

57414



YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Yıldız Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü

**FİLTRE ÜST TABAKASI OLARAK KAYISI
ÇEKİRDEĞİ PARÇACIKLARININ
KULLANILMASI KONUSUNUN İNCELENMESİ**

Çevre Yük. Müh. Sıtkı AKSOĞAN

F.B.E. Çevre Mühendisliği Anabilim Dalında
hazırlanan

DOKTORA TEZİ

Üye
Prof. Dr. Dincer TOPACIK

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Adem BAŞTÜRK

Üye
Prof. Dr. İzzet ÖZTÜRK

İSTANBUL, 1996



İÇİNDEKİLER

<u>Konular</u>	<u>Sayfa No</u>
SEMBOL LİSTESİ	vii
KISALTMALAR	viii
ŞEKİL LİSTESİ	ix
TABLO LİSTESİ	xii
EKLERİN LİSTESİ	xiv
TEŞEKKÜR	xv
ÖZET	xvi
SUMMARY	xvii
 BÖLÜM I GİRİŞ	
1.1 ÇİFT YATAKLI FİLTRELERDE ÜST MEDİA OLARAK KAYISI ÇEKİRDEĞİ KABUĞUNUN KULLANILMASI	1
 BÖLÜM II FİLTRASYON ve TARİHSEL GELİŞİM	
2.1 Filtrasyon	3
2.2. Süzücü Ortam	4
2.2.1. Adsorpsiyon	6
2.3. Derin Danc Yataklı Filtrasyon	7
2.4. Tarihe Bakış	11
2.5. Halen Benimsenen Teknoloji	20
2.5.1. Tesis Tipleri	20



2.5.2. Filtre Tipleri	22
2.6. Dane Yataklı Filtrasyon Özelliği	22
2.6.1. Optimum Projelendirme	22
2.6.2. Katı Maddelerin Giderimi	23
2.6.3. Matematiksel Tahmin Modelleri	27
2.7. Filtredeki Akışın Hidroliği	30
2.7.1. Projelendirme Düşünceleri	30
2.7.2. Yataktaki Yük Kaybı	31
2.7.3. Yatak Altı Drenlerde Yük Kaybı	34
2.7.4. Negatif Basınç	34
2.8. Çıkış Suyu Kalitesine Etki Eden Hususlar	37
2.8.1. Genel Gözlemler	37
2.8.2. Süzme Hızının Etkisi	41
2.8.3. Filtrasyon Hızı Değişiminin Etkisi	42
2.9. Yük Kaybı Genel Davranışı	48
2.10. Filtre Çalışma Süresi	53
2.11. Süzücü Madde	56
2.11.1. Genel Hususlar	56
2.11.2. Filtre Mediasının Seçimi	57
2.11.3. Çift Yatak	59
2.12. Dane Yataklı Filtrelerin Projelendirilmesi	62
2.12.1. Dane Yataklı Su Filtreleri	62
2.12.2. Filtrelerin Geri Yıkama ve Temizlenmesi	63
2.12.3. Su ile Geri Yıkama	66
2.12.4. Yüzey Yıkama	67



2.12.5. Hava Yıkaması	67
2.12.6. Geri Yıkama Hidroliği	68

BÖLÜM III. KAYISI ÇEKİRDEĞİ KABUĞU POTANSİYELİ ve HAZIRLAMA

3.1. Kayısı Çekirdeği Kabuğu Potansiyeli	71
3.2. Kayısı Çekirdeği Kabuğunun Yatak Malzemesi Olarak Hazırlanması	73

BÖLÜM IV. ÇALIŞMA PLANI VE DENEY DÜZENİ

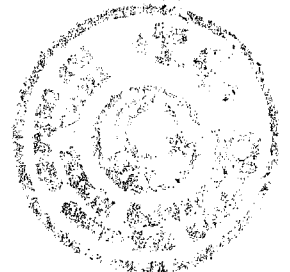
4.1. Çalışma Planı	74
4.2. Dency Düzeni	74

BÖLÜM V. DENEYLERDE KULLANILAN MEDİALARIN ÖZELLİKLERİNİN TESPİTİ

5.1. Çap ve Düzgünsüzlük Katsayısı Tayini	76
5.2. Özgül Ağırlık Tayini	77
5.3. Karısı Çekirdeği Kabuğuna Suyun Etkisi	90
5.4. Çekirdeğe Havanın Etkisi	91

BÖLÜM VI DENEYLER

6.1. Bulanıklık Giderme ve Yatak Kabarması	92
6.2. Materyal ve Metod	93
6.3. Verimin Filtre Malzemesine Bağlı Olarak Değişimi	94
6.4. Tabakalaşmanın Filtre Malzemesine Bağlı Olarak Değişimi	107



SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Sonuçlar 115

Öneriler 117

KAYNAKLAR 118

EKLER 120

ÖZGEÇMİŞ





SEMBOL LİSTESİ

- 1- C_o : Başlangıç konsantrasyonu, mg / l
- 2- D, d : Çap
- 3- f : Sürtünme Katsayısı
- 4- g : Yerçekimi ivmesi, 9.81 m / sn^2
- 5- H, h : Yük, yük kaybı, mSS
- 6- h_L : Yük kaybı, m
- 7- L : Uzunluk
- 8- l_c : Genleşmiş yatak derinliği
- 9- Q : Debi, m^3 / st
- 10- V : Hız, m / sn
- 11- a_c : Genleşmiş yatak porozitesi
- 12- γ, W : Özgül ağırlık, N / m^3
- 13- μ : Mutlak viskozite ($\rho_a \cdot \text{sn}$), ($\text{kg} \cdot \text{sn} / \text{m}^2$)
- 14- ν : Kinematik viskozite, m^2 / sn
- 15- ρ_s : Yatağı teşkil eden dannenin (medianın) özgül kütlesi, kg / m^3
- 16- ρ_w : Suyun özgül kütlesi, kg / m^3





KISALTMALAR

st	: Saat
d	: Dakika
sn	: Saniye
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
KÇK	: Kayısı Çekirdeği Kabuğu





ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1. Vakumlu Filtrasyonda Filtre Pompanın EmmeHattı Üzerine Bağlanmaktadır.	9
Şekil 2.2. Basıncılı Filtrasyonda Filtre Pompanın Basma Hattı Üzerine Bağlanmaktadır.	9
Şekil 2.3. Açık Filtrelerde (Gravite Filtreleri) Kullanılabilecek Yük Yatak Üstü Su Seviyesi ile Depodaki Su Seviyesi Farkından İbaredir.	9
Şekil 2.4 . Hızlı Filtrelerde Kullanılan Kum ve Kömürün Dane Dağılımları	14
Şekil 2.5. Kritik Filtre Sürecine Karşı Gelen Kritik Yük Kaybı ve Kritik Çıkış Suyu Kalitesi	16
Şekil 2.6. Dane Filtrasyon İçin Çeşitli Filtrasyon Düzenleri	18
Şekil 2.7. Taşınma İmkânı ve Taşınan Tane Büyüklüğü Arasındaki İlişki	25
Şekil 2.8 .Filtrasyon Devresinin Filtrasyon Maliyetine, Gerekli Filtrasyon Hızına, Yük Kaybına ve Yatak Derinliğine Etkisi.	28
Şekil 2.9. Kum Çapının, Kum Filtrelerinin Optimum Projelendirme Karakteristiklerine Etkisi	29
Şekil 2.10.A. Giriş Debisi Eş Dağılılan Filtre Sistemi (Sabit Debili Filtrasyon)	32
Şekil 2.11. Yük Kaybı ve Filtrasyon Hızı İlişkisi	33
Şekil 2.12. Filtrenin Bir Çalışma Devresi Boyunca Yatakta Meydana Gelen Yük Kayıpları	35
Şekil 2.13. Bir Basıncın Atmosfer Basıncına Ve Uzay Basıncına (Sıfır Basınca) Kıyasla Tanımlanması. A Hali ve B Hali.	36
Şekil 2.14 Azalarak Değişen Debili Filtrasyon	38



Şekil 2.15. İlk Çıkış Suyunun Giderek İyileşmesi.	39
Şekil 2.16- İyileşme Periyodunun Başından Itibaren Çıkış Suyu Demir İçeriğinin Üretilen Su Hacmine Göre Değişimi.	40
Şekil 2.17.Sabit Süzme Hızında Çıkış Suyu Bulanıklığının Zamanla Değişimi	41
Şekil 2.18.Tipik Bir Debi Değişiminin Çıkış Suyu Kalitesine Etkisi	43
Şekil 2.19 Debi Değişim Sürelerindeki Kalite Değişimleri.	44
Şekil 2.20. Hızlı Debi Değişiminin Çıkış Suyu Bulanıklığına Etkisi.	46
Şekil 2.21- Yumuşak Debi Değişiminin Çıkış Suyu Bulanıklığı Üzerine Etkisi.	47
Şekil 2.22.Azalan-Debili Filtrasyonda Çıkış Suyu Kalitesi	49
Şekil 2.23. Filtrasyon Sırasındaki Yük Kaybı Oluşumu	50
Şekil 2.24.Toplam Yük Kaybı Ve Çıkış Suyu Hacmi.	52
Şekil 2.25. Bir Gündeki Filtre Çalışma Periyodu Adedinin Filtrenin Üzerine Etkisi.	53
Şekil 2.26. İki Yıkama Arası Süreye Göre 4 Gözlü Bir Filtre Tesisinde 4 Gözün Birden Serviste Kaldığı Zaman Yüzdeleri.	55
Şekil 2.27. Darbe-Yataklı Filtrelerde Danelerin Birbirini Kazıyarak Temizlenmesi.	66
Şekil 4.1. Açık Filtre Deney Düzeni	75
Şekil 5.1. İnce kum için elek analizi sonuçları ve granülometri eğrisi	79
Şekil 5.2. Kaba kum için elek analizi sonuçları ve granülometri eğrisi	81
Şekil 5.3 Kayısı çekirdeği kumu için elek analizi sonuçları ve granülometri eğrisi	83



Şekil 5.4. Kaba Kayısı Çekirdeği Kumu İçin Elek Analizi Sonuçları ve Granülometri Eğrisi	85
Şekil 5.5. Antrasit Kömürü İçin Elek Analizi Sonuçları ve Granülometri Eğrisi	87
Resim 6.1. Deney Düzeneklerinin Genel Görünüşü	95
Resim 6.2. Hamsu Hazırlama ve Geri Yıkama Tankları	95
Şekil 6.1. 1.Deney Düzenekçi	111
Şekil 6.2. 2.Deney Düzenekçi	112
Şekil 6.3. 3.Deney Düzenekçi	113
Şekil 6.4. 4.Deney Düzenekçi	114





TABLO LİSTESİ

Tablo 2.1. İçmesuyu Standartları	19
Tablo 2.2- İçmesuyu (su) ve Atıksu Filtrasyonu Farklılıkları	30
Tablo 2.3 Filtrelerde Yük Kaybı	35
Tablo 2.4. Tek Çaplı Mediada Çap Sınırları	57
Tablo 2.5. Üniform Çaplı Çeşitli Yatak Malzemeleri İçin Minimum Flüvidizasyon (Akışkan Hale Geçme) Hızları (Amprık Gözleme Dayalı)	61
Tablo 2.6. Sıcaklık Düzeltmesi	61
Tablo 2.7. İçmesuyunda Kullanılan Danc Yataklı Tipik Filtrelerde Projelendirme Kriterleri	64
Tablo 2.8. Atıksu Arıtımında Kullanılan Danc Yataklı Tipik Filtrelerde Projelendirme Kriterleri	65
Tablo 3.1 Malatya'da Halen Kayısı Çekirdeği Üzerine Ön Sırada Faaliyet Gösteren Firmalar	71
Tablo 5.1 İnce kum için elek analizi değerleri	78
Tablo 5.2 Kaba kum için elek analizi değerleri	80
Tablo 5.3. Kayısı çekirdeği kabuğu kumu için elek analizi değerleri	82
Tablo 5.4. Kaba Kayısı Çekirdeği Kabuğu İçin Elek Analizi Değerleri	84
Tablo 5.5. Antrasit Kömürü İçin Elek Analizi Değerleri	86
Tablo 5.6. İnce Kum Özgül Ağırlığı Tayini	88
Tablo 5.7. Kaba Kum Özgül Ağırlığı Tayini	88
Tablo 5.8. İnce Kayısı Çekirdeği Kumunun Özgül Ağırlığı Tayini	89
Tablo 6.1. Filtre Malzemelerinin Özellikleri	94



