

SU VE SUYUN SANAYİDE İŞLENMESİ

Yazarlar
ERDAL KAÇAN



BİDGE Yayınları

SU VE SUYUN SANAYİDE İŞLENMESİ

Yazar: ERDAL KAÇAN

ISBN: 978-625-372-621-8

1. Baskı

Sayfa Düzeni: Gözde YÜCEL

Yayınlama Tarihi: 22.02.2025

BİDGE Yayınları

Bu eserin bütün hakları saklıdır. Kaynak gösterilerek tanıtım için yapılacak kısa alıntılar dışında yayıncının ve editörün yazılı izni olmaksızın hiçbir yolla çoğaltılamaz.

Sertifika No: 71374

Yayın hakları © BİDGE Yayınları

www.bidgeyayinlari.com.tr - bidgeyayinlari@gmail.com

Krc Bilişim Ticaret ve Organizasyon Ltd. Şti.

Güzeltepe Mahallesi Abidin Daver Sokak Sefer Apartmanı No: 7/9 Çankaya /
Ankara



İçindekiler

1. Giriş:.....	- 16 -
1.1. Memba Kaptajları	- 17 -
1.2. Drenlerle Su Alma	- 18 -
1.3. Yeraltı Bentleri.....	- 20 -
1.4. Sulu Dere Kaptajları ve Akarsulardan Su Alma Yapıları	- 20 -
1.5. Göllerden Su Alma.....	- 23 -
1.6. Galeriler ve Kehrizler İle Su Alma	- 25 -
1.6.1 Kehrizler.....	- 27 -
1.7. Kuyular.....	- 28 -
1.7.1. Adi Kuyular.....	- 28 -
1.7.2. Keson Kuyular	- 29 -
1.7.3.1. Düşey Çakma Kuyular	- 31 -
1.7.3.2. Yatay Filtreli (Çakma Drenli) Kuyular	- 32 -
1.7.3.3. Sondaj Kuyuları	- 33 -
b) Döner Sondaj Metodu.....	- 34 -
1.8. Sarnıçlar	- 35 -
2. SULARIN İLETİLMESİ	- 38 -
2.1. İshale Çeşitleri.....	- 38 -
2.1.1. Cazibeli İshale.....	- 38 -
2.1.1.1. İshale Debisi.....	- 39 -
2.1.1.2. Hız.....	- 40 -
2.1.1.3. Borularda Basıncılı Akma Halinde Yük Kaybı	- 41 -
2.1.1.4. İshalede Meyil (Eğim)	- 43 -
2.1.1.5. İshale Hattındaki Yapılar	- 43 -

a) Maslak (Basınç Kırma Odası).....	- 44 -
Basınç Düşürücü Valflar	- 45 -
c) Hava Bacası	- 49 -
d) Tahliye Odası.....	- 49 -
e) Dere Geçitleri.....	- 50 -
2.1.1.6. İshale Hattının Vanalanması	- 50 -
2.1.2. Terfili İshale Hatları.....	- 52 -
3. DEPOLAR	- 55 -
3.1. Deponun Rolü	- 55 -
3.2. Depoların Sınıflandırılması.....	- 55 -
3.3. Depo Yeri.....	- 56 -
3.4. Deponun Sağlayacağı Basınç.....	- 56 -
3.5. Depo Hacmi	- 57 -
3.6. Depodaki Su Yüksekliği	- 58 -
3.7. Depo Detayları	- 59 -
3.8. Havalandırma	- 61 -
3.9. Üstten ve Altan Besleme.....	- 65 -
3.10. Dolu ve Dip Savakları.....	- 67 -
3.11. Yangın Rezervi	- 68 -
3.12. Depodaki Su Seviyesinin Kontrol Düzenleri	- 69 -
3.13. Depo İnşaatları	- 72 -
BÖLÜM IV	- 75 -
4. SULARIN ARITILMASI (İYİLEŞTİRİLMESİ)-	- 75 -
4.1. İçme Suyu Kalitesi	- 75 -

4.2. Suyun Rengi.....	- 75 -
4.2.1. Renk Birimi.....	- 77 -
4.2.2. Rengin Ölçülmesi.....	- 77 -
4.2.3. Renk Giderilmesi	- 78 -
4.3. Suyun Bulanıklığı	- 79 -
4.3.1. Önemi.....	- 79 -
4.3.2. Bulanıklık Birimi	- 79 -
4.3.3. Bulanıklığın Ölçülmesi	- 80 -
4.4. Suyun pH Değeri.....	- 81 -
4.4.1. Suyun İyonize Olması.....	- 81 -
4.4.2. Serbest Hidrojen Konsantrasyonun Yazılması ...	- 82 -
4.4.3. pH Değerinin Tayini	- 83 -
4.4.4. pH in Asitlik ve Alkalilik İle İlişkisi.....	- 84 -
Alkalilik	- 84 -
Asitlik.....	- 85 -
Problem 1	- 85 -
Çözüm 1	- 85 -
Problem 2	- 85 -
Çözüm 2	- 86 -
4.5. Suyun Sertliği.....	- 86 -
Problem 3	- 89 -
Çözüm 3	- 89 -
4.5.2. Sertliğin Etkisi.....	- 89 -
4.5.3. Suyun Taş Yapma Potansiyelinin Tayini.....	- 90 -

Problem 4	- 91 -
4.5.4. Mermer Deneyi	- 93 -
4.5.5. Taşlaşmanın Durdurulması	- 94 -
4.6.1. Tarifler	- 94 -
4.6.2. Kolloidal Taneleri Etkileyen Kuvvetler	- 97 -
4.6.3. Koagülasyonun Genel Mekanizması	- 98 -
4.6.4. Koagülasyonun Kimyasal Yönü	- 101 -
4.6.5. Kimyasal Koagülasyon İçin Optimum pH.....	- 102 -
4.6.6. Ani Karıştırma.....	- 102 -
4.6.7. Başlıca Koagülantların Etki Biçimi ve Besleme Dozajları.....	- 104 -
4.6.8. Koagülantların Suyu Verilme Yöntemleri	- 107 -
4.7.1. Basit Çökeltme	- 112 -
4.7.2. Pıhtılı Çökeltme	- 113 -
4.7.2.1. Çökeltme Teorisi ve Çökme Hızları	- 113 -
4.7.2.2. Yatay Akışlı Pıhtılı Çökeltme Havuzları	- 114 -
4.7.2.3. Dikey Akışlı (Aşağıdan Yukarıya) Çökeltme Havuzları.....	- 115 -
a) Pıhtı Sirkülasyonlu Havuzlar	- 115 -
b) Pıhtı Yataklı Havuzlar	- 116 -
4.7.3. Çökeltme Tesislerinde Son Gelişmeler.....	- 119 -
4.8. Kum Filtreleri.....	- 119 -
4.8.1. Yavaş Kum Filtreleri.....	- 120 -
4.8.1.1. Ham Su Özelliği.....	- 121 -

4.8.1.2. Süzme Şekli ve Temizleme.....	- 122 -
4.8.1.3. Arı Su Kalitesi ve Kullanımı.....	- 122 -
4.8.1.4. Kullanma Yerleri.....	- 122 -
4.8.2.1. Açık Hızlı Kum Filtresi.....	- 123 -
a) Yıkama.....	- 124 -
b) Durulama	- 127 -
c) Süzücü Madde.....	- 128 -
d) Yapı (Konstrüksiyon)	- 128 -
f) Filtrede Debi Kontrolü	- 133 -
g) Ham Su Giriş Klapesi ve Yıkama Suyu Oluğu	- 134 -
h) Kanal ve Borularda Hız	- 137 -
4.8.2.2. Kapalı Hızlı Kum Filtreleri	- 138 -
Kapalı ve Açık Filtrelerin Karşılaştırılması	- 140 -
4.8.3. Aşırı Hızlı Filtreler.....	- 141 -
4.8.4. Diatom at – Toprak Filtreler	- 143 -
4.9.1.1. Klorun Özellikleri	- 148 -
4.9.1.2. Klorun Piyasadaki Şekilleri	- 149 -
BÖLÜM 5	- 150 -
5. SOĞUTMA KULELERİ	- 150 -
5.1. Soğutma Kulelerinde Suyun Soğutulması	- 150 -
5.1.1. Buharlaştırmanın Sonuçları:	- 150 -
5.1.2. Buharların Etkileri:	- 150 -
5.2. Soğutma Kulelerinin Yapısı.....	- 151 -
5.2.2. Tabii Çekişli Soğutma Kuleleri:	- 154 -

5.2.3. Mekanik Çekişli Soğutma Kuleleri:.....	- 155 -
5.2.4. Emme İle Çekişli Soğutma Kuleleri:	- 156 -
5.2.5. Çok Bölmeli Soğutma Kuleleri:.....	- 157 -
5.2.6. Yapı Elemanları:	- 158 -
5.3. Soğutma Kulesi Verimini Etkileyen Şartlar:	- 159 -
5.3.1. Gerçek ve İzafi (Relative) Nem:	- 159 -
5.3.2. Kuru ve Yaş Derece Sıcaklıkları:.....	- 160 -
5.3.3. Kışın Çalıştırma:	- 162 -
5.3.4. Su İçindeki Yabancı Maddeler:.....	- 163 -
5.3.4.1. Soğutma Suyundaki Yabancı Maddelerin Kontrolü:	- 164 -
5.3.4.2. Soğutma Suyunun Şartlandırılması:.....	- 165 -

Şekiller Dizini

Şekil 1.1. Bir içme suyu tesisinin genel şeması	- 17 -
Şekil 1.2. Alttan kaynayan memba üzerinde kaptaj.....	- 18 -
Şekil 1.3. Çift taraftan girişli drenaj tesisi	- 19 -
Şekil 1.4. Yeraltı bendi ve genel görünüşü	- 20 -
Şekil 1.5. Akarsudan su alma yeri dirseğin dış tarafında.-	21

-

Şekil 1.6. Nehirlerden su alan bir priz tesisi	- 22 -
Şekil 1.7. a basit bir çukurdan, b nehirde su alma	- 23 -
Şekil 1.8. Sığ göllerden uzaktan su alma	- 24 -
Şekil 1.9. Delikli düşey bir boru bacası	- 25 -
Şekil 1.10. Normal bir galeri.....	- 26 -
Şekil 1.11. Sızdırma galerileri.....	- 27 -
Şekil 1.12. Kehriz tesisi genel şeması.....	- 28 -
Şekil 1.13. Kuru taş duvarlı adi kuyu.....	- 29 -
Şekil 1.14. Keson kuyu	- 30 -
Şekil 1.15. Keson kuyu	- 31 -
Şekil 1.16. Çakma kuyu ve mekanizması	- 32 -
Şekil 1.17. Yatay filtre borularını içeren kuyu sistemi .	- 33 -
Şekil 1.18. Darbeli sondaj metodu ile bir kuyunun açılışı	-

34 -

Şekil 1.19. Komple bir sondaj.....	- 35 -
Şekil 1.20. Sarnıç Tesisi.....	- 36 -
Şekil 1.21. Kum filtresi depoda olan sarnıç	- 37 -
Şekil 1.22. Derin göllerden su alma.....	- 37 -

Şekil 2.1. Cazibeli ishale hattı.....	- 39 -
Şekil 2.2. Terfili ishale hattı.....	- 39 -
Şekil 2.3. Borulardaki sürtünme katsayısı 'nın Reynold sayısına göre değerleri	- 42 -
Şekil 2.4. İletim hattına uygun meyil verilmesi	- 43 -
Şekil 2.5. Maslakların fonksiyonları	- 44 -
Şekil 2.6. YSE Genel Müdürlüğünce uygulanan normal bir maslak odası tipi.....	- 45 -
Şekil 2.7. Malağın fonksiyonu	- 46 -
Şekil 2.8. Basınç düşürücü valfin çalışma şeması	- 46 -
Şekil 2.9. Hava ve gaz birikmesi ile kesiti daralan bir tepe noktası	- 47 -
Şekil 2.10. Kırılmış ve vakum yapmış hat	- 48 -
Şekil 2.11. Vantuzun şematik görünüşü.....	- 49 -
Şekil 2.12. Tepe yamacına döşenmiş bir hava bacası ...	- 49 -
Şekil 2.13. Boşaltım suyu pompa ile dışarı atılan bir tahliye odası	- 50 -
Şekil 2.14. Yüksek basınçlı isalede kesme vanaları.....	- 51 -
Şekil 2.15. Alçak basınçlı hatlarda kesme vanası	- 52 -
Şekil 2.16. Cazibe ve emme ile beslenen pompa tesisleri-	53
-	
Şekil 3.1. Su derinliği.....	- 59 -
Şekil 3.2. Krepin çukuru	- 59 -
Şekil 3.3. Pompaya ait bir krepinin veya emme ağzının emme çukurundaki durumu	- 60 -
Şekil 3.4. Üstten girişli bir depoda manevra odası boru donatımı	- 61 -

Şekil 3.5. Atılan maddeler A çukurunda kalır ve şapkanın içine gizlenmiş cıvata ancak özel anahtarla açılır	- 63 -
Şekil 3.6. Doğruca su yüzüne açılan yanlış bir hava bacası ..	64 -
Şekil 3.7. Yabancı maddeleri dışa gönderen güvenli bir havalandırma bacası	- 64 -
Şekil 3.8. Depoya yabancı madde atılmasına olanak vermeyen bir havalandırma bacası.....	- 65 -
Şekil 3.9. Alttan ve üstten beslemenin karşılaştırılması	- 66 -
Şekil 3.10. Alttan beslemeli büyük depolarda kullanılan ventürili otomatik kelebek vana tertibi	- 67 -
Şekil 3.11. Dolu savak tahliye borusu ucu kanalizasyona doğrudan doğruya verilmemelidir.....	- 68 -
Şekil 3.12. Dip savak ve tahliye rögarı	- 68 -
Şekil 3.13. Bir uç depoda rezervi tutan ve bayatlamaya meydan vermeyen tertip.....	- 69 -
Şekil 3.14. Flotörlü kont aktör yardımı ile depodaki su seviyesine göre pompayı otomatik çalıştıran düzen	- 70 -
Şekil 3.15. Manometrik kont aktör sistemi ile pompanın otomatik çalıştırılması.....	- 71 -
Şekil 3.16. Depo su seviyesini gösteren düzenler	- 72 -
Şekil 3.17. Ayaklı su deposu kesiti (100 m3 lüks	- 73 -
Şekil 3.18. Çok büyük bir yer altı deposu.....	- 74 -
Şekil 4.1. Renk tayinine yarayan Nesiler tüpü serisi	- 78 -
Şekil 4.2. Jackson Türbidimetresi	- 81 -
Şekil 4.3. Elektrometrik olarak pH ölçen alet.	- 84 -
Şekil 4.4. Sertlik çeşitleri ve meydana geliş biçimleri..	- 87 -
Şekil 4.5. Langelier diyagramı	- 93 -

Şekil 4.6. Küre biçimindeki taneciklerin suda çökelme hızları	- 95 -
Şekil 4.7. Negatif ana yüklü koloidal bir tane etrafındaki çeşitli tabakaların yük diyagramı	- 96 -
Şekil 4.8. Taneler arasındaki mesafeye göre çekme ve itme kuvvetleri	- 97 -
Şekil 4.9. Koagülasyonun mekanizması	- 99 -
Şekil 4.10. Ferrik hidroksit ve alüminyum hidroksitin pH değerine göre erimeleri	- 101 -
Şekil 4.11. pH'nın fonksiyonu olarak alüminyum ve demir hidroksitlerinin erimeleri.....	- 102 -
Şekil 4.12. Çok basit bir koagülant verme yöntemi	- 108 -
Şekil 4.13. Kolay eriyen pıhtılaştırıcılar için kullanılan bir solüsyon hazırlama düzeni	- 108 -
Şekil 4.14. Sabit debili koagülant besleyici	- 109 -
Şekil 4.15. Orifis kutulu sabit debi verici düzen.....	- 109 -
Şekil 4.16. Pota tipi besleyici.....	- 110 -
Şekil 4.17. Tulum tipi basınçlı solüsyon verici.....	- 110 -
Şekil 4.18. Dişli ve bantlı volumetrik besleyici	- 111 -
Şekil 4.19. Açık kolon tipi solüsyon verici.	- 111 -
Şekil 4.20. Klasik bir çökeltme düzeni	- 113 -
Şekil 4.21. Pıhtılı yatay akışlı çökeltme havuzu	- 115 -
Şekil 4.22. Pıhtı sirkülasyonlu hızlı çökeltici	- 116 -
Şekil 4.23. Pıhtı yataklı hızlı çökeltme havuzu.....	- 117 -
Şekil 4.24. Pıhtı yataklı çökeltme havuzu	- 118 -
Şekil 4.25. Körük gibi nabız hareketi yaparak pıhtı yatağını karıştıran düzen	- 118 -

Şekil 4.26. Borulu çökelticiler yerleştirilmiş klasik çökeltme havuzları.....	- 119 -
Şekil 4.27. Çıkış ağızı boyunca yavaş filtre kesidi	- 121 -
Şekil 4.28. Yavaş kum filtresine ait çeşitli kesitler	- 121 -
Şekil 4.29. Açık tip hızlı bir kum filtresinin genel görünüşü-	123 -
Şekil 4.30. 'a Açık tip hızlı kum filtre tesisi b borulu bir taban drenaj sistemi	- 124 -
Şekil 4.31. Geleneksel filtre tesisinin çeşitli kısımları	- 126 -
Şekil 4.32. Çeşitli hızlarda kum yatağının genişleme yüzdeleri.....	- 127 -
Şekil 4.33. Başlıklarla donatılmış drenaj tabanına sahip bir açık filtrenin ters yıkama hali.....	- 129 -
Şekil 4.34. Havalı yıkamada kullanılan uzun borulu bir başlığı montaj ve etki tarzı	- 129 -
Şekil 4.35. İnce yarıklı başlıklardan oluşan filtre (drenaj) tabanına sahip bir açık filtre tesisi (degrement aquazur filtre)-	130 -
Şekil 4.36. Gözenekli silika plakalardan oluşan bir filtre tabanı görünüşleri.....	- 131 -
Şekil 4.37. Kirlenen kum yatağında negatif basınç doğması-	132 -
Şekil 4.38. Giriş suyunun her filtre gözüne eşit paylı olarak dağıtılan sistem	- 133 -
Şekil 4.39. Giriş suyunun bütün gözlerdeki su seviyesini eşit yapan sistem.....	- 134 -
Şekil 4.40. Filtrelerde giriş klapesinin ve yıkama suyu oluşunun durumu.....	- 135 -
Şekil 4.41. Yukarıdan asılı şamandıra klape.....	- 136 -

Şekil 4.42. Çökeltme havuzu	- 137 -
Şekil 4.43. Su- hava yıkamalı bir dikey tip kapalı filtre-	138
-	
Şekil 4.44. Yatay kapalı filtre su- hava yıkamalı	- 139 -
Şekil 4.45. Beş valf düzenine göre çalışan filtre tesisi -	140 -
Şekil 4.46. Aşırı hızlı (çok yataklı) bir filtrede süzme yatağı durumu	- 142 -
Şekil 4.47. Yukarı akışlı bir kapalı filtre.....	- 143 -
Şekil 4.48. Küçük bir diatomat toprak filtre tesisi akış diyagramı	- 144 -
Şekil 4.49. Nitrojen içeren bir suda meydana gelen artık-klor bileşenlerinin klor dozuna göre doz ve tür değişimi	- 147 -
Şekil 4.50. Solüsyon beslemeli bir gaz klorlama cihazı-	148
-	
Şekil 4.51. Hipoklorit eriyiğinin içme suyuna verilişi -	148 -
Şekil 4.52. Klor tüpleri ve klorinatör ayır odacıklara konmalı ve hava vantilasyonu sağlanmalıdır	- 149 -
Şekil 5.1. Sprey havuz tipi soğutma.....	- 151 -
Şekil 5.2. Korumalı spre y havuz tipi soğutma	- 152 -
Şekil 5.3. Atmosferik soğutma Kulesi	- 153 -
Şekil 5.4. Tabii çekişli soğutma kulesi	- 154 -
Şekil 5.5. İtme ile sağlanan çekişli soğutma kulesi.....	- 155 -
Şekil 5.6. Emme ile çekişli soğutma kulesi	- 156 -
Şekil 5.7. İki ayrı tip emme çekişli soğutma kule kesiti-	157
-	
Şekil 5.8. Çok bölmeli soğutma kulesi	- 158 -
Şekil 5.9. Kuru ve yaş termometreler	- 160 -

Şekil 5.10. İzafî neme göre kuru ve yaş termometre sıcaklıkları..... - 162 -

Şekil 5.11. pH skalası..... - 166 -

Tablo ve Çizelgeler Dizini

Tablo 3.1. Tavsiye edilen derinlikler - 58 -

Çizelge 4.1. Memleketimizde uygulanan içme suyu standardı (TS 266) - 76 -

Çizelge 4.2. CaCO_3 cinsinden sertliğin bulunması için kullanılan katsayılar - 88 -

Çizelge 4.3. Arıtma tesisinin çeşitli kısımlardaki hızları- 137 -

Çizelge 4.4. Yurdumuzda uygulanan klorlama sınır değerleri - 146 -

BÖLÜM I

Su Alma Tesisleri

1. Giriş:

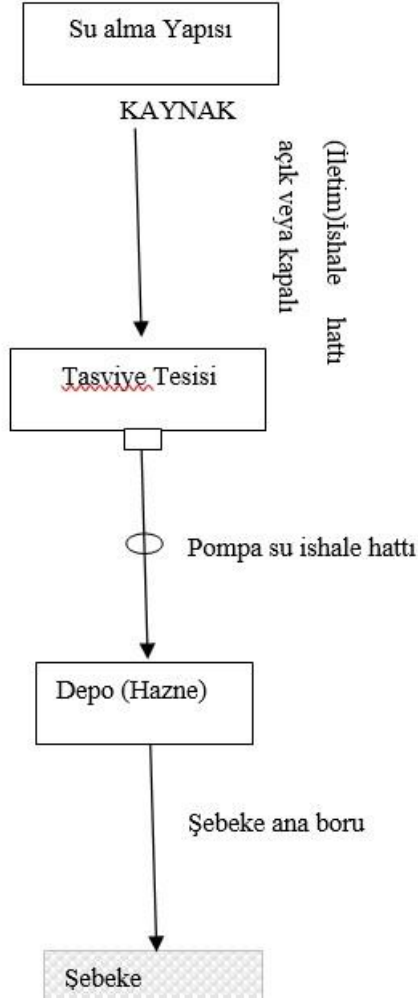
Bütün canlıların olduğu gibi, sanayi kuruluşlarının da suya ihtiyacı vardır. Bitkiler için su temin ve dağıtım şekilleri oldukça basit ve arıtmaya gerek duyulmayan sistemse de insanlar, hayvanlar ve sanayinin ihtiyacı olan suyun temin, nakil ve arıtım düzenleri oldukça farklıdır ve başlı başına bir sanayi kolu haline gelmiştir. Bunu çok basit bir tarzda şekil 1.1'deki gibi gösterebiliriz.

Böyle bir giriş yaptıktan sonra, içme ve sanayi için gerekli özellikteki suların temin edilme ve işleme şekillerini sırasıyla görelim.

Su alma Tesisleri

Su alma tesislerini (kaptajları) şu şekilde gruplamak mümkündür.

- a) Memba Kaptajı
- b) Drenaj
- c) Kuru Dere Kaptajı (Yer altı bentleri)
- d) Sulu Dere Kaptajları (Akarsulardan su alma yapıları)
- e) Göllerden Su Alma Yapıları
- f) Galeriler ve Kehrizler, Kuyular, Sarnıçlar



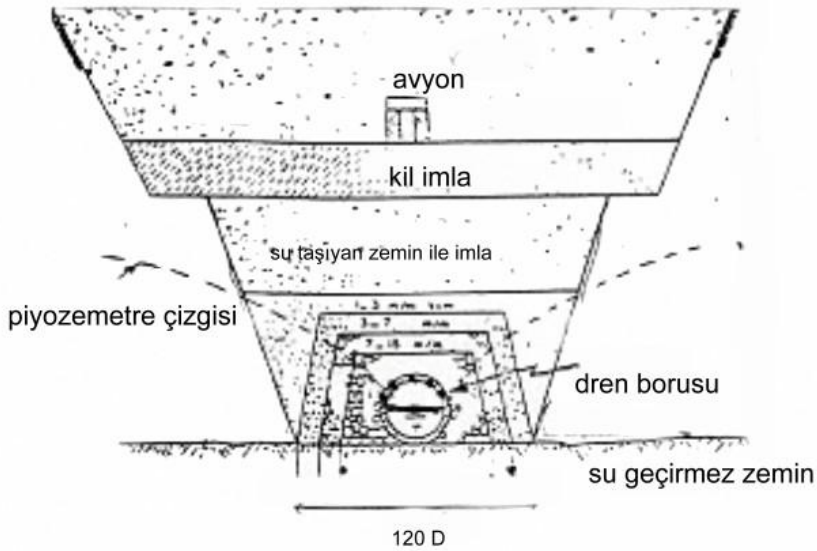
Şekil 1.1. Bir içme suyu tesisinin genel şeması

1.1. Memba Kaptajları

Memba kaptajı, suyun yeraltından yüzeye çıkarılması için yapılan yapılardır. Genel olarak üç bölümden oluşur.

Su bölümü

sağlar. Bir bakıma yatay kuyu sayılabilecek drenler sahadaki su taşıyan tabakanın derinliği az ve taşıdığı su miktarı kuyularla almaya yeterli olmadığı durumlarda kullanılır. Bunun için çoğunlukla yarısından üst kısmı veya her yanı delikli 50-100mm çapındaki borular yahut 5mm kadar aralıkla uç uca kenar büz veya künkler şekil 1.3’ deki gibi geçirimsiz zemine kadar açılan hendek tabanına ve yer altı suyu akış doğrultusuna dik olmak üzere döşenir. Geçirimsiz zemine kadar inilmesi çok önemlidir. Aksi halde su taşıyan tabaka (akifer) deki su seviyesi boru seviyesine düşünce artık o drenen su alma imkânı kalmaz, masraflar boşuna yapılmış olur. Toprak yapısı ve dizaynına bağlı olarak birçok tip dren sistemi yapılmaktadır. Şekil 1.3 bunlardan sadece biridir.

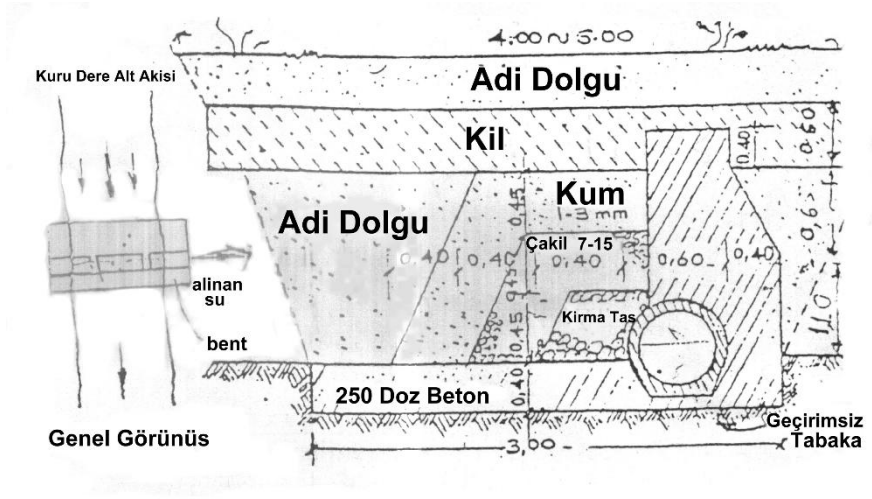


Şekil 1.3. Çift taraftan girişli drenaj tesisi

1.3. Yeraltı Bentleri

Yeraltı bentleri, yağmur ve yüzey sularını toplar ve yeraltı su kaynaklarına yönlendirir. Bu sayede yeraltı su seviyelerinin kontrolü ve kalitesinin iyileştirilmesi sağlanmış olur.

Bazı kuru derelerde yer altı suyu bulunması durumunda kuru dere vadisinde akışa dik doğrultuda geçirimsiz tabakaya kadar inen bir hendek açılarak yer altı bendi tesis edilir. Bu bent, hem yeraltı akışını kesip onu biriktirir, hem de bu suyu, aralıklı döşenmiş büzlerle alıp ishaleye verir. Şekil 1.4'te bir yer altı bendinin genel yapısı görülmektedir.



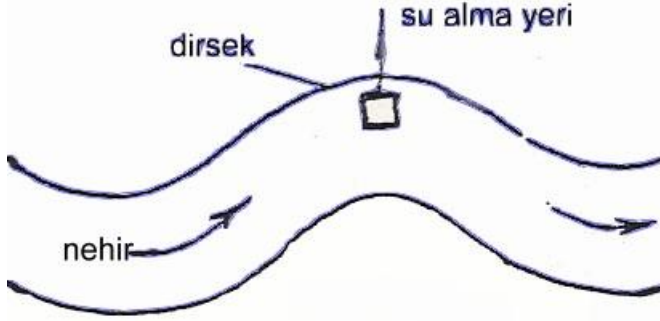
Şekil 1.4. Yeraltı bendi ve genel görünüşü

Geçirimsiz tabakaya kadar inilmesi burada da çok önemlidir, aksi halde havuzda yıllardır biriken su çekildikçe su seviyesi düşer ve kısa bir süre sonra bent tabanı bile havada kalır, su seviyesi dren borularının altına düşer ve su alttan akışına devam eder. Maalesef böyle hatalı yapılmış bent yapılarına rastlanmaktadır.

1.4. Sulu Dere Kaptajları ve Akarsulardan Su Alma Yapıları

Bu kaptajların amacı yüzey sularını toplamak, depolamak ve dağıtmak için inşa edilmiş yapılardır. Bu yapılar sayesinde yüzey

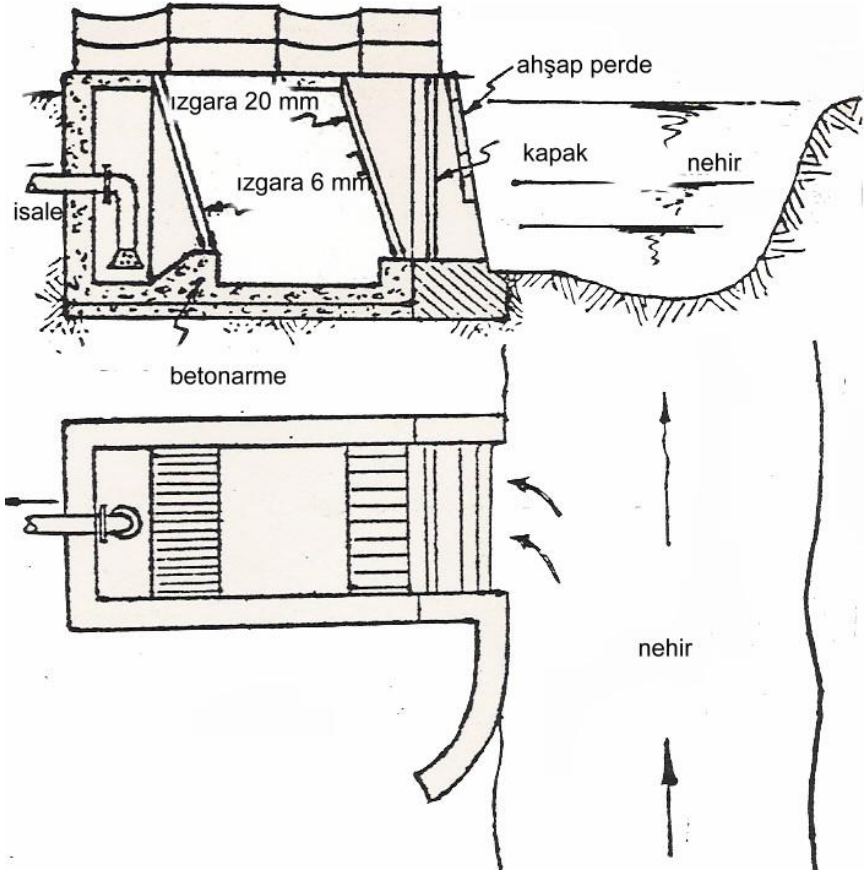
suları temin edilir ve değişen amaçlarla kullanılmak üzere su ihtiyaını karşılamak için kullanılır. Nehirlerden su, nispeten temiz ve süzüntü maddelerinin az olduğu yerlerden, örneğin kirli su getiren bir nehir kolu varsa ondan önce alınmalıdır. Kanalizasyon suyu boşaltım ağızları yakınından kesinlikle su alınmamalıdır. Su alma yeri süzüntü maddelerinin ve çamurların su alma tesisine (prize) girme ihtimali az olan yerlerde dolayısıyla nehir dirseklerinin dış tarafından yapılmalıdır (şekil 1.5).



şekil 1.5. Akarsudan su alma yeri dirseğin dış tarafında.

Yüzten maddelerin ve yağların girmemesi için su, yüzeyden biraz aşağıdan alınır. Kaba maddeler ızgaralarda, ince maddeler sık ızgara veya eleklerde tutulur. Pompa ve borulara kum girmemesi için uçlarına kum tutucu havuz da yapılabilir.

Büyük debiler için şekil 1.6' deki gibi su alma (priz) tesisi yapmak lazımdır. Burada su, bir perdenin altından önce kaba ızgaraya, sonra da ince ile su alma ızgaralara gelir. Böylece yaprak, yağ vs. kaba maddeler tutulur. Sonra hafifleri ise zaten ahşap perdenin altına inip ızgaraya bile ulaşamaz. ızgaralar bu faydalarına karşılık yük kaybına neden olurlar. Bu kayıp formüllerle bulunur.



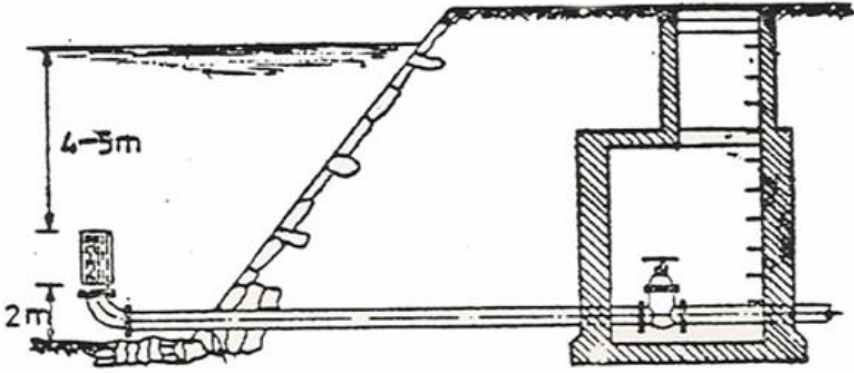
Şekil 1.6. Nehirlerden su alan bir priz tesisi

Eğer nehirlerden doğrudan su almak istenirse o zaman su alınacak yer ve sistem şekil 1.7-b deki gibi olmalıdır.

Zira şekil 1.7-a deki gibi akarsu yatağında bir çukur açılarak su alınmak istenirse, bu çukur çok kısa zamanda dolar. Onun için Şekil 1.7-b deki sistemde olduğu gibi nehir ortasına kadar bir boru götürülür ve ucuna 90° yukarı bakan bir dirsek, onun da ucuna bir süzgeç takılır, bu uzun ömürlüdür. Ancak gene de süzgeç ve boru kum ve çamurla dolarsa, tersten basınçlı su göndererek yıkayıp temizlemek mümkündür.



A



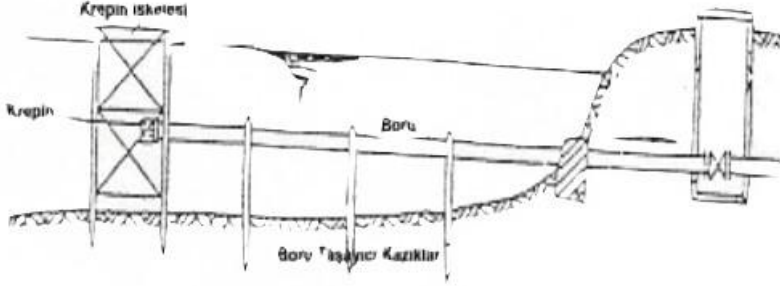
B

Şekil 1.7. a basit bir çukurdan, b nehirde su alma

1.5. Göllerden Su Alma

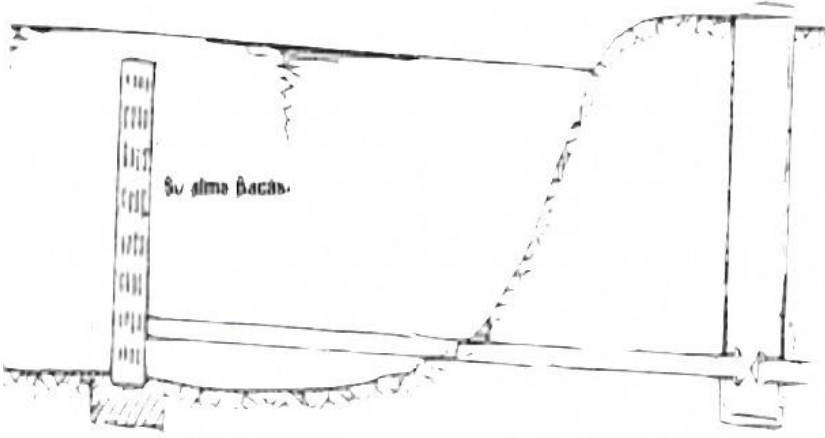
Göllerden su alma yapıları, gölden suyun alınmasını sağlamak için tasarlanmış, boru, kanal veya pompalardan oluşur. Su gölün en temiz kesiminden alınır. Bu kesme kanalizasyon, endüstri atıkları, akarsular gelmemeli ve hâkim rüzgârlarla yosun, yaprak ve planktonları sürüklememelidir. Su alma borusu ucundaki süzgeç (krepin) gölün derinine konursa, ısı değişimi, plankton ve bakteri miktarı az olur. Ancak, bu takdirde çökelti maddeler tabana yakın daha yoğun olacağından suyun bulanık olma tehlikesi vardır.

Derinde çözünmüş oksijen de fazladır. Derin göllerden 7-50 m derinden, tabandan 1-5m yukarıdan ve sahilden 30-50m uzaklıktan su alınır. Sığ göllerde şekil 1.8'deki gibi kızaklar üzerine boru döşenerek su alınabilir.



Şekil 1.8. Sığ göllerden uzaktan su alma

Seviyesi fazla değişen göllerde, aynı zamanda süzgeç işlemi görecekle düşey bir boru kullanılır. Bu da bir tür su alma bacasıdır. Şekil 1.9'da görölüyor.

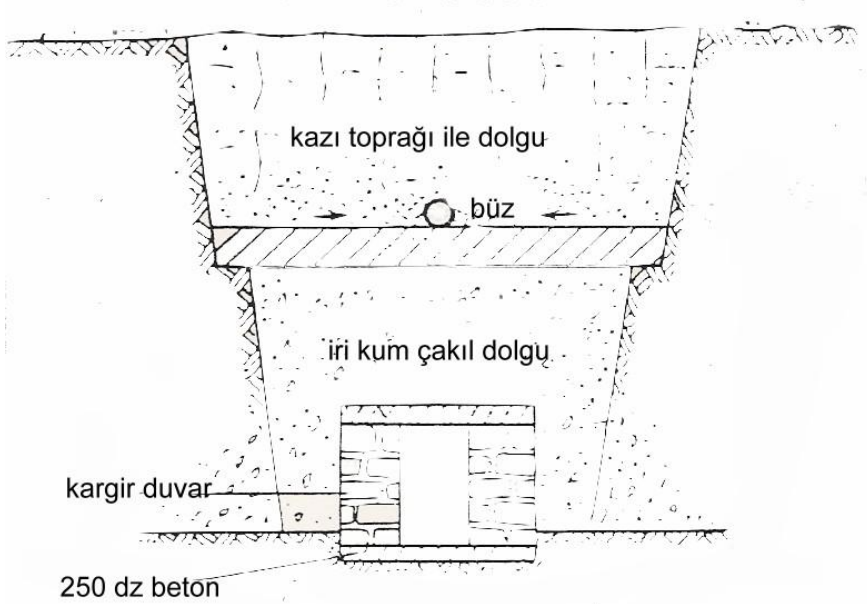


Şekil 1.9. Delikli düşey bir boru bacası

Göl tabanına dönecek en uygun boru cinsi polietilen borudur. Bu borular istenen uzunlukta tek parça yapılabildikleri gibi korozyona da uğramazlar. Süzgeç boşluğa su giriş hızı 10cm/s den büyük seçilmemelidir. Böylece yaprak ve askı maddelerinin çekilmesi önlenir. Barajlar da suni birer göl olduklarından su alma işlemleri benzerdir.

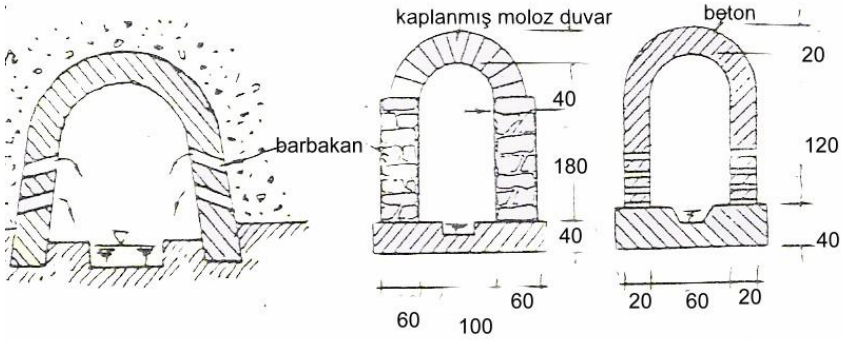
1.6. Galeriler ve Kehrizler İle Su Alma

İçine insan girebilecek büyüklükteki dren tesislerine galeri denir. Bunlar da drenler gibi su geliş doğrultusuna dik olarak geçirilirler. Galerilerde mümkün olduğunca geçirimsiz tabakaya inilmelidir. Bir veya iki taraftan su alınabilir. Yapım için kâgir tuğla veya beton kullanılabilir. Şekil 1.10 da normal bir galeri görülmektedir. Bunlar belli derinliğe kadar açık hendek, daha derine inildiği takdirde tünel açılarak inşa edilir.



