresi 1,1 saat olup, Yüzey yükü 2,2 – 4,0 $m^3/m^2$ saat arasında uygulanmaktadır. Bu durultucuların mahzurları ani debi değişimlerine karşı hassas olmaları ve duruma olmaksızın sürekli devrede olma gereğidir.

**Hızlı Kum Filtreleri;** Durultucu havuzlarında tutulamayan ve çökelme ile sudan uzaklaştırılamayan küçük dane çaplı organik ve inorganik kirleticiler kum filtrelerinde tutularak sudan uzaklaştırılır. Tesiste 28 adet her biri 128 $m^2$ alanı olan, tabanında 90 cm kum +20 cm çakıl bulunan filtreler bulunmaktadır. Filtre süzme hızı ortalama debide 4,6 $m^3/m^2$ sa'dır.

Tesisin filtre hız kontrol sisteminde Türkiye'de ilk defa azalan debili filtre sistemi kullanılmıştır. Pahalı olan ve sık bakım isteyen filtre kontrol sistemi kaldırılıp, filtrelerin debisi basit bir vana sistemi ile kontrol edilmiştir.

Filtre taban plakalarında bulunan ağızlıklardan (nozullardan) süzülen su kirletici maddelerden arındırılmış olarak filtre haznesine toplanır ve savaklanarak klor temas tankına verilir. Filtrelerin yıkama işlemi otomatik olarak gerçekleşir. Filtre su seviyesi ve çıkış vanası ayarı, operatör müdahalesine gerek kalmadan otomatik olarak yapılmakta, yük kaybı belli bir değerin üzerine çıkan filtre sistem tarafından otomatik olarak yıkamaya alınmaktadır. Filtre geri yıkama suları, geri yıkama suyu tutma tankına alınır ve buradan tesis girişindeki ızgaralara geri döndürülür.

**Klor Temas Tankı;** Son klorlamanın yapıldığı klor temas tankı 90 m x 17 m ve derinliği 7,5 m olup labirent bir yapıda iki gözden oluşmuştur. Klor temas süresi ortalama debide 1 saattir. Arıtılmış suların şebekeye verilmeden önce toplandığı 30.000 $m^3$ kapasiteli 9 m x 65 m x 6,20 m boyutlarındaki temiz su haznesi, çıkışındaki manevra odası bünyesinde yer alan vana sistemi ile, arıtılmış suların hem cazibe hattı'na (Sefaköy hattı) hem de pompa kolektörüne bağlantılarını sağlar. Arıtılmış sular, terfi merkezinde bulunan, her biri 4500 $m^3$/saat kapasiteli (3+1) adet pompa ile 1800 mm çaplı Mahmutbey hattına ve her biri 2650 $m^3$/saat kapasiteli (2+1) adet pompa ile de 1200 mm çaplı İkitelli – Başakşehir hattına pompalanarak 2.600.000 kişinin ihtiyacı için, İstanbul ana dağıtım sistemine iletilmektedir.

**Klorlama Sistemi;** Hamsuyun ihtiva ettiği patojenik mikroorganizmaların dezenfeksiyonu için kullanılan klor, tesise sıvı halde özel tanklarla getirilmekte olup, gerektiğinde havalandırma çıkışını ve klor temas tankına olmak üzere iki ayrı mahalde dozlanmaktadır.

Hamsuya 5 mg/lt ve arıtılmış suya 2 mg/lt klor dozlayacak kapasitedeki klor tesisinde; 2 adet 200 kg/saat kapasiteli evaparatör, 2 adet 150 kg $Cl_2$/saat, (ön klorlama) 2 adet 70 kg Cl2/saat (son klorlama) kapasiteli klorinatör ve 28 adet 1000 kg'lık sıvı klor tankları bulunmaktadır. Vakumlu sistem ile çalışan klor tesisi, giriş suyu debisine göre dozlama yapılmakta olup bakiye klor miktarını 0,2 – 0,4 mg/l arasında tutmak için programlanmıştır. Tesiste ön klorlama yerine ön ozonlama yapılmaktadır. Burada ön klorlama için klorinatör konulması ozon tesisinde herhangi bir arıza halinde devreye ön klorlamayı almak içindir.

**Çamur Tesisi;** Durultucu havuzlarında oluşan çamurlar ile filtrelerin geri yıkanması sırasında oluşan (Geri Yıkama Suyu Tutma Tankı ile tutulan) çamurlar, 12 m çaplı 2 adet mekanik sıyırıcılı yoğunlaştırma tankına alınarak, çamur yoğunluklarının % 1 – 2 olması sağlanır. Savaklanan su, giriş yapısına pompalanırken, yoğunlaşan çamur lagünlere gönderilir. 50 m x 76 m genişliğinde ve 4,30 m derinliğindeki 2 adet lagüne gönderilen çamurlar burada kurutularak tesisten uzaklaştırılır.

**Elektrik ve Otomasyon;** Tesisin Kurulu Gücü 10 MVA'dır. Bu güç 4 km uzaklıkta bulunan TEDAŞ İkitelli İndirici Merkezinden biri yedek çift devre olarak 34,5 kV'luk bir Enerji Nakil Hattı tesis edilerek getirilmiştir. Tesis girişine bir Orta Gerilim Dağıtım Merkezi inşaa edilerek, gerektiğinde birbirini yedekleyebilen 10 MVA'lık iki adet trafo ile 34,5 kV'luk gerilim 6,3 kV'a düşürülmüştür. Ayrıca bu merkezin Terfi Merkezinin alçak gerilim ihtiyacı üçüncü bir trafo (34,5 kV'u 0,4 kV'a düşüren 160 kVA'lık trafo) ile sağlanmıştır.

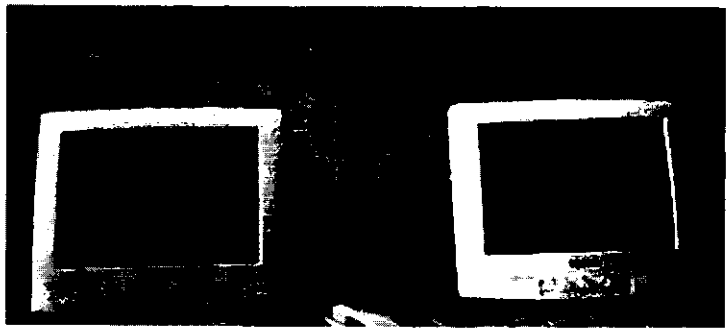
6,3 kV enerji buradan 19 adet arabalı panoların bulunduğu Terfi Merkezi şalt merkezine götürülmüştür. Şehre su veren 7 adet 715 kW 6,3 kV pompalar urdan beslenmiştir. Ayrıca bu merkezden 470 m uzaklıkta bulunan filtre binasına 6,3 kV XLPE kablolarla enerji taşımış ve buradaki iki adet 1000 kVA 6,3/0,4 kV trafo beslenerek tesisin ekipman panolarına enerj dağıtımı yapılmıştır.

Tesiste bulunan irili ufaklı yaklaşık 413 adet elektrik motor ve diğer beslemeler için, işletme şartlarına göre çekmeceli tip MCC, duvar tipi, dikili tip ve sabit panolar kullanılmıştır.

Acil yükler ve aydınlatma için enerji kesintisinde otomatik olarak devreye giren 350 kVA gücünde bir Dizel Jeneratör tesis edilmiştir. Tesiste 7,155 m çıplak örgülü bakır ve 45 adet elektrot çubuğu kullanılarak düşük dirençli bir topraklama sağlanmıştır.

Bütün tesis; çok zaruri yangın alarm, telefon, yıldırımdan korunma, yol ve çevre aydınlatma sistemi ile donatılmıştır.

Tesisin yapımında yaklaşık olarak 12 km Orta Gerilim Kablosu ve 78 km Alçak Gerilim Kablosu kullanılmıştır. Tümü PLC kontrollü olarak çalışan tesisin 6 adet PLC istasyonu, yaklaşık 1200 adet sinyalden oluşan çalışma değerlerini eş zamanlı olarak Thick Ethernet kablolar ile İdari Binada bulunan otomasyon merkezine gönderilmektedir. Otomasyon merkezine gelen bu sinyaller tesisin tamamını proses olarak resimlendiği mozaik yapıda MİMİK panel (3,5 m en ve 1,4 m boy) üzerinde ışıklı sinyal ve nümerik olarak görülebilmektedir.

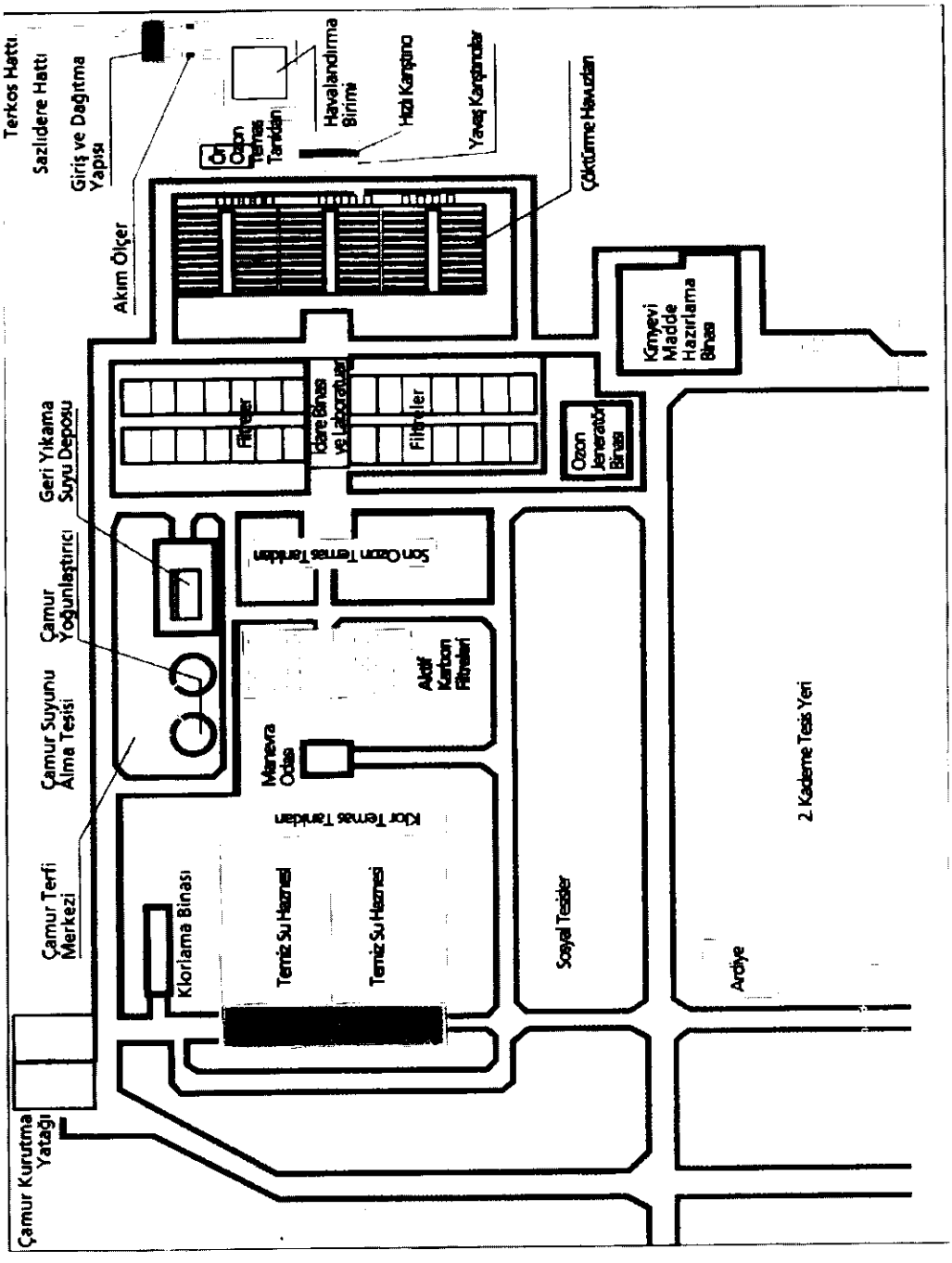


Bu merkezin dışında, Terfi Merkezi, Laboratuar ve İSKİ Aksaray SCADA Merkezinden (telsiz frekansı ile) bilgisayarlar vasıtası ile operatörler gerektiğinde, işletmeye müdahale edebilmektedir.

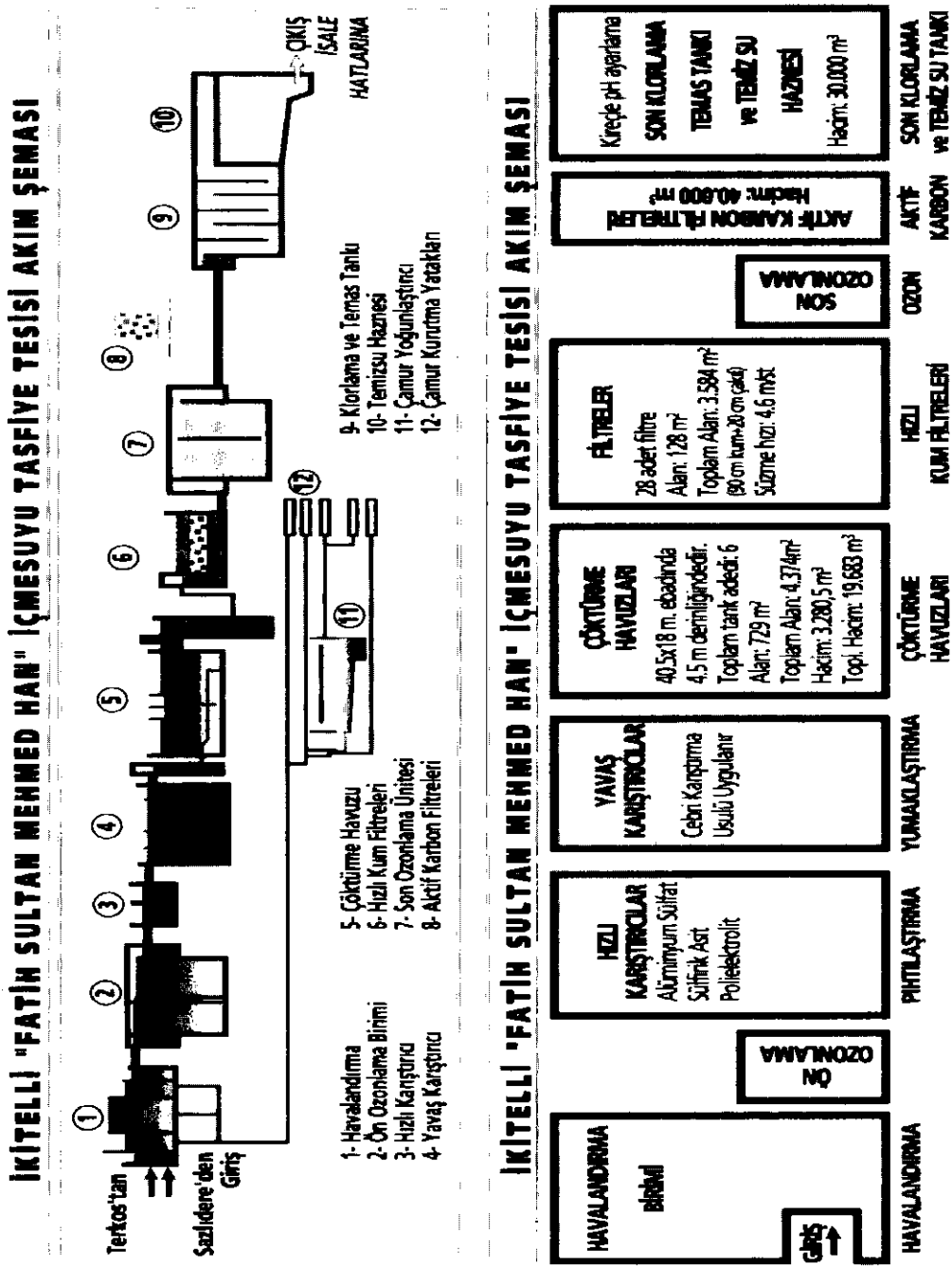
Kesintisiz çalışan bu sistemle bütün değerler, bilgisayar ekranında görülebildiği ve yedeklendiği gibi yazıcılar tarafından da kaydedilebilmektedir. Bu manada tesisin tamamı ile ilgili olarak saatlik, günlük, aylık ve yıllık durun raporları alınabilmektedir.

**Laboratuar ve hizmet binaları;** Arıtma Tesisinden alınarak gönderilen su kalitesinin; TS 266 ve Dünya Sağlık Teşkilatı (WHO) ile Avrupa Topluluğu İçe Suyu şartlarına uygun olarak olması gerekmektedir. Bu konudaki bütün kontrol ve tahliller tam teçhizatlı tesis laboratuarında yapılabilmekte ve raporlanmaktadır.

Tesiste, ayrıca sosyal ve teknik ihtiyaçlar için İdari Bina, Yemekhane, Isıtma Tesisi, Mekanik ve Elektrik Atölyeleri ile tesise gelen kimyasalların tartılması için Kantar Bina mevcuttur.




Şekil 15.1. İkitelli "FSMH" İçmesuyu Tasfiye Tesisi Vaziyet Planı




Şekil 15.2. İkitelli "FSMH" İçmesuyu Tasfiye Tesisi Akım Şeması

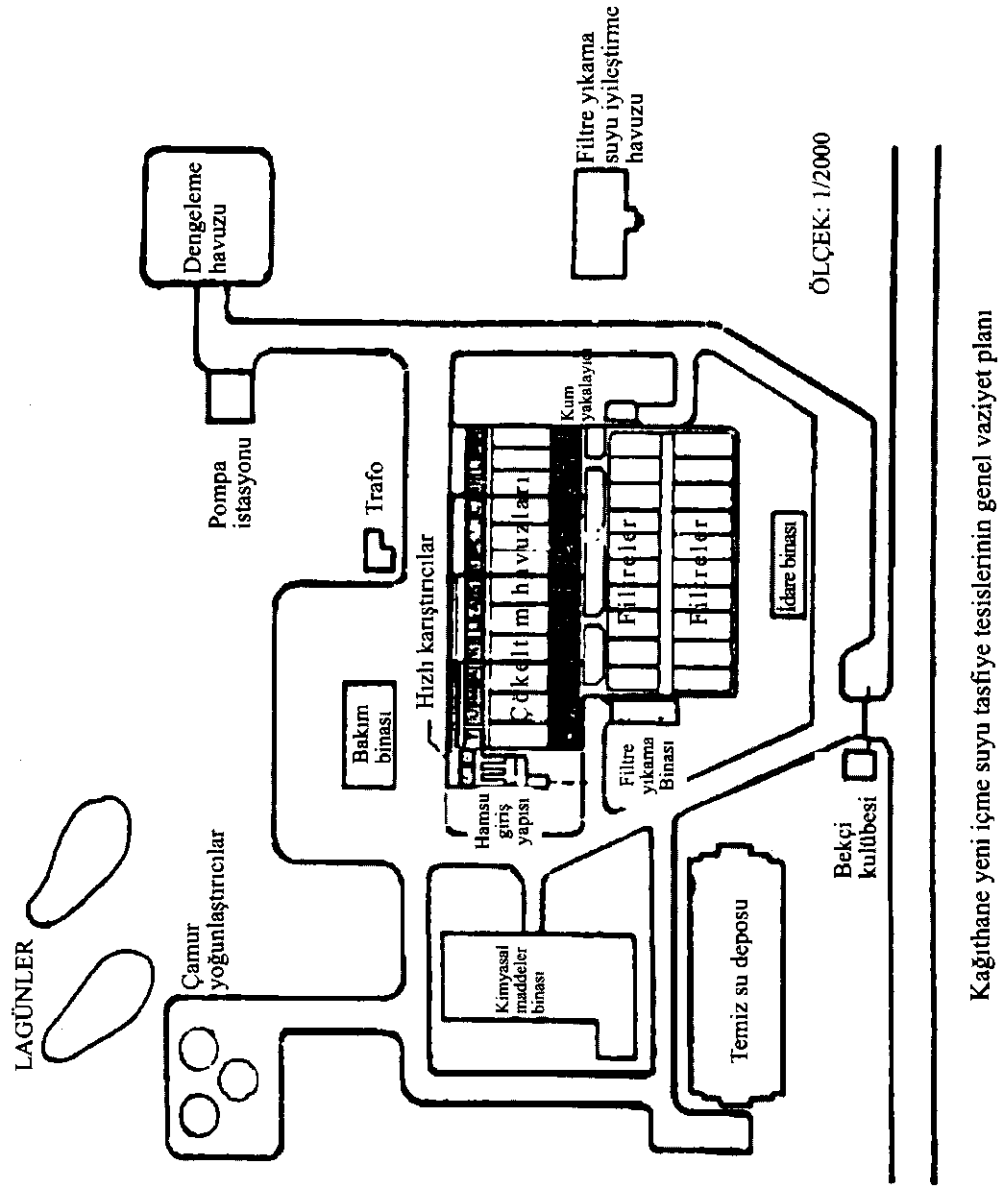
## İSTANBUL SU KALİTESİ RAPORU TEMMUZ (2002)

| Parametre | TÜRK STANDARTLARI TS 266 1997 | DÜNYA SAĞLIK TEŞKİLATI (WHO) 1999 | ABD ÇEVRE KORUMA AJANSI (EPA) 2002 | AVRUPA BİRLİĞİ (EC) 1998 | TASFİYE TESİSİ ORTALAMA KALİTE DEĞERLERİ (GENEL ÇIKIŞ) Büyükçekmece | Ataköy | Kağıthane | Ömerli (Emirli) | Ömerli(Mur.-Omaniye) | Ömerli (Osmaniye) | Elmalı |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Bulanıklık | 25 | 5 | 1 | 1 | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,8 | 0,4 |
| BİRİNCİL STANDARTLAR (MİKROBİYOLOJİK), EMS/100 ml | | | | | | | | | | | |
| Koliform Bakteri | < 1 | 0 | < 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| BİRİNCİL STANDARTLAR (Dezenfeksiyon Yan ürünleri), µg/l | | | | | | | | | | | |
| Toplam Trihalometanlar | - | 460 | 80 | 100 | 95 | 54 | 75 | 40 | 48 | 34 | 42 |
| BİRİNCİL STANDARTLAR (İNORGANİK KİMYASALLAR), mg/l | | | | | | | | | | | |
| Alüminyum | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,18 | 0,09 | 0,15 | 0,01 | 0,12 | 0,18 | 0,06 |
| Arsenik | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,01 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| Baryum | 0,3 | 0,7 | 1 | - | 0,050 | 0,03 | 0,03 | 0,04 | 0,02 | 0,02 | 0,03 |
| Kadmiyum | 0,005 | 0,005 | 0,01 | 0,005 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| Krom (Toplam) | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,001 | 0,000 | 0,000 | 0,001 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| Florür | 1,5 | 1,5 | 0,7-2,4 | 1,5 | 0,1 | 0,1 | 0,06 | 0,05 | 0,04 | 0,04 | 0,06 |
| Kurşun | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,01 | 0,001 | 0,002 | 0,001 | 0,001 | 0,002 | 0,001 | 0,002 |
| Civa | 0,001 | 0,001 | 0,002 | 0,001 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| Nitrat ($NO_3^-$) | 50 | 50 | 46 | 50 | 3,08 | 2,08 | 1,30 | 0,60 | 2,66 | 2,72 | 1,92 |
| Selenyum | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| Gümüş | 0,01 | - | 0,05 | - | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| Antimon | 0,01 | 0,005 | 0,006 | 0,005 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| Berilyum | - | - | 0,004 | - | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| Asbest (10 mikrondan büyük parçacık) | | | 7 MİLYON LİF/l | | - | - | - | - | - | - | - |
| BİRİNCİL STANDARTLAR (RADYOLOJİK), pCi/l | | | | | | | | | | | |
| Gross Alfa | 1 | 2,7 | 15 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Gross Beta | 10 | 27 | 50 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| İKİNCİL STANDARTLAR (ESTETİK), mg/l | | | | | | | | | | | |
| Klorür | 600 | 250 | 250 | 250 | 51 | 29 | 36 | 37 | 36 | 35 | 35 |
| Renk (birim) | 20 | 15 | 15 | - | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 2,5 |
| Bakır | 3 | - | 1 | 2 | 0,001 | 0,004 | 0,007 | 0,001 | 0,004 | 0,004 | 0,006 |
| Deterjanlar | 0,2 | - | 0,5 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Demir | 0,2 | - | 0,3 | 0,2 | 0,00 | 0,04 | 0,01 | 0,06 | 0,01 | 0,01 | 0,02 |
| Mangan | 0,05 | 0,5 | 0,05 | 0,05 | 0,002 | 0,014 | 0,049 | 0,001 | 0,028 | 0,032 | 0,012 |
| Koku Eşik Değeri (birim) | - | [illegible] | 3 | [illegible] | - | - | - | - | - | - | - |
| PH | 6,5-9,2 | 6,5 - 8,5 | 6,5 - 8,5 | 6,5 - 9,5 | 7,0 | 7,1 | 7,3 | 6,4 | 6,7 | 6,7 | 6,8 |
| Sülfat | 250 | 250 | 250 | 250 | 66 | 42 | 59 | 10 | 36 | 38 | 52 |
| Toplam Çözünmüş Madde | 1500 | 1000 | 500 | - | 258 | 170 | 185 | 113 | 136 | 136 | 144 |
| Çinko | 5 | - | 5 | - | 0,000 | 0,088 | 0,011 | 0,375 | 0,007 | 0,010 | 0,070 |
| İLAVE PARAMETRELER,mg/l | | | | | | | | | | | |
| Kalsiyum | 200 | - | - | - | 60 | 51 | 50 | 31 | 27 | 27 | 32 |
| Sertlik ($CaCO_3$ olarak) | - | 500 | - | - | 187 | 138 | 153 | 86 | 78 | 77 | 98 |
| Magnezyum | 50 | - | - | - | 9 | 2 | 6 | 3 | 3 | 3 | 4 |
| Potasyum | 12 | - | - | - | 3,5 | 2,0 | 2,3 | 1,3 | 2,4 | 2,6 | 1,6 |
| Sodyum | 175 | 200 | - | 200 | 28,7 | 11,5 | 14,3 | 5,2 | 17,0 | 17,3 | 14,8 |
| Bakiye Klor | 0,1-0,5 | 5 | - | - | 0,8 | 0,8 | 1 | 1,1 | 1 | 0,9 | 0,5 |
| Amonyum | 0,05-0,5 | 1,5 | - | 0,5 | < 0,05 | < 0,05 | < 0,05 | < 0,05 | < 0,05 | < 0,05 | < 0,05 |

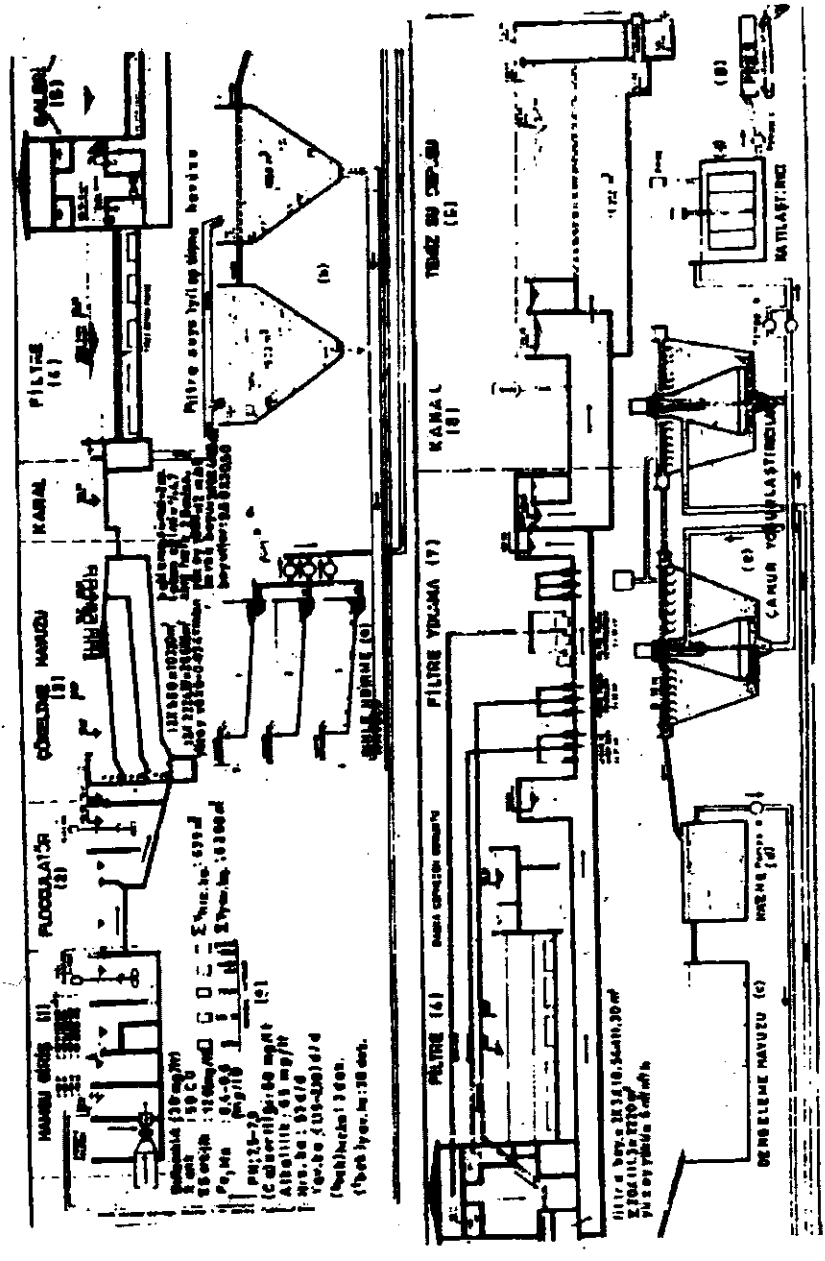
1- Bulanıklık, pH, Klorür, Toplam Sertlik ve Bakiye Klor değerleri Tesis İşletme Laboratuvarlarının aylık ortalama değerleridir.

2- Diğer Parametreler Atıksu ve Su Kalite Laboratuvarlarında yapılan analizlerin aylık ortalamasıdır.

## 15.3. Kağıthane Yeni İçmesuyu Tasfiye Tesisi




Kağıthane yeni içme suyu tasfiye tesislerinin genel vaziyet planı



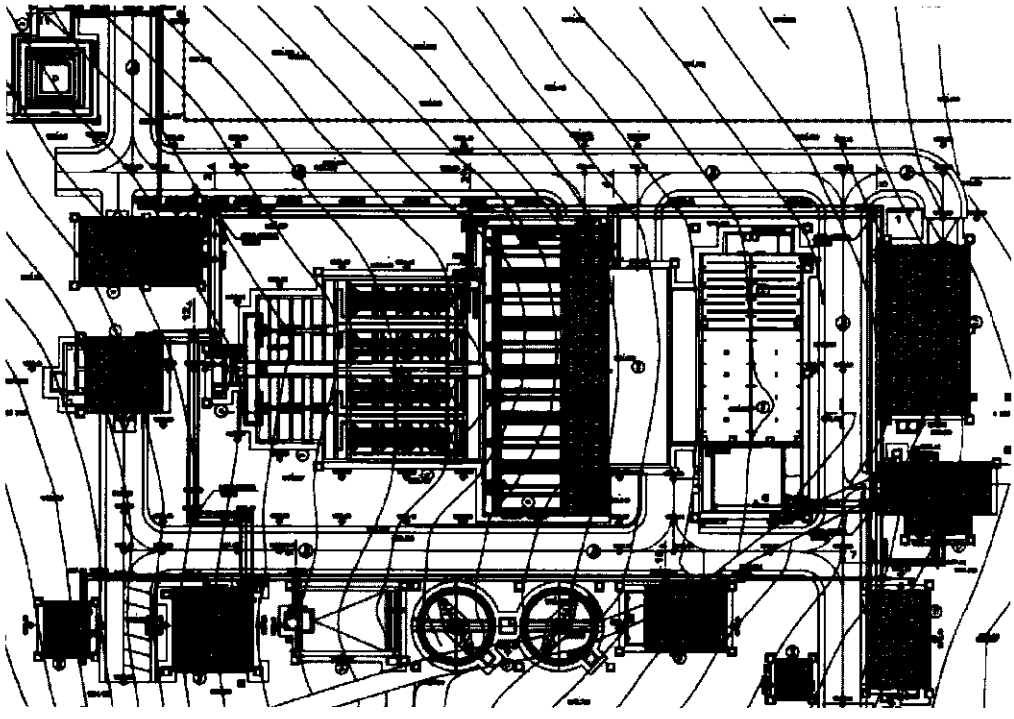

Kâkıthane yeni içme suyu tasfiye tesislerinin akım şeması

### 15.4. Afyonkarahisar İçmesuyu Arıtma Tesisi

Bu bölüm DSİ Afyonkarahisar içmesuyu Arıtma Tesisi Proje Raporundan alınmıştır. DSİ Genel Müdürlüğüne ve projeyi hazırlayan firmaya burada teşekkürü borç bilirim.

Bu tatbikatta, Genel vaziyet planı Şekil 1'de, hamsu tahlil neticeleri Tablo 1'de ve akım şeması Şekil 2'de görülen bir içmesuyu tasfiye tesisinin projelendirilmesi istenmektedir. Misal olarak Afyonkarahisar şehri seçilmiştir. Hamsu deneylerine bakıldığında ileri arıtma gerekmeden, konvansiyonel yöntemlerle tasfiye edilebileceği görülmektedir. Afyonkarahisar şehri için nüfus ve su ihtiyaçları farklı yöntemlerle incelenmiş ve şehrin 35 yıllık su ihtiyacını karşılayacak şekilde tasfiye tesisinin 2 kademeli yapılması ve kapasitesinin 42.500 $m^3$/gün olmasına karar verilmiştir.

Tasfiye tesisi ana üniteleri kasket havalandırma, Ön ozonlama, Hızlı karıştırma, Yumaklaştırma, Lamelli durultucu, Hızlı kum filtresi, Son Klorlama ve Temiz su tankından meydana gelmektedir. Diğer yardımcı üniteler ise; Kimya binası, Klor binası, Çamur yoğunlaştırma ve susuzlaştırma üniteleri, Geri yıkama suyu tutma tankı vb. tesislerdir.



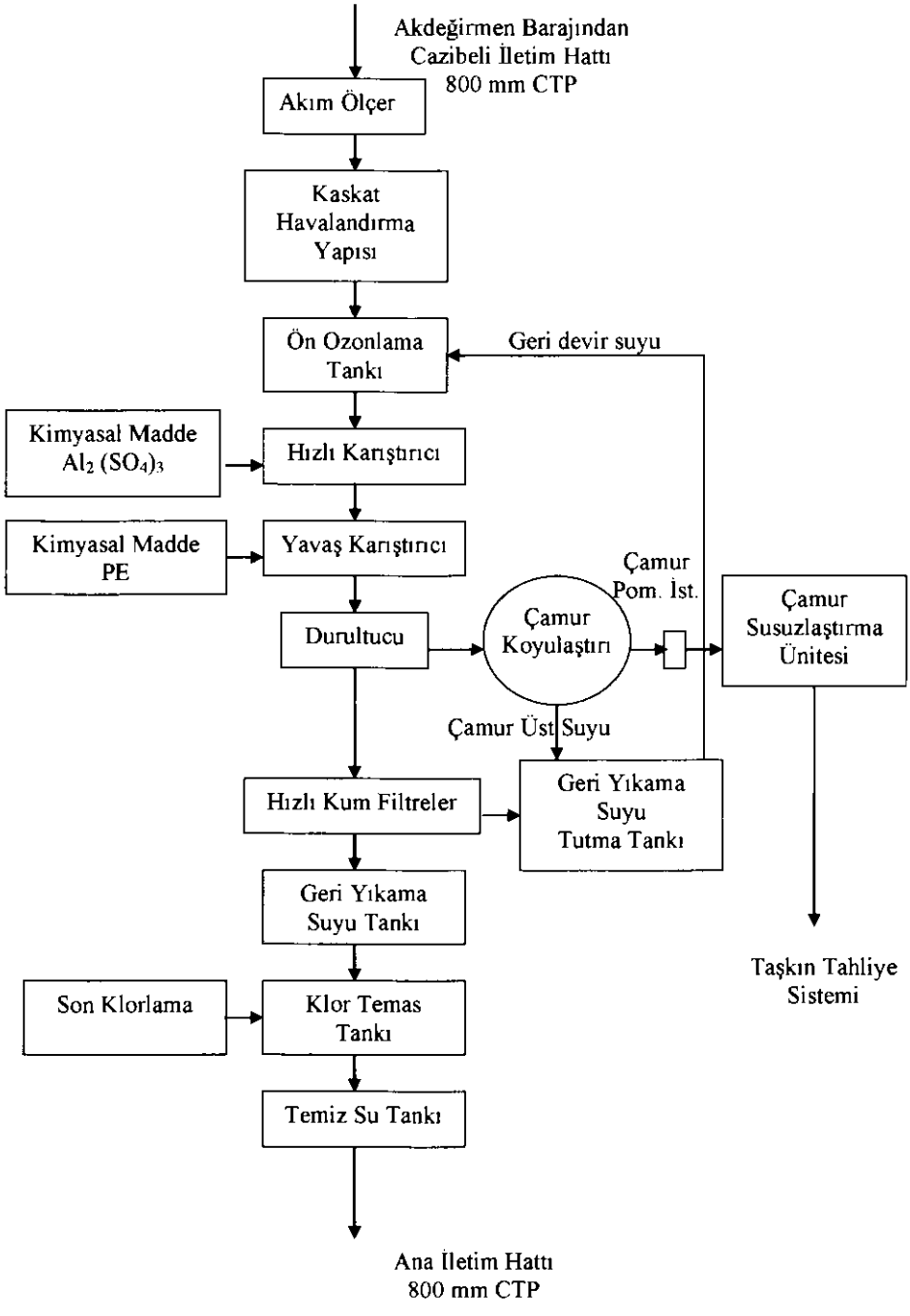
Şekil 1: Genel Vaziyet Planı

1. Vana Odası
2. Giriş Debimetre Odası
3. Giriş Vana Odası ve Havalandırma Yapısı
4. Ön ozonlama tankı
5. Ozon Jeneratör Binası
6. Hızlı Karıştırma
7. Yavaş Karıştırma
8. Durultucu
9. Hızlı Kum Filtresi
10. Filtre Geri Yıkama Suyu Tankı
11. Klor Temas Tankı
12. Temiz Su Deposu ve Manevra Odası
13. Klor Binası
14. Geri Yıkama suyu tutma tank
15. Çamur Yoğunlaştırıcı
16. Çamur Susuzlaştırma Tesisi
17. Kimya Binası
18. İdare Binası
19. Trafo Jeneratör Binası
20. Bekçi Kulübesi
21. Çıkış Debimetre Odası
22. Isı Merkezi
23. Fosseptik

Tablo 1: Hamsu tahlil değerleri

| NO | SİMGE | BİRİM | PARAMETRELER | May | Tem | Ağu | Eyl | Kas | Ara | Mar | Haz | Eyl | Ara |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Oanlık | $m^3/sn$ | Debi | - | - | - | - | 0,137 | 0,108 | - | 0,523 | 0,038 | 0,158 |
| 2 | T | 0°C | Sıcaklık | 14 | 19 | - | 18 | 7,5 | 6 | 2,5 | 11,5 | 14 | 7 |
| 3 | pH | | pH | 7,5 | 7,5 | 7,9 | 7,5 | 7,5 | 7,6 | 7,9 | 7,8 | 7,7 | 8 |
| 4 | EC | mohm/cm | Elektriksel iletkenlik | 570 | 654 | 724 | 740 | 702 | 698 | 486 | 621 | 723 | 700 |
| 5 | TDS | mg/l | Toplam çözünmüş | 365 | 419 | 463 | 474 | 449 | 447 | 311 | 397 | 463 | 448 |
| 6 | SS | mg/l | Askıdaki katılar | 31 | 6 | 12 | 2 | 7 | 4 | 9 | 7 | 2 | |
| 7 | Turb | NTU | Bulanıklık | 28 | 5 | 11 | 3 | 8 | - | 9 | 5 | 1 | |
| 8 | Col | Pt-Co | Renk | 10 | 5 | - | 5 | - | - | 10 | 5 | 5 | 10 |
| 9 | M-Al | mg/l | Toplam alkalinite | 241 | 301,5 | 332 | 339 | 265,5 | 173 | 221,5 | 288,5 | 331 | 335,5 |
| 10 | P-Al | mg/l | Fenolftalein alkalinitesi | - | - | 5 | - | - | - | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 11 | Cl | mg/l | Klorür | 10,6 | 14,18 | 20,2 | 17,7 | 20,2 | 19,8 | 7,1 | 17 | 17 | 24,8 |
| 12 | NH4-N | mg/l | Amonyum azotu | 0,103 | 0,627 | 2,212 | 4,169 | 0,04 | 1,483 | 0,155 | 0,919 | 3,01 | 1,48 |
| 13 | NO2-N | mg/l | Nitrit Azotu | 0,084 | 0,123 | 0,017 | 0,006 | 0,084 | 0,104 | 0,043 | 0,076 | 0,025 | 0,019 |
| 14 | NO3-N | mg/l | Nitrat Azotu | 0,97 | 1,22 | 0,225 | 0,735 | 2,03 | 1,42 | 1,165 | 0,7 | 1,11 | 1,83 |
| 15 | DO | mg $O_2$/l | Çözünmüş Oksijen | 4,8 | 4,8 | 2 | 2 | 5,3 | 3,9 | 7 | 6,7 | 1,6 | 6,8 |
| 16 | pV | mg $O_2$/l | Organik madde | 3,2 | 4,42 | 7,1 | 2,9 | 3,9 | 4,7 | 11,8 | 2,25 | 9,4 | 2,7 |
| 17 | $BOD_5$ | mg/l | Biyokimyasal oksijen ihtiyacı | 5 | 7,5 | 12 | 13 | 12 | 14 | 19 | 8 | 26 | 5 |
| 18 | TH | mg/l | Toplam sertlik | 271,5 | 322 | 348,5 | 351 | 359,5 | 356 | 257 | 331 | 403,5 | 389 |
| 19 | $O\text{-}PO_4$ | mg/l | Orta-Fosfat | 0,126 | 0,036 | 0,754 | 2,35 | 0,298 | 0,53 | 0,15 | 0,3 | 1,55 | 0,69 |
| 20 | $SO_4$ | mg/l | Sülfat | 31,7 | 39,4 | 10,4 | 11,3 | 83,2 | 166,2 | 18,3 | 37,8 | 67 | 46,1 |
| 21 | $CO_2$ | mg/l | Karbondioksit | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 22 | Fe | mg/l | Demir | 0,026 | 0,079 | - | - | 0,08 | 0,107 | - | - | 0,05 | - |
| 23 | Mn | mg/l | Mangan | 0,19 | 0,498 | - | - | 0,482 | 0,562 | 0,142 | - | 0,28 | - |
| 24 | Na | mg/l | Sodyum | 92 | 16,1 | 6,9 | 9,2 | 9,2 | 8 | 4,6 | 7,4 | 8 | 9,2 |
| 25 | K | mg/l | Potasyum | 1,6 | 2,7 | 5,1 | 6,2 | 3,1 | 3,1 | 1,17 | 2 | 5,5 | 5,1 |
| 26 | Ca | mg/l | Kalsiyum | 86,6 | 95,8 | 110,2 | 106,2 | 110 | 115,2 | 83,2 | 123,1 | 105,2 | 122,2 |
| 27 | Mg | mg/l | Magnezyum | 13,2 | 20,2 | 17,9 | 20,9 | 20,7 | 16,7 | 12 | 15,3 | 34,3 | 20,4 |
| 28 | T-Coli | EMS/100ml | Toplam Koliform | 240 | 240 | - | - | 240 | 240 | 240 | 240 | 240 | - |
| 29 | | Sayı/100 ml | Toplam Germ | - | - | - | - | 142 | 212 | 240 | - | - | - |
| 30 | COD | mg/l | Kimyasal Oksijen | 6,73 | 8,23 | 18,5 | 15,4 | 18,8 | 20,5 | 101,2 | 11,7 | 34,7 | 6,1 |
| 31 | TKN | mg/l | Toplam Kjeldahl | 0,67 | 1,68 | 4,702 | 6,014 | 2,719 | 2,958 | 0,6 | 1,9 | 4,9 | 2,7 |
| 32 | CN | mg/l | Siyanür | 0,001 | - | | - | - | - | - | - | - | - |
| 33 | Cöz.Si | mg/l | Çözünmüş Silis | - | 15,76 | 17,68 | - | 13,85 | 12,6 | - | - | - | - |
| 34 | Zn | mg/l | Çinko | - | - | 0,022 | - | 4,41 | - | - | - | - | - |
| 35 | T-PO4 | mg/l | Toplam Fosfat | - | - | - | - | - | - | 0,06 | 0,12 | 0,54 | 0,24 |
| 36 | Cr(toplam) | mg/l | Krom | 0,008 | 0,029 | 0,005 | - | 0,01 | - | - | - | - | - |
| 37 | Cu | mg/l | Bakır | 0,001 | 0,17 | 0,005 | | 0,054 | - | - | - | - | - |
| 38 | Pb | mg/l | Kurşun | - | - | 0,012 | - | 0,122 | - | - | - | - | - |
| 39 | B | mg/l | Bor | - | - | - | - | - | - | - | 0,02 | - | - |
| 40 | | mg/lt | Bikarbonat "si | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |

Şekil 2: AFYONKARAHİSAR ŞEHRİ
İÇMESUYU TASFİYE TESİSİ AKIM ŞEMASI



## Tasfiye Tesisi ve Üniteleri

### 1- Genel Hidrolik Hesaplar

Tasfiye Tesisi Kaskat Havalandırma, Ön Ozonlama, Alüminyum Sülfat ile Hızlı Karıştırma, Polielektrolit ile Yumaklaştırma, Lamelli Durultucu, Hızlı Kum Filtre Son Klorlama ve Temizsu Tankından oluşacaktır. Aşağıda tüm arıtma tesisi yapıları genel olarak değerlendirilerek, proses öndizaynı için gerekli ön hesaplar yapılmıştır.

Hidrolik hesaplar;

- nominal debi olan Q = 42 500 $m^3$/gün'e göre,
- nominal debinin %10 fazlası olan maksimum debi Q = 46 750 $m^3$/gün'e göre,
- bir ünitenin devre dışı kalma durumuna göre yapılmıştır.

Üniteler arasındaki yük kayıpları için kullanılan hidrolik formüller aşağıda verilmiştir.

Sürekli yük kayıpları William-Hazen formülüne göre hesaplanacaktır.

$$H_s = \frac{10.7 x Q^{1.85} x L}{C^{1.85} x D^{4.87}}$$

Q = Debi ($m^3$/s)
L = Boru uzunluğu (m)
C = Pürüzlülük katsayısı (Çelik borular için 118 alınmıştır)
D = Boru çapı (m)

Yersel yük kayıpları ise aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

$$H_y = \frac{kV^2}{2g}$$

Burada

V = Su hızı (m/s)
g = Yerçekimi ivmesi (m/$s^2$)
k = Yersel yük kaybı katsayısı

Yersel yük kaybı katsayıları aşağıdaki şekilde kabul edilecektir.

| | |
|---|---|
| Kelebek vana | k = 0.3 (Tam açık) |
| Giriş kaybı | k = 0.5 |
| Çıkış kaybı | k = 1.0 |
| $90^0$ dirsek | k = 0.3 |

Savak hesabı $h = [ Q / (1.80 \times L) ]^{2/3}$

Batık savak hesabı $h = V^2 / (C^2 \times 2g)$

Burada

Q = Debi ($m^3/s$)

V = Su hızı (m/s)

L = Savak boyu (m)

g = Yerçekimi ivmesi ($m/s^2$)

C = Savak katsayısı (0,62)

Hidrolik hesaplar arıtma tesisine suyun Düzağaç - Akdeğirmen barajı asgari işletme kotu olan 1 011.0 m 'den alınacağı, en gayri müsait duruma göre yapılmıştır. Buna göre arıtma tesisi girişinde piyezometre kotu 1 093,0 m olmakta, emniyet payı olarak girişte 2 m basınç kırılarak havalandırma havuzunda serbest su kotu 1 091,00 m olacaktır.

Düzağaç - Akdeğirmen barajı 1 030,30 m olan azami işletme kotunda iken arıtma tesisine su temin edilmesi durumunda arıtma tesisi girişinde piyezometre kotu 1 112,30 m olmaktadır. Bu durumda arıtma tesisi girişindeki enerji kırcı vana ile 21,3 m basınç kırılarak, havalandırma havuzunda serbest su kotu kotu 1 091,00 m olacaktır.

**2- Arıtma tesisinde By-pass**

Arıtma tesisinde genel bir arıza veya bakım söz konusu olduğunda, havalandırılan hamsu, havalandırma ünitesi çıkışından klor temas tankına kadar Ø700 mm'lik çelik boru ile By-Pass edilecek, böylece havalandırmadan sonra sadece son klorlama yapılan hamsu içmesuyu deposuna verilecektir.

**3- Giriş Vana ve Akım Ayar Odası**

***Akım ölçer:***

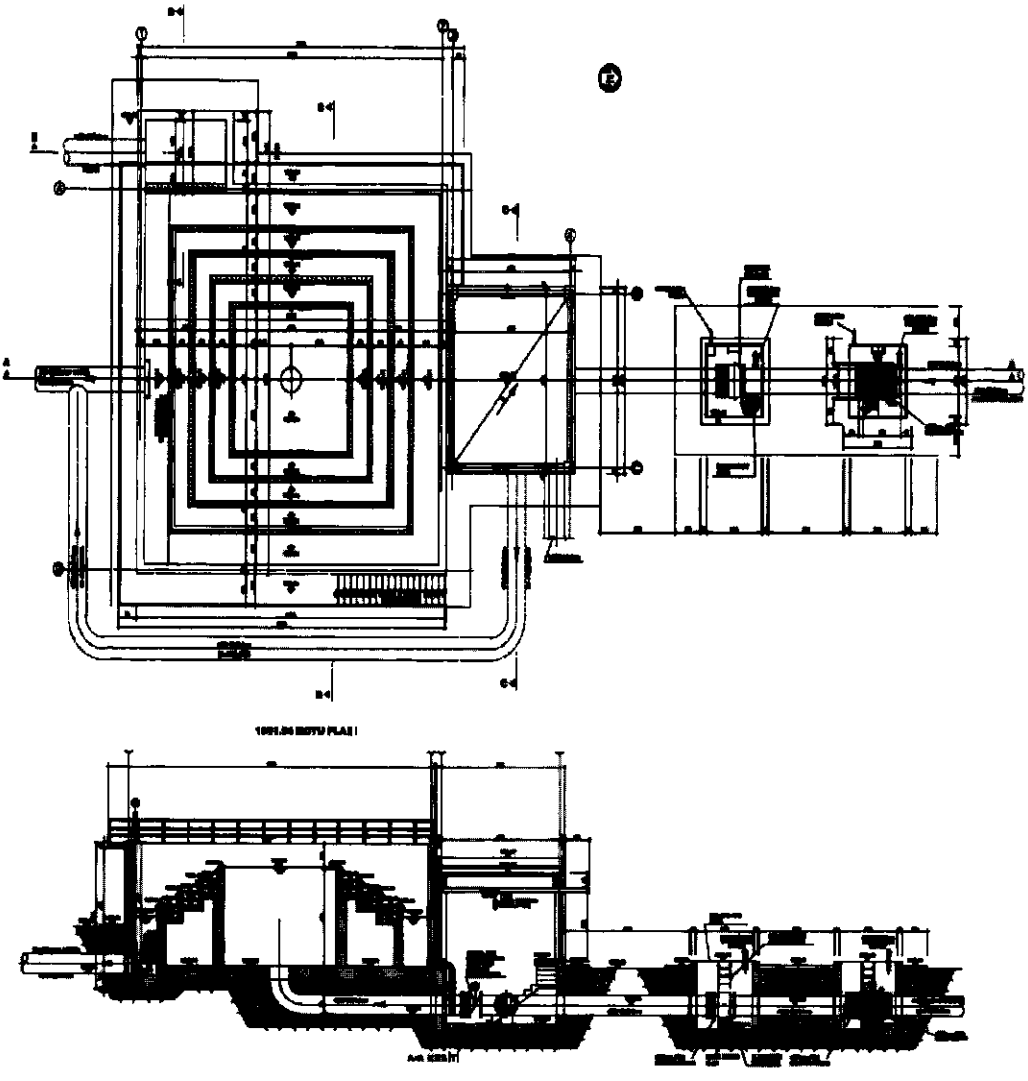
Düzağaç - Akdeğirmen Barajından arıtma tesisine Ø800 mm'lik iletim hattı ile iletilecek debiyi ölçmek giriş yapısında Ø700 mm çaplı boru üzerine elektromagnatik tipte debimetre konulacaktır.