Çeşitli Süzme Hızlarındaki Bulanıklık Giderme Verimleri

Tablo 6.2. 1. Tertip, 1. Deney Düzenegi	97
Tablo 6.3. 2. Tertip, 1. Deney Düzenegi	98
Tablo 6.4. 3. Tertip, 1. Deney Düzenegi	99
Tablo 6.5. 4. Tertip, 1. Deney Düzenegi	100
Tablo 6.6. 1. Tertip, 2. Deney Düzenegi	101
Tablo 6.7. 2. Tertip, 2. Deney Düzenegi	102
Tablo 6.8. 3. Tertip, 2. Deney Düzenegi	102
Tablo 6.9. 4. Tertip, 2. Deney Düzenegi	103
Tablo 6.10. 5. Tertip, 2. Deney Düzenegi	104
Tablo 6.11. 3. Deney Düzenegi	105
Tablo 6.12. 4. Deney Düzenegi	106

Geri Yıkamada Kabarma Yüzdeleri, Yüzey Yüğü ve Yüğü Kaybı Tespiti

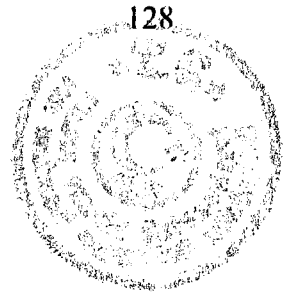
Tablo 6.13. 1.Tür Malzeme:	107
Tablo 6.14. 2.Deney Düzenegi:	108
Tablo 6.15. 3.Deney Düzenegi:	109
Tablo 6.16. 4.Deney Düzenegi:	109





EKLERİN LİSTESİ

Resim 6.3.	Filtre Malzemelerinin Susuz Kalması Durumunda Birbirine Kenetlenmesi ve Geri Yıkama Başlangıcında Kitle Halinde Yükselmesi	120
Resim 6.4.	Kütle Halinde Yükselen Malzemenin Ani Bir Karışımla Aşağıya İnmesi	120
Resim 6.5.	Ani Karışımın Son Bulması ve Filtre Malzemelerinin Kabarma Davranışları	121
Resim 6.6.	Deney Düzeneklerinin Deneyler Yapılmadan Önceki İlk Hali	122
Resim 6.7.	Malzemelerin, Düşük Geri Yıkama Hızıyla Yapılan Geri Yıkaması Halindeki Davranışı Daha Az Bir Kabarma Gösteriyor.	122
Resim 6.8.	Yüksek Geri Yıkama Hızında Malzemelerin Kabarma Davranışları	123
Resim 6.9.	Deney Düzeneklerinin, Deneyler Yapılmadan Önceki İlk Hali	124
Resim 6.10.	Geri Yıkama Başlangıcı	124
Resim 6.11.	Geri Yıkama Esnasında Malzemelerin Kabarma Davranışları	125
Resim 6.12.	Deney Düzenekleri İle Yapılan Geri Yıkamadan Başka Bir Görünüş	125
Resim 6.13.	Deney Düzeneklerinin Deneylere Başlanmadan Önceki İlk Hali	126
Resim 6.14.	Deney Düzeneklerinin Süzme Deneyi Yapıldıktan Sonraki Hali (Filtre Kirlenmiş Durumda)	126
Resim 6.15.	Geri Yıkama Başlangıcı ve Malzemelerin Kabarmaya Başlaması	127
Resim 6.16.	Malzemelerin Kabarma Davranışları	127
Resim 6.17.	Düşük Geri Yıkama Hızıyla Yapılan Deney ve Malzemelerin Kabarma Davranışları	128
Resim 6.18.	Resim 6.17’de Görülen Yüzücü Antrasit Taneciklerinin Çökmesi Durumu	128





TEŞEKKÜR

Bu çalışmayı yöneten ve çalışmanın her safhasında, öneri ve fikirleri ile desteğini sürdüren **Sayın Prof. Dr. Adem Baştürk** hocama çok teşekkür eder, ayrıca ayırdığı zaman ve sürdürdüğü teşfikten dolayı minnettarlığımı arz ederim.

Deney setinin temininde yardımcı olan ve çalışmayı inceleyerek değerli katkılarda bulunan, kıymetli deneyimlerinden ve eserlerinden faydalandığım **Prof. Dr. Dincer Topacık** ve fikirleri ile beni aydınlatan **Prof. Dr. İzzet Öztürk**'e teşekkürlerimi sunarım.

Laboratuvarda deneye yer tahsis eden **Doçent Dr. Yalçın Yüksel**'e de teşekkür ederim.

Setin kurulmasında ve deneylerin yapılmasında bana yardımcı olan, soğuk ve ıslağa rağmen benimle çalışmak zahmetine katlanan, şuurlu katkılarda bulunan **Çevre Mühendisi Ünsal Cantürk**'e teşekkürü borç bilirim.

Raporun tanziminde ve yazımında emeği geçen **Çevre Mühendisi Kutay Şimşek**'e ve **Şerif Özden**'e de çok teşekkür ederim.

Ayrıca bana yardımcı olan Çevre Bölümü elemanları ile Zemin Mekaniği Laboratuvarı elemanlarına da teşekkürü borç bilirim.

Setin kurulmasına, deneylerin sürdürülmesine cılek ve yoğunluk deneylerine yardımcı olan **Uzman Halil Şehit**'e de teşekkür ederim.

Deneylerin hazırlık ve gerçekleştirilmesi safhalarında her türlü faydalı yardımlarıyla çalışmaları kolaylaştıran **Görevli Şükrü Ünal**'a (Şükrü Amca'ya) da teşekkürlerini bildiririm.





ÖZET

Toplumların su ihtiyacı, gerek nüfus artışı ve gerekse kişisel tüketimin artması sonucu hızlı bir yükselme göstermektedir. Bu ihtiyaç artışını karşılamak üzere yeni tesislerin devreye girmesi yanında mevcut tesislerin, kaliteyi bozmadan veriminin artırılması yoluna gidilmektedir. İşte bu safhada, çift yataklı sistemler, süzme periyodunu (iki yıkama arası) uzatarak filtre verimini arttırdıkları ve su kalitesini yükselttikleri için kullanılmaya başlanmıştır.

Bu çalışmada ülkemizde, özellikle Malatya ve civarında bol miktarda bulunan kayısı çekirdeği kabuğunun (KÇK), içme suyu arıtımında bir kademe olan filtrasyon ünitesinde, filtre üst malzemesi olarak kullanılabilirliği, bulanıklık giderme verimi ve çekirdeğin yoğunluğu ile suda uzun süre kaldığında uğraması muhtemel değişiklikler incelenmiştir. Ayrıca kayısı çekirdeğinin ve antrasit kömürünün depoda kaldığı süreçte uğradığı değişiklikler üzerinde durulmuştur.

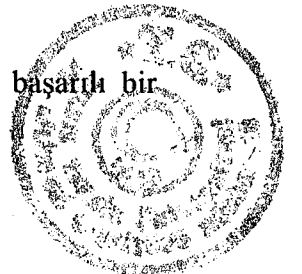
Deneylerde,

- 1) İnce kum + ince kayısı çekirdeği kabuğu,
- 2) İri kum + ince kayısı çekirdeği kabuğu,
- 3) İri kum + iri kayısı çekirdeği kabuğu,
- 4) İri kum + antrasit kömürü şeklinde dört tip malzeme grubu kullanılmıştır.

Laboratuvar şartlarında kurulan çift tabakalı filtre modelinde, filtre üst malzemesi olarak kayısı çekirdeği kabuğu (KÇK) ve antrasit kömürü kullanılması hallerinde bulanıklık giderme verimleri ile geri yıkama sırasında bu malzemelerin kabarma davranışları incelenmiş ve sonuçları çizelgeler ve grafikler şeklinde verilmiştir.

Bu çalışma neticesinde kayısı çekirdeği kabuğunun, antrasit kömürü kadar, hatta daha avantajlı bir üst yatak malzemesi olduğu kanaatine varılmıştır.

Kayısı çekirdeği kabuğu, piyasaya arz edilmesi halinde, çift yataklı filtrelerde başarılı bir şekilde kullanılabilir.



SUMMARY

Water consumption has increased in parallel with population growth and personal demand increase. To cope with this increase new water treatment plants are coming under construction and existing facilities' capacities are being increased together with the quality upgrade.

Because of these reasons dual media filters have come into use.

The scope of this work is whether the shell of stone of apricots could be used as upper layer media in dual media filters.

This material is available in enough quantity in Malatya province and the vicinity. During the work, density of apricot stone shell was measured and durability against water affect was observed.

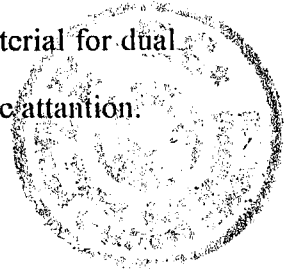
This material stands against air conditions much better than anthracite coal and it doesn't get powdered, also it stays in water practically long period.

The filtering material used in experiences included

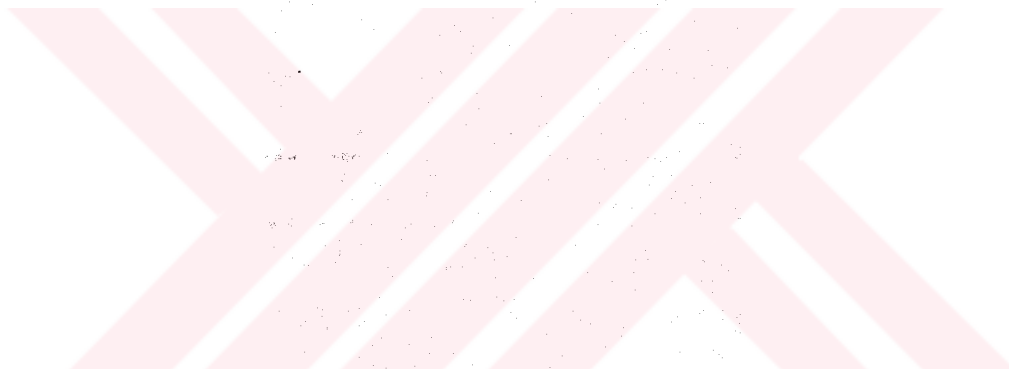
- 1) Fine sand + fine apricot stone shell
- 2) Coarse sand + fine apricot stone shell
- 3) Coarse sand + coarse apricot stone shell
- 4) Coarse sand + anthracite coal

In laboratory, on a bench scale filter apparatus, the apricot stone shells were used as an upper layer media and in turbidity removal, good results were obtained. In the same apparatus anthracite coal was also used and results were compared. Apricot stone shells behaved even better.

In conclusion, it is believed that apricot stone shell is a very good upper-bed material for dual media filter practices and in case it is presented in market will attract considerable attention.



BÖLÜM 1



BÖLÜM I

GİRİŞ

1.1 ÇİFT YATAKLI FİLTRELERDE ÜST MEDIA OLARAK KAYISI ÇEKİRDEĞİ KABUĞUNUN KULLANILMASI

Toplumumuzun nüfusu hızla artmakta, diğer taraftan yaşam düzeyinin de gelişmesi ile nüfus başı su sarfiyatı yükselmekte ve böylece toplumun arıtılmış sıhhi su ihtiyacı (nüfus artış hızı x kişisel tüketim hızı) ile orantılı olarak yükselmektedir.

Bu aşırı ihtiyaç artışını karşılamak üzere, yeni tesisler inşası yanında mevcut tesislerin süzme hızlarının yükseltilmesi zorunlu hale gelmektedir. Ancak süzme hızlarının artırılması ile tek yataklı olan mevcut filtreler kısa zamanda üstte biriken çamurların etkisi ile hemen tıkanmakta ve yatağın alt kısımları hala temiz (çamursuz) olmasına rağmen filtreyi (gözü) geri yıkamaya almak gerekmektedir. Bu da hem geri yıkama su sarfiyatını artırmakta hem de, kısmen de olsa sistemin kapasitesini düşürmektedir.

Sistemden fazla su almak için filtre yatağının derinliği boyunca tüm hacminden yararlanmak ihtiyacı ortaya çıkmaktadır. Bu ise ancak çift veya üç yataklı hatta çok yataklı filtrelerin (üstte düşük yoğunluklu iri daneli medialar kullanılarak ve tabakaları azdan çoğa doğru yoğunluklarına göre sıralayarak) kullanılması yoluna gidilmektedir.