Şekil 1.10. Normal bir galeri

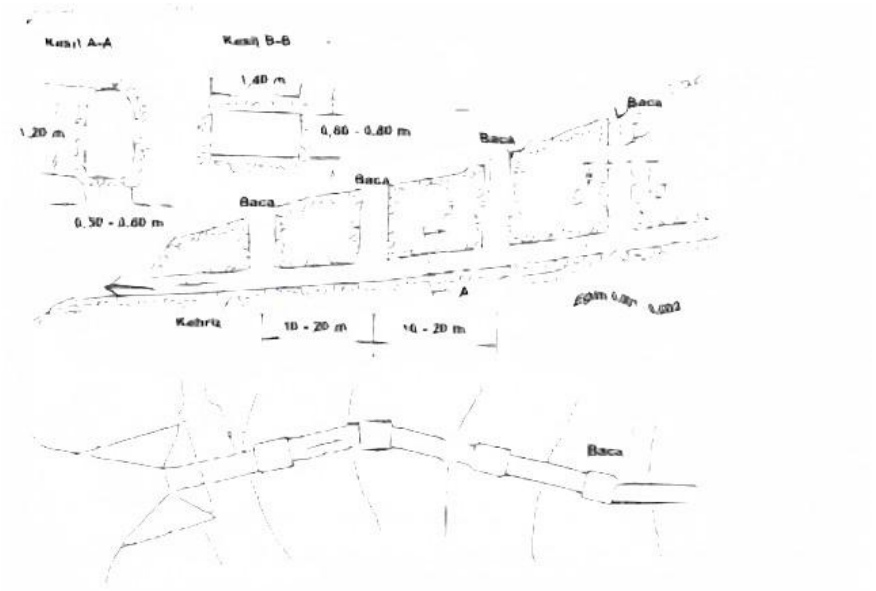
Büyük kesitli olup derinde inşa edilen ve etrafında yer altı suyunun girmesi için delikler bulunan galerilere sızdırma galerileri denir. Şekil 1.11 de üç örnek görülmektedir. Süzüntü kumların galeriye girmemesi için su süzme delikleri (barbakanlar) ilk şekildeki gibi ters meyilli olmalıdır. Bazı kayalık yerde galeri duvarı yapmaya gerek yoktur. Daha çok dağlık arazilerde, su kaynaklarının temini için inşa edilir.



Şekil 1.11. Sızdırma galerileri

1.6.1 Kehrizler

Kehrizler küçük boyutlu ve basit bir galeri türüdür. Şekil 1.12 de görüldüğü gibi 10-20m’de bir düşey bacaları olan yatay bir kazı sistemidir. Düşey bacalar toprak boşaltmayı ve çalışanların hava ihtiyacını sağlar. Kehriz tabanı yer altı suyu seviyesinin en az 2m kadar altında yapılır. Kendini tutan zeminde açılırlar, destek duvarları yapılmaz. Tabana uygun meyil verilerek istenen noktada zemine çıkılır. Bunlar yer altı suyunun çok az olduğu kurak bölgelerde yapıla gelmiştir. Bizde Güneydoğu bölgemiz ve İran’da çok yapılmaktadır. İran’dakilerin uzunluğu kilometrelerledir.



Şekil 1.12. Kehriz tesisi genel şeması

1.7. Kuyular

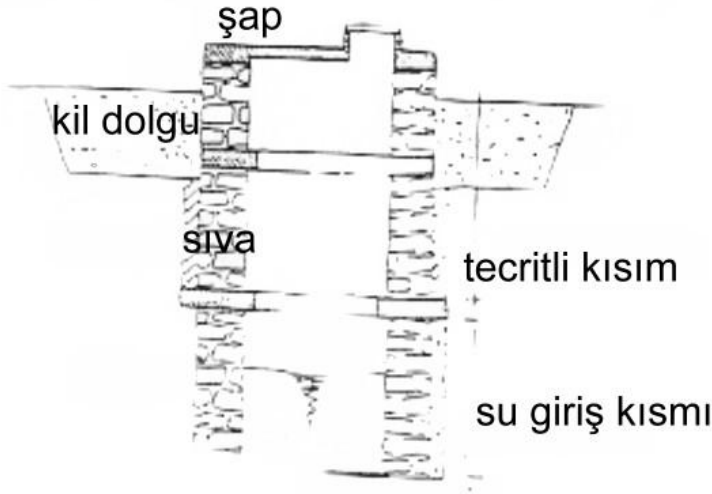
Zemini kazarak su taşıyan tabaka (akifer) içine dikey olarak inilmesi suretiyle akiferden su alınması için teşkil edilen yapıya “kuyu” denir. Kuyular yapı itibariyle üç türdür.

- a) Adi kuyu
- b) Keson kuyular
- c) Borulu kuyular

Bunları kısaca görelim.

1.7.1. Adi Kuyular

Elle kazılan 6-15m ve bazen 50m derinlikte olan, çapı ise 1-1,5 arasında değişen kuyulardır. Kuru taş veya tuğla ile örülür. 0.5-50 L/s bazen de daha fazla su debisine sahiptirler (Şekil 1.13).



Şekil 1.13. Kuru taş duvarlı adi kuyu

1.7.2. Keson Kuyular

Bu kuyular, zemin üzerine tesis edilen genellikle betonarme ve yaklaşık 2m iç çapında bir silindir halkasının içine girip, halkanın altı oyularak onun aşağıya indirilmesi ve indikçe Şekil 1.14 teki gibi üzerine yeni halkalar ilave edilmesi suretiyle oluşturulur. En alttaki halkanın kolayca inebilmesi için alt ucu keskin biçimde ve daha dayanıklı şekilde yapılır. Yumuşak zeminlerde 60m'ye kadar inilebilir. Ancak genellikle 10-20m derinlikte yapılırlar. Çapları 2-4m arasında değişebilir. Suyun kuyuya inebilmesi için beton duvarda yeterince delik (barbakan) bırakılır ve kuyuya kum kaçmaması için yukarıya doğru meyilli yapılırlar, kuyu tabanından itibaren statik su seviyesinin 1m üstüne kadar devam eder. Bu delikler sulu tabakanın tane yapısına göre süzgeçli de olabilir. Şekil 1.15 te komple bir keson kuyu ve altında da deliklerin iki üç hat

farklı taneli kumla filtrelenmesi gösterilmektedir. Bu kuyulardaki debi ile süzme delikleri arasındaki bağıntı şu formülle ifade edilir.

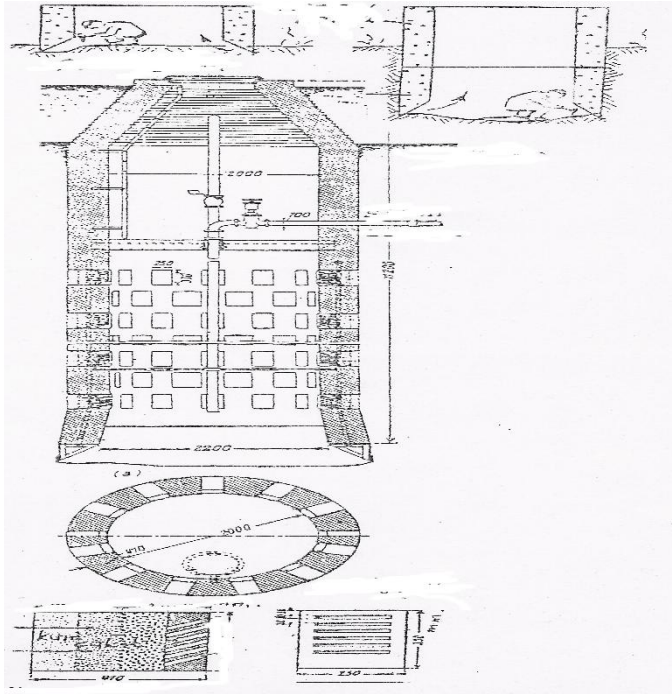
$$F = \text{Deliklerin toplam alanı (m}^2\text{)}$$

$$Q_k = \text{Kum sürüklenmeden elde edilebilen debi (m}^3\text{/s)}$$

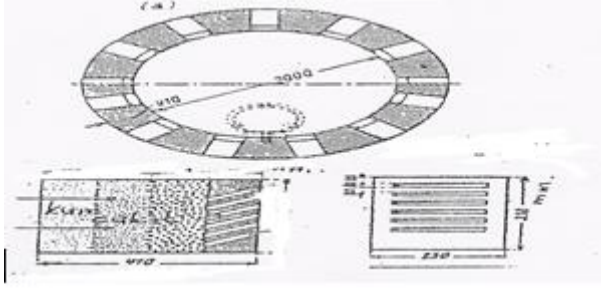
$$Q_k = F/6 * 3/10 * 1/1.5 = F/30$$

$$F = 30 * Q_k$$

Not: Bu formül; kum arasından sızan suyun hızı 0.3m/s ve sızma alanının delik alanına oranı 1/6 olarak alınıp 1.5 emniyet payı da eklenerek bulunmuştur.



Şekil 1.14. Keson kuyu



Şekil 1.15. Keson kuyu

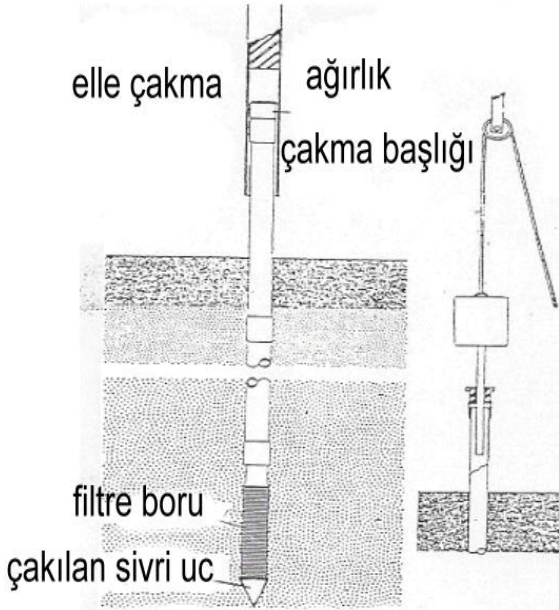
1.7.3. Borulu Kuyular

Bunlar üçe ayrılır.

1. Düşey çakma kuyular
2. Yatay çakma kuyular
3. Sondaj kuyuları

1.7.3.1. Düşey Çakma Kuyular

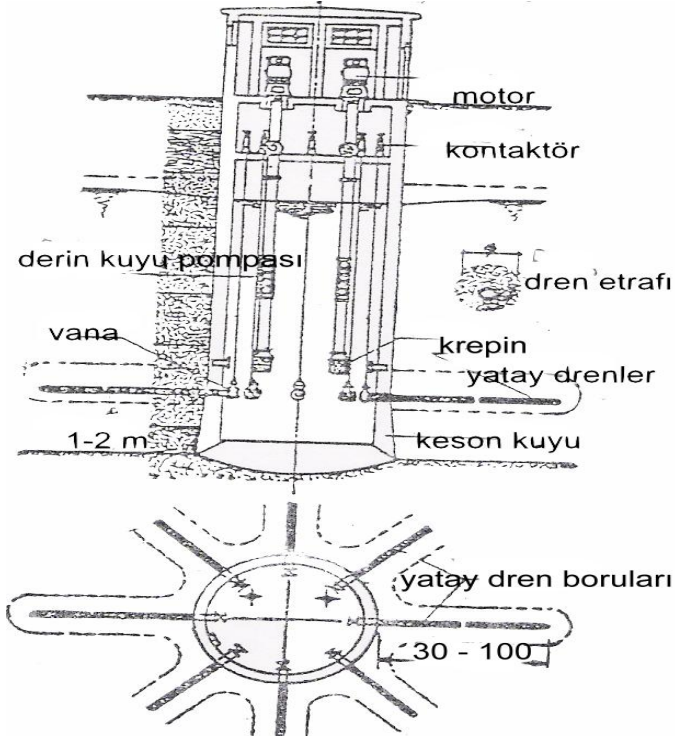
Gövdesi delikli ve uç kısmı sivri olan boruyu tepesinden çakmak suretiyle yapılır. Yumuşak zeminlere uygulanır. Derinlikleri 5-15m'yi geçmez. Boru çapı 25-100mm arasındadır. Kum akışını önlemek için boru içine ayrıca ince gözlü silindirik tel filtre indirilebilir. Eğer tel süzgeç borunun üzerine sarılı ise, o zaman bunun sıyırılmaması için en uçtaki sivri başlık (çakma ucu) biraz daha büyük çaplı yapılır. Şekil 1.16 da bir örnek görüldüyor. Bunlarda çoğunlukla suyu çekmek için tulumba kullanılır.



Şekil 1.16. Çakma kuyu ve mekanizması

1.7.3.2. Yatay Filtreli (Çakma Drenli) Kuyular

Öncelikle, en az 2m çapında bir keson kuyu inşa edilir. Yapım sırasında tabandan 1-2m yukarıda, 1-1.5m aralık olacak şekilde 40cm çaplı delikler delinir ve geçici olarak kapatılır. Keson kuyu inşaatı bitince açılan bu deliklerden 20-25cm çap ve 8mm cidar kalınlığındaki çelik borular dren borusu gibi delikli yapıldıktan sonra presle zemine yatay olarak çakılır. Dren borularının yüzeyinin %15-20'si deliktir. Fazla su debisi elde etmek gayesiyle yapılan bu cins kuyuların bir örneği şekil 1.17 de görülmektedir. Bu metotla kalınlığı az ancak zeminden uzaklığı fazla olan akifer (tutan zemin) tabakalarının suları etkili biçimde alınır. Zira yatay dren boruları 30-80m kadar uzaklara eklenerek ulaştırılabilirler. Bunların debileri 100-700L/s olabilir.



Şekil 1.17. Yatay filtre borularını içeren kuyu sistemi

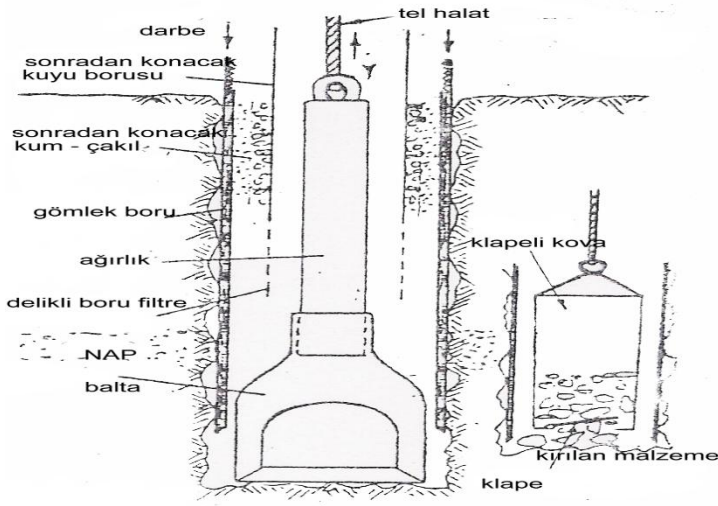
1.7.3.3. Sondaj Kuyuları

Su tabakası 15-30m'den aşağıda bulunan zeminlerde açılması uygun olan bu kuyular, çoğunlukla sondaj makineleri yardımı ile zemine dik delik açılması sureti ile yapılır. Bu deliğin içine boru indirilerek derin kuyu borulu kuyu veya çoğunlukla sondaj kuyusu denen kuyu meydana gelir. Yapım metodu iki şekildedir;

- a) Darbeli sondaj metodu
- b) Döner (rötarı) sondaj metodu

a) Darbeli Sondaj Metodu

Darbeli sondaj makinesi (ki bir cins şahmerdandır) ile zemine sivri ve kesici uçlu aletlerle (balta) vurularak bir delik açılır ve sonra bu deliğe sondaj gömlek borusu (kılıf) denen bir boru üstten vurularak çakılır. Sondaj borusu içinde çalıştırılan balta ile kırılıp ufalanan kaya parçaları, beyler kovası denen, dibi klapeli özel bir kova ile dışarı çekilir. Böylece kuyu derinleştikçe sondaj borusu çakılır. Şekil 1.18 İş bitince kuyu ortasına esas suyu emecek boru yerleştirilir ve bu boru ile sondaj borusu arasına filtre işi görece kum-çakıl doldurulur, ondan sonra da sondaj borusu başka kuyu da kullanılmak için özel bir sistemle dışarı çekilir. Tabii su emen borunun su içindeki kısmı deliklidir.

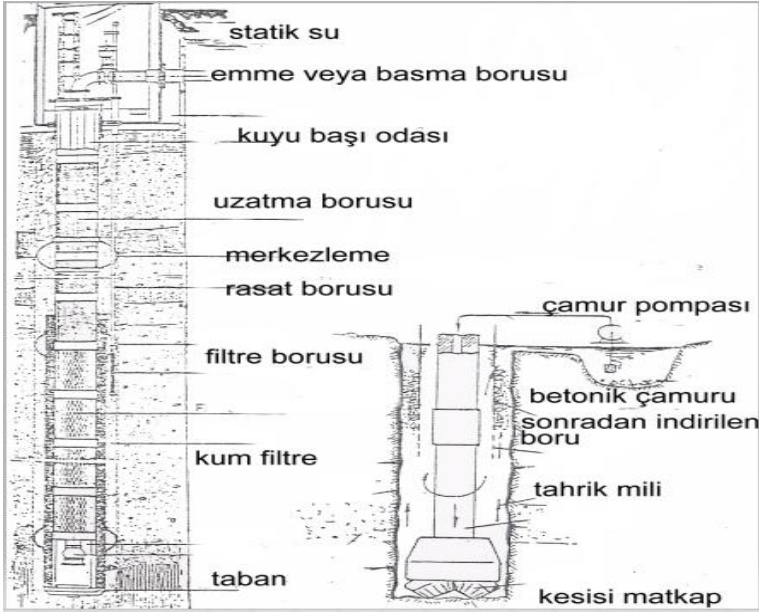


Şekil 1.18. Darbeli sondaj metodu ile bir kuyunun açılışı

b) Döner Sondaj Metodu

Bir mil ucuna bağlı matkap dönerek zemini kesip ufalar. Ufalanmış bu zemin parçacıkları matkap ortasından gönderilen betonit çamuru (akıcı kil sıvısı) tarafından yüzdürülerek zemine

çıkarılır ve aradaki çukura bırakılır. Şekil 1.19 kil sıvısı yukarı çıkarken kuyu duvarlarına sıvanarak orada bir pasta teşkil edip kuyunun göçmesini önler. İstenen derinliğe inilince bir öncekinde olduğu gibi delikli esas su alma borusu kuyuya indirilir, zemin ile emme borusu arası kum çakıl doldurulur. Sonra ters yıkama ile kuyuyu sıvayan kilden pasta tabakaları sökülür.



Şekil 1.19. Komple bir sondaj

1.8. Sarnıçlar

Yeterince kaynak, yer altı suyu, akarsu olmayan yerlerde yağmur suyunu toplayarak biriktirme yoluna gidilir. Bunu sağlamak için yapılan tesislere “sarnıç” denilir. Bir sarnıç tesisi iki önemli kısımdan oluşur.

- Su toplama alanı
- Biriktirme haznesi

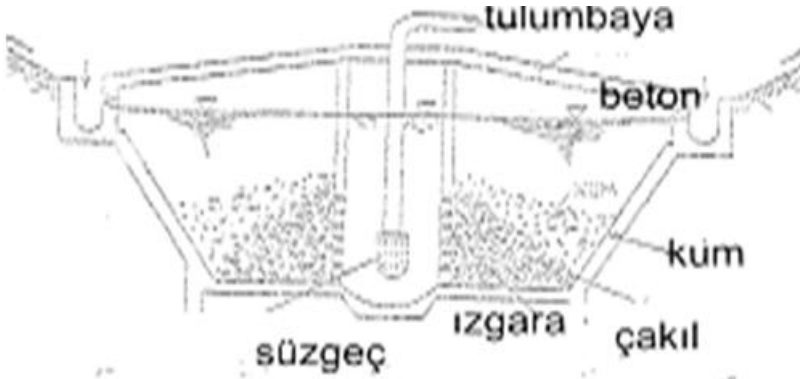
Toplama alanı yağmur sularının yer çekimiyle akacağı yeteri büyüklükte ve temiz bir alandır. Depo ise, yıllık ihtiyacı alacak şekilde, zemine tamamen gömülü ve çoğunlukla kâgir bir haznedir. Genellikle bu deponun içinde, suyun çekildiği kısımda bir kum filtresi yapılması yararlı olur. Fakat bunun bakım ve temizliği zordur. Şekil 1.20’de bir sarnıç tesisinin genel şeması görünmektedir.



Şekil 1.20. Sarnıç Tesis

İlk yağmurlar başladığında gelen sular hemen sarnıca alınmaz. Toplama alanının temizlenip gelen suların yaklaşması için 10-30 dakika su boşa akıtılır sonra sarnıca verilir.

Şekil 1.21 de üstü örtülü çift taraftan beslemeli ve filtresi sarnıç içine yerleştirilmiş özel bir sarnıç görülmektedir.



Şekil 1.21. Kum filtresi depoda olan sarnıç

Yukarıdaki gibi anlatılan ve sadece birer örnekleri şekillerde görünen “Su alma Tesisleri” arazi durumu değerlendiren ve tasarımını yapan teknik kuruluşlarda farklılıklar göstermektedir. Bunlardan diğer bir örnek ise Güzel hisar Barajı olup (Petkim bölgesinde) bu tip barajlar suni göl kabul edilebilir. Şekil 1.22 deki gibi göstermekte fayda vardır.



Şekil 1.22. Derin göllerden su alımı

BÖLÜM II

2. SULARIN İLETİLMESİ

Kaptajdaki suyu depoya götüren hatta “ishale (iletim) hattı” ve depodaki suyu su şebekesine bağlayan hatta ise “şebeke ana borusu” denir. Aşağıdaki şekillerde bu tarif iki şekilde canlandırılmıştır. İki hat arasındaki “depo”nun detayları Bölüm III’de ele alınacaktır.

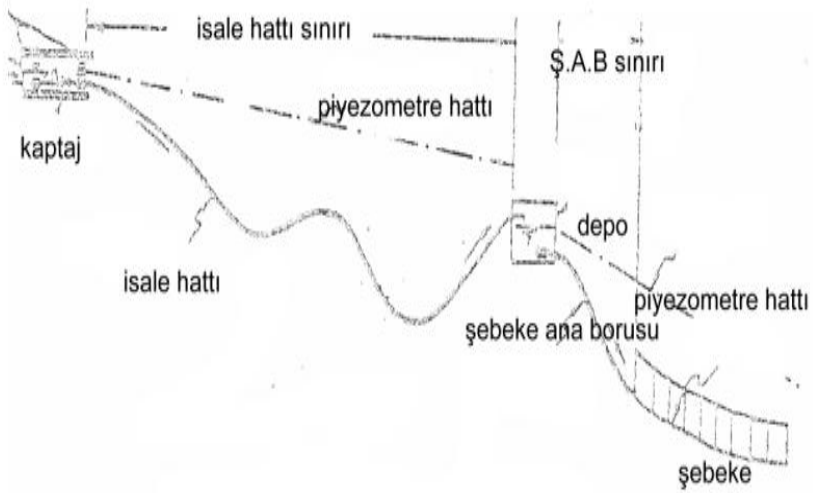
2.1. İshale Çeşitleri

İshale çeşitleri a) Cazibeli ve b) Terfili olmak üzere ikiye ayrılabilir. Cazibeli ishaleler de ayrıca; basınçlı akan ve serbest yüzeyli olmak üzere ikiye ayrılabilir. Serbest yüzeyliler; kanallı, galerili akedüklü ishalelerdir.

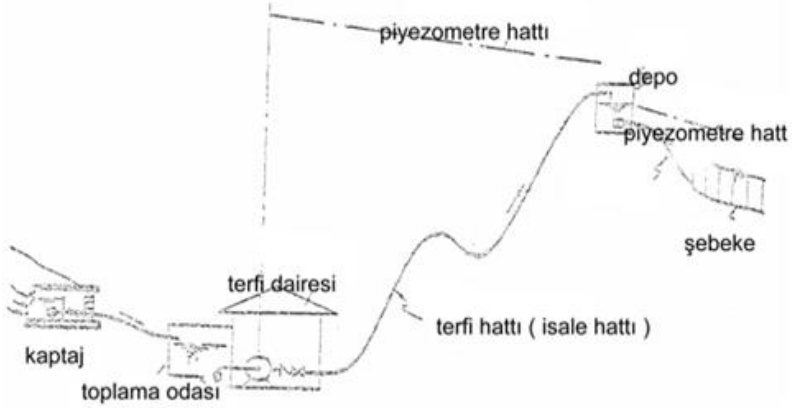
2.1.1. Cazibeli İshale

Cazibeli ishaleler şekil 2.1’de görüldüğü gibi basınçlı olarak akan kapalı boruların sızdırmaz şekilde eklenmesinden meydana gelir.

Şekil 2.2 de gösterilmiş olan “Tarfili İshale Hattı” ancak yüksek basınçlara dayanan boruların ekonomik maliyetlerle imal edilebilmesinden sonra yapılabilmektedir. Kullanılan boru çeşitleri çelik, pik, asbestli çimento, ön gerilimli beton, plastik vs. dir.



Şekil 2.1. Cazibeli ishale hattı



Şekil 2.2. Terfili ishale hattı

2.1.1.1. İshale Debisi

İshale hattı, yılın en çok su tükettiği gününün ihtiyacını dahi karşılayacak çapta olmalıdır. Bu debi yıllık sarfiyatın bir günlük ortalamasının 1,5 katı kabul edilmiştir.

2.1.1.2. Hız

Basınçla akan cazibeli iletim (ishale) hatlarında hızın $1\pm0.5\text{m/s}$ olması istenir. Nadiren 2.5m/s ye çıkılabilir. Hidrolik konularından bilindiği gibi hız ile hidrolik eğim arasında Hazen-Williams bağıntısı vardır. Orta hız aralığında (hızın 3m/s nin altında), büyük borulardaki (çapın 5cm den büyük) su akışı için geliştirilmiştir.

$$V = 0,85 * C * R^{0.63} * J^{0.54}$$

$V(\text{m/s})$ hız

C Hazen Williams katsayısı (boru malzemesine göre değişiklik gösterir)

R hidrolik yarıçap, su kesiti alanı'nın ıslalanan boru çevresine oranı olarak tanımlanır

J enerji sınıf çizgisinin eğimi veya borunun birim uzunluğu başına basınç kaybı

Bu eşitlikte aynı boru için (C) ve (R) değişmeyeceğinden (V_1) yavaş ve (V_2) hızlı hızlar için yazılabilir ki bunda her iki tarafın karesini alınarak yaklaşık demektir. Görüldüğü gibi hızı biraz artırdığımız zaman yük kaybı onun karesi ile orantılı olarak artmaktadır.

Diğer taraftan aşırı hız boru aşınmalarına da neden olmaktadır. Taneli maddeler bulunan su ileten hatlarda çökelme sonucu tıkanma meydana gelmemesi için akış hızını $0,5 \text{ m/sn}$ den yüksek tutmak gerekir.

$$\frac{V_1}{V_2} = \left(\frac{J_1}{J_2} \right)^{0,54}$$

$$\left(\frac{V_1}{V_2} \right)^2 = \frac{J_1}{J_2}$$

2.1.1.3. Borularda Basınçlı Akma Halinde Yük Kaybı

Boru hattı boyunca yük kaybı, akışkanın boru içinde hareket ederken karşılaştığı direnç ve sürtünmeden kaynaklanan enerji kaybıdır. Borularda hareket halinde olan akışkanların tâbi oldukları kanunlar hidrolik veya akışkanlar mekaniği kapsamına girerse de hız ve yük kaybı bağıntısına kısaca değinelim.

Bir metresindeki yük kaybını bulmak için (l) ye bölerek elde edilebilir ki bu aynı zamanda hidrolik basınç çizgisi (piyezometri) meylidir. Formüllerden aşağıda verildiği gibi bulmak istediğimiz yük kaybı (Δh) da (mSS) yani metre su sütunu olarak elde edilir. Pürüzlülük katsayısı (λ) akış şekillerine göre ve Reynolds sayısı (Re) ye göre şekil 2.3 ten bulunabilir.

$$\Delta h = \frac{l}{d} \cdot \frac{V^2}{2g} \cdot \lambda$$

$$j = \frac{\lambda}{d} \cdot \frac{V^2}{2g}$$

$$V = \text{Sıvı hızı (m/s)}$$

$$d = \text{Boru çapı (m)}$$

$$l = \text{Boru boyu (m)}$$

$$V = \text{Ortalama su hızı (m/s)}$$

$g = \text{Yerçekimi ivmesi (m/s}^2\text{)}$

$\lambda = \text{Pürüzlülük katsayısı}$

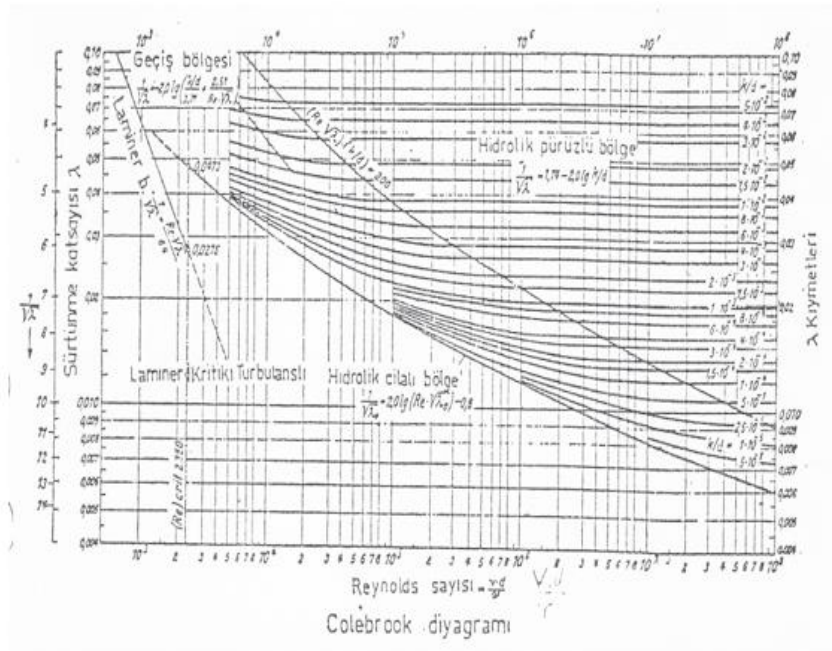
$$Re = \frac{V \cdot d}{\nu}$$

$V = \text{Sıvı hızı (m/s)}$

$d = \text{Boru çapı (m)}$

$\nu = \text{Akışkanın kinematik viskozitesi (m}^2\text{/s)}$

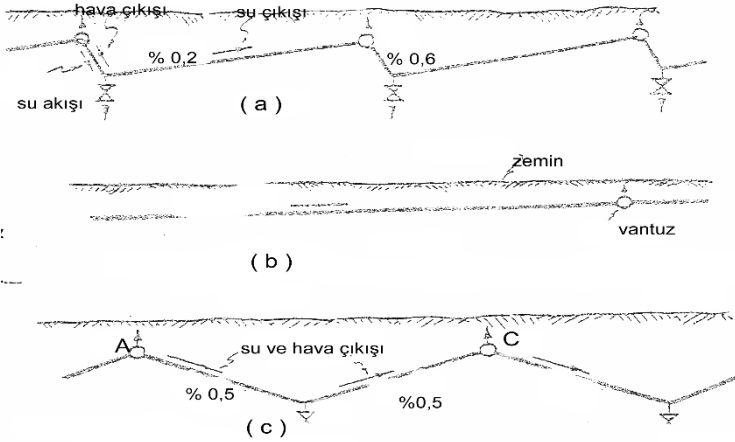
$Re = \text{Reynolds sayısı}$



Şekil 2.3. Borulardaki sürtünme katsayısı 'nın Reynold sayısına göre değerleri

2.1.14. İshalede Meyil (Eğim)

İshale hatlarında borunun tam yatay gitmesi istenmez, zira borunun üst kısımlarında hava birikir. Yükseliş kısmında, tahliye ve vantuz sayısını azaltmak ve hendek derinliğini asgariye indirmek için en az %0,2 ve alçalış kısmında ise, havanın ters yönde su akışına karşı yükselebilmesi için en az %0,6 meyil verilmelidir (Şekil 2.4). Tepe noktalara vantuz, çukur noktalara ise tahliye konmalıdır. Çok düz arazilerde boruya hiç değilse %0,04'den çok meyil verilmeli bu kesimlere de vantuz konmalıdır; şekil 2.4-b. Son bir hat tesis meyil sistemi de Şekil 2.4-c de görüldüğü gibi her iki yönü de %0,5 iniş ve çıkışlı olabilir. Karar arazi ve dizaynı yapana bağlıdır.



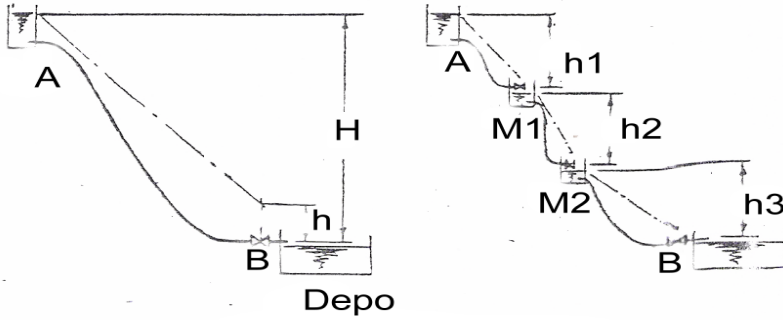
Şekil 2.4. İletim hattına uygun meyil verilmesi

2.1.1.5. İshale Hattındaki Yapılar

- Maslak
- Vantuz Odası
- Hava Bacası
- Tahliye Odası
- Dere geçitleridir.

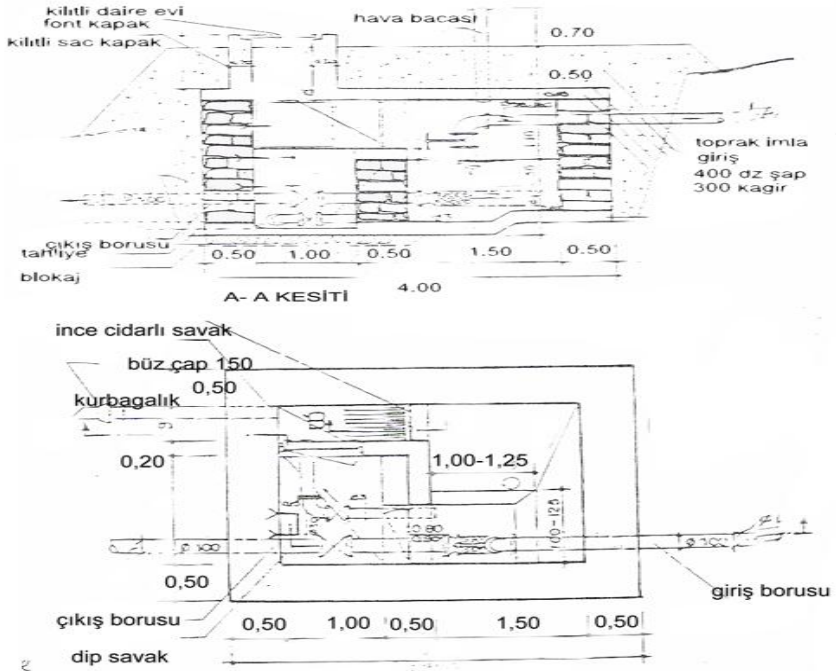
a) Maslak (Basınç Kırma Odası)

İshale hattının fazla basınç taşımamasına gerek yoksa veya imkân yoksa bu hat üzerine şekil 2.5'deki gibi kaptaj odacıklar yapılarak bu odacıklarda suyun hava ile temas etmesi ve böylece o noktadaki basıncın normal atmosfer basıncına düşmesi sağlanır. İşte bu odalara maslak veya basınç kırma odası denir. Şekil 2.5 de görüldüğü gibi (M_1) ve (M_2) noktaları sayesinde (H) statik basıncı (h_1, h_2, h_3) gibi üç ayrı ve yaklaşık ($1/3 H$) basınçlı kısma bölünmüştür.



Şekil 2.5. Maslakların fonksiyonları

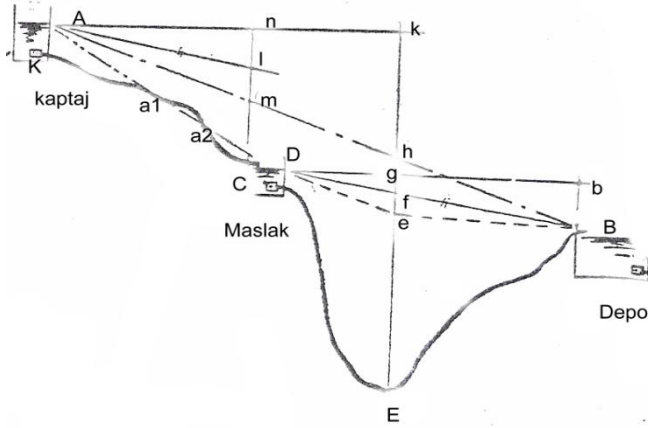
Bu da tabiatıyla ishale hattına daha az basınca dayanabilen yani daha ucuz boru kullanmayı mümkün kıldığı gibi fazla basınçtan dolayı arızaları da azaltabilir. Şekil 2.6 da normal bir maslak odası görülmektedir. Şekilden de görüleceği gibi maslak da esas olarak bir kaptaja benzemekte ve onun gibi a) Su bölmesi, b) Manevra odası, c) Tahliye bölmesi olmak üzere üç kısımdan meydana gelmektedir. Tahliye bölmesi dolu savak tertibini de içermektedir. Su bölmesi, küçük debili sistemlerde on dakikalık suyu biriktirebilecek kadar büyük olduğu halde, büyük debili sistemlerde bu hacim çok daha az sürede dolacak büyüklükte yapılır.



Şekil 2.6. YSE Genel Müdürlüğüne uygulanan normal bir maslak odası tipi

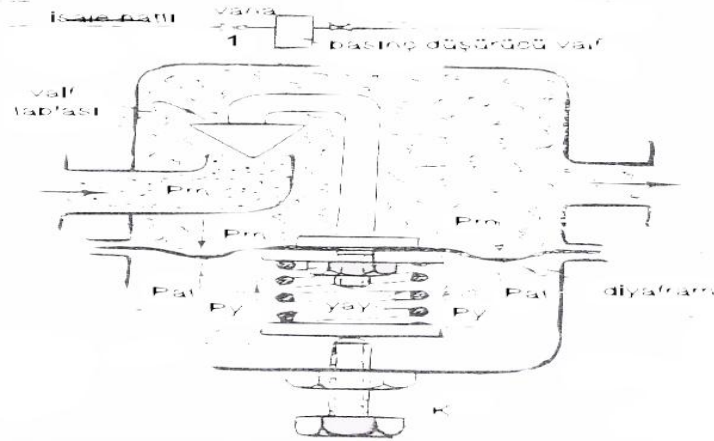
Basınç Düşürücü Valflar

Şehir içi, fabrika ve büyük bina girişi gibi yerlerde maslak odası yapacak yer ve imkân olmayabilir. Şekil 2.7'deki (E) noktası civarına yapılacak bir fabrika ayırım hattı üzerine maslak konulamaz, konulursa basınç orada sıfıra düşer ve bu defa suyu o noktadan fabrikaya pompalamak gerekir.



Şekil 2.7. Malağın fonksiyonu

Bu gibi hallerde basınç düşürmek için Şekil 2.8'deki gibi basınç düşüren özel bir valf (vana) kullanılır. Bu valflardan çıkan suyun efektif değerli basıncı, alttaki yay sağladığı basınca eşittir.



Şekil 2.8. Basınç düşürücü valf çalışma şeması

Yani $P_m = P_{atm.} + Y_{yay}$ diğer taraftan $P_{efektif} = P_m - P_{atm}$ olduğundan iki formülü kısaltarak $P_{ef} = Y_{yay}$ elde edilir. Yani çıkıştaki suyun gösterge basıncı yay basıncına eşittir. Bunu istediğimiz

basınç değerine ayarlayabilmek alttaki “K” basınç ayar cıvatası ile mümkündür. $P_{ef.} > Y_{ay}$ olunca valf kapanır, sonuçta valf içindeki basınç düşer, düşünce de yay basıncı ile hava basıncı toplamı (P_m) basıncını aşıp valfi tekrar açar, çalışma böyle olur.

b) Vantuz

Boş olan ishale hattı dolarken su içindeki havayı önüne katarak şekil 2.9’deki gibi hattın tepe noktalarına getirir ve bu hava orada hapsolür.



Şekil 2.9. Hava ve gaz birikmesi ile kesiti daralan bir tepe noktası

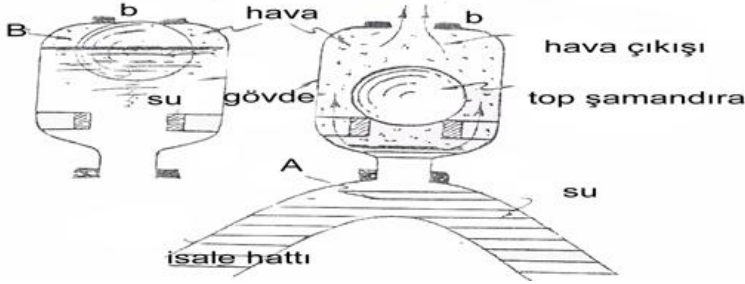
Zira aşağıya doğru inmesi düşük yoğunluğundan dolayı imkânsızdır. Bazen bu hava, kesiti tamamen kapayarak akışı durdurur. Bu hale, hatalı yapılmış ishale hatlarının tecrübe çalışmaları sırasında sık rastlanır. Bir ishale hattının her tarafında hız ve basınç aynı değildir. Hızın fazla olduğu (vana vs.) kesitlerde su basıncı düşer, ayrıca hattın tepe noktalarında basınç tabiatıyla düşüktür. İşte basıncın düşük olduğu yerlerde su içinde çözünmüş olan çeşitli gazlar (CO_2 vs.) ve hava sudan ayrılarak tekrar serbest hale gelir ve su ile sürüklenerek şekil 2.9’daki gibi tepe noktalarda birikir. Sonuçta da kesiti daraltarak akışı kısıtlar veya bazen de tamamen durdurur. İşte biriken hava ve gazların bu noktalarından

dışarı atılması zorunludur. Ayrıca, bazen ishale hattının aşağı kısımlarındaki borularından biri kırılabilir. Şekil 2.10 deki gibi sular, kırılan alt kısımdan dışarı akınca hattın tepe noktasında bir vakum meydana gelir, sonuçta dış havanın basıncı altında borular ezilip yassılaşabilir.