***Giriş Yapısı:***

Hamsu, debimetreden geçtikten sonra, havalandırma ünitesi içerisindeki giriş yapısına gelecektir. Giriş hattı üzerinde Ø800 mm çaplı enerji kırıcı vana, motor/el kumandalı kelebek izolasyon ve kısmi akım ayar vanası ve demontaj parçası olacaktır.

Giriş yapısından kaskat yapısına geçen hamsu 4 tarafı kaskat olan, üstü açık havalandırma yapısından geçecektir.

**4- Havalandırma Yapısı**



**Misal:** Her biri 50 cm. düşü sağlayan ve 4 taraftan savaklanan havalandırma yapısının;

a-) Havalandırma verimini ve kademelendirilmesini hesaplayınız.

b-) Savak yükünü bulunuz.

c-) Kaskat boyutlandırma hesaplarını gösteriniz.

**Çözüm:**

a-) Havalandırma Verimi

Kaskat havalandırıcılarda oksijen transferi aşağıda verilen formülle ifade edilmiştir :

| | |
|---|---|
| $Cn = Cs - (Cs-Co)\ (1-Kn)^n$ | $K = 0,45x\ (1+0,046xT)\ x\ h$ |

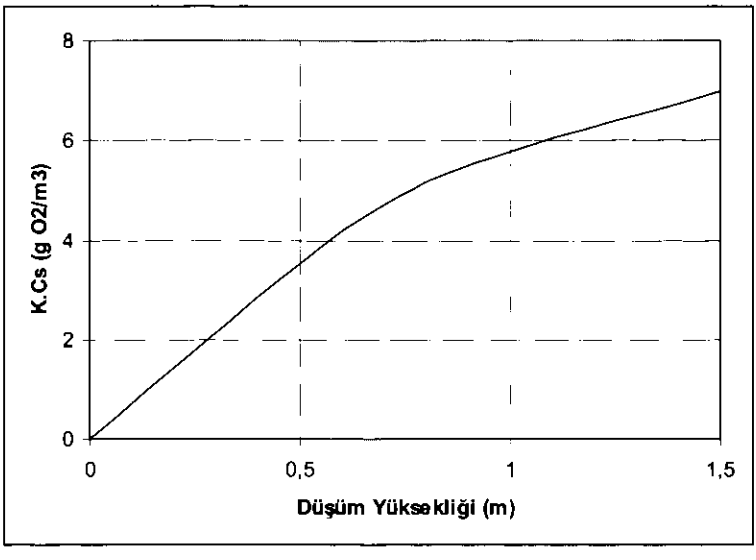
Co : Hamsuyun ilk çözünmüş oksijen konsantrasyonu (6 gr/m³ en gayri müsait durum)

Cs : Oksijen doygunluk değeri (10 °C'de 10 gr/m³)

K : Verim sabiti

n : Kademe sayısı

Düşüm Yüksekliği ile K.Cs Arasındaki Bağıntı aşağıda gösteriliştir.




*1 Kademeli Havalandırma:*

$$h = [\ \frac{2,0}{1}\ ] = 2,0m$$

Şekilden K.Cs = 7,5 gr / m³ $O_2$

$$Kn = [\ \frac{K}{n}\ ] = [\ \frac{7,5}{10}\ ] = 0,75$$

$Cn = Cs - (Cs-Co)\ (1-Kn)^n$

$C_1 = 10 - (10-6)(1-0,75)^1 = 9,00\ gr/m^3$

*2 Kademeli Havalandırma:*

$$h = [\ \frac{2,0}{2}\ ] = 1,0m$$

Şekilden K.Cs = 5,6 gr / m³ $O_2$

$$Kn = [\ \frac{K}{n}\ ] = [\ \frac{5,6}{10}\ ] = 0,56$$

Cn = Cs – (Cs-Co) $(1-Kn)^n$

$C_2$ = 10 – (10-6)$(1-0,56)^2$ = 9,23 gr/m³

*3 Kademeli Havalandırma :*

$$h = [\ \frac{2,0}{3}\ ] = 0,67m$$

Şekilden K.Cs = 4,2 gr / m³ $O_2$

$$Kn = [\ \frac{K}{n}\ ] = [\ \frac{4,2}{10}\ ] = 0,42$$

Cn = Cs – (Cs-Co) $(1-Kn)^n$

$C_3$ = 10 – (10-6)$(1-0,42)^3$ = 9,22 gr/m³

*4 Kademeli Havalandırma :*

$$h = [\ \frac{2,0}{4}\ ] = 0,50m$$

Şekilden K.Cs = 3,7 gr / m³ $O_2$

$$Kn = [\ \frac{K}{n}\ ] = [\ \frac{3,7}{10}\ ] = 0,37$$

Cn = Cs – (Cs-Co) $(1-Kn)^n$

$C_4$ = 10 – (10-6)$(1-0,37)^4$ = 9,37 gr/m³

*5 Kademeli Havalandırma :*

$$h = [\ \frac{2,0}{5}\ ] = 0,40m$$

Şekilden K.Cs = 3,0 gr / m³ $O_2$

$$Kn = [\ \frac{K}{n}\ ] = [\ \frac{3,0}{10}\ ] = 0,30$$

Cn = Cs – (Cs-Co) $(1-Kn)^n$

$C_5$ = 10 – (10-6)$(1-0,30)^5$ = 9,32 gr/m³

Verimlilik açısından 4 kademeli kaskat uygun görülmüştür.

b-) Savak Yükü

$Q = 1{,}80 \times ( L - 0{,}2h ) \times h^{(3/2)}$ (Francis formülü)

Debi; $Q = 0{,}492\ m^3/sn$

Toplam savak uzunluğu; $L = 18$ m

Bir kenar savak uzunluğu; $L_1 = 4{,}5$ m

h: Savak üzerindeki su yüksekliği (m)

*Havalandırma ünitesinde savak üzeri su yüksekliği :*

$$h = \left[ \frac{0{,}492}{(1{,}80x(18 - 2h))} \right]^{(2/3)} = 0{,}0613\,m$$

c-) Kaskat Boyutlandırma Hesapları :

| | |
|---|---|
| Savak uzunluğu | : 4,5 m x 4 adet |
| Basamak sayısı | : 4 adet |
| Basamak yüksekliği | : 0,50 m |
| Toplam statik düşü | : 2,00 m |
| Basamak genişliği | : 0,60 m |

Basamak genişliği, sıçrama boyuna göre yapılacaktır. Sıçrama boyu aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır:

$$X = \sqrt{4 * C^2 * h * y}$$

C = savak katsayısı ( 0,62 )

h = savak üzeri su yüksekliği (m)

y = düşü yüksekliği ( 0,5 m )

X = sıçrama boyu ( m )

$X = \sqrt{4 * (0{,}62)^2 * (0{,}10) * (0{,}50)} = 0{,}28$ m sıçrama boyu olacaktır.

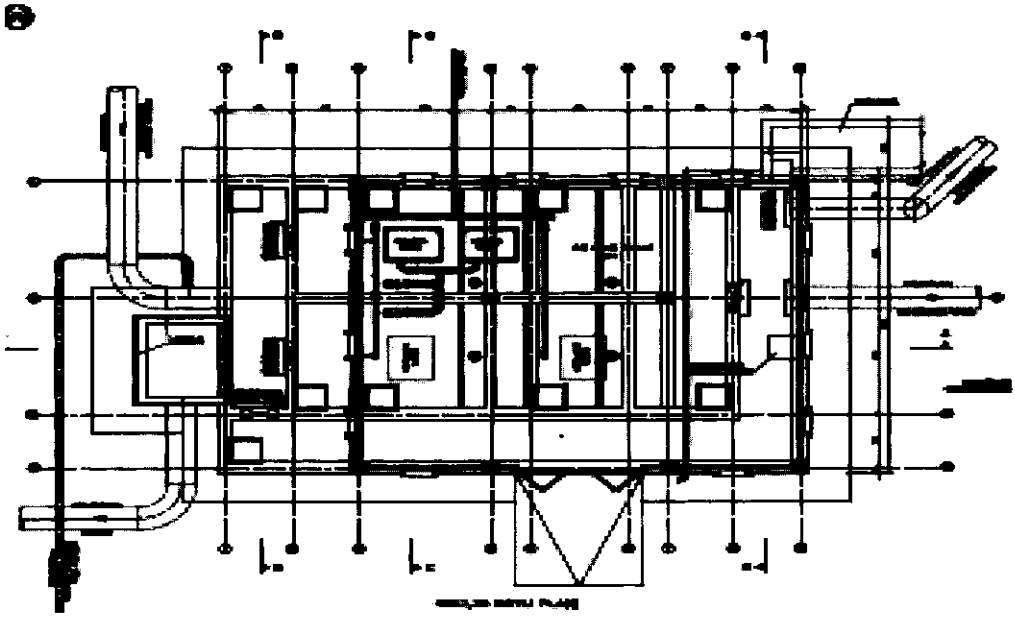
Havalandırma yapısında oluşan savak yükü h =0,06 m alınırsa:

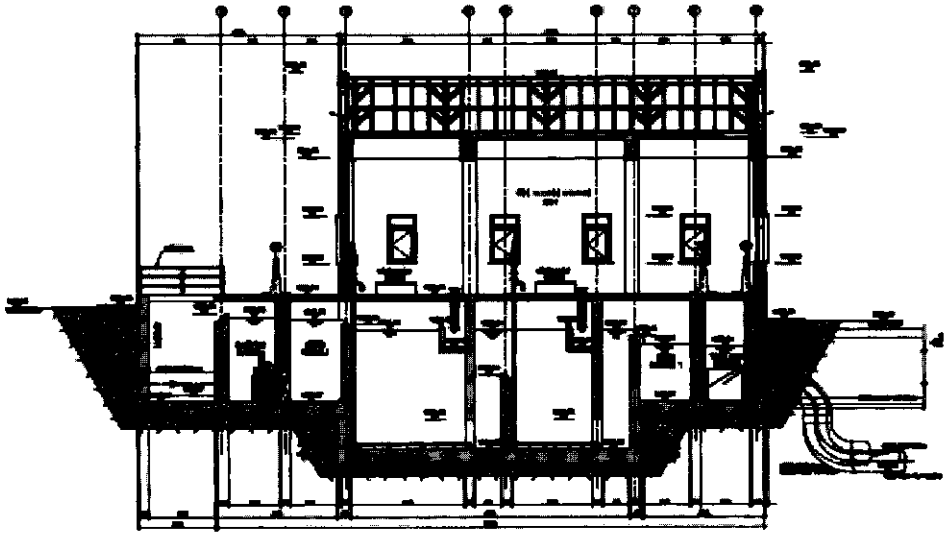
$X = \sqrt{4x(0{,}62)^2 x(0{,}06)x(0{,}50)} = 0{,}21$ m sıçrama boyu olacaktır.

Buna göre emniyetli olması için basamak genişliği: B = 60 cm alınacaktır.

Havalandırma tesisi çıkış kanalı bir taşkın savağı ile donatılacaktır. Bu savak tesise aşırı akım gelmesi ve akımın blokesi halinde seviyeyi kontrol ederek taşkın görevini üstlenecektir.

## 5- Ön Ozonlama Yapısı





**Misal:** Afyon içmesuyu arıtma tesisinde ön dezenfeksiyonu sağlamak, çeşitli kirlilik parametrelerini oksitlemek ve klorlamadan kaynaklanan Trihalometan oluşumunu engellemek maksadı ile havalandırma yapısından sonra Ön Ozonlama yapılacaktır. Ön Ozon Temas Tankı için aşağıda verilen kriterlere göre herhangi bir arıza veya bakım çalışması olabileceğini düşünerek 2 paralel tank olacak şekilde projelendirme yapınız.

Tesis maksimum debisi ; $Q_{max}$ = 44 840 $m^3$/gün (1 868 $m^3$/saat ≅ 31 $m^3$/dk)
Bekletme süresi; t = 6 dk
Ozon dozlama miktarı; q $O_3$ = 2 mg/lt (1-2 mg/lt)

**Çözüm:**

Gerekli tank hacmi ; $V = Q_{max} \times t$ = (31 $m^3$/dk) x 6 dk
V = 186 $m^3$

Tank ebatları; En ; B = 3,40 m
Boy ; L = 6,80 m
Su derinliği; H = 4,00 m

Bir tank hacmi; $V_1$ = 3,40 x 6,80 x 4,00 = 93 $m^3$
Toplam tank hacmi; $V_T$ = 2 x 93 = 186 $m^3$

Bekletme süreleri;
2 tank devrede; t = (186 $m^3$) / (31 $m^3$/dk) = 6,0 dk
1 tank devrede; t = (93 $m^3$) / (31 $m^3$/dk) = 3,00 dk

Gerekli Ozon Miktarı;
Max $O_3$ = (1 868 $m^3$/saat) x (0,002 kg $O_3/m^3$) = 3,74 kg $O_3$/sa
Max $O_3$ ≅ 4 kg/sa

Ozon temas tankı ozon dozlama boruları ve difüzörleri, artık ozon imha ünitesi ve basınç dengeleyici vana ile teçhiz edilecektir.

Tesiste kullanılacak ozon ayrı bir binada ozon jeneratörleri vasıtasıyla üretilecektir. Maksimum ozon ihtiyacı 4 kg/sa'tir. Bu ihtiyacı karşılamak amacıyla 2 kg/sa'te kadar ozon üretimi yapabilen 2 adet jeneratör kullanılacaktır. Üretilecek ozon kompresör ile basınçlandırılarak ozon temas tankına iletilecektir.

Ozon üretiminde havadaki nem oranının jeneratör verimini olumsuz etkilemesi nedeniyle emilen hava jeneratörlere verilmeden önce hava kurutuculardan geçirilerek kurutulacaktır. Dolayısı ile ozon üretimi ve kullanımı ile ilgili olarak aşağıdaki ekipman ve cihazlar kullanılacaktır.

| Ekipman Adı | Miktarı | Yeri |
|---|---|---|
| Ozon Jeneratörü | 2 asıl | Jeneratör Binası |
| Hava Kurutucu | 2 asıl + 1 yedek | Jeneratör Binası |
| Hava Kompresörü | 2 asıl + 1 yedek | Jeneratör Binası |
| Artık Ozon İmha Ünitesi | 1 adet | Ozon Temas Tankı |
| Difüzörler | İmalatçı verisi | Ozon Temas Tankı |

Yukarıda adı geçen ekipmanlar toplam 4 kg/sa Ozon üretebilecek ve dozlayabilecek kapasitede olacaktır. Bu ekipmanların toplam güç ihtiyacı yaklaşık 100 kW olarak belirlenmiştir. Ekipmanlara ait diğer teknik özellikler ve Ozon Jeneratör Binası dizaynı imalatçı verisidir.

**6- Hızlı Karıştırma Tesisi**

**Misal:** Afyonkarahisar şehri için iki üniteden oluşacak mekanik hızlı karıştırma boyutlandırınız.

a-) Giriş borusu hesabını yapınız.

b-) Karıştırıcı motorlar için güç hesabını yapınız.

c-) Hızlı karıştırıcı pedallarını boyutlandırınız.

d-) Karıştırıcı devir hesabını yapınız

e-) Türbülans hesabını yapınız.

**Çözüm:**

Hızlı karıştırma tesisi de kompakt ve ekonomik tesis anlayışı içinde durultucu tesisinin hemen önünde ve durultucu yapısıyla bütünleşmiş bir şekilde projelendirilmiştir. Verim pH, karıştırma etkisi ve süresine bağlıdır. Hızlı karıştırıcılar olarak yüksek servis faktörlü (min.2.0), dinamik ve statik tesirlere karşı dayanıklı, tork anahtarı ile mücehhez, korozyona karşı korumalı ve 24 saat sürekli problemsiz çalışacak üniteler öngörülmektedir.

Hızlı karıştırma iki ünite şeklinde tertiplenmiştir. Öngörülen bekletme süresi 60 saniyedir. Buna göre ön hidrolik boyutlandırma hesapları aşağıda yapılmıştır. Her bir tanka giren debi geri devir nedeni ile %5.5 artacaktır. Karıştırıcılar türbin tipi seçilecektir.

| | |
|---|---|
| Tank sayısı | : 2 adet |
| Bekletme süresi | : 60 sn |
| Hızlı karıştırıcı sayısı | : 2 adet |
| Sabit hız gradyanı (G) | : 500 $sn^{-1}$ |
| Suyun viskozitesi ($\mu$) | : $1{,}31 \times 10^{-3}$ kg/m.sn (10 °C) |
| Q = 0,492 ($m^3$/sn) x 1,055 | = 0,519 $m^3$/sn |
| $V_{su}$ = 0,519 ($m^3$/sn) x 60 (sn) | ≅ 31,2 $m^3$ |
| Bir tank hacmi | : 15,6 $m^3$ |
| Ünite ebatları kare olacak | : 2,00 x 2,00 m (4,00 $m^2$) |
| $H_{su}$ = 15,6 / 4,00 = 3,90 m | |

a) Hızlı Karıştırma Giriş Borusu Hesabı:

$Q_{max}$ = 0,519 $m^3$/sn

DN800 mm ÇB

V = 1,03 m/sn

J = 0,001628 m/m

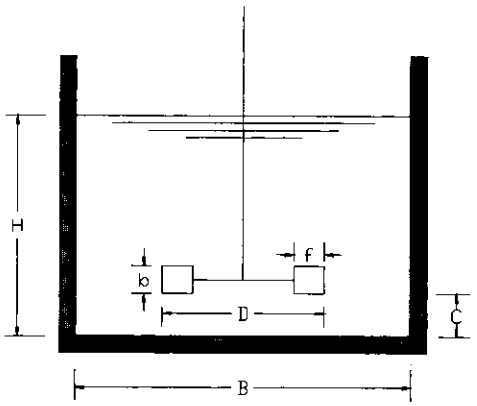
b) Karıştırıcı Motorlar İçin Güç Hesapları :

Yapılan analiz sonuçlarına göre Baraj aksında en düşük sıcaklık 3 °C ise de ileride baraj gölü oluşumu düşünülerek ortalama 10 °C ısıya göre;

| | |
|---|---|
| $\mu = 1{,}31 \times 10^{-3}$ kg/m.sn | alınacaktır. |
| Gerekli güç | $P = \mu \times G^2 = 1{,}31 \times 10^{-3} \times 500^2$ |
| | $P = 328$ W/$m^3$ |
| 15,6 $m^3$ için verilen güç: | P = 328 (W/$m^3$) x 15,6 ($m^3$) = 5 117 W |
| Motor verimi | = %80 |
| Motor gücü | $P_m$ = 5 117 / 0,80 = 6 396 W |
| Seçilen Motor; | $P_m$ = 7,5 kW |

Her bir hızlı karıştırıcıda 7,5 kW gücünde türbin tip karıştırıcı bulunacaktır.

c) Hızlı Karıştırıcıda Pedalların Boyutlandırılması:




B : Ünite yüksekliği (m)
H : Su yüksekliği (m)
D : Türbin çapı (m)
b : Pedal genişliği (m)
f : Pedal boyu (m)
C : Türbinin tank tabanından yüksekliği (m)

$D = B / 3 = 1{,}85 / 3 \Rightarrow D \cong 0{,}62$ m

$b = D / 5 = 0{,}62 / 5 \Rightarrow b = 0{,}13$ m

$f = D / 4 = 0{,}62 / 4 \Rightarrow f = 0{,}16$ m

$C = D \Rightarrow C = 0{,}62$ m

Bir mile bağlı 6 adet pedal olacaktır.

Σ Pedal alanı : $A = n \times b \times f = 6 \times 0{,}13 \times 0{,}16$

$A = 0{,}125\ m^2$

e) Karıştırıcı devir hesabı:

P: Güç ihtiyacı (watt)

ρ : Su yoğunluğu 1000 kg/m$^3$

$P = KT \times n^3 \times D^5 \times \rho$

KT : Karıştırıcı sabiti (6,3)

n : Dönme hızı (devir/sn)

D : Pedal çapı (m)

$6\,396 = 6{,}3 \times n^3 \times (0{,}62)^5 \times 1000$

$n = 2{,}2$ dev/sn = 132 dev/dk

e) Türbülans hesabı:

$\mu$ : (10 °C'de suyun viskozitesi) = $1{,}31 \times 10^{-3}$ kg/m.sn

$$N_{Re} = \left[ \frac{n x D^2 x \rho}{\mu} \right]$$

n : Dönme hızı (devir/sn)

D : Karıştırıcı çapı (m)

$\rho$ : Su yoğunluğu 1000 kg/m$^3$

$\mu = 1{,}31 \times 10^{-3}$ kg/m$^{sn}$

$$N_{Re} = \left[ \frac{2{,}20 x 0{,}62^2 x 1000}{1{,}31 x 10^{-3}} \right] = 645557 > 10\,000$$ türbülans sağlanmaktadır.

**7- Yavaş Karıştırma Tesisi**

**Misal:** Afyonkarahisar şehri için mekanik yavaş karıştırma boyutlandırınız.

a-) Flokülasyon tankını boyutlandırınız.

b-) Karıştırıcı motorlar için güç hesabını yapınız.

c-) Yavaş karıştırıcı pedallarını boyutlandırınız.

d-) Karıştırıcı devir hesabını yapınız

**Çözüm:**

Hızlı karıştırma tesisinden gelen su flokülasyona gelmeden önce bir dağıtım kanalında toplanacak, ünitenin 1 tanesi bakıma alındığında dağıtım kanalındaki kapaklarla toplam debi 3 üniteye dağıtılabilecektir.

İyi bir yumaklaşma elde etmek amacıyla 2 bölmeli yavaş karıştırma tankı projelendirilmiştir. Her bir bölmedeki karıştırıcının hız gradyanı ve devri farklı olacaktır. Suyun bulanıklığına göre karıştırıcı hızları PCC ile ayarlanacaktır.

a-) Flokülasyon Tankı Boyutlandırması

| | | |
|---|---|---|
| 1. flokülasyona gelecek debi | | = 0.519 (m$^3$/sn) / 3 ≅ 0,173 m$^3$/sn |
| Bekletme süresi | | = 20 dak. = 1 200 sn |
| Flokülasyon tankı hacmi | | = 0,173 (m$^3$/sn) x 1 200 (sn) = 208 m$^3$ |
| Tank uzunluğu | | = 10,0 m |
| Tank genişliği | | = 5,0 m |
| Su yüksekliği | H | = 4,16 m |
| Bir tank hacmi; | V | = 10,0 x 5,00 x 4,16 = 208,0 m$^3$ |
| Bir bölme hacmi; | $V_1$ | = 208 / 2 = 104,00 m$^3$ |

Bekleme süresi $= \left[ \frac{208{,}0(m^3)}{0{,}173(m^3/sn)} \right] = 1\,202$ sn = 20 dak.

4 adet tank devrede olması halinde;

Bekletme süresi = (4 x 208,0) / (0,519) = 1 603 sn = 27 dak.

b-) Karıştırıcı Motorlar İçin Güç Hesapları

Birinci Bölme Karıştırıcısı:

Minimum:

| | | |
|---|---|---|
| Sabit hız gradyanı; | $G_{min}$ | $= 70\ sn^{-1}$ |
| Gerekli güç ; | P | $= \mu \times G^2 = 1{,}31 \times 10^{-3} \times 70^2$ |
| | P | $= 6{,}419\ W/m^3$ |
| 104,0 $m^3$ için verilen güç | P | $= 6{,}419\ (W/m^3) \times 104\ (m^3) = 668\ W$ |
| Motor verimi | | = % 70 |
| Motor gücü | Pm | = 668 / 0,70 = 954 W |
| | Pm | ≅ 1,1 kW |

Maksimum:

| | | |
|---|---|---|
| Sabit hız gradyanı | $G_{max}$ | $= 80\ sn^{-1}$ |
| Gerekli güç | P | $= \mu \times G^2 = 1{,}31 \times 10^{-3} \times 80^2$ |
| | P | $= 8{,}384\ W/m^3$ |
| 104,0 $m^3$ için verilen güç | P | $= 8{,}384\ (W/m^3) \times 104\ (m^3) = 872\ W$ |
| Motor verimi | | = %70 |
| Motor gücü | Pm | = 872 / 0,70 = 1245 W |
| | Pm | ≅ 1,5 kW |

İkinci Bölme Karıştırıcısı:

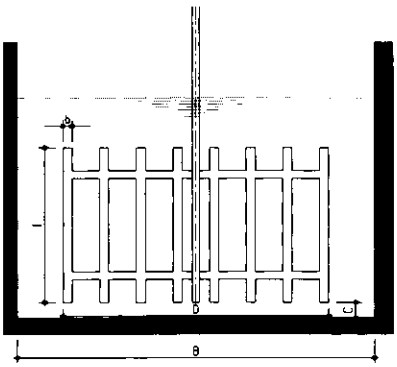
Minimum:

| | | |
|---|---|---|
| Sabit hız gradyanı; | $G_{min}$ | $= 30\ sn^{-1}$ |
| Gerekli güç | P | $= \mu \times G^2 = 1{,}31 \times 10^{-3} \times 30^2$ |
| | P | $= 1{,}179\ W/m^3$ |
| 104,0 $m^3$ için verilen güç | P | $= 1{,}179\ (W/m^3) \times 104\ (m^3) = 123\ W$ |
| Motor verimi | | = %70 |
| Motor gücü | $P_m$ | = 123 / 0,70 = 175 W |
| | $P_m$ | ≅ 0,25 kW |

Maksimum:

| | | |
|---|---|---|
| Sabit hız gradyanı | $G_{max}$ | $= 50\ sn^{-1}$ |
| Gerekli güç | P | $= \mu \times G^2 = 1{,}31 \times 10^{-3} \times 50^2$ |
| | P | $= 3{,}28\ W/m^3$ |
| 104,0 $m^3$ için verilen güç | P | $= 3{,}28\ (W/m^3) \times 104\ (m^3) = 341\ W$ |
| Motor verimi | | = %70 |
| Motor gücü | $P_m$ | = 341 / 0,7 = 487 W $P_m$ ≅ 0,55 kW |

c-) Yavaş Karıştırıcı Pedalların Boyutlandırılması



B : Ünite Genişliği (m)
H : Su Yüksekliği (m)
D : Türbin Çapı (m)
b : Pedal Genişliği (m)
f : Pedal Boyu(m)
C : Türbinin Tank Tabanından Yüksekliği (

Yavaş Karıştırıcı Pedalların Boyutlandırılması

| | |
|---|---|
| Pedal çapı | = 4 m |
| Pedal sayısı | = 1 adet |
| Kanat uzunluğu | = 2,0 m |
| Kanat genişliği | = 0,20 m |
| Kanatlar arası boşluk | = 0,50 m |
| Pedalda kanat sayısı | = 8 adet |
| Σ Kanat alanı A | = ( 8 x 2,00 x 0,20 ) = 3,20 $m^2$ |
| Ünite yanal alanı $A_T$ | = B x H = 5,0 x 4,16 = 20,8 $m^2$ |

Kanat alanının ünite alanına oranı :

$$\frac{A}{A_T} = \frac{3,20}{20,8} = 0,154 \Rightarrow \%15 \quad (\%10 - \%25)$$

d-) Karıştırıcı Devir Hesapları

<u>Birinci Bölme Karıştırıcısı:</u>

$P = KT \times n^3 \times 4^5 \times g$

D = 4 m

*Minimum Hız Gradyanı için;*

P = 954 Watt

$954 = 1,65 \times n^3 \times 4^5 \times 1000$

n = 0,083 dev/sn

$n \cong 5,0$ dev/dk

*Maksimum Hız Gradyanı için;*

P = 1245 Watt

$1245 = 1,65 \times n^3 \times 4^5 \times 1000$

n = 0,091 dev/sn

n = 5,4 dev/dk

Birinci bölme karıştırıcısı aşağıda verilen karakteristik bilgilere göre imal edilecektir. Belirtilen devir ayarlarını yapmaya uygun elektronik varyatör sistemiyle teçhiz edilecektir.

| | | |
|---|---|---|
| Pedal çapı | | = 4 m |
| Pedal sayısı | | = 1 adet |
| Kanat sayısı | | = 8 adet |
| Kanat uzunluğu | | = 2,00 m |
| Kanat genişliği | | = 0,20 m |
| Kanatlar arası boşluk | | = 0,50 m |
| Motor gücü; | P | = 1,5 kw |
| Karıştırıcı devri; | n | = 5 – 6 dev/dk |

<u>İkinci Bölme Karıştırıcısı:</u>

*Minimum Hız Gradyanı için;*

P = 175 Watt

$175 = 1,65 \times n^3 \times 4^5 \times 1000$

n = 0,047 dev/sn

n = 2,8 dev/dk

*Maksimum Hız Gradyanı için;*

P = 487 Watt

$487 = 1,65 \times n^3 \times 4^5 \times 1000$

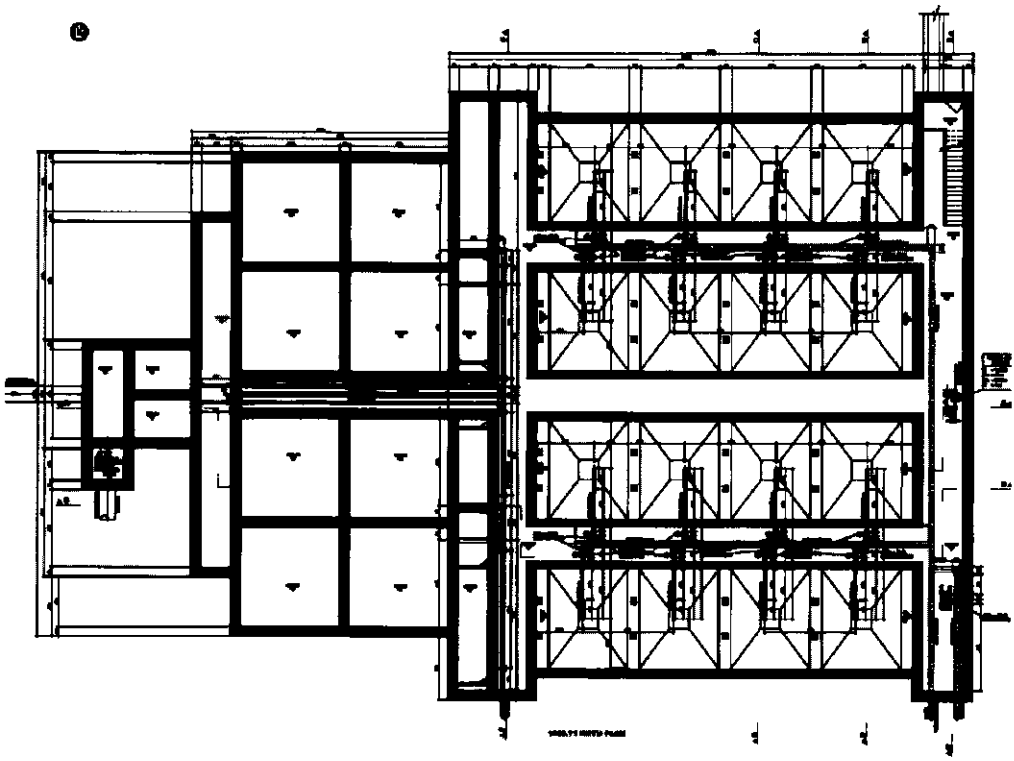
n = 0,066 dev/sn

n = 3,96 dev/dk

İkinci bölme karıştırıcısı kanat ebatları birinci bölme ile aynı olmak üzere motor gücü ve devri aşağıdaki gibi olacaktır.

| | | |
|---|---|---|
| Motor gücü; | P | = 0,55 kw |
| Karıştırıcı devri; | n | = 2 – 4 dev/dk |

**8- Çöktürme Havuzları (Durultucular)**



**Misal:** Afyonkarahisar şehri için dikdörtgen planlı lamelli tip durultucu yapılacaktır. Her çökeltme tankı prizmatik PVC plakalardan oluşan 60° eğimli lamel modülleriyle teçhiz edilecek ve üstü açık olacaktır.

a-) Durultucuyu boyutlandırınız.

b-) Oluşacak çamur miktarını hesaplayınız. (Ham sudaki AKM: 115 mg/lt)

**Çözüm:**

a-) Durultucu Boyutlandırması

$Q = 0{,}519\ m^3/sn = 1\ 868\ m^3/\ sa$

$S_o = 7{,}7\ m^3/m^2.sa$ (seçilen)

$$At = \frac{Q}{So}$$

$$At = \frac{1868\,(m^3/sa)}{7{,}7\,(m^3/m^2.sa)} = 243\,m^2$$

*Üç ünite çalışması halinde:*

$$A_{1hesap} = \frac{243}{3} = 81\ m^2$$

$a_{seçilen} = 5\ m$

$b_{seçilen} = 16\ m$

$A_{1seçilen} = 5 \times 16 = 80\ m^2$

$$S_1 = \frac{1868\ (m^3/sa)}{3x80\ (m^2)} = 7{,}78\ m^3/m^2.sa$$

*Dört ünite çalışması halinde :*

$$S_2 = \frac{1868\ (m^3/sa)}{4x80\ (m^2)} = 5{,}84\ m^3/m^2.sa$$

Kenar su yüksekliği; $H = 6{,}00\ m$

Bir durultucu hacmi; $V_1 = 6 \times 5 \times 16 = 480\ m^3$

Bekletme süreleri;

*Üç ünite çalışması halinde*

t = V / Q = (3 x 480) / 1 868 = 0,77 saat = 46 dk

*Dört ünite çalışması durumunda;*

t = (4 x 480) / 1 868 = 1,03 saat = 62 dk

*Lamel modülleri;*

| | | |
|---|---|---|
| Lamel yüksekliği | : 1,2 m | |
| Lamel eğimi | : 60° | |
| Bir durultucu lamel hacmi | : 96 $m^3$ | (5x16x1,2) |
| Birim lamel yüzey alanı | : 12,5 $m^2/m^3$ | ($m^3$ başına tasarlanan) |
| Bir ünite toplam lamel yüzey alanı | : 1200 $m^2$ | |

b-) Çamur Üretiminin Hesaplanması

Çamur üretimi, ham suda bulunan askıda katı madde (AKM) ve maksimum debi hesaba katılarak hesaplanmıştır. AKM miktarı gözlem raporları dikkate alınarak kabul edilmiştir. Burada AKM miktarının mevsimsel değişiklikler göstermesi ve barajdan sonra arıtmaya gelecek AKM'nin ortalamaya yakın geleceği düşünülmüş ve 100 mg/lt 'lik ortalama değer kabul edilmiştir.

$Q_{(arıtma\ max.\ debisi)}$ = 42 500 m³/gün

Ham sudaki AKM = 115 mg/lt =115 gr/m³

Toplam çamur üretimi; $P = P_1 + P_2$

$P_1$: Çökebilen AKM'nin sudan ayrılarak durultucu çıkışında oluşturduğu günlük çamur

$P_2$: Alüminyum hidroksit çökelmesi sonucunda oluşacak günlük çamur üretimi

Durultucuların sabit giderim verimi : %98

$P_1$ = 115 (gr/m³) x 42 500 (m³/gün) x 0,98 ≅ 4 808 kg AKM/gün

$P_2 = P_t \times C$ [C : 1,1'e eşit katsayı, $P_t$ : Teorik $Al(OH)_3$ ]

$P_t = (156 / 666,7) \times C_t$ [ $C_t$ : Teorik olarak günlük $Al_2(SO)_4.18H_2O$ tüketimi (40 mg/lt)]

$C_t$ = 40 (gr/m³) x 42 500 (m³/gün) / 1 000 = 1 700 kg $Al_2(SO)_4.18H_2O$ / gün

$P_t$ = (156 / 667,7) x 1 700 = 398 kg $Al(OH)_3$ / gün

$P_2$ = 398 x 1,1 = 438 kg $Al(OH)_3$ / gün

Toplam çamur üretimi :

$P = P_1 + P_2$ = 4 808 + 438 = 5 246 kg AKM/gün

Çamur katı madde içeriği; %2

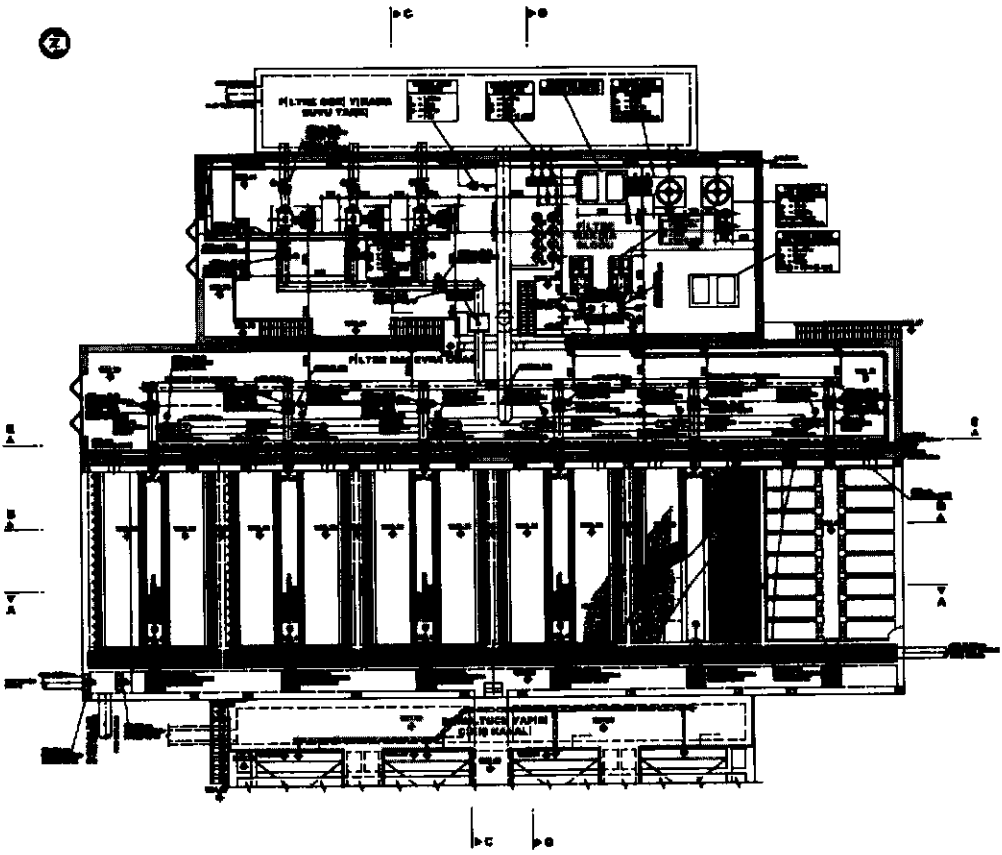
Çamur özgül ağırlığı; $\rho$ = 1 000 kg/m³

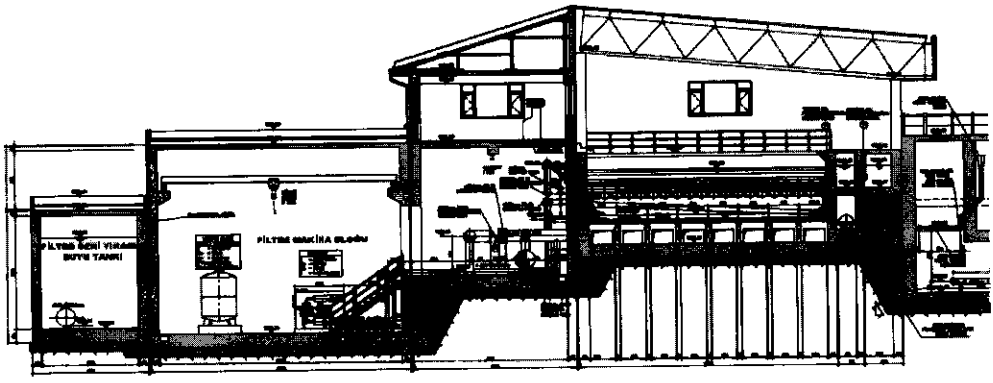
Çamur Debisi:

$Q_ç$ = 5 246 / (0,02 x 1 000) = 263 m³/gün

Çamur Alma Borusu: Her bir durultucu çamur toplama haznesinden Ø150 mm Çelik Boru ile çamur çekilerek Ø250 mm kollektör ile çamur yoğunlaştırıcıya iletilecektir. Her durultucu çıkışına motor kumandalı kelebek vana konularak çamur alımı kontrol edilecektir. Bu borular aynı zamanda durultucuların tahliyesi içinde kullanılacaktır.

**9- Filtre Tesisi:**





Filtreler, filtre makine bloğu, geri yıkama suyu tankı

**Misal:** Afyonkarahisar içmesuyu tasfiye tesisinde inşa edilecek filtreler sabit hızlı ve sabit seviyeli hızlı kum filtreler tipinde olacaktır.

a-) Filtre tesisinin boyutlandırmasını yapınız.

b-) Filtre tabanı teşkilini gösteriniz.

c-) Filtre yatağı malzemesinin teşkilini gösteriniz.

d-) Filtre yıkama sistemini izah ediniz.

e-) Filtre yıkama suyu tankını boyutlandırınız.

f-) Geri yıkama suyu pompası seçimini izah ediniz.

g-) Geri yıkama hava blowerleri hesabını gösteriniz.

**Çözüm:**

a-) Filtre Tesisi Boyutlandırması

İkili (dubleks) hızlı kum filtre ünitesi boyutlandırılacaktır.

Ünite sayısı; 6 Adet

Filtreleme Hızı; $V_{max}$ = 7,5 $m^3/m^2.sa$

Q = 43 560 $m^3$/gün/24 saat = 1 815 $m^3/sa$

6 ünitenin 4 ünün çalışması halinde : (birinin bakımda, birinin yıkamada olması hali)

$A_t$ = 1 815 ($m^3/sa$) / [4 x 7,5 ($m^3/m^2.sa$)] = 60,50 $m^2$

$a_{seçilen}$ = 10 m

$b_{seçilen}$ = 6 m (her bir kompartman b=3,0 m)

$A_{seçilen}$ = 10 x 6 = 60 $m^2$

Filtreleme Hızları;

$V_1$ = 1 815 ($m^3/sa$) / [4 x 60 ($m^2$)] = 7,56 $m^3/m^2.sa$

6 ünitenin 6'sının da çalışması halinde :

$V_1$ = 1 815 ($m^3/sa$) / [6x 60 ($m^2$)] = 5,04 $m^3/m^2.sa$

b-) Filtre Tabanı

Filtre ünitelerinin tabanı "false bottom" filtre tabanı şeklinde teçhizatlı beton plaklarla oluşturulacaktır. Filtrenin geri yıkanması sırasında tüm filtre kumu içinde homojen bir hava ve su dağılımına yönelik olarak döşeme, borulu taban süzgeçlerini taşımaktadır. Taban süzgeçlerinin döşemeye montesi gömülü olarak bırakılacak vidalı plastik somunlar vasıtasıyla olmaktadır. Beher metre kare filtre taban alanında yaklaşık 65 adet süzgeç bulunacaktır. Süzgeçler tamamıyla plastik olması ve yarıkların süzgeç kafasının çevresinde milimetrik yarıklar şeklinde teşkil edilmiş olması filtre taban konstrüksiyonunda korozyon olayını ve filtre yatağından kum kaybı olasılığını ortadan kaldırmaktadır. Yukarıdaki yaklaşıma göre her bir filtre tabanı için öngörülen false bottom elemanlarının ve süzgeçlerin adet ve boyutları aşağıda belirtilmiştir.

Beton plaka boyutu : 1,25 x 0,99 (1 250 x 990 mm)
Beton plaka adedi : 48 adet/filtre
Plaka nozul sayısı : 81 adet/plaka
Filtre nozul sayısı : 48 x 81 = 3 888 adet/filtre
Nozul oranı : 3 888 adet / (60 $m^2$) = 65 adet/$m^2$
Toplam Nozul Sayısı : 3 888 x 6 = 23 328 adet
İnşaat sırasında filtreleme montaj yapılacak nozul miktarının %5 fazlası temin edilecektir.
Temin edilecek nozul sayısı : 24 400 adet

c-) Filtre Yatağı Malzemeleri

Filtre ünitelerinde kuartz kumu kullanılacaktır. Filtre kumu fiziksel, kimyasal ve petrografik özellikleri AWWA Standartlarına uygun olacaktır. Filtre yatağı tek ortamlı olarak teşkil edilecek, ancak ince kum yatak ile süzgeçler arasında geri yıkama hızlarına karşı tampon görevi yapmak üzere sığ bir yıkanmış granülometrik çakıl tabakası teşkil edilecektir.

Filtre yatağında kullanılacak kum temiz, sert ve dayanıklı, tercihen kuartz veya silis olacaktır. 24 saat süre ile seyreltik tuz asidi içinde bekletildiğinde, kalsiyum ve magnezyum miktarı %2'den az olacaktır. Kullanılan çakıl ise sert, oval ve ağırlıkça %2'den daha az yassı ve uzun kısımları olan malzeme seçilecektir. Konsantre hidrolik asit içinde 24 saat bekletildiğinde %5'den fazla kayba uğramayacaktır. Kullanılacak kumun yeknesaklık (üniformluk) katsayısı 1,5 tan küçük olacaktır. Filtre malzemesine ait bilgiler aşağıda tablo halinde verilmiştir.

| **Filtre Yatağı Malzemesi** | **Efektif Dane Çapı (mm) %10 %80** | **Filtredeki Tabaka Kalınlığı (cm)** | **6 Adet Filtrenin ΣYüzey Alanı ($m^2$)** | **Filtre Yatak Malz.Miktarı ($m^3$)** |
|---|---|---|---|---|
| Kum | 0,8 ~ 1,2 | 100 | 360 | 360 |
| İnce Çakıl | 2,4 ~ 4,8 | 10 | | 36 |
| Orta Çakıl | 6,0 ~ 9,5 | 10 | | 36 |

d-) Filtre Yıkama Sistemi

Filtre geri yıkamasında yardımcı hava yıkamalı su ile geri yıkama sistemi benimsenmiştir. Öngörülen sisteme göre filtre geri yıkaması aşağıda belirtilen üç aşamada yapılacaktır. Öngörülen sistem için tasfiye tesisi işletmeye alındıktan sonra iyileştirme çalışmaları yapılmalıdır. Daha önce izah edildiği gibi, filtre malzemesi kaybı olmamasına itina gösterilmelidir.

(1) Hava fazı olarak tanımlanan birinci aşamada filtre yatağı basınçlı hava ile gevşetilmektedir. Bu amaçla tatbik edilen hava ile geri yıkama hızı 60 $m^3/m^2$/saat mertebesinde olacaktır. Ortalama olarak hava fazı 5 dakika sürecektir. Bu sürecin durulmuş su kalitesine, su ve hava sıcaklıklarına bağlı olarak işletme safhasında uzaması beklenebilir.

(2) Hava + su fazı olarak adlandırılan ikinci aşamada filtre yatağı bir taraftan hava ile gevşetilirken, yatak içinde daneler arasında yer alan çamur parçaları su ile sürüklenerek ortamdan uzaklaştırılmaktadır. Bu amaçla ortalama 5 dakika süreyle üç ünitelik geri yıkama pompa grubunun bir ünitesi çalıştırılarak filtreye 20 $m^3/m^2$/saat'lik bir su ile yıkama hızı tatbik edilmektedir.

(3) Bu fazı takiben sadece su ile geri yıkamanın yapıldığı su fazı başlatılmaktadır. Bu fazda iki pompa ünitesi ile ortalama 5 dakika süreyle 40 $m^3/m^2$/saat'lik bir su ile yıkama hızı tatbik edilecektir. Yukarıda belirtilen bu programın tesis işletmeye alındıktan sonra yapılacak testlerle optimize edilmesi gerekebilecektir.

Yukarıda tarif edilen model programa göre yıkama suyu sarfiyatı aşağıdaki gibi olmaktadır.

$Q_y = [(20\ m^3/m^2.sa) + (40\ m^3/m^2.sa)] \times (60\ m^2) \times (5\ dk / 60\ dk) = 300\ m^3$

e-) Filtre Geri Yıkama Suyu Tankı

Filtreler, filtrelenmiş su ile geri yıkanacaktır. Bu amaçla filtre boru galerisinin sonunda tertip edilmiş bulunan filtrelenmiş su çıkış tankı filtre geri yıkama suyu stok havuzu görevini de üstlenecektir. Bu tankta her zaman 2 Adet filtreyi geri yıkamaya yeterli su hacminin garanti altına alınması için tesis çıkışında savak kontrollü bir dengeleme havuzu olarak tesis edilecektir.

Geri yıkama sırasında stok havuzundan maksimum çekim, $Q_{max}$ = 2 000 $m^3$/saat olmaktadır. Tesis kapasitesi 1 875 $m^3$/saat olduğuna göre bir filtre geri yıkanırken diğer filtrelerin kapasitesi geri yıkama suyu ihtiyacını karşılayacak seviyededir.

Geri yıkama suyu tankı

| | |
|---|---|
| (Filtrelenmiş su çıkış haznesi) sayısı | : 1 |
| Bölme sayısı | : 1 |
| 1. Aşama geri yıkama hızı | : 13 $m^3/m^2.sa$ |
| 2. Aşama geri yıkama hızı | : 26 $m^3/m^2.sa$ |

*Yıkama suyu debisi*

Filtre alanı : 10 x 6 = 60 $m^2$

$Q_1$. aşama yıkama = 13 ($m^3/m^2$.sa) x 60 ($m^2$) = 780 $m^3$/sa

$Q_2$. aşama yıkama = 26 ($m^3/m^2$.sa) x 60 ($m^2$) = 1 560 $m^3$/sa

*Yıkama suyu hacmi*

Yıkama süresi : 5 dak.