Hafif media olarak Avrupa ve Amerika'da istisnasız antrasit kömürü kullanılmaktadır.

Bu malzeme yurdumuzda bulunmamaktadır. Onun yerine kaim olacak bir media belirlenmesi için çalışmalar sürdürülmektedir. İşbu çalışma da aynı ihtiyaçtan kaynaklanmaktadır.



Bu çalışmada üst media olarak “kayısı çekirdeği kabuğu (KÇK)” kullanılmıştır.

Antrasit kömürü ithal ürünü olup pahalıdır.

Henüz memleketimizde, belediyeler seviyesinde, çift yataklı filtre kullanımına, ihtiyaca rağmen başlanmamıştır. Uygun fiatlı hafif bir medianın tanıtılması bu ihtiyacı karşılayacak, gerek mevcut filtrelerin kapasitelerini (drenaj sistemi imkanları nispetinde) artıracak ve gerekse daha yüksek kapasiteli yeni tesisler yapılmasını mümkün kılacaktır.

Kayısı çekirdeği özgül ağırlığı $\gamma = 1.42 \text{ g/cm}^3$ olup antrasit kömürü özgül ağırlığı ($\gamma_{ant.} = 1.35 - 1.75 \text{ g/cm}^3$) ile hemen hemen aynı düzeydedir ve ufalanmaya karşı çok dayanıklıdır. Bu yönlerden kullanımı uygun görülmüştür. Alınacak başarılı sonuçlar mevcut filtrelerin kapasitesini artırmada yararlı olacaktır.



BÖLÜM 2



BÖLÜM II

FİLTRASYON ve TARİHSEL GELİŞİM

2.1 FİLTRASYON

Filtrasyon, suyu gözenekli bir ortamdan geçirerek içindeki, istenmeyen askı maddeleri fiziksel, kimyasal ve biyolojik etkilerle tutmak işlemidir. Su arıtımında genelde iki tip filtre kullanılmaktadır; hızlı kum filtresi; yavaş kum filtresi. Bir de diyafram filtreler vardır ki onlar içerdikleri çok ince delikler sayesinde suyu süzerler. Konu itibariyle farklı olduklarından bunlardan bahsedilmesine gerek görülmemiştir.

Yavaş kum filtrelerinde kum tabakası derecelenip tabakalaşmamıştır. Kullanılan kum daha incedir ve süzme hızı çok daha azdır. Askı maddeler kum yatağı üstünde tutulur. Kum yatağı, bir kaç haftada veya ayda bir üstten 3-4 cm'si sıyrılıp dışarı alınmak suretiyle temizlenir. Dışarı alınan kumlar orada su ile yıkanarak temizlenir. Ve birkaç yıkamadan biriktirilen kumlar tekrar yatağın üst kesimine ilave edilir. Bazan da yatağın içine delikli borular sokularak borulardan içeri su sıkılmak suretiyle veya benzeri şekillerde yatak yıkanmaktadır.

Yavaş kum filtrelerinde yatağın üst diliminde tutulan çamurlarda biyolojik bir ortam oluşur ve bu ortam süzmedeki biyolojik etkiyi daha ileri derecede sürdürerek daha kaliteli çıkış suyu elde edilmesini sağlar.



2.2 SÜZÜCÜ ORTAM

Filtreden çıkan suyun kalitesi

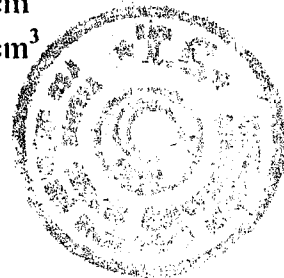
- 1) süzücü ortamın dane çapına ,
- 2) yatak kalınlığına bağlı olmaktadır. Dane çapı küçüldükçe süzölmüş su kalitesi daha iyi olmaktadır; fakat filtre daha kısa zamanda tıkanmaktadır.

Genellikle başlangıçta, süzölmüş suyun kalitesi, a) kum dancsinin (süzücü ortamın dancsinin) yüzey alanının fonksiyonu olup dane küçöldükçe yüzey alanı, çapına kıyasla büyümekte, dolayısıyla su kalitesi de daha iyi olmaktadır; b) danceler arasındaki boşluk ve kanalların çapına bağlıdır ki bu da dane çapı küçöldükçe küçölmekte, dolayısıyla su kalitesi daha iyi olmaktadır. Genellikle yataktaki en büyük boşluk çapı dane çapının %15'i kadar olmaktadır. Böylece, uygulamalarda bir filtre, süzme etkisi ile, çapı kum dane çapının %15'inden biraz büyük (örneğin %5) olan her dancyi tutabilmektedir. Yani çapı 0.5 mm olan kum, çapı $0.5 \times 0.15 = 0.075$ mm olan danceleri (partikülleri) süzme yoluyla tutabilmektedir.

İçmesuyu arıtımı uygulamalarında, filtre ortamı olarak, silis kumu, garnet kumu ve antrasit kömürü kullanılmaktadır. Bu maddeler, çeşitli efektif çap ve düzgünsüzlük katsayısında piyasadan satın alınabilmektedir.

Bu maddelerin özgül ağırlıkları şöyledir:

Antrasit kömürü	:1.35-1.75 g/cm ³
Perlit	:2.20 g/cm ³
Bitümlü kömür.	:1.23 g/cm ³
Silis kumu	:2.65 g/cm ³
Garnit kumu	:4.42 g/cm ³
Hindistan cevizi kabuğu	:1.40 g/cm ³



Geniş anlamda değerlendirilirse filtre yatağı şu işlevleri sergilemelidir: 1) büyük flokları tutacak kadar iri daneli, 2) askıdaki küçük daneleri tutacak kadar ince daneli, 3) oldukça uzun çalışma verecek (iki yıkama arasında) kadar derin, 4) geri yıkamada temizlenmeyi sağlayacak ölçüde daneleri derecelenmiş. Çok ince kum yatağı flokları ve askı maddeleri maddeleri iyi tutar ise de çabuk tıkanıdığı için sık sık temizlenmeyi gerektirir. Kaba daneli yatakta ise bunların tersi meydana gelir.

Son zamanlardaki Amerikan uygulamaları, kaba daneli kum yatağı üzerinde yine kaba daneli antrasit kömür yatağından meydana gelen çift-ortamlı yataklar kullanılması doğrultusundadır.⁽⁸⁾

Avrupa'daki uygulamalarda ise kum yatağı esasen kalın daneli alınmaktadır.

Filtre yatağı, etkin dane çapı ve düzgünsüzlük katsayısı kavramları ile belirlenmektedir. Etkin dane çapı, ağırlık olarak kumun (yatağın) %10'nunu geçiren eleğin göz çapıdır. Düzgünsüzlük (veya düzgünlük) katsayısı ise, kumun %60'ını geçiren elek çapının %10'nunun geçiren elek çapına oranından ibarettir. Kum için genelde 0.40 - 0.55 mm efektif çap, 1.3 - 1.7 düzgünlük katsayısı değerleri kullanılmaktadır.

Çift yataklı filtrelerde kullanılan antrasitin efektif çapı 0.9 - 1.1 mm ve düzgünsüzlük katsayısı 1.7'den küçüktür. Filtre kumunu tutmak için yatağın altına konulan kaba kumun efektif çapı 0.8 - 2.0 mm ve düzgünsüzlük katsayısı 1.7'den küçük olmaktadır.⁽⁸⁾

60 - 75 cm kalınlığında ve oldukça uniform dane dağılımındaki bir kum yatağı bütün yatak derinliğince etkili süzme temin etmektedir. Şayet dane dağılımı çok fazla ise etkin filtrasyon üst tabakadaki 5 - 6 cm'lik üst kısımda oluşmaktadır; çünkü tabakalaşma sonucu en ince daneler üstte çıkmaktadır.

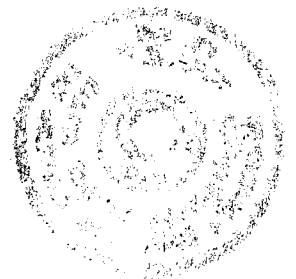


İnce daneli üst tabakanın kısa zamanda tıkanması çift ortamlı (tabakalı, yataklı) filtrelerin meydana getirilmesine yol açmıştır. ⁽⁷⁾ Çift yataklı filtreler, daha önce de bahsedildiği gibi; altta özgül ağırlığı 2.65 olan kum tabakası ve onun üzerinde özgül ağırlığı 1.4-1.6 olan antrasit kömüründen oluşmaktadır. Her iki tabaka genelde 30 cm'dir. Üstteki antrasit tabakasının porozitesi kum tabakasının porozitesinden %20 kadar daha fazladır. Antrasitteki boşluklar, giriş suyundaki asılı daneleri adsorpsiyon ve yakalama suretiyle tutarak alttaki kum tabakasının zamanından önce tıkanmasını önler.

2.2.1 ADSORPSİYON

Filtrasyonda önemli rol oynamaktadır.

Adsorpsiyon olayı malzemenin iki fazın yüzeyleri arasında birikmesi olayıdır. Suda eriyen maddelerin çoğu ortak yüzeyde, yani su ile kum dancisinin temas ettiği yüzeyde birikir. İşte adsorpsiyon işlemi malzemeyi sudan (likid fazdan) ayırmada bu olaydan yararlanır. Endüstride bir çok adsorban madde kullanılır. Bunlardan sadece aktif karbon, hem ucuz hem de nonpolar olması ile çok kullanılmaktadır. Polar adsorbanlar suyu kendilerine doğru çekerler; bu nedenle pek faydalı olmazlar. Aktif karbon iki kademeli bir işlemle elde edilmektedir. Önce bir organik madde temin edilir. Bu kömür, kemik, sert odun veya çekirdek kabuğu olabilir. Bu madde piroliz işlemine tabi tutulur; yani, az oksijenli ortamda kızdırılır. Ortaya karbon ve hidrokarbondan ibaret bir mamul çıkar. Bu mamulün (hidrokarbonların) buhar ve/veya hava ile bir daha oksidasyonu sonucu ziyadesiyle gözenekli ve yüzeyi çok aktif olan bir malzeme ortaya çıkar; boşlukları 10 Å° kadar küçüktür. Toplam yüzey alanı 500 ila 1500 m²/kg, kuru özgül ağırlığı yaklaşık 500 kg/m³ kadardır.



Ticari olarak üretilen aktif karbonlar çeşitli malzemeden elde edilmektedir ve imal işlemlerinde de bazı değişiklikler bulunmaktadır. Bu nedenle aktif karbonlar, firmadan firmaya hatta fabrikaların bulundukları mahalle göre değişiklik gösterir.

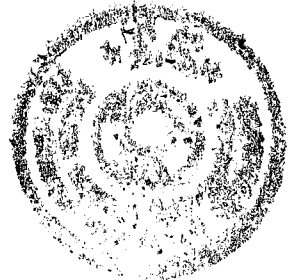
Aktif karbon ya granüler ya da toz halinde satılır. Doğrusu her çapta elde edilmesi mümkündür. Aktif karbonlar iyod veya molar indeksine göre birbirleri ile mukayese edilirler. İyod, gözeneklerin içine 10 A° kadar işler. Karşılıklı rakamlar gözeneklerdeki yüzey alanlarının 10 ve 30 A°'dan daha derin olduğunu ifade eder.

2.3 DERİN DANE YATAKLI FİLTRASYON

Şayet askıda ve kolloidal maddeler içeren bir su, gözenekli bir ortamdan geçirilirse asılı maddeler ve kolloidlerin bir kısmı veya tamamı giderilir ki bu işleme genel olarak filtrasyon denmektedir. Filtrasyonun yeterliliği ve maliyeti şu hususlara bağlıdır:

- a) Süspansiyondaki katıların konsatrasyonu ve özellikleri (danelerin boyut dağılımı, yüzey hususiyetleri, organik-inorganik oluşları v.b.)
- b) Gözenekli süzücü ortamın ve diğer süzme yardımcısı olarak kullanılan elamanların karakterleri (dane dağılımı, yüzey nitelikleri v.b.)
- c) Sudaki askı maddelerin özellikleri
- d) Filtre tesisinin yapısı, filtrasyon metodu ve işletilmesi.