Şekil 2.10. Kırılmış ve vakum yapmış hat

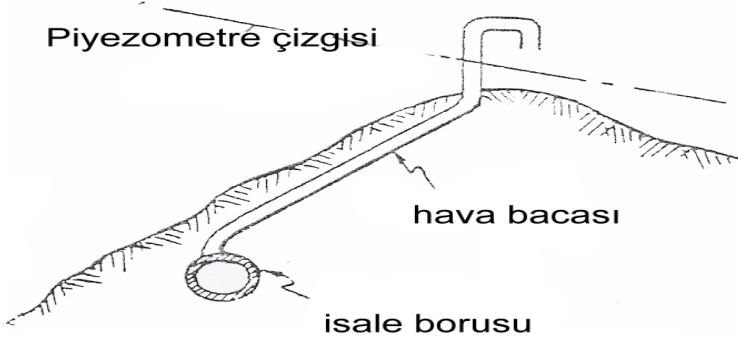
İşte bu iki sakıncayı da önlemek için hattın tepe noktalarına vantuz (hava boşaltma ve alma supabı, hava vanası) denen bir tür armatür konur. Şekil 2.11' de şematik olarak gösterilen vantuz üstünde bir delik, içine de bir top (şamandıra) bulunan silindirik veya prizmatik bir gövdeden ibarettir. Cihazın içinde su yokken top aşağı düşer ve (a) desteğinin üstüne oturur. Boru hattı su ile doldukça bu su hattaki havayı önüne katarak, hattın tepe noktasına takılmış olan vantuza getirir. Bu hava topun yanlarından geçerek (b) deliğinden dışarı atılır, hava çıktıkça boşalan kısma arkasından su gelir ve vantuzun içine girmeye başlar. Su belli bir seviyeye erişince topu da yüzdürmeye başlar. Top su ile beraber yükselince (b) deliğini kapatır ve böylece hem (b) de az miktarda kalan havanın hem de içindeki suyun dışarı çıkmasını önler. Sistem böyle çalışır. Çift küreli olan vantuzlar da böyledir.



Şekil 2.11. Vantuzun şematik görünüşü

c) Hava Bacası

Vantuz gereken yerlerdeki işletme basıncı 4-5m.'den az olursa vantuz gereği gibi çalışamaz. Zira hava bu basınçta dar olan vantuz deliğinden yeterince hızla boşalamaz ve tutukluklar, top ve supap yapışmaları olur. Sonuç olarak, böyle alçak basınçlı yerlerde vantuz yerine hava bacası kullanılır. Şekil 2.12 de şematik olarak bir hava bacası görülmektedir. Bacanın tepesi piyezometri çizgisinin 1-2m yukarısına kadar uzatılır, yoksa buradan su da çıkabilir.

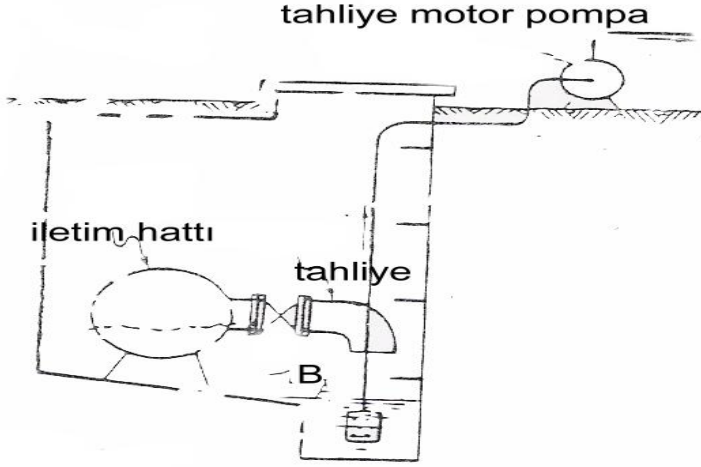


Şekil 2.12. Tepe yamacına döşenmiş bir hava bacası

d) Tahliye Odası

İletim hattındaki arızaları gidermek için hattı boşaltmak gerekir, alçak yerlerde biriken çamur, kum vs. lerin dışarı atılması

için iletim hatlarının en alçak noktalarına tahliye vanaları konur. Şekil 2.13 de görüldüğü gibi. Vana açılınca boru içindeki su ile birlikte çökelti maddeler de hızla dışarı çıkar. Boşaltılan suları cazibe ile uzaklaştırmak olanağı yoksa tahliye odasına şekilde görüldüğü gibi bir motopomp konarak sular terfi yolu ile başka bir akarsu dereye akıtılır.



Şekil 2.13. Boşaltım suyu pompa ile dışarı atılan bir tahliye odası

e) Dere Geçitleri

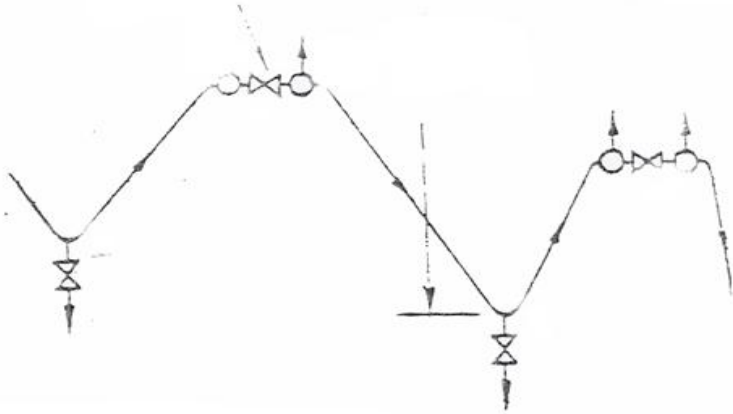
Eğer işhale hattı üzerinde bir dere var ise seçim hattın emniyet ve kolaylığına göre yapılıp ya bir kafes köprü yaparak dere üstünden, ya da galeri tipli bir alt geçit yapıp dere altından geçirilir.

2.1.1.6. İşhale Hattının Vanalanması

İshalenin bir kesiminde arıza olmuşsa o kesimi ayırmak, yani diğer kısımların suyunu boşaltmak üzere kapama veya kesme vanası (tevkif vanası) denilen vanalar kullanılır.

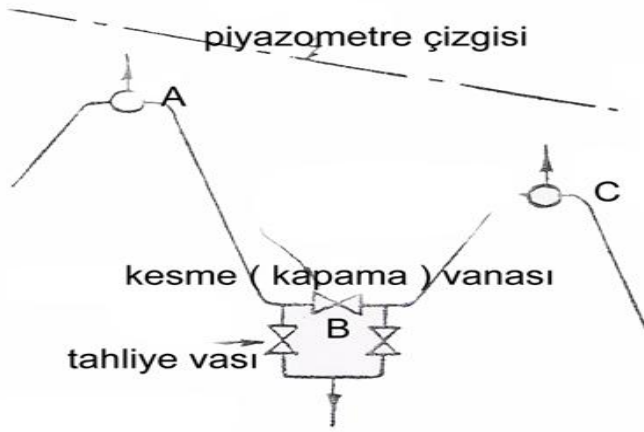
Kapama vanaları, yüksek basınçlı hatlarda basıncın nispeten az olduğu tepe noktalarına konur, basıncın yüksek olduğu vadilere

konmaz. Böylece daha ucuz vana kullanmış olunur. Şekil 2.14 ‘deki (AB) hattını boşaltmak için (A) tevkif vanası kapatılır, (B) tahliye vanası açılır. Bu esnada (N) vantuzu (AB) hattını hava ile doldurarak boruların çökmesini önler, (M) vantuzu da (AD) hattına hava sağlar. Böylece (A) vanasının iki tarafına da vantuz koymak gerekir. Bu sayede bir adet büyük vantuz yerine iki adet küçük vantuz koyarak emniyet de artırılmış olur. Ancak (B) yi açmakla (AB) ve (BC) hatları aynı zamanda boşalır. Hâlbuki (BC) nin boşalmasına gerek yoktur. Kapama vanasının tepeye konmasının da tek sakıncası budur. Onun için basıncı ve boru çapı fazla olmayan hatlarda kapama vanaları vadilere konur.



Şekil 2.14. Yüksek basınçlı isalede kesme vanaları

Şekil 2.15 te görüldüğü gibi iki tarafa birer tahliye vanası, tepe noktaya da sadece bir vantuz konarak sadece bir taraf boşaltılabilir.

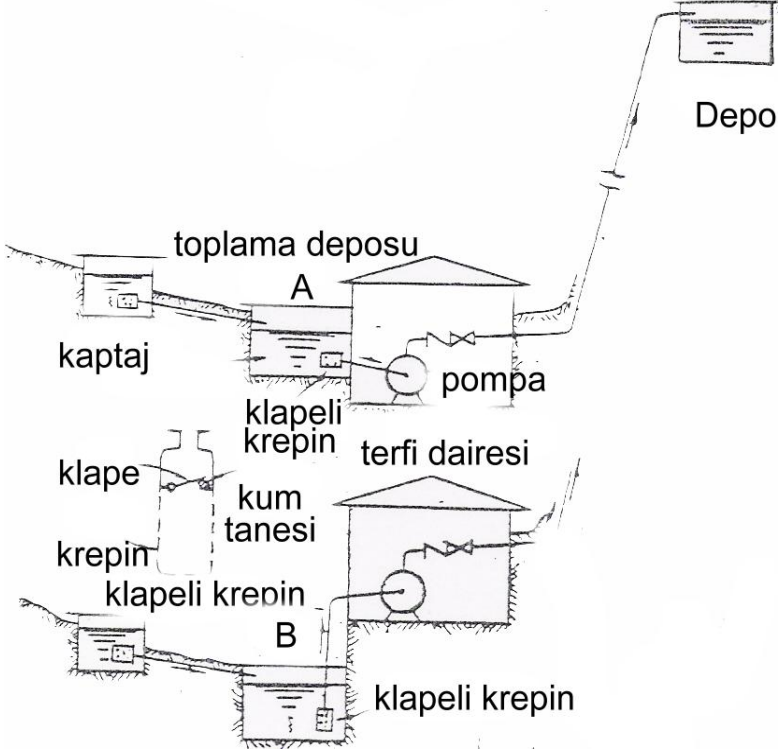


Şekil 2.15. Alçak basınçlı hatlarda kesme vanası

2.1.2. Terfili İshale Hatları

Su temin yeri, arazi yapısı bakımından suyun kullanma veya depolama yerine göre daha alçak bir sahada bulunabilir. Böyle hallerde suyun depoya pompa ile basılması gerekir. Şekil 2.16' da bir terfili ishale hattı şematik olarak gösterilmiştir. Üstteki (A) şeklinde depoya su basan pompa, kaptajdan cazibe ile gelip toplama deposunda biriken su tarafından gene cazibe ile beslenir. Alttaki (B) şeklinde ise pompa toplama havuzundan emme yapmak zorundadır.

Suyun cazibe (yerçekimi) ile gelmesi pompanın çalışması yönünden büyük avantaj sağlar. Pompanın emme suretiyle beslenmesi halinde bazen emme havuzu ucundaki klape'nin altına kum, çöp vb. şeyler girince klape iyi kapanmaz. Bu yüzden de, pompa çalışmadığı zaman emme borusundaki su boşalır ve yerine hava girer. Emme borusuna hava giren pompa bu hava boşalmadıkça çalışamaz. Pompa bu durumda iken çalıştırılırsa içinde su bulunmadığı için ısınır veya çark ya da yataklar genişler ve gövdeye sürtünür ve çoğu kere de gövde ile mil arasında sıkışarak elektrik noktasının yanmasına neden olur.



Şekil 2.16. Cazibe ve emme ile beslenen pompa tesisleri

Sonuç olarak hem masraflardan hem de kaybedilecek zamandan kurtulmak için terfili ishale hatları tercih edilmez. Kazı ve yalıtım masrafları daha fazla olmasına rağmen cazibeli besleme şekli tercih edilir (pompa için).

Membaa debisi terfi debisinden küçük ise su önce (Şekil 2.16) da görüldüğü gibi bir toplama odasında biriktirilir sonra pompalanır. Bu toplama havuzunun hacmi, ihtiyaç ve dolayısı ile pompa debisi ile ilgilidir.

Pompa çalışma süresi olan (t) zamanı 3, 16, 24 saat olabileceği gibi herhangi bir zamanda olabilir. Bu zaman yani çalışma süresine bağlı olmak ihtiyaç olan suyun bir gün için

aksatmadan sağlayabilecek boru büyüklüğü ve pompa debisi pompanın çalıştırılacağı zamanda şu formülle ifade edilir.

Q_{ort} = Ortalama saatteki debi (su ihtiyacı) olmak üzere ve %50 emniyet katsayısı ilavesiyle

$Q_t = 1,5 Q_{ort} \times \frac{24}{t}$ yani pompa 24 saat çalıştırılabilirse o zaman $Q_t = 1,5 Q_{ort}$ olur.

Eğer pompa 8 saat çalışacaksa her gün pompa debisi de 3 kat artmak zorundadır.

$$Q_t = 1,5 Q_{ort} \times \frac{24}{8} = 1,5 Q_{ort} \times 3 \text{ yani}$$

$$Q_t = 3 (1,5 Q_{ort}) \text{ bulunur.}$$

BÖLÜM III

3. DEPOLAR

Kaptajdan gelen su bir depoya alınır ve buradan şehir veya sanayi kuruluşlarına gönderilir. Su ishale hattı debisi; en sıcak günün en fazla su tüketimi saatinin ihtiyacı ile birlikte yangın suyu debisini de karşılayacak kadar ise depoya ve depolamaya ihtiyaç bulmayabilir. Her şey ne kadar hesaplı ve düzenli yapılırsa yapılsın elektrik arızaları, ishale arızaları, kuyu vs. arızaları, bakım, yangın ve grev gibi nedenlerle direkt pompalı besleme yerine ishale hattı sonuna uygun bir depo yapım masrafı artsa bile zorunlu olmaktadır.

3.1. Deponun Rolü

Deponun rolünü 4 kısımda açıklayabiliriz.

- A. Günün değişik saatlerdeki debileri karşılamak.
- B. İshale, pompa vs. kısımlarda bir arıza olursa bir süre şebekeyi beslemek.
- C. Yangın durumunda ihtiyacı karşılamak.
- D. Şebekedeki basınçların belirli sınırlar içinde kalmasını sağlamak.

3.2. Depoların Sınıflandırılması

Depoları çeşitli bakımlardan sınıflandırmak mümkündür.

- A. Görünüş Bakımdan
 - i. Gömme
 - ii. Ayaklı
- B. Su girişi Bakımdan

- i. Üstten girişli
 - ii. Alttan girişli
- C. Fonksiyon Bakımdan
 - i. Biriktirme
 - ii. Dağıtma
- D. Yapılışı Bakımdan
 - i. Kâgir
 - ii. Betonarme
 - iii. Çelik

3.3. Depo Yeri

Depo yeri seçiminde şunlar düşünülmelidir.

- a) Şebekede yeterli basınç sağlayacak bir yerde olmalıdır.
- b) Şebekenin çeşitli noktalarında mümkün mertebe yaklaşık eşit basınç sağlanmalı.
- c) Şebekeyi uzatmamalı ve büyük çaplara meydan vermemelidir.
- d) İshale hattı boyunu uzatmamalıdır.
- e) Ulaşımı kolay olmalı ancak inşaatı pahalı yerde olmamalıdır.

3.4. Deponun Sağlayacağı Basınç

Şebekenin maksimum statik basıncı 80m yi geç memelidir. Aksi halde şebeke kaçakları artar ev ve fabrika iç tesisatları çabuk bozulur. Şebeke işletme basıncı ise yaklaşık bunun yarısını 45m yi geçmemelidir. Minimum şebeke basıncı semt veya fabrikanın kat yüksekliğine göre değişir. Esas olan, işletme basıncının en yüksek musluk katından (yüksekliğinden) 12-15mSS (metre su sütunu) kadar daha fazla olmasıdır. Başka bir değişle en üst muslukta bile yarım atmosferlik bir su basıncının sağlanabilmesidir. Zira su saati

ev tesisatlarında yaklaşık 10m (su sütunu kadar) bir yük kaybı olur ve böylece en yüksek muslukta bile yarım atmosferlik bir işletme basıncı kalır.

3.5. Depo Hacmi

Depolarda su iletim hatları gibi 25-30 sene sonraki ihtiyaca göre hesaplanır. Hacim tayininde şu hususları göz önünde tutulmalıdır.

Faydası

- a) Emniyet (şehrin veya sanayi kuruluşunun susuz kalmaması)
- b) Su ihtiyacını tüketime paralel olarak karşılamak (regülasyon)
- c) Ekonomi (düşük maliyete tesis etmek)
- d) Terfi süresi uygunluğu (terfili beslemeli depolarda)
- e) İshale veya terfi hattı boyu ve durumu (arıza sıklığı ve giderme süresi vs.)
- f) Yer ve saha temini
- g) Bayatlama (bekleme, bozulma)
- ğ) Terfi (ileride büyütmeye) imkânı ve uç deliklerin (özel deliklerin) durumu.

Gömme depoların hacimlerinin, şartnamelere göre, cazibeli iletimde şehir veya sanayi kuruluşunun günlük maksimum su ihtiyacının 1/3'den az olmamak, terfili ishalelerde ise 1/4 ünden az olmamak şartı ve yangın suyu ihtiyacını da ekleyerek bulunur.

Formüle edersek ideal depo hacmi (m³) olarak;

$$\text{Cazibelide; } V_D = \frac{Q_{mak} \times 86.400}{3} + V_{yangin}$$

$$\text{Terfilide; } V_D = \frac{Q_{mak} \times 86.400}{4} + V_{yangin}$$

Q_{mak} = 30 sene sonraki günlük maksimum su sarfıyatı (m^3/s)

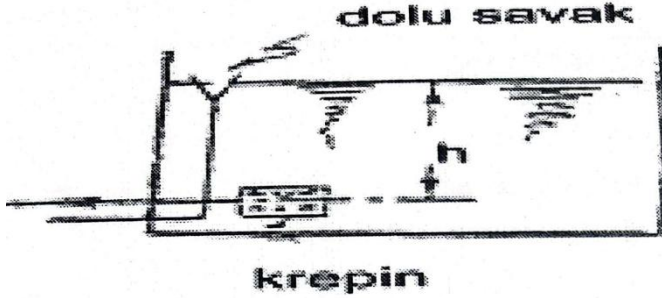
V_{yangin} = Yangın suyu ihtiyacı (m^3) olarak. Bu da $36 m^3$ ten $360 m^3$ e kadar değişir.

3.6. Depodaki Su Yüksekliği

Her ne kadar, depodaki su derinliği fazla olursa şebekedeki basınç oynaması da o limitler içinde fazla olur ancak bu da o kadar önemli değildir. Esas önemli olan, fazla su derinliğinin fazla sızıntıya neden olmasıdır. Derinliği az tutarsak bu defa da inşaat oturma alanı genişler. Bu nedenle (h) su derinliği şekil 3.1 de görüldüğü gibi ifade edilip, tavsiye edilen derinlikler şöyledir tablo 3.1'deki gibidir.

Tablo 3.1. Tavsiye edilen derinlikler

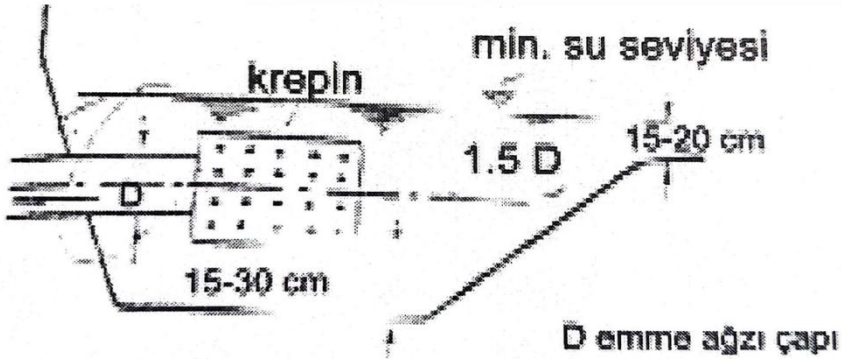
<i>a) Küçük depolar için</i>	<i>V= 100-200m³ arası ise derinlik 2,5-3m arası</i>
<i>b) Orta depolar için</i>	<i>V= 200-500m³ arası ise derinlik 4m V=500-2000 m³ arası ise derinlik 5m</i>
<i>c) Büyük depolar için</i>	<i>V>2000m³ arası ise derinlik 6m</i>



Şekil 3.1. Su derinliği

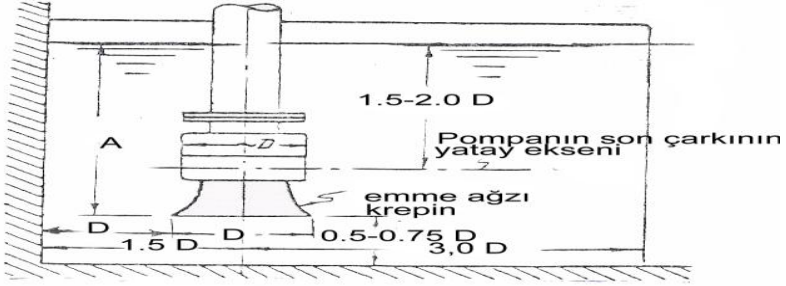
3.7. Depo Detayları

Hacim ziyarı olmaması için şebekeye su veren krepin bir çukura konur şekil 3.2. Krepin üstünde en az $1,5 D$ yüksekliğinde su bulunmalıdır.



Şekil 3.2. Krepin çukuru

Böylece ishale ye hava sürüklenmesi önlenir ve çıkış borusundaki akımın kararlı olması sağlanır. Ayrıca, giriş hızının oturmuş çökelti maddelerini krepine sürüklenmemesi için krepin çukur tabanından 15-30cm yukarıda olmalıdır. Şekil 3.3 de bir terfi dairesine ait emme su çıkışındaki krepinin konumuna ait ölçüler verilmiştir.



Şekil 3.3. Pompaya ait bir krepinin veya emme ağzının emme çukurundaki durumu

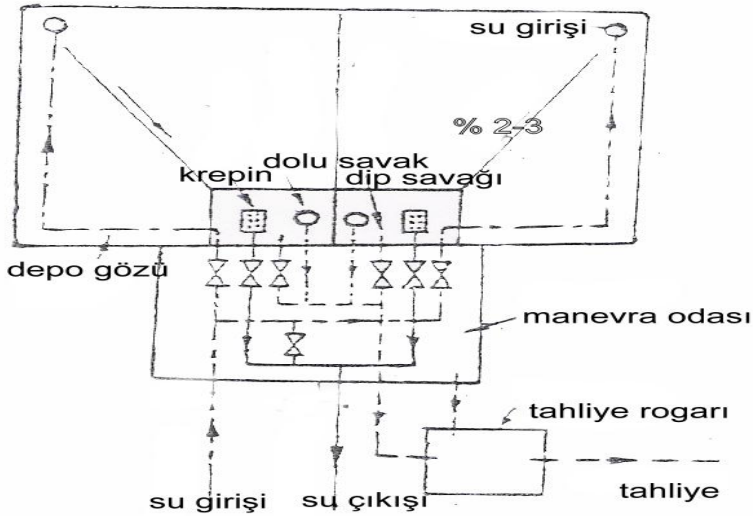
Görüldüğü gibi düşey milli pompalarda kullanılan çan biçimindeki emme ağzı tabana ve yanlara fazla yaklaşmamalıdır. Yaklaşırsa, giriş hızı artacağından oradaki çökelti maddeleri pompa içine sürükler ve emme şartları bozulur. Şekil 3.3 de emme ağzı çapı (D) ile gösterilmiştir.

$$A \geq \frac{v^2}{2g} + 0,1 \text{ metredir.}$$

Bu formüldeki (v) emme borusundaki su hızını gösterir ve 1-5m arasında olabilir.

Suyun depoda sirkülasyonunu sağlamak için, yani bayatlamış su bırakmamak için depo giriş ve çıkış noktaları şekil 3.4'deki gibi köşegenler ucuna konur.

Çökelti maddelerinin çamur krepin çukurundaki tahliye dip savağı ağzına toplanabilmesi için %0,5-1, küçük depolarda %2-3 meyil verilir şekil 3.4. de gösterilmiştir.



Şekil 3.4. Üstten giriqli bir depoda manevra odası boru donatımı

3.8. Havalandırma

Depo içinde alçak veya yüksek basınç doğmasını önlemek ve su yüzeyinin taze hava ile dolmasını sağlamak için depo üzerine “hava bacaları” konur. Hava bacası olmaz ve depo hiçbir yerden hava almasa, depodan aniden fazla su çekilir. Seviye hızla düştüğünde içeride alçak basınç doğar ki bu hal dışarıdaki hava basıncı etkisiyle depo tavanını statik yönden tehlikeye sokar, diğer tarafta şebekede basınç düşmesine neden olur.

Özellikle şebeke ana borusunun patlaması veya tahliyenin açılması halinde depo ciddi şekilde tehlikeye girer.

Hava bacalarının kesit hesabında aynen vantuz ventili çapının hesabındaki gibi hareket edilir. Akışkanlar mekaniğinden bilindiği gibi herhangi bir delikten giriş çıkışta gaz veya hava hızı her gaz için belli bir kritik değerden daha yukarı çıkamaz. Bu nedenle, herhangi bir basit delikten hava en fazla ses hızı olan

340m/sn hızla girer veya çıkar. Ancak, bu kritik değere varılmaması için (P_m) depodaki basıncın, (P_i) dış hava basıncının yaklaşık olarak yarısına düşmüş olması gerekir.

Tam olarak $P_m = 0,528 P_i$ olmalıdır.

Bu değer de tehlikeli olabileceği için, toplam kesit alanının bulunmasında hava giriş hızı 200m/s den aşağı bir hız olarak alınır. Mesela hava giriş hızı 200m/s olarak alınsa ve depodaki su seviyesi alçalma hızı (u) m/s depo su yüzeyinin alanı (F) m² , (f) bacaların toplam kesit alanı aşağıdaki gibi olur.

$$200 \times f_2 = u \times F$$

Hava bacasından giren havanın gerçek hızı (v) şu formülü aşağıdaki gibidir:

$$v = 8,29 \sqrt{V_{atm} \left(P_{atm} - \frac{P_{depo}^{1,714}}{P_{atm}^{0,714}} \right)}$$

$$V_{atm} = \text{dış hava özgül hacmi (m}^3/\text{kg)}$$

$$P_{atm} = \text{depo havası basıncı (kg/m}^2\text{)}$$

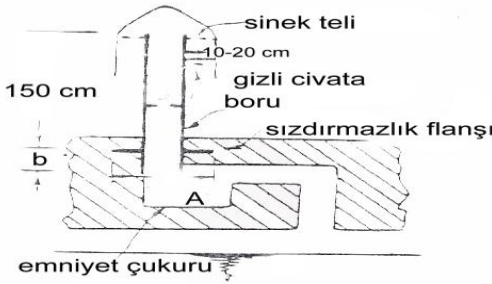
$$P_{depo} = \text{depo havası basıncı (kg/m}^2\text{)}$$

Pratikte büyük depolarda her 15-20m² su yüzeyi için bir adet hava bacası konur. Küçük depolarda bu birim daha küçük alınır. Genellikle havalandırma borusunun iç çapları 10-20cm arasında yapılır.

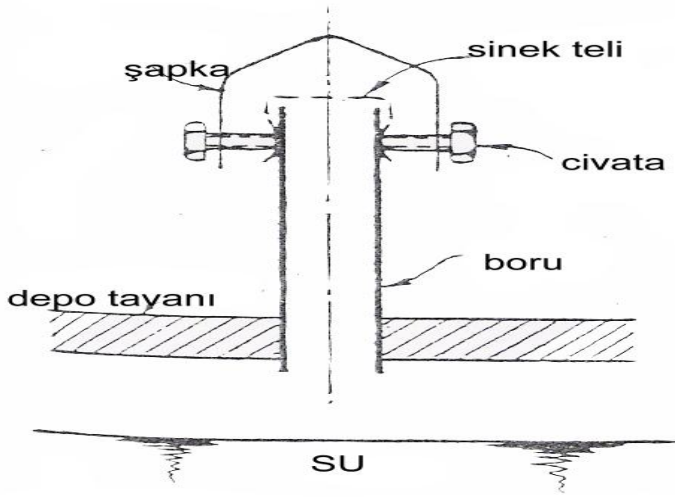
Hava bacaları depo içine yabancı maddeler, sabotaj kastı ile zehir, mikrop vb. atılmasına imkân vermeyecek biçimde yapılmalıdır. Ayrıca bunlara böcek haşarat girmesine karşı tedbir alınmalıdır. Şekil 3.6 da uygun olmayan kullanılması fayda yerine zarar getirecek bir hava bacası tipi görülmektedir. Cıvata başları dışarıda olduğu için kolayca sökülerek şapka çıkarılır ve depo içine her şey atılabilir, zira delik doğruca su yüzüne açılmaktadır.

Buna karşılık Şekil 3.5, 3.7 ve 3.8 de gösterilenler uygun baca tipleridir. Her durumda içeriye haşarat girmesini önlemek için şapka altına veya boru ağzına elek teli konur.

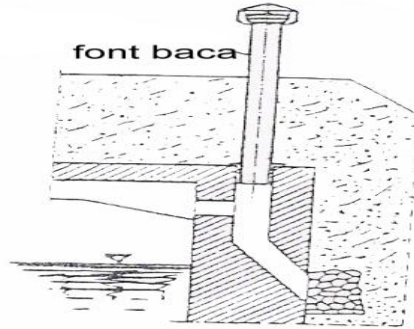
Havalandırma bacalarının ölçülerine uygun olarak hesap edilerek yapılması ve her zaman açık ve temiz bulundurulmaları çok önemlidir. Bilhassa inşaat sonrası yapılan basınç ve sızdırmazlık testlerinden sonra su boşaltımı esnasında vakum sonucu çöken tankların sayısı az değildir. Bu tedbirin tam olarak alınmaması sonucu hem sanayi kuruluşları yüz milyonlarca lira zarara girmekte hem de tekrar inşa veya uzun teminat için zaman kaybolması olduğundan kuruluş geç devreye girmektedir.



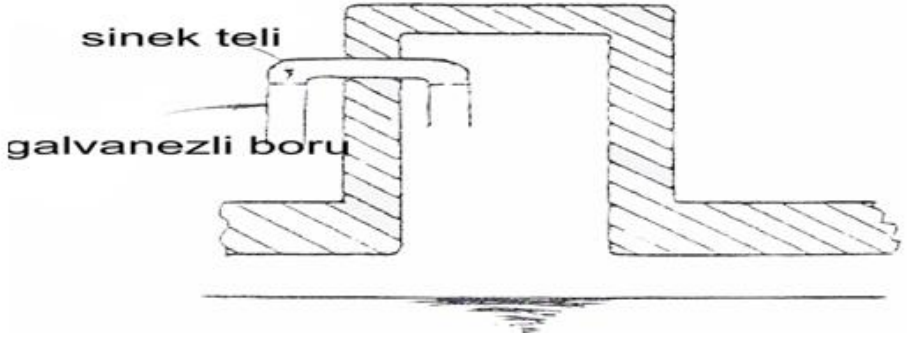
Şekil 3.5. Atılan maddeler A çukurunda kalır ve şapkanın içine gizlenmiş civata ancak özel anahtarla açılır



Şekil 3.6. Doğruca su yüzüne açılan yanlış bir hava bacası



Şekil 3.7. Yabancı maddeleri dışa gönderen güvenli bir havalandırma bacası



Şekil 3.8. Depoya yabancı madde atılmasına olarak vermeyen bir havalandırma bacası

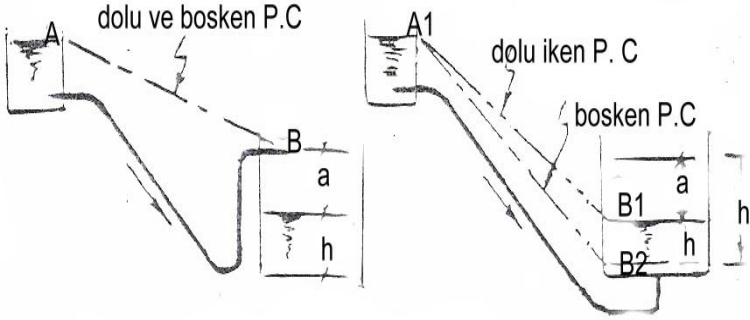
3.9. Üstten ve Alttan Besleme

Depolar beslenme yönünden ikiye ayrılır.

- a) Üstten beslenenler,
- b) Alttan beslenenler.

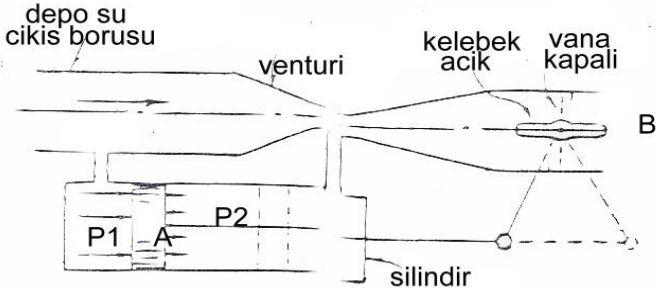
Üstten beslemenin en önemli yanı, ishale hattında bir kırılma olsa bile deponun boşalmamasıdır. Diğer taraftan kaptajdaki su seviyesi sabit ise depo giriş debisi de (AB piyezometri çizgisi sabit kalacağı için) sabittir (Şekil 3.9).

Alttan beslemede ise, daha büyük bir kot farkını sürtünme kaybı için kullanmak mümkündür. Örneğin, üstten beslemeye kıyasla en az (depo dolu iken) (a), ve en çok (depo boşken) ($h_k = a + h$) kadar bir yüksekliği daha, yük kaybı olarak kullanmak mümkündür. Böylece daha düşük çaplı boru kullanmak veya aynı çaplı boru kullanılmış ise üstten beslemeye göre daha fazla debi geçirmek mümkün olur. $a \geq 20\text{cm}$ olmalıdır.



Şekil 3.9. Alttan ve üstten beslemenin karşılaştırılması

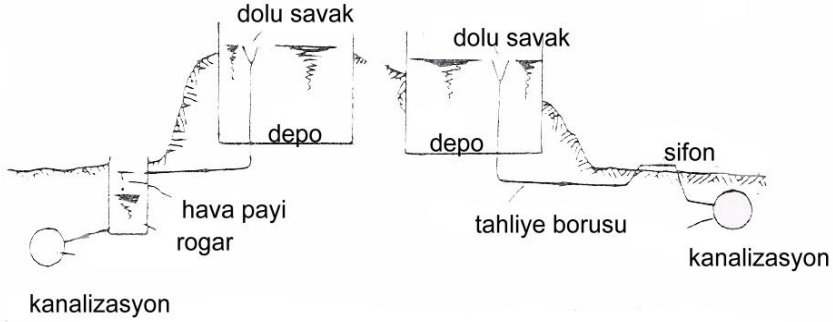
Altan beslemenin yukarıda belirtilen faydaları yanında en büyük sakıncası, ishale hattında depo su seviyesi kotu (yüksekliği) altında bir boru konulursa deponun boşalmasıdır. Bu sakıncanın fazla önem taşıdığı hallerde deponun boşalmasını önlemek için şekil 3.10 da görüldüğü gibi çıkış borusu üzerine bir (B) otomatik vanası konur (kelebek vana). Depo su seviyesi altında bir ishale hattı kırılması olursa depo hızla boşalmaya başlar, normal besleme üzerindeki bu çok hızlı boşalma sonucu şekil 3.10' deki ventüri boğazındaki (v_2) hızı fazla yükseleceğinden (P_2) basıncı çok düşer. Bunun sonucu (A) pistonu, (P_1-P_2) basınç farkı altında sağa doğru hareket ederek (B) kelebek vanasını kapar ve deponun boşalmasını önler. Küçük tesislerde böyle karmaşık vana koymaya değmez. Sonuç olarak alttan beslemeli depolar ekonomi sağlar ve uygulamaları önerilir.



Şekil 3.10. Alttan beslemeli büyük depolarda kullanılan ventürili otomatik kelebek vana tertibi

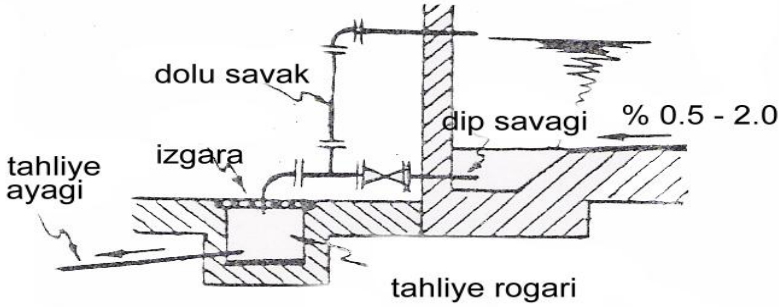
3.10. Dolu ve Dip Savakları

Deponun hesap dışı bir basınç altında kalmasını ve suların istenmeyen kısımlara taşmasını önlemek için şekil 3.11 de görüldüğü gibi dolu Savak konur. Bu savağın ağız ve boru kısmının depoya gelecek maksimum deliği geçirecek çapta olması gerekir ve üzerine vana konmaz. Ancak depo içine kurbağa, solucan gibi canlıların girmesini önlemek için dışarıdaki ucuna kafes teli ve kurbağacık denilen özel bir klape konur. Dolu savak boruları direkt olarak kanalizasyona bağlanırsa deponun kirlenmesi ihtimali doğar. En iyisi oraya bir rögar veya ihtimal az ise bir sifon koyulmalıdır (Şekil 3.11).



Şekil 3.11. Dolu savak tahliye borusu ucu kanalizasyona doğrudan doğruya verilmemelidir

Bu sifon tabii zeminin üstüne çıkarılmalıdır. (Şekil 3.12) de ise dolu savak, dip savak ve manevra odasındaki buharlaşıp yoğunlaşan sularla sızıntı suları alan tahliye rögarı görülmektedir.

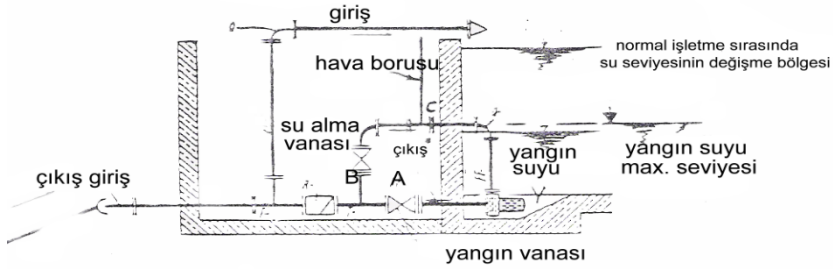


Şekil 3.12. Dip savak ve tahliye rögarı

3.11. Yangın Rezervi

Depoda yangın için su bulunmalıdır. Bu hususun temininde şüphe varsa yangına gerekli su depoda daima bulundurulur. Bunun

için kullanma suyu üstten yangın suyu da alttan alınır. Şekil 3.13 de bu durum Şematik olarak gösterilmiştir. (A) vanası normal zamanda kapalıdır, yangın sırasında açılır. (B) vanası ise daima açıktır. Depodaki su seviyesi (C) düzeyine düşünce kullanma borusu (C) kesimine hava girer ve bu boru şifon gibi çalışmaz, akış durur. Normal zamanda su (K) krepininden alınır ve böylece deponun alt kısmındaki su daima yenilenir ve bayatlamaz. (K) krepini (C) düzeyinde monte edilseydi, krepin altındaki yangın suyu bayatlar ve üstteki suyu da bozardı.

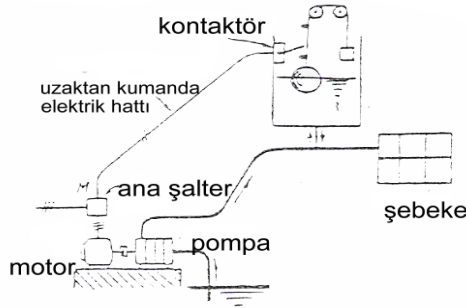


Şekil 3.13. Bir uç depoda rezervi tutan ve bayatlamaya meydan vermeyen tertip

3.12. Depodaki Su Seviyesinin Kontrol Düzenleri

Suyun depoya bir pompa ile basıldığı tesislerde depo dolunca, çoğu kere, pompanın kendiliğinden durması depo belirli bir düzeye inince pompanın tekrar kendiliğinden çalışması istenir. Bu maksatla; a. Flotörlü kontaktör, b. Manometrik kontaktör düzenleri kullanılır.

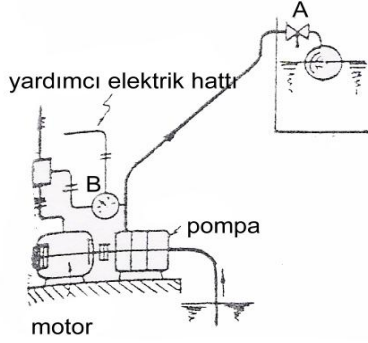
Flotörlü kontaktörler depo ile terfi dairesi arasına monofaze bir elektrik hattı dşenmesini gerektirir (Şekil 3.14).



Şekil 3.14. Flotörlü kontaktör yardımı ile depodaki su seviyesine göre pompayı otomatik çalıştıran düzen

Depo dolunca şamandıraya ait alttaki tırnak kontaktörün kolunu yukarı kaldırarak yardımcı devreyi keser. Bunun sonucu (M) şalteri akımı keserek motoru durdurur. Depodaki seviye düşünce yukarıdaki tırnak kontakta kolunu aşağı doğru çekerek yardımcı devreyi açar. Böylece akım geçip motora kumanda eden ana şalteri açar ve motoru çalıştırır.

Bu sistem hem alttan hem üstten beslemeli depolarda kullanılır. Aradaki monofaze hattı çok masraflı olduğundan depo ile terfi devresi arasındaki mesafe fazla olduğu hallerde bu sistem kullanılmaz. O zaman (Şekil 3.15) teki manometrik kontaktör düzeni tercih edilir. Bu düzende depo içinde, giriş borusu ağzında bir (A) flotörlü vanası konur. Depo dolunca flotörlü vana kapanır, dolayısıyla pompa çıkışındaki manometrik basınç artar ve bu artış (B) Manometrik kontaktörünü harekete geçirerek (C) ana şalterine giden monofaze yardımcı akımı keser.