$V_1$. aşama yıkama = 780 $m^3$/sa x 5 / 60 (sa) = 65 $m^3$

$V_2$. aşama yıkama = 1 560 $m^3$/sa x 5 / 60 (sa) = 130 $m^3$

$V_{toplam}$ = 65 + 130 = 195 $m^3$

Filtre geri yıkama suyu tankı en az 2 adet filtrenin yıkanmasına yetecek kadar suyu tutabilecek şekilde boyutlandırılacaktır.

Minimum tank hacmi; V = 400 $m^3$ olmalıdır.

Seçilen tank boyutları = 4,00 m x 25,0 m

$H_s$ = 4,00 m

V = 4,0 x 25,0 x 4,00 = 400 $m^3$

f-) Geri Yıkama Suyu Pompası

*Yıkama suyu pompası*

Pompa kapasitesi; $Q_p$ = 780 $m^3$/sa.adet (217 lt/sn)

Yıkama pompası sayısı : 2 asıl + 1 yedek

*Yıkama suyu borusu*

Yıkama suyu kollektör çapı : Ø500 mm

Yıkama suyu boru çapı : Ø500 mm

1. Aşama yıkamada borudaki su hızı: V = 1,11 m/sn

2. Aşama yıkamada borudaki su hızı: V = 2,25 m/sn

Manometrik basma yüksekliği; $H_m$ ≅ 12 m

*Motor Gücü*

N = 1,20 x (217 x 12) / (102 x 0,80) = 38,3 kw

$N_m$ = 45 kw standart motor seçilmiştir.

Motor devri: n = 1 000 dev/dk olacaktır.

Pompa tipi; Çift emişli yatay milli santrifüj

Pompa sayısı; 2 asıl + 1 yedek

g-) Geri Yıkama Hava Blowerleri Hesabı

Geri yıkama hava hızı : 60 $m^3/m^2$.sa

$Q_{hava}$ = 60 ($m^3/m^2$.saat) x 60 ($m^2$) = 3 600 $m^3$/sa (1,00 $m^3$/sn)

Blower sayısı : 1 asıl + 1 yedek

Blower kapasitesi = 3 600 $m^3$/sa

Basınç : 5 m (0,5 bar)

Hava borusu = Ø250 mm ÇB

Hava akış hızı;

$$V_{hava} = \frac{Q}{\frac{\pi \, x \, D^2}{4}} = \frac{1{,}00}{\frac{\pi \, x \, 0{,}25^2}{4}} = 20 \text{ m/sn}$$

Buna göre kullanılacak Blower karakteristik bilgileri aşağıda verilmiştir.

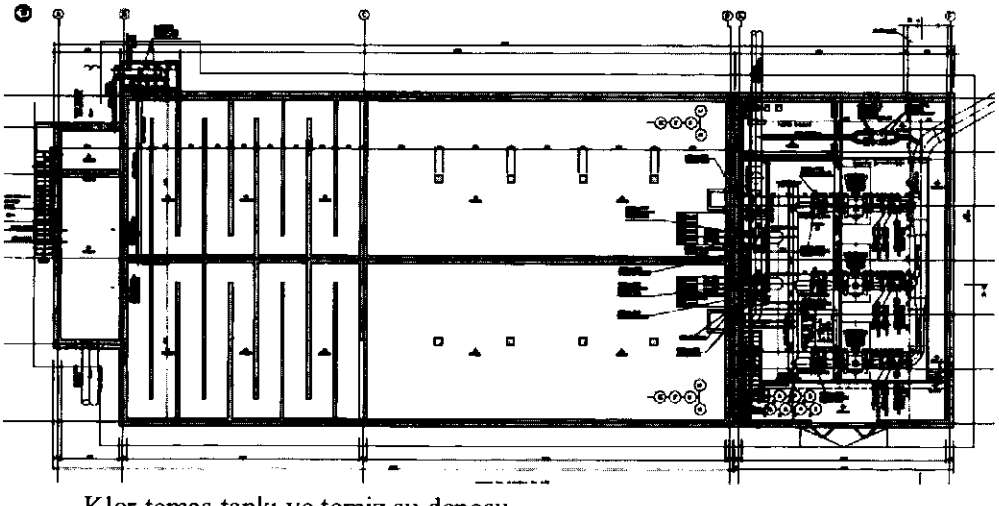
Q = 3 600 $m^3$/sa

Hm = 0,5 bar

Nm = 75 kw (katalog)

n = 1 asıl + 1 yedek

**10- Klor Temas Tankı**



Klor temas tankı ve temiz su deposu

**Misal:** Bekletme müddeti 30 dakikayı sağlayacak biçimde 2 bölmeli klor temas tankını boyutlandırınız.

**Çözüm:**

Klor temas tankına, filtreden gelen süzülmüş su veya havalandırmadan gelen By-Pass hattının suyu kapak sistemi ile girecektir. Son klorlama klor temas tankının giriş kanalına yapılacaktır. Böylece klor, klor temas tankı içerisindeki bölmeli duvarların da etkisiyle yüksek dereceli bir piston akım içerisinde homojen olarak dağılacak, klorlama etkisinden tam olarak faydalanılacaktır.

Temas tankı 42500 $m^3$/gün'lük bir debiyle 30 dk bekletme süresini sağlamak üzere paralel 2 tank olarak projelendirilmiştir. Temas tankında, tanklara özgü olan yüksek dereceli bir piston akımı sağlamak için bölmeli duvarlar olacaktır.

| | |
|---|---|
| Tank sayısı : 1 | |
| Bölme sayısı : 2 | |
| Bekleme süresi; | t = 30 dk |
| Debi; Q = 0,492 $m^3$/sn | = 29,52 $m^3$/dk |
| Su hacmi | = 29,52 x 30 = 886 $m^3$ |
| Su yüksekliği | = 5,34 m |
| Genişlik | = 8,00 m |
| Uzunluk | = 11,95 m |
| Perdeler arası mesafe | = 1,15 m |
| Perde sayısı | = 8 adet |
| Perde uzunluğu | = 7,00 m |
| Perde duvarı eni | = 0,20 m |
| Bir tank hacmi; V | = (5,34 x 8 x 11,95) – (8 x 7 x 0,2 x 5,34) = 450,7 $m^3$ |
| Bekletme süresi; t | = 2 x (450,7 $m^3$) / (29,52 $m^3$/dk) ≅ 30 dk |

*Temas Tankı Giriş Borusu Hesabı*

| | |
|---|---|
| Debi; $Q_{max}$ | = 0,492 $m^3$/sn |
| Boru çapı | = ∅800 mm ÇB |
| V | ≅ 0,98 m/sn'dir. |

**11- Temiz Su Deposu**

**Misal:** 60 dak. Bekletme süresi sağlayacak temiz su deposunu boyutlandırınız.

**Çözüm:**

Klor Temas Tankından savaklanarak gelen su temizsu tankına akacaktır.

Q = 0,492 $m^3$/sn

t = 60 dak.

V = 0,492 x 3600 = 1771 $m^3$

Yükleme deposu hacmi 300 $m^3$ seçildiği için :

İki gözlü yaklaşık 1 500 $m^3$ hacminde temizsu tankı seçilmiştir.

Tank ebatları (1 göz) = 8 m x 18,5 m $h_{su}$ = 5,00 m

Toplam hacim = 2 x (8 x 18,5 x 5) = 1480 $m^3$

**YARDIMCI TESİSLER:**

Örnek proje olarak izah edilen Afyonkarahisar içmesuyu tasfiye tesisi için yardımcı tesislere aşağıdaki misaller uygulanabilir.

**KİMYA BİNASI:**

**a-) Genel**

Alüminyum Seydişehir fabrikasından kolay temin edilebilir ve ucuz olması dolayısıyla Afyon İçmesuyu Arıtma Tesisinde kimyasal madde olarak alüminyum sülfat kullanılması daha uygun olacaktır. Arıtmada Alüminyum sülfat ve polielektrolit kullanılacaktır. Bunlardan Alüminyum sülfat koagülan, polielektrolit koagülan yardımcısı olarak hamsuya dozlanacaktır. Kireç dozlaması Langelier İndisi (LI)'ni istenen değerde tutmak için gerekirse dozlanacaktır.

İlk etapta hamsuya potasyum permanganat dozlamasına ihtiyaç görülmemiştir. Ancak gelecekte hamsu kalitesinde meydana gelebilecek bozulmalara karşı tedbir olarak bu madde için kimya binasının içinde rezerv alan bırakılacaktır. Kireç arıtma tesisi çıkışında gerekirse arıtılmış su pH'ını düzelterek arıtılmış suyun korozif özelliğinin giderilmesi için tatbik edilecektir. Aktif karbon için kimya binası dışında ileride depolama yapılabilecek şekilde rezerv alan bırakılacak, ancak hazırlama tankı bina içine yerleştirilecektir.

Alüminyum sülfat ve polielektrolit hızlı karıştırma ve yavaş karıştırma bölümüne yapılacaktır. Alüminyum sülfat dozlaması sürekli, diğer kimyasal maddelerin tatbiki ise arıtma tesisinde yapılacak su kalitesi izleme ve denetim programına göre aralıklı olacaktır. Aşağıdaki bölümlerde, kabul ve kriterler belirtilmiş ve ön boyutlandırmalar yapılmıştır.

Arıtma tesisinde kullanılacak kimyasallara ait bilgiler aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

| Kimyasal Madde | Dozaj (mg/lt | Özgül Ağırlık | Saflık Oranı | Satış Sekli | Depolama Süresi |
|---|---|---|---|---|---|
| Alüminyum Sülfat $Al_2(SO_4)_3 .14\text{-}18\ H_2O$ | 40,0 | 1,00 | %80 | Toz | 1 Ay |
| Polielektrolit (PE) | 0,2 | 0,80 | - | Toz | 6 Ay |
| Kireç (Sanayi tipi sönmüş toz | 25,0 | 0,85 | %85-95 | Toz | 1 Ay |
| Potasyum Permanganat ($KMnO_4$) | 2,0 | 1,20 | - | Toz | 6 Ay |
| Aktif Karbon | 20,0 | 0,60 | - | - | 2 Ay |

Çeşitli kimyasalların teknik spesifikasyonları aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

| $FeCl_3$ (Demir Klorür) | |
|---|---|
| Formül | $FeCl_3$ |
| Moleküler kütlesi | 162 |
| Şekli | sıvı |
| Kütle olarak $FeCl_3$ | 41% |
| Kütle olarak $Fe^{3+}$ | 14% |
| Kütle olarak $Fe^{2+}$ | < 0,3% |
| 25 °C 'de yoğunluğu | 1,45 g/cm³ |
| 25 °C 'de pH | 1,15 |
| 25 °C 'de viskosite | 6,4 cst |
| Kristalleşme noktası | -44 °C |

| Polielektrolit (Anyotik) | |
|---|---|
| Tip | PARAESTOL 2540 |
| İyonik karakteristik | Anyonik |
| Şekli | toz |
| Granülometri | % > 10 mesh :2 |
| Apparent yoğunluk | 0,8 ton/m³ |
| Yükleme yoğunluğu | Çok düşük |
| Moleküler ağırlık | Ço yüsek |

| NaOH (Kostik Soda) | |
|---|---|
| Formül | NaOH |
| Moleküler kütlesi | 40 |
| Şekli | sıvı |
| Kütle olarak NaOH | 50% |
| %50 lik çözeltideki | 762,7 g/l |
| 20 °C 'de yoğunluğu | 1,525 g/cm³ |
| 25 °C 'de viskosite | 65-78 cPo |
| Kristalleşme noktası | 7 - 11 °C |
| pH | > 13 |

| $Ca(OH)_2$ (Sönmüş toz Kireç) | |
|---|---|
| Formül | $Ca(OH)_2$ |
| Ticari adı | Sanayi tipi sönmüş toz |
| Ağırlık olarak $Ca(OH)_2$ | min % 93 |
| Ağırlık olarak $CaCO_3$ | max. % 2,5 |
| Ağırlık olarak $Mg(OH)_2$ | max. % 2,9 |
| Ağırlık olarak $CaSO_4$ | max. % 1,25 |
| Ağırlık olarak $SiO_2$ yüzdesi | max. % 0,13 |
| Ağırlık olarak $Al_2O_3 + Fe_2O_3$ | max. % 0,22 |

| $KMnO_4$ (Potasyum Permanganat) | |
|---|---|
| Formül | $KMnO_4$ |
| Konsantrasyon | 99 % |
| Şekli | Katı toz |
| Renk | violet (mor) |
| 20 °C 'de Çözünürlük | 64 g/l |
| 20 °C 'de Hacimsel | 1,2 g/cm³ |

| Cl (Klor) | |
|---|---|
| Formül | Cl |
| Şekli | gaz |
| Min. Cl İçeriği | 99,50% |
| Mak. Su Muhtevası | 50 mg/kg |
| Standart | DIN 19607 veya AWWA |

| $H_2SO_4$ (Sülfirik Asit) | |
|---|---|
| Formül | $H_2SO_4$ |
| Konsantrasyon | 96-98 % |
| Şekli | sıvı |
| 20 °C 'de yoğunluğu | 1,84 g/cm3 |

**b-) Alüminyum Sülfat $Al_2(SO_4)_3$ Ünitesi**

Koagülant madde olarak kullanılacak olan Alüminyum sülfat tesis debisi için 40 mg/lt dozlama yapılarak sudaki AKM'lerin mikrofloklar oluşturması sağlanacaktır. Dozlama hızlı karıştırma bölümüne yapılacaktır.

*Depolama Hesabı :*

Depolama süresi : 1 ay

Depolamaya esas dozaj : 20,0 mg/lt = 0,020 kg/$m^3$

Günlük tüketim miktarı = 0,020 kg/$m^3$ x 42 500 ($m^3$/gün) = 850 kg/gün

= 850 kg/gün / 0,80 = 1 062,50 kg/gün

Alüminyum Sülfat Özgül Ağırlığı : 1 ton $Al_2(SO_4)_3/m^3$

Günlük tüketim hacmi = 1 062,50 (kg/gün) / 1 000 (kg/$m^3$) ≅ 1,063 $m^3$/gün

Depolama hacmi = 1,063 ($m^3$/gün) x 30 (gün) ≅ 32 $m^3$

Depo Yüksekliği = 1,23 m alınarak depolama alanı 26 $m^2$ olarak bulunur.

$Al_2(SO_4)_3$ *Dozlama Hesabı*

Q = 42 500 $m^3$/gün

Maksimum dozaj = 40 mg/lt = 0,040 kg/$m^3$

Dozlama miktarı = (0,040 / 0,80) x 42 500 = 1 700 kg/gün

= 1 700 kg/gün / 0,80 = 2 125 kg/gün

Çözelti yoğunluğu = 0,20 kg $Al_2(SO_4)_3$ / lt

Dozlama hacmi = 2 125 / 0,20 = 10 625 lt/gün

= 443 lt/sa

*Dozlama Pompası*

$Q_p$ = 0-250 lt/sa

$H_m$ = 50 m

N = 0,55 kw

Pompa sayısı = 2 asıl + 1 yedek

Çözelti hazırlama tankları CTP kaplı betonarme olacaktır. 12 'şer saatlik 2 adet çözelti hazırlama tankı alınarak her bir tankın hacmi;

V = 10,63 $m^3$/gün * 12 saat * 1/24 saat = 5,32 $m^3$

Tank adedi : 2 asıl + 1 yedek

Hizmet Süresi : 12 saat/tank

Çözelti konsantrasyonu : % 20

| | |
|---|---|
| Tank ebatları | : 1,60 x 1,60 x (2,10 + 0,50) m |
| Su derinliği | : 2,10 m |
| Hava Payı | : 0,50 m |
| Net hacim | : 5,38 $m^3$ |
| Brüt hacim | : 6,65 $m^3$ |

*Çözelti Karıştırıcıları :*

Çözelti tanklarında, kimyasal maddelerin su ile tam karışımı kanatlı türbin karıştırıcılar ile temin edilecektir. Çözelti hazırlama tanklarında hız gradyanı G= 150 $sn^{-1}$ ve 10 $^0$C 'deki %20 'lik alum çözeltisinin dinamik viskositesi $\mu = 1,31 * 10^{-3}$ $N.sn/m^2$ alınarak çözeltiye verilmesi gerekli güç:

$$P = \mu * G^2 * V$$
$$= 1,31 * 10^{-3} * (150)^2 * 5,32$$
$$= 157 \text{ watt.}$$

Motor verimi %70 kabul edilerek, Motor gücü :

$P_m = 157 / (0,70 * 1\,000) = 0,224$ kW bulunur.

Karıştırıcı adedi n=3 adet

Hız Gradyanı G=150 $sn^{-1}$

Seçilen Motor Gücü $P_m = 0,25$ kW.

**c-) Polielektrolit Ünitesi**

Polielektrolit toz halde temin edilecektir. Bu nedenle toz haldeki ambalajların 1 m istif yüksekliğine göre kaplayacağı bir alanın depolamaya ayrılması gerekecektir.

*Depolama Hesabı:*

Depolama süresi : 6 ay

Depolamaya esas dozaj : 0,1 mg/lt = 0,0001 $kg/m^3$

Polielektrolit özgül ağırlığı : 0,8 kg/lt

Günlük tüketim miktarı = 0,0001 ($kg/m^3$) x 42 500 ($m^3$/gün) = 4,25 kg/gün

Günlük tüketim hacmi = 4,25 (kg/gün) / 0,8 (kg/lt) = 5,31 lt/gün
= 0,006$m^3$/gün

Depolama hacmi = 0,006 ($m^3$/gün) x 30 (gün) x 6 (ay) = 1,08 $m^3$

h=1,0 m için minimum depolama :

Kimya binası içinde polielektrolit depolama alanı olarak 2 $m^2$ yer ayrılmıştır.

*PE Dozlama Hesabı:*

Maksimum dozaj = 0,2 mg/lt = 0,0002 kg/m³

Dozlama miktarı = 0,0002 x 42500 = 8,5 kg/gün

= 8,5 kg/gün /0,8 kg/lt = 10,63 lt/gün

Çözelti yoğunluğu = %0,2

Dozlama hacmi = 10,63 / 0,002 = 5 315 lt/gün

= 221 lt/sa

PE hazırlama ünitesi kapasitesi ; 250 lt/sa

PE hazırlama ünitesi sayısı ; 1 asıl + 1 yedek

Dozlama Pompası;

$Q_p$ = 0-125 lt/sa

$H_m$ = 50 m

N = 0,37 kw

Pompa sayısı = 2 asıl + 1 yedek

**d-) Kireç**

Kireç, son klorlamanın da yapıldığı klor temas tankı giriş borusunun hemen önüne ilave edilerek pH'ın gereğinde yükseltilmesi için kullanılacak baz yapılı bir kimyasaldır. pH'ın değişimi kontrol edilerek, sensörlerden gelen bilgiye göre dozlama başlayacak veya kesilecektir.

*Depolama Hesabı:*

Depolama süresi : 1 ay

Depolamaya esas dozaj : 12,5 mg/lt = 0,0125 kg/m³

Günlük tüketim miktarı = (0,0125 (kg/m³) x 42 500 (m³/gün) =531 kg/gün

= 531 kg/gün / 0,85 = 625 kg/gün

Kireç özgül ağırlığı = 0,85 kg/lt

Günlük tüketim hacmi = 625 (kg/gün) / 0,85 (kg/lt) = 735 lt/gün

= 0,735 m³/gün

Depolama hacmi = 0,735 (m³/gün) x 30 (gün) ≅ 22,1 m³ olacaktır.

Depo Yüksekliği : 1,2 m alınarak depolama alanı 19 m² bulunur.

*Kireç Dozlama Hesabı:*

Q = 42 500 m³/gün

Maksimum dozaj = 25 mg/lt = 0,025 kg/m³

Dozlama miktarı = (0,025 / 0,85) x 42 500 = 1 250,0 kg/gün
= (1 250,0 kg/gün ) / (0,85 kg/lt) = 1 470,6 lt/gün

Çözelti yoğunluğu = % 10
Dozlama hacmi= 1 470,6 / 0,1 = 14 706 lt/gün
= 613 lt/sa

*Dozlama Pompası*

$Q_p$ = 0 - 325 lt/sa
$H_m$ = 50 m
N = 0,55 kW
Pompa sayısı = 2 asıl + 1 yedek

Çözelti hazırlama tankları CTP kaplı betonarme olacaktır. 12 'şer saatlik 2 adet çözelti hazırlama tankı alınarak her bir tankın hacmi :

V=14,71 $m^3$/gün * (12 saat) * (1/24 saat) = 7,36 $m^3$
Tank adedi = 2 asıl + 1 yedek
Hizmet süresi = 12 saat/tank
Çözelti konsantrasyonu = % 10
Tank ebadları = 1,75 * 1,75 * (2,40 + 0,50) m (0,50 m hava payıdır)
Su derinliği = 2,40 m
Hava payı = 0,50 m
Net hacim = 7,35 $m^3$
Brüt hacim = 8,88 $m^3$

*Çözelti Karıştırıcıları :*

Çözelti tanklarında, kimyasal maddelerin su ile tam karışımı kanatlı türbin karıştırıcılar ile temin edilecektir. Çözelti hazırlama tanklarında hız gradyanı G= 200 $sn^{-1}$ ve 10 $^0$C 'deki %10 'lik kireç çözeltisinin dinamik viskositesi $\mu = 1,31 * 10^{-3}$ N.sn/$m^2$ alınarak çözeltiye verilmesi gerekli güç:

$$P = \mu * G^2 * V$$
$$= 1,31 * 10^{-3} * (200)^2 * 7,35$$
$$= 385 \text{ watt.}$$

Motor verimi %70 kabul edilerek, Motor gücü :
$P_m$= 385 / (0,70 *1 000) =0,55 kW bulunur.

Karıştırıcı adedi n=3 adet

Hız Gradyanı G=200 $sn^{-1}$

Seçilen Motor Gücü $P_m$ = 0,55 kW.

**e-) Potasyum Permanganat (KMnO4) Ünitesi**

**(Gelecekte ihtiyaç halinde kullanılacaktır)**

$KMnO_4$ toz halde temin edilecektir. Bu nedenle toz haldeki ambalajların 1 m istif yüksekliğine göre kaplayacağı bir alanın depolamaya ayrılması gerekecektir.

*Depolama Hesabı:*

Depolama süresi : 6 ay

Depolamaya esas dozaj : 1 mg/lt = 0,001 kg/$m^3$

Birim ağırlığı : 1,2 kg/lt

Günlük tüketim miktarı = 0,001 (kg/$m^3$) x 42 500 ($m^3$/gün) = 42,5 kg/gün

Günlük tüketim hacmi = 42,5 (kg/gün) / 1,2 (kg/lt) = 35,4 lt/gün

= 0,036 $m^3$/gün

Depolama hacmi = 0,036 ($m^3$/gün) x 30 (gün) x 6 (ay) = 6,48

h=1,62 m için minimum depolama :

Kimya binası içinde potasyum permanganat depolama alanı olarak 4 $m^2$ yer ayrılması gerekmektedir.

*Potasyum Permanganat Dozlama Hesabı:*

Maksimum dozaj = 2 mg/lt = 0,002 kg/$m^3$

Dozlama miktarı = 0,002 x 42 500 = 85 kg/gün

= 85 kg/gün / 1,2 (kg/lt) = 70,83 lt/gün

Çözelti yoğunluğu = %2

Dozlama hacmi = 70,83 / 0,02 = 3 542 lt/gün

= 148 lt/sa

Dozlama Pompası;

$Q_p$ = 0-200 lt/sa

$H_m$ = 50 m

N = 0,55 kw

Pompa sayısı = 1 asıl + 1 yedek

Çözelti hazırlama tankları CTP kaplı betonarme olacaktır. 24 saatlik 1 adet çözelti hazırlama tankı alınarak tankın hacmi :

$V=3,54\ m^3/gün * (24\ saat) * (1/24\ saat) = 3,54\ m^3$

Tank adedi = 1 asıl + 1 yedek

Hizmet süresi = 24 saat

Çözelti konsantrasyonu = % 2

Tank ebadları = 1,60 * 1,60 * (1,40 + 0,50) m (0,50 m hava payıdır)

Su derinliği = 1,40 m

Hava payı = 0,50 m

Net hacim = $3,54\ m^3$

Brüt hacim = $4,86\ m^3$

*Çözelti Karıştırıcıları :*

Çözelti tanklarında, kimyasal maddelerin su ile tam karışımı kanatlı türbin karıştırıcılar ile temin edilecektir. Çözelti hazırlama tanklarında hız gradyanı G= 150 $sn^{-1}$ ve 10 $^0C$ 'deki %2 'lik potasyum permanganat çözeltisinin dinamik viskositesi $\mu = 1,31 * 10^{-3}\ N.sn/m^2$ alınarak çözeltiye verilmesi gerekli güç:

$$P = \mu * G^2 * V$$
$$= 1,31 * 10^{-3} * (150)^2 * 3,54$$
$$= 105\ watt.$$

Motor verimi %70 kabul edilerek, Motor gücü :

$P_m = 105 / (0,70 * 1\ 000) = 0,150\ kW$ bulunur.

Karıştırıcı adedi n=2 adet

Hız Gradyanı $G=150\ sn^{-1}$

Seçilen Motor Gücü $P_m = 0,20\ kW$.

**f-) Aktif Karbon (Gelecekte ihtiyaç halinde kullanılacaktır)**

Su kirliliğinde gelecekte oluşabilecek kirliliğin bertarafı için aktif karbon kullanılacak ve kimya binasında rezerv yer ayrılacaktır.

*Depolama Hesabı :*

Depolama süresi = 2 ay

Depolamaya esas dozaj = 10,0 mg/lt = $0,010\ kg/m^3$

Günlük tüketim miktarı = $0,010\ (kg/m^3) \times 42\ 500\ (m^3/gün) = 425\ kg/gün$

Günlük tüketim hacmi = 425 (kg/gün) / 0,60 (kg/lt) ≅ 708 lt/gün = 0,71 $m^3$/gün
Depolama hacmi = 0,71 ($m^3$/gün) x 30 (gün) x 2 ay ≅ 42,6 $m^3$
Depo Yüksekliği = 1,0 m alınarak depolama alanı 43 $m^2$ olarak bulunur.

Aktif Karbon *Dozlama Hesabı*

| | |
|---|---|
| Q | = 42 500 $m^3$/gün |
| Maksimum dozaj | = 20 mg/lt = 0,020 kg/$m^3$ |
| Dozlama miktarı | = 0,020 x 42 500 = 850 kg/gün |
| | = 850 (kg/gün) / 0,6 (kg/lt) = 1 416,7 lt/gün |
| Çözelti yoğunluğu | = % 10 |
| Dozlama hacmi | = 1 416,7 / 0,10 = 14 167 lt/gün |
| | = 590 lt/sa |

*Dozlama Pompası*

| | |
|---|---|
| $Q_p$ | = 0 - 300 lt/sa |
| $H_m$ | = 50 m |
| N | = 0,55 kw |
| Pompa sayısı | = 2 asıl + 1 yedek |

Çözelti hazırlama tankları CTP kaplı betonarme olacaktır. 12 'şer saatlik 2 adet çözelti hazırlama tankı alınarak her bir tankın hacmi;

V = 14,2 $m^3$/gün * 12 saat * 1/24 saat = 7,10 $m^3$

| | |
|---|---|
| Tank adedi | : 2 asıl + 1 yedek |
| Hizmet Süresi | : 12 saat/tank |
| Çözelti konsantrasyonu | : % 10 |
| Tank ebatları | : 1,60 x 1,60 x (2,80 + 0,50) m |
| Su derinliği | : 1,70 m |
| Hava Payı | : 0,50 m |
| Net hacim | : 7,17 $m^3$ |
| Brüt hacim | : 8,45 $m^3$ |

*Çözelti Karıştırıcıları :*

Çözelti tanklarında, kimyasal maddelerin su ile tam karışımı kanatlı türbin karıştırıcılar ile temin edilecektir. Çözelti hazırlama tanklarında hız gradyanı G = 150 $sn^{-1}$ ve 10 $^0$C 'deki %20 'lik aktif karbon çözeltisinin dinamik viskositesi $\mu$ = 1,31 * $10^{-3}$ N.sn/$m^2$ alınarak çözeltiye verilmesi gerekli güç:

$P = \mu * G^2 * V$

$= 1{,}31 * 10^{-3} * (150)^2 * 7{,}17$

$= 212$ watt.

Motor verimi %70 kabul edilerek, Motor gücü :

$P_m = 212 / (0{,}70 * 1\,000) = 0{,}303$ kW bulunur.

Karıştırıcı adedi n=3 adet

Hız Gradyanı $G=150\ sn^{-1}$

Seçilen Motor Gücü $P_m = 0{,}35$ kW.

**KLOR BİNASI:**

Klor binası son klorlama miktarına göre boyutlandırılmıştır. Son klorlama için maksimum 5 mg/lt klor dozlaması yapılacaktır.

| Kimyasal Madde | Dozaj (mg/lt) Son klor | Saflık Oranı | Satış Şekli | Depolama Süresi |
|---|---|---|---|---|
| Klor | 5 | %99,5 | Sıvı | 1 Ay |

**a-) Depolama Hesabı**

Depolama hesabı ortalama dozlar dikkate alınarak yapılacaktır.

Son klorlama için; (5 mg/lt) / 2 = 2,5 mg/lt

Dozlama miktarı = 0,00250 (kg/m$^3$) x 42500 (m$^3$/gün) = 107 kg/gün

Depolama süresi; 1 ay

Depolama miktarı = 107 (kg/gün) x 30 (gün) = 3210 kg

Kimyasalın %99,5 saflıkta olduğu düşünülürse

Depolama miktarı = 3188 kg / 0,995 = 3226 kg ≅ 4,0 ton olacaktır.

Tesiste 1 ton'luk klor tankları kullanılırsa

Tank sayısı: n = (4,0 ton) / (1 ton/adet) ≅ 4 adet

Buna göre 1 000 kg'lık tanklardan 4 adet kullanılması gerekmektedir. Klor binasında asıl 4 adet tankın yanısıra 4 adet de yedek tankla beraber toplam 8 tank kullanılacaktır. Tanklar tek sıra halinde yerleştirilecektir. Ayrıca tank yer değiştirmelerinde kullanılmak üzere 1 adet boş tank yeri bırakılacaktır. Klor tankları yatay olarak depo edilecek olup, tank boyutları :

Çap; D = 0,80 m

Boy; L = 2,06 m'dir

Bir tankın yatay olarak kapladığı alan :

A = 2,06 x 0,80 = 1,648 m2

Buna göre 9 tank için gerekli toplam alan;

At = 1,648 x 9 ≅ 15 $m^2$ olmaktadır.

Klor, klor tankından otomatik tank değiştirme cihazı aracılığı ile klorinatörlere iletilecektir. Klorinatörden enjektör ile de bu klor, Booster pompası tarafından basılan seyreltme suyu içine ilave edilecektir. Booster pompaları klorla karışan suyu klorlama noktalarına basacaktır.

**b-) Son Klorlama İçin Dozaj Hesabı**

Son klorlama dozajı : 5 mg/lt

Son klorlama için gerekli klorinatör kapasitesi:

$Q_{klorinatör}$ = 0,005 (kg/$m^3$) x 42500 (m3/gün) = 212,50 kg/gün = 9 kg/sa

$Q_{klorinatör}$ = 0-10 kg/sa arasında dozlama yapabilecek kapasitede klorinatör kullanılacaktır.

Klorinatör sayısı; n = 1 asıl + 1 yedek

**c-) Booster Pompası Hesabı**

Klor yoğunluğu; ρ = 1,211 kg/lt

Seyreltme oranı; Qklor / Qsu = 1/50

Son klorlama için;

$Q_{klor}$ = (10 kg/sa) / (1,211 kg/lt) ≅ 9 lt/sa

$Q_{su}$ = 50 x 9 = 450 lt/sa

Ancak gerekli enjektörlerde gerekli vakumu oluşturabilmek ve tek tip standart pompa kullanmak maksadıyla booster pompaları kapasitesi aşağıdaki gibi seçilmiştir.

$Q_p$ = 4 $m^3$/sa (1,11 lt/sn)

$H_m$ = 50 m seçilmiştir.

Motor gücü;

$N_m$ = 1,5 x (1,11 x 50) / (102 x 0,60) = 1,36 kw

$N_m$ = 1,5 kw seçilmiştir.

Pompa sayısı;

n = 2 asıl + 1 yedek

olmak üzere toplam 3 adet Booster pompası makine bloğuna monte edilecektir.

## FİLTRE GERİ YIKAMA SUYU KAZANMA SİSTEMİ:

Dünyada ve ülkemizde temiz su ve su kaynakları giderek önem kazanmıştır. Bu maksatla tasfiye tesislerinde geri yıkama gibi işlemler sonucu ortaya çıkan suyun tahliye edilmek yerine tesiste tekrar kazandırılması yeni temayül haline gelmektedir. Bu amaçla uygulanan standart yaklaşım birbirini takiben iki filtre yıkamasından doğan atık suyun bir havuza sevk edilmesi ve daha sonraki filtre atık geri yıkama suyu intikal edinceye kadar bu suyun bir terfi grubu ile tesis girişine terfi edilmesidir. Bu şekilde tesis girişine terfi yapılırken üst suyun terfi edilmesi, dip çamurunun ise tesisten uzaklaştırılmasına itina gösterilmelidir. Aksi halde filtrelerden tutulan kirletici parametreler ve mikroorganizmalar tesis içinde sürekli dolaşacak olup, tesisin yükünü gereksiz yere artıracaktır. Suyun bu şekilde tasarrufu, mümkün mertebe düşük bir yatırım ve asgari düzeyde işletme ve bakım masrafları ile gerçekleştirmek en doğru yaklaşım olmaktadır. Bu ana prensip doğrultusunda önerilen tesis aşağıda özetlenmiştir.

### a-) Yıkama Suyu Geri Kazanımında Kum Tutucu Hesabı

Filtrelerin yıkanması esnasında gerek filtre malzemesi olan ince kum, gerekse suyun filtre edilmesi esnasında tutulan partiküllerin geri devir yapılırken hızlı karıştırmaya gitmesini engellemek için yıkama suyu geri kazanım tankı önüne elle temizlenebilen bir kum tutucu yapılacaktır. Bu ünite sayesinde geri devir hattında ve ünitelerde tıkanıklık ve birikim olmayacak, iletim esnasında korozyon ve pompaj arızaları azaltılacaktır. Toplanan kum gerek duyulursa yıkama, kurutma ve eleme işleminden sonra tekrar kullanılabilecektir.

Kum tanesi, küçük floklar ve tortular için çökme hızı Vç= 0,019 m/sn kabul edilirse;

Qmax = 1 560 $m^3$/sa = 0,433 $m^3$/sn (Filtre geri yıkama suyu miktarı)

Ünite adedi = 1 adet

Genişlik (B) = 1,50 m

Su yüksekliği; (h) = 1,50 m

Kesit alanı; A = 2,25 $m^2$

Yatay akış hızı;

V= Q / A = 0,19 < 0,25 m/sn

### b-) Yıkama Suyu Geri Kazanma Tankı ve Pompaları Hesabı

Yıkama suyu geri kazanma tankı:

Tank su yüksekliği (h) : 4,30 m

$\Sigma V_1$ yıkama geri kazanım = $V_{yıkama}$ x 2 = 195 ($m^3$) x 2 = 390 $m^3$

Tankın uzunluğu = 14 m

Tankın genişliği = 10 m

Toplam tank hacmi = 14 (m) x 10 (m) x 2,8 (m) = 392 $m^3$

$\Sigma\ Q_{filtre} = 195\ (m^3/filtre) \times 6\ (filtre) = 1\ 170\ m^3/gün$

Çamur yoğunlaştırıcıdan gelen üst su = 114 $m^3$/gün

$Q_{geri\ kazanım} = 1\ 170 + 114 = 1\ 284\ m^3/gün$

$Q_{geri.devir}$ , %3 çamur yoğunlaştırıcıdan ve %2,5 filtre geri yıkama suyundan olmak üzere nominal debinin %5,5 'u olarak alınmıştır.

Yıkama suyu geri kazanım pompaları :

Filtre yıkama suyu havalandırma çıkışına iletilecektir.

Bütün filtrelerin günün 24 saatlik bölümünde yıkanacağı kabulü ile;

$Q_{geri\ kazanım} = 1\ 284\ m^3/gün\ /\ 24\ (sa) = 53{,}50\ m^3/sa$

Pompa sayısı : 1 asıl + 1 yedek

$Q_{pompa} = 60\ m^3/sa\ (17\ lt/sn)$

Buna göre yıkama suyu geri kazanma tankına 1 asıl, 1 yedek olmak üzere 2 adet dalgıç tip pompa konacaktır.

**c-) Yıkama suyu Geri Kazanım Tankı Girişi Savak Yükü:**

$Q = 1{,}80 \times (L - 0{,}2h) \times h^{(3/2)}$ (Francis formülü)

$Q = 1\ 560\ m^3/sa = 0{,}433\ m^3/sn$

L : savak uzunluğu 1,10 m

h : savak üzerindeki su yüksekliği (m)

$$h = \left[ \frac{0{,}433}{(1{,}80x(L - 0{,}2h))} \right]^{(2/3)} = 0{,}38 \cong 0{,}5\ m$$

## ÇAMUR BERTARAF TESİSLERİ

### a-) Genel

Durultucudan bırakılan sıvı atıklar miktar açısından bir tesisten diğerine önemli farklılaşmalar göstermektedirler. Bunun yanında çamur kompozisyonunu da tesis devreye girmeden hassas bir şekilde belirlemek mümkün değildir. Buna rağmen kullanılması öngörülen ortalama akım dozajına, giderilmesi planlanan ortalama bulanıklık değerine ve suspansiyon madde konsantrasyonuna bağlı olarak durultma tesislerinden üretilen katı atık miktarları ile ilgili takribi değerlendirmeler yapmak mümkündür. Genelde durultuculardan çekilen çamurda katı madde miktarının %0.2 ile %2.0 mertebesinde olacağı kabul edilmektedir.

Afyon Su Arıtma Tesisinde, sade ve fakat çevreye sağlık estetik açıdan zarar vermeyen bir çözüm önerilmektedir. Buna göre durultucuların bünyesinde yer alan pompalar aracılığıyla durultucu çamuru önce çamur koyulaştırıcılara terfi edilecektir. Burada koyulaştırılan çamur, çamur pompaları ile Belt Filtreye koyulaştırıcıların üst suyu ise tesis girişine terfi edilecektir. Aşağıdaki bölümlerde üniteler detaylandırılmış ve bunlar için ön boyutlandırma hesapları yapılmıştır.

**b-) Çamur Yoğunlaştırma Tankları**

Çamur yoğunlaştırma tankı, sabit bir köprü ve dönen bir sıyırıcı ile donatılmıştır. Çamur tankı ortasından beslenir, üst suyu çıkış savaklarından alınarak, belt filtre binası içindeki geri devir pompaları emme haznesine cazibeli olarak iletilecektir.

*Giriş parametresi:*

Kuru katı madde içeriği : %2

Özgül ağırlık : 1,000 kg/m$^3$

Çamur debisi : 263 m$^3$/gün

Çamur üretimi : 5 246 kg AKM/gün

Yoğunlaştırıcı sayısı : 2 adet

Katı Madde yüklemesi (dizayn) : 25 kg AKM/m$^2$.gün

Su yüksekliği : 3,50 m

Gerekli yüzey alanı = (5 246 kg AKM/gün) / (25 kg AKM/m$^2$.gün) = 210 m$^2$

Tesiste 2 adet çamur yoğunlaştırma tankı yapılacaktır.

$$D_{yoğunlaştırıcı} = \sqrt{\frac{4xA}{\pi}} = \sqrt{\frac{4x105}{\pi}} = 11{,}56\ m = 12{,}00\ m \text{ alınacaktır.}$$

Bir havuz alanı; $A_1$ = 113 m$^2$ olacaktır.

Yüzey yüklemesi; S = 5 246 / (2 x 113) = 23,21 kg/m$^2$.gün

$V_{yoğunlaştırıcı}$ = 2 x 113 x 3,50 = 791 m$^3$

Bekletme süresi: t = (791 m$^3$) / (263 m$^3$/gün)

= 3,0 gün = 72 saat

*Çıkış parametresi :*

Kuru katı madde içeriği : %3,5

Özgül ağırlık : 1010 kg/m$^3$

$Q_{çamur}$ = 5 246 (kg AKM/gün) / [0,035 x 1010 (kg/m$^3$)] = 149 m$^3$/gün

$Q_{süpernatant}$ = 263 (m$^3$/gün) – 149 (m$^3$/gün) = 114 m$^3$/gün

**c-) Çamur Susuzlaştırma Binası**

Yoğunlaştırıcıdan alınan çamur belt filtrelerden geçilerek çamur keki haline getirilecektir. Filtrelerden çıkacak süzüntü suyu ise tesis taşkın tahliye hattına verilecektir. Belt filtre binasına cazibeli olarak iletilen çamur buradan besleme pompaları ile düzenli olarak belt filtrelere pompalanacaktır. Basma hattı üzerine konulacak statik mikserlerde PE dozlaması yapılarak çamur kekindeki katı madde konsantrasyonu arttıracaktır.

$Q_ç$ = 149 $m^3$/gün

Yoğun çamur konsantrasyonu : %3,5

Çamur keki, konsantrasyonu : %20

Katı madde = 5246 kg/gün ≅ 5,25 ton/gün

Belt filtre kapasitesi = 15 $m^3$/sa

Belt filtre sayısı = 1 adet

Belt filtre çalışma süresi; t = (149 $m^3$) / (15 $m^3$/sa) = 10 sa olacaktır.

Çamur keki miktarı = 149 ($m^3$/gün) x (3,5 / 20) = 26 $m^3$/gün

Süzüntü suyu miktarı = 149 – 26 = 123 $m^3$/gün olacaktır.

Belt filtre verimini arttırmak için besleme hattı üzerine konacak statik mikserden önce çamura polielektrolit dozlaması yapılacaktır. Polielektrolit dozajı 2 kg PE/ton.KM kabul edilmiştir.

Günlük PE ihtiyacı = (2 kg/ton) x (5,25 ton/gün) = 10,5 kg/gün

Saatlik PE ihtiyacı = (10,5 kg/gün) / (10 sa/gün) = 1,05 kg/sa olacaktır.

PE çözeltisi %0,2 yoğunlukta hazırlanarak dozlanacaktır. Buna göre çözelti debisi;

Saatlik çözelti hacmi; V = (1,05 kg/sa) / (0,002 kg/lt) = 525 lt/sa

Aynı PE hazırlama-dozlama ünitesinden çamur yoğunlaştırıcı verimini arttırmak üzere yoğunlaştırıcıya da dozlama yapılacaktır. PE dozajı Belt Filtre ile aynı kabul edilmiştir.

Toplam PE ihtiyacı;

Günlük PE miktarı = 2 x 10,5 = 21 kg/gün

Saatlik PE miktarı = 2 x 1,05 = 2,1 kg/sa

Saatlik çözelti hacmi = 2.1 x 525 = 1102.5 lt/sa

PE ünitesi kapasitesi;

Q = 1000 lt/sa seçilmiştir.

Buna göre kullanılacak PE ünitesinden 1 adet Belt Filtre Binası içinde konumlandırılacaktır. Ünite borulaması ise hem belt filtreye hem de yoğunlaştırıcıya PE çözeltisi dozlayacak şekilde düzenlenecektir.

Dozlama pompaları;

$Q_p$ = 0-500 lt/sa (0,14 lt/sn)

$H_m$ = 50 m

$N_m$ = 0,55 kw

Pompa sayısı = 2 asıl + 1 yedek

**Pnömatik Sistem Hava Kompresörü**

Tesisteki tüm pnömatik kapak ve vanaların operasyonunda kuru ve temiz havayı temin edecektir. Tank basıncına göre otomatik olarak devreye girip çıkacaktır. Gerekli emniyet ventilleri, basınç göstergeleri, basınç kontrol düzeni, basınç ayar vanaları, havaya yağ karışımını önleyen tertibatı, nem tutucu, hava filtreleri gerekli hacimdeki deposu bulunacaktır.

Kapasite;

$Q$ = 60 $m^3/h$

$H_t$ = 10 Bar

Tank; V = 750 lt

N = 4,5 kw

**ÖRNEK PROJENİN HİDROLİK HESAPLARI:**
**HİDROLİK BOYUTLANDIRMAYA ESAS KAPASİTE DEĞERLERİ**

| ÜNİTE | DİZAYN KAPASİTESİ $m^3$/gün | $m^3$/sn | AŞIRI YÜKLEME TAHKİKİ |
|---|---|---|---|
| Havalandırma | 42 500 | 0,492 | - |
| Ön ozonlama | 44 840 | 0,519 | - |
| Hızlı karıştırma ve floklaştırma tesisleri | 44 840 | 0,519 | Bir ünite devre dışı diğer üniteler devrede iken |
| Çökeltim (durultma) tesisleri | 44 840 | 0,519 | Bir ünite devre dışı diğer üniteler devrede iken |
| Hızlı kum filtre tesisleri | 43 560 | 0,504 | Bir ünite bakımda, bir ünite geri yıkamada iken |
| Klor Temas Tankı Temizsu Deposu | 42 500 | 0,492 | |
| Son klorlama | 42 500 | 0,492 | |
| Kimya Tesisleri | 42 500 | 0,492 | |
| Klor Tesisleri | 42 500 | 0,492 | |
| Çamur arıtma, çamur yoğunlaştırma, belt filtre | 42500 | 0,492 | |

Tesis nominal debinin %10 fazlasını geçirecek şekilde dizayn edilmiştir.

**Hidrolik Hesaplar (Nominal Debilere Göre)**

Akdeğirmen barajı ile arıtma tesisi arasındaki isale hattının tesis girişindeki piyezometre kotu 1 093.00 m'dir. Arıtma tesisi girişinde 2 m basınç enerji kırıcı vana ile kırılarak havalandırma yapısı serbest su kotu 1091,00 m olacaktır.

**1) Havalandırma Yapısı Yük Kayıpları**

**1.1) Kaskat Su Yükleri**

$h = [Q / (1{,}80 \times L)]^{2/3}$

$Q = 0{,}492\ m^3/sn$,

Toplam savak boyu; $L = 18$ m

- Kaskat kanalının çalışması durumunda;
  $h = [0{,}492 / (1{,}80 \times 18)]^{2/3} = 0{,}06$ m
- Birinci basamak savak kret kotu
  Maksimum su kotu – $h_{max}$= 1 091,00 – 0,06= 1 090,94 m
  Savaklarda toplam düşü yüksekliği; 2,0 m
  Çıkış kanalında maksimum su kotu= 1 091,00 – 2,0 = 1 089,00 m

*Havalandırma Çıkış Kanalı*

Son savaktan çıkış kanalına dökülen su buradan toplama kanalına geçecektir.

Kanal sonunda kritik su yüksekliği;

$d_c = [Q^2 / (b^2 \times g)]^{1/3}$

Kanal başında su yüksekliği;

$$d_o = \left[3dc^2 - \frac{2}{3} d_c\, Z_o + \frac{1}{9} Z_o^{\,2}\right]^{1/2} - \frac{2}{3} Z_o$$

$Z_o = 0$ (Kanal taban eğimi)

$d_o = (3\, d_c^2)^{1/2} = 1{,}732 \times d_c$

$Q = 0{,}492\ m^3/sn$

$b = 1{,}00$ m (Bir taraf çıkış kanalı genişliği)

$g = 9{,}81\ m/sn^2$

$d_c = [(0{,}492)^2 / (1{,}00^2 \times 9{,}81)]^{1/3} = 0{,}29$ m

$d_o = 1{,}732 \times 0{,}29 = 0{,}50$ m

Toplama bölümü su yüksekliği; 1,96 m

Toplama kanalı taban kotu; 1 089,00 – 1,96 = 1 087,04 m

**2) Havalandırma Çıkışı – Ön Ozon Temas Tankı Arası Yük Kayıpları**

**a) Sürekli Kayıplar**

Q= 0,492 $m^3/sn$

Ø800 mm Ç.B., L≅ 22,00 m

V = 0,98 m/sn J= 0,00125 m/m

Δh =J x L = 0,03 m

**b) Yersel Kayıplar**

- Havalandırma Çıkışında Boruya Giriş (Ani Daralma) Kaybı (k= 0,50)

  $\Delta h = (0,5 \times 0,98^2) / 19,62 = 0,03$ m
- Ozon Temas Tankı Dağıtma Kanalına Giriş (Ani Genişleme) Kaybı (k= 1,0)

  $\Delta h = (1,0 \times 0,98^2 / 19,62) = 0,05$ m
- *$90^0$ Dirsek Kaybı (k= 0,30)*

  $\Delta h = (0,30 \times 0,98^2) / 19,62 \cong 0,02$ m
- Toplam Yersel Kayıp

  $\Sigma\Delta h = 0,03 + 0,05 + 0,02 = 0,10$ m

**c) Toplam Yük Kaybı**

$\Delta H = 0,03 + 0,10 = 0,13$ m ~ 0,20 m

Ozon temas tankı dağıtma kanalı maksimum su kotu = 1 089,00 – 0,20 = 1 088,80 m

***3) Ozon Temas Tankı Yük Kayıpları***

Ozon temas tankı 2 gözlü olarak projelendirilmiş olup, gerektiğinde 1'i devre dışı bırakılabilecektir.

**3.1) Dağıtma Kanalından Giriş Kanalına Geçiş Kaybı**

Dağıtma kanalından her tankın giriş kanalına geçiş 1,00 x 1,00 m ebatlarındaki boşluklardan yapılacaktır.

- *İki tank çalışması durumunda*

  Q / 2 = 0,519 / 2 = 0,26 $m^3/sn$

  A = 1,00 x 1,00 = 1,00 $m^2$ (Boşluk Alanı)

  V = 0,26 / 1,0 = 0,26 m/sn

  C = 0,62

  Δh = $0,26^2 / (0,62^2 \times 19,62) = 0,01$ m

- *Bir tank devre dışı olması durumunda*

  Q = 0,519 $m^3$/sn

  V = 0,519 / 1,0 = 0,52 m/sn

  Max. $\Delta h = 0{,}52^2 / (0{,}62^2 \times 19{,}62) = 0{,}04$ m ~ 0,08 m

  Giriş kanalı maksimum su kotu = 1 088,80 – 0,08 = 1 088,72 m

**3.2) Giriş Kanalından Tank Haznesine Geçiş Kaybı**

Giriş kanalından tank haznesine su savaklanarak geçiş yapacaktır.