Herhangi bir andaki filtreden geçiş debisi o anki tahrik kuvveti ile doğru, süzücü ortamın direnci ve gözenekler içinde tutulan askı madde (çamur) miktarı ile ters orantılıdır. Yani



$$Q \propto \frac{\text{tahkik kuvveti}}{\text{süzücü ortamın (yatağın) direnci}}$$

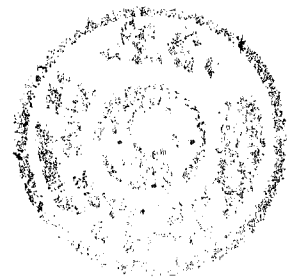
Tahrik kuvveti (itici güç) filtrenin direncini yenmeye karşı elde tutulan su yüksekliği ile ölçülür. Gerekli su yüksekliğini kullanmada üç ana terim kullanılmaktadır: a) Vakumla filtrasyon, b) Basınçla filtrasyon, c) yerçekimi ile filtrasyon

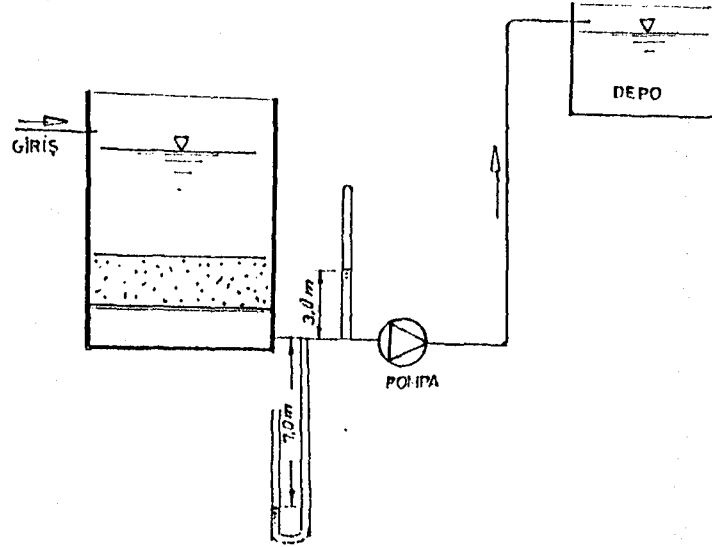
Vakumla filtrasyonda filtre, pompanın emme hattına bağlanır (Şekil 2.1) ve filtredeki basınç kaybı pompanın emme yüksekliği ile sınırlanmış olur. Bu yükseklik genelde, deniz seviyesindeki yerlerde 5.5 ila 6.7 m kadardır. Filtre yatağında, genelde atmosfer basıncı altında bir basınç bulunur.

Basınçla filtrasyonda filtre tesisi pompanın basma hattı üzerine yerleştirilir (Şekil 2.2). ve filtredeki yük kaybı, pompanın üretebileceği basınca göre, istenildiği kadar fazla olabilirse de bu, genelde 3 ila 12.0 m'yi geçmez. Filtre içindeki basınç umumiyetle atmosfer basıncından daha fazladır.

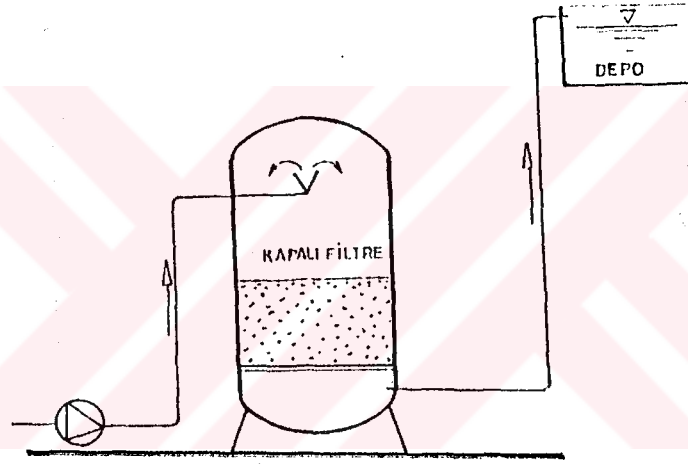
Yerçekimi ile filtrasyonda su, yatağa yerçekimi kuvveti ile geçer. İtici kuvveti temsil eden mevcut su kalınlığı yatak üzerindeki su kotu ile süzülen suyun gittiği depodaki su yüzü kotu farkından ibarettir (Şekil 2.3).

Daha doğrusu yerçekimi ile çalışan filtreler (açık filtreler) basınçlı filtrelerin özel bir halidir. Bunlarda kum yatağı üzerindeki su yüzü atmosfere açıktır; o sebeple bu filtrelere (genelde) açık filtre denir. Şayet çıkış suyunun boşaldığı depodaki su yüzü filtre kum tabakası yüzünden yüksek ise kum tabakası içindeki basınç sürekli atmosfer basıncından yüksek olacaktır. Şayet depodaki su yüzü kum tabakası yüzünden aşağıda ise kum tabakası içinde negatif basınç (vakum) oluşması mümkündür.

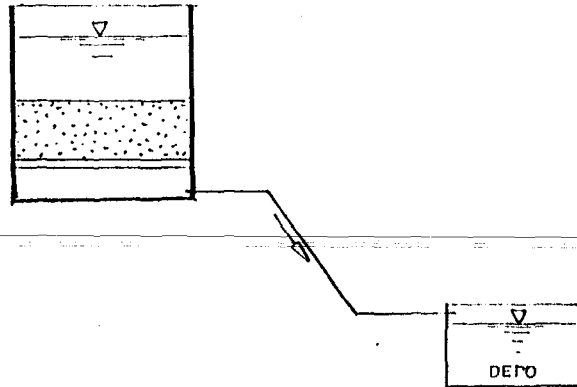




Şekil 2.1 Vakumlu Filtrasyonda Filtre Pompanın Emme Hattı Üzerine Bağlanmaktadır.



Şekil 2.2 Basınçlı Filtrasyonda Filtre Pompanın Basma Hattı Üzerine Bağlanmaktadır.



Şekil 2.3 Açık Filtrelerde (Gravite Filtreleri) Kullanılabilecek Yük Yatak Üstü Su Seviyesi ile Depodaki Su Seviyesi Farkından İnarettir.



İçmesuyu filtrasyonunda çok çeşitli süzücü ortam (elaman), dane büyüklüğü dağılımı ve yatak derinliği kullanılabilir. Mesele hangi filtrenin suyu, istenilen kalitede, fakat en ucuza mal edeceğidir. Karşılaştırılan filtrelerin hepsinin aynı miktar suyu aynı zaman dilimi içinde süzmeleri esas alınmalıdır. Genel olarak filtre yatağındaki dane çapı büyüdükçe, aynı kalitede su elde edebilmek için yatak derinliğinin de artması gerekir. Bu durum iki çeşit dane yataklı filtrenin ortaya çıkmasına sebep olur.⁽¹⁰⁾

- 1) Süzücü ortamı çok ince danelerden $[1 - 100 \mu m \text{ (mikrometre) }]$ meydana gelen ve yatak kalınlığı çok ince (3 - 5 mm) olan tipteki filtreler. Bunlarda yatak, her süzme devresinden sonra atılmaktadır; ters yıkama v.s. yapılmamaktadır.
- 2) Süzücü ortam iri danelerden oluşan (0.15 - 3 mm) ve yatak derinliği fazla (0.15 - 1.8 hatta 2.4 m) olan filtreler. Bunlarda yatak, her süzme periyodundan sonra temizlenir ve sonra tekrar devreye sokulur.

Birinci tip filtreler “ kaplama tabakalı ” filtreler veya daha genel deyiimiyle “ diatomit “ filtrelerdir. ⁽⁹⁾ Bunlar yüzme havuzlarında ve içmesuyu arıtımında çok kullanılmıştır. İkinci tip’e genelde dane ortamlı - derin yataklı filtreler veya daha çok kum filtresi ve iki ortamlı filtre denilmektedir. Burada yerçekimi ile çalışan (açık) derin yataklı filtreler ve filtrasyon ile bunların içmesuyu arıtımındaki uygulamaları üzerinde durulacaktır. Bu uygulamaların özellikle prensipleri ve son gelişmeleri incelenecektir.



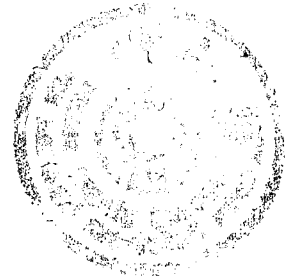
2.4 TARİHE BAKIŞ

Aşağıdaki durumlarda, içmesuyu arıtımında derin dane yataklı filtreler askıdaki maddelerin tutulmasında yaygın uygulama alanı bulmuştur:

- 1) Yeraltı sularındaki Demir ve Mangan'ın giderilmesinde,
- 2) Yeraltı veya yüzeysel suların kireç/kireç-soda metodu ile arıtılması sırasında çökmeyen askıdaki maddelerin tutulmasında,
- 3) Yüzeysel suların koagülasyon - flokülasyon ve çöktürülmesi ardından tutulamayan askı maddelerin tutulmasında, suyun daha berrak hale getirilmesinde,
- 4) Patojenik mikroorganizmanın tutulmasında veya patojenik olmasa da klor sarfiyatını artırmaya sebep olan organizmanın tutulmasında.

Geçen yıllar zarfında filtrasyonun rolü, su teknolojisinde kaçak (kanallaşma) problemi ortaya çıkıncaya kadar, önemli ölçüde değişerek sürmüştür. 1829'larda başlayan İngiliz filtresi (yavaş kum filtresi) uygulamalarında kullanılan kum yatağı karışık danceli (sıralanmamış) idi, süzme hızı $1.9 - 3.7 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{gün}$ kadardı ve bunlar 6 - 8 ay süzmede sürekli kahyolardı. Bu süre sonunda su, kum yüzeyinin altına kadar boşaltılarak üstteki kirli (çamurlu) tabaka sıyrılarak dışarı alındıktan sonra filtre tekrar servise sokulmakta idi. Bu filtreler sadece yüzeysel suları arıtmada kullanılıyordu ve yegane arıtma vasıtası idi.

1850 yıllarında Londra'da çıkan ve Broad Street kuyu salgını olarak bilinen salgının, suya kanalizasyon sularının karışması ile meydana geldiğinin anlaşılması üzerine bütün



gelişmiş memleketler İngiliz tipi filtre (yavaş kum filtresi) kullanmaya başladı. 1860 ve 1870'li yıllarda Pasteur ve diğerlerinin hastalıkların mikroplardan ileri geldiği teorisini geliştirmeleri üzerine filtreler, askı maddeleri tutmaları fonksiyonundan ziyade hastalık mikroplarını tutmak maksadıyla kullanılmaya başlandılar. Almanya'da 1890 yıllarında çıkan meşhur Hamburg, Attoona, Wandsbeck kolera salgınları sırasında İngiliz filtrelerinin etkinliği iyice kanıtlandı. Sonuçta, Amerikada da halk arasında filtrelere karşı büyük bir rağbet ortaya çıktı.

Amerikanın ekseri bölgesindeki akarsular fazlaca kil içerdiği için bu suların arıtımında İngiliz filtreleri iyi sonuç veremedi. 1900'lü yıllarda bile Amerikada işçilik pahalı idi, o sebeple geniş İngiliz filtreleri tesis etmek pahalı oluyordu. Bu sebepler sonucunda, Amerikada süzme hızı daha fazla olan filtreler piyasaya çıktı. ⁽¹¹⁾ Kentucki - Louisville'de 1890 sonlarında Fuller'in yaptığı bir filtre yeni, Amerikan tipi hızlı - kum filtrelerinin projelendirilmesinde kriter haline gelmiştir. Bu çalışma şu hususları içermektedir:

- 1) Filtreye giden yükü azaltma için ham suyu koagülasyon - flokülasyon ve sedimantasyon işlemlerinden oluşan bir ön arıtma işleminden geçirmek,
- 2) Filtrelerdeki süzme hızının $4.9 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{saat}$ 'i geçmemesi, çalışma süresinin iki yıkama arası 12 - 36 saat kadar olması, giriş - çıkış basınç farkının 2.4 - 3.0 mss olması. Yüksek süzme hızları katıları (çamurları) kum yatağının daha aşağı tabakalarına sürdüğü ve İngiliz tipi filtrelere kıyasen çok kısa zamanda yıkamak gerekmesi nedeni ile yeni geri yıkama tekniklerinin geliştirilmesi icap etmiştir.