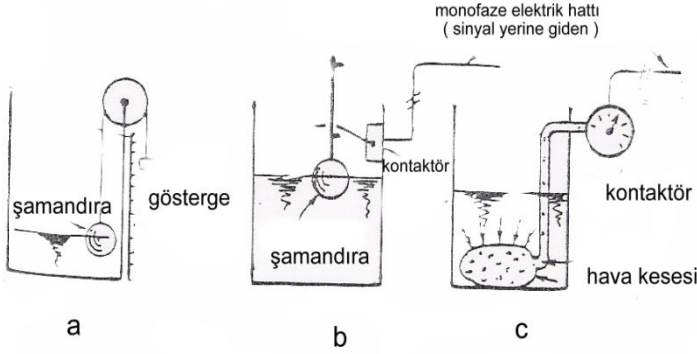
Şekil 3.15. Manometrik kontrol aktör sistemi ile pompanın otomatik çalıştırılması

Bunun sonucunda ana şalter trifaze motor akımını keser ve motor durur. Burada önemli olan nokta, motorun tekrar çalışması alçalan su seviyesi etkisiyle olmayışıdır. Bu nedenle (B) Manometrik kontaktörü zaman ayarlı yapılmalıdır. Durduktan sonra mesela 15-20 dakika geçince (B) kontaktörü tekrar harekete geçer ve motoru yeniden çalıştırır.

Bu sistem Alttan Beslemeli depolarda kullanılamaz. Bunun yerine kovalı hidrolik valf sistemi denilen bir sisteme veya flotörlü kontaktör düzeni kullanılır.

Küçük içme suyu tesislerinde çoğunlukla pompanın elle çalıştırılması yoluna gidilir. Bunun için de deponun dibindeki su seviyesinin görülmesi yararlı olur. Depo su seviyesini gözetten bazı düzenler şekil 3.16 da verilmiştir.

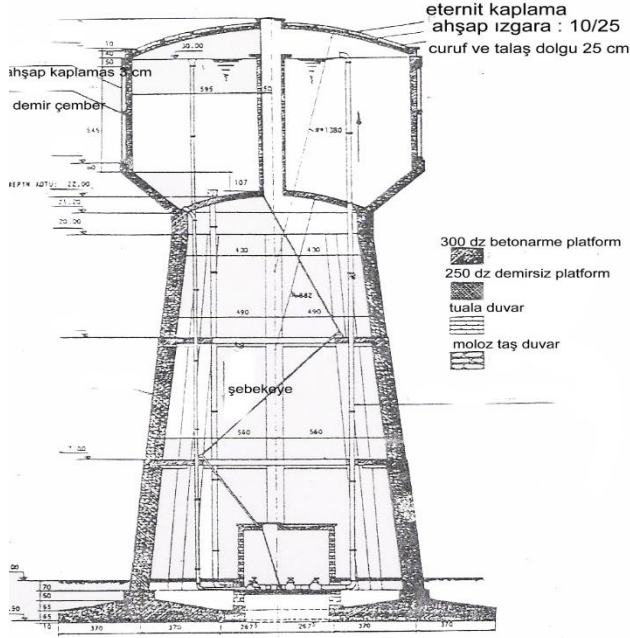
(a) düzeninde yalnız göze hitap edilmektedir. (b) ve (c) düzenlerinde bir elektrik devresine ihtiyaç vardır, bir zil veya lamba çalışarak uyarı sağlar.



Şekil 3.16. Depo su seviyesini gösteren düzenler

3.13. Depo İnşaatları

Bu konu tamamen inşaat mühendisliği kapsamında olduğundan detaya girmek mümkün olmayacaktır. Ancak genel olarak depoların sınıflandırılması kısmında (3.2) değinildiği gibi depolar görünüşleri bakımından ikiye ayrılmıştı. Gömme ve ayaklı olan bu görünüşlerden, ayaklılar tamamen kapalı tiptedir. Gömme depolar ise oldukça büyük yapılar olup bir kısmının üzerini örtmeye de ihtiyaç yoktur. Şekil 3.17 de ayaklı bir su deposu görülmektedir.

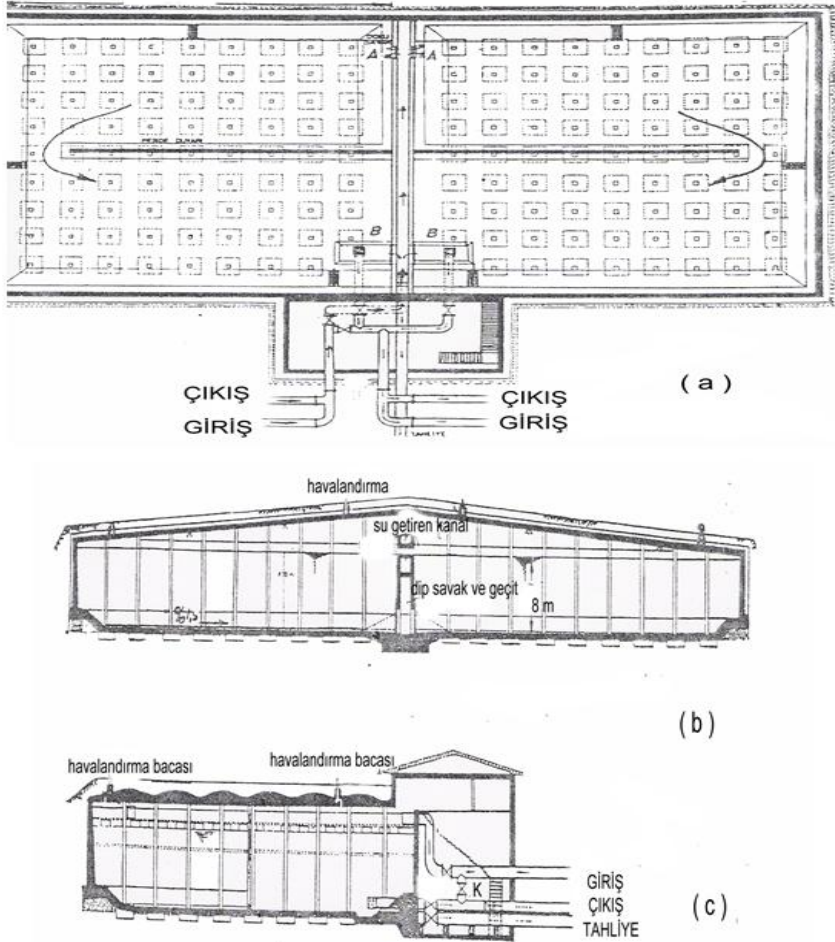


Şekil 3.17. Ayaklı su deposu kesiti (100 m³ lüks

1000m³ lüks olan bu ayaklı su deposu oldukça büyük bir kapasite sayılır. $1.000/0,2\text{m}^3/\text{Gün} = 5000 \text{ N/G}$.

Şekil 3.18 de ise yaklaşık 15.000m³ lüks bir gömme su deposu kesitleri görülmektedir. Burada giriş borusu, manevra odasında yükselerek, depoyu ikiye ayıran ara duvarın üst kısmını teşkil eden kanala bağlanır. Böylece sular, bu kanalın sonundaki savaklardan (A) noktasında depoya girer. Bu kanalın altında dolu savak, en altta ise dip savağı kanalları vardır. (A) dan giren su, perde duvarının ucundan dolaşarak (B) deki krepinden şebeke ana borusuna girer. Depoya giriş çıkış boruları (K) baypas vanası ile birbirine bağlanabilir ve böylece, depoda arıza ve bakım varken ishaleden gelen su depoya girmeden şebekeye bağlanabilir. Şekil 3.18 de (a) şekli bu deponun üstten bakıldığındaki bakışa dik kesitini, (b) şekli cepheden bakıldığında bakışa dik kesitini, (c) şekli

de cephen 90⁰ derece dik istikamette bakıldığında bakışa dik kesitini göstermektedir.



Şekil 3.18. Çok büyük bir yer altı deposu

BÖLÜM IV

4. SULARIN ARITILMASI (İYİLEŞTİRİLMESİ)

4.1. İçme Suyu Kalitesi

İçme suları su özelliklerine sahip olmalıdır.

- a) Hastalık yapıcı organizmalar taşımamalı,
- b) Renksiz ve berrak olmalı,
- c) Kokusuz ve içimi hoş olmalı,
- d) Yeterli derecede yumuşak,
- e) Hem korozyon yapmamak hem de taş yapmamak,
- f) Hidrojen Sülfür, demir ve manganez gibi istenmeyen kimyasal maddeler ihtiva etmemelidir,
- g) Toksin (zehirli) etki veya fizyolojik fena etki yapacak maddelerin miktarı zararlı konsantrasyona ulaşmamalıdır,
- h) İhtiyaca yetecek kadar elde edilebilmeli ve temin fiyatı yüksek olmamalıdır.

Türkiye için kabul edilmiş içme suyu standardı (TS-266) ileri düzeyde nitelikler içerir. Bu standardın ana özellikleri (Çizelge 4.1) de verilmiştir.

4.2. Suyun Rengi

Saf suyun rengi yoktur. Suyun rengi içindeki yabancı maddelerden ileri gelir. Bunlar;

- a) Organik,
- b) İnorganik maddeler olabilir.

Suya renk veren maddeler daha ziyade organiklardır. Bunlar, çürümeye yüz tutmuş bitkiler, topraktaki organik maddeler ve yaşayan bitkisel varlıklardır. Bunların verdiği renge “gerçek renk” denir.

Suya renk veren inorganik maddeler ise özellikle demir ve mangan bileşikler, tekstil ve kâğıt sanayi atıkları ve boyadır.

Çizelge 4.1. Memleketimizde uygulanan içme suyu standardı (TS 266)

TS 266 İÇME SUYU STANDARTLARI

PARAMETRE	BİRİM	TAVSİYE EDİLEN DEĞER	İZİN VERİLEN MAKS. DEĞER
ORGANOLEPTİK PARAMETRELER			
GÖRÜNÜM		BERRAK-RENKSİZ	
KOKU		KOKUSUZ	
FİZİKİ-KİMYASAL PARAMETRELER			
SICAKLIK	°C	12	25
pH		6,5<pH<8,5	6,5<pH<9,2
RENK	Pt-Co	1	20
BULANIKLIK	NTU	5	25
İLETKENLİK	µs/cm	400	2000
KLORÜR	mg/l	25	600
SERBEST KLOR	mg/l	0,1	0,5
SÜLFAT	mg/l	25	250
KALSİYUM	mg/l	100	200
MAGNEZYUM	mg/l	30	50
SERTLİK	mg/l		50
SODYUM	mg/l	20	175
POTASYUM	mg/l	10	12
ALÜMİNYUM	mg/l	0,05	0,2
TOPLAM ÇÖZÜNÜMÜŞ MADDE (TDS)	mg/l		1500
NİTRAT	mg/l	25	50
NİTRİT	mg/l		0,1
AMONYUM	mg/l	0,05	0,5
KJELDAHL AZOTU	mg/l		1
BOR	µg/l	1000	2000
DEMİR	µg/l	50	200
MANGAN	µg/l	20	50
BAKİR	µg/l	100	3000
ÇİNKO	µg/l	100	5000
FOSFOR	µg/l	400	5000
FLORÜR	µg/l		1500
BARYUM	µg/l	100	300
GÜMÜŞ	µg/l		10
TOKSİK MADDELER			
ARSENİK	µg/l		50
KADMIYUM	µg/l		5
SIYANÜR	µg/l		50
KROM	µg/l		50
CİVA	µg/l		1
NIKEL	µg/l		50
KURŞUN	µg/l		50
ANTİMON	µg/l		10
SELENYUM	µg/l		10
MİKROBİYOLOJİK PARAMETRELER			
TOPLAM KOLIFORM	ad/100 ml		0
TOPLAM BAKTERİ	ad/ml	100	500
RADYOAKTİVİTE			
ALFA AKTİVİTESİ	Bq/l	0,037	0,037
BETA AKTİVİTESİ	Bq/l	0,37	0,37

Su içindeki kil, kum gibi bulanıklık yapan uslu maddelerin meydana getirdiği renge “görünen renk” denir. Sonuçta bu bulanıklık yapan maddelerden kurtulunca görünen renk de kaybolur. Geriye kalan renk sadece “gerçek renk” yani bitkisel ve organik kökenli maddelerin verdiği renktir ki; bu maddeler negatif elektrikle yüklü olup, ancak suya atılacak kimyasal çöktürücülerin pozitif iyonları ile birleşip nötr hale gelir ve böylece çökelirler. Bu maksatla son yıllarda Bakır Asetat da kullanılmaya başlanmıştır.

4.2.1. Renk Birimi

Doğal olarak renk taşıyan sular genellikle sarı veya sarı-kahverengindedir. Bu renge en yakın renkli çözeltiler “Potasyum-hegza-kloro-platin at” (K_2PtCl_6) dır. TS-266 ya göre “renk birimi” aşağıdaki gibi tespit edilmektedir.

1.245 gr. (K_2PtCl_6) ve 1 gr. ($COCl_2-H_2O$) (kobalt-klorür) alınıp 100 cm³ (ml) derişik HCl (hidroklorik asit) de çözölür ve damıtık su ilavesi ile 1 litreye tamamlanır. İşte bu şekilde elde edilen çözeltinin rengine 500 birim denir. Bu 1 litrelik çözeltideki 1.245 gr. (K_2PtCl_6) içinde bulunan platin miktarı 0,5 gr. yani 500 ppm dir. Buna göre her renk birimine 1 ppm düşmektedir. Bu nedenle bazen renk ölçütü için birim olarak (ppm) de kullanılır.

4.2.2. Rengin Ölçölmesi

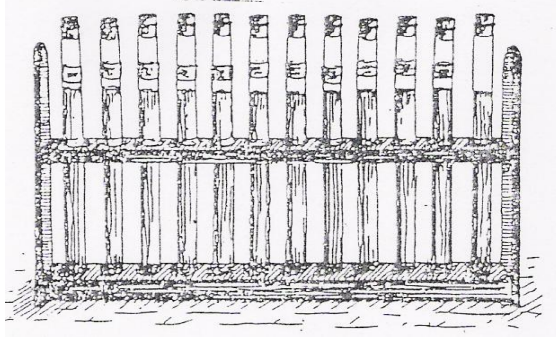
Su renginin tespiti şu dört yöntemle yapılabilir.

a) Şekil 4.1’deki gibi Nesiler tüpleri içine konmuş çeşitli birimlerdeki ppm K_2PtCl_6 çözeltisi ile söz konusu suyu karşılaştırmak

b) Çeşitli birimlerdeki çözelti renklerine uygun şekilde boyanmış olan özel kompuratörlerin diskleri ile numune suyun rengini karşılaştırarak

c) Foto elektrik renk ölçerler

d) Spektrofotometreler yardımı ile



Şekil 4.1. Renk tayinine yarayan Nesiler tüpü serisi

4.2.3. Renk Giderilmesi

Renk yapan organik maddeler üzerinde bazı zararlı mikroplar yaşayabilir. Ayrıca renkli-bulanık sular sağlık açısından sakıncalı olmasa bile görünüş olarak istenmez. Bu nedenle de renk giderilmelidir. Renk yapan maddelerin tür ve miktarları analizlerle tam olarak henüz bulunamamaktadır. Ancak bu, renk giderme işlemi açısından pek de önemli değildir.

Renk ve organik maddeler genellikle pıhtılaştırma (Koagülasyon), çökeltme ve süzme işlemleri ile giderilmektedir. Pıhtılaştırıcı madde olarak $Al_2(SO_4)_3$ (Alüminyum sülfat) kullanılır. Pıhtılaşma ancak belli pH derecelerinde başarılı olur. Bu dereceler deneylerle belirlenir. Örneğin; $Al_2(SO_4)_3$ için pH değeri 5,5-6,9 arasında olmalıdır. Demirli pıhtılaştırıcılar ($FeCl_2$ veya $FeCl_3$) için ise pH değeri 3,5-5,5 arasında iyi sonuç vermektedir.

Bulanıklığı az olan renkli suların rengini pıhtılaştırarak gidermek için, içine kaba öğütülmüş kil karıştırılır. Bu sayede iyi pıhtılaşmanın meydana geldiği pH sınırları da genişler. Aktif silika da renk gidermede çok kullanılır. Pıhtılaştırılan su bir çökeltme havuzunda dinlendirilerek büyük pıhtılar burada çökeltir, sonra su bir filtreye alınarak çökmemiş ince pıhtılar da burada çökeltir, daha doğrusu tutulur.

Potasyum permanganatla renk gidermede çok etkili olabilir. Bataklıklardan alınan oldukça renkli sular potasyum permanganatla renksiz hale getirilebilmektedir.

4.3. Suyun Bulanıklığı

Bulanıklık, su içinde yüzer halde (askı halinde) bulunan kil, silt, organik maddeler, mikroskobik organizmalar, çökelmiş haldeki kalsiyum karbona, alüminyum hidroksit veya benzeri maddelerden meydana gelir. Su içindeki her çeşit madde bulanıklık yapmaz. Örneğin, bir bardak suya bir avuç kuvars kumu atsak su bulanmaz, ama bir tutam kil atsak çok bulanır. Şekil 4.5 pH 5 değerini hesaba ait Langeller diyagramı. Bu diyagram sadece pH 7.0-9.5 arası sularda kullanılmalıdır.

4.3.1. Önemi

Bulanıklık yapan maddeler üzerinde zararlı mikroplar bulunabilir. Bu nedenle bulanıklığı giderilmeden su kullanılmaz. Bulanık suların filtre edilmesi zordur. Ayrıca bulanıklık yapan askı maddeleri üzerinde veya içindeki mikropların klor veya ozon ile dezenfekte edilmeleri de zordur ve masraflıdır.

4.3.2. Bulanıklık Birimi

Suyun bulanıklığı, içerdiği asılı maddeler miktarı yanında cinsleri, şekilleri, ufaklık dereceleri ve absorbe kabiliyetlerine göre değişir. Bu nedenle bulanıklık (mg/L) cinsinden ölçülemez. Bulanıklık ölçüsü olarak “Bulanıklık Birimi” kullanılır. 1mg SiO₂ (silika) veya 1mg çöktürülmüş, kurutulmuş ve elenmiş kilin 1 litre suda eritildiği zaman meydana getirdiği bulanıklık 1 birim bulanıklık kabul edilir. Örneğin, 1 litre suya 30mg standart silika koyarak eritildiğinde suyun bulanıklığı 30 birim veya 30ppm olur. Herhangi bir dere suyunun bulanıklığı bu hazırlanan suyunki ile aynı ise o dere suyunun bulanıklığı 30 birim demektir.

4.3.3. Bulanıklığın Ölçülmesi

Bulanıklığın ölçülmesinde esas, 1 litre saf suya çeşitli dozlarda standart (SiO_2) koymak suretiyle bir seri standart örnek bulanıklık eriyikleri hazırlamak ve ilgilendiğimiz suyu bu örneklerle karşılaştırmak suretiyle hangisine uyuyorsa onun biriminde olduğunu saptamaktır. Bulanıklık ölçen bütün aygıtlar bu standart seri örneklerle göre kalibre edilir, derecelendirilir.

Bulanıklık ölçen aygıtlar yukarıdaki seriden başka,

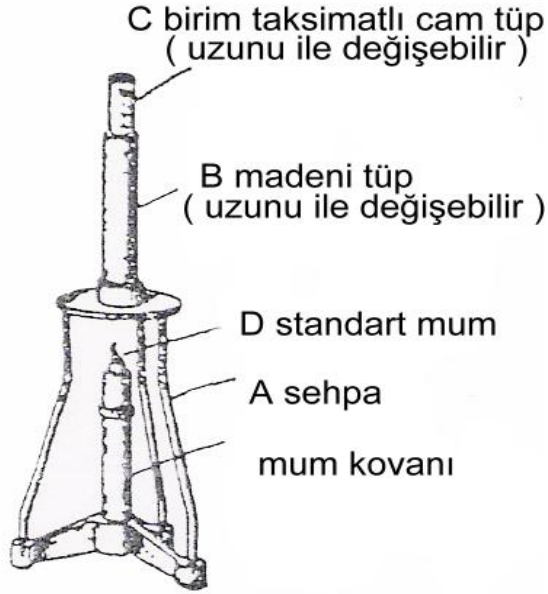
Jackson mum deneyi,

Bulanıklık çubuğu,

Foto elektrik aygıtı,

St . Louis aleti vs. sayılabilir.

Bunlardan Jackson mum türbidimetresini görelim. Şekil 4.2'deki basit bir sistem bu ölçüm için yeterlidir. Şekildeki (C) ile gösterilen ve standart bulanıklık örneklerine göre derecelendirilmiş cam bir tüp bir mum ve mumu düşey durumda tutan demir bir sehpadan oluşur.



Şekil 4.2. Jackson Türbidimetresi

Alet karanlık bir odaya konur veya üzerine tercihan siyah bir örtü örtülerek karanlık ortam sağlanır. Sonra mum yakılıp üstten bakılarak mum alevi görülür. Sonra bulanıklığını ölçeceğimiz su numunesi çalkalanarak aletin, birim cinsinden dereceli cam tüpüne yavaş yavaş konur ve sıklıkla üstten cam tüpe çakılarak alevin kaybolduğu an yakalanır. Zira cam tüpteki su kolonunun boyu arttıkça mum alevi ufalır ve daha sonra da kaybolur. İşte bu anda cam tüp çıkarılarak su seviyesinin hizasındaki suların skalası okunur ki bu değer birim cinsinden suyun bulanıklık derecesi olur.

4.4. Suyun pH Değeri

4.4.1. Suyun İyonize Olması

Her su az da olsa bir miktar iyonize olur ve OH^- iyonlarına ayrılır. Bir su kütlesinde iyonize olan su ile iyonize olmayan su

miktarı arasında bir denge vardır. (Kütle Etki Kanunu). Bu kanuna göre bir elektrolit solüsyonda şu eşitlik yazılabilir:

((kationların molar konsantrasyonu) * (anyonların molar konsantrasyonu)) / (Ayrılmamış moleküllerin molar konsantrasyonu) = k

Bu sabit “k” sayısına elektrolitin çözünme katsayısı denir. Buna göre;

$$\left[\frac{(H^+) \times (OH^-)}{(HOH)} \right] = k \quad 4.1$$

Saf suyun bir litresinin molar konsantrasyonu HOH=1000g/18. Yani 55,5 mol gramdır. Bunu (4.1) formülüne koyarsak

$$[H^+] * [OH^-] = k * (55,5) \quad (4.2)$$

yapılan deneyler 20⁰C deki saf su için k*55,5= 10⁻¹⁴ vermektedir.

$$[H^+] * [OH^-] = 1 * 10^{-14} \quad (4.3)$$

örneğin [H⁺]= 10⁻⁵M ise yukarıdaki (4.3) eşitlik gereği, [OH]= 10⁻⁹ bulunur.

4.4.2. Serbest Hidrojen Konsantrasyonun Yazılması

Su içindeki serbest [H⁺] miktarı adeta suyun tabiatını karakterize eder. Serbest [H⁺] iyonlarının etkilediği hadiseler şunlardır.

- Suyun kimyasal maddeler ilavesi ile pıhtılaşma derecesi
- Yumuşatma
- Klorlama işlemlerinin başarı derecesi
- Korozif etki ve taş yapma etkisi
- Kimyasal reaksiyon

Onun içindir ki bu $[H^+]$ miktarının sık sık ölçülmesi ve yazılması gerekir.

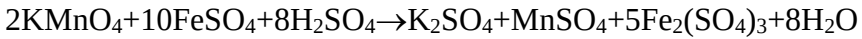
Bir litre suda bulunan serbest (çözünmüş) hidrojenin mola gram cinsinden ağırlığı çok küçük olduğundan, (mesela: $1/100.000.000 = 10^{-8}$ gibi) yazılarak böyle uzun ifade yerine eksik üs değerini (yani 10 tabanına göre eksi logaritması yani (kologaritmasını) kullanmak uygun bulunmuş pH 8 gibi ifade edilmiştir. Daha doğru bir ifade ile $[H^+]$ konsantrasyonu (10^{-8}) olan suyun (pH) değeri (8) dir denmiştir. Bu tarife göre; örneğin bir atık suyun 1 litresinde 1/1000 mol gram serbest $[H^+]$ varsa bu suyun pH değeri (3) tür.

4.4.3. pH Değerinin Tayini

Bu değer in tayini iki türlü olur, hassasiyeti daha az olan birinci metot, “kalori metrik” olandır ve esas ı şudur.

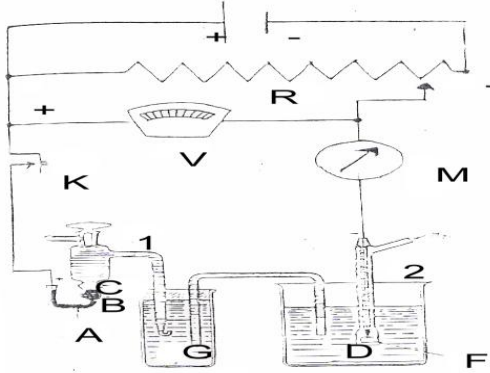
a) Kalorimetrik (renk karşılaştırmalı) metotta pH değeri farklı bir seri suya uygun bir indikatör karıştırılarak tüpler içinde bir seri renk elde edilir, yani önceden hazırlanır. Aynı indikatör, pH değeri ölçülecek suya da aynı oranda katılır. Böylece ortaya çıkan renk seri tüplerle karşılaştırılır, hangisinin rengine uyarsa o tüp üstündeki değ er numune suyun pH değ eri olur.

b) Elektrometrik Metot



Elektro metrik metotta ise, suya biri hidrojen (cam), diğ eri doyurulmuş kalomel (HgCl) olan iki adet elektrot daldırılır ve elektrotlara akım verilir. Bu cihaz standart kalomel elektrotuna karşıt olarak hidrojen elektrotunun potansiyelini ölçer ki bu potansiyel de eriyiğ in (solüsyonun) veya suyun ihtiva ettiğ i serbest hidrojen iyonu miktarına, dolayısıyla pH değerine bağı ldır Şekil 4.3. Bu şek le göre; 1 ile gösterilen bölüm kalomel elektrottur. A, B ve C sırasıyla cıva, kalomel ve satüre KCl çözeltisinden oluş ur. Bölüm 2 de hidrojen elektrotu vardır. F ile gösterilen platin plakadır. D de hidrojen iyonu konsantrasyonu ölçülecek su solüsyonu bulunur. G tuz köprüsü

ihativa eden birleştirme kabı, K kontak düğmesi, V voltmetre, R reosta ve M ise galvanometredir.



Şekil 4.3. Elektrometrik olarak pH ölçen alet.

4.4.4. pH in Asitlik ve Alkalilik İle İlişkisi

Öncelikle şu noktanın unutulmaması gerekir ki asidite ve alkalinite ile pH derecesi ayrı şeylerdir. Örneğin, HCl, H₂SO₄ asitlerinin 0,1 normal eriyiklerinin (1 litre suda 1 eşdeğer gram ağırlıkta asit bulunan eriyik normal eriyiktir) asiditesi birbirinin aynıdır; zira konu olan ağırlıklarıdır. Hâlbuki HCl li eriyikte pH=1,08 iken H₂SO₄ lü eriyikte pH=1,20 dır.

Asitlik bir yetenek faktörü olup, bazıları nötrleştirmekteki kapasitesi olarak belirlenir, aynı şekilde, alkalilik de bir yetenek faktörüdür ve asitleri nötrleştirme kapasitesidir. Hâlbuki pH değeri bunun aksine bir şiddet, yoğunluk faktörü olup hidrojen iyonlarının konsantrasyonunu gösterir. pH değeri asitlik veya alkalilik aktivitesinin (faaliyet derecesinin) bir ölçüsüdür.

Alkalilik

Bir sudaki HCO₃, CO₃ ve OH köklerinin toplamının MGK / lt cinsinden eşdeğeri CaCO₃ olarak verilmektedir.

Asitlik

Bir sudaki SO_4 , Cl , NO_3 ve diğer asit köklerinin toplamına karşı gelen eşdeğer CaCO_3 miktarını MGK/l. cinsinden göstermektedir.

Yani, kısacası, alkalilik ve asitlik seviyeleri eriyikte mevcut HCO_3 ve SO_4 gibi birçok köklerini sadece ağırlığını göstermekte fakat bunların hiçbir eriyiğini kimyasal aktiviteleri hakkında bir fikir verilmemektedir. Halbuki pH, eriyiğinin kimyasal aktivitelerinin bir ifadesidir; zira eriyik ne kadar aktif ise o kadar çok iyonize olarak ve içindeki $[\text{H}^+]$ iyonları miktarı ona göre artacaktır.

Problem 1

Bir suda (H^+) iyonu konsantrasyonu $4,3 \times 10^{-8}$ mol/lt. ise suyun pH değeri nedir?

Çözüm 1

Önceki tariftten biliyoruz ki pH değeri sudaki $[\text{H}^+]$ iyon konsantrasyonunun (-) logaritmasıdır = kologaritmasıdır (tabii 10 tabanına göre)

$$\text{pH} = -\log[\text{H}^+] = \log \frac{1}{\text{H}^+} = \log \frac{1}{4,3} \times 10^{-8} = \log \times \frac{10^8}{4,3} = \log 10^8 - \log 4,3 = 8 - 0,63$$

$$\boxed{\text{pH}=7,37} \text{ olur.}$$

Problem 2

pH değeri 6,5 olan bir su ile pH değeri 8,2 olan başka bir su eşit oranda karıştırılıyorlar. Karışımın pH değeri ne olur?

$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+] = 10^{-6,5} = [\text{H}^+]$$

nedeniyle deliklerden aşağı inerken onun yerine yukarıdaki deliklerden az yoğun olan girer.

$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+] = 10^{-8,2} = [\text{H}^+]$$

Çözüm 2

Önce her iki sudaki $[H^+]$ konsantrasyonu bulunur, sonra bunlar toplanıp ikiye bölünür. Bulunan bu sonuç konsantrasyon değerinden tekrar pH değerine geçi lir. pH tarifinden hareketle çözüme başlanılır.

$$pH = \log \frac{1}{H^+} \text{ formülü tarif gereği bilindiğinden ilk su}$$

$$6,5 = \log \frac{1}{H^+} \text{ buradan } 10^{6,5} = \frac{1}{H^+} \text{ ve sonuçta } [H^+]_{(1)} = \frac{1}{10^{6,5}}$$

ikinci su için de aynı tarif ve yol takip edilip $[H^+]$ konsantrasyonu $[H^+] = \frac{1}{10^{8,2}}$ bulunur. Bunlar eşit oranda karıştıklarından sonuç konsantrasyon şu olur;

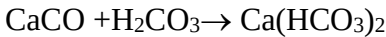
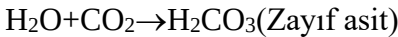
$$H^+ = \frac{H^+_{1} + H^+_{2}}{2} = \frac{\frac{1}{10^{6,5}} + \frac{1}{10^{8,2}}}{2} = \frac{0,000000032 + 0,0000000063}{2} = 0,0000001631$$

Artık bu sonuç konsantrasyondan pH elde etmek hem tariftten hem de birinci problemde yapıldığı gibi olur, yani bu sayının tersinin logaritması alınır.

$$pH_{(sonuç)} = \log \frac{1}{H^+_{(sonuç)}} = \log \frac{1}{0,0000001631} = \log 6132080 = 6,79$$

bulunur. pH=6,79

Pamukkale Olayı



4.5. Suyun Sertliği

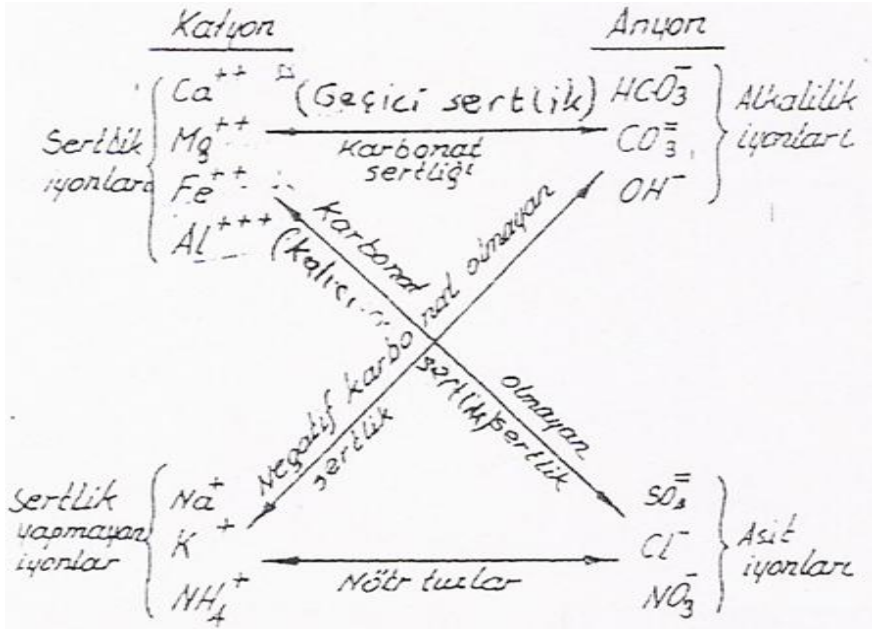
Suyun sertliği içindeki metal iyonlarından meydana gelir. Bu iyonların başında (Ca) ve (Mg) ve az olarak da (Fe) ve (Al) bulunur.

Bu iyonlar ya (HCO_3), (CO_3) ve (OH) gibi alkalik köklere veya (SO_4), (Cl) ve (NO_3) gibi asit köklere bağlı olabilir

Şekil 4.4 alkalik köklere bağlı olan metal iyonlarının meydana getirdiği sertliğe (geçici sertlik) veya karbonat sertliği denir. Zira su kaynatılınca bu sertlik gider. Asit köklerine bağlı metallerin yaptığı sertliğe ise (kalıcı sertlik) karbonat olmayan sertlik denir ve suyu kaynatmakla giderilemez. Kalsiyum ve magnezyumun suya girişi şöyle olur:

$\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3$ yani (Karbonik asit) oluşur ve bu suda çok erir. Aynı şekilde;

$\text{MgCO}_3 + \text{H}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ oluşur ki bu da suda çok erir. İşte (Ca) ve (Mg) metalleri suya böyle girip onu sert hale getirir.



Şekil 4.4. Sertlik çeşitleri ve meydana geliş biçimleri

4.5.1. Sertliğin İfade Edilişi

Bunun için su içindeki Ca, Mg, Fe, Al, Zn gibi katyonların önce miktarları sonunda bu miktarların (CaCO_3) cinsinden eşdeğerleri bulunarak toplanır. Eşdeğer miktarları şöyle bulunur:

$$\text{Eşdeğer-gram} = \frac{\text{Mol-gram (veya Formül-gram)}}{\text{Değerlik}} = \frac{\text{Atom ağırlığı}}{\text{değerliği}}$$

Eş değer miktarlar birbirleri ile birleşen miktarlardır. Yani bileşimin bileşenleri, mesela $40/2=20\text{g}$ eşdeğer (Ca), $(12+3(16))/2=30\text{g}$ eşdeğer (CO_3) ile birleşerek 50g eşdeğer (CaCO_3) oluşturur. Dolayısıyla 20 eşdeğer-g (Ca), 50 eşdeğer-g (CaCO_3) yapar ki buradan da; 1g eşdeğer Ca $2,5\text{g}$ (CaCO_3) yapar.

Aynı şekilde atom ağırlığı 55 olan (Mn) ın $55/2=27,5$ eşdeğer-gramı 50 eşdeğer-gram CaCO_3 eder. Dolayısıyla 1g Mn ise $50/27,5=1,82\text{g}$ CaCO_3 edecektir.

Buna göre (Çizelge 4.2) deki iyonların gram miktarlarının karşılardaki katsayılarla çarpılarak, $\text{gCaCO}_3/100\text{ml}$ cinsinden sebep oldukları sertlik miktarları CaCO_3 cinsinden bulunur. Mesela, 1 litre suda 48mg . (Ca) varsa bu, $48 \times 2,5=120\text{mg/L}$ CaCO_3 cinsinden sertlik demektir.

Çizelge 4.2. CaCO_3 cinsinden sertliğin bulunması için kullanılan katsayılar

1g Katyon	Katsayı ($\text{gCaCO}_3/100\text{ml}$)
Ca	2,5
Mn	1,82
Mg	4,17
Fe	1,79
Al	3,71
Zn	1,53

Bir litre suda yukarıdaki gibi 120mg CaCO_3 varsa (1ppm=milyonda bir kısım olarak tarif edildiğinden, 120mg da 1 litrenin milyonda 120 si olduğundan) o suyun sertliği 120ppm dir denir. İkinci bir sertlik birimi de Fransız sertlik birimi olup $1^0\text{Fr}=10\text{ppm}$ dir. Sonuçta 120mg/L lik sertlik=120ppm=12⁰Fr (Fransız sertliği) dir.

Şekil 4.4 den de görüldüğü gibi HCO_3 , CO_3 ve OH^- iyonlarına bağlı olan Ca^{++} , Mg^{++} , Fe^{++} , Al^{+++} gibi metallerin teşkil ettiği karbonat sertliği mg/L olarak ve CaCO_3 cinsinden alkaliliğe eşittir. Eğer suda NaHCO_3 vs. var ise bu takdirde alkalilik daha fazla artar.

Problem 3

Bir litre suda 15mg Ca^{+2} , 20mg Mg^{+2} ve 2mg Al^{+3} bulunmuştur. Bu suyun toplam sertliği nedir?

Çözüm 3

Çizelge 4.2’den faydalanarak

Ca^{+2} için $15 \times 2,5 = 37,5\text{mg } \text{CaCO}_3$

Mg^{+2} için $20 \times 4,17 = 83,4\text{mg } \text{CaCO}_3$

Al^{+3} için $2 \times 3,71 = 7,42\text{mg } \text{CaCO}_3$

Toplam = 128,12 mg CaCO_3/L

12,8⁰Fr

4.5.2. Sertliğin Etkisi

Sertliğin sağlık yönünden kötü etkisi olduğu söylenemez. Fazla sert suların sadece içimi hoş olmayabilir. Hatta son zamanlarda, fazla yumuşak suların kalp hastalıklarına zararlı olabileceği yönünde görüşler ortaya atılmışsa da sert suların sağlık açısından sakıncalı olduğu bildirilmemiştir.

Sert sular endüstri ürünleri (boya, meşrubat, tekstil vs.) için zararlı olabilir. Ayrıca kazanlarda ve içme suyu borularında taş yapabilir. Özellikle geçici sertliği fazla olan dengesiz sular içme suyu boruları içinde taş yaparak çapı daraltır ve zamanla, hatta 5-10 sene gibi kısa bir sürede boruyu doldurabilirler. O nedenle bu gibi sular alınmamalı veya bu sakıncası giderildikten sonra ishale edilmelidir.

4.5.3. Suyun Taş Yapma Potansiyelinin Tayini

Bunun için Langelier tarafından şu şekildeki satürasyon indeksine (SI) bakılması önerilmiştir.

Langelier Saturation Index (LSI), suyun kalsiyum karbonat doygunluğunu belirlemek için kullanılan bir ölçümdür. Bu indeks, suyun taş yapma potansiyelini değerlendirmek ve suyun korozyon, tortu birikimi veya mineral çökmesi gibi olumsuzlukları tahmin etmek için önemli yöntemdir. LSI, suyun asit veya alkalın özelliklerini de göz önünde bulundurarak hesaplanır.

$$\boxed{L.S.I = pH - pH_s} \quad (4 - 5)$$

Buradaki pH_s ile ifade edilen suyun satürasyon halindeki pH değeri şöyle bulunur.

$$\boxed{pH_s = 8,313 - \log (Ca) - \log (A) + S} \quad (4 - 6)$$

Ca = (miliekivalent/litre) cinsinden sudaki (Ca) iyonu miktarı

A = (miliekivalent/litre) cinsinden suyun $(CaCO_3)$ olarak Alkaliliğini

S = suyun içerdiği (buharlaştırma kalınlığı) tuz miktarı. Sular için 0,068 alınabilir.

Formülde kullanılan miliekivalent/litre ise şu şekilde bulunur.

$$\frac{\text{miliekivalent}}{L} \left(\frac{ml}{L} \right) = \left(\frac{mg \text{ iyon}}{L} \right) / \left(\frac{\text{atom ağırlığı}}{(\text{iyon değeri})} \right) \quad 4-7$$

Buna göre, LSI değeri (+) çıkarsa suyun kirecinin çöktüğü, yani, bazı uç çeperlerinin taş yapacağı, negatif (-) çıkarsa suyun korozyif olduğu ve taş yapmayıp belki de korozyona neden olacağı anlaşılır.

LSI <0: asidik; bu durumda su, kalsiyum karbonat ile doymun değildir ve korozyona eğilimlidir.

LSI = 0: Su doymun; bu durumda su, kalsiyum karbonat ile dengededir.

LSI > 0: Su alkalın; bu durumda su, kalsiyum karbonat ile doymun hale gelir ve taşlaşma olasılığı artar.

Problem 4

İçme suyu olarak iletilecek su numunesinde pH=7,2 T = 25°C, Ca⁺²=7,8mg/L, Alkalılık 3,2mg/L CaCO₃, buharlaşma kalınlığı 47mg/L bulunmuştur. Bu suyun taş yapıp yapmayacağını bulun.

Çözüm 4

Burada bulunması uzun olan sadece pH_s tir ve hem formülle hem de grafikten bulunabilir. Önce formülü bulalım. (4 – 6) dan

$$pH_s = 8,313 - \log (Ca^{+2}) - \log (A) + S$$

$$Ca^{+2} \text{ ml/L} = \frac{7,8mg / L}{\frac{40}{2}} = 0,389 ml / L \quad (4-7)$$

den

$$(A) \text{ ml/L} = \frac{32}{\frac{100}{2}} = 0,64 ml / L \text{ gene } (4-7) \text{ den}$$

Su için 47mg/L olan tuz (buharlaşma kalınlığına karşılık S≈0,068 alınır.

$$\begin{aligned} pH_s &= 8,313 + \log 0,389 + \log 0,64 + 0,063 \\ &= 8,313 + (-0,41) + (-0,194) + 0,068 \end{aligned}$$

$$= 8,985$$

Artık bu değeri (4-5) te yerine koyarız.