- *İki tank çalışması durumunda*

  Q / 2 = 0,519 / 2 = 0,26 $m^3$/sn

  L = 3,7 m

  $h = [0{,}26 / (1{,}80 \times 3{,}7)]^{2/3} = 0{,}12$ m

- *Bir tank devre dışı olması durumunda*

  Q = 0,519 $m^3$/sn

  $h = [0{,}519 / (1{,}80 \times 3{,}7)]^{2/3} = 0{,}18$ m

Çıkış savağı kret kotu = 1 088,72 – 0,18 = 1 088,54 m

Savak çıkışında 0,18 m düşü yapılarak;

Tankın 1. göz maksimum su kotu = 1 088,54 – 0,18 = 1 088,36 m

**3.3) Yönlendirme Perdeleri Yük Kaybı**

Tank içinde 2 adet yönlendirme perdesi bulunacaktır. Her bir perdenin oluşturduğu boşluk alanı; A= 1,5 $m^2$

- *İki tank çalışması durumunda*

  Q / 2 = 0,519 / 2 = 0,26 $m^3$/sn

  V = 0,26 / 1,5 = 0,17 m/sn

  $\Delta h = 0{,}17^2 / (0{,}62^2 \times 19{,}62) \cong 0{,}01$ m

- *Bir tank devre dışı olması durumunda*

  Q = 0,519 $m^3$/sn

  V = 0,519 / 1,5 = 0,35 m/sn

  $\max\Delta h = 0{,}35^2 / (0{,}62^2 \times 19{,}62) = 0{,}02$ m

  Tankın 2. göz max. su kotu = 1 088,36 – 0,02 = 1 088,34 m

**3.4) Çıkış Savağı**

Savak su yükleri:

- *İki tank çalışması durumunda*

  Q / 2 = 0,519 / 2 = 0,26 $m^3$/sn

  L = 3,7 m (Savak boyu)

  H = $[0,26 / (1,80 \times 3,7)]^{2/3}$= 0,12 m

- *Bir tank devre dışı olması durumunda*

  Q = 0,519 $m^3$/sn

  $h_{max}$ = $[0,519 / (1,80 \times 3,7)]^{2/3}$= 0,18 m

  Çıkış savağı kret kotu= 1 088,34 – 0,18 = 1 088,16 m

  Savak çıkışında 0,35 m düşü yapılarak

  Çıkış kanalı maksimum su kotu= 1 088,16 – 0,35 = 1 087,81 m

**3.5) Çıkış Kanalından Toplama Kanalına Geçiş Kaybı**

Her tankın çıkış kanalından toplama kanalına geçiş giriş kanalında olduğu gibi 1,00 x 1,00 m ebatlarındaki boşluklardan yapılacaktır.

- *İki tank çalışması durumunda*; $\Delta h$= 0,01 m
- *Bir tank devre dışı olması durumunda*; max$\Delta h$= 0,05 m

  Toplama kanalı maksimum su kotu;

  1 087,81 – 0,05 = 1 087,76 m olacaktır.

## *4) Ozon Temas Tankı Çıkışı – Hızlı Karıştırma Tankı Arası Yük Kayıpları*

**a) Sürekli Kayıplar**

Q= 0,519 $m^3$/sn

Ø800 mm Ç.B., L ≅ 5 m

V = 1,04 m/sn J = 0,00135 m/m

$\Delta h$ =J x L = 0,01 m

**b) Yersel Kayıplar**

- Ozon Temas Tankı Çıkışında Boruya Giriş (Ani Daralma) Kaybı (k= 0,50)

  $\Delta h$= $(0,5 \times 1,04^2) / 19,62$= 0,03 m

- Hızlı Karıştırma Tankı Kanal Girişi (Ani Genişleme) Kaybı (k= 1,0)

  $\Delta h$= $(1,0 \times 1,04^2) / 19,62$= 0,06 m

- Toplam Yersel Kayıp

  $\Sigma\Delta h$= 0,03 + 0,06 = 0,09 m

**c) Toplam Yük Kaybı**

$\Delta H = 0{,}01 + 0{,}09 = 0{,}10$ m

Hızlı Karıştırma Tankı Giriş Kanalı Maksimum Su Kotu;

1 087,76 – 0,10 = 1 087,66 m olacaktır.

**5)Hızlı – Yavaş Karıştırma – Durultucu Yük Kayıpları**

**5.1) Hızlı Karıştırıcı Girişi**

Hızı karıştırıcıya giriş 1000 x 1000 mm penstoklar vasıtası ile gerçekleştirilecektir.

- *İki ünite çalışması durumunda;*

  Q = 0,519 / 2 = 0,26 $m^3/sn$

  V = 0,26 / 1,0 = 0,26 m/sn

  Hmax = $0{,}26^2 / (0{,}62^2 \times 19{,}62) = 0{,}01$ m

- *1 Ünitenin devre dışı kalması durumunda;*

  Q = 0,519 / 1 = 0,52 $m^3/sn$

  V = 0,52 / 1,0 = 0,52 m/sn

  Hmax = $0{,}52^2 / (0{,}62^2 \times 19{,}62) = 0{,}04$ m

Kapaklardan geçen su her bir tankta bulunan 2,0 x 0,5 m ebadındaki batık savaktan geçerek hızlı karıştırıcıya ulaşır.

- *İki tank çalışması durumunda;*

  Q/2 = 0,519 / 2 = 0,26 $m^3/sn$

  A = 2 x 0,5 = 1,0 $m^2$

  V = 0,26 / 1,0 = 0,26 m/sn

  Hmax = $0{,}26^2 / (0{,}62^2 \times 19{,}62) = 0{,}01$ m

- *1 tankın dere dışı kalması durumunda;*

  Q = 0,519 / 1 = 0,52 $m^3/sn$

  V = 0,52 / 1,0 = 0,52 m/sn

  Hmax = $0{,}52^2 / (0{,}62^2 \times 19{,}62) = 0{,}04$ m

  Hızı karıştırıcı yapısında Maksimum Su Kotu :

  1 087,66 – 0,04 - 0,04 = 1 087,58 m

**5.2) Hızlı Karıştırıcı Çıkışı Savak Su Yükleri**

Q= 0,519 $m^3$/sn

Savak boyu; L= 2,0 m

Ünite sayısı; 2 Adet

Savak yükleri;

*2 ünite devrede iken*

$h_{max}$= [0,519 / (1,80 x 4,0)]$^{2/3}$ = 0,17 m

*1 ünite devre dışı iken*

$h_{max}$= [0,519 / (1,80 x 2,0)]$^{2/3}$ = 0,27 m

Savak kret kotu= 1 087,58 – 0,27 = 1 087,31 m

Savak çıkışında 0,25 m düşü yapılarak;

Giriş kanalı maksimum su kotu= 1 087,31 – 0,25 = 1 087,06 m olacaktır.

**5.3) Yavaş Karıştırma Giriş Kanalı – Yavaş Karıştırma Tankı Arası Yük Kaybı**

Yavaş karıştırma giriş kanalından her bir yavaş karıştırma tankına 800 x 800 mm ebadındaki penstoklar vasıtasıyla geçiş yapılacaktır.

- *4 ünite çalışması durumunda*

  $Q_1$ = 0,519 / 4 = 0,13 $m^3$/sn (1 ünite debisi)

  V = 0,13 / 0,64=0,20 m/sn

  $\Delta h$ = $0,20^2$ / ($0,62^2$ x 19.62) ≅ 0,01 m

- *1 ünite devre dışı kalması durumunda*

  Q1 = 0,519 / 3 = 0,173 $m^3$/sn

  V = 0,173 / 0,64=0,27 m/sn

  $\Delta h$ = $0,27^2$ / ($0,62^2$ x 19,62) = 0,01 m

Yavaş Karıştırma tankı maksimum su kotu = 1 087,06 – 0,01 = 1 087,05 m

**5.4) Yavaş Karıştırma Tankı Çıkış Savakları**

Yavaş karıştırma tankında bulunan savaklardan alınan su durultucu giriş yapısına iletilecektir.

$Q_1$ = 0,519 $m^3$/sn

L = 5 m (Toplam Savak Boyu)

- *4 Tankın çalışması durumunda*

  Q = 0,519 / 4 = 0,13 $m^3$/sn

  $\Delta h = [0,13/(1,80x5)]^{2/3} \cong 0,06$ m

- *1 Tankın devre dışı kalması durumunda*

  $Q = 0{,}519 / 3 = 0{,}173\ m^3/sn$

  $\Delta h = [0{,}173/(1{,}80x5)]^{2/3} \cong 0{,}07\ m$

  Savak kret kotu = 1 087,05 – 0,07 = 1 086,98 m

  Savak çıkışında 20 cm düşü yapılacaktır.

  Yavaş karıştırıcı çıkış yapısı su kotu: 1 086,98- 0,20 = 1086,78 m

**5.5) Durultucu Giriş Yapısı Kayıpları**

Yavaş karıştırma tankından savaklanarak çıkış yapısına gelen su durultucu girişine ulaşarak burada 800 x 800 mm ebadındaki penstoklar vasıtasıyla her bir tankın iki tarafında bulunan giriş kanalındaki Ø 150 mm çapındaki 40 adet PVC borudan geçerek durultucuya girecektir.

Kapaklardan geçerken yük kaybı 1 cm hesaplanmıştır.

Durultucu giriş kanalında maksimum su kotu = 1086,77 m

$Q = 0{,}519\ m^3/sn$

- *4 ünite çalışması durumunda*

  $Q = (0{,}519 / 4) = 0{,}13\ m^3/sn$

  $A_T = 40 \times 3{,}14 \times \square(0{,}15)^2 / 4 = 0{,}71\ m^2$

  $V = 0{,}13 / 0{,}71 = 0{,}18\ m/sn < 0.30\ m/sn$

  $\Delta h = 0{,}18^2 / (0{,}62^2 \times 19{,}62) \cong 0{,}01\ m$

- *1 ünite devre dışı kalması durumunda*

  $Q = (0{,}519 / 3) = 0{,}173\ m^3/sn$

  $V = 0{,}173 / 0{,}71 = 0{,}24\ m/sn < 0.30\ m/sn$

  $\Delta h = 0{,}24^2 / (0{,}62^2 \times 19{,}62) \cong 0{,}01\ m$

Durultucu maksimum su kotu = 1 086,77 – 0,01 = 1 086,76 m olacaktır.

**5.6) Durultucu Kayıpları**

Durultucudan çıkan su Ø 300 mm çapında PVC borularla toplanıp, çıkış kanalına verilecektir.

**a) Borudaki Orifis Kayıpları (1 Tank devre dışı iken)**

$Q_{max} = 0{,}519 / (3x5) = 0{,}035\ m^3/sn$

Boru sayısı 5 adet (1 adet durultucuda)

Boru çapı = Ø 300 mm

Orifis Sayısı = 120 adet

Orifis Çapı = Ø 30 mm (Kesit alanı, $A = 0{,}0007\ m^2$)

Orifis başına debi = 0,035 / 120 =0,0003 $m^3$/sn

AT = 120 x 0,0007 = 0,084 $m^2$

V = 0,035 ($m^3$/sn) / 0,084 ($m^2$) = 0,42 m/sn

h = $V^2$ / ($C^2$ x 2g); C = 0,62

h = $0,42^2$ / ($0,62^2$ x 19,62) = 0,03 m

**b) Su Toplama Borusu Hesabı**

Boru sonunda kritik kesitte su derinliği;

$$dc = \left[q^2 /(b^2 x g)\right]^{1/3} = \left[0,035^2 /(0,30^2 x 9,81)\right]^{1/3}$$

dc ≅ 0,11 m

Boru eğimsiz döşenecektir. (Z = 0)

Boru başlangıcında su derinliği;

$D_o$ = 1,732 x $d_c$ = 1,732 x 0,11 = 0,19 m

Toplam kayıplar = $h_o$ + $d_o$ = 0,03 + 0,19 = 0,22 m

Boru Taban Kotu = 1 086,76 – 0,22 = 1 086,54 m

Ø 300 PVC borudan ana toplama kanalına geçişte 0,18 m düşü kabul edilerek;

Toplama (çıkış) kanalı maksimum su kotu = 1 086,54 – 0,18 = 1 086,36 m

Filtre giriş kanalı maksimum su kotu = 1 086,36 m

**6) Hızlı Kum Filtre Kayıpları**

**6.1) Filtre Giriş Kanalı**

Durultucu çıkış kanalından doğrudan filtre giriş kanalına gelen su her bir girişinde bulunan 600 x 600 mm ebadındaki penstoklardan geçerek yaklaşım kanalına akacaktır.

Q = 0,504 $m^3$/sn

Filtre sayısı = 6 adet (2'si bakımda)

$Q_1$ = 0,504 / 4 = 0,126 $m^3$/sn

Geçiş boşluk ebadı = 0,6 x 0,6 = 0,36 $m^2$

Geçiş hızı = 0,126 / 0,36 = 0,35 m/sn

h = $V^2$ / ($C^2$x2 g) : C = 0,62

h = $0,35^2$ / ($0,62^2$ x 19,62) ≅ 0,02 m

Her bir filtre yaklaşım kanalı maksimum su kotu : 1 086,36-0,02 = 1 086,34 m

Yaklaşım kanalından filtrelere önce her bir filtrede 2 adet 1,0 x 0,6 m ebadındaki deliklerden, daha sonra toplam 20 m uzunluğundaki bağlantı kanalında bulunan 40 adet Ø 100 mm çapında PVC borulardan geçerek filtrelere ulaşacaktır.

$Q_1$ = 0,126 $m^3$/sn

$A_T$ = 40 x 3,14 x $(0,10)^2/4$ = 0,314 $m^2$

V = 0,126 / 0,314 = 0,40 m/sn

h = $0,40^2 / (0,62^2 \times 19.62) \cong 0,02$ m

Yaklaşım kanalı filtre arası 5 cm düşü kabul edilerek,

1 086,34 – 0,05 = 1 086,29 m

**6.2) Filtre Kanalı (Geri Yıkama Suyu Çıkış Kanalı)**

Filtre geri yıkama sırasında geri yıkama suyu her bir filtrenin ortasında bulunan kanala dökülecek ve oradan 700 x 700 mm penstoklar vasıtasıyla filtre geri yıkama suyu tutma tankına ulaştırılacaktır.

Q = 1 560 $m^3$ / sa = 0,433 $m^3$/sn

Savak boyu; L = 2 x 10 = 20 m

Savak su yükü;

$h = [0,433/(1,80x20)]^{2/3} \cong 0,05$ m

Savak kret kotu filtre kum seviyesinin 40 cm üzerinde planlanacaktır.

**6.3) Filtre Yük Kaybı**

**a) Kum yatağında yük kaybı :**

Efektif dane çapı (d) : 0,80 mm

Porozite (f) : 0,40

Kinematik visk. (v) : 1,31x10-6 $m^2$/sn

Karmen – Kozeny denklemine göre :

$$\frac{\Delta H}{L} = 180x\left[\frac{(v)}{g}\right]x\left[\frac{(1-f)^2}{f^3}\right]x\left[\frac{V}{(Sd)^2}\right]$$

Şekil faktörü (S) : 1,0

Kum yatak kalınlığı : 1,00 m

Filtredeki kum yatak kalınlığı 1,00 m olması ve filtre yatağı malzemesinin temiz olması esas alınarak yük kayıpları hesaplanmıştır.

4 ünitenin çalışması, 2 ünitenin bakıma alınması ile filtredeki oluşan maksimum su hızı 7,56 m/sa: (bakınız Bölüm 1.1.3.1/(9a))

V = 7,56 m/sa = 0,0021 m/sn

$$\frac{\Delta H}{0{,}80} = 180x\left[\frac{1{,}31x10^{-6}}{9{,}81}\right]x\left[\frac{(1-0{,}4)^2}{0{,}4^3}\right]x\left[\frac{0{,}0021}{(1x0{,}80x10^{-3})^2}\right]$$

ΔH = 0,36 m

**b) 1. çakıl yatağında yük kaybı :**

$$\Delta H = \frac{1{,}067}{\Phi} + C_D x \frac{1}{4} x \frac{L}{d} x \frac{V^2}{g}$$

Şekil faktörü Φ : 1,0

Yatak kalınlığı L : 0,10 m

Çakıl boyutu d : 3,6 x $10^{-3}$ m

Filtrasyon hızı V : 0,0021 m/sn

Kinematik visk. (v) : 1,31x10-6 $m^2$/sn

Drag katsayısı ; $C_D$

$$C_D = \frac{24}{Re} + \frac{3}{\sqrt{Re}} + 0{,}34 \qquad (1 < Re < 10^4 \text{ için})$$

$$C_D = \frac{24}{Re} \qquad (Re < 1 \text{ için})$$

$$Re = \frac{Vxd}{v} = \frac{0{,}0021x3{,}6x10^{-3}}{1{,}31x10^{-6}} = 5{,}77 \qquad Re > 1$$

$$C_D = \frac{24}{5{,}77} x \frac{3}{\sqrt{5{,}77}} + 0{,}34 = 5{,}75$$

$$\Delta H = \frac{1{,}067}{1} x5{,}75x\frac{1}{4}x\frac{0{,}10}{3{,}6x10^{-3}}x\frac{(0{,}0021)^2}{9{,}81} = 1{,}91x10^{-5} \cong 2 \text{ x } 10^{-5} \text{ m}$$

ΔHb = 0,0 m kabul edilebilir.

**c) 2. Çakıl Yatağında Yük Kaybı :**

Sıfıra yakın yük kayıpları 10 cm kalınlığındaki 2. çakıl yatağı için de elde edilir.

$\Delta Hc = 0{,}0$ m kabul edilebilir.

**d) Filtre tabanında yük kaybı :**

Bir filtredeki nozul sayısı : 3 072 adet

Bir nozuldaki yarık alanı : $4{,}23 \times 10^{-4}$ m$^2$

Buna göre toplam yarık alanı :

$\Sigma A = 3\,072 \times 4{,}23 \times 10^{-4} = 1{,}30$ m$^2$

Yarıklardaki hız :

$Q = (43\,560$ m$^3$/gün / 4) = 10 890 m$^3$/gün= 0,126 m$^3$/sn

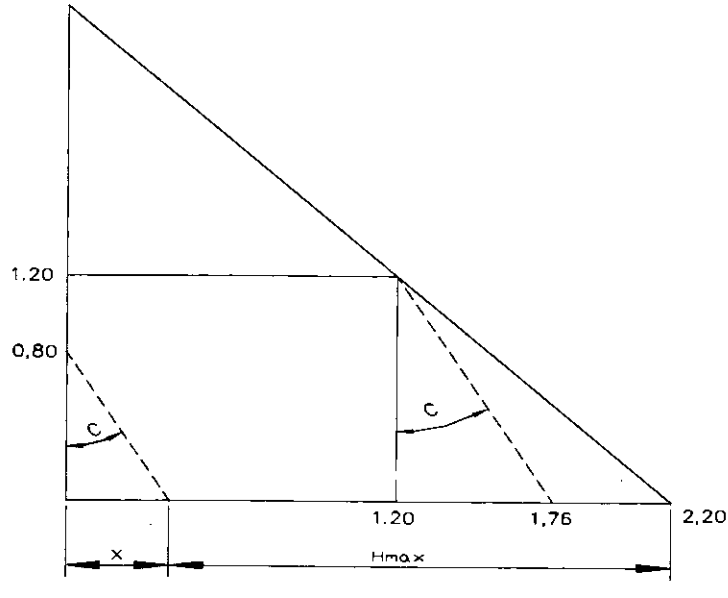
$$V = \frac{Q}{\Sigma A} = \frac{0{,}126}{1{,}30} = 0{,}10 \text{ m/sn}$$

Yük kaybı :

$$\Delta H = 0{,}60 \frac{V^2}{2g} = 0{,}60 \times \frac{0{,}10^2}{19{,}62} = 4 \times 10^{-4}$$

$\Delta H = 0{,}0$ m kabul edilebilir.

**e) Çalışma sırasında filtre kumunun 0,40 m derinliğe kadar kirlenmesi durumunda meydana gelecek maksimum yük kaybı;**



Su yüksekliği : H= 1,00 m

Kum kalınlığı : L= 1,00 m

Çakıl kalınlığı : $L_1$= 0,20 m

Toplam kalınlık : $L_t$= 2,20 m

Temiz filtre yük kaybı : $\Delta h$= 0,44 m

$\tan \alpha = (1,76 - 1,20) / 1,2 = 0,4667$

$x = 0,80 * \tan\alpha = 0,80 \times 0,56 = 0,373$ m

Meydana gelecek maksimum yük kaybı;

$H_{max}$= 2,20 – 0,45 = 1,827 m olacaktır.

Buna göre filtre çalışırken meydana gelebilecek maksimum yük kaybına ulaşıldığında filtre devreden çıkarılarak yıkamaya alınmalıdır.

Filtre çıkışında maksimum su kotu;

1 086,29 – 1,827 = 1 084,463 m olacaktır.

**6.4)Filtre Çıkış Boruları**

**a) Sürekli Kayıplar**

- *Ø500 mm ÇB* *L ≅ 3,0 m*

  Q = 0,504 / 4 = 0,126 $m^3$/sn

  V = 0,66 m/sn

  J = 0,00099

  h = J x L = 0,003 m ihmal edildi.

- *Ø350 mm Ç.B., L ≅ 3,0 m*

  Q = 0,126 $m^3$/sn

  V = 1,26 m/sn

  J = 0,00576 m/m

  h = J x L = 0,02 m

- *Ø800 mm Ç.B.,* *L= 45 m*

  Q= 0,504 $m^3$/sn

  $V_{max}$= 1,01 m/sn

  J= 0,00128 m/m

  J x L = 0,06 m

- *Toplam Sürekli Kayıp*

  ΣJ x L = 0,02 + 0,06 = 0,08 m

**b) Yersel Kayıplar**

- *Filtre Tabanından Ø600 mm Boruya Giriş (Ani Daralma) Kaybı (k= 0,5)*

  $Q = 0{,}126\ m^3/s$

  $V = 0{,}45\ m/sn$

  $\Delta h = (0{,}5 \times 0{,}45^2) / 19{,}62 = 0{,}01\ m$

- *T Parçası (Ø350/600) kaybı (k=1,45)*

  $Q = 0{,}126\ m^3/s$

  $V = 1{,}26\ m/s$

  $\Delta h = (1{,}45 \times 1{,}26^2)/19{,}62 = 0{,}12\ m$

- *Demontaj Parçası (Ø350 mm) Kaybı (k= 0,05)*

  $\Delta h = (0{,}05 \times 1{,}26^2) / 19{,}62 = 0{,}01\ m$

- *Oransal Kelebek Vana (Ø350 mm) Kaybı (k= 3,91)*

  $\Delta h = (3{,}91 \times 1{,}26^2) / 19{,}62 = 0{,}32\ m$

- *T Parçası (Ø350 / 800) Kaybı (k= 1,45)*

  $\Delta h = (1{,}45 \times 1{,}26^2) / 19{,}62 = 0{,}12\ m$

- *Debimetre (Ø800 mm) Kaybı (k= 0,10)*

  $Q = 0{,}504\ m^3/sn$, $V = 1{,}01\ m/sn$

  $\Delta h = (0{,}10 \times 1{,}01^2) / 19{,}62 = 0{,}01\ m$

- *Demontaj Parçası (Ø800) Kaybı (k= 0.05)*

  $\Delta h = (0{,}05 \times 1{,}01^2) / 19{,}62 \cong 0{,}01\ m$

- *Kelebek Vana (Ø800) Kaybı (k= 0,30)*

  $\Delta h = (0{,}30 \times 1{,}01^2) / 19{,}62 \cong 0{,}02\ m$

- *Geri Yıkama Suyu Emme Haznesine Giriş (ani genişleme) Kayıp (k= 1,0)*

  $\Delta h = (1{,}0 \times 1{,}01^2) / 19{,}62 = 0{,}05\ m$

- *Toplam Yersel Kayıp*

  $\Sigma\Delta h = 0{,}01 + 0{,}12 + 0{,}01 + 0{,}32 + 0{,}12 + 0{,}01 + 0{,}01 + 0{,}02 + 0{,}05 = 0{,}67\ m$

**c) Toplam Boru Yük Kaybı**

$\Delta H = 0{,}08 + 0{,}67 = 0{,}75$ m

$\Delta H = 0{,}90$ m kabul edilmiştir.

Filtre çıkış haznesi (Geri yıkama suyu emme haznesi)

Maksimum su kotu; 1 084,54 – 0,90 = 1 083,64 m olacaktır.

**7) Filtre Çıkış Haznesi – Klor Temas Tankı Arası Yük Kayıpları**

Filtrelenmiş su çıkış haznesinden Ø800 mm çelik boru ile klor temas tankı dağıtım kanalına iletilecektir.

**a) Sürekli Kayıplar**

$Q = 0{,}492$ m³/sn

Ø800 mm Ç.B., $L \cong 18$ m

$V = 0{,}98$ m/sn, $J = 0{,}00125$ m/m

$h = J \times L = 0{,}03$ m

**b) Yersel Kayıplar**

Kayıp Katsayıları

- Boruya giriş (Ani daralma) : $k = 0{,}50$
- 900 Dirsek (3 adet) : $k = 0{,}90$
- Hazneye Giriş (Ani Genişleme) : $k = 1{,}00$

Toplam: $\Sigma k = 2{,}40$

$\Delta h = (2{,}4 \times 0{,}98^2) / 19{,}62 = 0{,}12$ m

**c) Klor Temas Tankı dağıtım yapısından her bir klor temas tankına 1000 x 1000 mm kapaklar vasıtasıyla geçiş yapılacaktır.**

Geçiş boşluk ebadı : 1,00 x 1,00 m

$Q = 0{,}492$ m³/sn

$V = (0{,}492 \text{ m}^3/\text{sn}) / 1{,}00 \text{ m}^2 = 0{,}49$ m/sn

$\Delta h = V^2 / (C^2 \times 2g)$ : $C = 0{,}62$

$\Delta h = 0{,}49^2/(0{,}62^2 \times 19{,}62) \cong 0{,}04$ m

**d) Toplam Yük Kaybı**

$\Delta H = 0{,}03 + 0{,}12 + 0{,}04$ m $= 0{,}20$ m

$\Delta H \cong 0{,}26$ m kabul edilmiştir.

Klor Temas Tankı Maksimum Su Kotu;

1 083,64 – 0,26 = 1 083,38 m

**8) Klor Temas Tankı – Temizsu Tankı Yük Kayıpları**

Klor temas tankına gelen su şaşırtma perdeleri arasından geçerek çıkış savaklarına ulaşacaktır. Perdeler arasındaki akış hızları çok küçük olması sebebiyle tank içinde yük kaybı oluşmayacaktır. Çıkış savaklarında meydana gelecek su yükleri aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

Q= 0,492 $m^3/sn$

L= 4,00 m (Bir tank savak boyu)

- *İki tank çalışması durumunda;*

  $h = [0,492 / (1,80 \times 2 \times 4,00)]^{2/3} = 0,11$ m

- *Bir tank devre dışı olması durumunda;*

  $h= [0,492 / (1,80 \times 4,00)]^{2/3} = 0,17$ m

  Savak kret kotu= 1083,38 – 0,17 = 1 083,21 m

  Savak çıkışında 0,16 m düşü yapılarak;

  Temizsu tankı maksimum su kotu= 1 083,21 – 0,16 = 1 083,05 m olacaktır.

**2.3.3 Hidrolik Hesaplar (Maksimum Debiler İçin)**

Yukarıda nominal debi için yapılan hesaplar, nominal debinin %10 fazlası olan maksimum debi Q= 46 750 $m^3$/gün için tekrarlanarak hidrolik hesaplar aşağıda verilmiştir.

**1) Havalandırma Yapısı Yük Kayıpları**

**1.1) Kaskat Su Yükleri**

$h= [Q / (1,80 \times L)]^{2/3}$

Q= 0,541 $m^3/sn$,

Toplam savak boyu; L = 18 m

- Kaskat kanalının çalışması durumunda;

  $h= [0,541 / (1,80 \times 18)]^{2/3}= 0,06$ m

- Birinci basamak savak kret kotu

  Maksimum su kotu – $h_{max}$= 1 091,00 – 0,06= 1 090,94 m

  Savaklarda toplam düşü yüksekliği; 2,0 m

  Çıkış kanalında maksimum su kotu= 1 091,00 – 2,0 = 1 089,00 m

*Havalandırma Çıkış Kanalı*

Son savaktan çıkış kanalına dökülen su buradan toplama kanalına geçecektir.

Kanal sonunda kritik su yüksekliği;

$d_c = [Q^2 / (b^2 \times g)]^{1/3}$

Kanal başında su yüksekliği;

$$d_o = \left[3dc^2 - \frac{2}{3} d_c Z_o + \frac{1}{9} Z_o^2\right]^{1/2} - \frac{2}{3} Z_o$$

$Z_o = 0$ (Kanal taban eğimi)

$d_o = (3\ d_c^2)^{1/2} = 1{,}732 \times d_c$

$Q = 0{,}492\ m^3/sn$

$b = 1{,}00\ m$ (Bir taraf çıkış kanalı genişliği)

$g = 9{,}81\ m/sn^2$

$d_c = [(0{,}541)^2 / (1{,}00^2 \times 9{,}81)]^{1/3} = 0{,}31\ m$

$d_o = 1{,}732 \times 0{,}31 = 0{,}54\ m$

Toplama bölümü su yüksekliği; 1,96 m

Toplama kanalı taban kotu; 1 089,00 – 1,96 = 1 087,04 m

**2) Havalandırma Çıkışı – Ön Ozon Temas Tankı Arası Yük Kayıpları**

**a) Sürekli Kayıplar**

$Q = 0{,}541\ m^3/sn$

Ø800 mm Ç.B., $L \cong 22{,}00\ m$

$V = 1{,}04\ m/sn$ $J = 0{,}00148\ m/m$

$\Delta h = J \times L = 0{,}04\ m$

**b) Yersel Kayıplar**

- Havalandırma Çıkışında Boruya Giriş (Ani Daralma) Kaybı (k= 0,50)

  $\Delta h = (0{,}5 \times 1{,}04^2) / 19{,}62 = 0{,}03\ m$

- Ozon Temas Tankı Dağıtma Kanalına Giriş (Ani Genişleme) Kaybı (k= 1,0)

  $\Delta h = (1{,}0 \times 1{,}04^2 / 19{,}62) = 0{,}06\ m$

- *$90^0$ Dirsek Kaybı (k= 0,30)*

  $\Delta h = (0{,}30 \times 1{,}04^2) / 19{,}62 \cong 0{,}02\ m$

- Toplam Yersel Kayıp

  $\Sigma\Delta h = 0{,}03 + 0{,}06 + 0{,}02 = 0{,}12\ m$

**c) Toplam Yük Kaybı**

$\Delta H = 0{,}04 + 0{,}12 = 0{,}16$ m ~ 0,20 m

Ozon temas tankı dağıtma kanalı maksimum su kotu = 1 089,00 – 0,20 = 1 088,80 m

**3) Ozon Temas Tankı Yük Kayıpları**

Ozon temas tankı 2 gözlü olarak projelendirilmiş olup, gerektiğinde 1'i devre dışı bırakılabilecektir.

**3.1) Dağıtma Kanalından Giriş Kanalına Geçiş Kaybı**

Dağıtma kanalından her tankın giriş kanalına geçiş 1,00 x 1,00 m ebatlarındaki boşluklardan yapılacaktır.

- *İki tank çalışması durumunda*

  Q / 2 = 0,571 / 2 = 0,29 $m^3$/sn

  A = 1,00 x 1,00 = 1,00 $m^2$ (Boşluk Alanı)

  V = 0,29 / 1,0 = 0,29 m/sn

  C = 0,62

  $\Delta h = 0{,}29^2 / (0{,}62^2 \times 19{,}62) = 0{,}01$ m

- *Bir tank devre dışı olması durumunda*

  Q = 0,571 $m^3$/sn

  V = 0,571 / 1,0 = 0,57 m/sn

  Max. $\Delta h = 0{,}57^2 / (0{,}62^2 \times 19{,}62) = 0{,}04$ m ~ 0,07 m

  Giriş kanalı maksimum su kotu = 1 088,80 – 0,07 = 1 088,73 m

**3.2) Giriş Kanalından Tank Haznesine Geçiş Kaybı**

Giriş kanalından tank haznesine su savaklanarak geçiş yapacaktır.

- *İki tank çalışması durumunda*

  Q / 2 = 0,571 / 2 = 0,29 $m^3$/sn

  L = 3,7 m

  $h = [0{,}29 / (1{,}80 \times 3{,}7)]^{2/3} = 0{,}12$ m

- *Bir tank devre dışı olması durumunda*

  Q = 0,571 $m^3$/sn

  $h = [0{,}571 / (1{,}80 \times 3{,}7)]^{2/3} = 0{,}19$ m

Çıkış savağı kret kotu = 1 088,73 – 0,19 = 1 088,54 m
Savak çıkışında 0,17 m düşü yapılarak;
Tankın 1. göz maksimum su kotu = 1 088,54 – 0,17 = 1 088,37 m

**3.3) Yönlendirme Perdeleri Yük Kaybı**

Tank içinde 2 adet yönlendirme perdesi bulunacaktır. Her bir perdenin oluşturduğu boşluk alanı; A= 1,5 $m^2$

- *İki tank çalışması durumunda*

Q / 2 = 0,571 / 2 = 0,29 $m^3$/sn
V = 0,29 / 1,5 = 0,19 m/sn
$\Delta h$ = $0,19^2 / (0,62^2 \times 19,62) \cong 0,01$ m

- *Bir tank devre dışı olması durumunda*

Q = 0,571 $m^3$/sn
V = 0,571 / 1,5 = 0,38 m/sn
max$\Delta h$ = $0,38^2 / (0,62^2 \times 19,62) = 0,02$ m
Tankın 2. göz max. su kotu = 1 088,37 – 0,02 = 1 088,35 m

**3.4) Çıkış Savağı**

Savak su yükleri:

- *İki tank çalışması durumunda*

Q / 2 = 0,571 / 2 = 0,29 $m^3$/sn
L = 3,7 m (Savak boyu)
H = $[0,29 / (1,80 \times 3,7)]^{2/3} = 0,12$ m

- *Bir tank devre dışı olması durumunda*

Q = 0,571 $m^3$/sn
$h_{max}$ = $[0,571 / (1,80 \times 3,7)]^{2/3} = 0,19$ m
Çıkış savağı kret kotu= 1 088,35 – 0,19 = 1 088,16 m
Savak çıkışında 0,31 m düşü yapılarak
Çıkış kanalı maksimum su kotu= 1 088,16 – 0,31 = 1 087,85 m

**3.5) Çıkış Kanalından Toplama Kanalına Geçiş Kaybı**

Her tankın çıkış kanalından toplama kanalına geçiş giriş kanalında olduğu gibi 1,00 x 1,00 m ebatlarındaki boşluklardan yapılacaktır.

- *İki tank çalışması durumunda*; $\Delta h = 0{,}01$ m
- *Bir tank devre dışı olması durumunda*; $\max\Delta h = 0{,}05$ m

Toplama kanalı maksimum su kotu;
1 087,85 – 0,05 = 1 087,80 m olacaktır.

**4) Ozon Temas Tankı Çıkışı – Hızlı Karıştırma Tankı Arası Yük Kayıpları**

**a) Sürekli Kayıplar**

Q= 0,571 $m^3/sn$
Ø800 mm Ç.B., L ≅ 5 m
V = 1,14 m/sn J = 0,00164 m/m
$\Delta h = J \times L = 0{,}01$ m

**b) Yersel Kayıplar**

- Ozon Temas Tankı Çıkışında Boruya Giriş (Ani Daralma) Kaybı (k= 0,50)
  $\Delta h = (0{,}5 \times 1{,}14^2) / 19{,}62 = 0{,}03$ m
- Hızlı Karıştırma Tankı Kanal Girişi (Ani Genişleme) Kaybı (k= 1,0)
  $\Delta h = (1{,}0 \times 1{,}14^2) / 19{,}62 = 0{,}07$ m
- Toplam Yersel Kayıp
  $\Sigma\Delta h = 0{,}03 + 0{,}07 = 0{,}10$ m

**c) Toplam Yük Kaybı**

$\Delta H = 0{,}01 + 0{,}10 = 0{,}11$ m
Hızlı Karıştırma Tankı Giriş Kanalı Maksimum Su Kotu;
1 087,80 – 0,11 = 1 087,69 m olacaktır.

***5) Hızlı – Yavaş Karıştırma – Durultucu Yük Kayıpları***

**5.1) Hızlı Karıştırıcı Girişi**

Hızı karıştırıcıya giriş 1000 x 1000 mm penstoklar vasıtası ile gerçekleştirilecektir.

- *İki ünite çalışması durumunda*;
  Q = 0,571 / 2 = 0,29 $m^3/sn$
  V = 0,29 / 1,0 = 0,29 m/sn
  Hmax = $0{,}29^2 / (0{,}62^2 \times 19{,}62) = 0{,}01$ m

- *1 Ünitenin devre dışı kalması durumunda;*

  Q = 0,57 / 1 = 0,57 $m^3/sn$

  V = 0,57 / 1,0 = 0,57 m/sn

  Hmax = $0,57^2$ / ($0,62^2$ x 19,62) = 0,04 m

Kapaklardan geçen su her bir tankta bulunan 2,0 x 0,5 m ebadındaki batık savaktan geçerek hızlı karıştırıcıya ulaşır.

- *İki tank çalışması durumunda;*

  Q/2 = 0,571 / 2 = 0,29 $m^3/sn$

  A = 2 x 0,5 = 1,0 $m^2$

  V = 0,29 / 1,0 = 0,29 m/sn

  Hmax = $0,29^2$ / ($0,62^2$ x 19,62) = 0,01 m

- *1 tankın dere dışı kalması durumunda;*

  Q = 0,571 / 1 = 0,57 $m^3/sn$

  V = 0,57 / 1,0 = 0,57 m/sn

  Hmax = $0,57^2$ / ($0,62^2$ x 19,62) = 0,04 m

Hızı karıştırıcı yapısında Maksimum Su Kotu :
1 087,69 – 0,04 - 0,04 = 1 087,61 m

**5.2) Hızlı Karıştırıcı Çıkışı Savak Su Yükleri**

Q= 0,571 $m^3/sn$

Savak boyu; L= 2,0 m

Ünite sayısı; 2 Adet

Savak yükleri;

*2 ünite devrede iken*

$h_{max}$= $[0,571 / (1,80 \times 4,0)]^{2/3}$ = 0,19 m

*1 ünite devre dışı iken*

$h_{max}$= $[0,571 / (1,80 \times 2,0)]^{2/3}$ = 0,30 m

Savak kret kotu= 1 087,61 – 0,30 = 1 087,31 m

Savak çıkışında 0,24 m düşü yapılarak;

Giriş kanalı maksimum su kotu = 1 087,31 – 0,24 = 1 087,07 m olacaktır.

**5.3) Yavaş Karıştırma Giriş Kanalı – Yavaş Karıştırma Tankı Arası Yük Kaybı**

Yavaş karıştırma giriş kanalından her bir yavaş karıştırma tankına 800 x 800 mm ebadındaki penstoklar vasıtasıyla geçiş yapılacaktır.

- *4 ünite çalışması durumunda*

  $Q_1$ = 0,571 / 4 = 0,14 $m^3$/sn (1 ünite debisi)

  V = 0,14 / 0,64=0,22 m/sn

  $\Delta h = 0{,}22^2 / (0{,}62^2 \times 19.62) \cong 0{,}01$ m

- *1 ünite devre dışı kalması durumunda*

  Q1 = 0,571 / 3 = 0,19 $m^3$/sn

  V = 0,19 / 0,64=0,30 m/sn

  $\Delta h = 0{,}30^2 / (0{,}62^2 \times 19{,}62) = 0{,}01$ m

Yavaş Karıştırma tankı maksimum su kotu = 1 087,07 – 0,01 = 1 087,06 m

**5.4) Yavaş Karıştırma Tankı Çıkış Savakları**

Yavaş karıştırma tankında bulunan savaklardan alınan su durultucu giriş yapısına iletilecektir.

$Q_1$ = 0,571 $m^3$/sn

L = 5 m (Toplam Savak Boyu)

- *4 Tankın çalışması durumunda*

  Q = 0,571 / 4 = 0,143 $m^3$/sn

  $\Delta h = [0{,}143/(1{,}80x5)]^{2/3} \cong 0{,}06$ m

- *1 Tankın devre dışı kalması durumunda*

  Q = 0,571 / 3 = 0,19 $m^3$/sn

  $\Delta h = [0{,}19/(1{,}80x5)]^{2/3} \cong 0{,}08$ m

  Savak kret kotu = 1 087,06 – 0,08 = 1 086,98 m

  Savak çıkışında 18 cm düşü yapılacaktır.

  Yavaş karıştırıcı çıkış yapısı su kotu: 1 086,98- 0,18 = 1086,80 m

**5.5) Durultucu Giriş Yapısı Kayıpları**

Yavaş karıştırma tankından savaklanarak çıkış yapısına gelen su durultucu girişine ulaşarak burada 800 x 800 mm ebadındaki penstoklar vasıtasıyla her bir tankın iki tarafında bulunan giriş kanalındaki Ø 150 mm çapındaki 40 adet PVC borudan geçerek durultucuya girecektir.

Kapaklardan geçerken yük kaybı 1 cm hesaplanmıştır.
Durultucu giriş kanalında maksimum su kotu = 1086,79 m

Q = 0,571 $m^3$/sn

- *4 ünite çalışması durumunda*

Q = (0,571 / 4) = 0,143 $m^3$/sn
$A_T$ = 40 x 3,14 x □$(0,15)^2$ / 4 = 0,71 $m^2$
V = 0,143 / 0,71 = 0,20 m/sn < 0.30 m/sn
$\Delta h$ = $0,20^2$ / ($0,62^2$ x 19,62) ≅ 0,01 m

- *1 ünite devre dışı kalması durumunda*

Q = (0,571 / 3)=0,19 $m^3$/sn
V = 0,19 / 0,71 = 0,27 m/sn < 0.30 m/sn
$\Delta h$ = $0,27^2$ / ($0,62^2$ x 19,62) ≅ 0,01 m

Durultucu maksimum su kotu = 1 086,80 – 0,02 = 1 086,78 m olacaktır.

**5.6) Durultucu Kayıpları**

Durultucudan çıkan su Ø 300 mm çapında PVC borularla toplanıp, çıkış kanalına verilecektir.

**a) Borudaki Orifis Kayıpları (1 Tank devre dışı iken)**

Qmax = 0,571 / (3x5) = 0,038 $m^3$/sn
Boru sayısı 5 adet (1 adet durultucuda)
Boru çapı = Ø 300 mm
Orifis Sayısı = 120 adet
Orifis Çapı = Ø 30 mm (Kesit alanı, A = 0,0007 $m^2$)
Orifis başına debi = 0,035 / 120 =0,0003 $m^3$/sn
AT = 120 x 0,0007 = 0,084 $m^2$
V = 0,038 ($m^3$/sn) / 0,084 ($m^2$) = 0,45 m/sn
h = $V^2$ / (C x 2g); C = 0,62
h = $0,45^2$ / ($0,62^2$ x 19,62) = 0,03 m

**b) Su Toplama Borusu Hesabı**

Boru sonunda kritik kesitte su derinliği;

$$dc = \left[q^2 / (b^2 x g)\right]^{1/3} = \left[0{,}038^2 / (0{,}30^2 x 9{,}81)\right]^{1/3}$$

dc ≅ 0,12 m
Boru eğimsiz döşenecektir. (Z = 0)
Boru başlangıcında su derinliği;
$D_o$ = 1,732 x $d_c$ = 1,732 x 0,12 = 0,21 m
Toplam kayıplar = $h_o$ + $d_o$ = 0,03 + 0,21 = 0,24 m

Boru Taban Kotu = 1 086,78 – 0,24 = 1 086,54 m

Ø 300 PVC borudan ana toplama kanalına geçişte 0,10 m düşü kabul edilerek;

Toplama (çıkış) kanalı maksimum su kotu = 1 086,54 – 0,10 = 1 086,44 m

Filtre giriş kanalı maksimum su kotu = 1 086,44 m

**6) Hızlı Kum Filtre Kayıpları**

**6.1) Filtre Giriş Kanalı**

Durultucu çıkış kanalından doğrudan filtre giriş kanalına gelen su her bir girişinde bulunan 600 x 600 mm ebadındaki penstoklardan geçerek yaklaşım kanalına akacaktır.

Q = 0,554 $m^3$/sn

Filtre sayısı = 6 adet (2'si bakımda)

$Q_1$ = 0,554 / 4 = 0,139 $m^3$/sn

Geçiş boşluk ebadı = 0,6 x 0,6 = 0,36 $m^2$

Geçiş hızı = 0,139 / 0,36 = 0,39 m/sn

h = $V^2$ / ($C^2$x2 g) : C = 0,62

h = $0,39^2$ / ($0,62^2$ x 19,62) ≅ 0,02 m

Her bir filtre yaklaşım kanalı maksimum su kotu : 1 086,44-0,02 = 1 086,42 m

Yaklaşım kanalından filtrelere önce her bir filtrede 2 adet 1,0 x 0,6 m ebadındaki deliklerden, daha sonra toplam 20 m uzunluğundaki bağlantı kanalında bulunan 40 adet Ø 100 mm çapında PVC borulardan geçerek filtrelere ulaşacaktır.

$Q_1$ = 0,139 $m^3$/sn

$A_T$ = 40 x 3,14 x $(0,10)^2$/4 = 0,314 $m^2$

V = 0,139 / 0,314 = 0,44 m/sn

h = $0,44^2$ / ($0,62^2$ x 19.62) ≅ 0,03 m

Yaklaşım kanalı filtre arası 4 cm düşü kabul edilerek,

1 086,42 – 0,04 = 1 086,38 m

**6.2) Filtre Kanalı (Geri Yıkama Suyu Çıkış Kanalı)**

Filtre geri yıkama sırasında geri yıkama suyu her bir filtrenin ortasında bulunan kanala dökülecek ve oradan 700 x 700 mm penstoklar vasıtasıyla filtre geri yıkama suyu tutma tankına ulaştırılacaktır.

Q = 1 560 $m^3$ / sa = 0,433 $m^3$/sn

Savak boyu; L = 2 x 10 = 20 m

Savak su yükü;

$$h = [0,433/(1,80x20)]^{2/3} \cong 0,05 \text{ m}$$

Savak kret kotu filtre kum seviyesinin 40 cm üzerinde planlanacaktır.

**6.3) Filtre Yük Kaybı**

**a) Kum yatağında yük kaybı :**

Efektif dane çapı (d) : 0,80 mm

Porozite (f) : 0,40

Kinematik visk. (v) : 1,31x10-6 $m^2$/sn

Karmen – Kozeny denklemine göre :

$$\frac{\Delta H}{L} = 180x\left[\frac{(v)}{g}\right]x\left[\frac{(1-f)^2}{f^3}\right]x\left[\frac{V}{(Sd)^2}\right]$$

Şekil faktörü (S) : 1,0

Kum yatak kalınlığı : 1,00 m

Filtredeki kum yatak kalınlığı 1,00 m olması ve filtre yatağı malzemesinin temiz olması esas alınarak yük kayıpları hesaplanmıştır.

4 ünitenin çalışması, 2 ünitenin bakıma alınması ile filtredeki oluşan maksimum su hızı 8,32 m/sa:

V = 8,32 m/sa = 0,0023 m/sn

$$\frac{\Delta H}{1{,}00} = 180x\left[\frac{1{,}31x10^{-6}}{9{,}81}\right]x\left[\frac{(1-0{,}4)^2}{0{,}4^3}\right]x\left[\frac{0{,}0023}{(1x0{,}80x10^{-3})^2}\right]$$

ΔH = 0,49 m

**b) 1.çakıl yatağında yük kaybı :**

$$\Delta H = \frac{1{,}067}{\Phi} x C_D x \frac{1}{4} x \frac{L}{d} x \frac{V^2}{g}$$

Şekil faktörü Φ : 1,0

Yatak kalınlığı L : 0,10 m

Çakıl boyutu d : 3,6 x $10^{-3}$ m

Filtrasyon hızı V : 0,0023 m/sn

Kinematik visk. (v) : 1,31x10-6 $m^2$/sn

Drag katsayısı ; $C_D$

$$C_D = \frac{24}{Re} x \frac{3}{\sqrt{Re}} + 0{,}34 \qquad (1 < Re < 104 \text{ için})$$

$$C_D = \frac{24}{Re} \qquad (Re < 1 \text{ için})$$

$$Re = \frac{Vxd}{v} = \frac{0{,}0023x3{,}6x10^{-3}}{1{,}31x10^{-6}} = 6{,}32 \qquad Re > 1$$

$$C_D = \frac{24}{6{,}32} x \frac{3}{\sqrt{6{,}32}} + 0{,}34 = 5{,}33$$

$$\Delta H = \frac{1{,}067}{1} x5{,}33x\frac{1}{4}x\frac{0{,}10}{3{,}6x10^{-3}}x\frac{(0{,}0023)^2}{9{,}81} \qquad = 2{,}13 \text{ x } 10^{-5} \text{ m}$$

ΔHb = 0,0 m kabul edilebilir.

**c) 2. Çakıl Yatağında Yük Kaybı :**

Sıfıra yakın yük kayıpları 10 cm kalınlığındaki 2. çakıl yatağı için de elde edilir.

ΔHc = 0,0 m kabul edilebilir.

**d) Filtre tabanında yük kaybı :**

Bir filtredeki nozul sayısı : 3 072 adet

Bir nozuldaki yarık alanı : $4{,}23x10^{-4}$ $m^2$

Buna göre toplam yarık alanı :

$\Sigma A = 3\ 072 \text{ x } 4{,}23x10^{-4} = 1{,}30\ m^2$

Yarıklardaki hız :

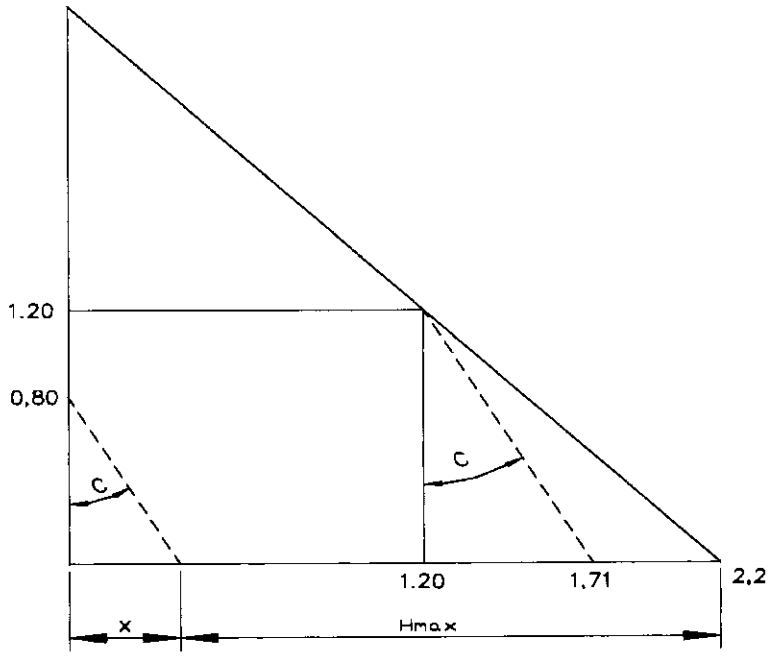
Q = (47 916 $m^3$/gün / 4) = 11 979 $m^3$/gün= 0,139 $m^3$/sn

$$V = \frac{Q}{\Sigma A} = \frac{0{,}139}{1{,}13} = 0{,}12 \text{ m/sn}$$

Yük kaybı :

$$\Delta H = 0{,}60\frac{V^2}{2g} = 0{,}60x\frac{0{,}12^2}{19{,}62} = 5 \text{ x } 10^{-4} \qquad \Delta H = 0{,}0 \text{ m kabul edilebilir.}$$

**e) Çalışma sırasında filtre kumunun 0,40 m derinliğe kadar kirlenmesi durumunda meydana gelecek maksimum yük kaybı;**




Su yüksekliği : H= 1,00 m

Kum kalınlığı : L= 1,00 m

Çakıl kalınlığı : $L_1$= 0,20 m

Toplam kalınlık : $L_t$= 2,20 m

Temiz filtre yük kaybı : $\Delta h$= 0,49 m

tan $\alpha$= (1,71 – 1,20) / 1,2 = 0,425

x= 0,80 * tan$\alpha$ = 0,80 x 0,51 = 0,34 m

Meydana gelecek maksimum yük kaybı;

$H_{max}$= 2,20 – 0,41 = 1,86 m olacaktır.