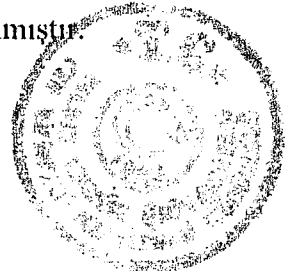


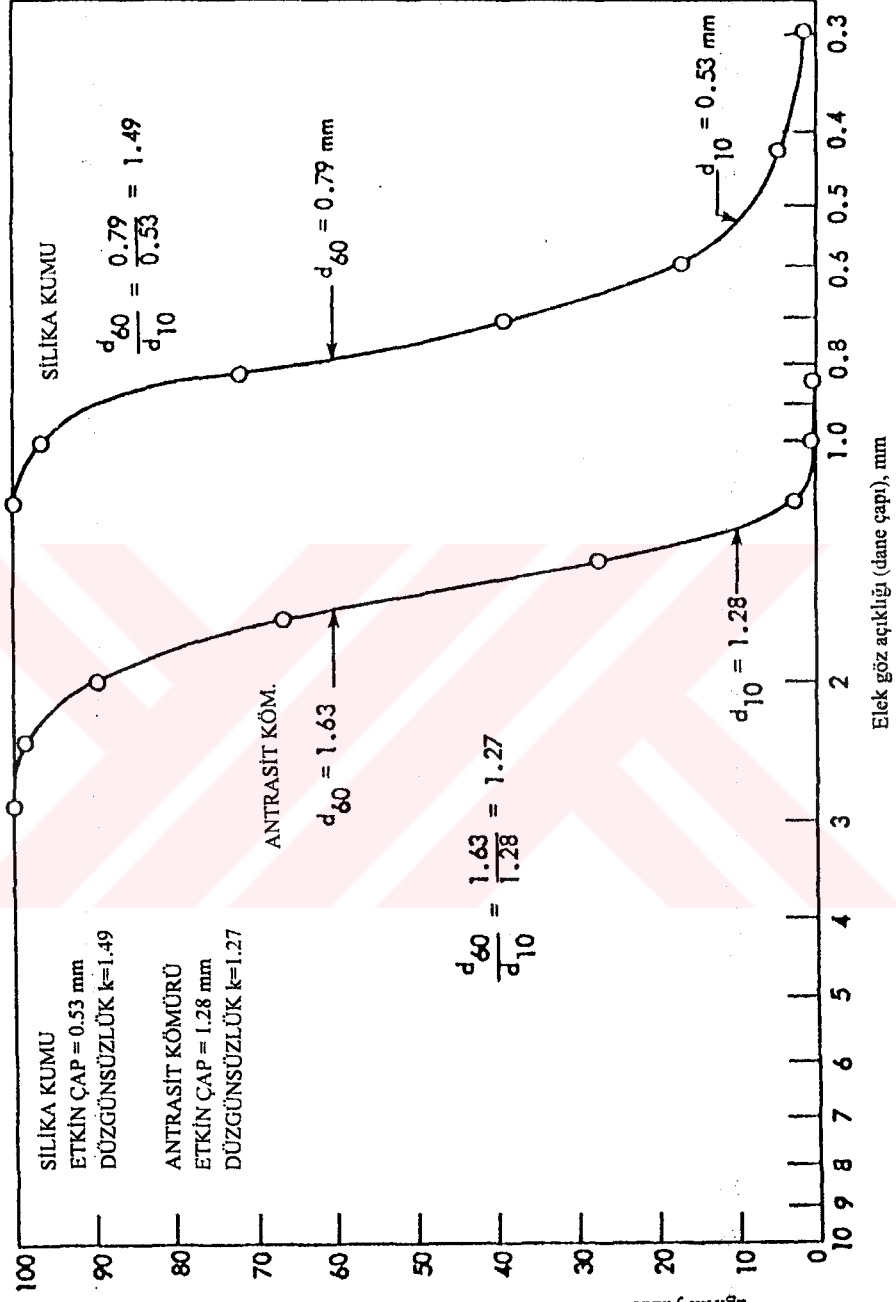
3) Filtreleri yıkamak için gerekli zamanı kısaltmak üzere, tersten verilen yıkama suyu ile birlikte hava da kullanılmış ve böylece kum yatağı akışkan hale getirilerek biriken çamurlar sökülüp atılmıştır. Amerikan deneyimleri geri yıkamada hava da kullanılmasının gereksizliği sonucuna varmış ve hava kullanımını terk etmiştir. Buna karşın İngilizler geri yıkamada hava kullanımını benimsemiş ve ileri götürmüştür. Her iki uygulamada da (su ile veya su + hava ile) geri yıkama süresi 15 -25 dakika olmaktadır ve işlemin sonucunda kum yatağında ince daneler en üst tabakada, kalınları da en altta yer alıyordu. Yani yatakta bir tabakalaşma oluşuyordu.

4) Filtre yatağı kalınlığı, yavaş filtrelerdeki gibi genelde 1.0 m kadar alınmıştır. Efektif kum çapı 0.4 - 0.5 mm, düzgünsüzlük katsayısı 1.6 - 1.7 olmuştur. Şekil 2.4, halen kullanılmakta olan hızlı filtrelerdeki kumun ve kömürün dane dağılımını göstermektedir. Yatak efektif çapı 0.53 ise çapı 0.3 - 0.4 mm olan daneler en üst tabakayı, çapı 1.0 -1.2 mm olan danelerden en alt tabakayı oluşturacaktır. Böylece yatağa giren bir katı madde önce çok ince boşluklu tabakalardan, daha aşağılarda daha büyük boşluklu tabakalardan geçecektir.

Bu asrın ilk yarısına kadar, istinasız bütün içmesuyu arıtma filtreleri bu esaslara göre projelendirilmiştir. Bu yeni teknolojiye filtre, suyun kalitesini yükseltip koruyan ana ünite , kimyasal ön arıtma ise filtrenin yükünü hafifletip ekonomik çalışmasını sağlayan yardımcı ünite olarak yer almıştır.

1900 ve 1915 aralarında dezenfeksiyon teknolojisi içmesuyu arıtımına önce hipokloridler, daha sonra da gaz klorla girmeye başladı. Suyun, hastalık mikroplarına karşı klorlama ile korunduğunun kabul edilmesinden sonra, filtrelerin mikropları tutma fonksiyonu ikinci planda kalmış, maddeleri tutma fonksiyonu ise ön plana çıkmıştır.





Şekil 2.4 Hızlı Filtrelerde Kullanılan Kum ve Kömürün Dane Dağılımları



(Çapları 1)'den küçük olan danelerin
ağırlık yüzdesi

İkinci Dünya Savaşı'ndan sonra filtrenin işletmede kalma süresinin dolduğunu belirten iki kriter ortaya çıkmıştır:

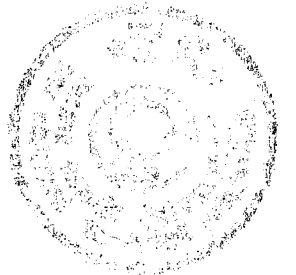
- 1) Mevcut işletme basıncı kullanılıp tüketilmeden önce asılı danelerin yataktan geçerek (kaçarak) çıkış suyuna karışması,
- 2) Asılı katıların yatağın tamamına işlemesinden daha önce mevcut işletme basıncının tükenmiş olması

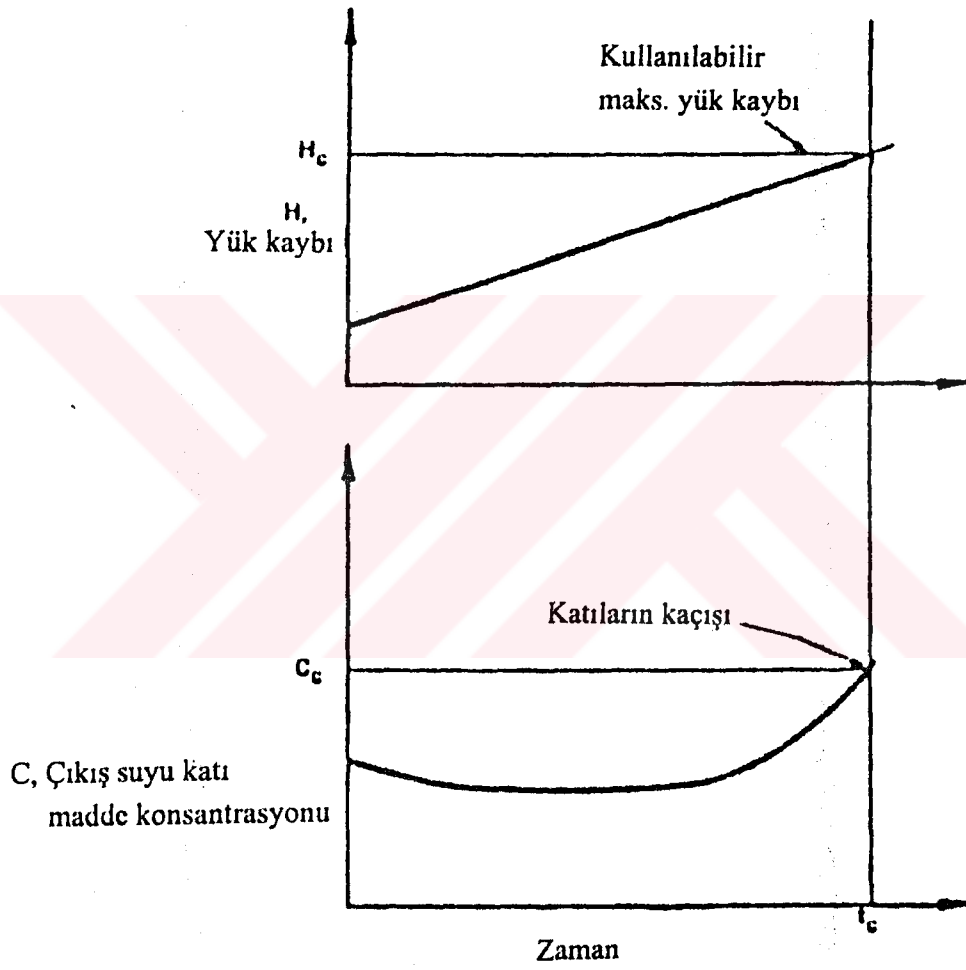
Bu iki durumdan herhangi biri ortaya çıkmadan önce filtrenin devreden çıkarılması uygun olacaktır. Zira birinci halde çıkış suyu kalitesi bozulmuş olacak, ikinci halde ise debisi azalmış olacaktır. İdeal olanı bir filtrenin, asılı maddeleri tutma kapasitesi dolduğu zaman suyu yataktan geçirmek için kullanılabilecek mevcut basıncının da Şekil 2.5'de görüldüğü gibi tükenmiş olmasıdır. Bu sağlandığı zaman o filtrenin, işletme açısından optimum niteliklerde projelendirilmiş olduğu kabul edilmelidir.

Nüfusun 1940 - 1950 arası yıllarda hızla artması sonrası mevcut arıtma tesislerinin kapasitelerini artırabilmek amacıyla filtrelerden daha çok su geçirmek ihtiyacı doğmuştur; yani mevcut filtrelerin süzme hızları 6 -9.6 m³/m²/saat'a çıkarılmıştır. Bu yapılırca filtrelerdeki mevcut kullanılabilir basıncın kısa zamanda tükendiği, yani yataktaki hız kayıplarının hızla arttığı görülmüştür.

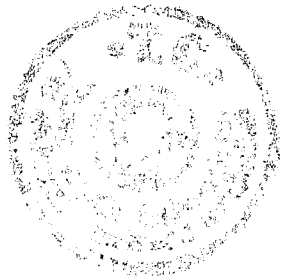
Böylece, bu dönemde araştırmalar, aynı çalışma süresi içinde filtreden daha fazla su geçirmek imkanları yanısıra, daha yüksek yükte çalıştırılması üzerinde yoğunlaşmıştır.

Bu araştırmalar çift ortamlı (çift yataklı) ve karışık ortamlı filtreler ile tek ortamlı - aşağıdan yukarı akışlı filtreleri ortaya çıkarmıştır (Şekil 2.6).