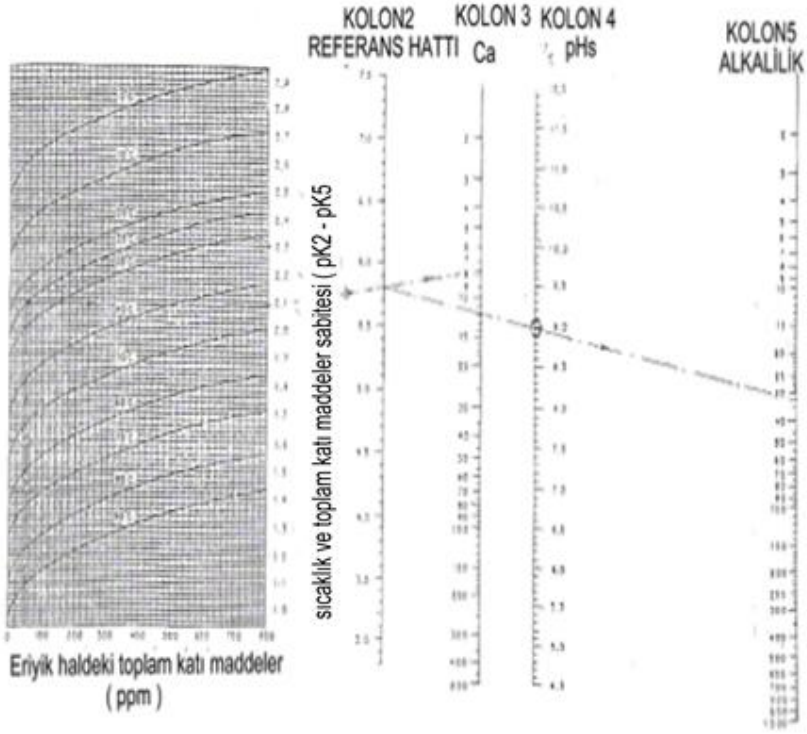
$$LSI = 7,2 - 8,985 = -1,785 \text{ elde edilir.}$$

Sonuç (-) çıktığından suyun taş yapmayacağı aksine korozif ve aşındırıcı olduğu anlaşılır. Bu kalitedeki suyun aktığı boruların zaman içerisinde korozyona uğrayıp delinebileceği bilgisini vermektedir.

pH_s değeri, yani satürasyon hidrojen potansiyeli (Şekil 4-5) deki diyagram yardımıyla şöyle bulunur.

Bu diyagram sadece pH 7.0-9.5 arası sularda kullanılmalıdır.

Önce eriyik haldeki katı madde miktarı problemde 47ppm değeri yatay eksenden bulunup çekilen dik 25⁰C eğrisini kestirilerek sağa yatay olarak ilerlenir ve (kolon-1) deki 2,1’den bir, doğru çizilir ve (kolon-2) referans hattının kestiği nokta 6,8 işaretlenir. Alkalilik kolonunda (kolon-5) bulacağımız problemde verilen 32mg/L noktası birleştirilir ve bu doğrunun (kolon-4) pH_s kolonunu kestiği noktada okunan değer aradığımız (pH_s) değeridir ve formülle bulunduğu gibi (9) olarak elde edilir.



Şekil 4.5. Langelier diyagramı

4.5.4. Mermer Deneyi

Suyun taş yapma veya korozif özelliğini ortaya çıkaran en pratik yol mermer deneyidir. Bu deneyde esas saf (CaCO_3) ile suyu temasa geçirmektir. Bu temas sonunda suyun toplam alkaliliğinde meydana gelen değişiklik suyun özelliğini ortaya koyar. Bu iş şöyle yapılabilir:

a) Su numunesinin (Alkaliliği) ve (pH) değeri tespit edilir.

b) Aynı miktardaki ikinci bir numuneye, 150ml suya bir çay kaşığı hesabıyla, yıkanmış ve çöktürülmüş (CuCO_3) den konur ve birkaç dakika karıştırılır, çöktürülür ve süzülür, sonra alkalilik ve pH tayin edilir.

Eğer; (1) Son deneyde bulunan alkalilik ve pH ilk deneydekinden fazla ve su kalsiyum karbonata doymamış ise, koroziftir. (2) Şayet ilk ve son deneydeki değerler birbirine eşitse su CaCO_3 yönünden dengelidir, taş da yapma korozivite değildir. (3) Eğer sondaki pH veya alkalilik ilk deneydeki değerlerden az ise su aşırı derecede CaCO_3 içermektedir ve taş yapacaktır.

4.5.5. Taşlaşmanın Durdurulması

- a) Suyun sertliğini gidererek
- b) Suyu Polifosfat vererek.

Polifosfat vermekle kimyasal bir reaksiyon oluşmaz; sadece, taş yapacak maddeler polifosfatla sarılarak izole edilir ve birbirleri ile birleşmeleri uzun zaman alır, böylece CaCO_3 kısa sürede çökelmez, yani su kullanıcıya varıncaya kadar çökme olmayacağından bazı cihazları taş bağlamaz.

4.6.1. Tarifler

Pıhtılaştırıcı (koagülant)

Kolloidal tanelerle, çok küçük taneciklerin çökelmelerini kolaylaştırmak için suya ilave edilmesini ve etkili hale getirişini içeren kimyasal maddeler

Pıhtılaştırma (Koagülasyon)

Pıhtılaştırıcı maddelerin suya ilave edilmesini ve etkili hale getirişini içeren kimyasal ve mekanik işlemlerin tamamı.

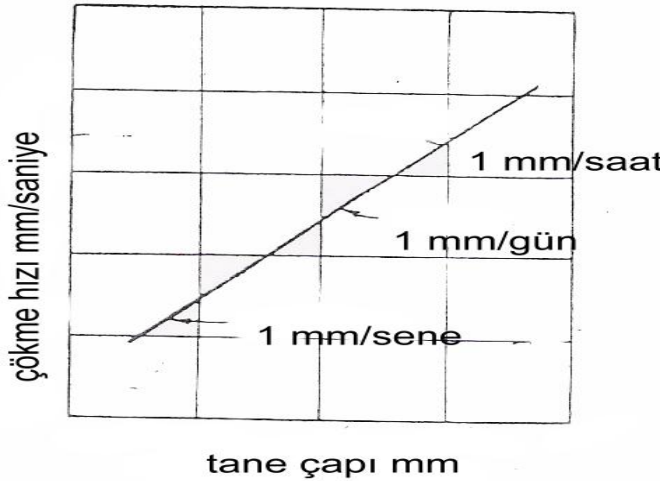
Bu işlemler iki kademedен oluşur:

a) Hızlı veya ani karıştırma ki bu kademede, kimyasal maddelerin suya birkaç saniye içinde karıştırılarak askıdaki taneciklerin üzerlerindeki statik elektrik yükünün “nötr” hale getirilmesi sağlanır.

b) ikinci kademede ise “yumaklaştırma” flokülasyon işlemidir. Bu işlemde su yavaş yavaş karıştırılarak nötr hale gelmiş

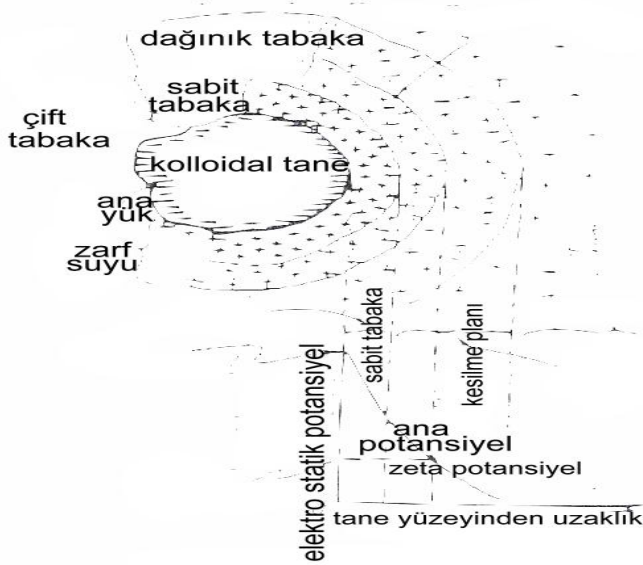
tanelerin birbirlerine değerek yapışmaları ve üzüm salkımı gibi kümeleşmeleri, böylece kolayca çökecek hale gelmeleri sağlanır.

Suyu bulanık hale getiren, genellikle onun içindeki kolloidal taneciklerdir. Bu taneciklerin çapı 1 mikrondan küçük, hatta 10^{-3} mikrona kadar inebilir, buna mukabil yüzey alanları çok büyüktür. Ayrıca üzerlerinde genellikle negatif olan statik elektrik yükü vardır. Aynı elektrik yüklü kutuplar birbirlerini ittikleri için bu ufacık tanecikler de birbirlerini iterler ve sonuçta birleşip daha ağır ve çökelme yetenekli hale gelemezler. İşte bu üç nedenle kolloidal maddeler içeren suların bekletilerek berrak hale gelmeleri çok uzun süre alır, bazen bu aylar sürebilir. Şekil 4.6 bu çökelme zamanını göstermektedir. Küre biçimindeki taneciklerinin (yoğunluk 2.65) Stokes kanununa göre hesap edilen 15°C deki suda çökelme hızları verilmiştir.



Şekil 4.6. Küre biçimindeki taneciklerin suda çökelme hızları

Kolloidal bir kil taneciğinin üzerinde bol miktarda (-) negatif elektrik yükü vardır. Dolayısıyla etrafındaki suda bulunan bütün (+) pozitif iyonları kendi etrafına çekerek (Şekil 4.7) deki gibi bir durum oluşturur. Sudaki (+) iyonlar hemen taneyi sarar ve ona yapışır ve adeta tanenin gömleği olur.



Şekil 4.7. Negatif ana yüklü kolloidal bir tane etrafındaki çeşitli tabakaların yük diyagramı

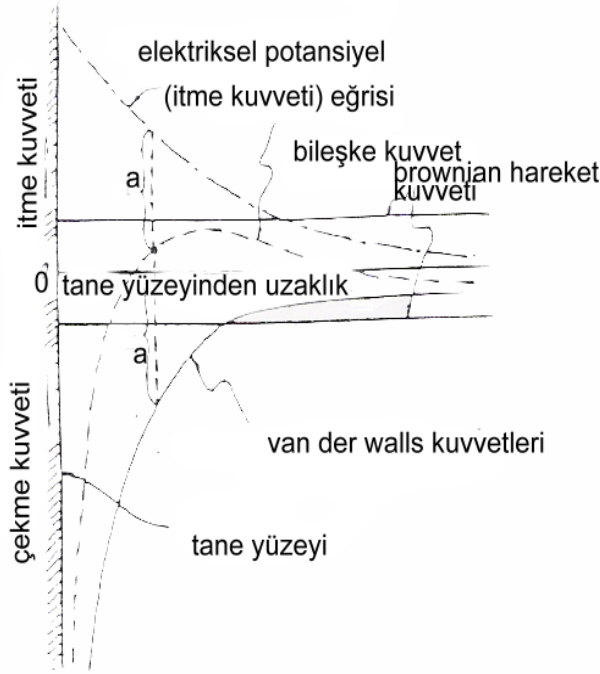
Bu tabakaya “sabit tabaka”; (stern tabakası) denir. Sabit tabaka üzerinde ise daha az yoğun pozitif iyonlardan (bir miktar negatif iyon da bulunabilir) oluşan ikinci bir tabaka daha bulunur, bu tabakaya da “dağınık tabaka” denir. Sabit ve dağınık tabakanın ikisine birden “çift tabaka” denir. Ancak dağınık tabakanın hepsi tane ile birlikte hareket etmez sadece bir kısmı taneye yapışık gibi birlikte hareket eder. İşte ayrılmanın olduğu bu yüzeye “kesilme yüzeyi” denir. Bu yüzey adeta tanenin gömleği olduğundan ve beraber gezdiğinden çok önemlidir. Bu yüzeydeki potansiyel elektrik yüküne “zeta” potansiyeli denir. Kolloidal tanenin gösterdiği elektro kinetik özellikler ekseriya kesilme yüzeyi üzerindeki bu zeta potansiyeli değerine bağlıdır.

Kolloidal tane ile birlikte hareket eden suya zarf suyu denir. Bu su, tanelerin birleşmesini zorlaştıran bir engel etkisi gösterir.

4.6.2. Kolloidal Taneleri Etkileyen Kuvvetler

Bunlar;

- İtme kuvveti olarak tane üzerindeki elektriksel potansiyel kuvveti
- Çekme kuvveti olarak London -Van der Waals kuvvetleridir. (Şekil 4.8) de bunlar ve bileşke kuvvet gösterilmiştir.



Şekil 4.8. Taneler arasındaki mesafeye göre çekme ve itme kuvvetleri

Yumaklaştırmayı oluşturabilmek için bütün mesele tane üzerindeki itme kuvvetini düşürebilmektir, ancak bu şekilde taneler üzerinde çekme kuvvetleri kalacak ve sonuçta da taneler birbirini

çekip birleşecek ve büyüyerek çökelebilecektir. İtme kuvvetini yani elektriksel potansiyeli düşürmek iki türlü yapılır:

a) Suyun pH değerini ayarlamakla

Suyun pH değeri, tane üzerindeki ana yük ((-) yük) sıfır olacak şekilde ayarlanabilir. Ama yükün sıfır olması durumuna “izoelektrik” konuma gelmek denir. Pıhtılaşma için pH ayarlaması içme suyu arıtımında pek kullanılmaz.

b) Suyu aksi yüklü iyonlar vermekle veya aksi yüklü kolloidler vermekle. a)

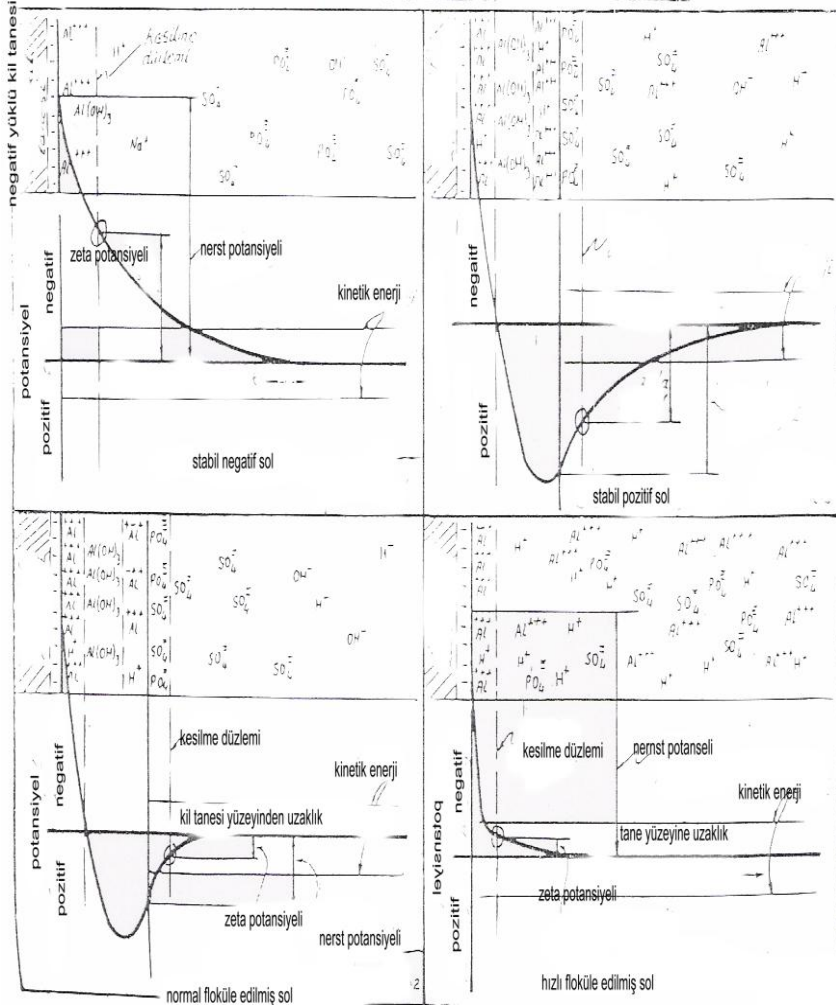
Suya ters yüklü iyonlar, örneğin şap vermekle tane etrafındaki çift tabakadaki iyonlar birdenbire artar ve bunun sonucu kesilme yüzeyi (planı) üzerindeki yük olan zeta potansiyeli düşer, böylece taneleri birbirinden uzaklaştıran itici kuvvet ortadan kalkmış olur.

Bundan sonra yavaş karıştırma ile birbirine değme, yaklaşma şansı verilen taneler, itici güç kalktığından, birbirine yapışık kalır ve böylece yumaklaşma (flokülasyon) meydana gelmiş ve çökme başlamış olur. Suyu ne kadar fazla ters yüklü iyon verilirse o kadar iyi bir pıhtılaşma elde edilemez. Ancak belirli dozlarda iyi sonuç alınır.

4.6.3. Koagülasyonun Genel Mekanizması

Yukarıda belirtilen bulanıklık giderilmesinin ters yüklü iyonların fazla verilmesi ile direkt orantılı olmadığı yapılan bir deneyle ispatlanmıştır.

Çoğunluğu koalen kili olan ve 1 litre suya 1,1mg katılarak bulanıklaştırılmış saf suyun tekrar çöktürebilmesi için içine sırası ile artan miktarlarda topaklaştırıcı “şap” $Al_2(SO_4)_3$ katılarak dört deney yapılmış ve sonuçları aşağıdaki (Şekil 4.9) de gösterilmiştir.



Şekil 4.9. Koagülasyonun mekanizması

Yukarıdaki gibi kil ile bulanıklaştırılmış saf suya, önce az miktarda şap katılmıştır. Hiç şap yokken Şema No: 1'deki gibi sol üst köşede temsil edilen kil taneciği (-) yüklüdür ve zeta potansiyeli maksimumdur, biraz yumaklaştırıcı (şap) katılınca iyonlaşan katkının ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$), (Al^{+++}) iyonlarına ayrışıp (-) yüklü kil tanesi tarafından çekildiğinden, kil tanesinin potansiyeli düşmektedir, tabii

bu düşüş taneden uzaklaştıkça da artmaktadır. “Kesilme düzlemi” ve “zeta potansiyeli”, kritik kinetik enerji miktarının çok üstünde olduğundan hiç pıhtılaşma olmaz.

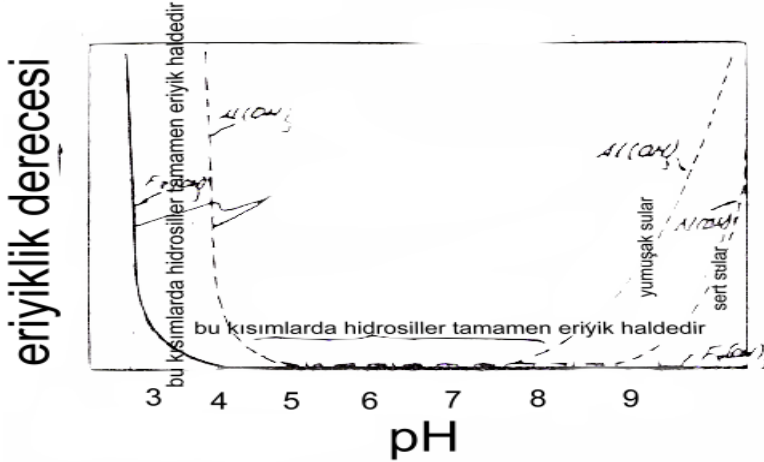
Eğer şap ilave etmeye devam edersek (Şema No:2) de görüldüğü gibi zeta potansiyeli kinetik enerji sermayesinin altına düşer. Aynı zamanda Alüminyum hidrolize olur, $\text{Al}(\text{OH})_3$ ve bol miktarda (Al^{+++}) açığa çıkar. Tane potansiyeli (+) yüklü yani set bölgeye düşmüştür. Artık itme doğal çekme özelliğine kavuştuğundan diğerleri ile birleşip iri pıhtılar meydana getirip çökmeye başlarlar. Tane etrafını incelersek zeta potansiyeli sıfır (0) olduktan sonra, yani çekme itme yokken tane etrafında toplanan $\text{Al}(\text{OH})_3$ ler (Al^{+++}) ve (H^+) iyonlarını tercih edip etrafına toplar, bu da sıfır olan zeta potansiyelini (+) yapmaya başlar. Kesilme düzleminde zeta potansiyeli (+) olmakla beraber “kinetik enerji” sınırları arasında olduğundan pıhtılaşma devam eder.

Şap verme artırılırsa bu defa zeta potansiyeli” (Şema No: 3) de görüldüğü gibi (+) yönde artmaya devam eder, yani “kesilme düzleminde” ki bu potansiyel aradaki “kinetik enerji” seviyesinden fazla olduğundan çökme olayı durur. Bu duruma “tanenin” pozitif yüklü diğer iyonlarla fazla miktarda sarılması neden olur, bu film tabakası “Kolloidal” tanenin koagülasyonuna mani olur. Şemadaki şap artırılınca bir andan sonra menfi etki yapmaya başlar.

Şap vermeye devam edersek, şaptan ayrılan (SO_4^-) iyonları yukarıda oluştuğunu söylediğimiz “film” tabakasını sarmağa başlar ve “zeta” potansiyelini (+) dan (-) ye doğru kaymaya başlar ve kinetik enerji seviyeleri arasına girdikten sonra gene yumaklaşmalar ve çökelmeler başlar.

Şap dozu daha da artırılıp 800-1000ppm i bulunca, suyun pH derecesi de 4,2 ye kadar düşer ve bu pH derecesinde “floklar” in erime derecesi de iyice artar (Şekil 4.10). Böylece (Al^{+++}) larını çekecek (-) yüklü bir üst kalmaz ve kil tanesi etrafındaki “hidrusalumina” tabaka eriyip dağıldığından kil tane eski haline gelmiş olur. Ancak suda bulunan (+) yüklü iyonlar gene tane etrafını

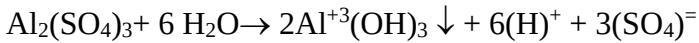
sarmaya başlayacağından “zeta” potansiyeli hala “kinetik enerji” sınırları arasında kalır ve çökelme devam eder.



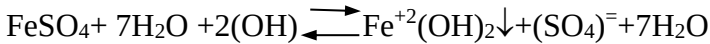
Şekil 4.10. Ferrik hidroksit ve alüminyum hidroksitin pH değerine göre erimeleri

4.6.4. Koagülasyonun Kimyasal Yönü

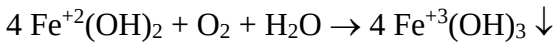
Şimdiye kadar koagülasyonun fiziksel yönünü inceledik. Mesela suya şap $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ verilince $\text{Al}(\text{OH})_3$ meydana gelir ki bu normal pH derecesinde erimez, çöker ve jelatinimsi pıhtı şeklindedir (düşük pH ta erir).



Suya koagülant olarak ferrus sülfat (FeSO_4) da verilebilir.



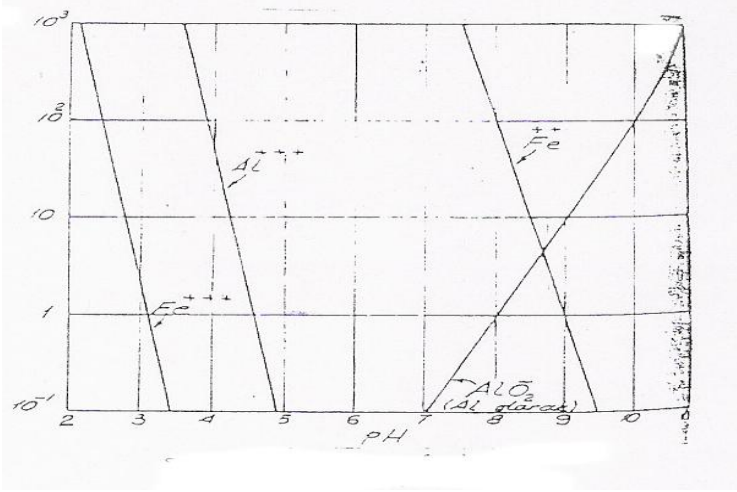
Bu oluşan $\text{Fe}(\text{OH})_2$ sudaki erimiş (O_2) ile birleşerek “ferrik hidroksil” yapar.



Hem ilk oluşan $\text{Fe}(\text{OH})_2$ hem de sonra oluşan $\text{Fe}(\text{OH})_3$ pıhtı yapısındadır ve çöker.

4.6.5. Kimyasal Koagülasyon İçin Optimum pH

Negatif kolloidlerin koagülasyonu için lüzumlu optimum pH değeri suyun cinsine göre değişse de genellikle 5-6,5 arasındadır. Ferrik ve alüminyum hidroksitlerin pH a göre erime eğrileri Şekil 4.11 deki gibidir.



Şekil 4.11. pH'nın fonksiyonu olarak alüminyum ve demir hidroksitlerinin erimeleri

Şekil 4.11 den anlaşılabacağına göre pH 7-9 arasında iken Al(OH)₃ çok eriyik olur, yani pıhtı halinden çıkar, dolayısıyla bulanıklığı giderme etkili olmaz. Hâlbuki pH 5-7 arasında iken Al(OH)₃ çok az erir, yani iyi pıhtı yapar ve çökelmeye yardımcı olur. pH 5 ten küçük olduğu zaman ise Al(OH)₂ kolayca erir ve faydası kalmaz. Buna karşılık ferrik hidroksil Fe(OH)₃ ancak pH 4 ten küçükken erir. Bunun yukarıdaki pH larda erimez. İyi pıhtı yapar, pıhtısı sağlamdır.

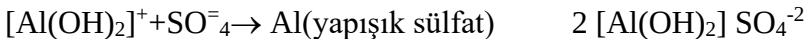
4.6.6. Ani Karıştırma

Suya Al₂(SO₄)₃ atıldığında (solüsyon şeklinde ilave edildiğinde) bu molekül ayrışarak (Al⁺⁺⁺) ve (SO₄)⁻ iyonları oluşur. (Al⁺⁺⁺) iyonu gidip (-) yüklü kolloid parçacığı ile birleşerek, daha

önce anlatıldığı şekilde, onun bir kısım yükünü nötrleştirir. Sonuçta taneciğin “zeta potansiyeli” düşerek taneler birbirleri ile birleşecek hale gelir ve iyi çökelme sağlanır. Ancak (Al^{+++}) iyonları gidip sudaki serbest $(OH)^-$ iyonları ile de birleşebilir ve böylece $Al(OH)_3$ de teşkil edebilir: $(Al^{+++} + 3 (OH)^- \rightarrow Al(OH)_3$ şeklinde). Ancak bu $Al(OH)_3$ kolloid tabiatlıdır ve (Şekil 4.9) deki (Şema No: 2) ve (Şema No: 3) de gösterildiği gibi sudaki (+) iyonları kendine çekerek (+) yüklü bir tanecik halini alır.

$(Al(OH)_3 + (+ \text{ iyonlar}) \rightarrow [Al(\acute{O}H)_3]^+$ gibi). Böylece (+) tanecik haline gelen $[Al(OH)_3]^+$ negatif yüklü kolloid tanecikleri sararak onların yüklerini düşürür ve birbirlerine yapışmalarını kolaylaştırır. Alüminyum sülfat iyonlaştıktan sonra oluşan alüminyum iyonları 0-15 saniye sonra oluşabilen $[Al(OH)_3]^+$ iyonlarına göre daha fazla (+) yüke sahip olduğundan (-) yükü kolloid taneciklerin, daha çok ve dolayısı ile çabuk olarak zeta potansiyellerini düşürüp onların artık birbirlerini itmeyip birleşmelerini sağlarlar.

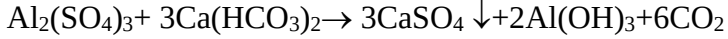
$[Al(OH)_3]^+$ tanecikleri ince solüsyonlarda daha da kolay oluşmaktadır. Bu nedenlerle, $Al_2(SO_4)_3$ ün suya verilir verilmez çok kısa bir zamanda su içinde dağıtılması sağlanmalıdır ki, (Al^{+++}) nün, daha az etkili başka iyonlar veya bileşikler yapmadan kolloid taneciklerle temasa geçip onların (-) yüklerini azaltan yarı zeta potansiyellerini daha hızlı ve etkili şekilde düşünüp birbirleri ile yapışmalarını sağlayabilsin. Bunu sağlamak için yapılan hızlı karıştırmaya “ani karıştırma” denir. Bunun için şapın, suyun bütün kitlesinde 10 saniyeden daha kısa bir sürede dağılması gerekir. Sonuçta şapın (Al^{+++}) iyonları suda $Al(OH)_3$ haline geçmeden derhal taneciklerle birleşerek onların (-) yükünü hızla azaltır. Diğer taraftan, suda daima bir miktar $[Al(OH)_2]^+$ meydana gelir ki; bu da sudaki $SO_4^{=}$ iyonları ile birleşerek daha doğrusu sarılarak yüksüz hale getirilir ve dolayısıyla kendi aralarında birleşip pıhtılar halinde çöker. Şöyle ki;



4.6.7. Başlıca Koagülantların Etki Biçimi ve Besleme Dozajları

Bunların türleri, formülleri ve suya hangi dozda verilecekleri aşağıdadır:

(1) Alüminyum sülfat [$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$]

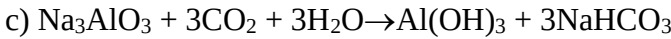
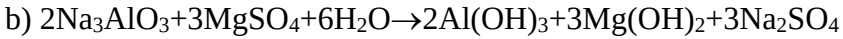


Besleme dozu: Suyun bulanıklık derecesine göre 15 ila 100ppm olabilir.

$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$. $\text{Al}_2(\text{OH})_3$. 18 H_2O , piyasa şapı olup normal depolama hacmi (miktarı) (NDH) 0,84-1,48m³/ton dur.

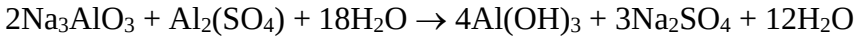
Genel solüsyon (çözelti) konsantrasyonu (GSK) 0,25-0,50g/100g, 100g suda 10⁰C de çözülme miktarı (EM) 70g dır.

(2) Sodyum alümin at (Na_3AlO_3) reaksiyonları



Besleme dozu: Suyun bulanıklık derecesine göre, 5 ila 50ppm. $2\text{Na}_3\text{Al}^{+3}\text{O}_3^{-2}$ (piyasa malı %50 Al_2O_3 ihtiva eder). NDH = 0,20 m³/ton varilde, GSK=0,25-6g/mol g su

(3) Alüminyum sülfat + Sodyum alümin at



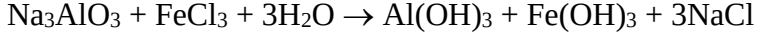
Besleme dozu: Reaksiyonun formüle göre meydana gelmesi için piyasa malı şap dozunun %75 i ağırlığında Na_3AlO_3 kullanılmalıdır. Eğer Na_3AlO_3 sadece koagülasyonun başlamasına yardımcı olacaksa dozu çok daha düşük olabilir.

(4) Alüminyum klorür (AlCl_3) (sadece özel hallerde kullanılır)



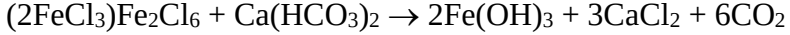
Besleme dozu: suyun bulanıklığına göre 12 ila 40ppm.

(5) Sodyum alümin at + Ferrik klorür (FeCl₃)



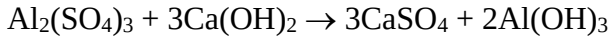
Besleme dozu: piyasa malı Na₃AlO₃ (%50 Al₂O₃) ile piyasa malı (FeCl₃ . 6H₂O) nün verme dozları eşit olmalıdır.

(6) Ferrik klorür (yalnız başına)



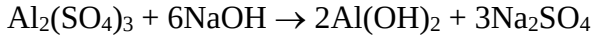
Besleme dozu: suyun bulanıklık derecesine göre piyasadaki FeCl₃*6N₂O olan 5 ila 30ppm. NDH = 0,69m³/ton, varilde; GSK = 3-4gr/100g su EM=çabuk erir.

(7) Alüminyum sülfat + Sönmüş kireç [Ca(OH)₂]



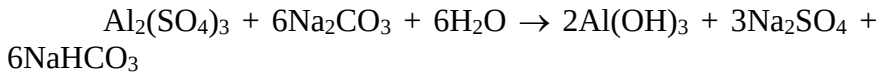
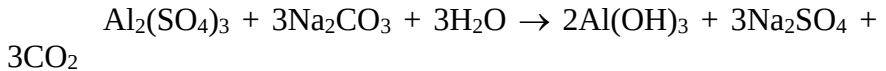
1g Ca(OH)₂ için 3g piyasa malı Al₂(SO₄)₃*18H₂O konulmalı.

(8) Alüminyum sülfat + Kostik soda (NaOH)



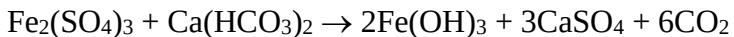
Besleme dozu: Kostik soda ihtiyacı, piyasa malı Al₂(SO₄)₃*18H₂O ihtiyacının %36 sıdır.

(9) Alüminyum sülfat + Sodyum karbonat (Na₂CO₃)



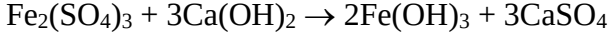
Besleme dozu: 1g anhidrus sodyum karbonata 1 veya 2 kısım piyasada satılan Al₂(SO₄)₃*18H₂O verilmelidir.

(10) Ferrik sülfat [Fe₂(SO₄)₃]



Besleme dozu: suyun bulanıklığına göre, piyasada satılan $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ dan 10 ila 50ppm. NDH= 0,78-0,92m³/ton, GSK=1-65g/100g su, çabuk erir.

(11) Ferrik sülfat + Sönmüş kireç [$\text{Ca}(\text{OH})_2$]

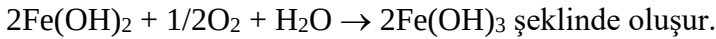


Besleme dozu: sönmüş kireç ihtiyacı, demir sülfat $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ nun %40 ıdır.

(12) Ferrus sülfat (FeSO_4)

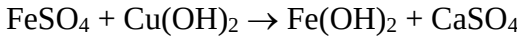


Besleme dozu: bulanıklığa göre piyasadaki $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ dan 5 ila 50ppm havalandırılmış sularda [$\text{Fe}(\text{OH})_2$] okside olarak (yükseltgenerek) [$\text{Fe}(\text{OH})_3$] e dönüşür.



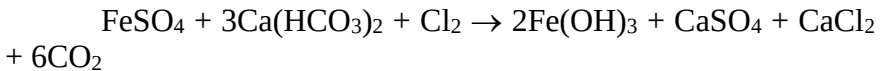
NDH=0,84-0,90m³/ton, GSK=0,25-0,60g/100g, 48g/100g su.

(13) Ferrus sülfat + sönmüş kireç



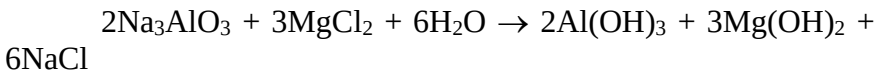
Besleme dozu: Sönmüş kireç, $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ihtiyacının %26 sı oranındadır.

(14) Ferrus sülfat + klor (Cl_2)



Besleme dozu: Klor ihtiyacı $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ihtiyacının %12 si kadardır.

(15) Sodyum alümin at + Magnezyum klorür (MgCl_2)



Besleme dozu: $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ihtiyacı, piyasa tipi Na_3AlO_3 (%50 Al_2O_3 lü) ağırlığının %129 kadardır.

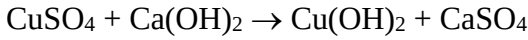
(16) Bakır sülfat (CuSO_4)



Besleme dozu: 5 ila 20ppm. NDH= 0,65m³/ton, torbada, GSK=0-4g/100gr. su.

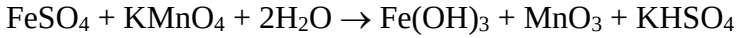
Not: (CuSO_4) genellikle yosun teşekkülünü önlemek ve bitkisel esaslı hoş olmayan tatları yok etmek için kullanılır.

(17) Bakır sülfat + sönmüş kireç



Besleme dozu: 100ppm CuSO_4 a ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 30ppm) sönmüş kireç konur.

(18) Potasyum permanganat + Ferrus sülfat ($\text{KMnO}_4 + \text{FeSO}_4$)



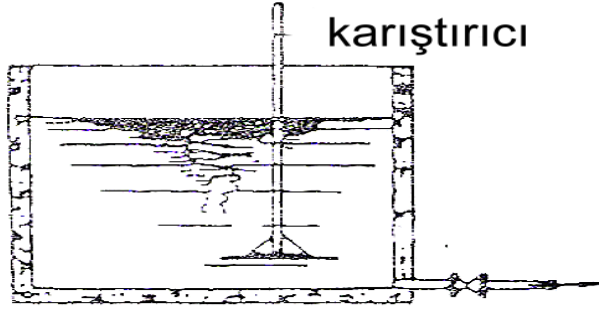
Besleme dozu: 57g permanganat için 100g ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) kullanılır.

Not: Manganez oksidin çok etkili olan oksitleme ve absorbe (yüzeyine çekme) itme kuvvetleri nedeniyle bu işlemin renk ve koku giderilmesinde ve organik maddelerin yok edilmesinde büyük önemi vardır.

4.6.8. Koagülanların Suyu Verilme Yöntemleri

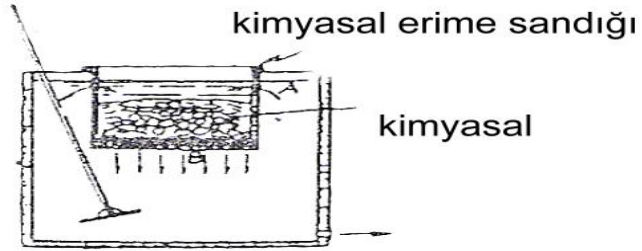
Önemli olan koagülan hazırlama ve besleme yöntemleri aşağıdaki şekillerde gösterilmiştir. (Şekil 4.12 ila 4.19).

Şekil 4.12 düzeneği çok basit koagülan verme yönteminin şekilsel gösterimidir.



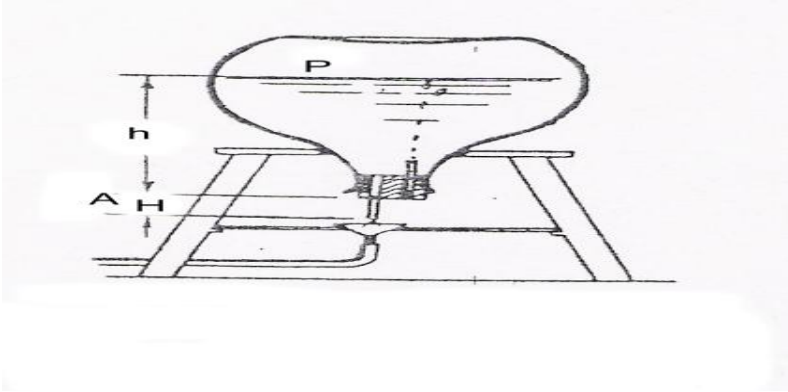
Şekil 4.12. Çok basit bir koagülant verme yöntemi

Şekil 4.13 kolay eriyen pıhtılaştırıcılar için kullanılan solüsyon hazırlama düzeneğidir. Katı kimyasal kimyasal erime sandığını konur ve eriyik oluşturur.



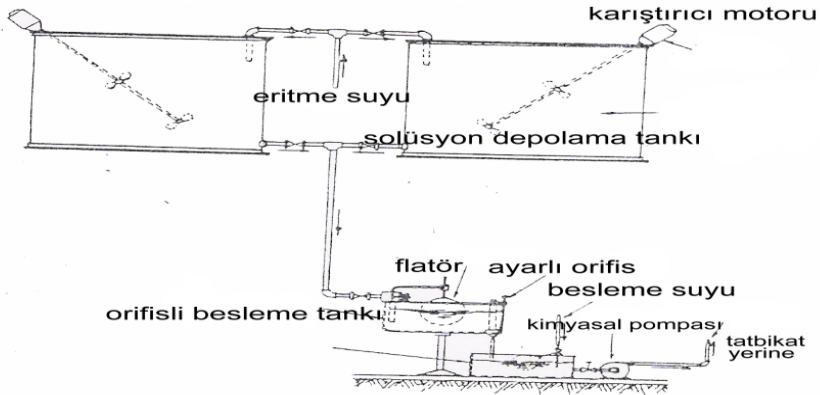
Şekil 4.13. Kolay eriyen pıhtılaştırıcılar için kullanılan bir solüsyon hazırlama düzeneği

Kapasitesi küçük olan tesislerde koagülant vermek için kullanılan sabit debili besleyici düzenek şekil 4.14 ki gibidir.



Şekil 4.14. Sabit debili koagülant besleyici

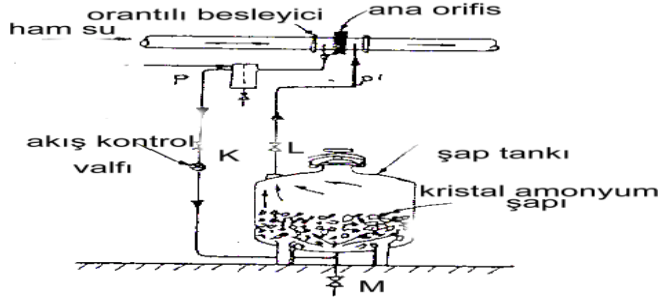
Şekil 4.15 te orifis (delik) kutulu sabit debi verici düzen görülmektedir. Solüsyon depolama tankında eritilen koagülant orifisli besleme tankına alınır. Orifis; besleme tankının sağdaki alt kısmında bulunmaktadır. Ayarlı orifisten geçen koagülant kimyasal pompa ile prosese pompalanır.