Buna göre filtre çalışırken meydana gelebilecek maksimum yük kaybına ulaşıldığında filtre devreden çıkarılarak yıkamaya alınmalıdır.

Filtre çıkışında maksimum su kotu;

1 086,38 – 1,86 = 1 084,52 m olacaktır.

**6.4) Filtre Çıkış Boruları**

**a) Sürekli Kayıplar**

- *Ø500 mm ÇB* *L ≅ 3,0 m*

  Q = 0,554 / 4 = 0,139 $m^3$/sn

  V = 0,71 m/sn

J = 0,0012

h = J x L = 0,0036 m ihmal edildi

- *Ø350 mm Ç.B., L ≅ 3,0 m*

  Q = 0,139 $m^3$/sn

  V = 1,45 m/sn

  J = 0,00671 m/m

  h = J x L = 0,02 m

- *Ø800 mm Ç.B., L= 45 m*

  Q= 0,554 $m^3$/sn

  $V_{max}$= 1,1 m/sn

  J= 0,00155 m/m

  J x L = 0,07 m

- *Toplam Sürekli Kayıp*

  ΣJ x L = 0,02 + 0,07 = 0,09 m

**b) Yersel Kayıplar**

- *Filtre Tabanından Ø600 mm Boruya Giriş (Ani Daralma) Kaybı (k= 0,5)*

  Q = 0,139 $m^3$/s

  V = 0,49 m/sn

  Δh = (0,5 x $0,49^2$) / 19,62 = 0,01 m

- *T Parçası (Ø350/600) kaybı (k=1,45)*

  Q = 0,139 $m^3$/s

  V = 1,45 m/s

  Δh = (1,45 X $1,45^2$)/19,62 = 0,16 m

- *Demontaj Parçası (Ø350 mm) Kaybı (k= 0,05)*

  Δh = (0,05 x $1,45^2$) / 19,62 = 0,01 m

- *Oransal Kelebek Vana (Ø350 mm) Kaybı (k= 3,91)*

  Δh = (3,91 x $1,45^2$) / 19,62 = 0,42 m

- *T Parçası (Ø350 / 800) Kaybı (k= 1,45)*

  Δh = (1,45 x $1,45^2$) / 19,62 = 0,16 m

- *Debimetre (Ø800 mm) Kaybı (k= 0,10)*

  Q = 0,504 $m^3$/sn, V= 1,1 m/sn

  Δh = (0,10 x $1,1^2$) / 19,62 = 0,01 m

- *Demontaj Parçası (Ø800) Kaybı (k= 0.05)*
  $\Delta h = (0{,}05 \times 1{,}1^2) / 19{,}62 \cong 0{,}01$ m

- *Kelebek Vana (Ø800) Kaybı (k= 0,30)*
  $\Delta h = (0{,}30 \times 1{,}1^2) / 19{,}62 \cong 0{,}02$ m

- *Geri Yıkama Suyu Emme Haznesine Giriş (ani genişleme) Kayıp (k= 1,0)*
  $\Delta h = (1{,}0 \times 1{,}1^2) / 19{,}62 = 0{,}06$ m

- *Toplam Yersel Kayıp*
  $\Sigma\Delta h = 0{,}01 + 0{,}16 + 0{,}01 + 0{,}42 + 0{,}16 + 0{,}01 + 0{,}01 + 0{,}02 + 0{,}06 = 0{,}86$ m

**c) Toplam Boru Yük Kaybı**

$\Delta H = 0{,}09 + 0{,}86 = 0{,}95$ m

Filtre çıkış haznesi (Geri yıkama suyu emme haznesi)

Maksimum su kotu; 1 084,59 – 0,95 = 1 083,64 m olacaktır.

### *7) Filtre Çıkış Haznesi – Klor Temas Tankı Arası Yük Kayıpları*

Filtrelenmiş su çıkış haznesinden Ø800 mm çelik boru ile klor temas tankı dağıtım kanalına iletilecektir.

**a) Sürekli Kayıplar**

$Q = 0{,}541$ m³/sn

Ø800 mm Ç.B., $L \cong 18$ m

$V = 1{,}08$ m/sn, $J = 0{,}0015$ m/m

$h = J \times L = 0{,}03$ m

**b) Yersel Kayıplar**

Kayıp Katsayıları

- Boruya giriş (Ani daralma) : $k = 0{,}50$
- $90^0$ Dirsek (3 adet) : $k = 0{,}90$
- Hazneye Giriş (Ani Genişleme) : $k = 1{,}00$

Toplam: $\Sigma k = 2{,}40$

$\Delta h = (2{,}4 \times 1{,}08^2) / 19{,}62 = 0{,}15$ m

**c) Klor Temas Tankı dağıtım yapısından her bir klor temas tankına 1000 x 1000 mm kapaklar vasıtasıyla geçiş yapılacaktır.**

Geçiş boşluk ebadı : 1,00 x 1,00 m

$Q = 0{,}541$ m³/sn

$V = (0{,}541 \text{ m}^3/\text{sn}) / 1{,}00 \text{ m}^2 = 0{,}54$ m/sn

$\Delta h = V^2 / (C^2 \times 2g)$ : $C = 0{,}62$

$\Delta h = 0{,}54^2/(0{,}62^2 \times 19{,}62) \cong 0{,}04$ m

**d) Toplam Yük Kaybı**

$\Delta H = 0{,}03 + 0{,}15 + 0{,}04$ m = 0,22 m ≅ 0,25 m

Klor Temas Tankı Maksimum Su Kotu;

1 083,64 – 0,25 = 1 083,39 m

**8) Klor Temas Tankı – Temizsu Tankı Yük Kayıpları**

Klor temas tankına gelen su şaşırtma perdeleri arasından geçerek çıkış savaklarına ulaşacaktır. Perdeler arasındaki akış hızları çok küçük olması sebebiyle tank içinde yük kaybı oluşmayacaktır. Çıkış savaklarında meydana gelecek su yükleri aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

Q= 0,541 $m^3$/sn

L= 4,00 m (Bir tank savak boyu)

- *İki tank çalışması durumunda;*

  $h = [0{,}541 / (1{,}80 \times 2 \times 4{,}00)]^{2/3} = 0{,}11$ m

- *Bir tank devre dışı olması durumunda;*

  $h = [0{,}541 / (1{,}80 \times 4{,}00)]^{2/3} = 0{,}18$ m

  Savak kret kotu= 1083,39 – 0,18 = 1 083,21 m

  Savak çıkışında 0,16 m düşü yapılarak;

  Temizsu tankı maksimum su kotu= 1 083,21 – 0,16 = 1 083,05 m olacaktır.

**9) Çamur Hidrolik Hesabı**

Durultuculardan Ø250 mm hatla çıkan çamurlu su çamur yoğunlaştırıcıya ulaştırılacaktır.

**a) Sürekli kayıplar**

Ø250 mm GİB ; L = 70 m ; Q = 263 $m^3$/gün

Her tanktan günde yaklaşık 1 saat çamur alınacağı kabul edilerek

Q = 263/4 = 66 $m^3$/saat = 18 lt/sn ~ 20 lt/sn

V = 0,41 m/sn

J = 0,001

H = J x L = 0,07 m

**b) Yersel Kayıplar**

- Çıkış Kaybı (k=0,5)

  Q = 0,20 $m^3$/sn

  V = 0,41 m/sn

  $\Delta h = (0{,}5 \times 0{,}41^2) / 19{,}62 = 0{,}01$ m

- T Parçası (Ø150/ Ø250) kaybı (k=1,45)

  $Q = 0{,}20\ m^3/sn$

  $V = 0{,}41\ m/sn$

  $\Delta h = (1{,}45 \times 0{,}41^2) / 19{,}62 = 0{,}01\ m$

- $90^0$ Dirsek kaybı (k=0,3), 5 adet

  $Q = 0{,}20\ m^3/sn$

  $V = 0{,}41\ m/sn$

  $\Delta h = 5 \times (0{,}3 \times 0{,}41^2) / 19{,}62 = 0{,}02\ m$

- T Parçası (Ø250/ Ø250) kaybı (k=1,45)

  $Q = 0{,}20\ m^3/sn$

  $V = 0{,}41\ m/sn$

  $\Delta h = (1{,}45 \times 0{,}41^2)/19{,}62 = 0{,}01\ m$

- Kelebek Vana Kaybı (k=0,3)

  $Q = 0{,}20\ m^3/sn$

  $V = 0{,}41\ m/sn$

  $\Delta h = (0{,}3 \times 0{,}41^2) / 19{,}62 \cong 0{,}01\ m$

- Giriş Kaybı (k = 1,0)

  $Q = 0{,}20\ m^3/sn$

  $V = 0{,}41\ m/sn$

  $\Delta h = (1{,}0 \times 0{,}41^2) /19{,}62 = 0{,}01\ m$

- Toplam Yersel Kayıp

  $\Delta h = 0{,}01 + 0{,}01 + 0{,}02 + 0{,}01 + 0{,}01 + 0{,}01 + 0{,}07\ m$

**c) Toplam Yük Kaybı**

$\Delta h = 0{,}07 + 0{,}07 = 0{,}14$ m

Bölüm 1.1.3.2, (5.5) 'de hesaplanan Durultucu Su Kotu = 1 086,78 m 'dir. Buna göre çamur yoğunlaştıcı girişinde piyezometre kotu 1 086,64 m olacaktır. Çamur yoğunlaştırıcı giriş kotu 1 084,85 m alındığından çamurlu su emniyetli şekilde akacaktır.

- Çamur Yoğunlaştırıcı – Belt Filtre arası debi Q = 149 $m^3$/gün ve belt filtrenin günde 10 saat çalışacağı göz önüne alınırsa, belt filtre kapasitesi Q = 15 $m^3$/sa olacaktır. Belt filtre binasına cazibe ile gelecek çamur, buradan monotip pompalar vasıtasıyla belt filtreye basılacaktır.
-

**10) Taşkın Hesapları**

**a) Havalandırma Tankı Taşkını**

Havalandırma tankı su kotu : 1089,00 m

Havalandırma tankı savak kotu : 1089,15 m

Havalandırma tankı savak üstü su kotu hesabı :

$h = [Q / (1{,}80 \times L)]^{2/3}$

Q= 0,541 $m^3$/sn,

Toplam savak boyu; L = 3,20 m

$h = [0{,}541 / (1{,}80 \times 3{,}20)]^{2/3} = 0{,}21$ m

Havalandırma tankı savak üstü su kotu = 1089,15 + 0,21 =1089,36 m

**b) Ön Ozonlama Tankı Taşkını**

Ön ozonlama tankı su kotu : 1088,80 m

Ön ozonlama tankı savak kotu : 1088,90 m

Ön ozonlama tankı savak üstü su kotu hesabı :

$h = [Q / (1{,}80 \times L)]^{2/3}$

Q= 0,571 $m^3$/sn,

Toplam savak boyu; L = 2,60 m

$h = [0{,}571 / (1{,}80 \times 2{,}60)]^{2/3} = 0{,}25$ m

Ön ozonlama tankı savak üstü su kotu = 1088,90 + 0,25 =1089,15 m

**c) Hızlı Karıştırıcı Tankı Taşkını**

Hızlı karıştırıcı tankı su kotu : 1087,69 m

Hızlı karıştırıcı tankı savak kotu : 1087,84 m

Hızlı karıştırıcı tankı savak üstü su kotu hesabı :

$h= [Q / (1,80 \times L)]^{2/3}$

$Q= 0,571\ m^3/sn$,

Toplam savak boyu; $L = 1,60$ m

$h= [0,571 / (1,80 \times 1,60)]^{2/3}= 0,34$ m

Hızlı karıştırıcı tankı savak üstü su kotu = 1087,84 + 0,34 =1088,18 m

**d) Klor Temas Tankı Taşkını**

Klor temas tankı su kotu : 1083,39 m

Klor temas tankı savak kotu : 1083,49 m

Klor temas tankı savak üstü su kotu hesabı :

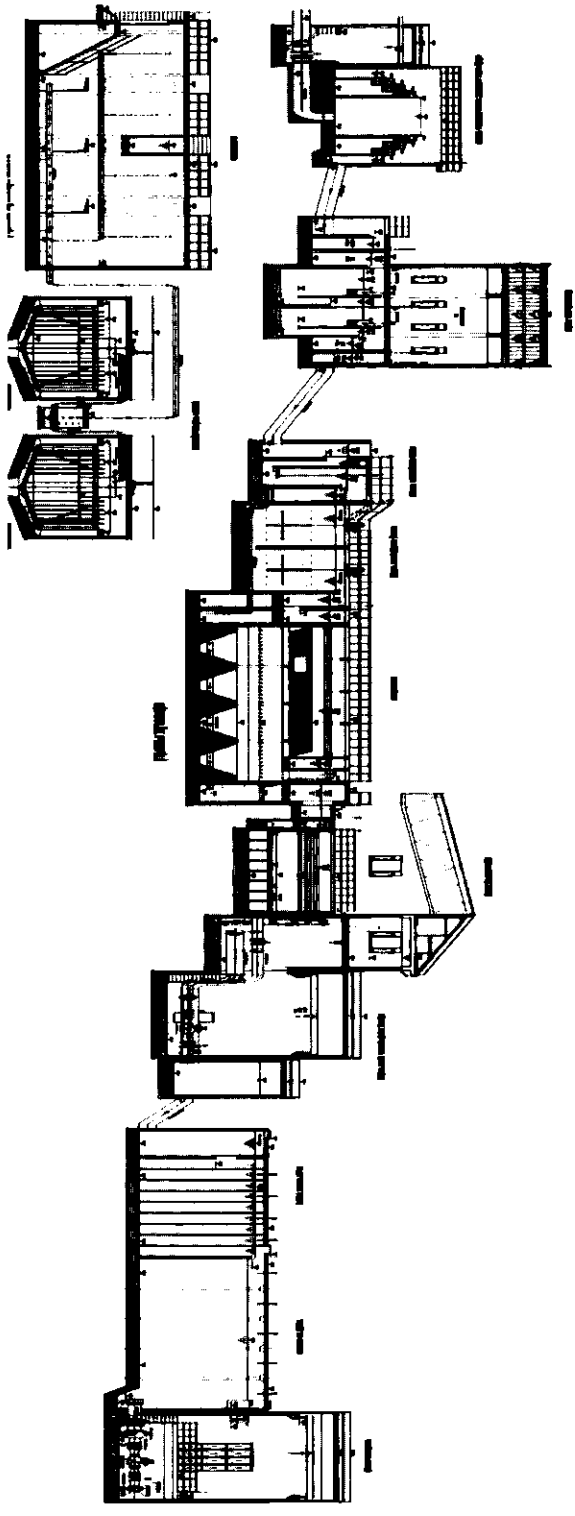
$h= [Q / (1,80 \times L)]^{2/3}$

$Q= 0,541\ m^3/sn$,

Toplam savak boyu; $L = 3,00$ m

$h= [0,541 / (1,80 \times 3,00)]^{2/3}= 0,22$ m

Klor temas tankı savak üstü su kotu = 1083,49 + 0,22 =1083,71 m



### 15.5. İçmesuyu Kaynaklı Hastalıklardan Korunmak İçin Su İdareleri / Belediyeler Tarafından Alınacak Tedbirler

1. İçmesuyu temin edilen su kaynaklarının kirlenmeye karşı korunması
   - Kirletici kaynakların sürekli kontrolü ve denetimi
   - Atıksu deşarjlarının önlenmesi
2. Su alma yapılarının kirlenme riski az olan noktalarda seçilmesi ve bakımı
3. İsale hatlarında onarım yapıldıktan sonra hattın tahliye vanalarının açılarak yıkanması
4. Arıtma tesisi çıkış suyu kalitesinin sürekli izlenmesi
5. Kirlenme ve hastalık riskinin yüksek olduğu zamanlarda dezenfeksiyon dozajının arttırılması
6. İçmesuyu şebekelerinin daima atıksu kanallarında en az 0.50 metre yukarıda olacak şekilde döşenmesi
7. İçmesuyu şebekelerinin yenilenerek kayıp ve kaçakların azaltılması
8. Şebekeye sürekli su vererek içmesuyu borularının daima basınçlı çalışmalarının (20 m - 80 m su basıncı) temin edilmesi
9. Şebekenin en uç noktasında bile 0.5 mg/l civarında bakiye klorun var olduğunun tahkik edilmesi.
10. Şebekelerde tamir ve bakım yapıldıktan sonra hatların mutlaka klorlu su ile yıkanması ve suyun bilahare kullanıma arz edilmesi.
11. Binalardaki depoların periyodik bakımlarının yapılarak temiz tutulması (harici suların girmesinin önlenmesi, rüsubatın temizlenmesi ve depoların dezenfekte edilmesi)
12. Şebeke haznelerinin ve terfi merkezlerinin periyodik bakımlarının yapılması
13. Basitte olsa bir su analizi laboratuarı kurulması buna imkan yoksa su tahlillerinin donanımlı laboratuarlarda yaptırılması
14. Kaynağı ve güvenilirliği belli olmayan suların kullanılmaması
15. Su kalitesi konusunda halkın düzenli olarak bilgilendirilmesi.
16. İçmesuyu hattının Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) sistemine işlenmesi.

### 15.6. İçmesuyu Tesislerinde Sağlık Konusunda Alınacak Tedbirler

Halk sağlığını korumak maksadı ile içmesuyu tesislerinde, suyun başlangıç noktasından tüketime verilene kadar geçecek süreç içinde alınması gereken tedbirler ve işleri adım adım şu şekilde sıralayabiliriz.

**Kaptajlar:**

Kaptajlar, pınar kaptajları, kuyular, nehir kaptajları (Regülatörler), Baraj ve göller (su alma yapıları) isimlendirilmektedir.

Pınar kaptajlarında, kaptajın kapalı ve kilitli olmasına, içine hiçbir şekilde hayvan ve böcek girmeyecek şekilde dizayn edilmesine, havalandırma borularının sineklikle techiz edilmesine, kaptaj sahasının asgari 50 metrelik bir koruma bölgesi oluşturulmasına, koruma bölgesine insan ve hayvanların girmemesi için himaye çiti ile çevrilerek kapısının kilitli tutulmasına, yakın çevrede zirai faaliyetlerde ilaç ve sun'i gübre kullandırılmamasına dikkat edilmelidir. Periyodik olarak kaptajlar kontrol edilerek gerekli bakım ve temizliklerinin yapılması gerekmektedir.

**İsale Hatları:**

Yerleşim yerlerine su taşıyan isale hatlarının periyodik olarak bakım ve onarımlarının yapılması, zaman zaman tahliye vanalarını açmak suretiyle birikmiş olan rüsubatın temizlenmesi gerekir. Hat üzerinde bulunan maslak odalarının mutlaka muhafazalı ve kapaklı, kilitli yapılması, havalandırma bacalarına sineklik teli ile techiz edilmelidir. Maslak odasındaki su harici tesirlerden korunması gerekir. Hiçbir şekilde insan ve hayvanların suyla temasına imkan vermeyecek tedbirlerin alınması gerekmektedir. Maslak odalarının periyodik olarak temizliklerinin yapılması gerekmektedir.

İsale hattında kaçak, borunun patlaması veya herhangi bir arıza sebebiyle boşaltılan boru hatlarının yeniden doldurulması esnasında boru hattının dikkatlice doldurulması vantuzlardan havanın tahliye edilmesine itina edilmelidir. Aksi halde hattın ani yüklenmesi halinde aşırı basınç yüzünden boru kırılabilir.

**Arıtma Tesisleri:**

İçmesuyu standardını sağlamayan suların iyileştirilmesi ve sağlığa zararsız hale getirilmesi için arıtım işlemine tabi tutulması zarureti bulunmaktadır. Arıtma tesislerinin işletilmesinde hijyenik tedbirlerin alınması, arıtılmakta olan suyun hiçbir şekilde kirletilmemesi gerekmektedir. Arıtmaya giren suyun ön dezenfeksiyonunun ve arıtma işlemi tamamlandıktan sonra şebekeye vermeden önce ise son dezenfeksiyon işlemlerinin yapılması gerekmektedir. Çıkış suyu kalitesi sürekli kontrol edilmelidir. Arıtma tesislerinin bakım ve temizliği son derece önemlidir. Arıtma tesislerinde hiçbir şekilde suyun harici tesirlerle kirletilmesine sebebiyet verilmemelidir. Arıtma tesisinin etrafı ağaçlandırılmalıdır.

**Su Hazneleri:**

Şehir şebekesini besleyen su haznelerinin harici tesirlerden korunmuş olacak şekilde yapılmalı, periyodik olarak bakım ve temizliği yapılmalı, havalandırma boruları sinekliklerle techiz edilmeli, kapı ve pencereler sürekli kapalı tutulmalı, pencereleride sinekliklerle techiz edilmelidir. Zaman zaman pencerelerde biriken tortu ve rüsubat temizlenmeli, hazneler yıkanarak dezenfekte edilmelidir.

**Şebeke:**

İçmesuyu şebekelerinin sürekli bakım ve onarımı yapılmalı, her tamirattan sonra devreye alınacak kısmın dezenfeksiyonu yapılmalı, mümkün ise şebeke sürekli dolu (basınç altında) tutulmak suretiyle şebekeye zeminden kirli suların girmesi önlenmelidir. Şebekede patlak, çatlak var ise zaman geçirmeden derhal müdahale edilerek gerekli tamirat yapılmalıdır. Şebeke suyu harici tesirlerden korunmalıdır.

Şebekenin düşük kotlarına tahliye vanası konulmalı, zaman zaman bu tahliye vanaları açılmak suretiyle borularda biriken rüsubat ve tortu atılmalıdır.

Şebeke tamiratlarında ve abone bağlantılarında hijyenik kurallara uyulmalıdır.

**Dezenfeksiyon:**

Suda bulunan bakteri ve mikropların imhası için su kullanımdan önce mutlaka dezenfekte edilmelidir.

Dezenfekte işlemi, klor, ozon, ültraviyole ışınları gibi dezenfektanlarla yapılmalıdır. Dezenfektan olarak insan ve hayvan sağlığına zarar vermeyecek maddeler kullanılmalıdır.

Suyun direk kaptajdan şebekeye verilmesi halinde dezenfeksiyon işlemi kaptajlarda yapılmalıdır. Bu işlem direkt ve endirekt klorlama cihazları ile yapılmalıdır. Suyun kaptajdan tüketiciye ulaşana kadar geçecek sürede harici kirlenmelere karşı tedbir olarak bakiye klor kalması için dezenfektan olarak klor kullanılmalıdır.

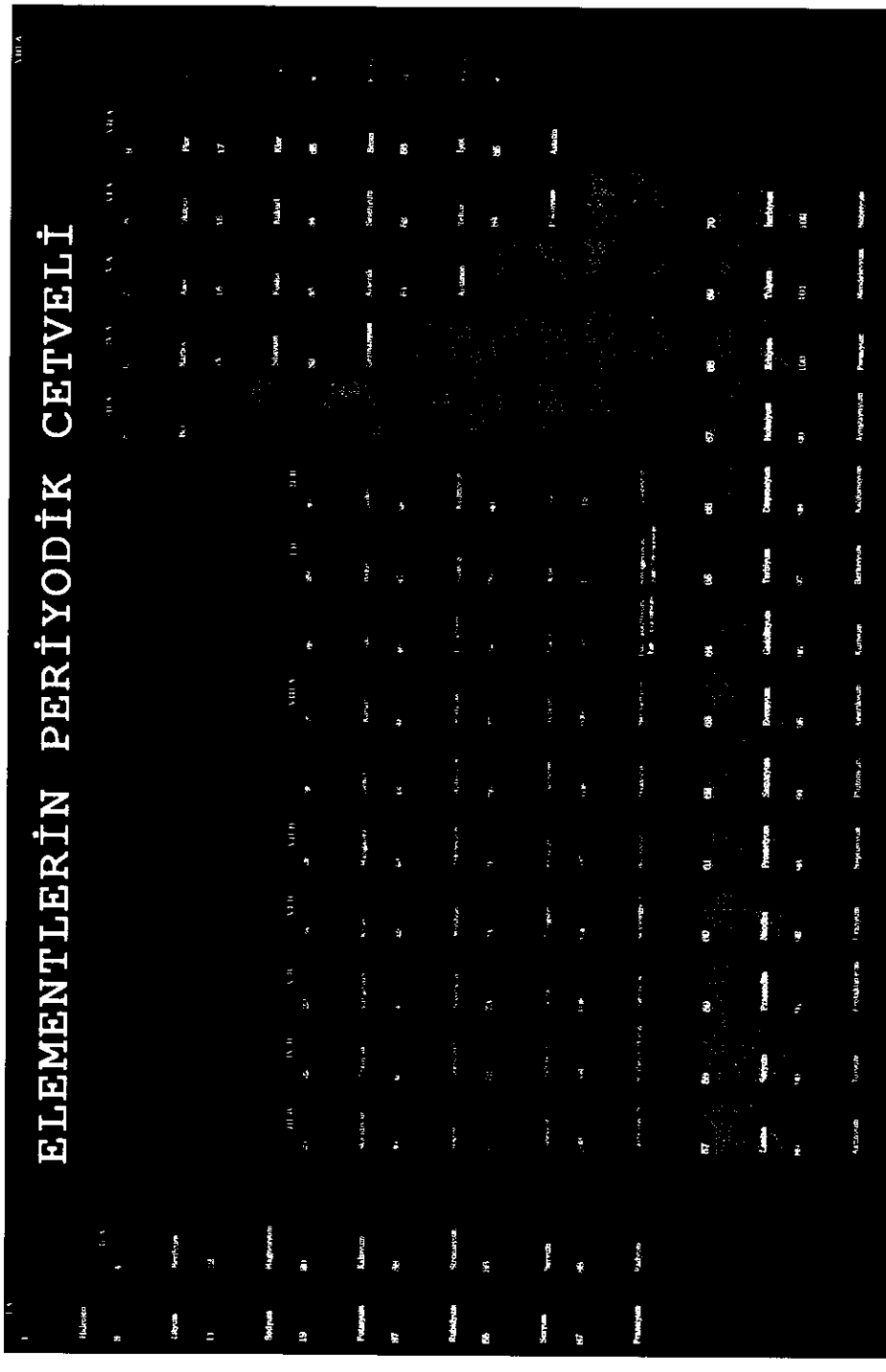
İçmesuyu'nun şebekeye depo veya arıtma tesisinden verilmesi hallerinde dezenfeksiyon işlemi depo veya arıtma tesisinde yapılmalıdır.

Dezenfeksiyon işlemi şebekenin en uç noktasında 0,5 mg/l bakiye klor kalacak şekil ve miktarda içmesuyu klorlanmalıdır. Çok uzun şebekelerde bunun sağlanamaması durumunda şebekenin uygun noktalarına ara klorlama ünitelerinin yerleştirilmesi gerekmektedir.

Her halükarda ve hiçbir şekilde dezenfekte edilmeden tüketiciye içmesuyu verilmemelidir.

# EKLER

# EK – A
# PERİYODİK CETVEL



# EK - B

## İçmesuyu Elde Edilen veya Elde Edilmesi Planlanan Yüzeysel Suların Kalitesine Dair Yönetmelik (79/869/AB ile değişik 75/440/AB)

### BİRİNCİ BÖLÜM

Amaç, Kapsam, Dayanak ve Tanımlar

**Amaç**

**Madde 1** — Bu Yönetmeliğin amacı, içme suyu temini amacıyla kullanılan ya da kullanılması planlanan yüzeysel sular ile ilgili esasları, kalite kriterlerini ve bu suların içmesuyu amaçlı kullanılabilmesi için uygulanması gereken arıtma tiplerini belirlemektir.

**Kapsam**

**Madde 2** — Bu Yönetmelik, içme suyu temini amacıyla kullanılan ya da kullanılması planlanan yüzeysel suların karakteristik özelliklerini, suyun dahil olduğu kategoriye göre uygulanacak arıtma tiplerini ve bu sularda izlenmesi gerekli parametreler için referans ölçüm metotları, örnek alma ve analiz sıklıklarını kapsar.

**Dayanak**

**Madde 3** — Bu Yönetmelik, 9/8/1983 tarihli ve 2872 sayılı Çevre Kanununun 1 ve 8 inci maddeleri ile 1/5/2003 tarihli ve 4856 sayılı Çevre ve Orman Bakanlığı Teşkilat ve Görevleri Hakkında Kanunun 9 uncu maddesine dayanılarak hazırlanmıştır.

**Tanımlar**

**Madde 4** — Bu Yönetmelikte geçen;

Acı su: 1500 mg/l ile 5000 mg/l arasında toplam çözünmüş katı madde içeriği ile tatlı su ile tuzlu su kategorisi arasında yer alan suları,

Bakanlık: Çevre ve Orman Bakanlığını,

Doğal zenginleşme: Bir su kütlesinin, insan müdahalesi olmaksızın, toprakta bulunan bazı maddeleri almasını,

Doğruluk: İncelenen parametrenin gerçek değeri ile elde edilen deneysel ortalama değer arasındaki farkı,

İçme ve kullanma suyu: İnsanların günlük faaliyetlerinde içme, yıkanma, temizlik ve bu gibi ihtiyaçları için kullandıkları, özellikleri 17/2/2005 tarihli ve 25730 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik ile belirlenmiş olan, bir toplu su temini sistemi aracılığıyla çok sayıda tüketicinin ortak kullanımına sunulan suları,

İdare: a) 2872 sayılı Çevre Kanununun 1 ve 8 inci maddesi ve 4856 sayılı Çevre ve Orman Bakanlığı Teşkilat ve Görevleri Hakkında Kanunun 9 uncu maddesinin (k) ve (l) bentleri uyarınca, su kaynakları için koruma ve kullanma planlarının yapılması, kıta içi su kaynakları ile toprak kaynaklarının havza bazında bütüncül yönetiminin sağlanması için gerekli çalışmaların yapılması, su kaynaklarının kalite sınıflarının belirlenmesi, su kalitesinin yükseltilmesi ve en uygun kullanımlarının sağlanması çalışmalarının yapılmasında Bakanlığı,

b) Nüfusu yüzbinden fazla olan yerler için, 18/12/1953 tarihli ve 6200 sayılı Devlet Su İşleri Umum Müdürlüğü Teşkilat ve Vazifeleri Hakkında Kanun ve 3/7/1968 tarihli ve 1053 sayılı Ankara, İstanbul ve Nüfusu Yüzbinden Yukarı Olan Şehirlerde İçme, Kullanma ve Endüstri Suyu Temini Hakkında Kanun gereğince Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğünü,

c) 20/11/1981 tarihli ve 2560 sayılı İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü Kuruluş ve Görevleri Hakkında Kanunun 2 nci maddesinin (a) bendi gereğince su ve kanalizasyon işleri genel müdürlüklerini,

d) 10/7/2004 tarihli ve 5216 sayılı Büyükşehir Belediyesi Kanununun 7 nci maddesinin (r) bendi ve geçici 2 nci maddesi gereğince verilen yetkiler doğrultusunda büyükşehir belediye başkanlıklarını,

e) Nüfusu yüzbinden az olan yerler için, 13/6/1945 tarihli ve 4759 sayılı İller Bankası Kanunu gereğince İller Bankası Genel Müdürlüğünü,

f) 3/7/2005 tarih ve 5393 sayılı Belediye Kanununun verdiği yetkiler doğrultusunda şehir belediye başkanlıklarını,

g) Köy statüsüne giren yerlerde, 24/6/2004 tarihli ve 5302 sayılı İl Özel İdaresi Kanununun 6 ncı maddesinin (b) bendi gereğince il özel idaresini,

Hassasiyet: Tek bir örnek üzerinde, aynı metot kullanılarak yapılan ölçümlerin % 95 inin yer aldığı aralığı,

Kılavuz değer: İçme ve kullanma amacıyla kullanılan ve/veya kullanılması planlanan yüzeysel suların (A1), (A2), (A3) kategorileri için ayrı ayrı belirlenmiş olan uyulması tavsiye edilen değerleri,

Örnekleme noktası: Yüzeysel suyun arıtma tesisine gönderilmesinden önce örnek alınan yeri,

Referans ölçüm metodu: Bu Yönetmeliğin Ek-I inde sayılan parametrelerin her birinin değerinin belirlenmesi için Ek-II de belirlenmiş ölçüm prensipleri,

Tespit sınırı: İncelenen parametrenin tespit edilmesi mümkün olan minimum değerini,

Zorunlu değer: İçme ve kullanma amacıyla kullanılan ve/veya kullanılması planlanan yüzeysel suların (A1), (A2), (A3) kategorileri için ayrı ayrı belirlenmiş olan maksimum müsaade edilebilen değerleri,

ifade eder.

## İKİNCİ BÖLÜM

### Genel Hükümler ve Uygulamaya İlişkin Hususlar

**Kalite standartları ve uygun arıtma metotları**

**Madde 5** — İçme ve kullanma amacıyla kullanılan veya kullanılması planlanan yüzeysel sular; bu Yönetmeliğin Ek-I inde yer alan fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri belirlenmiş 46 parametre için verilen zorunlu ve kılavuz sınır değerlere göre üç farklı kategoriye ayrılmış ve her kategori için arıtma tipleri belirlenmiştir.

Kategori A1: Basit fiziksel arıtma ve dezenfeksiyon ile içilebilir suları,

Kategori A2: Fiziksel arıtma, kimyasal arıtma ve dezenfeksiyon ile içilebilir suları,

Kategori A3: Yoğun fiziksel ve kimyasal arıtma, ileri arıtma ve dezenfeksiyon ile içilebilir suları ifade eder.

İçme ve kullanma amacıyla kullanılan veya kullanılması planlanan yüzeysel suların; kategorilere göre verilmiş olan arıtma proseslerinden geçirildikten sonra nihai olarak 17/2/2005 tarihli ve 25730 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik ile belirlenmiş olan içme ve kullanma suyu standartlarını sağlaması esastır.

Bu Yönetmelik hükümleri; yeraltı suyu, acı su ve su taşıyan formasyonları besleyen sulara uygulanmaz.

**Genel yükümlülükler**

**Madde 6** — Bu Yönetmeliğin Ek-I inde yer alan kalite parametreleri ve standartları, Ek-II sinde yer alan referans ölçüm metotları, tespit sınır değerleri, hassasiyet değerleri ve doğruluk değerleri göz önünde bulundurularak kategorileri belirlenmiş olan ve içmesuyu temini amacıyla kullanılan ya da kullanılması planlanan yüzeysel suların ilgili idarece, belirlenmiş kategorilere göre bu Yönetmeliğin 5 inci maddesinde belirtildiği şekilde arıtılması zorunludur.

Bu Yönetmelik uyarınca alınan önlemlerin uygulanmasında, doğrudan ya da dolaylı olarak yüzeysel suların mevcut kalitesinde bozulmaya yol açılamaz.

İçme ve kullanma amacıyla kullanılan veya kullanılması planlanan yüzeysel suların korunması amacıyla 31/12/2004 tarihli ve 25687 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan Su Kirliği Kontrolü Yönetmeliğinin 16 ncı maddesinde belirtilen içme ve kullanma suyu temin edilen kıtaiçi yüzeysel sularla ilgili kirletme yasaklarına ve aynı Yönetmeliğin 17, 18, 19 ve 20 nci maddelerinde içme ve kullanma sularının koruma alanları ile ilgili belirtilen esaslara ve yasaklara uyulur.

**Kalite standartları ile ilgili esaslar**

**Madde 7** — Mahallin en büyük mülki amiri, her bir bireysel örnek alma noktasında ya da bütün örnekleme noktalarında Ek-I de verilen bütün parametreler için (A1), (A2) ve (A3) kategorilerinin zorunlu değerlerinden daha esnek olmamak üzere yüzeysel suya uygulanabilecek değerleri gerektiğinde belirler ve Bakanlığın uygun görüşünü alarak bu Yönetmelikte belirtilenlerden daha kısıtlayıcı önlemler alabilir. Bu değerler, içmesuyu amacıyla kullanılan veya kullanılması planlanan yüzeysel suyun birden fazla idare tarafından kullanılması halinde Bakanlığın koordinasyonunda bu illerin ilgili idarelerinin katılımı ile oluşturulacak olan komisyonca belirlenir.

Bakanlık, Ek-I de yer alan tabloda karşısında herhangi bir değer gösterilmeyen parametrelerin değerlerini, aynı tabloda verilen ve yüzeysel suyun fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik özelliklerini tanımlayan parametre listesini ve parametrelerin sayısal değerlerini, arıtma metotlarına ilişkin teknik ve bilimsel bilginin gelişmesi ya da içme suyu standartlarının değiştirilmesi halinde gözden geçirir ve gerekirse yeniden düzenler.

İlgili idare, Ek-I in (K) sütunlarındaki değerleri kılavuz değer olarak kabul eder.

**Kategorilerin belirlenmesi ile ilgili esaslar**

**Madde 8** — İçme ve kullanma amacıyla kullanılan veya kullanılması planlanan yüzeysel suların kategorileri aşağıdaki esaslar dikkate alınarak belirlenir:

a) İçme ve kullanma amacıyla kullanılan veya kullanılması planlanan yüzeysel sudan aynı örnekleme noktasından düzenli aralıklarla örnek alınması durumunda, alınan örneklerin % 95 inin her bir parametre için bu Yönetmeliğin Ek- I inin (Z) sütunlarında verilen değerleri sağlaması ve sağlamayan % 5 lik kısım için;

1) Sıcaklık, pH, çözünmüş oksijen ve mikrobiyolojik parametrelerin haricinde kalan parametre değerlerinin % 50 den fazla sapma göstermemesi,

2) Kamu sağlığına yönelik tehlike oluşturacak bir sonuç yaratmaması,

3) İstatistiksel olarak uygun aralıklarla alınan ardışık su örneklerinin ilgili parametrik değerlerden sapmaması,

durumunda suyun ilgili sınıfa ait olduğu kabul edilir.

b) Diğer durumlarda ise alınan örneklerin % 90 ının her bir parametre için bu Yönetmeliğin Ek-I inin (Z) sütunlarında verilen değerleri sağlaması ve sağlamayan % 10 luk kısım için yukarıdaki koşulları taşıması şartı ile ilgili sınıfa ait olduğu kabul edilir.

c) Bu maddenin (a) bendinde belirtilen yüzdelerin hesaplanmasında bariz analiz hataları sonucu ortaya çıkan sonuçlar ile sel gibi doğal afetler ya da anormal hava şartları sonucu ölçülen yüksek değerler dikkate alınmaz.

**Yönetmeliğin uygulanması ile ilgili hususlar**

**Madde 9** — Bu Yönetmeliğin uygulanmasında;

a) İdare, içmesuyu amacıyla kullanılan veya kullanılması planlanan yüzeysel suların bu Yönetmeliğin 6 ve 7 nci maddeleri ile belirlenen değerlere ve esaslara uymasını sağlamak amacıyla bütün gerekli önlemleri alır.

b) İlgili idare, içmesuyu amacıyla kullanılan veya kullanılması planlanan yüzeysel suların, özellikle (A3) kategorisinde yer alan yüzeysel suların iyileştirilmesini sağlamak için zaman çizelgesi dahil sistematik bir içmesuyu havzası koruma planı hazırlar.

İçmesuyu havzası koruma planı içerisinde yer alan zaman çizelgesi çevrenin ve özellikle su çevresinin kalitesinin iyileştirilmesi doğrultusunda, ülkenin çeşitli bölgelerinde mevcut olan ya da ortaya çıkabilecek olan ekonomik ve teknik güçlükler dikkate alınarak hazırlanır.

c) (A3) kategorisi için verilmiş olan zorunlu sınır değerleri aşan, fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik kirlilik içeren suların içmesuyu olarak kullanımı tercih edilmez. Ancak bu sular istisnai durumlarda suyun kalite özelliklerini içmesuyu için uygun kalite standartları düzeyine yükseltecek uygun işlemlerden geçirilerek içmesuyu temininde kullanılabilir.

## ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

## Örnekleme ve Ölçüm İle İlgili Esaslar

**Referans ölçüm metotları, örnek alma ve analiz sıklıkları**

**Madde 10** — Bu Yönetmeliğin, Ek-I inde (Z) ve/veya (K) değerleri belirlenmiş olan 46 parametre için Ek-II de belirlenen referans ölçüm metotları ve örnek alma ve analiz sıklıkları kullanılır. Analizlerde, Ek-II de her bir parametre için belirlenmiş olan ölçüm metotlarının tespit sınırları, hassasiyet değerleri ve doğruluk değerlerine uyulur.

Her bir parametre için minimum yıllık örnek alma ve analiz sıklıkları Ek-III de belirlenmiştir.

**Referans ölçüm metotları, örnek alma ve analiz sıklıkları ile ilgili esaslar**

**Madde 11** — Örneklerin içmesuyu amaçlı kullanılan veya kullanılması planlanan yüzeysel suyun özelliklerini tam olarak yansıtması gerekir. Bunun için;

a) Örnek almanın mümkün olduğu kadar yıla yayılması ve böylece suyun kalitesini tam olarak yansıtması,

b) İçmesuyu amacıyla kullanılan veya kullanılması planlanan yüzeysel sudan alınan örneklerin, yüzeysel suyun arıtma tesisine gönderilmek üzere alındığı noktadaki suyun kalitesini temsil etmesi,

c) Örnek alma için kullanılan kapların, bir veya daha fazla parametrenin analizi için bir örneğin korunmasında kullanılan maddelerin veya metotların, örneklerin taşınması, bekletilmesi ve analiz için hazırlanmasının analiz sonuçlarında önemli değişikliklere yol açacak şekilde olmaması ve analizlerin ölçülen parametrenin değerini etkilemeyecek en kısa sürede yapılması,

d) İlgili idarenin, her bir örnek alma noktasında parametre bazında örnek alma ve analiz sıklıklarını Ek- III ü dikkate alarak belirlemesi,

e) Örnek alma ve analiz sıklıklarının Ek-III de verilen yıllık minimum sıklıklarından daha az olmaması,

esastır.

İlgili idarenin içme suyu temini amaçlı kullanılan veya kullanılması planlanan yüzeysel sular üzerinde yaptığı araştırmalar sonucu, bazı parametreler için elde edilen değerlerin bu Yönetmeliğin Ek-I inde yer alan değerlerden iyi olduğunun tespiti halinde, ilgili idare bu sulardaki o parametreler için örnek alma ve analiz sıklığını mahallin en büyük mülki amirinin uygun görüşünü alarak azaltabilir. Mahallin en büyük mülki amiri bu durumu Bakanlığa bildirir.

İlgili idarenin içme suyu temini amaçlı kullanılan veya kullanılması planlanan yüzeysel suda bazı parametreler için örnek alma ve analiz sıklıklarını azaltması halinde, suda hiçbir kirlenme ve suyun kalitesinin bozulma riski yoksa ve su kalite bakımından bu Yönetmeliğin Ek-I inde (A1) sütununda verilen sınır değerlerden düşükse, ilgili idare mahallin en büyük mülki amirinin uygun görüşünü alarak bu sular için düzenli analizlerin gerekli olmadığına karar verebilir. İçme suyu temini amaçlı kullanılan veya kullanılması planlanan yüzeysel suda bazı parametreler için düzenli analizlerin gerekli olmadığına karar verildiği durumda mahallin en büyük mülki amiri Bakanlığa bu durumu bildirir.

Örneklerin analizleri, akredite olmuş ve/veya Bakanlıktan yeterlilik belgesi almış laboratuarlarda yapılır.

## DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

### İstisnalar, İzleme ve Raporlama

**İstisnalar**

**Madde 12** — Bu Yönetmelik hükümleri;

a) Sel ya da diğer doğal afetler durumunda,

b) Ek-I deki belli parametrelerin, istisnai meteorolojik ya da coğrafi şartlar nedeniyle (İ) (istisnai iklimsel yada coğrafik şartlar) olarak işaretlenmesi durumunda,

c) Yüzeysel suyun belli maddelerle doğal olarak zenginleşmeye uğraması nedeniyle, Ek-I deki tabloda (A1), (A2) ve (A3) kategorileri için belirlenen sınır değerleri aşması halinde,

d) Sığ göller ya da durgun yüzey sularının içmesuyu kaynağı olarak kullanımının söz konusu olması halinde, Ek-I de yıldız (*) işaretiyle belirlenmiş parametreler için,

ilgili idarece askıya alınabilir.

(d) bendinde yer alan muafiyet yalnızca derinliği yirmi metreyi geçmeyen, su değişimi bir yıldan daha yavaş olan ya da su gövdesine atık su boşaltımı olmayan göllere uygulanır.

Hiçbir durumda yukarıda ifade edilen istisnalar kamu sağlığının korunması şartlarını engelleyemez.

**İzleme ve raporlama**

**Madde 13** — İlgili idare, bu Yönetmeliğin hükümleri gereğince içme ve kullanma amacıyla kullanılan veya kullanılması planlanan yüzeysel suları izler. Bu Yönetmeliğin 5 inci maddesine göre hükmü altında yer alan yüzeysel suların kategorilerini ve bu sulara uygulanan ve/veya uygulanması planlanan arıtma tiplerini belirler ve mahallin en büyük mülki amirine bildirir. Mahallin en büyük mülki amiri izleme sonuçlarma göre belirlenen kategoriler ile mevcut ve/veya planlanan arıtma tiplerini gözden geçirir ve sonuçları Bakanlığa bildirir.

Bu Yönetmeliğin 9 uncu maddesinin (b) bendi gereğince hazırlanacak olan içmesuyu havza koruma planlarında, suyun coğrafik yeri (konumu), iyileştirilen parametreler ve yerine getirilen kalite kriterleri hakkında bilgilerin yer alması esastır.

Bu Yönetmeliğin 9 uncu maddesinin (c) bendi gereğince ilgili idare, yetki sınırları içerisinde yer alan ve (A3) kategorisi için verilmiş olan zorunlu sınır değerleri aşan, fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik kirlilik içeren yüzeysel suları, uygun kalite standartları düzeyine yükseltecek uygun işlemlerden geçirerek içme ve kullanma suyu

olarak kullanacak ise, bu içme ve kullanma suyunun temin edileceği alana ilişkin içmesuyu havza koruma planını dikkate alarak, suyun içilebilecek kaliteye getirilmesi için gerekli olan arıtma prosesinin mevcut olması halinde ve/veya yeni bir arıtma prosesinin kurulması halinde bu konuyla ilgili kayıtları tutar ve Bakanlığa bildirir. Bu kayıtların suyun coğrafik yeri (konumu), iyileştirilen parametreler ve kullanılan arıtma proseslerini içermesi esastır.

Bu Yönetmeliğin 12 nci maddesi gereğince, istisnai bir durumun ortaya çıkması durumunda, yapılacak olan bilgilendirmenin; suyun coğrafik yerini ve adını, ilgili parametreleri ve bu durumun (azaltmanın) sürekliliğini, başlangıç ve bitiş tarihlerini içermesi esastır.

İlgili idare, Bakanlığın talebi halinde Ek-I de yer alan parametrelerin analizinde kullanılan analiz metotları ve analiz sıklıkları hakkında Bakanlığa bilgi verir. Bakanlık, düzenli aralıklarla bu şekilde topladığı bilgilere dayalı olarak bir rapor hazırlar.

**Geçici Madde 1** — Bu Yönetmeliğin Ek-1 inde yer alan kalite standartlarının izlenmesine 1/1/2007 tarihinde, kategorilerin ve mevcut arıtma tesislerinin bu Yönetmeliğe uygunluğunun belirlenmesine I/I/2009 tarihinde, mevcut arıtma tesisi tipi uygun olmayan idarelerce arıtma tesisinde yapılacak olan revizyonlara ve yeni arıtma tesislerinin inşaasına 1/1/2011 tarihinde başlanır.

**Geçici Madde 2** — İlgili idare, bu Yönetmeliğin 9 uncu maddesinin (b) bendinde belirtilen özellikle A3 kategorisinde yer alan yüzeysel suların iyileştirilmesi ile ilgili faaliyetleri kapsayan sistematik bir içmesuyu havza koruma planını bu Yönetmeliğin yürürlüğe girdiği tarihten itibaren altı yıl içerisinde hazırlar ve mahallin en büyük mülki amiri kanalıyla Bakanlığa sunar.

**Geçici Madde 3** — İlgili idare, bu Yönetmeliğin 9 uncu maddesinin (c) bendine göre toplayacağı verilerin kayıtlarını bu Yönetmeliğin yürürlüğe girdiği tarihten itibaren sekiz yıl içerisinde hazırlar ve mahallin en büyük mülki amiri kanalıyla Bakanlığa sunar.