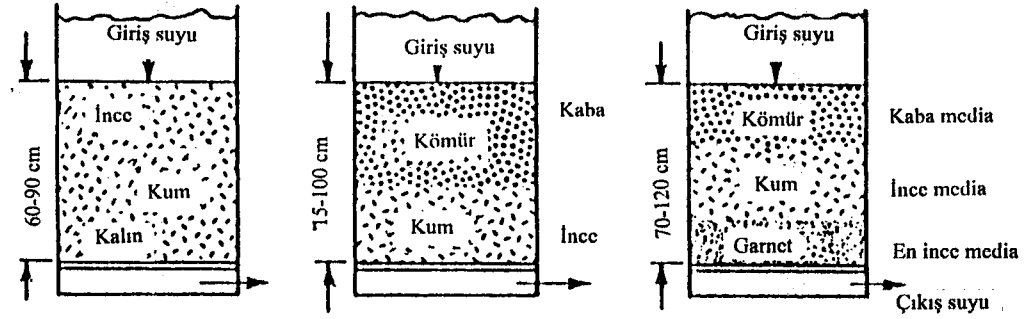
Şekil 2.5 Kritik Filtre Sürecine Karşı Gelen Kritik Yük Kaybı ve Kritik Çıkış Suyu Kalitesi



Bütün bu filtrelerle, $7.2 - 9.6 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{st}$ hızın üzerinde çalıştırılmaları halinde, yüksek hızlı - derin danc yataklı filtreler denilmektedir.

Bu yeni filtre düzenlemelerinde filtrasyon hızlarının artması ile çalışma süreleri (iki yıkama arası süre) giderek kısalmakta ve filtre, asılı maddelerin (çamurun) çıkış suyuna kaçmasından hemen önce durdurulmaktadır. Çünkü yüksek hızlar sudaki asılı daneleri yatağın gittikçe derinlerince itmekte ve biraz sonra yataktan dışarı çıkmasına neden olmaktadır. Bu yüzden bu defa araştırmalar yeni problemlerin çözümüne yöneltildi yani, koagülasyon, flokülasyon ve sedimantasyon işlemleri geliştirildi. Ve böylece içmesuyu arıtması öyle ileri bir düzeye geldi ki içmesuyu operatörleri, 1960'larda ön arıtmadan (koagülasyon - flokülasyon ve sedimantasyon) gelen suların, daha filtreden geçmeden , halihazır içmesuyu standartlarını karşıladığını hatta onun üstüne çıktığını bildirmişlerdir. Böylece gelişen teknoloji filtrelerin rolünü tekrar değiştirmiştir. Klorlama ile patojenik organizmaya karşı bakteriyolojik kaliteyi koruma fonksiyonunu kaybeden filtre, bu defa da ön arıtmanın güçlenmesi ile asılı maddeleri tutma fonksiyonunu kaybetmiştir. Öyle ki içmesuyu arıtımında filtreye ihtiyaç olup olmadığı konusu da tartışılmaya başlanmıştır.

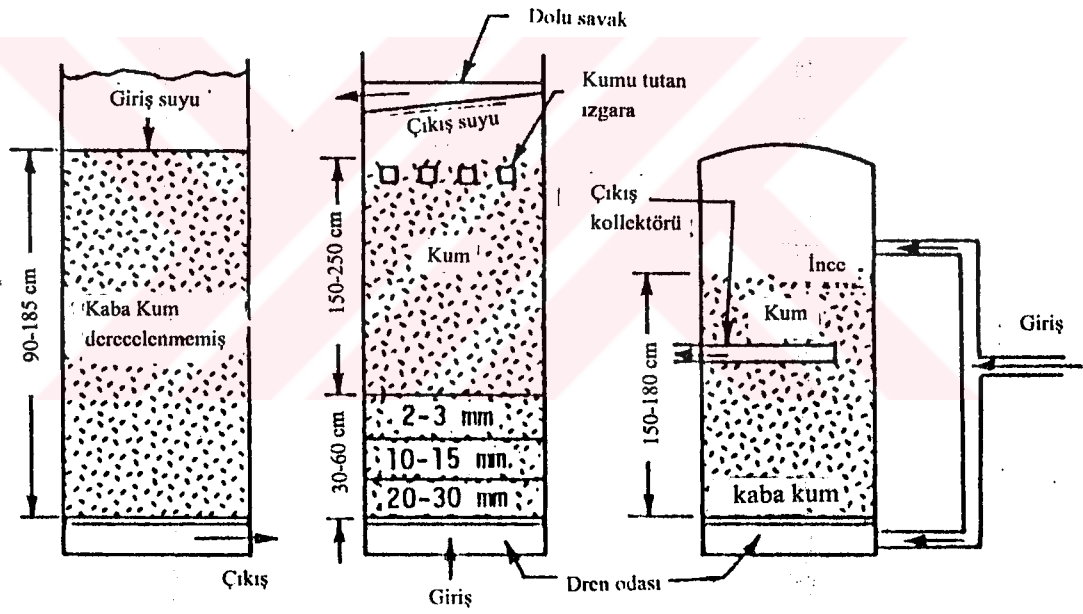




A. Geleneksel Kum Filtresi

B. Çift Yataklı

C. Üç yataklı

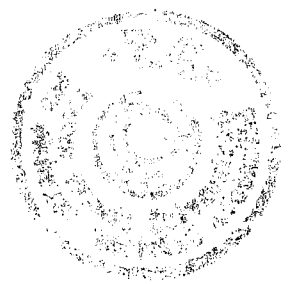


D. Tek yataklı derecelenmemiş filtre

E. Tek yataklı yukarı akışlı filtre

F. Tek yataklı çift akışlı filtre

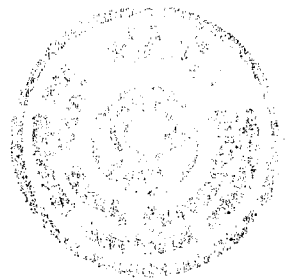
Şekil 2.6 Derin Danc Yataklı Çeşitli Filtrasyon Düzenleri



Gelişen teknoloji ile bu defa içmesuyu standartlarındaki bulanıklık limitleri de aşılmıştır. Örneğin A.B.D. Halk Sağlığı İçmesuyu Standardı, **Tablo 2.1.** de gösterildiği gibi giderek kaliteyi daha yükseltmiştir. Bu yüksek kalite talebi ve 1974-75'lerdeki, karserojen potansiyel ihtimali olan bazı partiküllerin içmesuyunda istenmemesi filtrelerin içmesuyu arıtımındaki rolünü ve lüzumunu iyice pekiştirmiştir. Arıtma rolü kimyasal ön arıtma , dezenfeksiyon ve filtrasyon üçlüsü arasında dengeli şekilde bölüştürülmüştür. Şimdilerde ön arıtmanın yükünü daha çok artırmaya dolayısıyla filtreleri de daha fazla yüklemeye doğru bir uygulama sürdürülmektedir. Sonuçta, her üniteyi kendi performans limitlerinin sonuna kadar yükleyerek sistemden optimum faydayı sağlamak yolu tercih edilmektedir.

Tablo 2.1. İçmesuyu Standartları

Zaman	Müsaade Edilen Maks. Türbidite
1962 öncesi	10 TU
1962 - 1976	5 TU
1977	1 TU
Amerika Su İşleri Cemiyeti Hedefi	0.1 TU



2.5 HALEN BENİMSENEN TEKNOLOJİ

2.5.1 TESİS TİPLERİ

Halen, düşük türbiditeli içmesuyu elde edebilmek için 3 ana tipte akış şeması uygulanmaktadır:

1) Geleneksel arıtma tesisleri (hamsu bulanıklığı 1 Bulanıklık Biriminden (TU) yukarı)

a) Kimyasal ön arıtma (çökelebilen asılı maddeler oluşturmak üzere)

- Hızlı Karıştırma

- Yavaş Karıştırma

- Çöktürme

b) Berraklaştırma filtreleri (Kalmış pıhtıları tutmak için. Pıhtıları güçlendirmek üzere polimerler kullanılabilir.)

2) Sadece filtrasyon içeren tesisler (hamsu bulanıklığı 50-60 TU)

a) Filtrede tutulabilen asılı maddeler oluşturacak kimyasal ön arıtma (10-20 mg/l alum veya Demir koagulantlar ve polimerler)

- Hızlı Karıştırma

- Kısa süreli flokülasyon

b) Filtrasyon; koagüle-floküle olmuş asılı maddeleri tutmak üzere



3) Temash koagölasyon-filtrasyon tesisleri (hamsu bulanıklığı 75-100 TU)

a) Kimyasal ön arıtma; süzülebilir asılı maddeler (güçlü ve iri) oluşturmak üzere

- Hızlı Karıştırma

- Kısa süreli flokülasyon

- Yukarı akışlı-kaba danc yataklı filtrasyon

b) Filtrasyon; yukarı akışlı filtreden gelen tutulamamış asılı maddeleri tutmak üzere.

- Pıhtıların tutulmasını artırmak üzere polimer kullanımı.

Polimer ve diğer kimyasalların kullanımında polimerin cinsi ve uygulanacağı miktarın önemli olduğu bilinmelidir.

Örneğin, polimerler aşağıdaki gibi bir çok şekilde kullanılmaktadır;

a) Birincil koagulant olarak asılı pıhtıları daha kolay çökebilecek duruma getirmek üzere,

b) Filtrasyon yardımcısı olarak, asılı pıhtıları filtrede kolay tutulur hale getirmek üzere. filtrelerin oldukça önündeki bir noktada (iyice karışması için) verilmesi,

c) Filtrasyon yardımcısı olarak, filtrenin hemen önünde suya ilave edilir ve böylece hemen filtre ortamı (media,kum) ile karışıp onun çekme potansiyelini artırmak üzere,



- d) Filtre yatağı kaplaması olarak, filtre servise sokulmadan önce yatağın (medianın, kumların) karakterini değiştirmek üzere.

2.5.2 FİLTRE TİPLERİ

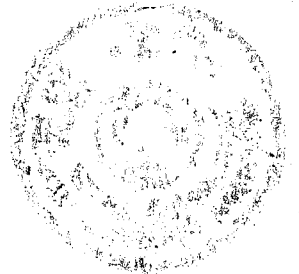
Halen, içmesuyu arıtımında kullanılan filtrelerin çoğu aşağı akışlı, çift yataklı veya karışık yataklı, derin yataklı filtreler olup yüksek hızlarda çalıştırılmaktadırlar. Küçük tesislerde basınçlı filtreler de (kazan adedi 2'den fazla) çok kullanılmaktadır. Basınçlı filtrelerde medya (= kum v.b.) basınç altındaki bir tankın içerisinde olup su, bu tanka pompa ile basılarak veya cazibe ile gelerek medya içerisinden geçirilmekte ve basınç altında tanktan çıkmaktadır. Çoğu kez basınçlı filtreler suyu doğrudan içmesuyu şebekesine basmaktadır. Büyük tesislerde cazibe etkisi ile çalışan açık filtreler kullanılmaktadır. Bunlar iki-üç gözden daha çok gözlü olarak yapılırlar; üstü atmosfere açık olur; su filtre yatağından yerçekimi ile geçer ve filtreden çıktığı zaman atmosfer basıncında bulunur.

2.6 DERİN YATAKLI FİLTRASYON ÖZELLİĞİ

2.6.1 OPTİMUM PROJELENDİRME

Filtrenin uygun şekilde (optimum) projelendirilmesi;

- medya (kum,kömür v.b.) çap ve derinliğinin,
- süzme hızının
- akışı sağlayacak mevcut basıncın
- filtrenin işletilme metodunun



belirlenmesi demektir. İşletme açısından optimum, birbirine yakın kombinasyonlar çıkarabilmek için önce ortaya bir matematik model getirip yukarıdaki dört parametrenin çeşitli bileşimlerini oluşturup, onların eşdeğer performans sergileyip sergilemediğini incelemek gerekir.

Maalesef henüz, filtre performansını ortaya koyacak, tatmin edici universal bir model gelişmiş değildir. Mamafih bize optimum filtre projelendirilmesinde öncülük edecek modeller geliştirilmektedir. Şimdilik,

- Başkalarının tecrübelerinden yararlanmak,
- yoğun plot tesis çalışmaları yapmak,

bilinçli tahminler yapmak ve kendi kişisel deneyimlerimize dayanmak, zorunludur. Ekonomik-optimum filtrenin projelendirilmesi için,

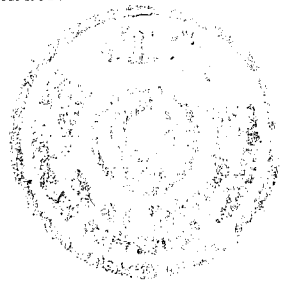
- filtrasyon sonuçlarını tahmine yarayabilecek bir modele,
- ilk yatırım masrafı ile işletme masrafını tahmine yarayacak birikimlere,
- bu ikisini karşılaştıracak bir bilgisayar programına,

ihtiyaç bulunmaktadır. Bu nedenlerle filtre performansına etki yapan faktörlerin incelenmesinde fayda vardır.