Şekil 4.15. Orifis kutulu sabit debi verici düzen

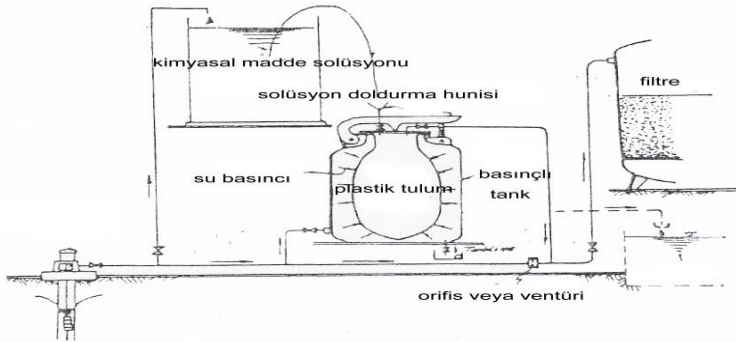
Şekil 4.16 da pota tipi koagülant besleyici düzen görülmektedir. Ana orifiste meydana gelen aşırı hız ve yersel yük

kaybı nedeniyle orifisin hemen arkasındaki ham su basıncı P_1 basıncından daha küçük hale gelmektedir. Şap tankında bulunan koagülant sisteme verilmektedir.

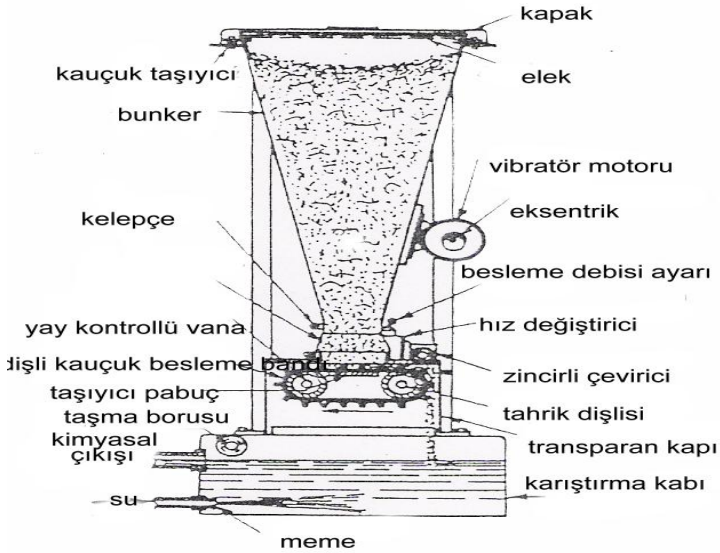


Şekil 4.16. Pota tipi besleyici

Şekil 4.17 tulum tipi basınçlı solüsyon verici düzeneği görülmektedir. Orifisin hemen arkasında veya ventürinin içinde basınç, hız artması nedeni ile çok düşeceği için tulumdan gelen solüsyon terfi borusuna kolayca girer. Şekil 4.18 deki tertip çok büyük tesislerde kullanılır.

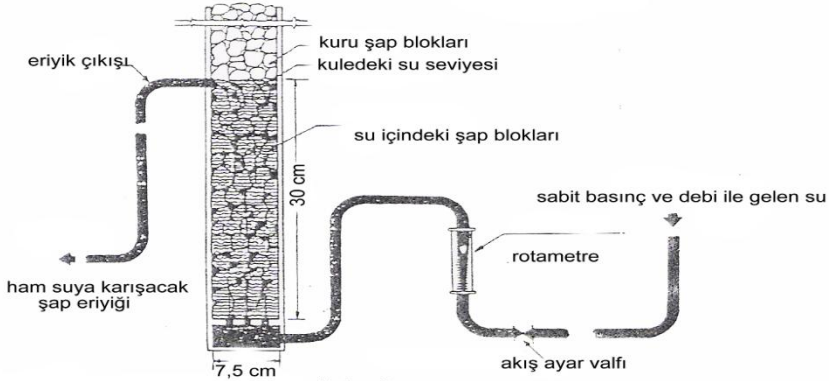


Şekil 4.17. Tulum tipi basınçlı solüsyon verici



Şekil 4.18. Dişli ve bantlı volumetrik besleyici

Şekil 4.19 açık kolon tipi solüsyon verici şeklindedir. Bu tip besleme büyük tesisler için elverişli olur



Şekil 4.19. Açık kolon tipi solüsyon verici.

FeCl_3 (Ferrik klorür) koagülant hazırlama sisteminde 50-60g/L su, yani 1 litre suya 50-60g hesabıyla katılıp karıştırıldıktan sonra “sediflak” denen karıştırma-çökeltme havuzlarına giden suya,

daha su kanalda akarken ilave edilir. Kanalda akan su debisine göre bu sulandırılmış FeCl_3 öyle bir verme dozunda ayarlanır ki suyun bulanıklığına göre su miktarında 10-30ppm düzeyinde bulunabilsin.

Esas olarak sediflak denen karıştırıcı ve çökeltici havuza direkt verilen polielektrolit anyonik yapıda olup (+) iyonları ile (-) yüklerin kuvvetini yani zeta potansiyelini azaltır, Ca(OH)_2 ise suyun pH ını ayarlamak için verilmektedir. Her bir katkı maddesi hassas şekilde ayarlı olarak verilir.

4.7. Çökeltme

Suların çökertilmesi iki ana sistem ile gerçekleştirilir. Bunlar da kendi içinde farklı sistemlere ayrılır.

Çökeltme Tipleri

- A. Basit Çökeltme
- B. Dikey Akışlı Havuzlarda çökeltme
- C. Pıhtılı Çökeltme (koagülanlı çökeltme)
 - i. Pıhtı Yataklı
 - ii. Pıhtı Sirkülasyonlu

4.7.1. Basit Çökeltme

Suyun içine herhangi bir pıhtılaştırıcı madde verilmeden, büyük bir havuzdan, çok yavaş olarak geçirilmesi suretiyle yapılır. Bu esnada askı maddeler yer çekimi ve diğer etkiler nedeniyle çöker ve su berrak hale gelir. Su içindeki askı madde ne kadar çok olursa olsun basit çökeltme sistemi kullanılabilir. Bazı çok bulanık sular, bazı az bulanık sulardan daha çabuk durulup berraklaşabilir.

Basit çökeltmeden çıkan su, standart şartlara uygun hale gelmiş olabilir ve dolayısıyla klorlanarak kullanılabilir.

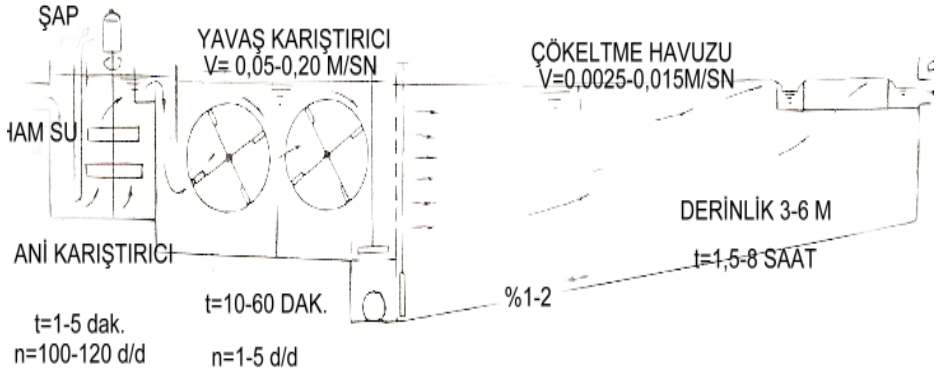
Eğer su daha başka arıtım işlemlerinden de geçirilecek olsa bile, bu işlemlerin yükünü azaltmak için, “ön arıtma” olarak “Basit Çökeltme” den faydalanılabilir. Bu sayede kimyasal koagülasyonu

çökeltme havuzlarının işletme masrafları azalır. Zira basit çökeltmede kimyasal kullanılmaz.

Basit çökeltmede önemli olan zamandır ve basit çökeltme havuzlarında su en az 2 gün tutulmalıdır. Bunun için havuza giren su gayet düşük bir hızla ilerleyerek en az 2 gün sonra havuzu terk edebilmelidir.

4.7.2. Pıhtılı Çökeltme

Suya pıhtılaştırıcı maddeler (koagülantlar) ilave etmek suretiyle yapılan çökeltme sistemidir. Bu tip bir tesis genellikle bir hızlı karıştırıcı, bir yavaş karıştırıcı ve bir çökeltme havuzundan ibarettir (Şekil 4.20). Ortalama proje değerleri, t = bekleme süresi, n = devir adedi, v = yatay akış hızı olarak tanımlanmıştır.



Şekil 4.20. Klasik bir çökeltme düzeni

4.7.2.1. Çökelme Teorisi ve Çökme Hızları

Çökmeye etki yapan başlıca kuvvet ve şartlar şunlardır:

- Yer çekimi,
- Tane büyüklüğü ve özgül ağırlığı,

- c) Tanelerin birbirleri ile birleşme ve yapışmaları,
- d) Havuz derinliği ve şekli,
- e) Suyun sıcaklığı ve viskozitesi,
- f) Konveksiyon ve başka akımların varlığı,
- g) Elektriksel olaylar,
- ğ) Biyolojik olaylar,
- h) Havuz işletme metodu.

Tane Çökme Hızı (yüzey yükü) V_C

$$V_C = Q/A \text{ (m}^3\text{/m}^2\text{/sn)}$$

Bazı çökme hızları ve yüzey yükleri şöyledir:

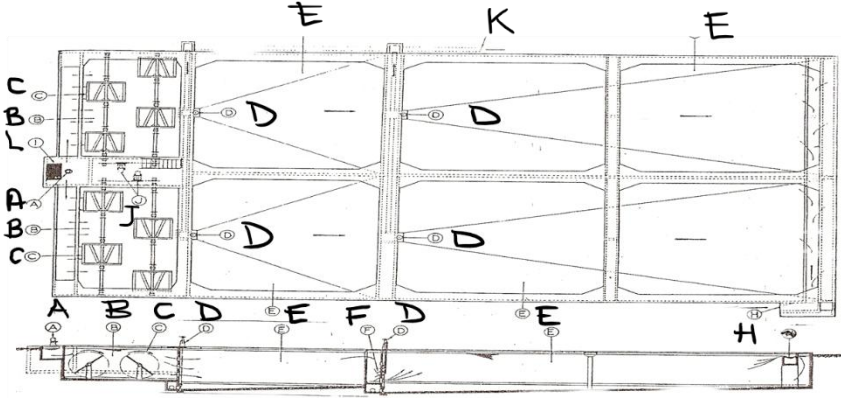
Alüm pıhtılı çökme hızı 0,6-0,9m/s, yüzey yükü 15-22m³/m²/gün

Kireçle yumuşatmalı çökmede hız 0,9-1,8m/s, yüzey yükü 22-45m³/m²/gün

Dikine akımlı çökeltme havuzlarında kireç ilavesi ile elde edilen pıhtılı çökeltmede çökme hızı 1,9-3,6m/s, yüzey yükü 45-90m³/m²/gün

4.7.2.2. Yatay Akışlı Pıhtılı Çökelme Havuzları

Esas yapı ve kurumları (Şekil 4.20) deki klasik pıhtılı çökeltme düzeninden pek farklı olmayan çift gözlü yani paralel akışlı “Yatay Akışlı, pıhtılı çökeltme havuzu, (Şekil 4.21) de gösterilmektedir. Bu havuzda da yukarıda anlatılan olaylar gerçekleşir. Yatay Akışlı pıhtılı çökeltme havuzu; A) ani karıştırıcı B) yavaş karıştırma havuzu, C) döner pedallara) çamur atma duvar valfi(kapağı), D) Çıkış vanası, E) birinci, ikinci kademe çökeltme havuzları F) dağıtıcı panjur, H) berrak su toplama çıkışı, J) Flokülatör pedallarını çeviren motorlar, K) çamur tahliye hattı, L) Ham su girişi bölmelerinden oluşur.



Şekil 4.21. Pıhtılı yatay akışlı çökeltme havuzu

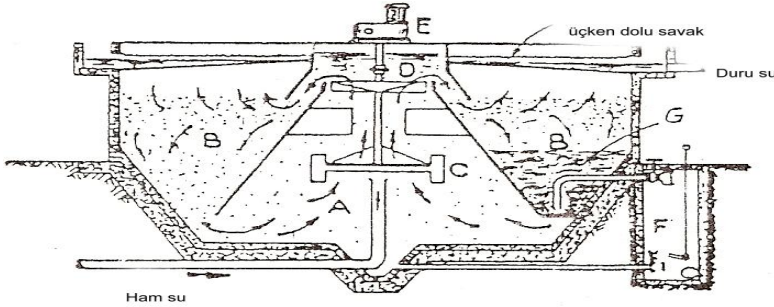
4.7.2.3. Dikey Akışlı (Aşağıdan Yukarıya) Çökeltme Havuzları

Bu tipte dizayn edilmiş çökeltme havuzlarının iki ayrı sisteme göre çalıştığını daha önceki sınıflandırmada belirtmiştik. Bunların çalışma şekillerini kesit şemalarını göstererek inceleyin.

a) Pıhtı Sirkülasyonlu Havuzlar

Bu havuzlarda ham su ile koagülant madde Şekil 4.22'nin (A) flokülasyon) bölümünde karışır. Buradan (B) çökeltme) bölümüne geçer. Ağırlaşan pıhtılar (G çamur) teknesinde çöker. Bu teknenin altı ve yanları kapalı olduğu için, tekne üzerinde, bu kısma gelen pıhtıları yukarı kaldıracak bir akış yoktur; dolayısıyla buradaki pıhtılar çöker. Çökelmeyen pıhtılar ise (B) bölümünden, (C) karıştırma) pervanesi tarafından tekrar çekilip devrettirilir. İşlem bu şekilde devam eder ve (B) bölümünde su pıhtılardan ayrılarak sistemin üstündeki “dolu savak” dan dışarıya alınır. Su artık yeterince berraklaşmıştır. Devreden eski pıhtı kısımları, (A) bölmesindeki taze pıhtılarla temas ederek onların büyümelerine yardımcı olur. (B) den (A) ya doğru sirkülasyon (B) deki pıhtı ortamını eş dağılımlı yapar. Bu sistemde su, arınmak için bir pıhtı yatağını kat etmez (yatay akışlılarda kat ettiği gibi). Su ile pıhtının birbirinden ayrışması sadece ince bir kesimde ve yoğunluk farkı ile olur.

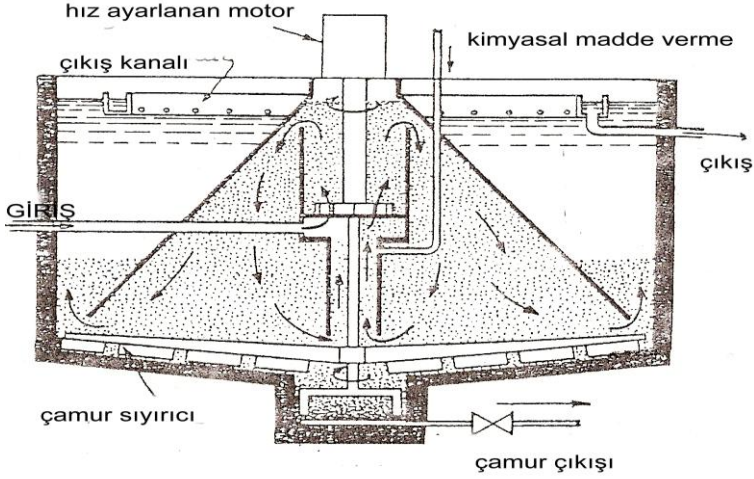
Çamur teknesi 2 ila 3 adet olur, çökeltiler 5 ila 30 dakikada bir dışarı atılır. Bekleme süresi 1 ila 1 ¼ saat arasındadır. Havuz kapasitesi (yüzey yükü) 2,5 ila 4m³/m²/sa arasında değişir. Havuz çapı 2 ila 35m., derinliği ise 3 ila 9m arasında değişir. Karıştırma ve sirkülasyon pervanesinin çevre hızı 0,6-1,2m/sn. arasındadır. Tortu yük 6-7000g/m³ olan sular bu havuzlarda arıtılarak bulanıklığı 10ppm den aşağı düşürülmektedir.



Şekil 4.22. Pıhtı sirkülasyonlu hızlı çökeltici

b) Pıhtı Yataklı Havuzlar

Bu tip havuzlarda pıhtı yatağı bir düzeyde kalır ve karıştırma bölümünden gelen pıhtılı su, bu yatağın içinden geçer ve aşağıdan yukarıya doğru süzülerek gider. Böylece pıhtılarından arınarak berraklaşır (Şekil 4.23). Pıhtı yataklı çökeltme havuzlarında, arı su çıkışı çevreden yapıldığı takdirde, pıhtı yatağı üzerindeki duru su kalınlığının D/7'den az olmaması önerilir. (D) havuz çapıdır (m) olarak, bu derinlik sağlanamazsa (Şekil 4.23) teki gibi araya radyal ve çevresel ilave savaklar konmalıdır.

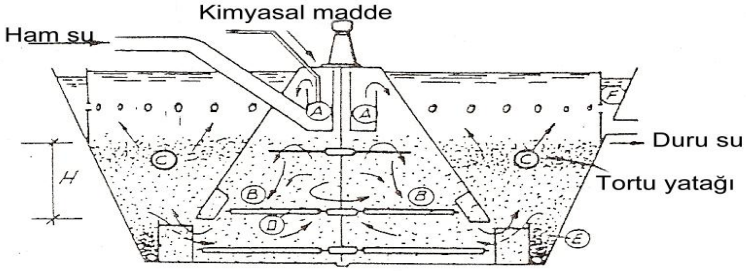


Şekil 4.23. Pıhtı yataklı hızlı çökteltme havuzu

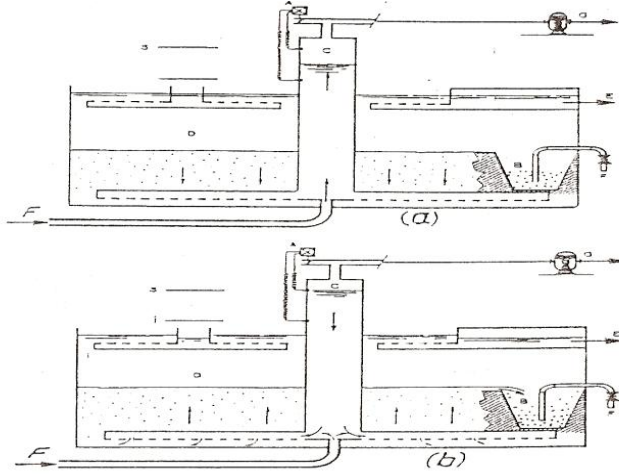
Ancak pıhtı yatağı hareketsiz yapıldığı takdirde zamanla bu yatakta kanallar açılır ve bu kanallardan ince pıhtılı bulanık su temizlenmeden yukarı çıkar. Buna meydan vermemek için pıhtı yatağını ya şekil 4.24 deki (A ham su ve koagülant boşaltma kabı B karışma bölgesi D karıştırıcı pervane C pıhtı yatağı) gibi bir ters sirkülasyonla karıştırmak yahut da şekil 4.25 deki gibi körük (nabız) hareketi ile karıştırıp kanal oluşumuna fırsat vermemek yoluna gidilir. Pıhtılar ağırlaşmış olduğu için suyun sürüklenmesi ile ancak belli bir seviyeye kadar çıkar ve arada yatak halinde askıda kalır. Yatak içinde suyun hızı fazladır, zira kesitin bir kısmı pıhtıları tarafından kapatılmıştır. Suyun hızı pıhtı yatağını aşınca düşer, bu nedenle; yataktan yukarı doğru bir pıhtı tanesi koparılıp körüklenirse dahi, yukarıda hızı azalmış olacağından, pıhtı tekrar aşağıya düşer.

Şekil 4.25 deki (i) ile (s) kontaktör düzeyleri arasındaki mesafe 1m kadardır. Köpük gibi nabız hareketi yaparak pıhtı yatağını karıştıran düzen a deki durum: Hava valfı (A) kapanmış, (C) de vakum doğmuş, pıhtı yatağı aşağı iniyor. b deki durum: Su S düzeyine gelince kontakla hava valfı (A) açılmış; hava basıncı etkisi ile (C) deki su havuza (D) bölgesine hücum ediyor ve pıhtı yatağı

nabız hareketi ile karıştırıyor. Su I düzeyine gelince (A) valfı kapanıyor ve (C) de tekrar G vakum pompası tarafından vakum meydana getiriyor. (B) çamur teknesi (F) çamur atışı, (E) duru su çıkışı, F ham su girişi



Şekil 4.24. Pıhtı yataklı çökeltme havuzu

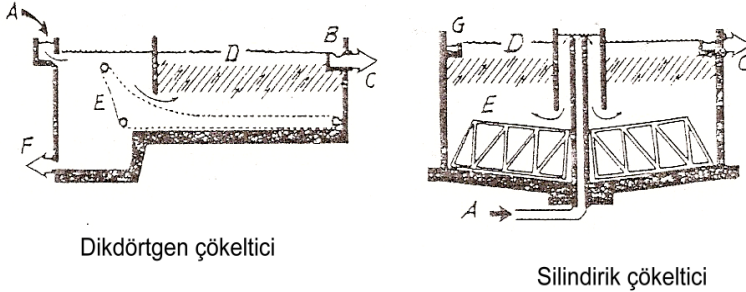


Şekil 4.25. Körük gibi nabız hareketi yaparak pıhtı yatağını karıştıran düzen

4.7.3. Çökeltme Tesislerinde Son Gelişmeler

Çökeltme tesislerinin, en önemli parametresi yüzey yükü dediğimiz $v=Q/S$ $m^3/m^2/sn$ arasındır. Son çalışmalarda bu hızın azaltılmasına ve akışında laminar olarak oluşturulmasına uğraşılmaktadır. Bu maksatla a) Çok katlı ve b) Laminar ve borulu şekil 4.26 (A ham su girişi B çıkış kanalı C berrak su D borulu veya lamelli çökeltici takım E çamur sıyrıcı F çamur atma yeri G çevresel çıkış kanalı) çökeltme havuzları üzerinde çalışılmaktadır. Borulu çökelticiler yerleştirilmiş klasik çökeltme havuzları

Ayrıca “ağırlaştırılmış flok”, “mikrobumun” akışkan hale getirilmesi ile berraklaşmanın hızlandırılması ve “flotasyon” işlemleri üzerinde çalışılmaktadır. Aynı zamanda daha iyi koagülant bulunmasına çalışılmaktadır.



Şekil 4.26. Borulu çökelticiler yerleştirilmiş klasik çökeltme havuzları

4.8. Kum Filtreleri

Su bir kum tabakasından geçtiği zaman askı ve kolloidal maddeleri hemen hemen tamamen tutulur ve içindeki bakterilerin miktarı azalır.

Suyun düzelmesindeki etkili olaylar

- a. Mekanik Süzülme
- b. Çökelme
- c. Absorbsiyon (yüzeysel çekim)
- d. Elektrik'i etkiler
- e. Biyolojik etkiler

Kum filtrelerinin süzme hızlarına göre sınıflandırılması

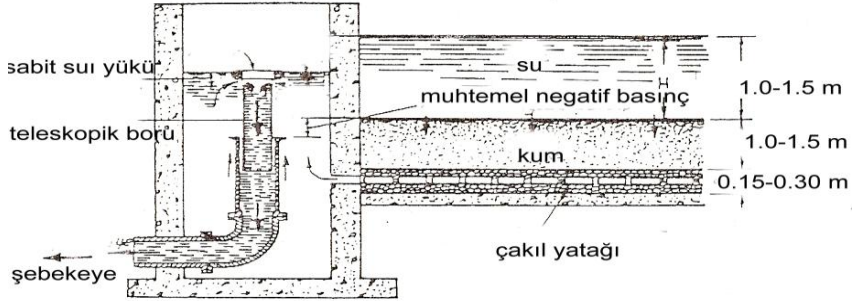
- a. Yavaş
- b. Hızlı
- c. Aşırı Hızlı

Akış yönlerine göre kum filtrelerinin sınıflandırılması

- a. Yukarıdan aşağıya akışlı
- b. Aşağıdan yukarıya akışlı (Ters Akışlı)
- c. Aşağı yukarı akışlı

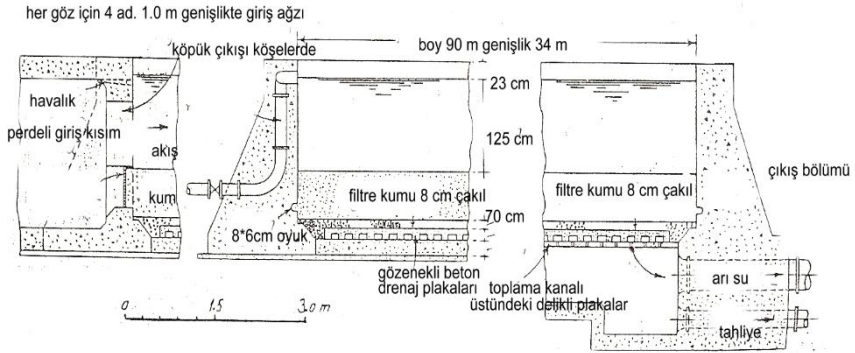
4.8.1. Yavaş Kum Filtreleri

Dikdörtgen bir havuzun en altına dren boru veya kanalları bulunur. Bu sistemin üstüne ve etrafına takriben 10cm kalınlıkta, 15-75mm çaplı iri çakıl tabakaları ilave edilir. Bunların üstüne 10cm kalınlıkta ve 10-25mm çaplı orta büyüklükte çakıl tabakası konur. Yine 10cm kadar kalınlıkta 5-10mm çaplı ince çakıl tabakası, bununda üstüne de 1-1,5m kalınlıkta kum tabakası konarak “Yavaş Kum Filtresi” yapılmış olur (Şekil 4.27 ve 4.28). Kumun düzgünlük katsayısı $u=1,75-2,00$, etkin tane çapı $p=0,3-0,4mm$ olur. Kum ne kadar ince olursa süzme işini o kadar iyi yapar, ancak çabuk tıkanır. Kum tabakası üzerindeki su kalınlığı 1-1,5m olmalıdır. Suyun süzme hızı $2,5-10m^3/m^2/gün$ olup çoğunlukla hesaplamalarda $3m^3/m^2/gün$ olarak alınır.



Şekil 4.27. Çıkış ağızı boyunca yavaş filtre kesidi

Yukarıdaki şekil 4.27 de debi kontrolü flotörlü teleskopik bir boru ile yapılır. Meydana gelmesi muhtemel negatif basınç miktarı da şekilde gösterilmiştir.



Şekil 4.28. Yavaş kum filtresine ait çeşitli kesitler

4.8.1.1. Ham Su Özelliği

Yavaş kum filtresinden süzülecek suya pıhtılaştırıcı herhangi bir madde karıştırılmaz. Aynı zamanda ham su fazla bulanık

olmamalıdır. Bulanıklığı 50 birimden fazla olan suların önce bir ön-çökeltme ve/veya bir çökeltme havuzuna alınarak dinlendirilmesi, ondan sonra yavaş filtreden geçirilmesi gerekir. Ekonomik sonuç 30 birim bulanıklığındaki sularla alınabilir.

4.8.1.2. Süzme Şekli ve Temizleme

Yavaş kum filtreleri süzme işini üst kısımlardaki 3-5cm lik kısım sayesinde yaparlar, alt kısmın fazla bir etkisi yoktur.

Servise sokulan taze bir yavaş kum filtre yatağı etkili süzme yapamaz. Bunun için birkaç gün geçmesi, üstte tutulan çamurlarda biyolojik bir yaşam meydana gelmesi gerekir. Suyun etkili süzülmesini sağlayan, kum tabasının en üstündeki 2-3cm kalınlığındaki bu biyolojik çamur tabakasıdır. Zamanla bu tabaka çok tıkanır ve aynı debiyi geçirebilmesi için filtrenin fazla yük kaybı vermesi gerekir. Bu hale gelince kum filtresi servisten çıkarılarak temizlenir. Temizlemek için filtrenin suyu boşaltılır; sonra kum tabakasının üstündeki 2-3cm kalınlığındaki çamurlu kum tabakası sıyrılarak dışarı atılır. Bundan sonra filtre tekrar servise konur. Başlangıçtaki kum derinliği (ki 1,0-1,5m kadardır) %40 a ininceye kadar, yeni kum ikmali yapılmadan çalışma sürer.

Üstteki tabakayı basınçlı su sıkarak onu karıştırıp çamurlarını ufaladıktan sonra dışarı atmak suretiyle de temizlik yapılabilir.

4.8.1.3. Arı Su Kalitesi ve Kullanımı

Yavaş kum filtresinden çıkan arı suyun bulanıklığı 5 birime hatta daha aşağıya inmiş, bakterilerin de %98-99'u tutulmuş olabilir. Bu nedenle yavaş filtreden çıkan su da ancak klorlandıktan sonra kullanılmalıdır.

4.8.1.4. Kullanma Yerleri

Yavaş kum filtreleri geniş sahalar işgal eder, inşaatlarda masraflıdır. Bu nedenlerle artık fazla kullanılmamaktadır. Buna

rağmen, temizleme verimi yüksek olduğundan, Avrupa’da hala çok kullanılan sistemlerdir.

Mekanik aksama, elektriğe gerek göstermediğinden kırsal kesimlerde kullanılabilir.

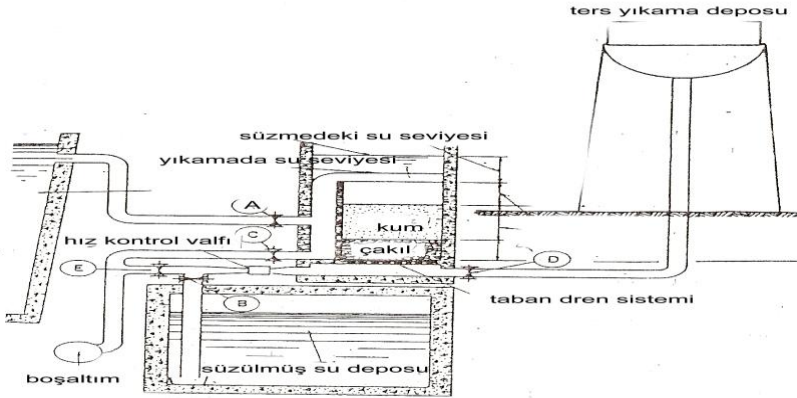
4.8.2. Hızlı Kum Filtresi

Hızlı Kum Filtresi Tipleri

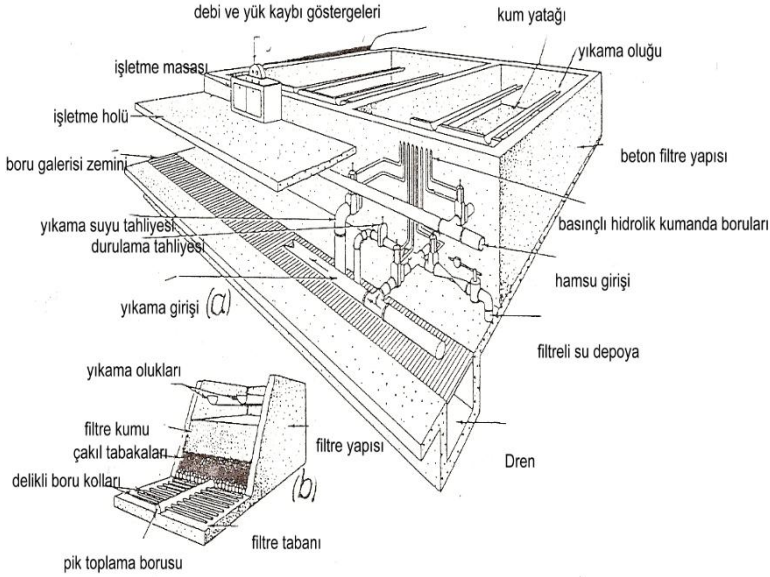
- a. Açık hızlı kum filtresi
- b. Kapalı hızlı kum filtresi

4.8.2.1. Açık Hızlı Kum Filtresi

Genel görünüşü Şekil 4.29 da verilmiştir. Bunlarda belirgin özellik yavaş kum filtrelerinde süzme işi üstten 3-5cm lik kum tabakası tarafından yapıldığı halde bunlarda süzme işinde kum tabakasının bütün derinliği iştirak eder. Süzme hızı $3-10\text{m}^3/\text{m}^2/\text{saat}$ arasındadır. Genellikle $4-6\text{m}^3/\text{m}^2/\text{h}$ lik hız kullanılır. Çamur parçacıkları kum tabakasının alt kısmına kadar inebilir Şekil 4.30 da bir açık filtre tesisi görülmektedir. Şekildeki a bölümü açık tip hızlı kum filtre tesisini, b ise borulu taban drenaj sistemini göstermektedir.



Şekil 4.29. Açık tip hızlı bir kum filtresinin genel görünüşü

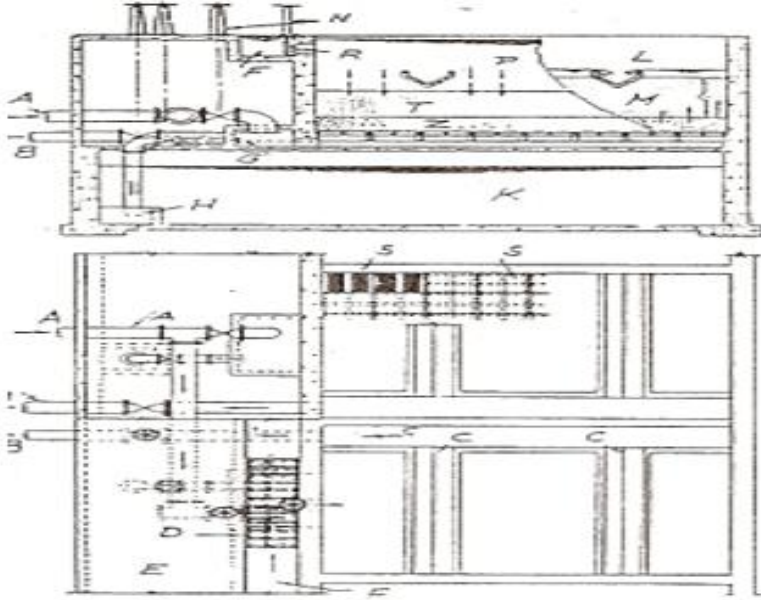


Şekil 4.30. 'a Açık tip hızlı kum filtre tesisi b borulu bir taban drenaj sistemi

a) Yıkama

Bu filtrelerin yıkanası, aşağıdan yukarı doğru, yüksek hızla su vermek suretiyle yapılır. Bu yıkama suyu hızı, hava veya mekanik yüzey karıştırıcılar gibi herhangi bir karıştırıcı kullanılmadığı takdirde, $30-55\text{m}^3/\text{m}^2/\text{h}$ olabilir. Kum iri taneli olursa yıkama suyu hızı da yüksek olmalıdır; zira ancak bu sayede kum yatağı yeterince kabarmabilir. Yıkama sırasında kum yatağı %20-30'dan fazla genişlememelidir. Aksi takdirde kumlar birbirlerinden uzak kalacağından birbirlerine sürtünerek üstlerindeki çamurun soyulmasına yardımcı olamazlar. (Şekil 4.31) de yıkama sırasında kum yatağının kabarması ve açık filtrenin genel görünüşleri verilmiştir. Şekilde geleneksel filtre tesisinin çeşitli kısımları ve yıkama sırasında kum yatağının kabarması gösterilmektedir. Şekil 4.31 deki bölüm kısımları aşağıda maddeler halinde açıklanmıştır:

A yıkama suyu girişini,
B yıkama suyu atışını,
C yıkama suyu oluk ve kanalını,
D ham su giriş kanalı ızgarasını,
E işletme holünü,
F ham su girişı ve dağıtma kanalını,
G süzölmüş arı su çıkışını,
H filtre kumu altına hava girmemesi için su tecridini, K temiz su deposunu,
L ters yıkama durumunu,
M ters yıkama kum yatağının genleşmesini N valf kumanda buşaklelerini,
P süzme durumunu,
R ham su giriş duvar vanasını,
S yalancı taban için beton ızgara bloklarını,
T süzme sırasındaki kum tabakasını,
Z kum tabakası altındaki çakıl tabakasını göstermektedir.



Şekil 4.31. Geleneksel filtre tesisinin çeşitli kısımları

Yıkamada bazen yardımcı olarak hava kullanılır. Havalı yıkamada önce hava vanası açılır, hemen arkasından su vanası kısmen açılır.

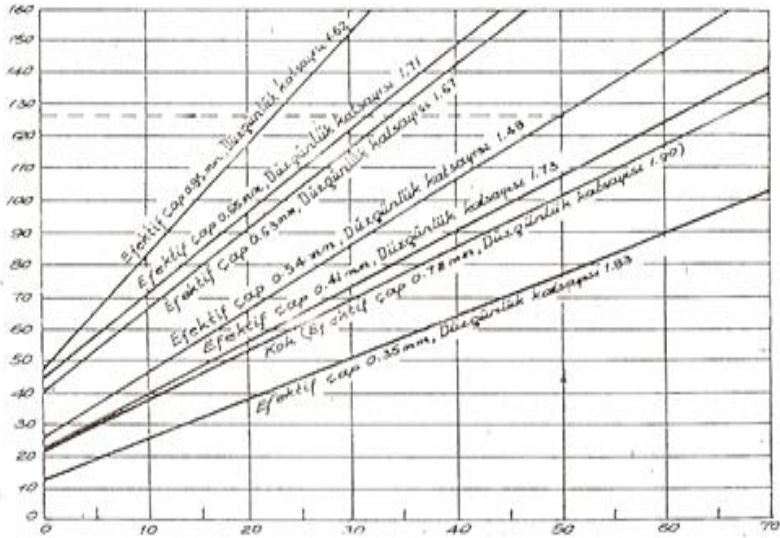
10 dakika sonra hava vanası kapatılıp su vanası tamamen açılır. Dışarı çıkan yıkama suyu berraklaşmaya başlayınca yıkamaya son verilir. Hava basıncı 5-6mss olur. Hava ihtiyacı $40-90\text{m}^3/\text{m}^2/\text{h}$ dir. Bu hacim havanın atmosfer basıncındaki serbest hacmidir.

Su ile yıkamada bazen kum tabakası tırmık tertibi ile karıştırılır ve bazen de kum tabakası üzerine de su sıkılarak çamurları sökülüp atılır ve kumun iyi temizlenmesine yardımcı olunur. Fakat genellikle sadece ters su ile yıkama yapılır. Bu suyun taban altındaki basıncı 12-15m olmalıdır.

Yıkama suyu filtrenin üst kısmında (dolu savak gibi) bulunan yıkama suyu oluklarından toplanarak dışarı atılır.

Ters yıkama düzeninde bütün mesele suyu, kum tabakası altının her tarafına eşit şekilde dağıtmak ve yukarı çıkan bu suyu yukarıda da aynı şekilde, mümkün olduğu kadar geniş bir alandan oluklara almaktır. Ancak bu sayede kumların alabora olması, bir tarafta yığılması ve yerinin boş kalması önlenabilir. İkinci önemli husus da yıkama suyu hızının ne çok az ne de çok fazla olması, kum yatağını yaklaşık %20 oranında kabartması, böylece iki elin birbirini yıkaması gibi kum tanelerinin sürtünerek birbirlerini yıkamalarının sağlanmasıdır.

Çeşitli çaptaki kumlar için yatak genişleme yüzdesi ve bu genişlemeyi sağlayacak su hızları (Şekil 4.32) de gösterilmiştir.



Şekil 4.32. Çeşitli hızlarda kum yatağının genişleme yüzdesi

b) Durulama

Yıkamadan çıkan filtrenin kum tabakası içinde ve üstünde dışarı atılmamış bir miktar çamurlu su kalmıştır. Eğer filtre hemen servise konursa bu çamurlu sular, özellikle kum yatağının alt kesimindekiler, hemen depoya giderek oradaki temiz suyu da kirletirler. Bunu önlemek için yıkanmış filtreden ilk ağızda çıkan

sular dışarı atılır, ta ki bu yıkanmış filtre suyu iyice berraklaşsın ve içinde çamur, askı madde hiç kalmasin. Bunun için (Şekil 4.30) depo giriş vanası kapatılır, (E) durulama vanası açılarak süzülen su birkaç dakika dışarıya akıtılır. Bu işleme de “filtrenin durulanması” denir. Durulama suyu bir açık kanala akıtılıyorsa bu durumda altına bir bardak konur ve alınan suya bakılır, berrak ve temizse (E) vanası kapatılarak (B) depo girişi açılır.

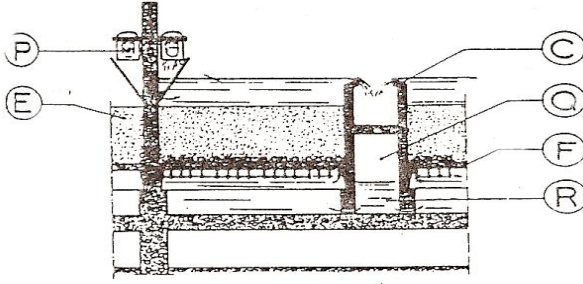
c) Süzücü Madde

Genellikle kum kullanılır, bunun aşınmaya dayanıklı “kuvars kumu” olması gereklidir. Düzgünlük katsayısı $u = d_{60}/d_{10} = 1,35 - 1,75$ ve etkin çap $d_{10} = d_e = 0,40 - 0,55\text{mm}$ arasında olmalıdır. Gittikçe daha iri taneli kum kullanmaya doğru bir eğilim vardır.

Süzücü madde olarak, çok az da olsa, antrasit kömürü de kullanılmaktadır. Bunun için sert antrasit kömürü öğütölüp elenerek kum haline getirilir. Bu kömür kısmında $d_e = 0,70 - 0,75$ ve $u = 1,75$, yatak derinliği de $0,60 - 0,75\text{m}$ olmalıdır.

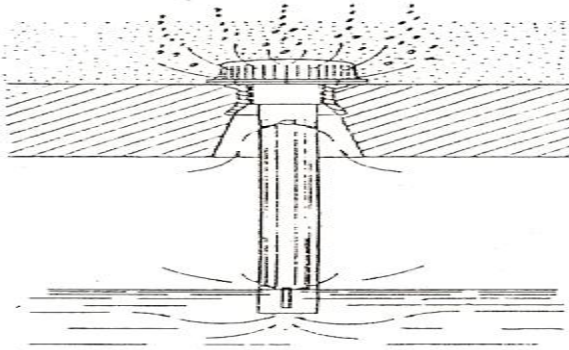
d) Yapı (Konstrüksiyon)

Açık, hızlı filtrelerinde genellikle bir drenaj tabanı bulunur. Bu tabana başlıklar takılmıştır. Başlıklar kumu geçirmeyecek kadar ince yarıklı (delikli) olduğu takdirde etrafına çakıl tabakası koymaya gerek yoktur. (Şekil 4.33 ve 4.35). (Şekil 4.34) de tek olarak gösterilen bu ince yarık tipi delikli başlıklardan, yalnız su ile yıkama yapıldığı takdirde metrekareye 100 adet kadar, hava-su yıkaması yapıldığı takdirde metrekareye 50-75 adet kadar konmalıdır.