**Yürürlük**

**Madde 14** — Bu Yönetmelik yayımı tarihinde yürürlüğe girer.

**Yürütme**

**Madde 15** — Bu Yönetmelik hükümlerini Çevre ve Orman Bakanı yürütür.

**EK- I**

## KATEGORİLERE GÖRE KALİTE STANDARTLARI

| | Parametreler | | A1 K | A1 Z | A2 K | A2 Z | A3 K | A3 Z |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | PH | | 6,5- 8,5 | | 5,5-9 | | 5,5-9 | |
| 2 | Renk (basit filtrasyondan sonra) | mg/l Pt skalası | 10 | 20 (İ) | 50 | 100 (İ) | | |
| 3 | Toplam askıda katı madde | mg/l SS | 25 | | | | | |
| 4 | Sıcaklık | °C | 22 | 25 (İ) | 22 | 25 (İ) | 22 | 25 (İ) |
| 5 | İletkenlik | 20 °C'de $\mu s/cm^{-1}$ | 1000 | | 1000 | | 1000 | |
| 6 | Koku | (25 °C'de seyrelme faktörü) | 3 | | 10 | | 20 | |
| 7* | Nitratlar | mg/l $NO_3$ | 25 | 50 (İ) | | 50 (İ) | | 50 (İ) |
| 8[1] | Floridler (Florür) | mg/l F | 0,7-1 | 1,5 | 0,7-1,7 | | 0,7-1,7 | |
| 9 | Toplam ayrıştırılabilir organik klor | mg/l Cl | | | | | | |
| 10* | Çözünmüş demir | mg/l Fe | 0,1 | 0,3 | 1 | 2 | 1 | |
| 11* | Mangan | mg/l Mn | 0,05 | | 0,1 | | 1 | |
| 12 | Bakır | mg/l Cu | 0,02 | 0,05 (İ) | 0,05 | | 1 | |
| 13 | Çinko | mg/l Zn | 0,5 | 3 | 1 | 5 | 1 | 5 |
| 14 | Bor | mg/l B | 1 | | 1 | | 1 | |
| 15 | Berilyum | mg/l Be | | | | | | |
| 16 | Kobalt | mg/l Co | | | | | | |
| 17 | Nikel | mg/l Ni | | | | | | |
| 18 | Vanadyum | mg/l V | | | | | | |
| 19 | Arsenik | mg/l As | 0,01 | 0,05 | | 0,05 | 0,05 | 0,1 |
| 20 | Kadmiyum | mg/l Cd | 0,001 | 0,005 | 0,001 | 0,005 | 0,001 | 0,005 |
| 21 | Toplam krom | mg/l Cr | | 0,05 | | 0,05 | | 0,05 |
| 22 | Kurşun | mg/l Pb | | 0,05 | | 0,05 | | 0,05 |
| 23 | Selenyum | mg/l Se | | 0,01 | | 0,01 | | 0,01 |
| 24 | Cıva | mg/l Hg | 0,0005 | 0,001 | 0,0005 | 0,001 | 0,0005 | 0,001 |
| 25 | Baryum | mg/l Ba | | 0,1 | | 1 | | 1 |
| 26 | Siyanür | mg/l Cn | | 0,05 | | 0,05 | | 0,05 |
| 27 | Sülfat | mg/l $SO_4$ | 150 | 250 | 150 | 250 (İ) | 150 | 250 (İ) |
| 28 | Klorür | mg/l Cl | 200 | | 200 | | 200 | |
| 29 | Surfaktanlar (Metilen mavisi ile reaksiyona giren) | mg/l (laurilsülfat) | 0,2 | | 0,2 | | 0,5 | |
| 30*[1] | Fosfatlar | mg/l $P_2O_5$ | 0,4 | | 0,7 | | 0,7 | |
| 31 | Fenoller (Fenol indeksi) Para nitroanilin 4 aminoantipirin | mg/l $C_6H_5OH$ | | 0,001 | 0,001 | 0,005 | 0,01 | 0,1 |

[1] Verilen bu değerler yıllık ortalama sıcaklık için belirlenen en yüksek limit değerlerdir. (üst ve alt)

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 32 | Çözünmüş yada emülsifiye olmuş hidrokarbonlar (petrol eteri ile ayrıştırıldıktan sonra) | mg/l | | 0,05 | | 0,2 | 0,5 | 1 |
| 33 | Polisiklik aromatik hidrokarbonlar | mg/l | | 0,0002 | | 0,0002 | | 0,001 |
| 34 | Toplam Pestisit (Parathion,BHC,dieldrin) | mg/l | | 0,001 | | 0,0025 | | 0,005 |
| 35* | Kimyasal oksijen ihtiyacı (COD) | mg/l $O_2$ | | | | | 30 | |
| 36* | Çözünmüş oksijen doygunluk oranı | % $O_2$ | >70 | | >50 | | >30 | |
| 37* | Biyokimyasal oksijen ihtiyacı($BOD_5$) (Nitrifikasyonsuz 20°C'de) | mg/l $O_2$ | <3 | | <5 | | <7 | |
| 38 | Kjeldahl metodu ile azot(Kjeldahl Azotu) ($NO_3$ hariç) | mg/l N | 1 | | 2 | | 3 | |
| 39 | Amonyak | mg/l $NH_4$ | 0,05 | | 1 | 1,5 | 2 | 4(İ) |
| 40 | Kloroformla ayrıştırılabilen maddeler | mg/l SEC | 0,1 | | 0,2 | | 0,5 | |
| 41 | Toplam organik karbon | mg/l C | | | | | | |
| 42 | Flokülasyon ve membran(5μ) filtrasyonundan sonra geriye kalan organik karbon TOC | mg/l C | | | | | | |
| 43 | Toplam koliformlar 37 °C'de | /100 ml | 50 | | 5.000 | | 50.000 | |
| 44 | Fekal koliformlar | /100 ml | 20 | | 2.000 | | 20.000 | |
| 45 | Fekal streptokok | /100 ml | 20 | | 1.000 | | 10.000 | |
| 46 | Salmonella | 5.000 ml | Yok | | Yok | | | |

Z = zorunlu

K = kılavuz

İ= istisnai iklimsel yada coğrafik şartlar

* Bakınız Madde 12 nin (d) bendi

**EK- II**

Ek I' de yer alan parametrelerin K ve Z değerleri ile ilgili Referans Ölçüm Metotları

| (A) | (B) | (C) | (D) | (E) | (F) | (G) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | **Parametreler** | **Tespit Sınırı** | **Hassasiyet ±** | **Doğruluk ±** | **Referans Ölçüm Metodu** | **Kap olarak önerilen materyaller** |
| 1 | pH | - | 0.1 | 0.2 | -Elektrometri<br>Örnek ön işleme tabi tutulmaksızın örnek alma anında ölçülen gerçek değer | |
| 2 | Renk (mgPt/l) | 5 | % 10 | % 20 | -Cam lifli membran yoluyla filtrasyon<br>-Platin-Kobalt Skalası kullanılarak fotometrik metot | |
| 3 | Toplam askıda katı madde(mg/l) | - | % 5 | %10 | -0.45 µm membran filtre ile filtreleme(süzme)-105 °C' de kurutma ve tartma,<br>-Santrifüj(en azından 5 dk.da 2800den 3200 g hızlandırarak)- 105 °C'de kurutma ve tartma, | |
| 4 | Sıcaklık °C | - | 0.5 | 1 | -Termometre<br>Örnek ön işleme tabi tutulmaksızın örnek alma anında ölçülen gerçek değer | |
| 5 | 20 °C 'de İletkenlik(µs/cm) | - | % 5 | % 10 | - Elektrometri | |
| 6 | Koku(25 °C'de seyreltme faktörü) | - | - | - | -Ardarda seyreltme yoluyla | ***Cam*** |
| 7 | Nitratlar (mg/l $NO_3$) | 2 | % 10 | % 20 | -Moleküler absorpsiyon spektrofotometrisi | |
| 8 | Floridler (mg/l F) | 0.05 | % 10 | % 20 | -Eğer gerekiyorsa damıtmadan sonra moleküler absorpsiyon spektrofotometrisi<br>-İyon seçici elektrot | |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 9 | Toplam Ayrıştırılabilir Organik Klor(mg/l Cl) | | | | | |
| 10 | Çözünmüş demir(mg/lFe) | 0.02 | % 10 | % 20 | -Memran Filtre yoluyla filtrelemeden sonra (0.45 µm) atomik absorpsiyon spektrofotometrisi<br>-0.45 µm Memran Filtre yoluyla filtrelemeden sonra moleküler absorpsiyon spektrofotometrisi | |
| 11 | Mangan (mg/l Mn) | 0.01([2]) | % 10 | % 20 | -Atomik absorpsiyon spektrofotometrisi | |
| | | 0.02([3]) | % 10 | % 20 | -Atomik absorpsiyon spektrofotometrisi<br>-Moleküler absorpsiyon spektrofotometrisi | |
| 12 | Bakır(mg/l Cu) ([10]) | 0.005 | % 10 | % 20 | -Atomik absorpsiyon spektrofotometrisi<br>-Polarografi | |
| | | 0.02([4]) | % 10 | % 20 | -Atomik absorpsiyon spektrofotometrisi<br>-Moleküler absorpsiyon spektrofotometrisi<br>-Polarografi | |
| 13 | Çinko(mg/l Zn) ([10]) | 0.01([2]) | % 10 | % 20 | -Atomik absorpsiyon spektrofotometrisi | |
| | | 0.02 | % 10 | % 20 | -Atomik absorpsiyon spektrofotometrisi<br>-Moleküler absorpsiyon spektrofotometrisi | |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 14 | Bor(mg/l B) ([10]) | 0.1 | % 10 | % 20 | -Moleküler absorpsiyon spektrofotometrisi<br>-Atomik absorpsiyon spektrofotometrisi | Önemli miktarlarda bor içermeyen materyaller |
| 15 | Berilyum(mg/l Be) | | | | | |
| 16 | Kobalt(mg/l Co) | | | | | |
| 17 | Nikel (mg/l Ni) | | | | | |
| 18 | Vanadyum(mg/l V) | | | | | |
| 19 | Arsenik(mg/l As) ([10]) | 0.002([2]) | % 20 | % 20 | -Atomik absorpsiyon spektrofotometrisi | |
| | | 0.01([5]) | | | -Atomik absorpsiyon spektrofotometrisi<br>-Moleküler absorpsiyon spektrofotometrisi | |
| 20 | Kadmiyum(mg/l Cd) ([10]) | 0.0002 | % 30 | % 30 | -Atomik absorpsiyon spektrofotometrisi | |
| | | 0.001([5]) | | | -Polarografi | |
| 21 | Toplam krom(mg/l Cr) ([10]) | 0.01 | % 20 | % 30 | -Atomik absorpsiyon spektrofotometrisi<br>-Moleküler absorpsiyon spektrofotometrisi | |
| 22 | Kurşun(mg/l Pb) ([10]) | 0.01 | % 20 | % 30 | -Atomik absorpsiyon spektrofotometrisi<br>-Polarografi | |
| 23 | Selenyum(mg/l Se) ([10]) | 0.005 | | | -Atomik absorpsiyon spektrofotometrisi | |
| 24 | Cıva(mg/l Hg) ([10]) | 0.0001<br>0.0002([5]) | % 30 | % 30 | -Alevsiz atomik absorpsiyon spektrofotometrisi(soğuk buharlaştırma) | |
| 25 | Baryum(mg/l Ba) ([10]) | 0.02 | % 15 | % 30 | -Atomik absorpsiyon spektrofotometrisi | |
| 26 | Siyanür(mg/l Cn) | 0.01 | % 20 | % 30 | -Moleküler absorpsiyon spektrofotometrisi | |
| 27 | Sülfat(mg/l $SO_4$) | 10 | % 10 | % 10 | -Gravimetrik Analiz<br>-EDTA Kompleksimetri<br>-Moleküler absorpsiyon spektrofotometrisi | |
| 28 | Klorid(mg/l Cl) | 10 | % 10 | % 10 | -Titrasyon(Mohr Metodu)<br>-Moleküler absorpsiyon spektrofotometrisi | |
| 29 | Surfaktanlar (Metil mavi ile reaksiyona giren)( mg/l (laurilsülfat) | 0.05 | % 20 | | -Moleküler absorpsiyon spektrofotometrisi | |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 30 | Fosfatlar(mg/l $P_2O_5$) | 0.02 | % 10 | % 20 | -Moleküler absorpsiyon spektrofotometrisi | |
| 31 | Fenoller (fenol indeksi) Para nitranilin 4 aminoantiprin (mg/l $C_6H_5OH$) | 0.0005<br>0.001(6) | 0.0005<br>% 30 | 0.0005<br>% 50 | -Moleküler absorpsiyon spektrofotometrisi 4 aminoantipyrine metodu<br>-Paranitraline metodu | Cam |
| 32 | Çözünmüş yada emülsifiye hidrokarbonlar (petrol eteri ile ayrıştırıldıktan sonra) (mg/l) | 0.01<br>0.04(3) | % 20 | % 30 | -Karbon tetraklorit ile ekstraksiyondan sonra kızıl ötesi(infrared) spektrometri<br>-Petrol eteri ile ekstraksiyondan sonra gravimetri | Cam |
| 33 | Polisiklik aromatik hidrokarbonlar (mg/l) (10) | 0.00004 | % 50 | % 50 | -İnce tabaka kromotografisi ile ayrıştırmadan sonra UV 'de flüoresans ölçümü<br>Aynı konsantrasyondaki altı kontrol maddesinin karışımı ile orantılı olarak mukayeseli ölçüm(8) | Cam yada alüminyum<br>Cam yada alüminyum |
| 34 | Toplam Pestisit(Parathion, BHC,dieldrin)(mg/l) (10) | 0.0001 | %50 | % 50 | -Uygun solventler ve saflaştırma yoluyla ekstraksiyondan sonra gaz yada sıvı kromotografisi<br>Karışımın içindekilerin belirlenmesi<br>Nicel Analiz(9) | Cam |
| 35 | Kimyasal oksijen ihtiyacı (COD) (mg/l $O_2$) | 15 | % 20 | % 20 | -Potasyumdikromat Metodu | |
| 36 | Çözünmüş oksijen doygunluk oranı (% $O_2$) | 5 | % 10 | % 10 | -Winkler Metodu<br>-Elektrokimyasal metot | Cam |
| 37 | Biyokimyasal oksijen ihtiyacı ($BOD_5$) (nitrifikasyonsuz 20 °C'de) (mg/l $O_2$) | 2 | 1,5 | 2 | -Tamamen karanlık ortamda bir nitrifikasyon inhibitörünün ilavesiyle, 20 °C ± 1 5 gün inkübasyondan (bekleme) önce ve sonra belirlenmesi | |
| 38 | Kjeldahl metodu ile azot ($NO_3$ hariç) (mg/l N) | 0,3 | 0,5 | 0,5 | -Moleküler absorpsiyon spektrofotometrisi veya titrasyon yoluyla amonyumun tanımlanması ve | |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Kjeldahl metodu ile damıtma, mineralleştirme | |
| 39 | Amonyak(mg/l $NH_4$) | 0.01([2])<br>0.1([3]) | 0.03([2])<br>% 10([3]) | 0.03([2])<br>% 20([3]) | -Moleküler absorpsiyon spektrofotometrisi | |
| 40 | Kloroformla ayrıştırılabilen maddeler(mg/l SEC) | ([11]) | - | - | -Saflaştırılmış kloroformla nötr pH değerinde ekstraksiyon, oda sıcaklığında buharlaştırma, çökeltinin tartılması , | |
| 41 | Toplam organik karbon(mg/l °C) | | | | | |
| 42 | Flokülasyon ve membran (5µ) filtrasyonundan sonra geriye kalan organik karbon TOC | | | | | |
| 43 | Toplam koliformlar 37 °C'de(/100 ml) | 5([2])<br>500([7])<br><br>5([2])<br>500([7]) | | | -Uygun bir katı ortamda (örneğin Tergitol laktoz ağar,Endo ağar ,% 0.4 teepol sıvı besiyer) filtrasyonla([2]) yada filtrasyon([7]) yapılmadan 37 °C de kültür ve koloni sayımı<br>Örneklerin mutlaka sulandırılması, yada uygun olan yerlerde, 10 ila 100 koloni içerecek şekilde konsantre edilmesi gereklidir. Eğer gerekirse gazifikasyonla belirleme.<br><br>-En azından üç tüpte üç seyreltme ile yapılan akışkan maddelerin fermantasyonlu seyreltme metodu.<br>Pozitif çıkan tüplerin doğrulayıcı alt kültüre yeniden ekimi<br>En muhtemel sayıya (MPN) göre sayım yapılması.<br>İnkübasyon sıcaklığı: 37 °C ± 1 °C | Sterilize Edilmiş Cam |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 44 | Fekal koliformlar(/100 ml) | 2([2])<br>200([7])<br><br>2([2])<br>200([7]) | | | -Uygun bir katı ortamda (örneğin Tergitol laktoz ağar,Endo ağar ,% 0.4 teepol sıvı besiyer) filtrasyonla([2]),yada filtrasyon yapılmadan ([7]), 44 °C de kültür ve koloni sayımı<br>Örneklerin mutlaka sulandırılması, yada uygun olan yerlerde, 10 ila 100 koloni içerecek şekilde konsantre edilmesi gereklidir. Eğer gerekirse gazifikasyonla belirleme.<br>-En azından üç tüpte üç seyreltme ile yapılan akışkan maddelerin fermantasyonlu seyreltme metodu.<br>Pozitif çıkan tüplerin doğrulayıcı alt kültüre yeniden ekimi<br>MPN'ye (En muhtemel sayı) göre sayım yapılması.<br>İnkübasyon sıcaklığı: 44 °C ± 0.5 °C | Sterilize Edilmiş Cam |
| 45 | Fekal streptokok(/100 ml) | 2([2])<br>200([7])<br><br>2([2])<br>200([7]) | | | -Uygun bir katı ortamda (sodyum azide gibi) filtrasyonla([2]) yada filtrasyon yapılmadan([7]), 37 °C de kültür ve koloni sayımı<br>Örneklerin mutlaka sulandırılması, yada uygun olan yerlerde, 10 ila 100 koloni içerecek şekilde konsantre edilmesi gereklidir. Eğer gerekirse gazifikasyonla belirleme.<br>-Sodyum azide broth içinde en azından üç ayrı tüpte üç ayrı seyreltme ile yapılan sulandırma metodu. MPN'ye (En muhtemel sayı) göre sayım yapılması. | Sterilize Edilmiş Cam |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 46 | Salmonella ([12]) | 1/5000 ml<br><br>1/1000 ml | | | -Filtrasyon yoluyla konsantrasyon (uygun filtre veya membran)<br>-Bir ön-zenginleştirilmiş kültüre aşılama.Yeniden zenginleştirme ve izole edilmiş jele transfer, belirleme | Sterilize Edilmiş Cam |

(1) Plastik veya ağaç gibi yüzen materyallerin sudan uzaklaştırılması için elekten geçirilmesinden sonra su temin edilen noktadan alınan yüzeysel su örneklerinin analizi ve ölçümü,

(2)A1 Kategorisindeki sular için, K değeri,

(3)A2 ve A3 Kategorisindeki sular için,

(4) A3 Kategorisindeki sular için,

(5) A1, A 2 ve A3 Kategorisindeki sular için Z değeri,

(6) A2 Kategorisindeki sular için ve A3 kategorisindeki sular için Z değeri,

(7) A2 ve A3 Kategorisindeki sular için, K değeri,

(8) Aynı konsantrasyonda üç maddenin karışımı düşünülmelidir: fluoranthene;3,4 benzofluoranthene; 11,12 benzofluoranthene;3,4 benzopyrene;1,12benzoperylene;indano/1,2,3-/cd/pyrene,

(9)Aynı konsantrasyonda üç maddenin karışımı düşünülmelidir: parathion, hekzaklorosiklohekzan, dieldrin,

(10) Örneklerin özel bir arıtma gerektirecek kadar çok askıda katı madde içermesi gibi istisnai bir durumda, E sütununda yer alan doğruluk değerleri aşılabilir ve bu değer hedef değer olarak belirlenir. Bu örnekler analiz metodunun tayin edilebileceği en yüksek konsantrasyonu içerecek biçimde işlemden geçirilir.

(11) Kesin bir metot belirlenmemiştir.

(12) 5000 ml de bulunmamalı ($A_1$,K) ve 1000 ml de bulunmamalı ($A_2$,K).

**EK -III**

**TABLO 1: Parametre Sınflaması**

| I | | II | | III | |
|---|---|---|---|---|---|
| Parametreler | | Parametreler | | Parametreler | |
| 1 | PH | 10 | Çözülmüş Demir | 8 | Floridler |
| 2 | Renklenme | 11 | Manganez | 14 | Bor |
| 3 | Toplam askıda katı madde | 12 | Bakır | 19 | Arsenik |
| | | 13 | Çinko | 20 | Kadmiyum |
| 4 | Sıcaklık | 27 | Sülfat | 21 | Toplam Krom |
| 5 | İletkenlik | 29 | Surfaktanlar | 22 | Kurşun |
| 6 | Koku | 31 | Fenoller | 23 | Selenyum |
| 7 | Nitratlar | 38 | Kjeldahl Metodu ile Azot | 24 | Civa |
| 28 | Kloridler | | | 25 | Baryum |
| 30 | Fosfatlar | 43 | Toplam Koliform | 26 | Siyanid |
| 35 | Kimyasal Oksijen İhtiyacı(COD) | 44 | Fekal Koliform | 32 | Çözülmüş veya emülsifiye hidrokarbonlar |
| 36 | Çözülmüş oksijen doygunluk oranı | | | 33 | Polisiklikaromatik hidrokarbonlar |
| 37 | Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı($BOD_5$) | | | 34 | Toplam Pestisitler |
| 39 | Amonyum | | | 40 | Kloroform ile ekstrakte edilebilen maddeler |
| | | | | 45 | Fekal Streptokok |
| | | | | 46 | Salmonella |

**TABLO 2:Yönetmelikte yer alan her bir parametre için minimum yıllık analiz ve örnek alma sıklıkları**

| Nüfus Aralığı | A1 | | | A2 | | | A3 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | I | II | III | 1 | II | III | I | II | III |
| ≤ 10.000 | * | * | * | * | * | * | 2 | 1 | *([1]) |
| > 10.000-≤ 30.000 | 1 | 1 | * | 2 | 1 | * | 3 | 1 | 1 |
| > 30.000-≤ 100.000 | 2 | 1 | * | 4 | 2 | 1 | 6 | 2 | 1 |
| > 100.000 | 3 | 2 | * | 8 | 4 | 1 | 12 | 4 | 1 |

(*) İlgili idare tarafından tanımlanacak olan sıklıklar

([1])İçmesuyu elde etmek amacıyla kullanılan yüzeysel sulardan A3 kategorisinde yer alan, ≤ 10.000 nüfusa içmesuyu sağlayan suların en az bu kategorideki (III)yıllık sıklıkları sağlaması tavsiye edilir.

**EK - C**

15 Eylül 2006 CUMA **Resmî Gazete** Sayı : 26290

**YÖNETMELİK**

Sağlık Bakanlığından:

**İNSANİ TÜKETİM AMAÇLI SULAR HAKKINDA YÖNETMELİKTE DEĞİŞİKLİK YAPILMASINA DAİR YÖNETMELİK**

**MADDE 1** – 17/2/2005 tarihli ve 25730 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmeliğin 49 uncu maddesi başlığıyla birlikte aşağıdaki şekilde değiştirilmiştir.

"**Düzenleme yetkisi**

**MADDE 49** – Bakanlık bu Yönetmeliğin uygulanmasını sağlamak üzere her türlü alt düzenlemeyi yapmaya yetkilidir.

Bu Yönetmelikte Bakanlıkça yapılması öngörülen iş ve işlemlerle ilgili yetkiler Müdürlüklere devredilebilir."

**MADDE 2** – Bu Yönetmelik yayımı tarihinde yürürlüğe girer.

**MADDE 3** – Bu Yönetmelik hükümlerini Sağlık Bakanı yürütür.

**Yönetmelik**

Sağlık Bakanlığından:

**İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik**

BİRİNCİ KISIM
Genel Hükümler

BİRİNCİ BÖLÜM
Amaç, Kapsam, Dayanak ve Tanımlar

**Amaç**

**Madde 1** — Bu Yönetmeliğin amacı, insani tüketim amaçlı suların teknik ve hijyenik şartlara uygunluğu ile suların kalite standartlarının sağlanması, kaynak suları ve içme sularının istihsali, ambalajlanması, etiketlenmesi, satışı, denetlenmesi ile ilgili usul ve esasları düzenlemektir.

**Kapsam**

**Madde 2** — Bu Yönetmelik, kaynak suları, içme suları ve içme-kullanma suları ile ilgili hükümleri kapsar. Ancak, doğal mineralli sular, kaplıca ve içmece suları ile tıbbi amaçlı suları kapsamaz.

**İstisnalar**

**Madde 3** — Bu Yönetmelik hükümleri;

a) Yetkili mercilerce suyun kalitesinin doğrudan ya da dolaylı olarak tüketici sağlığını etkilemediğinin tespit edildiği durumlarda kullanılan sulara,

b) Günlük ortalama 10 m3 den az su sağlayan veya 50 den az kişi tarafından kullanılabilecek müstakil su kaynağından temin edilen suya, bu suyun ticari ya da kamusal faaliyet için temin edilmesi hali hariç,

uygulanmaz.

Bu maddenin (b) bendinde belirtilen istisnai hallerde, suyun herhangi bir şekilde kirlenmesi sonucunda veya suyun niteliği nedeniyle oluşabilecek olumsuz etkiler hakkında tüketici nüfus haberdar edilerek insan sağlığının korunmasını sağlayacak tavsiyelerde bulunulur ve gerekli önlemler alınır.

**Dayanak**

**Madde 4** —Bu Yönetmelik, 24/4/1930 tarihli ve 1593 sayılı Umumi Hıfzıssıhha Kanununun 235 ve 242 nci maddeleri, 27/5/2004 tarihli ve 5179 sayılı Gıdaların Üretimi, Tüketimi ve Denetlenmesine Dair Kanun Hükmünde Kararnamenin Değiştirilerek Kabulü Hakkında Kanunun 26 ncı maddesi, 13/12/1983 tarihli ve 181 sayılı Sağlık Bakanlığı Teşkilat ve Görevleri Hakkında Kanun Hükmünde Kararnamenin 43 üncü maddesine dayanılarak,

Ayrıca, Avrupa Birliğine Üye Ülkelerce esas alınan İnsani Kullanım Amaçlı Suların Kalitesine Dair 98/83/EC sayılı Konsey Direktifi, Doğal Mineralli Suların Çıkartılması ve Pazarlanmasına İlişkin Üye Devletlerin Kanunlarının Uyumlaştırılması Hakkındaki 15/7/1980 tarihli ve 80/777/EEC sayılı Konsey Direktifi ile Doğal Mineralli Sular İçin Konsantrasyon Limitleri ve Etiketleme Bilgileri Hakkında Liste Oluşturulması ve Doğal Mineralli Suların ve Kaynak Sularının Ozonla Zenginleştirilmiş Hava ile İşleme Tabi Tutulmasının Şartlarını Belirleyen 16/5/2003 tarihli ve 2003/40/EC sayılı Konsey Direktifine paralel olarak,

hazırlanmıştır.

**Tanımlar**

**Madde 5** — Bu Yönetmelikte geçen:

a) Bakanlık: Sağlık Bakanlığını,

b) Komisyon: Avrupa Birliği Komisyonunu,

c) Müsteşarlık: Başbakanlık Dış Ticaret Müsteşarlığını,

d) Müdürlük: İl Sağlık Müdürlüğünü,

e) İnsani Tüketim Amaçlı Su: Orijinal haliyle ya da işlendikten sonra, dağıtım ağı, tanker, şişe veya kaplar ile tüketime sunulan içme, pişirme, gıda hazırlama ya da diğer evsel amaçlar için kullanılan bütün sular ile suyun kalitesinin, gıda maddesinin nihai halinin sağlığa uygunluğunu etkilemeyeceği durumlar haricinde insani tüketim amaçlı ürünlerin veya gıda maddelerinin imalatında, işlenmesinde, saklanmasında veya pazarlanmasında kullanılan bütün suları,

f) Kaynak Suyu: Jeolojik koşulları uygun jeolojik birimlerin içinde doğal olarak oluşan, bir veya daha fazla çıkış noktasından yer yüzüne kendiliğinden çıkan veya teknik usullerle çıkartılan ve bu Yönetmeliğin 36 ncı maddesinde izin verilenler dışında her hangi bir işleme tabi tutulmaksızın Ek-1' deki nitelikleri taşıyan, etiketleme gerekliliklerini karşılayan ve satış amacı ile ambalajlanarak piyasaya arz edilen yer altı sularını,

g) İçme Suyu: Jeolojik koşulları uygun jeolojik birimlerin içinde doğal olarak oluşan, bir çıkış noktasından sürekli akan veya teknik usullerle çıkarılan ve Bakanlıkça uygun görülen dezenfeksiyon, filtrasyon, çöktürme, saflaştırma ve benzeri işlemler uygulanabilen ve parametre değerlerinin eksiltilmesi veya arttırılması suretiyle Ek-1'deki parametre değerleri elde edilen, etiketleme gerekliliklerini karşılayan ve satış amacı ile ambalajlanarak piyasaya arz edilen yer altı sularını,

h) İçme-Kullanma Suyu: Genel olarak içme, yemek yapma, temizlik ve diğer evsel amaçlar ile, gıda maddelerinin ve diğer insani tüketim amaçlı ürünlerin hazırlanması, işlenmesi, saklanması ve pazarlanması amacıyla kullanılan, orjinine bakılmaksızın, orijinal haliyle ya da arıtılmış olarak ister kaynağından isterse dağıtım ağından temin edilen ve Ek-1' deki parametre değerlerini sağlayan ve ticari amaçlı satışa arz edilmeyen suları,

ı) Dış Şebeke Sistemi: İnsani tüketime yönelik suları kullanıcılara ulaştırmak amacı ile iç şebeke dağıtım sistemine kadar olan borular, bağlantılar, aletlerden oluşan dağıtım ağını,

i) İç Şebeke Sistemi: İnsani tüketime yönelik suları kullanıcılara ulaştırmak amacı ile dış şebeke sistemi ile musluklar arasında kurulmuş olan ve ilgili ulusal yasa uyarınca su tedarikçisinin yetkisi ve sorumluluğu altında olmayan borular, bağlantılar ve aletlerden oluşan bina içi dağıtım sistemini,

j) Kurul: Kaynak suları ve içme sularını incelemek üzere her ilde Sağlık Müdürünün teklifi ve Valiliğin onayı ile oluşturulan inceleme kurulunu,

k) Tesis İzni: Kaynak suyu ve içme suyu işletmelerinin inşası için bu Yönetmelik uyarınca verilen izni,

l) İşletme İzni: Kaynak suyu ve içme suyu işletmelerine bu Yönetmelik uyarınca verilen işletme belgesini,

m) Otomatik Makine: İmlahanede yer alan, yıkama, doldurma ve kapaklama işlemlerini el değmeden otomatik olarak yapan makineyi,

n) Otomatik Sistem: İşletmede üretimi yapılan ambalajın temizlenmesi, dolum ve kapaklama işlemlerini el değmeden otomatik olarak uyum içinde yapan sistemi,

o) Geri Dönüşlü Kap: Kaynak suyu ve içme suyu dolumunda bir defadan fazla kullanılan ve su ile etkileşim yapmayan cam, metal, krom-nikel, polikarbonat ve benzeri kapları,

ö) Geri Dönüşsüz Kap: Su dolumunda bir defadan fazla kullanılmayacak pet, cam, metal, krom-nikel ve benzeri kapları,

p) Kurul Ön Raporu: bu Yönetmelikte belirtilen usul ve esaslar doğrultusunda suyun kaynağı, çıkış noktası ve tesis yeri ile ilgili olarak Kurulca hazırlanan kaynak veya içme suları hakkında ilk raporu,

r) Kurul Son Raporu: Tesis izni aşamasında sunulan projelere ve bu Yönetmelik esaslarına göre su tesisinin tamamının inşa edilip tamamlandığına dair Kurul tarafından hazırlanan kaynak veya içme suları hakkında son raporu,

s) Üye Ülke: Avrupa Birliği üyesi olan ülkeleri,

ş) Üçüncü Ülkeler: Avrupa Birliği üyesi olmayan ülkeleri,

ifade eder.

## İKİNCİ BÖLÜM

## Genel Esaslar, Kalite Standartları ve Yönetmeliğe Uyum Çizelgesi

**Genel Esaslar**

**Madde 6** — Suların, sağlığa uygun ve temiz olması zorunludur.

Bu Yönetmeliğin asgari şartları bakımından sular;

a) İnsan sağlığına potansiyel bir tehlike oluşturan miktar ve yoğunlukta maddeler, mikro-organizmalar ve parazitler içermiyorsa,

b) Ek-1'de yer alan şartlara ve bu Yönetmeliğin 7, 8, 10, 11 ve 13 üncü maddelerine uyuyor ise,

sağlığa uygun ve temiz kabul edilir.

Bu Yönetmeliğin uygulanması sırasında insan sağlığını korumak amacıyla alınan önlemler, bu Yönetmelikte belirtilen suların fiziksel, kimyasal, radyoaktif ve mikrobiyolojik parametre değerlerinin aşılmasına, suyun kalite standartlarının dışına çıkılmasına veya suların kirlenmesinde herhangi bir artışa neden olmamalıdır.

**Kalite Standartları**

**Madde 7** — Suyun kalite standartları Ek-1' de belirlenen parametre değerlerini içerir.

Ek-1 (c) ve (d)'de belirlenen parametre değerleri, suyun izlenmesi ve düzeltici önlemler ile kullanım sınırlamalarına ilişkin 11 inci maddede belirtilen yükümlülüklerin yerine getirilmesi amacıyla kullanılır.

İnsan sağlığının korunmasının gerektirdiği hallerde Ek-1'de yer almayan parametreler de ilave edilebilir. İlave edilecek parametreler, en azından suyun mikro organizmalardan, parazitlerden ve insan sağlığına potansiyel bir tehlike oluşturan miktarlarda herhangi bir maddeden yoksun olmasını sağlamalıdır.

**Kalite Standartlarının Aranacağı Noktalar**

**Madde 8** — 7 nci maddede yer alan parametreler;

a) Suyun bir şebeke aracılığı ile temin edilmesi halinde, bina ya da bir kuruluşta, suyun insani tüketim için kullanılmak üzere musluklardan akıtıldığı,

b) Suyun tankerden alınması halinde, tankerden alındığı,

c) Suyun satılmak üzere şişelere ya da ambalajlara doldurulması halinde, şişelere ya da ambalajlara doldurulduğu,

d) Suyun gıda üretiminde kullanılması halinde, suyun üretimde kullanıldığı,

noktalarda aranır.

Suyun, toplu kullanıma sunulduğu tesisler ve kuruluşlar dışındaki noktalarda kalite standartlarına uymadığının tespit edilmesi ve bu durumun, iç şebeke sisteminden ya da bakım veya onarımdan kaynaklandığının belirlenmesi durumunda, bu Yönetmelik hükümlerine uyulmuş kabul edilir.

Şebeke aracılığıyla temin edilen sular için bu maddenin ikinci fıkrasında belirtilen durumun geçerli olması halinde, yetkili merciler, mülkiyet sahiplerince alınabilecek mümkün olan her tür düzeltici önlem hakkında mülkiyet sahiplerine tavsiyelerde bulunma da dahil olmak üzere, parametrik değerlere uyumsuzluk riskini azaltacak veya ortadan kaldıracak her tür önlemi alır. Bunların dışında suyun kullanıma açılmasından önceki yapısının ve özelliğinin değiştirilmesi yoluyla, kullanıma açıldıktan sonraki parametrik değerlerle uyumsuzluk riskinin azaltılmasını ya da ortadan kaldırılmasını temin eden uygun işleme teknikleri gibi diğer önlemler de yetkili mercilerce alınır ve ilgili nüfusa gerekli tavsiyelerde bulunarak, taraflarınca alınması gereken ilave tedbirler hakkında bilgi verilir.

**Yönetmelik Hükümlerine Uyum İçin Zaman Çizelgesi**

**Madde 9** — Suların kalitesinin bu Yönetmeliğe uyması için gerekli önlemler, bu Yönetmeliğin yürürlüğe giriş tarihinden itibaren üç yıl içinde alınır.

Ancak;

a) Mümkün olan hallerde, dezenfeksiyondan ödün vermemek kaydıyla Bromat için Ek-1 (b)'de belirtilen parametre değerinden daha düşük bir değer elde etmek hedeflenir. 8 inci maddenin (a), (b) ve (d) bentlerinde atıfta bulunulan sular için, bromatla ilgili Ek-1 (b)'de belirtilen parametrik değere bu Yönetmeliğin yürürlüğe girdiği tarihten itibaren en geç beş yıl içinde ulaşılması sağlanır. Bu sular için, bromatın parametrik değeri bu Yönetmeliğin yürürlüğe girdiği tarihten itibaren ilk üç yıl için 25 µg/L olarak uygulanır.

b) 8 inci maddenin (a), (b) ve (d) bentlerinde atıfta bulunulan sular için Kurşunla ilgili Ek-1 (b)'de belirtilen parametrik değere bu Yönetmeliğin yürürlüğe girdiği tarihten itibaren en geç onbeş yıl içerisinde uyulması sağlanır. Bu sular için, kurşunun parametrik değeri bu Yönetmeliğin yürürlüğe girdiği tarihten itibaren ilk sekiz yıl için 25 µg/L olarak uygulanır.

Kurşun parametresi için belirtilen değerlere uyum sağlamak amacı ile verilen süre boyunca insani tüketim amaçlı suların kurşun miktarını mümkün olduğu kadar azaltmak için bütün tedbirlerin alınması sağlanır.

Bu değere uyumun sağlanmasına yönelik önlemlerin alınması sırasında, Bakanlık insani tüketim amaçlı sularda kurşun miktarının en yüksek olduğu yerlere öncelik vermelidir.

c) Mümkün olan hallerde, dezenfeksiyondan ödün vermemek kaydıyla trihalometanlar için Ek-1 (b)'de belirtilen parametre değerinden daha düşük bir değer elde etmek hedeflenir. 8 inci maddenin (a), (b) ve (d) bentlerinde atıfta bulunulan sular için, trihalometanlarla ilgili Ek-1 (b)'de belirtilen parametrik değere bu Yönetmeliğin yürürlüğe girdiği tarihten itibaren en geç on yıl içinde ulaşılması sağlanır. Toplam trihalometanlar için parametrik değer bu Yönetmeliğin yürürlüğe girdiği tarihten itibaren ilk sekiz yıl için 150 μg/L'dir.

## İKİNCİ KISIM
## İçme-Kullanma Suları

## BİRİNCİ BÖLÜM
## İçme-Kullanma Sularına Ait Hükümler

**İzleme, Dezenfeksiyon ve Analiz Özellikleri**

**Madde 10** — Tüketime sunulan içme-kullanma suları Ek-2 Tablo B1'de belirtilen sıklıklarda denetleme izlemesi ve kontrol izlemesine tabi tutulur. Ek-2 Tablo B1'de belirtilen asgari şartlara uygun izleme programları hazırlanır. Numune alma noktaları, Ek-2'deki gereklilikleri karşılayacak şekilde yetkili mercilerce belirlenir. Numuneler, yıl boyu tüketilen suyun kalitesini yansıtacak şekilde alınır. Ancak suların, Ek-1 (a) ve (b)' de belirtilen parametre değerleri ile, 7 nci maddenin ikinci fıkrası uyarınca belirlenen parametre değerlerine uyumsuzluğunun tespit edilmesi halinde, kirliliğin boyutlarının ve düzeltici önlemlerin etkinliğinin tespiti amacıyla, 11 inci madde uyarınca izleme programı dışında ilave denetleme izlemesi talep edilebilir.

Denetleme izlemesinin amacı; Yönetmelik Ek-1 (a) ve (b)' deki bütün parametrik değerlere uyulup uyulmadığını belirlemek için gerekli verileri temin etmektir. Sular EK -1 (a) ve (b)'de belirtilen parametreler ile 7 nci maddenin ikinci fıkrası uyarınca belirlenen bütün parametreler denetleme izlemesine tabi tutulur. Bakanlık gerekli gördüğü taktirde Ek-1 (c) ve (d)' de yer alan parametreleri de denetleme izlemesine dahil edebilir.

Kontrol izlemesinin amacı, içme-kullanma suyunun Ek-2 Tablo A'da sayılan parametrelerin Ek- 1'de yer alan değerlerine uyup uymadığını belirlemek amacıyla, suyun organoleptik ve mikrobiyolojik kalitesi ve aynı zamanda içme suyu arıtımının yapılması durumunda, bu arıtımın (özellikle dezenfeksiyon) etkili olup olmadığı hakkında düzenli bilgi sağlamaktır.

İçme-kullanma sularına dezenfeksiyon gerekmesi halinde, dezenfeksiyonun etkinliği doğrulanır. Yan ürünlerden kaynaklanan kirlenmenin önlenmesi için; dezenfeksiyondan taviz verilmeksizin dezenfeksiyon dozu düşük tutulur ve gerekli bütün tedbirler alınır.

İçme-kullanma sularının dezenfeksiyonunda klor kullanılması halinde uç noktalardan alınan numunelerde serbest bakiye klor miktarı en fazla 0.5 mg/L olmalıdır.

İçme-kullanma sularından numune alma noktaları 8 inci maddede belirtilen noktalardır. Bu noktalardan alınacak numunelerde ve analizlerde, analizi yapılacak parametreler ile numune alma ve analiz sıklığı Ek-2 Tablo B 1' e göre belirlenir.

Parametrelerin analiz özellikleri için Ek-3'te belirtilen şartlara uyulur.

Ek-3 (1)' de belirtilen metotlardan farklı bir metot kullanılması durumunda, sonuçları Ek-3 (1)' de belirlenen metotlarla elde edilenler kadar güvenilir olmalıdır. Söz konusu metot ve eşdeğerliği hakkında Bakanlığın bilgilendirilmesi ve onayı gerekir. Bu madde uyarınca farklı metot kullanılması halinde Komisyona bilgi verilir.

Ek-3 (2) veya (3)'de yer alan parametreler için söz konusu bölümlerde belirlenen gerekliliklere uymak şartıyla herhangi bir metot kullanılabilir. Ek-3 (2)'de yer alan parametrelerin analizi için kullanılan analiz metotlarının performans karakteristikleri bu bölümde yer alan performans karakteristiklerine uymalıdır.

İçme-kullanma sularının bu Yönetmelikte yer almayan parametreler yönünden kirlenmesinin ve bu kirlenmenin insan sağlığına potansiyel bir tehlike oluşturmasının muhtemel olması halinde, bu Yönetmelikte bulunmayan maddeler ve mikroorganizmalar için ayrı izleme yapılır, izleme sonuçlarına göre gerekli tedbirler alınır.

**Düzeltici Önlemler ve Kullanım Sınırlamaları**

**Madde 11** — Bu Yönetmeliğin Ek-1 (a) ve (b)' de belirlenen parametre değerleri ile 7 nci maddenin ikinci fıkrası uyarınca belirlenen parametre değerlerinin herhangi bir ihlali durumunda, bu ihlalin nedenlerini belirlemek amacıyla gerekli incelemeler yapılır.

Şebekeden sağlanan sular, bu Yönetmeliğin 3 üncü maddesindeki yükümlülüklere uymak için alınan tedbirlere rağmen, bu Yönetmeliğin Ek-1 (a) ve (b)' deki belirtilen parametre değerleri ile 7 nci maddenin ikinci fıkrası uyarınca belirlenen parametre değerlerine uymuyorsa ve bu sulardaki uyumsuzluk iç şebeke sisteminden, bakım veya onarımdan kaynaklanıyorsa, yetkili merciler, suyun kalitesinin iyileştirilmesi için düzeltici önlemleri en kısa sürede alır ve ilgili parametrik değerin ne derecede aşıldığı veya uyumsuzluğun insan sağlığına ne derecede bir tehdit oluşturduğu gibi hususları dikkate alarak zorlayıcı tedbirlere öncelik verir.

Herhangi bir parametre değerinin ihlali durumunda, gerekli görülürse sular, izleme programı dışında ilave denetleme izlemesine tabi tutulabilir, herhangi bir parametre ihlali olmasa dahi insan sağlığı için potansiyel tehlike oluşturan içme-kullanma suyunun kullanımı yasaklanabilir ya da sınırlanabilir veya insan sağlığını korumak için gerekli diğer önlemler alınır. Hangi önlemlerin alınacağına, içme-kullanma sularının kullanımının sınırlanmasının veya temininin durdurulmasının insan sağlığı açısından neden olacağı riskler de dikkate alınarak karar verilir. Böyle bir

durumda tüketiciler bilgilendirilerek gerekli uyarılar yapılır. Yetkili mercilerce alınan önlemler hakkında rehberler hazırlanabilir.

Denetleme izlemelerinde Ek-1 (c) ve (d)'de yer alan parametre değerlerinin ya da şartlarının ihlali halinde, bu ihlalin insan sağlığı için herhangi bir risk oluşturup oluşturmayacağı değerlendirilir. İnsan sağlığını korumak amacıyla gerekli olması halinde su kalitesini iyileştirmek için gerekli düzeltici önlemler alınır.

Düzeltici önlemlerin alınmasını gerektiren ihlalin ciddi boyutlarda olması durumunda tüketiciler bilgilendirilir.

**Muafiyetler**

**Madde 12** — Hiç bir muafiyetin insan sağlığına yönelik potansiyel bir tehlike oluşturmaması esastır. Ancak bölgede içme-kullanma suyu tedarikinin sürdürülebileceği başka makul yolların bulunmaması halinde, Ek-1 (b)'de ya da 7 nci maddenin ikinci fıkrasına uygun olarak belirlenen parametre değerlerinden, yetkili mercice, belirlenecek bir maksimum değere kadar muafiyet verilebilir. Muafiyetler kısa süreli olur ve maksimum üç yılı geçemez. Bu sürenin sonuna doğru yeterli ilerleme sağlanıp sağlanmadığını belirlemek için bir değerlendirme yapılır. İkinci bir muafiyet verilmesi halinde, buna ilişkin değerlendirme sonuçları ikinci muafiyet verilmesinin bütün gerekçeleriyle birlikte Komisyona gönderilir. İkinci muafiyetin süresi üç yılı aşamaz. Ancak, istisnai hallerde Komisyondan üç yılı aşmayan üçüncü bir muafiyet dönemi talep edilebilir.

Verilen herhangi bir muafiyette aşağıda yer alan hususlar belirtilir;

a) Muafiyetin gerekçeleri,

b) Parametrenin adı, önceki izleme sonuçları ve muafiyette izin verilebilecek maksimum değer,

c) Coğrafi bölge, temin edilen günlük su miktarı, ilgili nüfus ve herhangi bir gıda üretim faaliyetinin etkilenip etkilenmeyeceği,

d) Gerekli olan yerlerde artırılmış izleme sıklığı içeren uygun bir izleme planı,

e) Gerekli düzeltici faaliyetlerin planının bir özeti, çalışma zaman çizelgesi, gider tahmini ve gözden geçirmeye ilişkin düzenlemeler,

f) Talep edilen muafiyet süresi.

Eğer parametre değerinin ihlalinin önemsiz olduğu değerlendirilir ve 11 inci maddenin ikinci fıkrasına uygun olarak alınan düzeltici tedbirler, sorunun 30 gün içinde çözülmesi için yeterli ise ikinci fıkrada listelenen şartlar uygulanmaz. Bu durumda, yalnızca ilgili parametre için izin verilebilecek maksimum değer ve sorunun çözümü için izin verilecek süre belirlenir.

Eğer herhangi bir su tedariki için bir parametre değerinin ihlali geçen 12 aylık süre içinde toplam 30 günü aşmışsa bir önceki fıkraya başvurulamaz.

Bu maddede belirtilen muafiyetlere başvurulması halinde, ilgili nüfus bilgilendirilir. Ayrıca, gerektiğinde, muafiyetin özel risk oluşturabileceği nüfus gruplarına tavsiyede bulunulur. Bu yükümlülükler, aksine karar verilmedikçe, bu maddenin üçüncü fıkrasında tarif edilen durumlarda uygulanmaz.

Üçüncü fıkraya uygun olarak verilen muafiyetler hariç olmak üzere, günde ortalama 1000 $m^3$'ü aşan miktarda su tedarik eden ya da 5.000'den fazla insanın yararlandığı müstakil bir su kaynağına ilişkin herhangi bir muafiyet konusunda Komisyon, ikinci fıkrada belirlenen bilgiler dahil, iki ay içinde bilgilendirilir.

Bu madde şişelerde ya da kaplarda satışa sunulan kaynak suları ile içme sularına uygulanmaz.

**Arıtma, Ekipman ve Materyallerin Kalitesinin Güvenceye Alınması**

**Madde 13** — İçme-kullanma sularının hazırlanması, dağıtımı ve yeni yapılacak tesisatta kullanılan madde veya materyallerden kaynaklanan kirliliğin, kullanım için gerekli olan yoğunluktan daha yüksek olmaması ve doğrudan ya da dolaylı olarak, insan sağlığına yönelik bir risk oluşturmaması için gerekli bütün önlemler alınır. Suyun tüketime sunulduğu noktaya kadar her aşamada su ile temas eden veya etmesi muhtemel olan bütün yüzeyler ile yine su ile temas edecek şekilde kullanılacak alet ve cihazlar, suyun niteliğini bozmayacak ve sağlığa zarar vermeyecek özelliklere haiz malzemeden yapılır.

**Bilgilendirme ve Rapor Etme**

**Madde 14** — Yetkili mercilerce içme-kullanma sularına ilişkin olarak tüketicilere yeterli ve güncel bilgiler sağlanır ve bu doğrultuda Bakanlık bilgilendirilir.

Suların kalitesi hakkında, tüketicileri bilgilendirmek için üç yılda bir rapor yayınlanır. Rapor, en azından günde ortalama 1000 m3'ü aşan ya da 5000'den fazla kişiye hizmet eden bütün müstakil su kaynaklarıyla ilgili bilgileri içerir. Rapor üç takvim yılını kapsar ve bu dönemin sonundan itibaren bir takvim yılı içinde yayınlanır. Bu raporlar yayınlanmasından itibaren iki ay içinde Komisyona gönderilir.

Raporların hazırlanmasında, 3 üncü maddenin birinci fıkrasının (b) bendi, 7 nci maddenin ikinci ve üçüncü fıkrası, 10 uncu maddenin birinci fıkrası, 11 inci madde, 12 nci maddenin beşinci fıkrası ile altıncı fıkrası ve 15 inci maddenin birinci fıkrasında yer alan hükümler dikkate alınır.

Ayrıca, hazırlanan raporla birlikte, 11 inci maddenin birinci fıkrası ile üçüncü fıkrası ve 9 uncu maddenin (c) bendine uygun olarak alınan ya da alınacak önlemler hakkında rapor hazırlanır ve Komisyon' a sunulur.

**Yönetmelik Hükümlerine Uymak için Zaman Çizelgesiyle ilgili İstisnai Haller**

**Madde 15** — 9 uncu madde hükümlerine uymak için zaman çizelgesiyle ilgili olarak, istisnai hallerde ve coğrafi olarak tanımlanmış alanlarda, Komisyona 9 uncu maddede yer alan süreden daha uzun bir süre tanınması için özel bir talepte bulunulabilir. Bu ilave süre üç yılı aşamaz ve sürenin sonuna doğru bir gözden geçirme yapılır ve sonucu Komisyona iletilir. Komisyondan bu gözden geçirmeye dayalı olarak üç yıla kadar uzayan ikinci bir ilave süre talep edilebilir. Bu hüküm şişelerde ya da kaplarda satışa sunulan sulara uygulanmaz.

Gerekçeleri bildirilen böyle bir talep, karşılaşılan güçlükleri belirleyecek ve en azından 12 nci maddenin ikinci fıkrasında öngörülen bütün bilgileri içerecektir.

Yetkili merci bu maddeyi uyguladığında talepten etkilenecek nüfusun, talebin sonucu hakkında uygun bir yolla hemen bilgilendirilmesini ve gerekli olan hallerde, bu talebin özel bir risk oluşturabileceği özel nüfus gruplarına uyarılarda bulunulmasını sağlar.