2.6.2 KATI MADDELERİN GİDERİMİ

Bir filtrasyon modeli oluşturulurken, filtre performansına etki yapan çeşitli mekanizmalar işe dahil edilmelidir. Filtrasyon üç esas mekanizmadan oluşmaktadır:

- a) Taşınma,



b) Tutunma (yapışma)

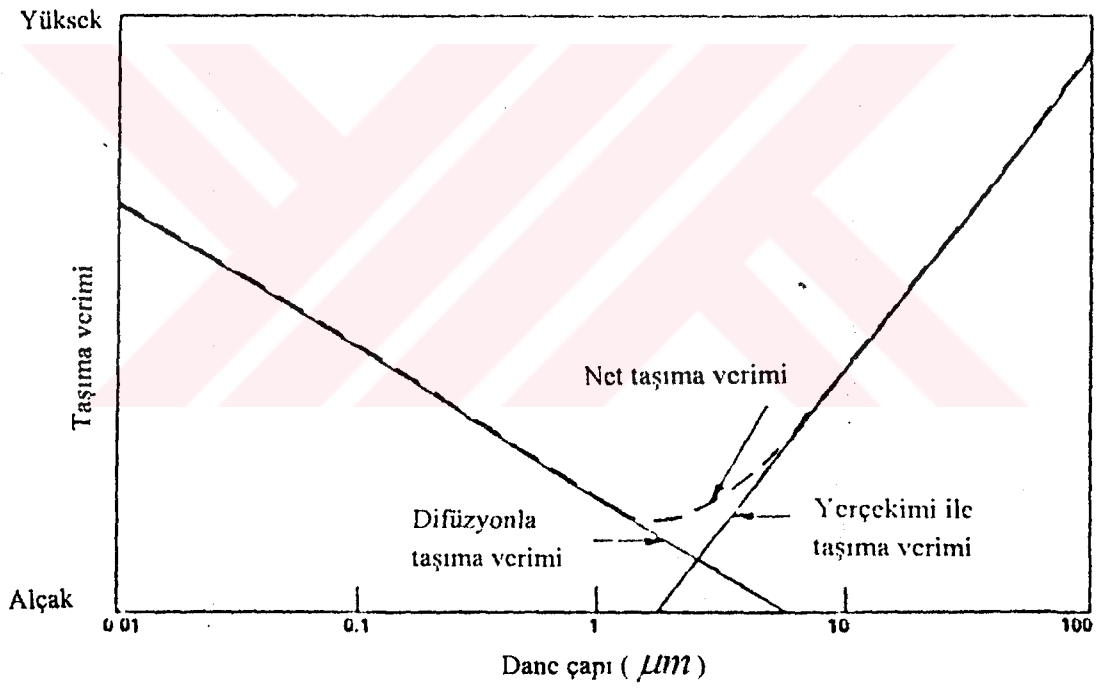
c) Sökülme

Taşınma, asılı tancenin filtre içine, boşluklara kadar götürülmesidir. Tane burada yatağın taneleri ile veya orada tutulmuş çamur taneleri ile temas haline gelir ve onlara yapışır. orada kalır buna tutunma denir. Sökülme (kopma) ise, tutunmuş olan pıhtıların hidrodinamik kuvvetler etkisi ile tutundukları kum veya çamur yüzeyinden sökülerek daha aşağı tabakalara, hatta çıkış suyuna taşınması olayıdır.

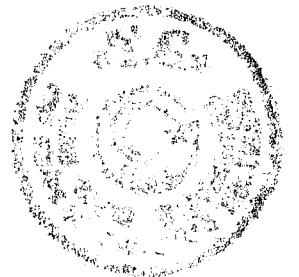
Taşınma Mekanizması

Önemli taşınma mekanizmaları, süzme, yerçekimi, atalet kuvveti, çökme, yayılma ve hidrodinamik kuvvetlerdir. Taşınmada tane büyüklüğü önemlidir. Çapı $1 \mu m$ 'den küçük tanelerin giderilmesi verimi minimumdur. $1 \mu m$ 'den büyük parçaların giderilmesi taşınma mekanizmasına etki yapan çökme ve/veya yolunun kesilmesi (yani yerçekimi kuvvetleri) tarafından hızlandırılır. $1 \mu m$ 'den küçük parçalarda giderilme verimi parça çapı küçüldükçe artar. Taşınma, parça küçüldükçe yayılma etkisinin artışıyla sağlanır. Taşınmada etkili kuvvetlerin tesirleri Şekil 2.7'de gösterilmiştir.





Şekil 2.7 Taşıma İmkânı Vc Taşıyan Tane Büyüklüğü Arasındaki İlişki



Yapışma Mekanizması

Pıhtıların medya danelerine yapışması fiziksel-kimyasal ve moleküler kuvvetlere hamledilmektedir. Pıhtılar ekseriya moleküler köprüler ile yapışmaktadır ki sentetik, tabii veya hidroksit polimerlerde durum böyledir. Yao ve arkadaşları ⁽¹²⁾ yapışmanın optimum dozda polimer kullanılarak artırılacağını göstermiştir. Bu miktarın koagülasyon kavanoz-deneyleri ile tespit edileceğini belirtmişlerdir. Polimerlerin kol atmak ve yükü nötr hale getirmek suretiyle yapışmayı artırdıkları sanılmaktadır. Geleneksel filtre tesisleri istenilen kalitede çıkış suyu veremez hale gelmiş ise, filtrasyon ortamının kemistrisinin değiştirilmesi, bunun için de suya optimum dozda koagülant verilmesi, veya medya tanelerinin bir polimerle veya alum gibi bir metalik koagülant ile kaplanması önerilmektedir. ⁽¹³⁻¹⁴⁾

Yapışmayı sağlayan ana etkenler germe, Van Der Walls kuvvetleri, kimyasal kuvvetlerle yüzeyler arasındaki elektronik mukabil etki, moleküler kuvvetler ve yüzeysel gerilimdir.

Kopma Mekanizması

Mintz ⁽¹⁵⁻¹⁶⁾ medya içinde biriken pıhtıların (çamurların) fazla güçlü olmadığını, bunların suyun akma etkisi ile kısmen parçalandığını belirtmiştir. Özellikle debi aniden artırıldığı takdirde kopma olayının daha fazla görüldüğü Tuepker ve Buescher ⁽¹⁷⁾ ve Cleasby ve arkadaşları ⁽¹⁸⁾ tarafından da tesbit edilmiştir.

Başka bir grup araştırmacılar, İves ⁽¹⁹⁾, Lerk ⁽²⁰⁾ ve Mackrle da bu kopma mekanizması açıklamasına karşı çıkmışlardır. Zira, pıhtılar gözeneklere doldukça daneler arası su hızı artacak, su ipciğinin kıvrılmaları azalacak, gözeneklerdeki yüzey alanı azalacak



dolayısıyla sudaki asılı pıhtının tutunma şansı azalacak ve pıhtının çıkış suyu ile çıkması olasılığı artacaktır. Yani çıkış suyundaki pıhtı akışı kopma olayından değil tutunamamak olayından kaynaklanacaktır.

Bu iki grup arasındaki fikir ayrılığı 1980 yıllarına kadar çözülememişti. Açık filtrelerdeki fiziki durumun gerçek çözümü, süre-porozite değişimi ile pıhtıların yatak boşluğunda tutulma debisinin (birim zamandaki) gidişini içeren yeterli bir matematik model geliştirilmesi ile mümkün olacaktır.

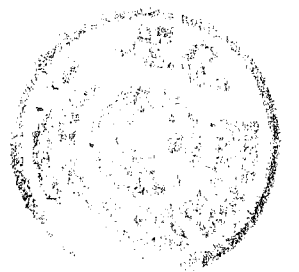
2.6.3 MATEMATİKSEL TAHMİN MODELLERİ

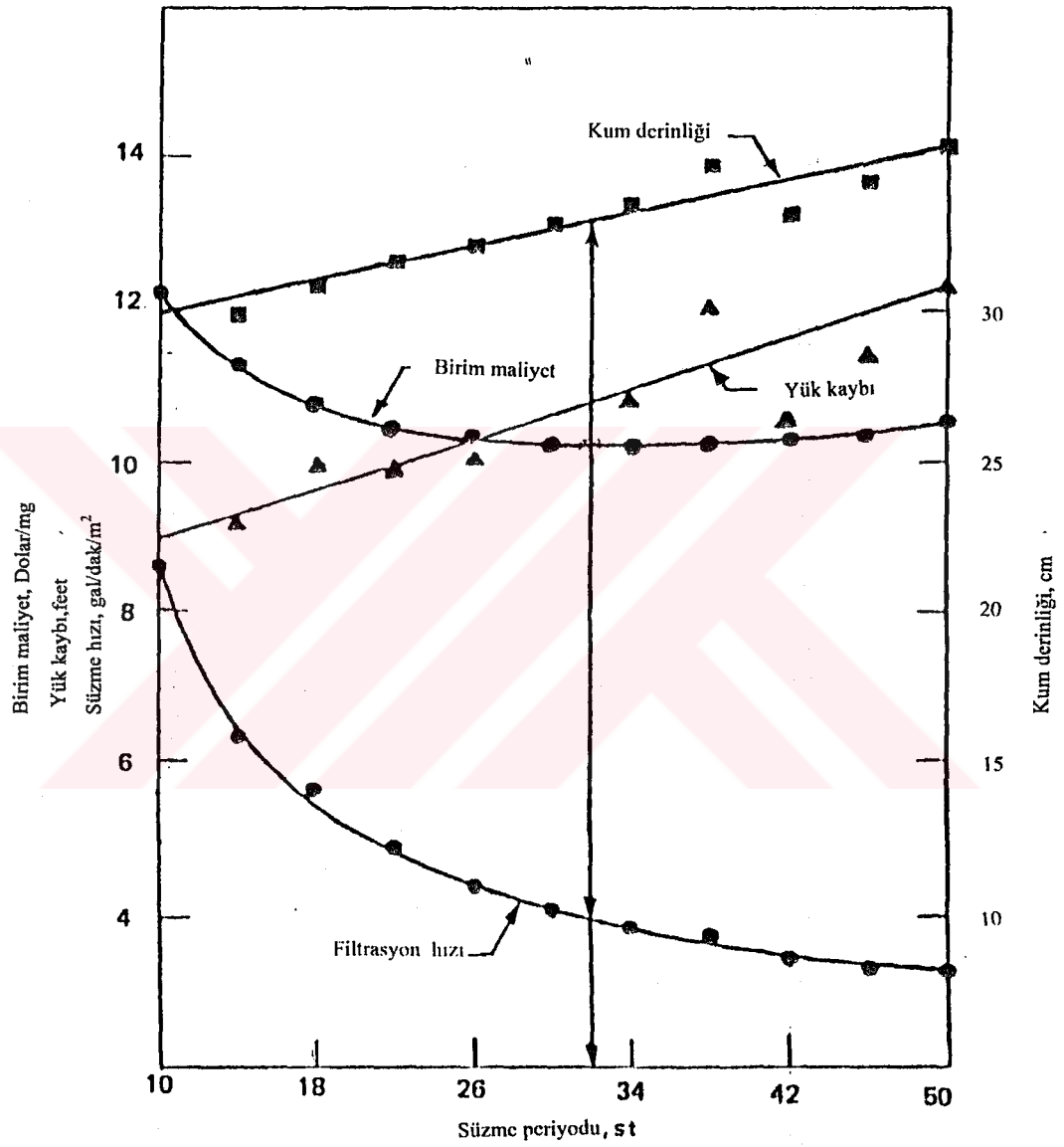
Açık filtreleri belirlemeye yönelik bütün matematiksel modeller iki kısma ayrılabilir; biri berraklık derecesini, diğer bir deyişle asılı madde giderimi derecesini esas alanlar; diğeri ise yataktaki tıkanma sonucu yük kaybının artmasını esas alanlar.