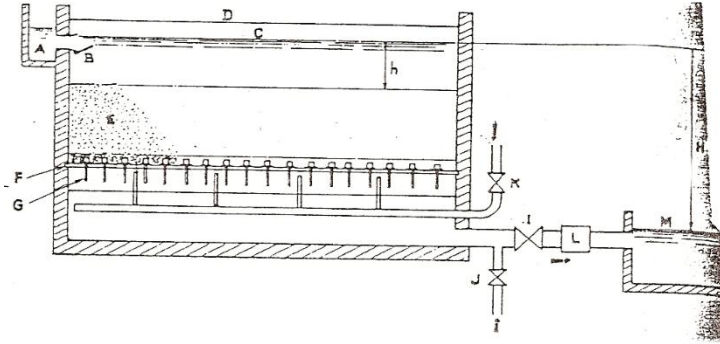


Şekil 4.33. Başlıklarla donatılmış drenaj tabanına sahip bir açık filtrenin ters yıkama hali

Şekil 4.33 deki bölmeler kısaca; E filtre kum yatağını, F filtre drenaj tabanını, C yıkama suyu dışarı atılışını P otomatik giriş valfini, Q yıkama havası kanalını, R ters yıkama suyu girişini göstermektedir.



Şekil 4.34. Havalı yıkamada kullanılan uzun borulu bir başlığı montaj ve etki tarzı

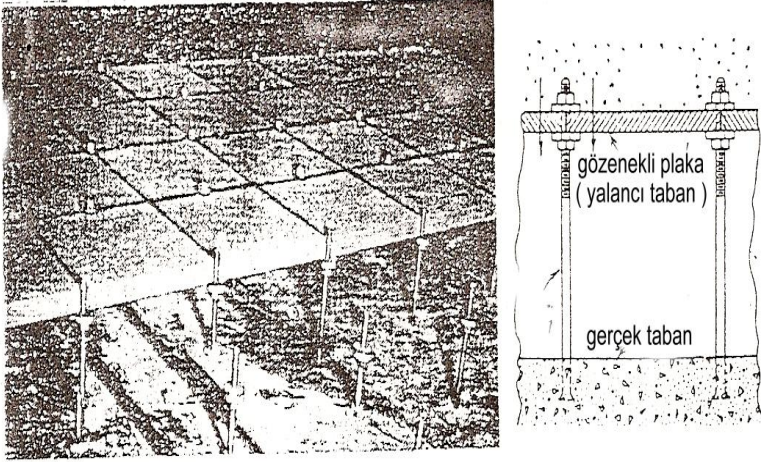


Şekil 4.35. İnce yarıklı başlıklardan oluşan filtre (drenaj) tabanına sahip bir açık filtre tesisi (degremant aquazur filtre)

Şekil 4.36'de ince yarıklı başlıklardan oluşan filtre drenaj tabanına sahip bir açık filtre tesisi görülmektedir. A ham su girişindeki klapeyi, C filtredeki su seviyesini, D ters yıkama suyunu dışarı atan kanalı (savak), E filtre yatağını, F tabanı, G başlıkları, H kullanılabilecek yüksekliği göstermektedir.

Havalı yıkamada her bir başlığa saatte 1m^3 hava ve $0,3\text{m}^3$ yıkama suyu verilmelidir. Hava debisi $60\text{m}^3/\text{m}^2/\text{h}$, su debisi $20\text{m}^3/\text{m}^2/\text{h}$ alınmalıdır.

Basınçlı havanın boru veya kanallardaki hızı $600\text{m}/\text{dak}$ alınabilir. Son zamanlarda gözenekli betondan yalancı tabanlar yapılmaya başlanmıştır (Şekil 4.36). Bunlarda başlık yoktur, kumdan süzölmüş temiz su bu gözenekli tabandan geçerek aşağıda toplanır, oradan depoya gider ve yıkama suyu da alttan yukarı bu beton plakların gözeneklerinden geçerek kum altına dağılır. Ancak bu plaklar zamanla çamur ve yosunla tıkanırsa düzeltilmeleri zor olabilir, belki de yerlerine yenileri konmaları gerekebilir.

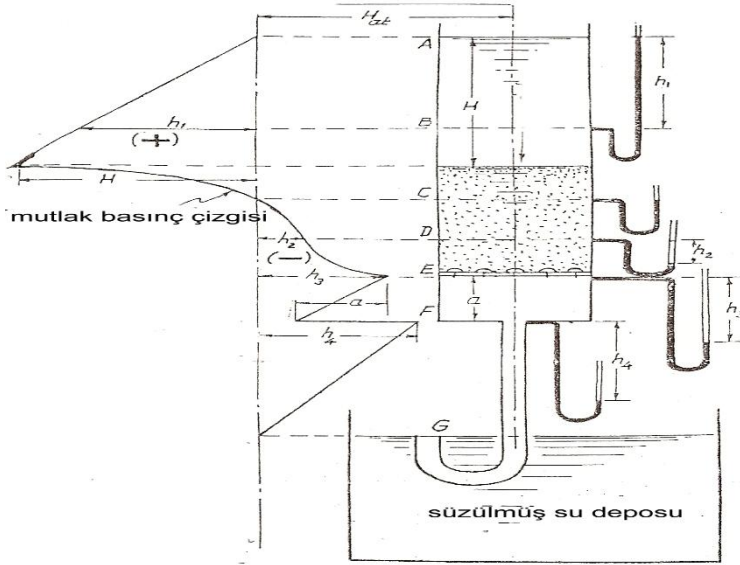


Şekil 4.36. Gözenekli silika plakalardan oluşan bir filtre tabanı görünüşleri

e) Negatif Basınç

Kum filtresi içindeki basınç dağılımı, filtre çok kirlenmişse (Şekil 4.37) deki gibi olabilir.

Bu durumda filtre kumun üst tabakaları çamurda fazlaca tıkalı olduğu için bu kısımda hız enerjisi v^2/g ve sürtünme kaybı (Δh) oldukça artar ve (B) kesimindeki efektif basınç (h_1) iken (C) de sıfır olur. (D) kesiminde (negatif (-)) h_2 ve başlıklardan geçerken fazla yük kaybı olacağından (E) de negatif (-) h_3 miktarına düşer. Yani (D) ve (E) kesimlerindeki mutlak basınç açık hava basıncından (h_2) ve (h_3) kadar daha azdır. Dolayısıyla (D) ve (E) kesimlerinde kısmi vakum vardır. (h_2) ve (h_3) e negatif basınç denir.



Şekil 4.37. Kirlenen kum yatağında negatif basınç doğması

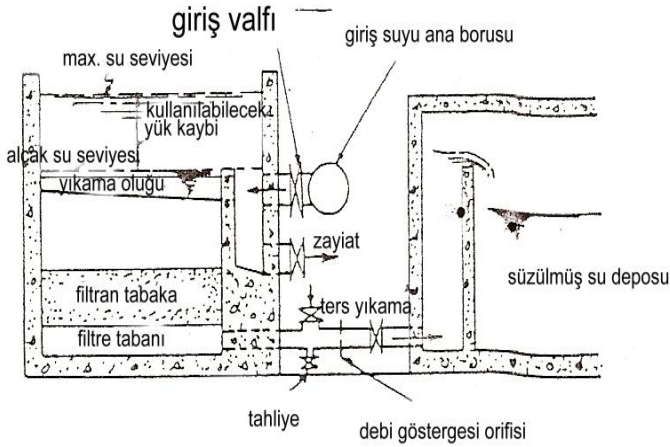
Kum tabakası içinde böyle negatif basınç (alçak basınç) meydana gelmesi istenmez. Çünkü böyle bir durumda üstteki çamurlar basınç fazla etkisi ile aşağıya doğru itilerek aşağı kısımlarda sıkışır ve hatta topraklar haline gelir ki bu çamurları ters yıkama ile söküp atmak zorlaşır ve filtre fonksiyonu bozulur. Bu nedenle Hızlı kum filtrelerinde, ters yıkamadan hemen sonraki yük kaybı, 1,2-1,8 metreden fazla olmamalıdır. Kum ne kadar ince ve süzme hızı ne kadar fazla ise başlangıç yük kaybı da o denli fazla olur. İşletme sürdükçe filtre giderek kirleneceğinden yük kaybı artarak 3-4,5 metreye çıkabilir. Ancak uygulamada yük kaybının 3 metreyi geçmesi pek istenmez.

Filtre çıkışında F ham su giriş ve dağıtma kanalı G süzülmiş arı su çıkışı (FG) borusu varsa borudaki piyezometri çizgisi, depoda (G) nin altındaki su seviyesinden etkilenmez. Boru ucunun ters sifon şeklinde kıvrık olması ile de filtrenin içine, negatif basınçla

çalışması halinde hava girmesi önlenir. Bu hava, kum yatağının süzme alanını küçülteceğinden istenmez.

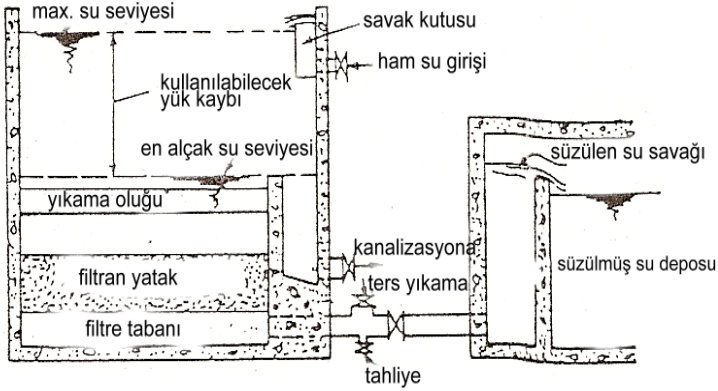
f) Filtrede Debi Kontrolü

Eskilerde filtreden geçen debinin sabit olmasına özen gösterilirdi, bugün bu görüş artık terkedilmiştir. Daha basit ve sakıncalı olmadığı için filtrenin ortak bir kanaldan, ya (Şekil 4.38) deki gibi serbest savak sistemi ile ya da (Şekil 4.39) deki gibi dip savağı sistemi ile beslenmesi yolu tercih edilmektedir.



Şekil 4.38. Giriş suyunun her filtre gözüne eşit paylı olarak dağıtılan sistem

Şekil 4.38 de giriş suyunun serbest savak düzeni ile her filtre gözüne eşit paylı olarak dağıtılması görülmektedir. Bu takdirde her gözdeki su seviyesi farklı, fakat çıkan debi eşit olur

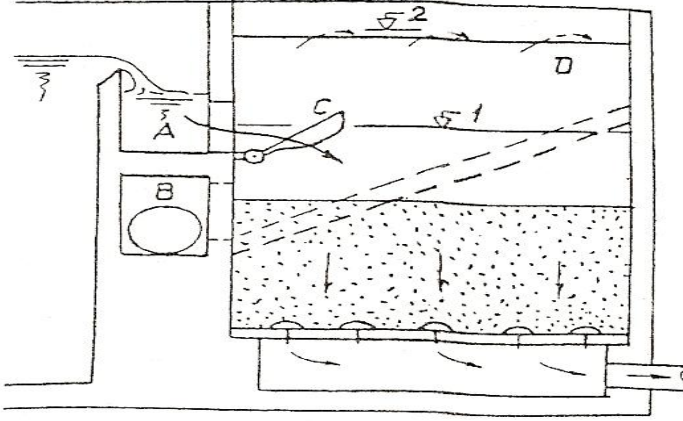


Şekil 4.39. Giriş suyunun bütün gözlerdeki su seviyesini eşit yapan sistem

Şekil 4.39 da giriş suyunun dip savağı ile filtre gözlerine verilerek bütün gözlerdeki su seviyesini eşit yapmak için kullanılan sistem görülmektedir. Bu sistem sayesinde kirli gözden az su, temiz gözden çok su geçer.

g) Ham Su Giriş Klapesi ve Yıkama Suyu Oluğu

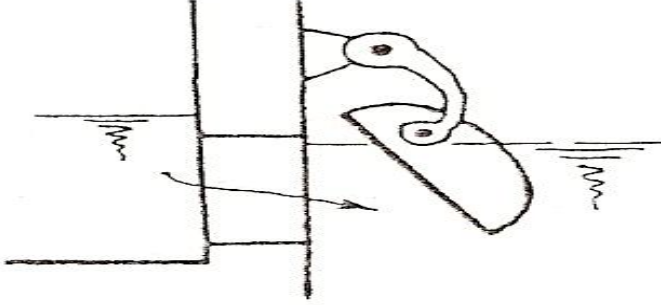
Şekil 4.40 da gösterildiği gibi çoğu durumda ham suyun filtrelere giriş kanalı (A) ve yıkama suyunu atan tahliye kanalı (B) bütün filtre gözleri için ortak yapımdır.



Şekil 4.40. Filtrelerde giriş klapesinin ve yıkama suyu oluşunun durumu.

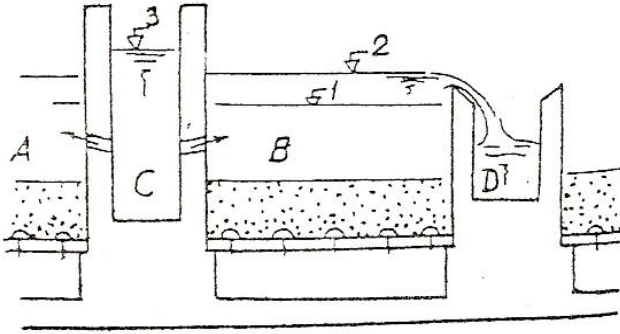
Şekil 4.40 da ham su (C) klapesini açarak filtreye girer. Normal süzme sırasında su (1) seviyesindedir. Ters yıkama sırasında bu seviye (1) den (2) ye çıkar; böylece (C) klapesi, sağ tarafında daha fazla basınç olduğundan, kapanır ve pis yıkama suyu, dolu savak durumundaki (D) yıkama suyu oluklarından (B) tahliye kanalına geçer. Böylece yıkama sırasında ham su girişi otomatik olarak kapanır ve pis su çıkışı kendi kendine açılmış olur. Kesik çizgili oklar yıkama suyu akışını göstermektedir.

Şekil 4.41 de değişik tip, çift mafsallı yukarıdan asılı giriş suyu klapesi görülmektedir. Bu klapede yıkama başlayınca kendi kendine kapanmakta böylece operatörün işi azalmakta, giriş suyu ağzına gidip kapamasına gerek kalmamaktadır. Her iki halde de klape tablası içi boş bir şamandıradan ibarettir. Ayrıca yıkama oluğu geniş ağzını yukarıda (2 seviyesinde) yapmakla da ikinci bir otomatik sağlanmış, bir yıkama suyu çıkışı için vana koymaya ve bu vanayı açıp kapamaya gerek kalmamıştır.



Şekil 4.41. Yukarıdan asılı şamandıra klape

Şekil 4.42 deki tesiste de yıkama suyu atılışında herhangi bir vana açıp kapamaya gerek yoktur; (C) kanalındaki (3) su seviyesi ters yıkama sırasındaki (2) seviyesinden biraz daha yüksek olduğu için ters yıkama pis suyu (C) kanalındaki suya karışamaz. (1) seviyesi normal süzme sırasındaki seviyesidir. (A) ve (B) gözleri tek bir filtre gözünü teşkil etmekte aynı anda yıkanmaları zorunlu bulunmaktadır. Çökeltme havuzundaki su C orta kanalından A ve B gözlerine girer. Ters yıkama suyu D kanalı ile dışarı atılır



Şekil 4.42. Çökeltme havuzu

h) Kanal ve Borularda Hız

Arıtma tesislerindeki hızlar (Çizelge 4.3) deki gibi olmalıdır.

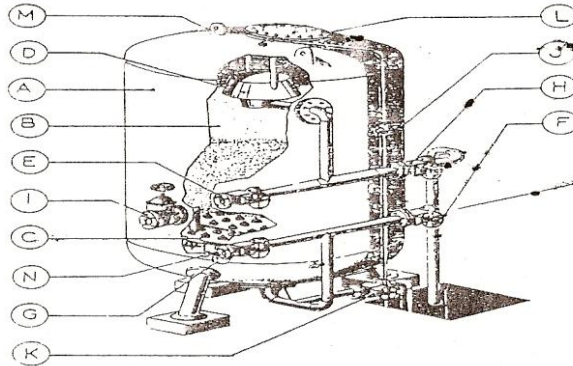
Çizelge 4.3. Arıtma tesisinin çeşitli kısımlardaki hızları

Ham su için	0,9 – 1,8 m/s
Yavaş karıştırıcıdan çıkan pıhtılı su için	0,3 – 0,6 m/s
Filtrelili su çıkışı için	0,9 – 1,8 m/s
Yıkama suyu girişi için	2,5 – 3,6 m/s
Yıkama havası girişi için	12,0 m/s
Yıkama suyu çıkışı için	1,2 – 2,5 m/s
Yıkama suyunu kanalizasyon bağlayan hat için	3,5 – 4,5 m/s
Durulama suyu çıkışı	1,5 – 3,0 m/s

4.8.2.2. Kapalı Hızlı Kum Filtreleri

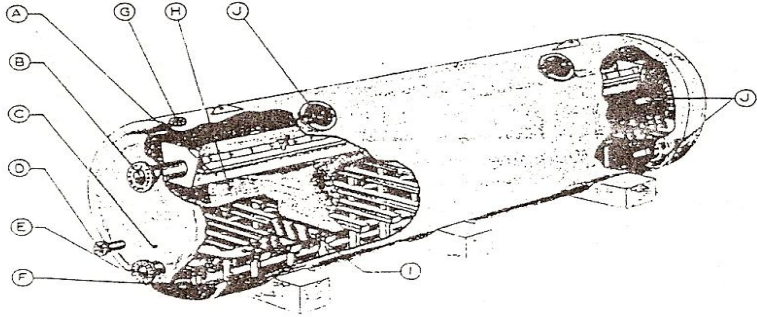
Basınçlı filtre de denilen kapalı filtreler, prensip itibarı ile açık kum filtresine benzerler. Bunlar da kum (gerektiğinde çakıl da) tabakası, uçları bombeli olan dikey veya yatay, silindirik şekli bir tank (kazan) içerisine yerleştirilmiştir. Bu tanklar 10 atmosfer basıncına kadar ekonomik olarak yapılmaktadırlar. Bu sayede suyu basınç altında süzmek mümkün olmakta, böylece açık filtrelerdeki gibi, hem filtreden önce, hem de filtreden sonra iki ayrı pompaj yerine bir kademe pompaj ile ise görülmektedir. (Şekil 4.43) de dikey tip ve (Şekil 4.44) de ise yatay tip, yukarıdan aşağı akışlı geleneksel kapalı filtreler görülmektedir.

Şekil 4.43 de Su- hava yıkamalı bir dikey tip kapalı filtre görülmektedir. Bu filtrenin bölmeleri aşağıda detaylandırılmıştır: A- Çelik kazan, B- Filtre yatağı (kum veya antrasit), C- Başlıklı taban, D- Ham su yayıcı, E- Ham su girişi, F- Süzölmüş su çıkışı, G- Yıkama suyu girişi, H- Yıkama suyu çıkışı, I- Yıkama havası girişi, J- Hava çıkışı, K- Hava tahliye, L- Adam deliği, M- Kaldırma kulakları, N- Yıkama sırasında su seviyesini kontrol.



Şekil 4.43. Su- hava yıkamalı bir dikey tip kapalı filtre

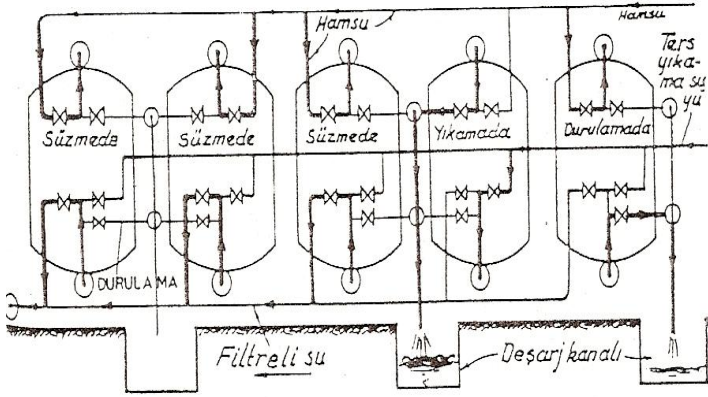
Şekil 4.44 de yatay kapalı filtre (su- hava yıkamalı) sistemi görülmektedir. A- yıkama suyu toplama yatağını (ayarlı savaklı), B- ham su girişi ve yıkama suyu çıkışını, C- hava yatağını kontrol ve süzölmüş sudan numune alma musluğu yerini, D- temizleme havası girişini göstermektedir. Yine E- süzölmüş su çıkışı ve yıkama suyu girişini, F- tahliye, G- hava boşaltma bölümünü, H- filtre yatağını, I- başlıklı taban J adam deliğini göstermektedir.



Şekil 4.44. Yatay kapalı filtre su- hava yıkamalı

Filtre tabanı çoğunlukla açık filtrelerdeki gibi yalancı (asma) taban olarak yapılır ve üzerine başlıklar (memeler) konur.

Dikey veya yatay kazanlar yan yana, paralel bağlı şekilde konarak büyük filtre tesisleri meydana getirebilir. Şekil 4.45’de beş valf düzenine göre çalışan 10 ünitelik filtre tesisi $Q = 200 \text{ l/s}$ debili filtre tesisi görülmektedir. Filtre tesisi 5 şer ünitelik paralel iki sıra halinde görülmektedir.



Şekil 4.45. Beş valf düzenine göre çalışan filtre tesisi

Dikey ve yatay kazanların çapı genellikle 3m den az yapılır; dikey kazanlar bombesiz, silindirik kısmının yüksekliği en az 1,4m olmalıdır. Yatay kazanların boyu yer durumuna göre istendiği kadar uzun yapılabilir.

Kapalı ve Açık Filtrelerin Karşılaştırılması

Basınç altında karıştırma, koagülasyon ve flokülasyon işlemlerinin yapılması mümkünse de zordur. Bu nedenle bu işlemlerin açıkta yapılması yoluna gidilir ve sonunda yine çift terfi sistemine başvurulur.

Kapalı hızlı kum filtreleri büyük olmayan içme suyu tesisleri ile sanayi ve yüzme havuzu tesisleri için lüzumlu suların arıtılmasında tercih edilir. Komple fabrikasyon olarak imal edilen tesis, kullanma mahallini kolayca monte edilir. Tesis, suyun cazibe ile akışına bağlı olmadığından, en az sarfiyat gerektiren en uygun yere konabilir.

Ayrıca bir kazanın yıkanabilmesi için normal süzme sırasındaki debinin 4-5 katında debiye ihtiyaç olduğundan, tesis en az 5 kazanlı yapılırsa diğer 4 kazandan çıkan arı sular o bir kazanı yıkayabilir.

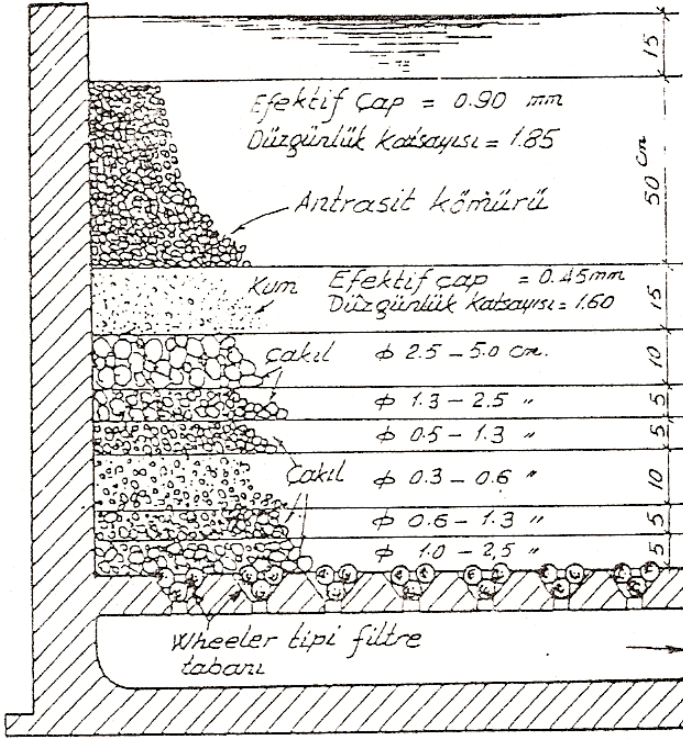
Kazanlar (filtreler) daima basınç altında olduğundan, açık filtrelerdeki gibi negatif basınç doğması, dolayısıyla eriyik havanın çözülerek kum yatağını tıkaması söz konusu olmaz.

İşin en ideali, ön arıtmanın (flokülasyon, çökeltme) açık hızlı filtrelerdeki gibi, geleneksel açık tesislerde yapılması, filtrasyonun ise kapalı filtrelerde yapılmasıdır. Ancak açık filtrelerde yıkama işlemi gözle izlenebildiği halde kapalı sistemlerde bu olanak yoktur.

4.8.3. Aşırı Hızlı Filtreler

Kum filtrasyonu a) Kum tanelerinin tel süzgeçler gibi süzme özelliği ile b) Kum taneleri arasında kalan ufacık boşlukların birer flokülasyon ve çökeltme havuzu gibi çalışarak, askı maddelerinin cazibe ile buralarda çökmesi özelliğine dayanır.

İşte, filtrenin bu ikinci özelliğinden iyi yararlanabilmek için kumlar arasındaki iri boşlukların yukarıda ince boşlukların aşağıda kalması borunun içinde iri taneli kumların yukarıda ince tanelilerin aşağıda olması gerekir. Hâlbuki geleneksel filtrelerdeki kum tabakası ilk konulduğu zaman kendiliğinden, iri kumlar yukarıda, ince kumlar ise aşağıda yer alır. Fakat daha ilk yıkamada (yani ters yıkamada) aşağıdaki ince taneler sürüklenerek en üste, üstteki iri ve ağır taneler de en alta iner böylece durum bozulur. Bu problem aşağıdaki gibi çözülmüş ve böylece meydana gelen filtrelere “Aşırı Hızlı Filtre” denmiştir. (Şekil 4.46)



Şekil 4.46. Aşırı hızlı (çok yataklı) bir filtrede süzme yatağı durumu

Aşırı hızlı filtrelerde sürücü yatağın üst kesimine “Antrasit kömürü” gibi yoğunluğu az fakat taneleri daha iri malzeme konur; böylece ters yıkamada, yoğunluğu az olan iri taneli bu kömür kumu gene yukarıda kalır. Alttaki ince kum ve çeşitli büyüklükte çakıl tabakaları ise (Şekil 4.46) deki gibi düzenlenerek ters yıkama suyunun düzgün dağılması sağlanır; üstteki iri çakıllar ise alttaki ince çakılların yerinde kalmasını sağlar.

Bu filtrelerde süzme hızı 24m/sn denebilir ki bu hız geleneksel hızlı filtrelerdeki hızın 5-6 katıdır. Ancak bu aşırı hızda

pıhtıların kesilerek parçalanıp ufalanmamaları için sağlam olmaları gerekir. Bu ise pıhtılaşmada polielektrolitlerin kullanılmasını gerektirir.

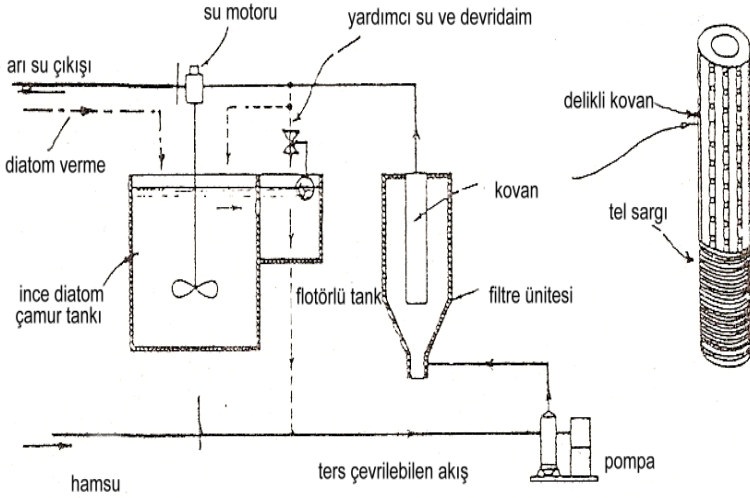
Son araştırmalarda “yukarı akışlı” (Şekil 4.47), “çift akışlı” ve “radyal akışlı” filtreler bulunmakta olup bunlarda da gaye filtrasyon verimini artırmaktır.



Şekil 4.47. Yukarı akışlı bir kapalı filtre

4.8.4. Diatom at – Toprak Filtreler

Bunlar hem 1) sahra içme suyu seyyar arıtma üniteleri olarak hem de 2) yüzme havuzları ve genel su tesisleri için sabit üniteler olarak kullanma yeri bulmaktadırlar. Sanayi atığı suların ve kimyasal suların arıtılmasında da kullanılmaktadırlar. Süzme ortamı Şekil 4.48 deki gibi gözenekli bir kovan üzerine kaplanmış diatom at çamurundan (astar tabakadan) ibarettir.



Şekil 4.48. Küçük bir diatomat toprak filtre tesisi akış diyagramı

Diatomat toprağı çok eski çağlarda ölmüş, tek hücreli, algler sınıfından olan mikroskopik deniz bitkilerinin fosillerinden ibarettir. Filtre işletmeye sokulmadan önce inceltirilmiş diatomat çamuru tesis içinde devrettirilerek kovanların bu çamurla yeterince kaplanması sağlanır; bu çamur astar tabakası gözenekli olup süzmeyi gerçekleştirecek tabakadır. Filtre işletmeye konduktan sonra ham sudan tutulacak kolloidlerin oluşturacağı esas çamur, alttaki diatomat astar çamurunu tıkar. İşte buna meydan vermemek için süzülecek olan ham suya da diatomat toprağı karıştırılır ve böylece üstteki kolloid gövde çamurun da gözenekli ve süzücü olması sağlanır. Bu maksatla verilen diatom dozuna gövde besleme dozu denir.

Diatom iskeletleri 0,5-12 mikron (μ) çapındadır. Astar tabaka için beher (m^2) kovan alanına 0,5-2,5kg. diatom toprağı verilmelidir. Gövde besleme dozu ise, ham su sadece inorganik silt içeriyorsa, beher 1 gram kuru silt için 1,25 gram kuru diatomdur. Organik çamurlar için oran 3/1'e kadar çıkabilir. Filtrasyon hızı $6-15m^3/m^2/sa$ ters yıkama hızı $17-24m^3/m^2/sa$ dır.

Bu filtrelerin kapalı ve açık tipleri ayrıca basınç altında (kapalı) veya vakum altında çalışan tipleri vardır.

4.9. Dezenfeksiyon

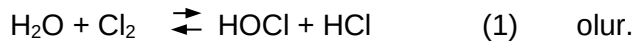
Çökelme ve süzme işlemlerinden geçen su mikrobik yönden tam güvenli değildir. Bunu tam güvenli hale getirmek için dezenfekte etmek gerekir. Bu iş için genel olarak klor kullanılır; o kadar ki çoğu kere dezenfeksiyon yerine klorlama deyimi kullanılır. Mor ötesi ışınlar gümüş gibi metal iyonları, iyot, brom ve potasyum permanganat da gerektiğinde kullanılır. En genel dezenfekte etme yöntemi ise şüphesiz kaynatmaktır.

Ozonlama suda koku yapmaz, aksine suyun fena kokusunu alır. Ancak ozon suda uzun süre kalmaz, $0-20^{\circ}C$ deki suda ancak 10-15 dakika kalabilir. Hâlbuki klorun suda kalması çok daha uzundur, dolayısıyla da suyun sonradan kirlenmesine karşı güven sağlar.

4.9.1. Klorlama

Klorlamanın etkili olabilmesi için, suyun tüketiciye varması süreci içinde, (Çizelge 4.4) deki dozların sağlanması yurdumuzda yeterli görülmüştür. Klorun suya verilmesi ile bu suyun tüketiciye ulaşması arasında geçen süreye “temas süresi” denir.

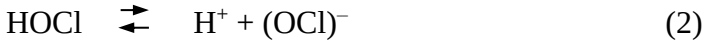
Saf suya klor verildiği zaman aşağıdaki bileşikler meydana gelir.



Çizelge 4.4. Yurdumuzda uygulanan klorlama sınır değerleri

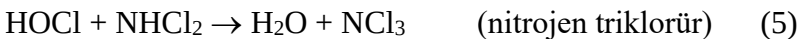
Klorlanacak Suyun pH-değeri ^a	Minimum-artık-—klor-(MGK/l) ^a	
	Bağımsız ^a	Bağlı ^a
< 7 ^a	0,2 ^a	1,0 ^a
7-8 ^a	0,3 ^a	1,5 ^a
> 8 ^a	0,4 ^a	2,0 ^a
Suyun durumu ^a	Minimum-temas-süresi-(dakika) ^a	
	Bağımsız-artık-klor ^a	Bağlı-artık-klor ^a
Arıtılmadan kullanılan içme suları ^a	10 ^a	30 ^a
Arıtılmış içme suları ^a	30 ^a	60 ^a

Ancak suyun içindeki bağımsız (H) miktarına göre (HOCl) de ayrışır ve aşağıdaki reaksiyon meydana gelir.



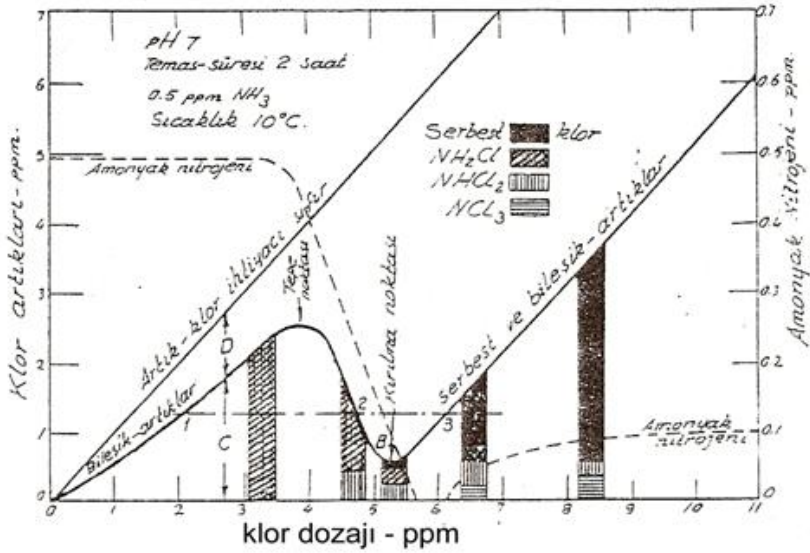
HOCl = Hipoklorit asit, HCl = hidroklorik asit, (OCl)⁻ = hipoklorittir. Bu bileşikler arasında (HOCl) ve (OCl) lere “bağımsız – klor bileşikleri” denir.

HOCl çok kuvvetli bir dezenfektandır, OCl ise nispeten daha zayıftır. HCl in ise mikrop öldürücü olarak pek değeri yoktur. Saf suya rastlamak olanaksızdır. Sularda genellikle birçok organik maddeler örneğin NH₃ amonyak ve madensel maddeler vardır. İşte HOCl bu maddelerle aşağıdaki gibi birleşerek “bağlı-klor” dediğimiz bileşikleri meydana getirir ki bunlar bağımsız klor bileşiklerine kıyasla daha zayıf dezenfektanlardır.



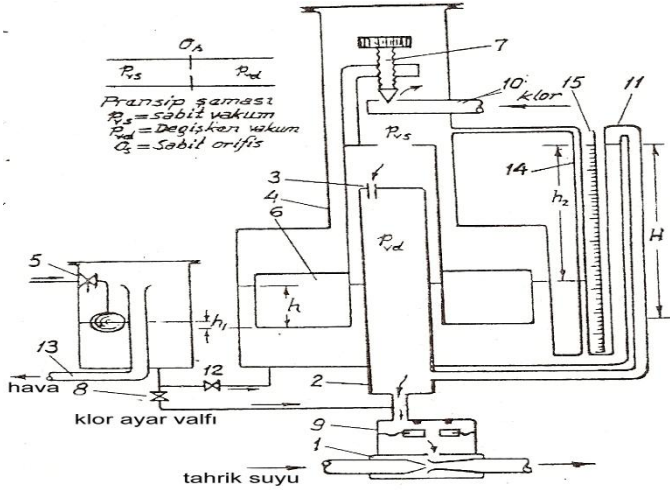
Bağlı klor denen (NH₂Cl), (NHCl), (NCl₃) bileşikleri (Şekil 4.49) da da görüldüğü gibi, bağımsız klor denilen (HOCl) ve (OCl)

a kıyasla çok zayıf dezenfektandır. Çünkü aynı mikrop öldürme etkisini sağlayabilmek için bağlı artık klor dozunun, $\text{pH} < 7$ olması halinde, bağımsız artık klor dozunun 5 katı olması ($0,2 \times 5 = 1$) gerekir.

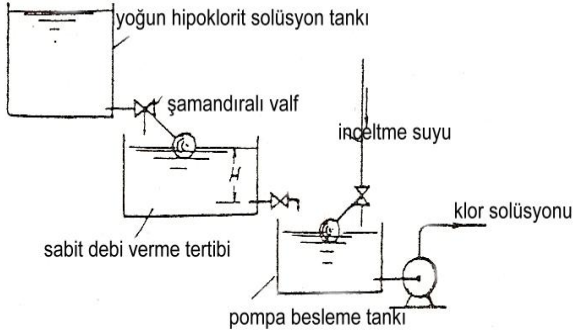


Şekil 4.49. Nitrojen içeren bir suda meydana gelen artık-klor bileşenlerinin klor dozuna göre doz ve tür değişimi

Klorlamanın etkili olabilmesi için (HOCl) in ayrılmadan suda olduğu gibi kalması istenir. Ancak suyun içinde yeterince serbest (H^+) iyonu yoksa su (H^+) ile doyuncaya kadar eşitlik (2) deki gibi (HOCl) ayrışarak suya (H^+) iyonu sağlar ki bu istenen bir şey değildir. Sonuç olarak; (HOCl) in parçalanmaması için suyun önceden (H^+) iyonuna doyurulması yani pH değerinin 7 veya 7'den düşük olması (suyun asidik olması) gerekir. Solüsyon beslemeli bir gaz klorlama cihazı şekil 4.50 de, hipoklorit eriyiğinin içme suyuna verilmesi şekil 4.51 de detaylı olarak gösterilmiştir.



Şekil 4.50. Solüsyon beslemeli bir gaz klrlama cihazı



Şekil 4.51. Hipoklorit eriyiğinin içme suyuna verilışı

4.9.1.1. Klorun Özellikleri

Klor sarı – yeşil renkli; keskin kokulu, havadan 2,5 defa ağır; kuru olduğı zaman metallerde etki yapmaz, fakat ıslak halde iken

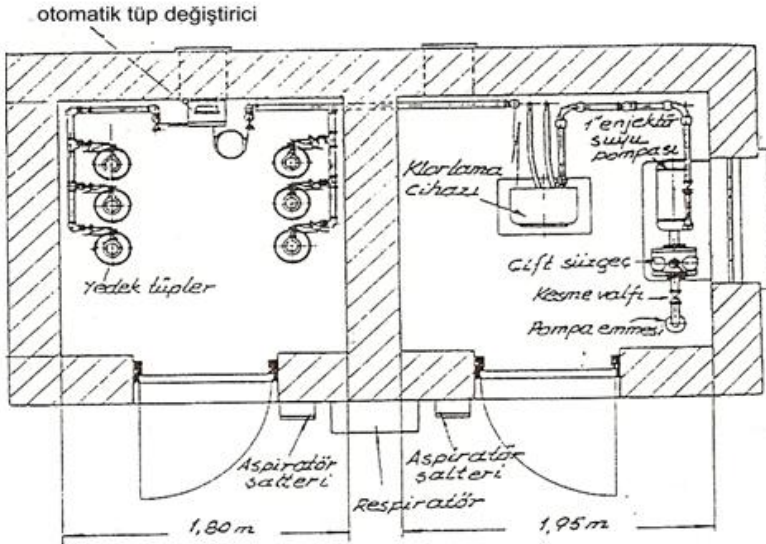
metallere çok etki yapar; boğaz, burun ve ciğer zarlarını tahriş eder; konsantrasyonu %0,1 olan hava 5 dakika teneffüs edildiği zaman insanı öldürebilir; sıvı klor sudan 1,5 defa ağırdır; 100gr. suda (10°C ve 1 atm. de) 1g klor eridiği halde su sıcaklığı 37°C ye çıktığı zaman ancak 0,47g klor erir.

4.9.1.2. Klorun Piyasadaki Şekilleri

Klor piyasada üç şekilde bulunur.

a) Sıvı klor şeklinde, çelik tüp veya tanklar içinde bulunur. Klor tüpleri ve klorinatör ayrı odacıklara konmalı ve hava vantilasyonu sağlanmalıdır şekil 4.52.

b) Sönmüş kirece emdirilmiş olarak, yani toz kalsiyum Hipoklorit [$\text{Ca}(\text{OCl})_2$ = Kireç kaymağı] şeklinde verilir.