## ÜÇÜNCÜ KISIM
## Kaynak Suları ve İçme Suları

## BİRİNCİ BÖLÜM
## Kaynak Suları ve İçme Sularının İzne Bağlanması ile İlgili Hükümler

**İzinsiz Kaynak Suları ve İçme Sularının Satış Yasağı**

**Madde 16** — İzinsiz kaynak suları ve içme sularının satış yasağı ile ilgili hükümler aşağıda belirtilmiştir:

a) Bu Yönetmelikte belirtilen tanım ve niteliklere uygun olsa dahi, bu Yönetmelik hükümlerine göre izin alınmamış kaynak ve içme sularının pazara arzı, satışı ve tüketime sunulması yasaktır.

b) Dere, göl, nehir gibi yüzeysel suların satışı yasaktır.

c) Kaynak suları ve içme sularında aynı kaynak birden fazla gerçek veya tüzel kişilerce kullanılamaz.

d) İzinli suların, işletme ruhsatında yer alan ticari isminden farklı bir isim altında satışı yasaktır. Ancak, Bakanlığın özel izni ile izinli sulardan üçüncü ülkelere ihracat amacı ile kendi adına veya başka firma adına farklı bir ticari isim ile dolum yapılabilir. Bu madde uyarınca dolum yapacak üreticilerin Ek-6' da yer alan form doğrultusunda Bakanlığa bildirimde bulunarak izin alması zorunludur.

e) Bu Yönetmeliğe göre izne bağlanmış olan kaynak ve içme suları, tüketim yerlerine nakil ve tüketim yerindeki depolama işinde kullanılacak taşıt, tank ve depoların Bakanlıkça hijyenik şartlara sahip olması ve bu öngörülen usul ve esaslar çerçevesinde ayrıca izin alınması kaydı ile toplu olarak yemek ve sair gıda maddesi hazırlamak veya istihdam ettiği elemanların ya da hizmet sunduğu kişilerin su ihtiyacını karşılamak veya endüstride herhangi bir maddenin üretiminde kullanmak için Ek-1' de nitelikleri belirtilen kaynak veya içme sularını tercih eden kuruluş ve işletmelerden günde 500 litreden fazla ihtiyacı olanlara bu sular temin edilebilir. Bu sular başkalarına satılamaz.

f) Belediye mücavir alanı dışında olup fenni su şebekesi bulunmayan veya sıhhi içme-kullanma suyu yeterli olmayan, toplu yaşanılan ve günde 500 litreden fazla zaruri su ihtiyacı bulunan yerlerdeki kişilerin su ihtiyacının karşılanması için, bu fıkranın (e) bendi uyarınca su temin edilebilir . Bu sular başkalarına satılamaz.

**İzin Alma Mecburiyeti**

**Madde 17** — Bu Yönetmelikte belirtilen esaslara uygun kaynak ve içme sularını işletmek isteyenler, Bakanlıktan tesis ve işletme izni almak zorundadır.

Bu Yönetmeliğe göre verilen izin, yürürlükteki mevzuat uyarınca diğer kuruluşlardan izin alma zorunluluğunu ortadan kaldırmaz.

**İlk Başvuru, İnceleme ve Analiz**

**Madde 18** — Bu Yönetmelikte belirtilen kaynak ve içme sularını işletmek isteyen gerçek veya tüzel kişiler, kaynakta veya çıkış noktasında hiçbir işlem yapmadan, kaynağın veya çıkış noktasının yerini tereddütlere meydan vermeyecek şekilde belirleyen plan veya kroki ile birlikte Valiliğe müracaat ederler.

Başvurunun Müdürlüğe intikali üzerine; suların kaynağı veya çıkış noktası, müdürlük elamanları kontrolünde numune alınacak şekle getirtilir. Kurul, kaynağı veya çıkış noktası ve tesis yerini mahallinde tetkik eder. Yapılan tetkikler sonucunda, kaynağın veya çıkış noktasının tanımına uygunluğunun tespit edilmesi halinde, sağlık teşkilatı, kaynağından tekniğine uygun olarak gerekli numuneleri alır; debi ve sıcaklık gibi mahallinde yapılması gereken ölçümleri yapar, kaptajın yeri ve kaynağın veya çıkış noktasının etrafında bırakılacak koruma alanı mesafesi ve gerekli olan diğer hususlara da yer verilerek ön raporu detaylı şekilde hazırlar.

Alınan numuneler, tercihen akredite olmuş ve analitik kontrol sistemine sahip, denetim yetkileri yetkili kuruluşlarca onaylanmış bağımsız kişi veya kurumlarca belirli aralıklarla denetlenen laboratuvarlar arasından, Bakanlıkça yetki verilecek laboratuvarlarda analiz ettirilir.

Tesis izni ve işletme izni için yaptırılan analizler ile Kurul üyelerinin yolluklarının yürürlükteki mevzuata uygun olarak ödenmesinden su işletmecisi sorumludur.

**Kurul**

**Madde 19** — Kurul; İl sağlık müdürünün veya görevlendireceği müdür yardımcısının başkanlığında aşağıdaki üyelerden teşkil edilir:

a) Gıda ve çevre kontrol şube müdürü,

b) Kimya mühendisi veya kimyager veya gıda mühendisi veya biyolog,

c) Jeoloji mühendisi veya hidro-jeoloji mühendisi,

d) Makine mühendisi,

e) İnşaat mühendisi,

f) Tıbbi teknolog veya sağlık memuru veya çevre sağlık teknisyeni,

g) İlgili imar müdürlüğünü temsilen bir yetkili.

Tesis izni aşamasında Kurul, bu maddenin birinci fıkrasının (a), (c), (e), (f) ve (g) bentlerinde sayılan gruplara dahil üyelerden her bir gruptan en az bir üyenin katılımı ile mahallinde toplanır.

İşletme izni aşamasında ise, bu maddenin birinci fıkrasının (a), (b), (d), (e) ve (f) bentlerinde sayılan gruplara dahil üyelerden her bir gruptan en az bir üyenin katılımı ile mahallinde toplanır.

Gerekli görülür ise, diğer ilgili teknik elemanlar da kurula dahil edilir. Ayrıca, Kurula konusunda uzman ilgili sivil toplum örgütü temsilcisi gözlemci olarak katılabilir. Söz konusu temsilcinin Kurula katılımı zorunlu değildir.

Kurul üyelerinin görüşleri arasında ihtilaf doğması halinde Bakanlık konu ile ilgili uzmanın görüşünü dikkate alabilir veya yeniden Kurul oluşturabilir.

**Projelerin Hazırlanması**

**Madde 20** — Kurulun olumlu ön raporundan sonra işletmeye ait suyun çıkış noktası ve kaynağı, kaptajı ve koruma bölgesi, isale hattı, toplama odası, depo, imlahane ve diğer sosyal tesislere ait ünitelerin projeleri işletmeci tarafından aşağıda belirtilen ölçeklerde yetkili mühendislere hazırlattırılır.

a) 1/100 veya 1/1000 ölçekli koruma bölgesini gösterecek biçimde kaynak yeri plan koteleri,

b) 1/20 - 1/50 ölçekli kaptaj projesi,

c) Kaynağın veya çıkış noktasının bağlantılarını, toplama odasını ve maslak gibi üniteleri de gösteren 1/200 -1/2000 ölçekli isale plan ve profili,

d) Kanalizasyon bulunmayan yerlerde 1/20 - 1/50 ölçekli fosseptik projesi ve açıklama raporu,

e) Depo kullanılacak ise 1/50-1/100 ölçekli depo projesi,

f) 1/50-1/500 ölçekli imlahane projesi, (Uygulanacak prosese bağlı olarak, işletmede imal edilmesi gereken dönüşsüz ambalajlar için imal yeri ile kirli ve dolu kap bekletme yeri, yıkama, doldurma ve kapaklama yeri ve diğer ilgili üniteleri birlikte gösterir.)

g) Makine yerleşimi ile iş akımını gösterir şema ve açıklama raporu,

h) Sosyal tesis ile diğer yardımcı üniteleri gösterir 1/50-1/500 ölçekli proje,

ı) Bütün üniteler ile kaynak koruma alanını da gösterecek şekilde hazırlanmış genel vaziyet planı.

**Dosya Tanzimi**

**Madde 21** — Tesis izni için üç nüsha olarak tanzim edilecek olan dosyada aşağıda belirtilen bilgi ve belgeler bulunur;

a) Dilekçe,

b) 20 nci maddede belirtilen projeler,

c) Suyun kaynağından veya kaynaklarından, çıkış noktası veya noktalarından alınacak numunelerin Ek-1'de yer alan parametrelere ait tam analiz raporları,

d) Su ile ilgili Kurul ön raporu,

e) Ek-4'de yer alan Tesis İznine Esas Değerlendirme Formu,

f) Valiliğin Uygun görüşünü belirtir Olur,

g) Suyun imla şekli ile ilgili açıklama raporu,

h) Hidrojeolojik inceleme raporu,

ı) Suyun bulunduğu arazinin, Kurulca belirlenen koruma alanını da kapsayacak şekilde tapusu, yer başka gerçek veya tüzel kişiye ait ise noter onaylı anlaşma örneği, hisseli tapularda diğer hissedarların noter onaylı muvafakatı veya ilgili mahkemeden alınacak karar,

i) Suya uygulanacak üretim proseslerine ilişkin bilgi ve belgeler,

j) Teknik usullerle yer altından çıkartılan ve çıkış noktası kuyu olan içme sularında Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğünden alınacak İçme Amaçlı Yer Altı Suyu Kullanım Belgesi,

k)Teknik usullerle yer altından çıkartılan içme sularının ilgili mevzuatına uygun olarak İl Özel İdaresi'nden kiralandığına dair sözleşme,

l) İsale hattında kullanılacak malzemelere ait bilgi ve belgeler,

m) Var ise ilgili mevzuatı doğrultusunda alınmış diğer kuruluşlara ait görüş yazıları.

Hazırlanan dosyalar müdürlükçe incelenir ve uygun görülmesi halinde onaylanır. Müdürlükçe incelenerek uygun görülen ve onaylanan, dosya bilgilerine dayanılarak düzenlenen Ek-4 formu, Valilik Oluru, Kurul Raporu ve analiz raporları Bakanlığa gönderilir. Dosyalardan bir nüshası müdürlükte, birisi sağlık ocağında ve diğeri de işletmecide muhafaza edilir.

**Tesis İzni**

**Madde 22** — Bakanlığa intikal eden bilgi ve belgeler tetkik edilir ve gerektiğinde mahallinde incelemede bulunulur. Uygun görülmesi halinde işletmeye tesis izni verildiği bir yazı ile Valiliğe bildirilir. Müdürlükçe onaylanan dosyaların bir nüshası müdürlükte, diğer nüshası da işletmecide muhafaza edilir.

Su sahipleri veya işletmecileri, Bakanlıktan tesis izni almadan inşa ettikleri yapılardan dolayı hak talep edemezler.

Verilen tesis izni üç yıl için geçerlidir. Tesisin bu süre içinde inşa edilememesi ve işletme sahibinin Bakanlıktan ek süre talebinde bulunması halinde, bu süre Bakanlıkça en fazla iki yıl uzatılabilir.

**İşletme İzni**

**Madde 23** — Tesis izni alanlar, uygun görülen projeleri ve bu Yönetmelikte istenilen hususları tam olarak yerine getirmek suretiyle bütün tesisleri inşa ederek tamamladıktan sonra, bir dilekçe ile Valiliğe başvurarak işletme izni talebinde bulunurlar.

Kurulca, tesislerin mahallinde incelenmesi sonucu, bu Yönetmelik hükümlerine ve projelerine uygunluğunun anlaşılması halinde, ruhsata esas olmak üzere suyun tüketime sunulacağı en son nokta olan nihai dolum yerinden su örnekleri alınarak Ek-1' de yer alan tüm parametreler yönünden analizleri yaptırılır. Suların etiket bilgisinde de bu analiz sonuçları esas alınır.

Kurul son raporu, suyun tam analiz raporları, Valilik Oluru, firma imzası ve kaşesini taşıyan üç adet etiket örneği Ek- 5' de yer alan Kaynak ve İçme Suları İçin İşletme İznine Esas Değerlendirme Formu Bakanlığa gönderilir.

Gerektiğinde tesisin mahallinde incelenmesi ve dosyanın tetkikine müteakiben Bakanlıkça işletme izni verilir.

Tesis izni alınmadan inşa edilmiş tesislerin projelerine uygun olması halinde; Ek- 4 ve Ek –5' de yer alan formlara göre İl Sağlık Müdürlüklerince bir değerlendirmede bulunulur ve herhangi bir olumsuzluk yok ise gerekli bilgi ve belgeler Bakanlığa gönderilir. Bakanlıkça uygun görülmesi halinde tesis izni ile işletme izni aynı anda verilir.

## İKİNCİ BÖLÜM
## Tesislere Ait Hükümler

**Kaynak Koruma Alanı**

**Madde 24** — Kaynak koruma alanı, Kurul tarafından kaynağın yer aldığı jeolojik formasyon, topoğrafik ve hidrojeolojik şartlar göz önüne alınarak tayin edilir.

Koruma alanı ile ilgili hususlar projesinde gösterilir ve gerekçesi ayrıntılı olarak Kurul ön raporunda belirtilir.

Koruma alanına insan, hayvan, sel ve diğer suların girmesi önlenerek her türlü kirlenmeye karşı tedbirler alınır. Bu bölgede suyun niteliğini etkileyecek faaliyetlere izin verilmez.

**Kaptaj**

**Madde 25** — Teknik usullerle çıkartılmayıp yeryüzüne kendiliğinden çıkan suların kaptaja alınması şarttır. Kaptaj, suyun çıkış noktasından sağlıklı şekilde alınarak isaleye hazır duruma getirilip, her türlü kirlenmeye mani olacak ve dışardan içine hiçbir şey sızmayacak tarzda inşa edilir. Kaptaj, suyun çıkış noktasına gelecek şekilde yapılır.

Kaptaj, camdan veya suyun niteliğini bozmayacak malzemeden yapılmış açılır kapanır şekilde ayrılmış, biri suların toplandığı oda ve diğeri manevra odası olmak üzere iki bölümden oluşur.

Kaptajın manevra odasında, suyun isalesi, su kaynağını tamamen ortaya çıkaracak şekilde tahliyesi, numune alınması, debisinin ölçülmesi ve manevra odasına dökülecek suların boşaltılması için gerekli tertibat yer alır. Ayrıca, her iki bölümün birlikte veya ayrı ayrı havalandırılması için, suyun dışardan kirlenmesini önleyecek şekilde gerekli tertibat yapılır. Bu özellikler, toplama odası ile benzeri yapılarda da göz önünde bulundurulur ve bu gibi ünitelerin tahliye uçlarına uygun tertibat konur.

Ayrı kaptajda toplanan aynı nitelikteki sular için tek manevra odası yapılabilir.

**İsale**

**Madde 26** — Suyu depoya akıtmak için kurulan isale hattı, suyun fiziksel ve kimyasal niteliklerini bozmayacak bir maddeden yapılır.

İsale projesi, isale hattı borusunda daima basınçlı su bulunacak şekilde tanzim edilir.

Su kaptajdan depoya, gerekli sıhhi ve teknik tedbirler alınarak cazibe ile akıtılır. Topoğrafik bakımdan buna imkan olmayan hallerde, suyun özelliklerini bozmayacak nitelikte pompa kullanılarak ve su terfi edilerek isale sağlanabilir.

**Depo**

**Madde 27** — Depo, aşağıda belirtilen özellikleri taşır;

a) Depo iç yüzeyleri fayans veya suyun niteliğini bozmayacak bir madde ile kaplanacak, en az iki göz oda ile bir manevra odasından oluşur.

b) Depo gözlerinin içine girişler manevra odasından veya manevraya müsaade eden vana gruplarından yapılır ve depo içine sabit merdiven konmaz.

c) Depoya giren ve çıkan sudan numune almak ve giren suyun debisini ölçmek için gerekli tertibat bulunur.

d) Depo, herhangi bir bina ile bitişik yapılmaz ve çatısı bulunmaz. Ancak, gerekli durumlarda imlahane ile bitişik olabilir.

e) Depo gözlerinin havalandırılmasının sağlanması ve dışarıdan su ve başka maddelerin girmesinin önlenmesi için uygun bir havalandırma bacası bulunur.

f) Depoya su girişi yapan, imlahaneye veren ve tahliyede kullanılan borular, depo içinde, su ile temas etmeyecek şekilde düzenlenir.

g) Depo manevra odasında, depo gözlerine giren ve çıkan borular ve bunların birbiri ile olan bağlantıları bir şemada gösterilir ve bu şema manevra odasının görülebilir bir yerine asılır.

h) Ayrıca suların niteliklerini değiştirmeyecek paslanmaz çelik ve benzeri maddeler ile yapılmış depolar ile su ile temas eden yüzeylerin epoksi gibi maddelerle kaplı çelik tanklar da kullanılabilir.

**İmlahane**

**Madde 28** — İmlahane aşağıdaki bölümleri kapsar:

a) Dönüşlü cam ve izin verilen diğer kaplara dolum yapmak için,

1) Boş kapların depolandığı bölüm,

2) Doldurulmuş kapların depolandığı bölüm.

b) İşletmede üretilen dönüşsüz kaplara dolum için;

1) Hammaddelerin depolandığı bölüm,

2) Doldurulmuş kapların depolandığı bölüm.

İmlahane tabanı, kir tutmayan yıkanabilir bir malzeme ile döşenir ve her bölüm tabanında kanalizasyona, kanalizasyon bulunmayan yerlerde septik çukurlara bağlı, sifonlu, ızgaralı tertibat bulunur. Bütün bölümlerin tabanları, suların çabuk ve kolay akabileceği şekilde sifon tertibatına doğru eğimli olur.

Yapılacak septik çukurlar, hela çukurlarından ayrı olup, suların kirlenmesine neden olmayacak şekilde ve 19/3/1971 tarihli ve 13783 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan Lağım Mecrası İnşaası Mümkün Olmayan Yerlerde Yapılacak Çukurlara Ait Yönetmeliğe uygun olarak ayrı bir yerde yapılır.

İmlahane duvarlarının iç yüzeyleri tabandan itibaren en az iki metre yükseklikte fayans gibi kolay temizlenebilir sıhhi malzeme ile döşenir.

İmlahane içindeki bölme duvarları ise fayans kaplı duvar olabileceği gibi, paslanmaz çelik veya camdan yapılabilir. Bu bölmelerin asgari iki metre yükseklikte olması şarttır.

İmlahane, gündüz ışığı alabilecek şekilde inşa edilmiş ve yeterli büyüklükte pencere ile donatılmış olarak, daima temiz bulundurulur. Temizlik, sıhhi ve teknik usullerle yapılır.

İmlahane içinde bulundurulan her türlü araç ve gereçler kolay temizlenebilir maddeden yapılmış olacaktır. Temizlik için kullanılan çöp kabı ve diğer temizlik malzemesi suyu kirletmeyecek bir yerde bulundurulur. Genel temizlik, çalışma saatleri dışında yapılır. Çalışmanın devamlı olduğu hallerde ise çalışma durdurularak yapılır.

İmlahaneye her türlü haşere ve kemiricilerin girmesini önleyecek sıhhi ve fenni tedbirler alınır. Tesiste, gerektiğinde tekniğine ve usulüne uygun olarak yetkili personel tarafından ilaçlı mücadele yapılır. İlaçlamada yetkili makamlarca izne bağlanmış ürünler kullanılır ve bunlar imlahanede bulundurulamaz.

İmlahanede, personelin şahsi temizliğini yapması, kap, kapak ve benzeri malzemelerin özel bölümleri dışında depolanması, kedi, köpek, kümes hayvanları ile benzerlerinin beslenmesi ve bulundurulması yasaktır. Sosyal tesislere ait kapılar doğrudan imlahaneye açılamaz.

Aynı imlahanede, aynı dolum hattı ve makinesi kullanılarak ilgili kurumundan izin alınması şartı ile diğer su ve sulu içeceklerin dolumu yapılabilir.

**Sosyal Tesisler**

**Madde 29** — Tesiste, çalışanların sosyal ihtiyaçlarını karşılamak üzere, yemekhane, soyunma-giyinme ve dinlenme yeri, duş, tuvalet, lavabo, gerektiğinde yatakhane gibi sosyal tesisler ihtiyaca cevap verecek özellik ve sayıda uygun sıhhi niteliklerde yapılır.

**Su ile Temas Eden Yüzeyler**

**Madde 30** — Çıkış noktasından doluma kadar su ile temas eden veya etmesi muhtemel olan bütün yüzeyler ile yine su ile temas edecek şekilde kullanılacak alet ve cihazlar, suyun niteliğini bozmayacak ve sağlığa zarar vermeyecek özellikleri haiz malzemeden yapılır.

## ÜÇÜNCÜ BÖLÜM
## Kaplar, Kapaklar ve Etiketler

**Kaplar**

**Madde 31** — Suyun dolumunda kullanılacak kaplar ilgili Bakanlığın iznine tabidir. Bu kaplar, suyun niteliğini değiştirmeyecek ve su ile etkileşmeyecek, izin alınmış bir maddeden yapılır.

Ambalajda cam dışındaki malzemeden yapılmış kapların kullanılması halinde, bu kapların sağlık açısından sakıncalı olmadığına, kullanım ve üretimine ilişkin bilgi ve belgeler ilgili Bakanlığa ibraz edilerek izne bağlanır.

Suyun dolumunda kullanılan kaplar, geri dönüşlü ve geri dönüşsüz olmak üzere iki ayrı grupta değerlendirilir:

a) Geri dönüşlü kaplar: En az 55-70 °C sıcaklıktaki su ve uygun temizlik maddesi ile tam otomatik olarak el değmeden yıkanabilecek ve ayrıca kullanımı ve yıkama sonucu herhangi bir deformasyona uğramayacak nitelikte olur. Bu kapların dedektör ve benzeri sistemle niteliğinin değişmediğinin kontrol edilmesi gerekir.

Geri dönüşlü polikarbonat damacanalarda suyun adı ve/veya şirket ismi ve/veya tescilli amblemi veya logosu kabartma şeklinde kap üzerine yazılır ve bu kaplara farklı su dolumu yapılamaz. Geri dönüşlü kaplarda tutma yerleri kabın iç hacmine dahil olmamalıdır.

b) Geri dönüşsüz kaplar: Su dolumunda, cam ve metal dışında malzemeden yapılmış kapların kullanılması halinde, bu kaplar imlahanenin ilgili bölümlerinde otomatik olarak hammaddeden ve preformdan hareketle imal edilir. Kaplar dolumdan önce basınçlı su ve hava ile temizlenir, el değmeden otomatik sistemle doluma alınır.

Suyun dolumunda cam, polietilen (PET) ve polivinilklorür (PVC) gibi geri dönüşsüz kapların dışında alüminyum folyodan otomatik olarak üretilen geri dönüşsüz ambalajlarda kullanılabilir.

**Kapaklar**

**Madde 32** — Su kaplarında kullanılacak kapaklar için ilgili Bakanlıktan izin alınması ve bu kapakların aşağıdaki özelliklere sahip olması şarttır.

a) Kapaklar su ile etkileşmeyen ve insan sağlığına zarar vermeyen plastik veya metalden yapılır ve imlahanede bulunan otomatik kapaklama makinesinde, yırtılmadan veya bozulmadan açılmayacak şekilde kapatılır.

b) Suların bardak şeklindeki kaplara dolumunda, yapıştırıcı kullanılmaksızın bardak ağzını tamamen kapatacak şekilde, tekniğine uygun kapaklar kullanılır. Bu kapaklarda, kolay açılabilmesi için açma uzantısı bulunur. Kapaklar, imlahanede hijyenik şartlarda muhafaza edilir.

Kullanılmış veya bozulmuş kapakların kullanılması yasaktır.

**Kapların Yıkanması, Doldurulması ve Kapaklanması**

**Madde 33** — Kapların yıkanması, doldurulması ve kapaklanması el değmeden otomatik makine veya otomatik sistemle yapılır. Geri dönüşlü kaplar her seferinde dolumdan önce yıkanır. Otomatik yıkama ünitelerinde yıkama işlemi, uygun teknoloji ve malzeme ile yapılır.

Yıkama suyunda kullanılan ürünün aktivitesinin devamlılığı sağlanır.

Temizlikte Bakanlıktan izinli ürünler kullanılır. İşlem dosyasında temizleyici ile ilgili bilgiler yer alır.

Tesisteki yıkama suyu hijyenik yıkamaya imkan vermeyecek derecede kirlendiğinde değiştirilir.

Dolum yerinde dolum yapılan ve kapların yıkanmasında kullanılan su dışında başka su bulundurmak yasaktır.

**Etiket Bilgileri**

**Madde 34** —Suların etiketinde; suyun adı, cinsi, imla edildiği yerin adresi, Bakanlıkça verilen iznin tarih ve sayısı, Bakanlığın uygun gördüğü uyarılar, ayırma işlemi gibi Bakanlığın izni ile suya uygulanan işlemler ve suyun sahip olduğu parametreler yer alır. İmal ve son kullanma tarihi ile parti ve seri numarası etiket üzerine yazılabileceği gibi kap veya kapak üzerine görünür bir şekilde yazılır. Kaynak sularının ticari tanımlaması, kaynağın ismini veya kaynağın bulunduğu yerin ismini yansıtmıyorsa, kaynağın ismi veya kaynağın bulunduğu yerin ismi, bu ticari tanımlama için kullanılan puntonun bir buçuk kat büyüklüğünde puntoyla yazılır. Suyun cinsi, adının hemen altında okunabilecek şekilde yazılır ve bu yazı sembollerle kapatılamaz. Etiket üzerinde yer alması gerekli görülen bilgiler, fırınlanmış veya kabartma veya baskı şeklinde olabileceği gibi kağıt etiket şeklinde de olabilir.

Kağıt etiketin, suyun tüketiciye ulaşıncaya kadar ambalaj üzerinde kalmasını sağlayıcı, bozulmasını ve düşmesini önleyici her türlü tedbir işletmeci tarafından alınır. Suyun adı mutlaka kapak üzerine de yazılır.

Kap, kapak ve etiketlerde tüketiciyi yanıltıcı bilgi ve sembollere yer verilemez. Tüketicinin yanıltılması ve aldatılmasını önlemek, ürün güvenliğini sağlamak için; işleticilerce polikarbonat damacana gibi kaplarda, kap ve kapak üzerine gelecek ve hava ve su sızdırmayacak şekilde shiring uygulanır. Shiring üzerine okunacak şekilde suyun adı ve cinsi yazılır.

Etiketlerin düzenlenmesinde;

a) Etiket zemini Ek-1 c'de yer alan gösterge parametrelerini kapsayacak şekilde doğal kaynak sularında mavi ve tonları; içme sularında kahverengi ve tonları olacak şekilde; tamamen tarif edilen renkte olabileceği gibi;

b) Etiketin alt ve üst kenarlarına su cinsine uyan, yukarıda belirtilen renklerde bantlar konulmak sureti ile, etiketin diğer yerlerinde istenilen renkler kullanılabilir. Bu bende uyan etiketlerde şu ölçüler uygulanır:

1) 8 litre ve üzeri ambalajlarda asgari 1.5 cm. bant genişliği uygulanır ve bandın içine suyun cinsi en az 18 punto ile yazılır.

2) 1 litre hariç olmak üzere 1 ile 8 litre arası ambalajlarda asgari 1 cm. bant genişliği uygulanır ve bandın içine suyun cinsi en az 14 punto ile yazılır.

3) 1 litre ve altındaki ambalajlarda asgari 0.5 cm. bant genişliği uygulanır ve suyun cinsi en az 12 punto ile yazılır. Hazırlanan etiketler işletme ruhsatı aşamasında Bakanlıkça onaylanır.

Etiket zemini üzerinde, gösterge parametrelerinde yer alan kimyasal parametreler okunabilecek şekilde yer alır.

Üçüncü ülkelere ihracat amacı ile dolumu yapılan suların etiket düzenlemelerinde bu Yönetmelikte geçen hükümler uygulanmaz.

İçme sularında suyun fiziksel ve kimyasal niteliklerini değiştirici ters osmoz, filtrasyon ve benzeri işlemler ile kaynak sularında ozonla zenginleştirilmiş hava kullanılarak ayrıştırma işlemi yapılması halinde etiket üzerinde belirtilmesi zorunludur.

İkram maksadıyla kullanılmak üzere belirli kişi veya kuruluşlar adına üretim yapılan hallerde yukarıdaki fıkralarda belirtilen bilgilere ek olarak, adına üretim yapılan kişinin veya kuruluşun logosuna, adına veya unvanına etiket üzerinde yer verilebilir. Bu ürünler, üretimi yaptıran kişi veya kuruluşlarca başkalarına satılamaz. Bu tür üretimler, adına üretim yapılacak kişinin veya kuruluşun adı veya unvanı, etiket örneği ve üretim miktarı da belirtilerek her üretim partisinden önce Bakanlığa bildirilir.

## DÖRDÜNCÜ BÖLÜM
## Kaynak Suları ve İçme Sularıyla İlgili Çeşitli Hükümler

**Mesul Müdür**

**Madde 35** — Su tesislerinde, devamlı olarak mesul müdür bulundurulması zorunludur. Mesul müdüre ait bilgi ve belgeler sağlık müdürlüğüne yazılı olarak bildirilir. Müdürlükçe uygun görülürse mesul müdür belgesi düzenlenir.

Mesul müdür, sağlık, gıda, biyoloji, kimya veya çevre alanında eğitim almış lisans ve ön lisans mezunlarından olur.

Mesul müdür görevlendirilmesi işletmecinin sorumluluğunu ortadan kaldırmaz.

**Dezenfeksiyon, Ayrıştırma ve Filtrasyon**

**Madde 36** — Kaynak sularının yer yüzüne çıktığı ve kullanıma arz edildiği noktada mikrobiyolojik açıdan temiz olması esastır. Kaynak sularına kendisine karakteristik özellik veren önemli elementlere ilişkin suyun kaynağındaki niteliğini değiştirmemek kaydıyla uygulanan, muhtemelen oksijenlemeyi takiben demir ve kükürt gibi kalıcı olmayan elementlerin filtrasyon ve boşaltma yoluyla ayrıştırılması, ozonla zenginleştirilmiş hava kullanılarak demir, mangan, kükürt ve arseniğin ayrıştırılması ve tamamen fiziksel yollarla serbest karbondioksidin kısmen veya tamamen ayrıştırılması işlemleri ile kaynak suyunun kimyasal ve mikrobiyolojik niteliklerini değiştirmeyecek tarzda suda asılı kalan çözülmemiş partikülleri uzaklaştırmaya yönelik filtrasyon işlemleri dışında herhangi bir işlem uygulanmaması esastır. Kaynak sularında dezenfeksiyona yönelik herhangi bir işlem yapılamaz Ancak savaş, deprem ve sel gibi doğal afetlerde Bakanlığın özel izni ve uygun göreceği usul ve teknikler ile diğer işlemlere tabi tutulabilir.

Ayırma işleminde ozonla zenginleştirilmiş havanın kullanılması halinde;

a) Bakanlık önceden bilgilendirilir,

b) Ayırım işleminde ayırım işleminin etkinliğinin sağlanması, zararlı etkilerinin önlenmesi ve suyun fiziksel ve kimyasal bileşimlerinin değişmemesi esas alınır,

c) Ayırma işleminden önce kaynak suyu, bu Yönetmeliğin 6 ncı maddesinin (a) bendinde belirtilen mikrobiyolojik kriterleri sağlamalıdır. Ozonla zenginleştirilmiş hava kullanımı ile işleme tabi tutulmuş kaynak sularının kontrol izlemesine ozon, bromat ve bromoform da dahil edilir ve işlem sonucundaki kalıntılar için maksimum limit değeri ozon için 50 mg/L, bromat için 3.0 mg/L, ve bromoform için ise 1.0 mg/L, olarak belirlenir.

İçme sularında dezenfeksiyon, çöktürme, filtrasyon gibi hazırlama işlemleri uygulanabilir. Bu sulara ayrıca deiyonizasyon, ters osmoz, elektrodiyaliz ve benzeri işlemler uygulanır.

İçme sularında dezenfeksiyon; ozonlama, ultraviole ve benzeri metotlar ile yapılabilir.

**Personele Ait Kıyafet ve Sağlık Kontrolleri**

**Madde 37** — İmlahanede çalışan personel, uygun iş elbisesi ve başlık giymek, dolum makinelerinin başında duranlar ağız ve burunlarına maske takmak zorundadırlar.

İşyerinde çalışan personelin temizliğine dikkat edilir. 1593 sayılı Umumi Hıfzıssıhha Kanunu'nun 126 ncı maddesi gereğince çalışanların sağlık kontrolleri ve portör muayeneleri yapılarak sağlık karnelerine işlenir. Bu işlemden işveren ve mesul müdür sorumludur.

**İşletmeci Tarafından Yaptırılacak Analizler**

**Madde 38** — İşletmeciler, kaynak ve içme sularının denetim ve kontrol izlemeleri için Müdürlük tarafından alınacak su numunelerinin analizlerini 18 inci maddede belirtilen laboratuvarlarda yaptırmak ve alacakları raporları her yıl için ayrı dosyalarda saklamak ve analiz sonuçlarını Müdürlük kanalıyla Bakanlığa bildirmek zorundadır.

**İşletmede Bulundurulacak Belgeler**

**Madde 39** — İşletmede Bakanlıkça verilen işletme izni belgesi, mesul müdüre ait fotoğraflı ve valilikçe onaylı belge, yaprakları numaralanmış ve sonu sağlık müdürlüğünce onaylanmış denetleme defteri, işçilere ait sağlık karneleri ve portör muayenesi raporları ile 38 inci maddeye göre işletmeci tarafından yaptırılmış analizlerin sonuç raporları bulundurulur. Ayrıca, suların üçüncü ülkelere ihracatı amacıyla 16 ncı madde uyarınca Bakanlıktan izin alınmışsa, alınan izin belgesi de işletmede bulundurulur.

**İznin Geçerliliği, İzin Belgesinin Kaybolması veya Tahrip Olması**

**Madde 40** — İzin, kimin adına ve hangi su için alınmış ise o gerçek veya tüzel kişi ve su için geçerlidir. İzin belgesinde belirtilen hususlar esas olup; bu hususlardan herhangi birinin değişmesi veya işletme izni belgesinin kaybolması, okunamayacak ve yanlış anlamalara sebep olacak şekilde bozulması halinde, su sahibi veya işletmecisince bir dilekçe ile valiliğe müracaat edilir. Dilekçeye değişiklik ile ilgili belge ve bilgiler veya kayıp ilanı verilmiş gazete veya bozulan izin belgesinin aslı ilave edilir.

Müracaat üzerine müdürlükçe gerekli inceleme yapılır ve tesiste iznin verildiği şartlarda bir değişiklik olmadığının tespit edilmesi halinde; müdürlükçe hazırlanacak rapor, valiliğin konuya ilişkin uygun görüşü ile birlikte Bakanlığa intikal ettirilir. Bakanlıkça yapılacak inceleme sonucu söz konusu talebin uygun görülmesi halinde,

gerekli düzeltme yapılır veya eski tarih ve sayı ile yeniden izin belgesi tanzim edilir ve gerekli açıklama yapılarak onaylanır.

İzin verme sırasındaki mevcut şartlarını kaybettiği 46 ncı madde uyarınca tespit edilen işletmeler ile ruhsatlandırma sürecinin herhangi bir aşamasında sahte ve yanıltıcı belge ibraz ettiği tespit edilen işletmecilerin adlarına düzenlenen izinler iptal edilir. Ayrıca yapılan denetimlerde faaliyet göstermediği tespit edilen ve tespit tarihinden itibaren bir yıl içinde faaliyete geçmeyen tesislerin işletmecilerinin adlarına düzenlenen izinler iptal edilir.

**Tesiste Yapılacak İlave veya Değişiklik**

**Madde 41** — Yeni kaynak ilave edilmek veya tesiste fiziksel yapıyı değiştirecek şekilde tadilat veya ilave yapılmak istenmesi halinde, 22 ve 23 üncü maddeler doğrultusunda Bakanlıktan izin alınması şarttır.

Yeni kaynak ilave edilmesi suretiyle suyun izninde belirtilen niteliğinin değişmesi halinde, mevcut izin iptal edilerek yeni tarih ve sayı ile izin belgesi tanzim edilir.

**İthal ve İhraç İzni**

**Madde 42** — Bu Yönetmelikte belirtilen hüküm ve şartlara uygun olan kaynak ve içme sularının ithalinde ve ihracında, bu konulardaki düzenlemelere göre hareket edilir. Ancak, bu Yönetmelik hükümlerine uymayan kaynak ve içme sularının ithaline, yurtiçinde satışına ve tüketime sunulmasına izin verilmez.

Bu Yönetmeliğin 16 ncı maddesi gereği birden fazla ticari isim ile aynı kaynaktan su dolumu yapılmaması esastır. Ancak, Bakanlığın özel izni ile izinli sulardan üçüncü ülkelere ihracat amacı ile kendi adına veya başka firma adına farklı bir ticari isim ile dolum yapılabilir. Bu madde uyarınca dolum yapacak üreticilerin Ek-6 da yer alan form doğrultusunda Bakanlığa bildirimde bulunarak izin alması zorunludur.

**İsim Karışıklığının Önlenmesi**

**Madde 43** — Kaynak ve içme sularının kontrollerinde herhangi bir karışıklığa meydan vermemek ve tüketicinin yanılmasını veya aldatılmasını önlemek için; ayrı işletmelerden elde edilen kaynak ve içme sularına aynı isim altında satış izni verilmemesi esastır. Ancak aynı işletmeci tarafından ayrı yerlerde üretilen kaynak ve içme sularına tek bir ticari isim ile satış izni talep edilirse etiket üzerinde suyun ismine, üretildiği yerin veya kaynağın ismini yansıtan bir ticari tanımlama eklenmesi veya 34 üncü madde uyarınca kaynağın isminin veya çıkartıldığı yerin isminin, suyun ticari tanımlamasının en az bir buçuk kat büyüklüğünde yazılması şartı ile izin verilebilir.

İsim karışıklığının önlenmesi için suyun adıyla ilgili olarak marka tescil belgesi, marka tescil belgesi yok ise Türk Patent Enstitüsü Başkanlığına müracaatına dair belgenin noter onaylı suretinin işletme izni aşamasında ibrazı gerekir.

**Tesislerin Dezenfeksiyonu**

**Madde 44** — Su tesislerinin genel hijyen kaidelerine uyması esas olup, gerekli dezenfeksiyonun işletmecilerce Bakanlıktan izinli dezenfektanlar kullanılarak yaptırılması zorunludur. Gerekli görülürse mahalli sağlık teşkilatının gözetiminde tesisler dezenfekte ettirilir.

**Ambalaj Atıkları**

**Madde 45** — Su dolumunda kullanılan kap ve kapakların atıkları bağımsız bir ünitede muhafaza edilir.

Plastik ve benzeri dönüşsüz kaplara dolum yapılan işletmelerde, kullanılmış kapların bulundurulması ve depolanması yasaktır.

Her ne amaçla olursa olsun, imlahanede kullanılmış kapak bulundurulamaz.

**Denetim ve İzleme**

**Madde 46** — Kaynak ve içme sularına ait tesisler senede bir defa Bakanlıkça, üçer aylık periyotlarla da Müdürlükçe denetlenir. Bakanlıkça yapılan denetimler sonucu eksiklikleri tespit edilen tesislere eksikliklerinin giderilmesi için en az onbeş gün süre verilir. Bu süre sonunda gerekli şartları sağlamayan tesisler hakkında yasal işlem yapılır. Tüketime sunulan kaynak ve içme suları ise denetim izlemesine, kontrol izlemesine ve piyasa kontrolüne tabi tutulur.

Numuneler, nihai dolum yerinden alınır. Ancak herhangi bir kontaminasyonun olması durumunda dolum yerinin dışındaki noktalardan da gerekli önlemler aldırılarak numuneler alınabilir.

Piyasaya arz edilen suların tüp, otogaz, petrol ve petrol ürünleri ile bir arada dağıtımı ve satışı yapılamaz.

İşletmeciler, yıllık üretim miktarlarını, takip eden yılın ilk ayında İl Sağlık Müdürlükleri kanalıyla Bakanlığa bildirmek zorundadır. Suların denetim izlemeleri ile kontrol izlemeleri bu bildirimler doğrultusunda Bakanlıkça Ek-2 Tablo B2 uyarınca programlanır.

Denetleme izlemesinin amacı; bu Yönetmeliğin Ek-1 (a) ve (b)' deki bütün parametrik değerlere uyulup uyulmadığını belirlemek için gerekli verileri temin etmektir. Sular Ek -1 (a) ve (b)' de belirtilen parametreler ile 7 nci maddenin ikinci fıkrası uyarınca belirlenen bütün parametreler denetleme izlemesine tabi tutulur. Bakanlık gerekli gördüğü taktirde Ek-1 (c) ve (d)' de yer alan parametreleri de denetleme izlemesine dahil edebilir.

Denetleme izlemesi için belirlenen program doğrultusunda müdürlük tarafından numune alınarak analizleri yapılmak üzere 18 inci maddede belirtilen laboratuvarlara gönderilir. Analiz ücretlerinin ödenmesi 38 inci madde gereği işletmecinin sorumluğundadır.

Kontrol izlemesinin amacı; kaynak suları ve içme sularının Ek-2 Tablo A'da sayılan parametrelerin Ek- 1'de yer alan değerlerine uyup uymadığını belirlemek

amacıyla, suyun organoleptik ve mikrobiyolojik kalitesi ve aynı zamanda içme sularında dezenfeksiyon yapılması durumunda, bu dezenfeksiyonun etkili olup olmadığı hakkında düzenli bilgi sağlamaktır. Bakanlıkça hazırlanan program gereği kontrol izlemelerinde Müdürlükce suyun nihai tüketime sunulacağı dolum yerinden numune alınarak Ek-2 Tablo A'da yer alan parametreler için analizler yaptırılarak analiz sonuçları Bakanlığa bildirilir.

Kontrol izlemesi için belirlenen program doğrultusunda Müdürlük tarafından numune alınarak analizleri yapılmak üzere 18 inci maddede belirtilen laboratuvarlara gönderilir. Analiz ücretlerinin ödenmesi 38 inci madde gereği işletmecinin sorumluğundadır.

Numuneler, yıl boyu tüketilen suyun kalitesini yansıtacak şekilde alınır. Ancak suların, Ek-1 (a) ve (b)'de belirtilen parametre değerleri ile 7 nci maddenin ikinci fıkrası uyarınca belirlenen parametre değerlerine uyumsuzluğunun tespit edilmesi halinde, kirliliğin boyutlarının ve düzeltici önlemlerin etkinliğinin tespiti amacıyla, 11 inci madde uyarınca izleme programı dışında ilave denetleme izlemesi talep edilebilir. Bu madde gereği uygun çıkmayan sular 48 inci madde uyarınca takibe alınır.

Kaynak sularının ve içme sularının bu Yönetmelikte yer almayan parametreler yönünden kirlenmesinin ve bu kirlenmenin insan sağlığına potansiyel bir tehlike oluşturmasının muhtemel olması halinde, bu Yönetmelikte bulunmayan maddeler ve mikroorganizmalar için ayrı izleme yapılır; izleme sonuçlarına göre gerekli tedbirler alınır.

Lüzumu halinde, piyasaya sunulan kaynak suları ve içme sularından numuneler alınarak gerekli görülen parametreler açısından Ek-1'de yer alan parametrik değerlere göre piyasa kontrolü yapılır.

İçme sularında dezenfeksiyon yapılması halinde, dezenfeksiyonun etkinliği doğrulanır. Yan ürünlerden kaynaklanan kirlenmenin önlenmesi için; dezenfeksiyondan taviz verilmeksizin dezenfeksiyon dozu düşük tutulur ve gerekli bütün tedbirler alınır.

Parametrelerin analiz özellikleri için Ek-3'te belirtilen şartlara uyulur.

Ek-3 (1)'de belirtilen metotlardan farklı bir metot kullanılması durumunda, sonuçları Ek-3 (1)'de belirlenen metotlarla elde edilenler kadar güvenilir olmalıdır; söz konusu metot ve eşdeğerliği hakkında Bakanlığın bilgilendirilmesi ve onayı gerekir. Bu madde uyarınca farklı metot kullanılması halinde Komisyona bilgi verilir.

Ek-3 (2) veya (3)'de yer alan parametreler için söz konusu bölümlerde belirlenen gerekliliklere uymak şartıyla herhangi bir metot kullanılabilir. Ek- 3 (2)'de yer alan parametrelerin analizi için kullanılan analiz metotlarının performans karakteristikleri bu bölümde yer alan performans karakteristiklerine uymalıdır.

Her ne suretle olursa olsun, belirli bir isim altında ruhsat almış bir suya başka bir su veya niteliği dışındaki suları kattıkları tespit edilenlerin izinleri geri alınır.

**Laboratuvar**

**Madde 47** — Kaynak suyu ve içme suyu tesislerinde dolumu yapılan suyun günlük analizini yapmak amacıyla, su analizi yapabilen laboratuvar teknisyeni veya laboratuvar konusunda eğitim almış ön lisans veya lisans düzeyinde bir teknik elamanın sorumluğunda total jerm, koliform, F. koliform, E. coli, nitrat, nitrit, amonyak ve pH parametreleri yönünden analizleri yapılacak bir laboratuvar bulunmalıdır. İşletmeciler kaynak suları ve içme sularına ait analiz raporlarını her parti için dosyalarda saklamakla mükelleftir. Üretilen parti miktarı işletmeciler tarafından kayıt altına alınır.

Bu laboratuvarda günlük analizleri kaydetmek üzere müdürlükçe mühürlenmiş ve onaylanmış bir defter bulundurulur.

Yapılan denetimlerde bu defter incelenir ve ruhsata esas analiz sonuçları ile günlük analiz sonuçları karşılaştırılır.

**Uygun Çıkmayan Suların Takibi**

**Madde 48** — Denetim izlemelerinde Ek-1 (a) ve (b)'de yer alan parametre değerleri ya da şartlarının ihlali halinde düzeltici önlemlerin işletmecilerce alınması derhal sağlanır.

Ek-1 (c)' de yer alan parametreler ile Ek-1 (d)'de yer alan " toplam gösterge dozu" ve "trityum" parametrelerinin değerlerinin ya da şartlarının ihlali halinde, bu ihlalin insan sağlığı için herhangi bir risk oluşturup oluşturmayacağı değerlendirilir. İnsan sağlığını korumak amacıyla gerekli olması halinde su kalitesini iyileştirmek için gerekli düzeltici önlemlerin işletmecilerce alınması sağlanır.

Denetim ve kontrol izlemelerinde suların 18 inci maddede belirtilen laboratuvarlarda yapılan analizlerinde bu Yönetmelikte öngörülen parametrelerdeki sınırların dışına çıkıldığının görülmesi halinde, işletme uyarılır. Bir hafta içinde tekrar su numunesi alınır; bu numunenin analizinde de aykırılık bulunması halinde tesisin faaliyeti uygun çıkıncaya kadar durdurulur ve gerekli tedbirler aldırılır. Alınan tedbirler sonunda tekrar alınan numunenin bu Yönetmeliğe uygun olması halinde üretime izin verilir ve bir ay süre ile haftalık izlemeye alınır. Dört defa yapılan denetim ve analiz sonuçlarının bu Yönetmeliğe uygun olması halinde, normal izleme periyoduna dönülür.

Bu Yönetmelik uyarınca ruhsat verilmiş suların kimyasal, fiziksel veya mikrobiyolojik niteliklerini kesinlikle ve sürekli olarak kaybettiği, 18 inci maddede

belirtilen laboratuvarların raporu ile tevsik edildiğinde, verilen izin geri alınır ve tesis kapatılır.

Tesis sahipleri, aykırılık tespit edilen aynı seri numaralı sularını toplatıp sağlık teşkilatının denetiminde imha etmekle yükümlüdür.

## DÖRDÜNCÜ KISIM

## Düzenleme Yetkisi, Müeyyideler ve Son Hükümler

**Düzenleme Yetkisi**

**Madde 49** — Bu Yönetmelik hükümlerinin uygulanmasına yönelik olarak bilimsel gelişme ve çalışmalar da dikkate alınarak Bakanlıkça diğer alt düzenlemeler yapılabilir.

**Müeyyideler**

**Madde 50** — Bu Yönetmelik hükümlerine aykırı hareket eden içme-kullanma suyu temin edicileri, kaynak suyu ve içme suyu işletmeleri ile sahip ve mesul müdürleri hakkında; 5179 sayılı Gıdaların Üretimi, Tüketimi ve Denetlenmesine Dair Kanun Hükmünde Kararnamenin Değiştirilerek Kabulü Hakkında Kanun, 1593 sayılı Umumi Hıfzıssıhha Kanunu ile 4703 sayılı Ürünlere İlişkin Teknik Mevzuatın Hazırlanması ve Uygulanmasına Dair Kanun ve diğer ilgili mevzuat ile öngörülen müeyyideler uygulanır.

**Yürürlükten Kaldırılan Mevzuat**

**Madde 51** — 18 /10/1997 tarihli ve 23144 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan İçilebilir Nitelikteki Suların İstihsali, Ambalajlanması, Satışı ve Denetlenmesi Hakkında Yönetmelik yürürlükten kaldırılmıştır.

**Geçici Madde 1** — 18/10/1997 tarihli ve 23144 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan İçilebilir Nitelikteki Suların İstihsali, Ambalajlanması, Satışı ve Denetlenmesi Hakkında Yönetmelik hükümleri doğrultusunda doğal kaynak sularına ve içme sularına verilen fason dolum izinleri bu Yönetmeliğin yürürlüğe girdiği tarihten itibaren 1 yıl sonra iptal edilmiş sayılır.

**Geçici Madde 2** — İnsani Kullanım Amaçlı Suların Kalitesine Dair 98/83/EC sayılı Konsey Direktifi ile Doğal Mineralli Sular İçin Konsantrasyon Limitleri ve Etiketleme Bilgileri Hakkında Liste Oluşturulması ve Doğal Mineralli Suların ve Kaynak Sularının Ozonla Zenginleştirilmiş Hava İle İşleme Tabi Tutulmasının Şartlarını Belirleyen 16/05/2003 tarihli ve 2003/40/EC Sayılı Konsey Direktifine

paralel olarak uyumlaştırılması yapılan parametreler için uyum süresi 31/12/ 2006 tarihine kadar uzatılmıştır.

**Geçici Madde 3** — 18/10/1997 tarihli ve 23144 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan İçilebilir Nitelikteki Suların İstihsali, Ambalajlanması, Satışı ve Denetlenmesi Hakkında Yönetmelik hükümleri doğrultusunda izin verilen kaynak, içme, işlenmiş içme ve işlenmiş kaynak suyu işletmecileri, izinlerini 31/12/2007 tarihine kadar uyumlaştırmak zorundadır.

**Yürürlük**

**Madde 52** — Bu Yönetmelik yayımı tarihinde yürürlüğe girer.

**Yürütme**

**Madde 53** — Bu Yönetmelik hükümlerini Sağlık Bakanı yürütür.

**Ek -1**

**Parametreler ve Parametrik Değerler**

**a) Mikrobiyolojik parametreler**

İçme-Kullanma Suları için:

| Parametre | Parametrik değer sayı/100 ml |
|---|---|
| Escherichia Coli ( E. Coli ) | 0/100 ml |
| Enterokok | 0/100 ml |
| Koliform bakteri | 0/100 ml |

İçme Suları için (İmlahanede):

| Parametre | Parametrik değer sayı/ ml |
|---|---|
| Escherichia Coli ( E. Coli ) | 0/250 ml |
| Enterokok | 0/250 ml |
| Koliform bakteri | 0/250 ml |
| P. aeruginosa | 0/250 ml |
| Fekal koliform bakteri | 0/250ml |
| Salmonella | 0/100ml |
| Clostridium Perfiringens | 0/50ml |

| | |
|---|---|
| Patojen Staphylococlar | 0/100ml |
| 22 °C'de koloni sayısı<br>37 °C'de koloni sayısı | 100/ml<br>20/ml |
| Parazitler | 0/100ml |
| Diğer mikroskobik canlılar | 0/100ml |

Kaynak Suları için:

| Parametre | Parametrik değer sayı/ ml |
|---|---|
| Escherichia Coli ( E. Coli ) | 0/250 ml |
| Enterokok | 0/250 ml |
| Koliform bakteri | 0/250 ml |
| P. aeruginosa | 0/250 ml |
| Fekal koliform bakteri | 0/250ml |
| Patojen Mikroorganizmalar | 0/100ml |
| Anaerob sporlu sülfat redükte eden bakteriler | 0/50ml |
| Patojen Staphylococlar | 0/100ml |
| Kaynaktan alınan numunede maksimum :<br>22 °C'de 72 saatte agar-agar veya agar-jelatin karışımında koloni sayısı<br>37 °C'de 24 saatte agar-agar karışımında koloni sayısı | <br>20/ml<br>5/ml |
| Ambalajlanmış sularda ambalajlandıktan sonra maksimum: (Numune, Ambalajlanmayı takiben 12 saat içerisinde alınmak ve bu süre içerisinde 4°C ±1 °C 'de saklanmış olmak kaydıyla) :<br>22 °C'de 72 saatte agar-agar veya agar-jelatin karışımında koloni sayısı<br>37 °C'de 24 saatte agar-agar karışımında koloni sayısı | <br>100/ml<br>20/ml |
| Parazitler | 0/100ml |
| Diğer Mikroskobik Canlılar | 0/100ml |

**b) Kimyasal Parametreler**

| Parametre | Parametrik değer | Birim | Notlar |
|---|---|---|---|
| Akrilamid | 0.1 | µg/L | Not-1 |
| Antimon | 5.0 | µg/L | |
| Arsenik | 10 | µg/L | |
| Benzen | 1.0 | µg/L | |
| Benzo (a) piren | 0,010 | µg/L | |
| Bor | 1 | mg/L | |
| Bromat | 10 (içme-kullanma suları için 31 Aralık 2007 yılına kadar 25 µg/L olarak uygulanır) | µg/L | Not 2 |
| Kadmiyum | 5,0 | µg/L | |
| Krom | 50 | µg/L | |
| Bakır | 2 | mg/L | Not 3 |
| Siyanür | 50 | µg/L | |
| 1,2-dikloretan | 3,0 | µg/L | |
| Epikloridin | 0,10 | µg/L | Not 1 |
| Florür | 1,5 | mg/L | |
| Kurşun | 10 (içme-kullanma suları için 31 Aralık 2012 tarihine kadar 25 µg/L olarak uygulanır) | µg/L | Not 3 ve 4 |
| Cıva | 1,0 | µg/L | |
| Nikel | 20 | µg/L | Not 3 |
| Nitrat | 50 | mg/L | Not 5 |
| Nitrit | 0,50 | mg/L | Not 5 |
| Pestisitler | 0,10 | µg/L | Not 6 ve 7 |
| Toplam pestisitler | 0,50 | µg/L | Not 6 ve 8 |
| Polisiklik aromatik hidrokarbonlar | 0,10 | µg/L | Belli bileşiklerin konsantrasyon toplamı; Not 9 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Selenyum | 10 | µg/L | |
| Tetrakloreten ve trikloreten | 10 | µg/L | Belli parametrelerin konsantrasyon toplamı |
| Trihalometanlar-toplam | 100 (içme-kullanma suları için 31 Aralık 2012 tarihine kadar 150 µg/L olarak uygulanır) | µg/L | Belli bileşiklerin konsantrasyon toplamı; Not 10 |
| Vinil Klorür | 0,50 | µg/L | Not 1 |

Not 1: Bu parametrik değer; suyla temas eden polimerden kaynaklanan sudaki monomer kalıntı konsantrasyonunu ifade eder.

Not 2: 9 uncu maddenin (a) bendinde belirtildiği üzere, mümkün olan hallerde, dezenfeksiyondan ödün vermemek kaydıyla Bromat için Ek-1 (b) bölümünde belirtilen parametre değerinden daha düşük bir değer elde etmek hedeflenir. 8 inci maddenin (a), (b) ve (d) bentlerinde atıfta bulunulan sular için, belirtilen parametrik değere bu Yönetmeliğin yürürlüğe girdiği tarihten itibaren en geç on yıl içinde ulaşılması sağlanır. Bromat için bu direktifin yürürlüğe girmesinden itibaren ilk üç yıllık dönem için parametrik değer 25 µg/L'dir.

Not 3: Bu değer yeterli örnekleme metoduyla musluktan alınan insani tüketim amaçlı sularından alınacak su numunelerine ve yine tüketici tarafından içilen, haftalık ortalama değeri temsil eden insani tüketim amaçlı sulardan alınacak su numunelerine uygulanır. Örnekleme ve izleme metotları, 10 uncu maddenin dördüncü fıkrasına uyumlu bir biçimde uygulanır. Bakanlık, bu parametrelere ilişkin, insan sağlığı üzerinde olumsuz etkiye neden olabilecek olan izleme ve analiz sonuçları değerlerinin en üst düzeye ulaştığı dönemleri dikkate alır.

Not 4: 9 uncu maddenin (b) bendinde belirtildiği üzere; 8 inci maddenin (a), (b) ve (d) bentlerinde atıfta bulunulan sular için Kurşunla ilgili Ek-1 (b) bölümünde belirtilen parametrik değere bu Yönetmeliğin yürürlüğe girdiği tarihten itibaren en geç 15 yıl içerisinde uyulması sağlanır. Bu sular için, kurşunun parametrik değeri bu Yönetmeliğin yürürlüğe girdiği tarihten itibaren ilk 8 yıllık süre için 25 µg/L olarak uygulanır.

Kurşun parametresi için belirtilen değerlere uyum sağlamak amacı ile verilen süre boyunca insani tüketim amaçlı suların kurşun miktarını mümkün olduğu kadar azaltmak için bütün tedbirlerin alınması sağlanır.

Bu değere uyumun sağlanmasına yönelik önlemlerin alınması sırasında, Bakanlık içilebilir nitelikteki sularda kurşun miktarının en yüksek olduğu yerlere öncelik vermelidirler.

Not 5: Bakanlık, kullanılmış su arıtma işleminde (nitrat)/50 + (nitrit)/3 ≤ 1 formülünü esas alır ve nitrat ($NO_3$) ve nitrit ($NO_2$) miktarları için mg/L birimi kullanılır. Nitritler için de 0,10 mg/L değerine uyulur.

Not 6: Pestisitler;

Organik insektisitler (böcek öldürücüler),
Organik herbisitler (bitki öldürücüler),
Organik fungusitler (mantar öldürücüler),
Organik nematositler (solucan,kurt öldürücüler),
Organik acarisitler,
Organik algisitler (yosun öldürücüler),
Organik rodentisitler (kemirici öldürücüler),
Organik slimisitler (balçık, salgı öldürücüler) ile,

bunlarla bağlantılı ürünleri (diğerlerinin yanı sıra, büyüme kontrol edicileri) ve bunların ilgili metabolitlerini, parçalanma yada reaksiyon ürünlerini ifade eder.

Söz konusu pestisitlerden suyun içinde olması muhtemel pestisitler izlenir.

Not 7: Parametrik değer her bir pestisit için uygulanır. Aldrin, dieldrin, heptaklor ve heptaklor epoksit için parametrik değer 0,030 µg/L'dir.

Not 8: " Toplam pestisitler" izleme süreci içinde tespit edilen ve sayılan her bir pestisitin toplamını ifade eder.

Not 9: Belirtilen bileşikler şunlardır:

Benzo (b) floranten,
Benzo (k) floranten,
Benzo (ghi) perilen,
İndeno (1,2,3- cd) piren.

Not 10 : Belirtilen bileşikler şunlardır: kloroform, bromoform, dibromoklorametan, bromodiklorometan.

9 uncu maddenin (c) bendinde belirtildiği üzere, mümkün olan hallerde, dezenfeksiyondan ödün vermemek kaydıyla trihalometanlar için Ek-1 (b)'de belirtilen parametre değerinden daha düşük bir değer elde etmek hedeflenir. 8 inci maddenin (a), (b) ve (d) bentlerinde atıfta bulunulan sular için, trihalometanlarla ilgili Ek-1 (b)'de belirtilen parametrik değere bu Yönetmeliğin yürürlüğe girdiği tarihten itibaren en geç on yıl içinde ulaşılması sağlanır. Toplam trihalometanlar için parametrik, değer bu Yönetmeliğin yürürlüğe girdiği tarihten itibaren ilk 8 yıllık süre için 150 µg/L'dır.

c) Gösterge parametreleri

| Parametre | Parametrik Değer | Birim | Notlar |
|---|---|---|---|
| Alüminyum | 200 | µg/L | |
| Amonyum | 0,50 | mg/L | |
| Klorür | 250 | mg/L | Not 1 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| C. perfringens (sporlular dahil) | 0 | sayı/100 ml | Not 2 |
| Renk | Tüketicilerce kabul edilebilir ve herhangi bir anormal değişim yok | | |
| İletkenlik | 2500 | 20 °C'de µS / cm | Not 1 |
| PH | ≥6,5 ve ≤ 9,5 | pH birimleri | Notlar 1 ve 3 |
| Demir | 200 | µg/L | |
| Mangan | 50 | µg/L | |
| Koku | Tüketicilerce kabul edilebilir ve herhangi bir anormal değişim yok | | |
| Oksitlenebilirlik | 5,0 | mg/L $O_2$ | Not 4 |
| Sülfat | 250 | mg/L | Not 1 |
| Sodyum | 200 | mg/L | |
| Tat | Tüketicilerce kabul edilebilir ve herhangi bir anormal değişim yok | | |
| 22 °C'de koloni sayımı | Anormal değişim yok | | |
| Koliform bakteri | 0 | Sayı/100 ml | Not 5 |
| Toplam Organik Karbon (TOC) | Anormal değişim yok | | Not 6 |
| Bulanıklık | Tüketicilerce kabul edilebilir ve herhangi bir anormal değişim yok | | Not 7 |

d) Radyoaktivite

| Parametre | Parametrik değer | Birim | Notlar |
|---|---|---|---|
| Trityum | 100 | Bq/L | Notlar 8 ve 10 |
| Toplam gösterge dozu | 0,10 | mSv/yıl | Notlar 9 ve 10 |
| Alfa yayınlayıcılar | 0.1 | Bq/L | |
| Beta yayınlayıcılar | 1 | Bq/L | |

Not 1 : Su aşındırıcı olmamalıdır.

Not 2 : Suyun yüzeyden alınmaması yada yüzey suyundan etkilenmemesi halinde bu parametrenin ölçülmesi gerekmez. Suyun parametrik değere uymaması halinde, Bakanlığın mutlaka tedarik edilen suyu patojen mikro organizmalar, örneğin cryptosporidium, bulunmasından kaynaklanan insan sağlığına yönelik potansiyel bir tehlike olmadığını belirlemek için araştırılması gerekir.

Not 3 : Şişelere yada kaplara konulan sular için minimum pH değeri 4.5 olarak belirlenebilir.

Not 4 :TOC parametresinin analiz edilmesi halinde bu parametrenin ölçülmesi gerekli değildir.

Not 5 : Şişelere yada kaplara konulan su için birim sayı/250 ml'dir.

Not 6 : Günde 10 000 $m^3$'ten az su verilmesinde bu parametrenin ölçülmesine gerek yoktur.

Not 7:Yüzeysel suyun arıtılması durumunda Bakanlık, arıtımından sonra sudaki bulanıklığın 1.0 NTU (Nephelometrik bulanıklık üniteleri) değerini aşmamasına dikkat eder.

Not 8: İzleme aralıkları daha sonra Ek-2'de belirlenir.

Not 9:Trityum, potasyum –40, radon ve radonun bozunmasından oluşan ürünler hariç; izleme frekansları, izleme metotları ve izleme noktaları için en doğru yerler daha sonra Ek-2'de belirlenecektir.

Not 10:

1- İzleme frekansları hakkında Not 8'de öngörülen teklifler ve Ek-2'de yer alacak olan ve Not 9'da belirtilen izleme frekansları, izleme metotları ve izleme noktaları için en uygun yerler, Birliğin bu konudaki düzenlemeleri dikkate alınarak belirlenecektir.

2- Bakanlık diğer izlemelere dayalı olarak, toplam gösterge dozu olarak hesaplanan trityum düzeylerinin parametrik değerin çok altında olduğunu belirlemesi halinde, içme-kullanma suyunu toplam gösterge dozunu belirlemek için trityum yada radyoaktivite açısından izlemeyebilir. Böyle bir durumda bu kararının gerekçelerini, diğer izlemelerden elde edilen sonuçlarla birlikte, Komisyona bildirir.

Ek-2

İzleme

Tablo A

Analizi Yapılacak Parametreler

1) Kontrol için izleme

Kontrol izlemesinin amacı; insani kullanım amaçlı suyun bu Yönetmelikte belirlenen ilgili parametrik değerlere uyup uymadığını belirlemek amacıyla, tüketime verilen suyun organoleptik ve mikrobiyolojik kalitesi ve aynı zamanda içme suyu arıtımının yapılması durumunda, bu arıtımın (özellikle dezenfeksiyon) etkili olup olmadığı hakkında düzenli bilgi sağlamaktır.

Kontrol izlemesinde aşağıdaki parametrelerin mutlaka dikkate alınması gereklidir. Bakanlık bu listeye uygun gördüğü diğer parametreleri de ekleyebilir.

| İçme-Kullanma Suları | İçme Suları | Kaynak Suları | Notlar |
|---|---|---|---|
| Renk | Renk | Renk | |
| Bulanıklık | Bulanıklık | Bulanıklık | |
| Koku | Koku | Koku | |
| Tat | Tat | Tat | |
| İletkenlik | İletkenlik | İletkenlik | |
| Hidrojen iyon konsantrasyonu ( pH ) | Hidrojen iyon konsantrasyonu( pH ) | Hidrojen iyon konsantrasyonu( pH ) | |
| Nitrit | | | Not 3 |
| Amonyum | Amonyum | Amonyum | |
| Aliminyum | Aliminyum | | Not 1 |
| Demir | Demir | | Not 1 |
| Clostridium perfringens (Sporlar dahil) (Not 2) | Clostridium perfringens (Sporlar dahil) (Not 2) | Clostridium perfringens (Sporlar dahil) (Not 2) | Not 2 |
| Escherichia coli (E. Coli) | Escherichia coli (E. Coli) | Escherichia coli (E. Coli) | |
| Koliform bakteri | Koliform bakteri | Koliform bakteri | |
| | Pseudomonas aeruginosa (Not 4) | Pseudomonas aeruginosa (Not 4) | Not 4 |
| | 22 °C'de ve 37 °C'de koloni sayısı (Not 4) | 22 °C'de ve 37 °C'de koloni sayısı (Not 4) | |

Kaynak sularında, demir, kükürt, mangan ve arseniğin ozonla zenginleştirilmiş hava kullanılarak ayrıştırılması halinde, bu Yönetmeliğin 42 nci maddesi doğrultusunda ozon, bromat ve bromoform parametrelerine de bakılır.

Not 1: Yalnızca arıtımda kullanıldığında gereklidir. Diğer tüm durumlarda, parametreler denetleme izlemesine dahil edilir.

Not 2: Suyun sadece yüzey suyundan alınması yada yüzey suyundan etkilenmesi halinde gereklidir. Diğer tüm durumlarda, parametreler denetleme izlemesine dahil edilir.

Not 3: Dezenfeksiyon yöntemi olarak kloraminasyon kullanıldığında gereklidir. Diğer tüm durumlarda, parametreler denetleme izlemesine dahil edilir.

Not 4: Suyun sadece şişede yada kapta satışa sunulması halinde gereklidir.

2. Denetleme İzlemesi: Denetleme izlemesinin amacı; bu Yönetmelikteki bütün parametrik değerlere uyulup uyulmadığını belirlemek için gerekli verileri temin etmektir. Sular Ek-1 (d)'de ki 8, 9 ve 10 uncu notlara tabi olan radyoaktivite ile ilgili parametreler ve herhangi bir parametrenin belirli bir süre boyunca, parametrik değerinin ihlaline yol açacak miktarlarda bulunmayacağın yetkili otoritelerce belirlendiği parametreler dışında, Ek-1 de belirtilen parametreler ile 7 inci maddenin ikinci fıkrası uyarınca belirlenen bütün parametreler için denetleme izlemesine tabi tutulur.

Tablo BI

Bir dağıtım şebekesinden yada bir tankerden sağlanan yada gıda üretiminde kullanılan İçme-kullanma amaçlı su için minimum numune alma ve analiz sıklığı

| Bir su şebekesi bölgesi içinde her gün dağıtılan yada üretilen suyun miktarı (Notlar 1 ve 2) $m^3$ | Her yıl için kontrol izlemesi sayısı (Notlar 3, 4 ve 5) | Her yıl için denetleme izlemesi sayısı (Notlar 3 ve 5) |
|---|---|---|
| ≤ 100 | 2 | 1 |
| >100 ≤ 1 000 | 4 | 1 |
| >1000 ≤ 10 000 | 4<br>Bu sayıya ilave her 1000 $m^3$/gün için 3 kontrol izlemesi ilave edilecektir. | 1<br>Bu sayıya ilave her 3300 $m^3$/gün için 3 denetim izlemesi ilave edilecektir |
| >10000 ≤ 100 000 | 31<br>Bu sayıya artı her 1000 $m^3$/gün için 3 kontrol izlemesi daha ilave dilecektir. | 3<br>Bu sayıya ilave her 10000 $m^3$/gün için 1 denetim izlemesi ilave edilecektir |
| >100000 | 301<br>Bu sayıya artı her 1000 $m^3$/gün için 3 kontrol izlemesi daha ilave dilecektir. | 10<br>Bu sayıya her 25 000 $m^3$/gün için 3 denetim izlemesi daha ilave edilecektir. |

Not 1: Bir su şebekesi bölgesi içme-kullanma suyunun bir ya da daha fazla kaynaktan geldiği ve içindeki su kalitesinin yaklaşık olarak aynı olduğu coğrafi bölgedir.

Not 2: Miktarlar bir takvim yılı üzerinden ortalama olarak hesaplanır. Bakanlık minimum sıklığı, 200 L/gün/kişi olarak varsaymak kaydıyla, su miktarı yerine bir su şebekesi bölgesindeki nüfusun sayısını kullanarak belirleyebilir.

Not 3: Aralıklı olarak kısa dönem su verilmesi halinde tankerlerle dağıtılan suyun izleme sıklığı Bakanlık tarafından kararlaştırılır.

Not 4: Ek-1 'de yer alan parametreler için, Bakanlık tabloda belirtilen numunelerin sayısını aşağıdaki hususlara göre gözden geçirilebilir.

(a) En azından birbirini izleyen iki yıl boyunca alınan numunelerden elde edilen sonuç değerleri değişmez ve Ek-1'de belirtilen limitlerden belirgin biçimde daha iyi ise,

(b) Suyun kalitesinin bozulmasına neden olacak olası bir faktör yoksa

azaltabilir.

Tabloda belirtilen numune sayısının % 50'sinden az olamaz.

Not 5: Numunelerin sayısı zaman ve yer bakımından mümkün olduğu kadar eşit olmalıdır.

Tablo B2

Satış amacıyla ambalajlanan suların minimum numune alma ve analiz sıklıkları

| Her bir gün için satışa sunulmak üzere şişede yada kapta üretilen suyun miktarı (Hacimler, takvim yılına göre alınmış ortalamalar şeklinde hesaplanır) $m^3$ | Her yıl için kontrol izlemesi sayısı | Her yıl için denetleme izlemesi sayısı |
|---|---|---|
| ≤ 10 | 1 | 1 |
| >10 ≤ 60 | 12 | 1 |
| >60 | 12<br>Bu sayıya artı her 5 $m^3$/gün için1 kontrol izlemesi daha ilave edilir. | 1<br>Bu sayıya artı her 100 $m^3$/gün için 1 denetleme izlemesi daha ilave edilir. |

Ek-3

Parametrelerin Analiz Özellikleri

Bakanlık numunelerin analizinde akredite olmuş ve analitik kontrol sistemine sahip, denetim yetkileri yetkili kuruluşlarca onaylanmış bağımsız kişi veya kurumlarca belirli aralıklarla denetlenen laboratuvarlar arasından, Bakanlıkça yetki verilecek laboratuvarları tercih eder.

1) Analiz Metotlarının Belirleneceği Parametreler

Aşağıda belirtilen mikrobiyolojik parametrelere, yine aşağıda belirtilen analiz metodu uygulanabileceği gibi 9 uncu maddenin beşinci fıkrasındaki hükümlere uyulması kaydıyla alternatif metotlarda da kullanılabilir.

Koliform bakteri ve E. coli (E.coli) (ISO 9308-1)
Enterokok (ISO 7899-2)
P. aeruginosa (pr EN ISO 12780)
Total jerm sayımı 22 °C'de koloni sayımı (pr EN ISO 6222)
Total jerm sayımı – 37 °C'de koloni sayımı (pr EN ISO 6222)
C. perfringens (sporlar dahil)

Analizi yapılacak su, membran filtrasyona tabi tutularak m-CP agara ekimi yapılır ve 44 ± 1 °C'de 21 ± 3 saatlik anaerobik ortamda inkübasyona tabi tutulur. İnkübasyon sonrası 20-30 saniye süresince amonyum hidroksit buharına tutularak pembe ya da kırmızıya dönen opak sarı koloniler sayılır.

m-CP agar'ın bileşiminde aşağıda yer alan maddeler bulunur.

| | |
|---|---|
| Triptoz | 30 g |
| Maya ektresi | 20 g |
| Sakkaroz | 5 g |
| L-sistin hidroklorür | 1 g |
| $MgSO_4.7\ H_2O$ | 0,1 g |
| Brom kresol purple | 40 mg |
| Agar | 15 g |
| Distile su | 1 000 ml |

Çözülerek hazırlanan kimyasal maddelerin pH'sı 7.6'a ayarlanır, otoklavda 121 °C'de 15 dakika steril edilir ve orta sıcaklığa gelince aşağıdaki maddeler ilave edilir.

| | |
|---|---|
| D-siloserin | 400 mg |
| Polimiksin B sülfat | 25 mg |
| Indoksil-β-D-glukosit | 60 mg |
| İlave edilmeden önce 8 ml steril suda çözülür | |
| Filtre- steril edilmiş %0,5 fenolfitalein difosfat solüsyonu | 20 ml |
| Filtre- steril edilmiş % 4,5 $FeCl_3.6\ H_2O$ | 2 ml |

2) Performans Karakteristiklerinin Belirlendiği Parametreler

Aşağıdaki parametreler için, kullanılan analiz metodunun belirli performans karakteristikleri en azından parametrik değere eş konsantrasyonları doğru, hassas ve belirlenen tespit limiti dahilinde ölçülebilmelidir. Kullanılan analiz metodunun hassasiyeti ne olursa olsun sonuç en azından Ek-1 (b) ve (c) de ki değerlendirilen parametre değerleri için aynı desimal sayısını kullanarak ifade etmelidir.

| Parametreler | Parametrik değerin doğruluk yüzdesi (Not 1) | Parametrik değerin hassasiyet yüzdesi (Not 2) | Parametrik değerin deteksiyon limiti (Not 3) | Şartlar | Notlar |
|---|---|---|---|---|---|
| Akrilamid | | | | Ürün belirleme ile kontrol edilecektir. | |
| Alüminyum | 10 | 10 | 10 | | |
| Amonyum | 10 | 10 | 10 | | |
| Antimon | 25 | 25 | 25 | | |
| Arsenik | 10 | 10 | 10 | | |
| Benzoprin | 25 | 25 | 25 | | |
| Benzen | 25 | 25 | 25 | | |
| Bor | 10 | 10 | 10 | | |
| Bromat | 25 | 25 | 25 | | |
| Kadmiyum | 10 | 10 | 10 | | |
| Klorür | 10 | 10 | 10 | | |
| Krom | 10 | 10 | 10 | | |
| İletkenlik | 10 | 10 | 10 | | |
| Bakır | 10 | 10 | 10 | | |
| Siyanür | 10 | 10 | 10 | | Not 4 |
| 1,2 dikloretan | 25 | 25 | 10 | | |
| Epikloridin | | | | Ürün belirleme ile kontrol edilecektir. | |
| Florür | 10 | 10 | 10 | | |
| Demir | 10 | 10 | 10 | | |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Kurşun | 10 | 10 | 10 | | |
| Mangan | 10 | 10 | 10 | | |
| Cıva | 20 | 10 | 20 | | |
| Nikel | 10 | 10 | 10 | | |
| Nitrat | 10 | 10 | 10 | | |
| Nitrit | 10 | 10 | 10 | | |
| Oksitlenebilirlik | 25 | 25 | 10 | | Not 5 |
| Pestisidler | 25 | 25 | 25 | | Not 6 |
| Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar | 25 | 25 | 25 | | Not 7 |
| Selenyum | 10 | 10 | 10 | | |
| Sodyum | 10 | 10 | 10 | | |
| Sülfat | 10 | 10 | 10 | | |
| Tetraklor eten | 25 | 25 | 10 | | Not 8 |
| Trikloreten | 25 | 25 | 10 | | Not 8 |
| Trihalometanlar-toplam | 25 | 25 | 10 | | Not 7 |
| Vinil klorür | | | | Ürün belirleme ile kontrol edilecektir. | |

Analiz metodu için kullanılacak hidrojen iyon konsantrasyonu için belirlenmiş performans karakteristikleri, parametre değeri 0.2 pH'ya eşit doğrulukta ve 0.2 pH hassasiyete eşit konsantrasyonları ölçebilmelidir.

Not 1 (*): Doğruluk sistematik hatayı ve çok sayıda tekrarlanan ölçümlerin ana değeri ve gerçek değeri arasındaki farkı ifade eder.

Not 2 (*): Hassasiyet rast gele hatayı ve genellikle (grup içinde ve gruplar arasında) ortalama etrafında dağılan sonuçların standart sapmasını ifade eder.

(*) Bu terimler daha ayrıntılı olarak ISO 5725'te tanımlanmıştır.

Not 3: Tespit limiti; düşük parametre konsantrasyonu içeren doğal bir numunenin grup içinde standart sapmasının üç katını yada Sabit numuneden grup içinde üç kez rolatif standart sapmayı ifade eder.

Not 4: Metot bütün siyanür biçimlerini belirlemelidir.

Not5: Oksitlendirme permanganat kullanan asit şartları altında 100 °C'de 10 dakika için gerçekleştirilmelidir.

Not 6: Performans karakterleri her bir pestisit için ayrı uygulanır.

Not 7: Performans karakteristikleri Ek-1'deki parametre değerin % 25'i olarak belirlenmiş her bir maddeye uygulanır.

Not 8: Performans karakteristikleri Ek-1'deki parametre değerin % 50'i olarak belirlenmiş her bir maddeye uygulanır.

3) Analiz Metodunun Belirlenmediği Parametreler

Renk

Koku

Tat

Toplam organik karbon

Bulanıklık (Not 1)

Not 1: Analiz metodunda kullanılacak arıtılmış yüzey suyunun bulanıklığını izlemek için belirlenmiş performans karakteristikleri, en azından, parametre değerini %25 doğrulukta, % 25 hassasiyetle ve % 25 tespit limitine eşit yoğunlukta ölçülebilmelidir.

Ek-4

Kaynak Suları ve İçme Suları İçin Tesis İznine Esas Değerlendirme Formu

İli: Tarih:

Suyun Adı: Kaynak/Çıkış Noktası Sayısı:

Suyun Sahibi: Kaynak/Çıkış Noktası Adresi:

Debisi: Suyun İşleticisi:

Tesis Adresi: İmla Şekilleri:

| Sıra No | Bilgi, Belge | Uygun |
|---|---|---|
| 1 | Su ile İlgili İl İnceleme Kurulu Ön Raporu | |
| 2 | 1/100 - 1/1000 ölçekli koruma bölgesini gösterecek biçimde kaynak yeri plan koteleri | |
| 3 | 1/20 ölçekli kaptaj projesi, | |
| 4 | Kaynağın bağlantılarını, toplama odasını ve maslak gibi ünitelerini de gösteren 1/200 - 1/2000 ölçekli isale plan ve profili, | |
| 5 | İsale hattı için kullanılacak malzemelere ait bilgi ve belgeler | |
| 6 | Kanalizasyon bulunmayan yerlerde 1/20 ölçekli fosseptik projesi ve açıklama raporu, | |
| 7 | Depo kullanılacak ise 1/50 ölçekli depo projesi, | |
| 8 | 1/50 - 1/500 ölçekli imlahane projesi (Uygulanacak prosese bağlı olarak, işletmede imal edilmesi gereken dönüşsüz ambalajlar için imal yeri ile kirli ve dolu kap bekletme yeri, yıkama, doldurma ve kapaklama yeri ve diğer ilgili üniteleri birlikte gösterir.) | |
| 9 | Makine yerleşimi ile iş akımını gösterir şema, | |
| 10 | Sosyal tesis ile diğer yardımcı üniteleri gösterir 1/50 ölçekli proje, | |
| 11 | Bütün üniteler ile kaynak koruma alanını da gösterecek şekilde hazırlanmış genel vaziyet planı, | |
| 12 | Suyun kaynağı veya kaynaklarından, çıkış noktası veya noktalarından alınacak numunelerin Ek-1 de yer alan parametrelere ait tam analiz raporları | |
| 13 | Suyun tam analiz raporları mevzuata uygun mu? (Evet / Hayır) | |
| 14 | Suyun imla şekli ile ilgili açıklama raporu, | |
| 15 | Hidrojeolojik inceleme raporu, | |
| 16 | Alınmışsa ilgili kuruluşların görüşlerine dair belgeler | |
| 17 | Suyun bulunduğu arazinin, Kurul'ca belirlenen koruma alanını da kapsayacak şekilde tapusu, yer başka gerçek veya tüzel kişiye ait ise noter onaylı anlaşma örneği, hisseli tapularda diğer hissedarların noter onaylı muvafakatı veya ilgili mahkemeden alınacak karar, | |
| 18 | Suya uygulanacak üretim proseslerine ilişkin bilgi ve belgeler, | |
| 19 | Valiliğin Uygun Görüşüne ait Olur | |
| 20 | Yeraltından kendiliğinden çıkmayıp, teknik usullerle yer altından çıkartılan ve ticari amaçlarla kullanılan sularda Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğünden alınacak İçme Amaçlı Yer Altı Suyu Kullanım Belgesi | |
| 21 | Yeraltından kendiliğinden çıkmayıp, teknik usullerle yer altından çıkartılan ve ticari amaçlarla kullanılan sularda ilgili mevzuatına uygun olarak il özel idaresinden kiralandığına dair sözleşme | |
| 22 | Var ise ilgili mevzuatı doğrultusunda alınmış diğer izinlere ait belgeler | |

■ İl İnceleme Kurulu Ön Raporu, Suyun tam analiz raporları, Valilik Oluru'nun birer nüshası Bakanlığımıza gönderilecek. Diğer bilgi ve belgeler, Sağlık Müdürlüğünde kalacaktır.

■ Formdaki tüm bilgiler Müdürlüğümüzde muhafaza edilen dosyada mevcuttur.

■ Tesislerin dosyaları Bakanlığımızın denetimlerinde Bakanlık denetim heyetine istenildiğinde sunulacaktır.

■ Tesis iznine esas bilgi ve belgelerin eksiksiz, tam ve uygun olduğu, bu Yönetmeliğin ilgili tüm hükümlerine uyulduğu ve gerekli tedbirlerin alındığı yapılan inceleme ve tetkiklerde görülmüş olup; tesis izni verilmesi tarafımızca uygun görülmüştür.

Teknik Eleman Teknik Eleman

Gıda ve Çevre Kontrol Şube Müdürü
İlgili Sağlık Müdür Yrd.

İl Sağlık Müdürü
Mühür

Ek-5

Kaynak Suları ve İçme Suları İçin İşletme İznine Esas Değerlendirme Formu

İli: Tarih:
Suyun Adı: Kaynak/Çıkış Noktası Adresi:
Suyun Sahibi: Kaynak/Çıkış Noktası Sayısı:
Suyun İşleticisi: Debisi:
Tesisin Adresi: İmla Şekilleri:

| Sıra No | Bilgi, Belge | Uygun |
|---|---|---|
| 1 | İmlahaneden alınan su örneklerinin kimyasal analiz raporu var mı? | |
| 2 | İmlahaneden alınan su örneklerinin kimyasal analiz raporu mevzuata uygun mu? (Evet/Hayır) | |
| 3 | İmlahaneden alınan su örneklerinin mikrobiyolojik analiz raporu var mı? | |
| 4 | İmlahaneden alınan su örneklerinin mikrobiyolojik analiz raporu mevzuata uygun mu? (Evet/Hayır) | |
| 5 | Kullanılacak kap ve kapaklara ait ilgili Bakanlıktan izinli bir üretici ile yapılan hizmet sözleşmesi örneği veya hizmet alımına ait fatura örneği, | |
| 6 | Kullanılacak kap ve kapaklara ait ilgili Bakanlıktan alınmış izin belgelerinin sureti(var/yok) | |
| 7 | Analiz raporları mevzuata uygun mu? (Evet/Hayır) | |
| 8 | İnceleme Kurulu Raporu | |
| 9 | Valilik Uygun Görüşü | |
| 10 | Etiket Örnekleri ( Son Analiz Sonuçlarını İçeren) | |
| 11 | Marka Tescil Belgesi yoksa Türk Patent Enstitüsüne Başvuru Belgesi | |

■ İl İnceleme Kurulu Raporu, Suyun tam analiz raporları, Valilik Oluru, Etiket Örneği'nin birer nüshası Bakanlığımıza gönderilecek. Diğer bilgi ve belgeler, Sağlık Müdürlüğünde kalacaktır.

■ Formdaki tüm bilgiler Müdürlüğümüzde muhafaza edilen dosyada mevcuttur.

■ Tesislerin dosyaları Bakanlığımızın denetimlerinde Bakanlık denetim heyetine istenildiğinde sunulacaktır.

■ Tesiste bu Yönetmeliğin ilgili tüm hükümlerine uyulduğu ve gerekli tedbirlerin alındığı yapılan inceleme ve tetkiklerde görülmüş olup; işletme izni verilmesi tarafımızca uygun görülmüştür.

Teknik Eleman Teknik Eleman

Gıda ve Çevre Kontrol Şube Müdürü
İlgili Sağlık Müdür Yrd.

İl Sağlık Müdürü
Mühür

Ek- 6

Kaynak Sularında ve İçme Sularında Üçüncü Ülkelere İhracat Amacı ile Kendi Adına Veya Başka Firma Adına Farklı Bir Ticari İsim ile Dolum Bildirim Formu

İli: İhraç edilecek suyun imla şekli
Suyun Adı: Tarih:
Suyun Sahibi: Kaynak Sayısı:
Suyun İşleticisi: Debisi:
Suyun Adresi: Dolum Yapılacak İsim:
Ruhsatlı Suyun İmla Şekli: Suyun İhraç Edileceği Ülke:

| Sıra No | Bilgi, Belge | Uygun |
|---|---|---|
| 1 | Dolum yaptıracak firma ile yapan firma arasında yapılmış Dolum Sözleşmesinin aslı veya noter tasdikli sureti | |
| 2 | Çevre Sağlığı Değerlendirme Raporu | |
| 3 | Valilik Oluru | |
| 4 | Etiket Örneği | |

■ Çevre Sağlığı Değerlendirme Raporu, Valilik Oluru, Etiket Örneği'nin birer nüshası Bakanlığımıza gönderilecek.Diğer bilgi ve belgeler, Sağlık Müdürlüğünde kalacaktır.

■ İzin verilen şirket, ruhsat sahibi şirketse sözleşmeye gerek yoktur.

■ Formdaki tüm bilgiler Müdürlüğümüzde muhafaza edilen dosyada mevcuttur.

■ Tesislerin dosyaları Bakanlığımızın denetimlerinde Bakanlık denetim heyetine istenildiğinde sunulacaktır.

Tesiste bu Yönetmeliğin ilgili tüm hükümlerine uyulduğu ve gerekli tedbirlerin alındığı yapılan inceleme ve tetkiklerde görülmüş olup; üçüncü ülkelere ihracat amacı ile kendi adına veya başka firma adına farklı bir ticari isim ile dolum izni verilmesi tarafımızca uygun görülmüştür.

Teknik Eleman Teknik Eleman

Gıda ve Çevre Kontrol Şube Müdürü İlgili Sağlık Müdür Yrd.

İl Sağlık Müdürü
Mühür

## KAYNAKLAR

(1) Al—Layla, M.A., Ahmad, S., Middlebrooks, E.J. "Water Supply Engineering Design" Ann Arbor Science, Michigan, 1978.

(2) AWWA "Water Treatment Plant Design", American Water Works Association, Inc, New York, N.Y., 1969.

(3) Cleasby, J.L., Saatçi, A., Ives, K.J., "İçme Suyu Tasfiyesinde Filtrasyon" İTÜ İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul, 1979.

(4) Culp, R.L., Culp G.L., "Advanced Wastevater Treatment" Litton Educational Publishing, Inc., London, 1971.

(5) Degrĕmont "Water Treatment Handbook" Stephen Austin and Sons Ltd., Caxton Hill, Hertfort, 1973.

(6) Eroğlu, V., Öztürk, İ.., "Su Tasfiyesinde Biriktirmenin Faydaları ve Mikroorganizma Giderilme Verimi Üzerine Tesiri" İ.T.Ü. Dergisi. Cilt 40, S: 3—6, İstanbul 1982.

(7) Fair, G.M., Geyer, J.C. (Tercüme Y.Muslu) "Su Getirme ve Kullanılmış Suları Uzaklaştırma Esasları", Bayındır Kağıtçılık, İstanbul 1980.

(8) Gölhan, M., Aksoğan, 5., "Suların Arıtılması" Cilt 1, 2,3, PİMAŞ Plastik İnş. Malzemeleri A.Ş. yayını, İstanbul, 1970.

(9) Hammer, M.J. "Water and Wastewater Technology" John Wiley and Sons, Inc., New York, 1977.

(10) Hedberg, T., "Flocculation, Sedimentation and Filtration", Chalmers Uniyersity of Technology, Göteborg (Sweden), 1976.

(11) Hoover, C.P., "Water Supply and Treatment, National Lime Association, Washington, D.C., 1946.

(12) Huisman, L., "Sedimentation and Flotation, Mechanical Filtration"Delft University of Technology, Delft., 1973.

(13) Huisman, L., "Rapid Filtration" Delft University of Technology, Delft, 1973

(14) Huisman, L., "Slow Sand Filtration" Delft University of Technology, Delft, 1970.

(15) Kor, N., "Suların Tasfiyesi" İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi İstanbul, 1974.

(16) Masschelein, W.J., "Unit Operations" Vol.1 ve Vol.2, International Institute for Hydraulic and Environmental Engineering, Delft (The Netherlands), 1977.

(17) Molt, E.L., (Tercüme Vahap Balman), "İçme Suyu Arıtılmasında Birim İşlemler" İller Bankası Genel Müdürlüğü *Matbaası Ankara,* 1978.

(18) Morris, J.C., "Modern Chemical Methods" Vol. 1,2,3, Institute for Hydraulic and Environmental Engineering, Delft, 1980.

(19) Muslu, Y., "Su Temini ve Çevre Sağlığı" 1. Cilt. İTÜ Matbaası, İstanbul, 1984.

(20) Pöpel, H.J., "Aeration and Gas Transfer" Delft University of Technology, Delft 1974.

(21) Sanks, R.L., "Water Treatmeut Plant Design" Ann Arbor Science Publisher Inc., Michigan 1978.

(22) Şengil, İ.A., "Su Tasfiyesinde Alunit İle Pıhtılaştırma Üzerine Bir Araştırma" (Doktora Tezi), İ.T.Ü. Sakarya Mühendislik Fakültesi Matbaası, Adapazarı, 1982.

(23) Velicangil, S., "Koruyucu ve Sosyal Tıp", Filiz Kitabevi, Beyazıt, Istanbul, 1980.

(24) DSİ Faaliyet Raporu, Ankara, 2006

(25) İSKİ Faaliyet Raporu, İstanbul, 1998

(26) DSİ Afyonkarahisar İçmesuyu Arıtma Tesisi Proje Raporu, Ankara 2006.

# INDEX

## A


| Index Kelimeler | Sayfa Numarası |
|---|---|
| Agresif | 1, 4, 227, 238, 259, 261, 262, 263 |
| Arsenik | 3, 5, 62, 63, 253, 254, 255, 256, 257, 258, 379, 383, 388, 417, 426, 436 |
| Amonyum | 3, 10, 16, 27, 28, 31, 45, 46, 62, 145, 150, 209, 210, 211, 218, 289, 384, 388, 419, 422, 425, 426 |
| Adsorbsiyon | 12 |
| Alg | 11, 14, 20, 21, 27, 29, 30, 62, 63, 191, 192, 215, 216, 419 |
| Azot | 27, 28, 37, 46, 63, 216, 289, 380, 384, 388 |
| Alüminyum Sülfat, Alum | 73, 76, 277, 291, 316, 318, 17, 63, 77, 78, 86, 87, 88, 89, 90, 98, 131, 135, 254, 255, 271, 319 |
| Aktif Silika | 76 |
| Alkalinite | 76, 86, 87, 90, 230, 263, 264, 289 |
| Acceleratör | 99 |
| Aktif Karbon | 12, 16, 30, 74, 217, 221, 222, 223, 224, 225, 226, 227, 228, 275, 316, 323, 324, 436 |


## B


| Index Kelimeler | Sayfa Numarası |
|---|---|
| Baryum | 3, 63, 379, 383, 388, 436 |
| Bulanıklık | 5, 9, 10, 13, 15, 16, 62, 63, 89, 91, 117, 119, 131, 241, 289, 328, 420, 421, 422, 428, 436 |
| Biriktirme | 11, 13, 14, 19, 20, 21, 22, 23, 26, 27, 30, 72, 192, 215, 216, 217, 218, 434, 436 |


## C


| Index Kelimeler | Sayfa Numarası |
|---|---|
| Civa | 3, 29, 34, 40, 43, 45, 56, 57, 48, 62, 63, 71, 84, 86, 127, 132, 162, 170, 191, 195, 2011, 211, 213, 217, 218, 219, 224, 226, 230, 232, 235, 243, 365 |
| Carman Kozeny | 154, 155, 156, 340, 355 |


## Ç


| Index Kelimeler | Sayfa Numarası |
|---|---|
| Çöktürme | 3, 29, 34, 40, 43, 45, 46, 47, 48, 62, 63, 71, 84, 86, 127, 132, 162, 170, 191, 195, 201, 211, 213, 217, 218, 219, 224, 226, 230, 232, 235, 243, 255, 365, 379, 383, 388, 417, 427, 436 |

| | |
|---|---|
| Çocuk Felci | 2 |

**D**

| Index Kelimeler | Sayfa Numarası |
|---|---|
| Demir ve Manganez | 4, 10, 15, 230, 236 |
| Dezenfeksiyon | 2, 12, 13, 15, 32, 111, 147, 207, 208, 210, 211, 212, 213, 214, 219, 275, 277, 279, 298, 365, 366, 367, 373, 392, 394, 395, 396, 408, 409, 411, 412, 418, 419, 421, 423 |
| Damlatmalı Filtreler | 28, 32 |
| Demir Sülfat | 73, 74, 254 |
| Dinamik Viskosite | 319, 321, 323, 324 |
| Dünya Sağlık Teşkilatı | 4, 213, 253, 281 |

**E**

| Index Kelimeler | Sayfa Numarası |
|---|---|
| E.Koli | 2 |

**F**

| Index Kelimeler | Sayfa Numarası |
|---|---|
| Florür | 3, 5, 7, 13, 64, 258, 379, 406, 415 |
| Filtrasyon | 2, 12, 13, 15, 16, 17, 62, 89, 145, 146, 147, 148, 150, 154, 155, 156, 158, 162, 164, 165, 171, 172, 174, 175, 184, 187, 188, 189, 196, 197, 198, 202, 206, 207, 220, 224, 230, 231, 232, 235, 239, 254, 255, 256, 257, 258, 266, 341, 355, 379, 380, 381, 385, 386, 387, 392, 407, 408, 409, 425, 434 |
| Ferrik Klorat | 73 |
| Ferrik Sülfat | 73 |

**H**

| Index Kelimeler | Sayfa Numarası |
|---|---|
| Hepatitis | 2 |
| Hızlı Karıştırma | 12, 13, 29, 61, 76, 79, 80, 82, 86, 87, 89, 90, 98, 104, 105, 106, 108, 109, 111, 220, 240, 241, 277, 287, 291, 299, 300, 302, 316, 318, 327, 331, 335, 336, 350 |
| Havalandırma | 11, 15, 16, 21, 28, 29, 31, 32, 39, 40, 41, 42, 45, 46, 47, 49, 54, 57, 58, 59, 83, 146, 217, 230, 231, 232, 235, 236, 244, 254, 255, 261, 262, 266, 276, 279, 287, 288, 291, 292, 293, 294, 295, 296, 298, 315, 328, 331, 332, 333, 346, 347, 362, 366, 404 |
| Hidrojen | 10, 31, 37, 215, 236, 247, 248, 254, 422, 427 |
| Hız Gradyanı | 69, 70, 80, 83, 84, 86, 88, 89, 91, 92, 93, 96, 97, 107, 108, 241, 300, 302, 303, 304, 305, 319, 321, 322, 323, 324, |

| | |
|---|---|
| | 325 |


**I**


| Index Kelimeler | Sayfa Numarası |
|---|---|
| İyon Değiştirme | 12, 28, 29, 230, 236, 238, 246, 247, 251, 258 |


**K**


| Index Kelimeler | Sayfa Numarası |
|---|---|
| Kolera | 2, 21 |
| Kalsiyum | 5, 75, 234, 237, 238, 239, 240, 241, 242, 244, 263, 289, 311 |
| Krom | 3, 5, 61, 62, 63, 289, 379, 383, 384, 388, 392, 417, 426 |
| Kurşun | 3, 5, 62, 63, 237, 265, 289, 379, 383, 388, 394, 417, 418, 427 |
| Klorür | 4, 5, 13, 16, 37, 38, 63, 73, 254, 255, 257, 289, 317, 379, 406, 418, 419, 425, 426, 427 |
| Kırılma Noktası, Klorlaması | 15, 28, 211, 218, 224 |
| Karbon Dioksit | 31, 33, 36, 37, 240, 242, 244, 259 |
| Kısa Devreler | 84, 91, 128 |
| Kireç | 15, 16, 18, 29, 31, 45, 73, 75, 76, 79, 86, 88, 90, 111, 131, 132, 135, 225, 231, 238, 239, 240, 241, 242, 244, 245, 246, 254, 255, 257, 258, 266, 316, 317, 320, 321 |
| Kil | 14, 19, 61, 64, 75, 117, 221 |
| Kalsit | 75 |
| Klor | 2, 5, 15, 16, 28, 30, 32, 74, 147, 207, 208, 210, 211, 212, 213, 214, 215, 216, 217, 218, 219, 224, 225, 228, 231, 233, 234, 236, 254, 275, 278, 279, 287, 288, 291, 292, 298, 314, 315, 317, 320, 325, 326, 331, 345, 346, 359, 360, 363, 365, 367, 379, 380, 396, 406 |


**L**


| Index Kelimeler | Sayfa Numarası |
|---|---|
| Langelier | 4, 259, 262, 263, 264, 316 |


**M**


| Index Kelimeler | Sayfa Numarası |
|---|---|
| Mikroorganizma | 1, 2, 10, 12, 20, 21, 22, 23, 25, 63, 72, 145, 153, 207, 208, 209, 210, 227, 277, 279, 327, 396, 412, 416, 434 |
| Metan | 10, 31, 37, 215 |
| Mekanik Havalandırıcılar | 32, 35, 50, 54 |

## N


| Index Kelimeler | Sayfa Numarası |
|---|---|
| Nitrat | 3, 5, 62, 63, 255, 289, 379, 381, 388, 413, 417, 419, 427 |
| Nitrosomonas | 28 |
| Nitrobakter | 28 |


## O


| Index Kelimeler | Sayfa Numarası |
|---|---|
| Oksijen | 1, 3, 4, 10, 11, 15, 20, 28, 31, 32, 33, 34, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 47, 50, 51, 53, 54, 57, 59, 74, 150, 152, 208, 213, 226, 229, 231, 232, 234, 235, 276, 289, 294, 374, 380, 384, 388, 408 |
| Ozon | 32, 37, 147, 207, 213, 214, 217, 219, 233, 235, 254, 275, 276, 277, 279, 287, 288, 291, 297, 298, 299, 331, 333, 335, 347, 348, 350, 362, 367, 391, 407, 408, 409, 414, 422 |


## R


| Index Kelimeler | Sayfa Numarası |
|---|---|
| Radyoaktif | 3, 393 |
| Renk | 1, 4, 5, 9, 10, 13, 15, 16, 17, 62, 63, 76, 77, 97, 111, 119, 131, 219, 220, 229, 289, 317, 379, 381, 388, 407, 420, 422, 428 |


## P


| Index Kelimeler | Sayfa Numarası |
|---|---|
| Potasyum Permanganat | 207, 217, 219, 220, 233, 234 |
| Poli Elektrolitler | 76 |


## S


| Index Kelimeler | Sayfa Numarası |
|---|---|
| Sertlik | 12, 15, 31, 79, 91, 237, 238, 239, 241, 244, 246, 249, 250, 289 |
| SodyumAlüminant | 73, 74, 75 |
| Stabilite | 128 |
| Stabilizasyon | 12, 66, 84, 87, 266 |

**T**


| Index Kelimeler | Sayfa Numarası |
|---|---|
| Tifo | 2 |
| Tillmass | 4 |
| Tat ve Koku | 9, 10, 31, 215, 216, 217, 218, 221, 225, 229 |


**V**


| Index Kelimeler | Sayfa Numarası |
|---|---|
| Viskosite | 317, 319, 321, 323, 324 |


**Y**


| Index Kelimeler | Sayfa Numarası |
|---|---|
| Yumaklaştırma | 2, 12, 13, 29, 61, 62, 63, 64, 66, 72, 73, 74, 75, 76, 78, 79, 80, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 96, 97, 98, 101, 102, 104, 105, 106, 108, 109, 111, 113, 114, 117, 131, 132, 147, 182, 184, 188, 192, 209, 216, 217, 220, 224, 225, 230, 235, 240, 241, 254, 255, 257, 258, 278, 287, 291 |
| Yumuşatma | 15, 16, 18, 86, 111, 131, 135, 225, 237, 238, 240, 241, 242, 244, 245, 246, 248, 254, 255, 257, 258 |

T.C.
Çevre ve Orman
Bakanlığı