Şekil 4.52. Klor tüpleri ve klorinatör ayrı odacıklara konmalı ve hava vantilasyonu sağlanmalıdır

BÖLÜM 5

5. SOĞUTMA KULELERİ

5.1. Soğutma Kulelerinde Suyun Soğutulması

5.1.1. Buharlaştırmanın Sonuçları:

Bilindiği gibi suyun ısıtılması ve kaynatılması için “ısı” ya ihtiyaç vardır. Suyu ısı verilmesi sonucu su molekülleri hareket kazanır ve bu ısı enerjisi ne kadar çoksa su molekülleri de o kadar hızlı veya kinetik enerjiye sahip olurlar. Sonuç olarak ısının verdiği bu enerji öyle bir noktaya erişir ki, bu enerji sayesinde hızlanan su molekülleri su yüzeyine ulaşır ve o yüzeyden kopup atmosfere karışır. Tabii atmosfere karışan bu su molekülleri almış oldukları ısı enerjisini de beraberlerinde götürürler, geride kalan su molekülleri ayrılanlar kadar ısı enerjisi alamamış ve sonuçta da su yüzeyinden kopacak hız veya kinetik enerjiye ulaşamamış demektir. Bunlara da ısı verilmeye devam edilirse onların da hızları artacak ve su yüzeyinden atmosfere karışacaklar demektir. İşte bu su yüzeyini terk etme olayına “Buharlaştırma” denir.

Kısmi buharlaştırma sonucu su kütlesi soğur, zira en çok enerjiyi almış olan su molekülleri kütleyi terk etmiş ve giderken de emdikleri enerjiyi (ısı enerjisini) beraberlerinde götürmüşlerdir. Soğutma kuleleri bu sonuca göre atmosfere en çok su molekülü terk edilebilecek tarzda yapılmışlardır. Sonuçta su tanecikleri yüzeyinde meydana gelen kısmi buharlaştırma su taneciklerini soğutmuş olur.

5.1.2. Buharların Etkileri:

Suyun buharlaşması için hava ile temasta olması gerekir. Temas yüzeyinin büyük olması birim zamanda daha çok su

molekölünün havaya karışmasını sağlar, bu da buharlaşma hızı artıyor demektir. Aynı miktar su kütlesi geniş yüzeyli bir havuzda dar yüzeyli bir havuzdakine nazaran daha çabuk buharlaşır. Gene bir örnek olarak asılan bir çarşaf, topak halinde bırakılana nazaran daha çabuk kurur, yani suyu buharlaşır. Sıcak su soğuk suya nazaran daha hızlı buharlaşır.

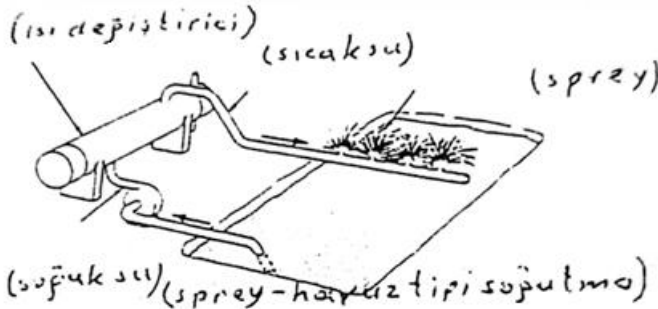
Buharlaşmaya artan basıncı da etki eder. Normal atmosfer basıncındaki bir suyun buharlaşma hızı 2 atmosfer basınç altındaki aynı sıcaklıktaki sudan daha fazladır.

Buharlaşma olan ortamdaki hava nem arttıkça buharlaşma hızı düşer. Eğer hava buharlaşan su moleküllerine doymuşsa buharlaşma durur. Buna havanın su buharına doyması denir. (Water saturation).

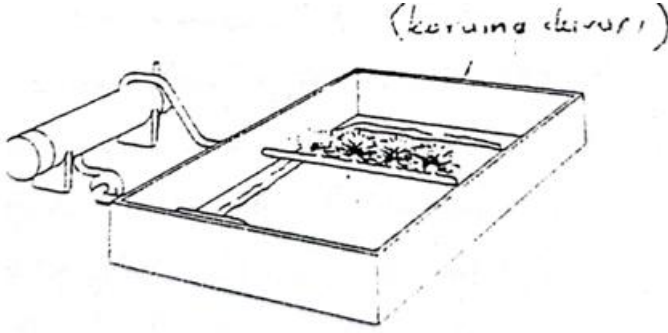
5.2. Soğutma Kulelerinin Yapısı

Sanayi devriminin ilk yıllarında soğutma suyunu bir sistem içinde devrettirip sonra da soğutmayı düşünmemişlerdi. Nehir kıyısına kurulan sanayi kuruluşları, nehrin yukarı kısmından aldıkları suyu soğutma işlerinde kullandıktan sonra sıcak olarak nehrin aşağı kısımlarına bırakırlardı.

Eğer fabrika nehir kıyısında değilse (Şekil 5.1 ve 5.2) de görüldüğü gibi büyük bir havuzdan alınıp kullanıldıktan sonra gene aynı havuzun diğer yanına püskürtülürdü.



Şekil 5.1. Sprey havuz tipi soğutma

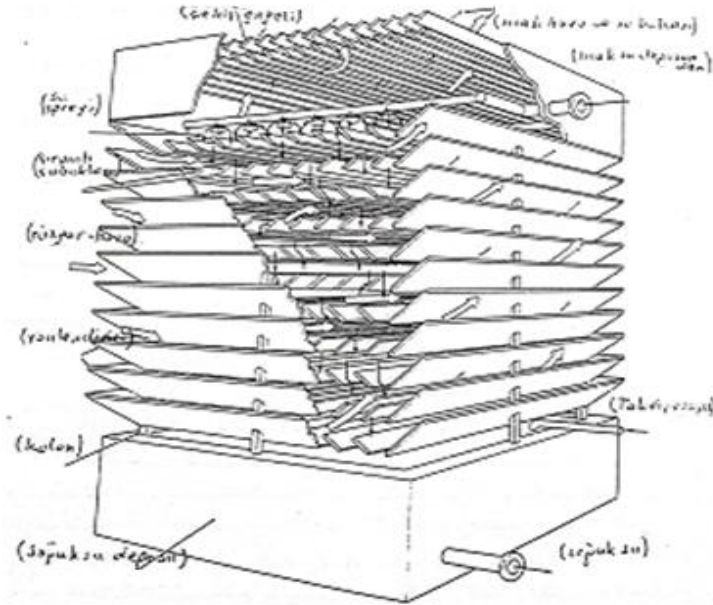


Şekil 5.2. Korumalı sprey havuz tipi soğutma

Bu şekilde hem püskürtme ile hem de geniş olan havuz ve su yüzeyi ile buharlaşma hızı artırılırdı. Şekil 5.2'deki havuz sistemi su zerreciklerinin etrafa dağılması ile su zayıflığına mâni olduğu gibi etrafa bu su zerreciklerinin ziyan vermesini de önler. Yapılan araştırma ve gelişmelerin sonucu soğutulması gereken suyun soğutma sistemleri de değişti. Şekil 5.2'deki havuzun üzerinden devamlı bir hava sirkülasyonu yapılırsa buharca zenginleşen hava devamlı olarak havuz üzerinden uzaklaştırılacağından buharlaşma daha hızlı olur. Hava akımı olmazsa da buharca doymuş veya doymaya yakın havaya daha az su buharı karışabileceğinden buharlaşma hızı ve sonuçta da suyun soğuma hızı azalır.

5.2.1. Atmosferik Soğutma Kuleleri:

Şekil 5.3'te görülen Atmosferik soğutma kulesi en basit yapılı bir kule olup, buharlaşma ve sonuçta suyun soğuması rüzgâr hızı ile havanın izafi (rölatif) nemine bağlıdır.



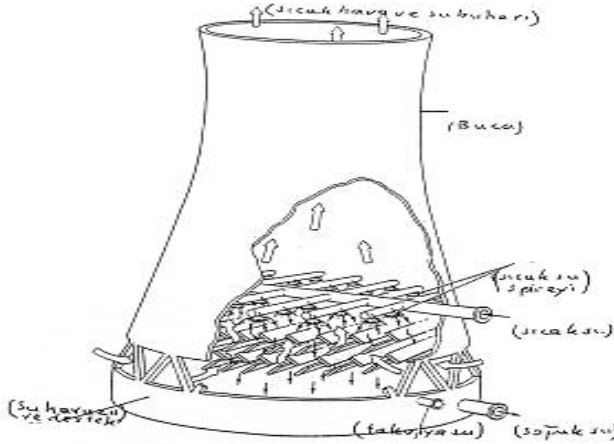
Rüzgârın bir kısmı kule içinde yukarı doğru yükselirken bir kısmı karşı taraftan kuleyi terk eder. Rüzgâr kule çevresindeki koruyucu-yönlendirici yapı ile kule içindeki çırpıntı yapı elemanlarınca yönlendirilir. Bazı kulelerde bu elemanlar ayarlanıp hem soğutma hızı artırılır hem de etrafa su zerreciklerinin daha az gitmesi saklanır. Çırpıntı çubukları aşağı doğru düşen sıcak suyu hem yavaşlatır hem de daha ufak parçalara ayırıp buharlaşma yüzeyini ve sonuçta buharlaşma hızını artırır.

buharlaşmayı artırır. Rüzgârın artmasının faydası yanında su zerreciklerini alıp götürmesi ve etrafa zarar vermesi gibi zararları da vardır, tedbirler buna göre alınmalıdır. Bu kulelerde genel olarak 6°C lik bir su soğuması için suyun %1 kadarı buharlaşma yolu ile havaya karışır. Gene toplam su kütlesinin %0,2 kadarı su zerrecikleri halinde rüzgâr tesiri ile etrafa uçar. Demek ki etrafa uçuşan su zerrecikleri buharlaşan suyun 1/5'i kadar olmaktadır.

5.2.2. Tabii Çekişli Soğutma Kuleleri:

Bilindiği gibi ocak veya fırınlardaki ısı, sıcak bir gaz veya hava oluşturup bunların bacaya doğru yükselip hareketlenmesine neden olur, buna “çekiş” te denir.

Şekil 5.4 de Tabii çekişli bir soğutma kulesi görülmektedir, üst kısmına “baca” denir. Görüldüğü gibi sıcak suyun püskürtülmesi ve çırpıntı yönlendirme elemanları bir ön çekime benzer, hava girişi baca altındaki aralıklardandır ve hemen hemen havanın hepsi bacaya doğru yükselir ve yükselirken de beraberinde buharı götürür. Bunlar da buharlaşma hızı bir öncekiler de olduğu gibi rüzgâr istikametine bağlı değildir.

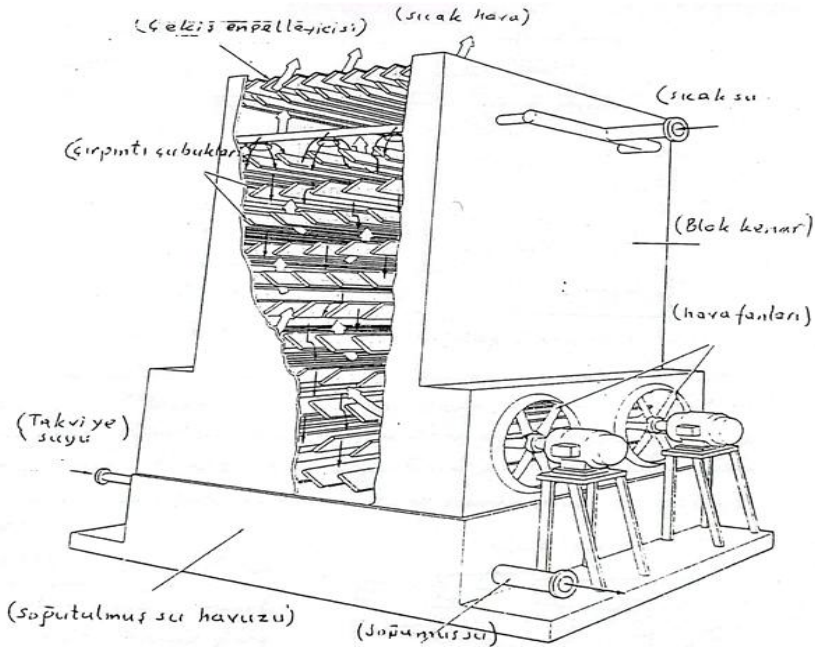


Şekil 5.4. Tabii çekişli soğutma kulesi

Baca içindeki sıcaklık her zaman için dış havadan daha fazladır, zaten bu sıcaklık farkı bacada bir çekiş meydana getirir. Bu kulelerde çekişle uçuşan su partiküllerinin tutmaya yarayan ve atmosferik soğutma kulelerinde bulunan üstteki tutma yapısı yoktur. Alt taraflardaki hava yönlendiricilerle içeri girecek hava miktarı ayarlanabilir, bu da buharlaşma miktarının bir ayarı sayılır. Buharlaştıran su ve sızmalar içeri takviye suyu ile diğer su giriş ve çıkışları şekilde gösterilmiştir.

5.2.3. Mekanik Çekişli Soğutma Kuleleri:

Tabii çekişli soğutma kulelerinde baca sayesinde yukarı doğru ve düşen su tanecikleri arasından geçerek bir hava akımı sağlanıyordu. (Şekil 5.5) da ki itme ile çekiş sağlanan (zorlanmalı) soğutma kulelerinde görüldüğü gibi, düşen su zerrecikleri arasından havanın geçmesi kule altındaki fanların havayı sevk etmesi ile olmaktadır.

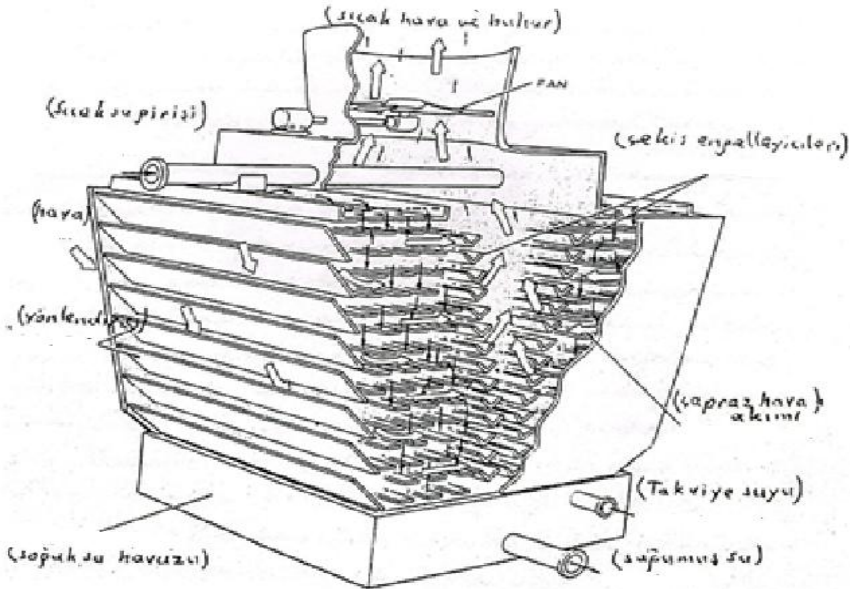


Şekil 5.5. İtme ile sağlanan çekişli soğutma kulesi

Bunlar içyapıları bakımından Atmosferik soğutma kulelerine benzerler yalnız yanları kapalıdır. Kuleye hava sadece alt kısımdan konan hava fanları sayesinde girer. Soğutma kulelerinde soğutma, esas olarak içlerinden geçen havanın nemine bağlı olduğundan, alttaki fanlar, kuledeki havayı yeteri hızda yukarı doğru yollayıp havanın doyma noktasına gelmeden kuleyi terk etmesini sağlamaktadırlar. Hız fazla olmamalıdır, zira o takdirde su zerrecikleri kule üstündeki tutucu yapı tarafından da yeterince tutulamaz ve su kaybı olur. Soğutma suyunun soğutulma hızı hem fanların gönderecekleri hava miktarı hem de soğutulacak suyun debisi ile ayarlanabilir.

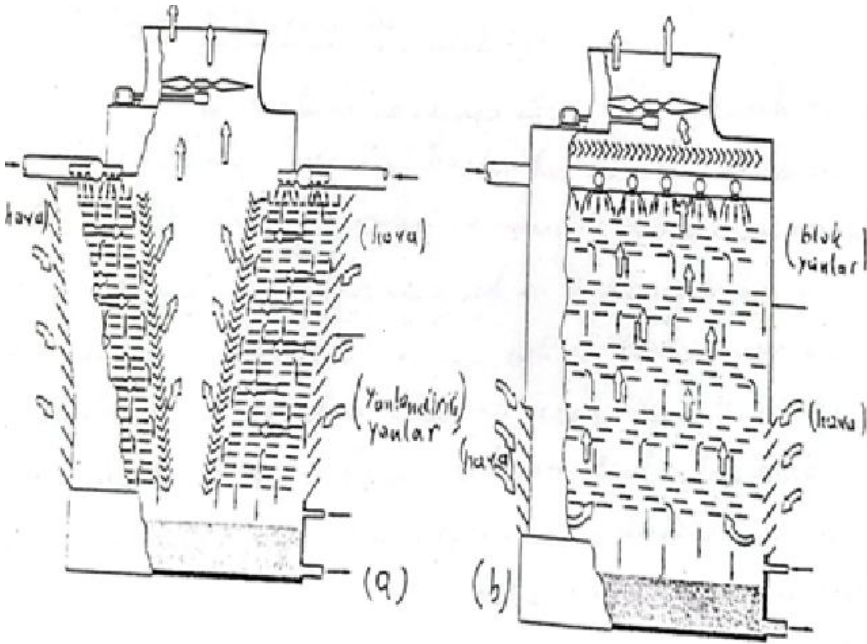
5.2.4. Emme İle Çekişli Soğutma Kuleleri:

Şekil 5.6 da görüldüğü gibi bu tip soğutma kulelerinde havayı hareketlendiren fan bir öncekinde olduğu gibi altta olup, havayı dışarıdan alıp kule içine itmez, kulenin üst ucuna konur ve sıcak hava ve buharı kule içinden emip üst taraftan havaya atar.



Şekil 5.6. Emme ile çekişli soğutma kulesi

Şekil 5.7 de ise Emme ile çekişli soğutma kulelerinin iki ayrı tipi görülmektedir. (a) tipinde hava bütün yanlar boyunca kuleye girmekte ve aşağı akan sıcak su damlacıklarına temastan sonra orta bölmeden yukarı yükselmekte (b) tipinde ise hava kulenin alt yanlarından girmekte ve yükselme sürecinde sıcak su damlacıklarıyla teması devam edip onlardan buhar almaya devam etmektedir. Her iki tipte de emilen ve atılan hava miktarı fan hızı ve hava giriş yönlendirici elemanları ayarlanmak suretiyle kontrol altında tutulmaktadır. Birçok endüstride soğutma kuleleri bunlara benzer olup, kış aylarında hava soğuk olduğundan emiş fanlarının çalıştırılmasına gerek kalmamaktadır.

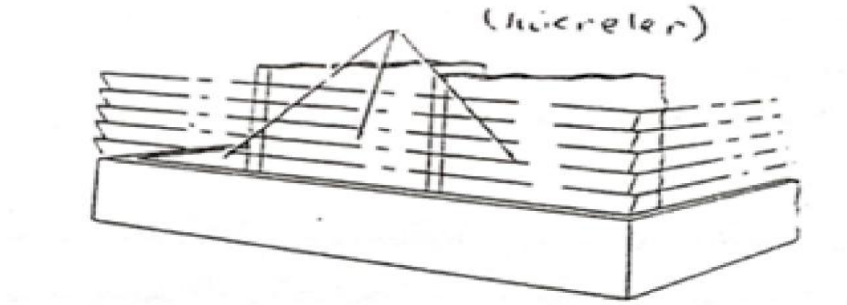


Şekil 5.7. İki ayrı tip emme çekişli soğutma kule kesiti

5.2.5. Çok Bölmeli Soğutma Kuleleri:

Büyük debili soğutma kuleleri genellikle birkaç bölmeli şekilde inşa edilirler. Bunların diğerlerine göre birkaç faydası vardır. Tek olarak aynı debideki bir soğutma kulesine göre parçaları, fan ve

motorları daha küçüktür. Biri arıza yapınca bütün soğutma kule sistemi devre dışı kalmaz. Temizlik ve bakım içinde aynı şeyler söylenebilir. Düşük soğutma isteklerinde fan ve giriş elemanları ile hava emişini azaltma yerine sistemdeki bir bölme durdurulabilir vs. Şekil 5.8 de bu şekildeki bir soğutma kulesinin alt kısmı gösterilmiştir.



Şekil 5.8. Çok bölmeli soğutma kulesi

5.2.6. Yapı Elemanları:

Soğutma kulelerinde aşırı derecede nemli hava dolaştığından ve hemen her tarafı da ıslak olduğunda böyle bir ortamda demir esaslı malzeme, yani bildiğimiz yapı çelikleri (karbonlu çelikler) hemen hemen hiç kullanılmaz, zira çok kısa zamanda paslanıp korozyon sonucu elden çıkarlar. Çoğunlukla kırmızı çam bu yapılar için idealdir ve bağlantıları da su ve neme karşı dayanıklı olan bakırla kaplanmış çivilerle yapılır. Pirinç malzemelerde su ve neme dayanıklı olduğundan madeni kısımlar olarak kullanılır. Kırmızı çamdan başka suda çürümeyen cins kereste ve sentetik malzemeler olarak da fiberglas ve neme dayanıklı diğer plastik malzemeler kullanılabilir.

Ağaçtan elde edilen yapı malzemeleri keresteler her ne kadar korozyona karşı dayanış gösterirlerse de onları su emip bırakmaları veya ısınp soğumaları anında genişleyip büzülmeleri ile yapı zayıflayabilir, suni malzemelerde bu dert yoktur. Yapı malzemeleri

hangi cinsten olursa olsun, tahribatlara karşı soğutma kuleleri periyodik olarak kontrol edilmelidir.

5.3. Soğutma Kulesi Verimini Etkileyen Şartlar:

Esas olarak, Soğutma kulesi sistemi ne olursa olsun, en önemli faktör suyun ne kadar hızlı buharlaşabilmesidir. Başka bir deyişle sıcak suyun buharlaşması uzaktan etkiler soğutma kulesi verimini de düşürüyor demektir. Bilindiği gibi havada her zaman için az veya çok su buharı vardır. Sonuç olarak, eğer soğutma kulesi çevresindeki havada çok su buharı var ise soğutma kulesinde soğutulmaya çalışılan sıcak su, çevre havada daha az su buharı bulunduğu duruma nazaran, daha az buharlaşacaktır. Yani kuru havadaki buharlaşma, nemli havada oluşacak buharlaşmadan daha fazla olur, suyun buharlaşma hızı temas ettiği havanın nemine bağlıdır.

5.3.1. Gerçek ve İzafi (Relative) Nem:

Hava soğuyunca yoğunluğu artar, ısınınca yoğunluğu azalır. Az yoğun hava daha fazla nem taşıyabilir, bu nedenle sıcaklık nem ölçümünde önemli bir faktördür.

Gerçek nem: Belli bir hacim hava içinde bulunan o andaki nem miktarı misal olarak; eğer 10kg hava içindeki nem miktarı 1kg olarak ölçüldü ise bu iki değer de gerek olduğundan bu nem miktarına “Gerçek nem” denir. Buradaki ölçümde hava sıcaklığının bir etkisi yoktur. Ölçülen ve bilinen o şartlarda (ölçüm anındaki mevcut şartlarda) belli bir hava miktarında ne kadar nem bulunduğudır. Somut olarak; havanın gerçek nemi, verilen bir hava miktarı içinde ne kadar nem bulunduğunu gösterir, yoksa ne kadar daha nem taşıyabileceğini göstermez.

Hâlbuki soğutma kulelerinde esas buharlaşma miktarı olduğuna göre bu buharlaşmanın nasıl ve hangi şartlarda gerçekleşebileceğini bilmeniz gerekir. Buharlaşmanın ne kadar çok olabileceği ise kuleden geçen ve yakın çevredeki havanın ne kadar nem daha taşıyabileceğine bağlıdır.

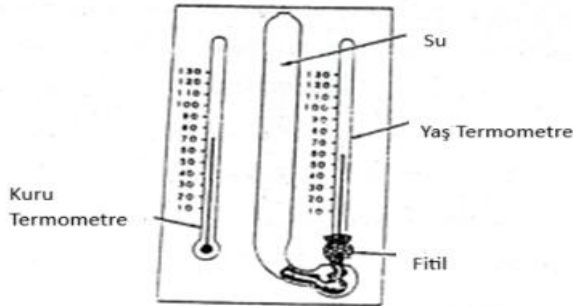
Rölatif (İzafi) Nem; belli bir sıcaklıkta hava içinde mevcut olan nem miktarının, aynı şartlar altında taşıyabileceği maksimum nem miktarına oranıdır. Yani bunda gerçek nemde ölçülen gerçek nem miktarı belirtilmez. Örneğin, 85⁰C de hava nemi %50 olarak bulunmuşsa bu değer havanın 85⁰C de taşıyabileceği (doyma değeri) maksimum nemin yüzdesidir.

Sonuç olarak “İzafi Nem” bize o havanın daha ne kadar nem taşıyabileceğini gösterir. Havanın o sıcaklıkta su buharına doyma durumuna (saturation) “Doyma noktası” denir. Hemen anlatıldığı gibi doyma noktasındaki bir havada izafi Nem %100 dür. Aynı şartlarda (sıcaklık ve basınçta) bundan fazla nemi hava taşıyamaz ve eğer verilmeye çalışılırsa (ki mümkün değildir) yoğunlaşma başlar, yani havanın taşıyamadığı su buharı gene su haline döner.

Başka bir deyişle, izafi nem azken buharlaşma çok, çok iken buharlaşma azdır. Bu nedenle izafi nem, soğutma kulesi veriminin en önemli bir faktörüdür.

5.3.2. Kuru ve Yaş Derece Sıcaklıkları:

Kuru ve yaş derece sıcaklıklarını tarif ve etkilerini belirtmeden önce, ne gibi bir istemle ve neden dolayı farklı sonuç verdiklerini bir şekil ile görelim. Şekil 5.9 da aynı yapıda iki termometre görülmektedir.



Şekil 5.9. Kuru ve yaş termometreler

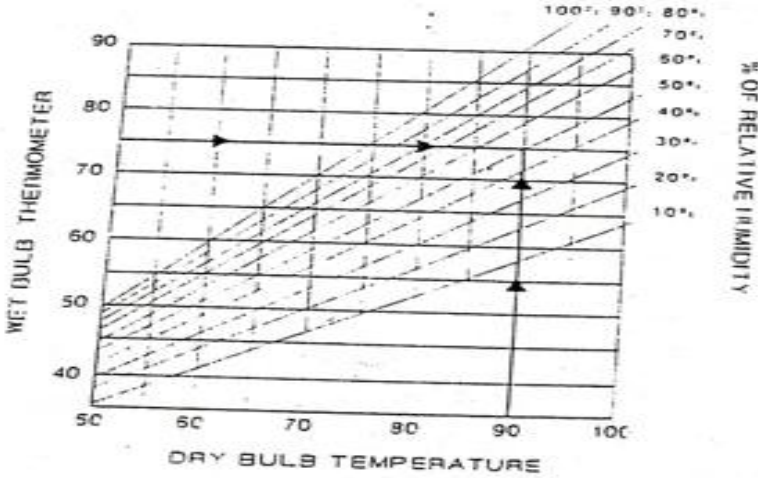
Sağdaki termometrenin soldakinden tek farkı altındaki cıva küresinin devamlı olarak su emen ve suya doymuş olan bir keçe veya pamuk içinde tutulmasıdır. Sağdaki termometre suya doymuş bir keçe veya pamuk (veya ağ) ile çevrelendiği ve dolayısı ile de devamlı yaş kaldığı için (alttaki depo kısmı) bu termometre “Yaş Termometre” olarak isimlendirilir.

Buharlaştırmanın, hemen çevresine, soğuma etkisi yaptığı bilindiğinden yaş hazneli termometrenin haznesi etrafındaki su buharlaşırken bu termometre soldaki kuru hazneli termometreden daha düşük bir sıcaklık gösterir. Hâlbuki çevre sıcaklığı ikisi için de aynıdır. Bu gözlenen sıcaklık farkı sağdaki termometre haznesini saran suyun buharlaşma hız arttıkça yaş termometre daha da düşük sıcaklıklar gösterir. Sonuç olarak; hava nemli değil de kuru ise buharlaşma daha çok olacağından yaş termometre sıcaklığı da daha düşük olacaktır.

Örneğin; şekil 5.10 da gösterildiği gibi kuru termometrede sıcaklık 90°C ve yaş termometrede okunan sıcaklık 75°C okunduğunda kuru ve izafi nem bu iki noktadan çıkılan diklerin kesiştiği yerdeki nem yüzdesi olup %50 olarak okunur. Gene aynı şekilde kuru ve yaş termometre sıcaklıkları 60°C olduğunda izafi nemin %100 olduğu görülmektedir. Bunun manası şudur; hava neme doymuş durumda olduğundan yaş termometrenin haznesi etrafındaki su artık buharlaşmamaktadır. Sonuç olarak da hemen çevresinden ve de termometre haznesinden ısı emememektedir, yani diğer bir deyişle “kuru termometre” haznesi gibi davranmakta ve kendi hazne etrafının ıslak olması (bu ıslaklık buharlaşıp kendisinden ısı ememediği için) onu soğutamamaktadır. Şekil incelendiğinde şu da görülür ki izafi nem azaldıkça buharlaşma artacağından yaş termometre sıcaklığı düşeceğinden iki termometre arasındaki sıcaklık okuma farkı artar.

Şimdi bu incelediklerimizi bir soğutma kelesine tatbik edersek şu sonuçlara varırız; kuru ve yaş termometre sıcaklıkları eşitse kulenin soğutma verimi en düşük düzeydedir. Çünkü buharlaşma hiç olmuyor zira hava neme doymuş demektir. Bu

durumda soğutma kulesindeki soğutma işi sadece “Konveksiyon” ve “Kondüksiyon” yoluyla olur. Yani eğer çevre hava sıcaklığı soğutulardan sudan daha soğuksa bu ısı transferi şekilleri hatta “Radyasyon” yolu ile ısı transferi olmaya devam eder. Bu şekilde ısınan hava aldığı ısıyı konveksiyon yolu ile kuleden dışarı taşır.



Şekil 5.10. İzafi neme göre kuru ve yaş termometre sıcaklıkları

Soğutma kuleleri hiçbir zaman %100 verimle çalışmaz. Örneğin yaş termometre sıcaklığı 20°C ise soğutulan suyun sıcaklığı bunun üzerinde kulelerin verimi kule tipine değil yaş ve kuru termometre sıcaklık farklarının büyüklüğüne bağlıdır.

5.3.3. Kışın Çalıştırma:

Soğutma kulelerindeki soğutma miktarı soğutma kulesinden geçen havaya, bu havanın sıcaklık ve nemine bağlıdır. Düşük hava sıcaklığı ve düşük nem oranında soğutma daha fazla olur. Kış aylarında havanın 0°C nin altına düştüğü zamanlarda kulenin bazı yerlerinde su donar. Suyun çırpıntılı düşüşü nedeniyle çok küçük su zerreciklerine ayrılması bunların kütle halinde akan sulara nazaran daha çabuk donmalarına neden olur. Bazen çırpıntı çubukları arasında buz oluşabilir. Eğer fan etrafında buz oluşumu artarsa bazen bu fanı bile

durdurur ve arıza verdirebilir. Onun için operatörler bu durumları gözlemelidirler. Bu tabakaları fan ve diğer hareketli parçalar üzerinde de oluşabileceğinden, bunları çeviren motorlara fazla yük yüklenmiş olur hem arızaya neden olur hem de fazla enerji çekip masrafı artırırlar. Bu nedenlerle soğutma kulesini çalıştıranlar kulede ve hareketli kısımlarda buz oluşumunu engelleme çarelerini bilmelidirler.

Buzlanmayı önlemenin birinci yolu kuleye giren ve soğutmada faydalandığımız hava miktarını kısıtlamaktır. Atmosferik tip soğutma kulelerinde bu kısıtlama kule çevresindeki kısıtlayıcı-yönlendirici elemanların istikametlerini ayarlayarak yapılır, zira bunlar ayarlanabilir şekilde imal edilmektedir. İtici veya çekici (emici) fanlarla çekiş sağlayan tipteki zorlamalı hava akımlı soğutma kulelerinde ise, hava debili bu fanların devir sayılarını düşürmek, fan kanat açılarını ayarlamak veya hava çok soğuksa fanları durdurmakla, hava debisi düşürülüp buzlanma önlenabilir. Buzlanmalar tedbir alınmadan önce oluşmuşsa, hava debisi azaltıldığında soğumak için kuleye yukarıdan giren sıcak su ve çarpıntıları dönen kısımları eritir. Çok soğuk havalarda alınacak tedbirlerden fan kanatlarını ayarlayarak yapılan debi düşüşü çoğu fanlarda bu kanat ayarlaması sistemi (helikopterlerde olduğu gibi) bulunmuyorsa o cins fanlarda fanın komple ters yönde çalıştırılır şekilde imal edilmesiyle bu konu çözümlenmiştir.

Sonuç olarak kış şartlarında buzlanmaya ve sonuçta arızalara meydan vermeden soğutma kulelerinin çalıştırabilmesi, zorlamalı hava akımlı kule tiplerinde, ya fanı durdurarak veya fan kanat açılarını değiştirerek veya fanları ters döndürerek mümkün olmaktadır.

5.3.4. Su İçindeki Yabancı Maddeler:

Daha önceki konularda belirtildiği gibi su içinde erimiş veya asılı durumda bulunan sertlik yapan veya yapmayan maddelerle canlı veya cansız bakteri veya bitki parçaları ile erimiş gazlar

bulunur. Bunların bazıları çökelebilir, bazıları tıkanıklık yapabilir, bazıları da korozyona neden olabilir.

Mesela (Ca) ve (Mg) gibi sertlik yapan iyonların karbonatları su sıcak iken az miktarda erirler. Soğuk suda ise tamamen erirler. O nedenle soğutma suyu soğutacağı ısı değıştircilerden geçerken ısınacağından eğer içinde CaCO_3 ve MgCO_3 var ise bunlar tanecikler haline gelip (süspansiyon durumuna geçip) kap odasında, eşanjör tüpleri yüzeylerinde birikerek arada bir tabaka meydana getirirler. Tabii bu arttıkça hem boru kesitleri daralıp debi düşer, hem ısı transferi azalacağından verim ve kalite düşer hem de bu çökeltilerden kopan parçacıklar diğer yüzeyleri çizer veya erozyona uğratar, az dar veya dirsekli borularda kısmi veya tam tıkanmaya bile neden olabilir. Yüzeylere tutunma ve boruları tıkama etkileri ayrıca suda yaşayan mikroorganizma veya yosunlar tarafından da yapılır, bu nedenle o canlıları öldürecek zehirli kimyasallar suya uygun oranlarda verilmelidir.

5.3.4.1. Soğutma Suyundaki Yabancı Maddelerin Kontrolü:

Bu maddelerin kontrolleri için özel ekipmanlar vardır. Kontrolü zor olanlar için ise laboratuvara müracaat edilir. Her ne kadar soğutma suyu daha önce gördüğümüz su arıtma sistemlerinden geçirilip pH ve alkalitesi ile sertlik ve klor miktarları sisteme zarar vermeyecek değerlerde ise de soğutma suyunun soğutacağı eşanjör bunları bağlayan boru, pompa ve vanalardan geçerken onlardan veya kaçak kimyasallardan aldıkları istenmeyen madde ve kimyasallarla ideal şartlandırmadan saparlar. Su arıtmadan sevk edildikleri gibi şartlanmış olarak kalamazlar. Bütün bu nedenlerle soğutma suyu sistemlerindeki soğutma suları soğutma kulelerinde devamlı olarak ideal şartlara getirilmek için kontrol edilip gerekli katkılar ilave edilerek şartlandırılırlar. Bunlara ilaveten soğutma kulesinde buharlaşan su, içerisindeki yabancı maddeleri alıp götürmediğinden geri kalan suda yabancı madde yüzdesi artar. Bunu önlemek için muayyen zamanlarda kule havuzundan bir kısım su atılır (tabii bu su ile birlikte dipte biriken çamurlar da gitmiş olur) ve yerine (makeup

water) denen takviye suyu (ki su arıtım ünitesinde şartlandırılmıştır) ilave edilir.

Soğutma suyu sistemlerinin bir derdi yukarıda değinilen çökelme ve kötü sonuçları ise diğeri de düşük pH değerine indiği takdirde neden olacağı korozyon olayıdır. Esasında saf su korozif sayılmayabilir. Zira esas olarak suyu korozif yapan içinde çözünmüş katı maddelerle erimiş gazlardır (O_2 , CO_2 , Cl_2) gibi. Bunlardan (O_2) ve (CO_2) her zaman havadan alınabilir. (Cl_2) ise mikroorganizmaları öldürüp dezenfekte etmek için bizzat verilebilir. Bunların belirli limitleri dışına çekmesi ile bizzat veya asitlerinin teşekkülü ile korozyon olayı başlayabilir. Soğutma sistemlerinde korozyona dayanıklı malzemeler kullanılabilir, ama bunların ilk yatırım masrafları çok yüksek olur, bu nedenle soğutma suyunu şartlandırıp (inhibitörler ilavesi ile) korozyondan korunma yöntemi genellikle tercih edilir.

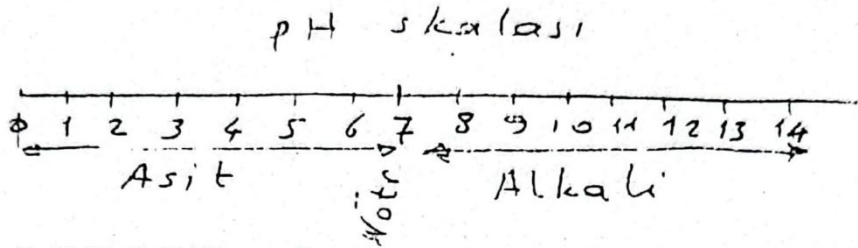
Yukarıdaki iki paragrafı bir arada mütalaa edersek, soğutma suları sistemin iç yüzeylerinde ince bir çökelti tabakası bırakabilecek kadar sert ve yüzeylerde korozyon meydana getirmeyecek kadar da alkalik değerde olmalıdır diyebiliriz. Bu da pH'ın 8-8.5 arası olması ve bazı diğer tedbirlerle sağlanabilir.

5.3.4.2. Soğutma Suyunun Şartlandırılması:

Bilindiği gibi su ya asidik ya alkalik veya nötr karakterdedir. Bunların ne derecede oldukları pH metre ile belirlenir. Şekil 5.11 de pH değerlerine göre asidik ve bazik değerler görülmektedir. Turnusol kâğıdının maviden kırmızıya dönmesi veya fenol flaloinin renksiz yapısının gene renksiz kalması bir asidik eriyiğin var olduğunu gösterir ama ne derecede olduğunu gösteremez. pH metreler tam değer tayini için kullanılırlar.

Birçok endüstri kuruluşunda soğutma kulelerindeki soğutma suyunun pH değeri 8.2-8.5 arasında tutulmakta ve bunun için gerekirse ($NaHCO_3$) ilave edilmektedir. Kule suyunun çıkışından alınan su numunelerine göre bu sodyum bikarbonat suda eritilip soğutma suyuna hesap edilerek verilmektedir. Diğer taraftan su

arıtımdan 30ppm civarında karbonat sertliği ile ideal bir sertlikte beklenen su genellikle 60-70ppm civarında sert olarak gelir. Soğutma suyu sisteminde bu bize bir avantaj bile sağlar. Korozyon bir soğutma suyu ortamından korunmak için bu sertlik derecesini 100 ppm in üzerine çıkarmamız gerekir ve öyle de yapılır.



Şekil 5.11. pH skalası

Son olarak biyolojik üreme ve hatları tıkama derdinden kurtulmak için suda bir miktar klor bulunması gerektiği daha önce içme sularında da belirtilmişti. Bu sistemde de kuleye dönüp gelen sıcak su içindeki klor bakiyesi 0.5ppm olmalıdır. Bu içme sularındaki bağımsız klor miktarı kadardır ve biyolojik hayata son vermek için yeterlidir. Tabii olarak dönüşte bu miktara inen klor ısı değiştirici ve borularda harcanarak azaldığı için soğutma kulesinden soğuyarak çıkan suya su debisi ve toplam kütlesine göre hesaplanan miktar kadar klor verilmelidir. Bu miktarın tayini, yarım saat sonra kuleye dönen çıkış suyunun kuleye döndüğü andaki klor bakiyesi 0.5ppm olacak şekilde yapılır. Klorun verilmesi basınçlı tüplerde sıvılaştırılan klor, bu tüplerden bir sistem ve bir dozaj metre vasıtası ile kule dibindeki soğumuş su çıkışına karıştırılarak olur.

Sistemdeki eşanjörlerde kaçak olsun veya olmasın soğutma suyu sistemindeki pH, alkalilik ve klor miktarı devamlı olarak kontrol edilir.

KAYNAKÇA

1. Ağırallıoğlu N. (2016). *Su Kaynakları Mühendisliği*. İstanbul: Beta Yayınları.
2. Berkün M. (2017). *Atıksu Mühendisliği Toplama, Arıtma, Uzaklaştırma Ve Denize Deşarj Yapıları*. İstanbul: Literatür Yayıncılık.
3. Davis M. L., Masten S. J. (2024). *Çevre Mühendisliği ve Bilimi Prensipleri*. (İsmail Ekmekçi, Hediye Tan Çev. Ed.) USA: Palme Yayınevi.
4. Reynolds T. D., Richar P. A. (2015). *Çevre Mühendisliğinde Temel İşlemler Ve Süreçler*. (Ülker Bakır Öğütveren Çev. Ed.) USA: Efil Yayınevi.
5. Baykan, N. O. (2012). *Su Yapıları*. Denizli: Pamukkale Üniversitesi Yayınları.
6. Yalçın H., Gürü M. (2010). *Su Teknolojisi*. Ankara: Palme Yayınevi.
7. Pal, P. (2017). *Industrial Water Treatment Process Technology*. Oxford: Butterworth-Heinemann.
8. Stoecker, W. F. (1968). *Principles for air conditioning Practice*. New York: Industrial Press Inc.
9. Burkut E. (2022). *Proses suyu hazırlama sistemleri ve işletimi*. İstanbul: Teknik Sektör Yayıncılığı B2B Medya.
10. Muslu Y. (2009). *Çözümlü Problemlerle Su Temini ve Çevre Sağlığı*, İstanbul: Su Vakfı Yayınları.
11. Mackenzie L. D. (2014). *Su ve Atıksu Mühendisliği Tasarım Esasları ve Uygulamaları*. (İsmail Toröz, Çev. Ed.). New York: Nobel Akademik Yayıncılık.