Optimum Dizaynın Gösterilmesi

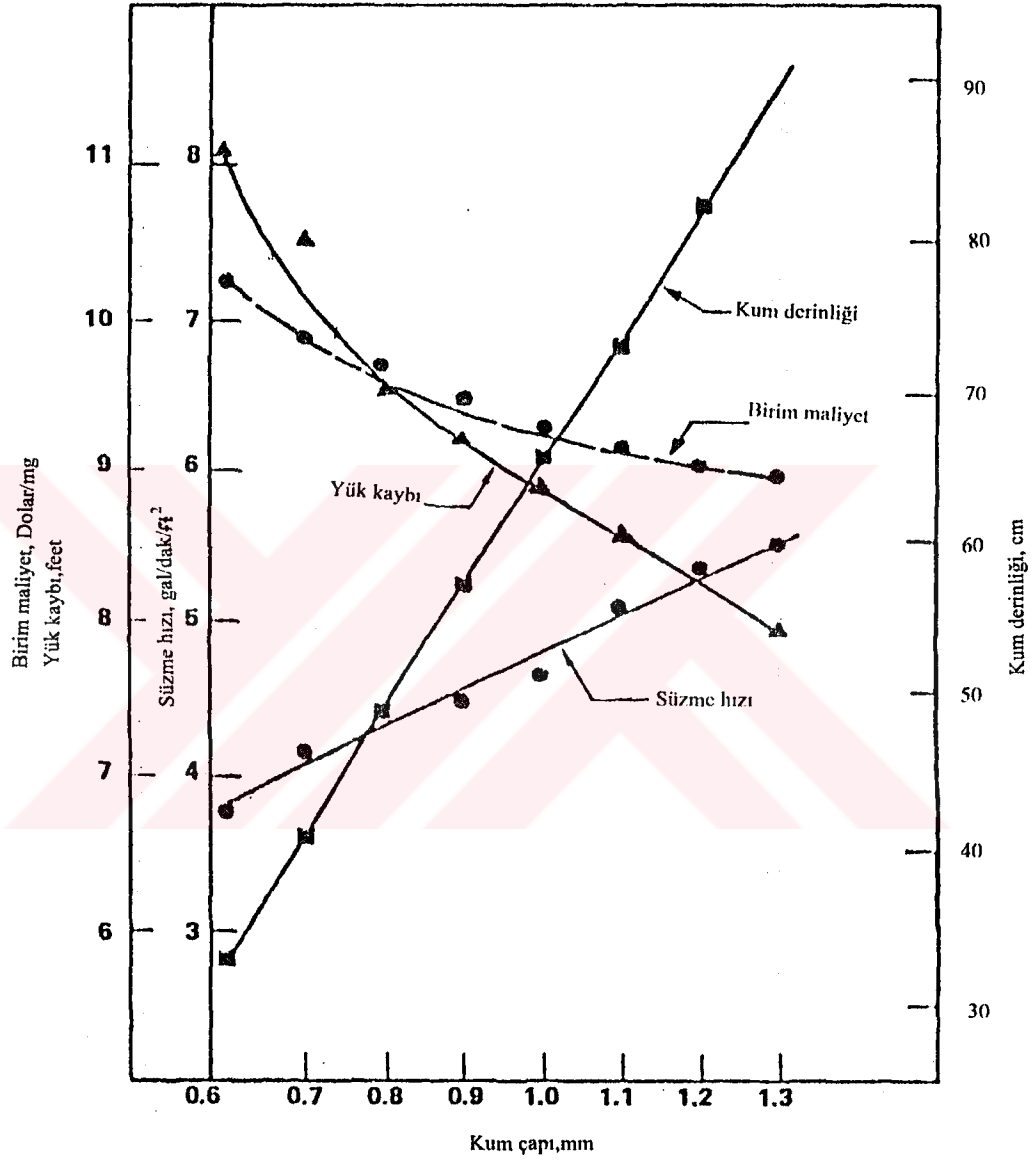
Tek yataklı kum filtasyonunda mevcut esas ve amprik modellerin minimum masraf-optimum dizayn kombinasyonunu göstermek üzere kullanılabileceğini Ives, Huang ve Bauman göstermişlerdir. Şekil 2.8 ve 2.9, içerisinde 5.0 mg/l demir bulunan bir kuyu suyunun maksimum 0.3 mg/l'ye kadar indirilmesinde kullanılan kum filtresinden alınan sonuçları göstermektedir.

Şekil 2.8, 0.6 mm kum kullanıldığında, filtre çalışma süresi 34 saata geldiği ve yük kaybı 11.5 feet'e eriştiği zaman birim hacim bedelinin ve erişilen yük kaybının yatak danc çapının artması ile azaldığını göstermektedir. Ancak, 1.3 mm'den büyük taneli kumyatağı kullanılması halinde su ile geri yıkama (akışkan yatak) tekniği yeterli olamadığından optimum noktaya tam varmak mümkün olamamıştır.





Şekil 2.8 Filtrasyon Devresinin Filtrasyon Maliyetine, Gerekli Filtrasyon Hızına, Yük Kaybına ve Yatak Derinliğine Etkisi. (Kum Çapı= 0.6 mm)



Şekil 2.9 Kum Çapının, Kum Filtrelerinin Optimum Projelendirme Karakteristiklerine Etkisi

2.7 FİLTREDEKİ AKIŞIN HİDROLİĞİ

2.7.1 PROJELENDİRME DÜŞÜNCELERİ

Suyun filtre yatağından geçiş hızı genelde $m^3/m^2/saat$ ile yani birim alandan, birim zamanda geçen debi birimi ile ifade edilmektedir. Su filtrasyonunda bu hız genelde $22 m^3/m^2/saat$ 'ın altında kalmaktadır. Atıksuların filtrasyonu son zamanlarda sıkça gündeme gelmiş ve bu konuda birçok tebliğ yayınlanmış olduğundan içmesuyu filtrasyonu ile atıksu filtrasyonu arasındaki başlıca farklar aşağıda **Tablo 2.2** de gösterilmiştir.

Tablo 2.2.- İçmesuyu ve Atıksu Filtrasyonu Farklılıkları

Etkileyiciler	İçmesuyu Filtrasyonu	Atıksu Filtrasyonu
Süzme Hızı	Yeterli depo hacmi olduğundan sabit hızla çalışmak mümkündür.	Debi girişi çok değişkendir.
Asılı Madde	Asılı madde konsantrasyonu az ve oldukça sabit	Asılı madde konsantrasyonu çok ve fazla değişken
Filtrasyon Kalitesi	Giriş suyundaki asılı madde konsantrasyonuna (C_o), süzme hızına, yatak derinliği ve danc çapına bağlı	C_o ve filtre özelliklerine pek bağlı değil
Geri Yıkama	Yeterli sistemi dizayn edebilmek için yeterli bilgi birikimi mevcut	Az bilgi birikimi mevcut. Yağlı ve yapışkan maddeler nedeni ile az etkili

Giriş suyundaki asılı madde konsantrasyonu fazlaştıkça bunun çıkış suyu kalitesine etkisi fazla olmaktadır; filtre özelliklerinin de bunda etkisi olmaktadır. Bu hususlar göz



önünde tutularak atıksu filtrasyonunda kullanılan yüksek süzme hızlarını içmesuyu filtrasyonunda uygulamaya kalkışmamalıdır.

Bir filtrede toplam yük kaybı veya kullanılabilir yük (basınç) filtrenin girişindeki su seviyesi ile çıkışındaki su seviyesi arasındaki farktan ibarettir. Örneğin Şekil 2.10.A,'da kullanılabilir yük kaybı yatak üzerindeki maksimum su seviyesi ile çıkıştaki savak üzerindeki su seviyesi arasındaki farktan ibarettir.

2.7.2 YATAKTAKİ YÜK KAYBI

Yataktaki dane çapı 0.4-2.0 mm, süzme hızı 4.8-20 m³/m²/st ve su sıcaklığı 0°-30°C (viskozite 0.0018-0.0008 Nsn/m²) ise yatak içindeki akış laminar akıştır. Bu da yatakta meydana gelecek yük kaybının geçecek debi ile doğru orantılı olacağı demektir. Zira laminar akımda ,

$$\text{yük kaybı, } h_L = \frac{32vLv}{gd^2}$$

Hazen-Poiseuille ifadesi ile belirlenmektedir.⁽²¹⁾ Burada,

h_L : mss

v : kinematik viskozite 0° – 30° iç in $1.79 \times 10^{-3} - 0.76 \times 10^{-3} \text{ N / m}^2$

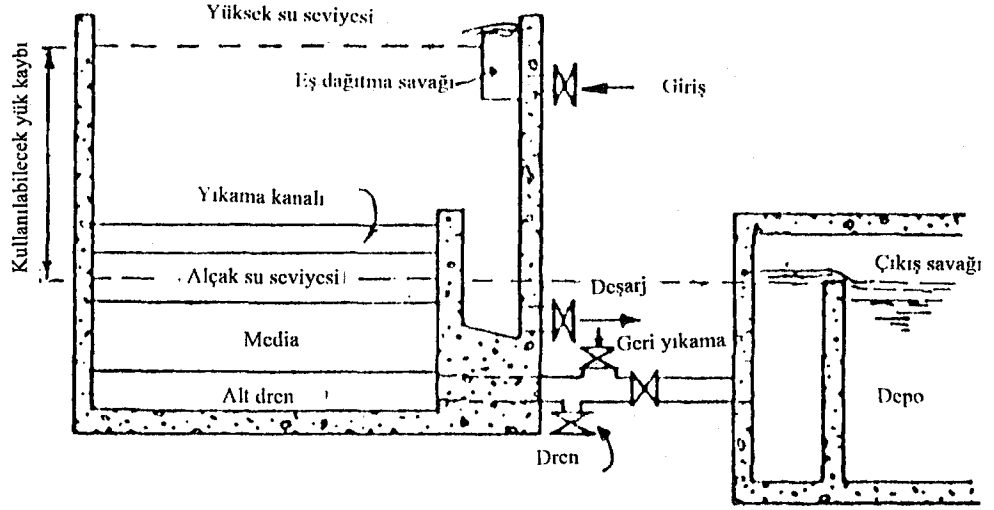
L : boru uzunluğu, m

v : hız, m / sn

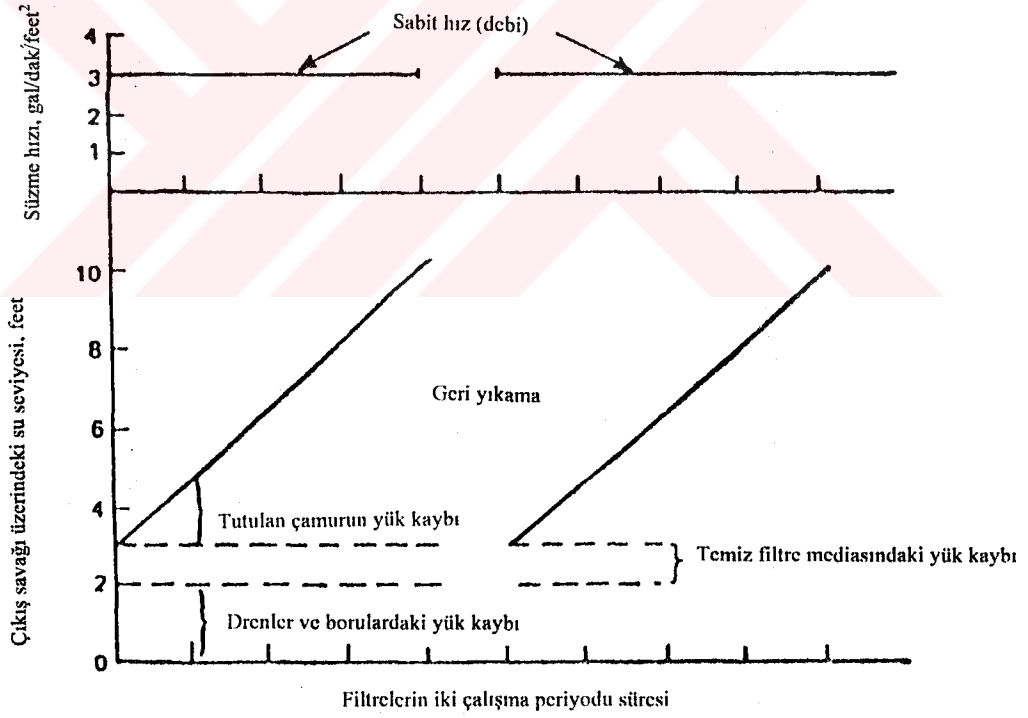
g : 9.81 m / sn²

d : boru ç apı m'dir.





A. Tipik Filtre ve Arı Su Depo Düzeni

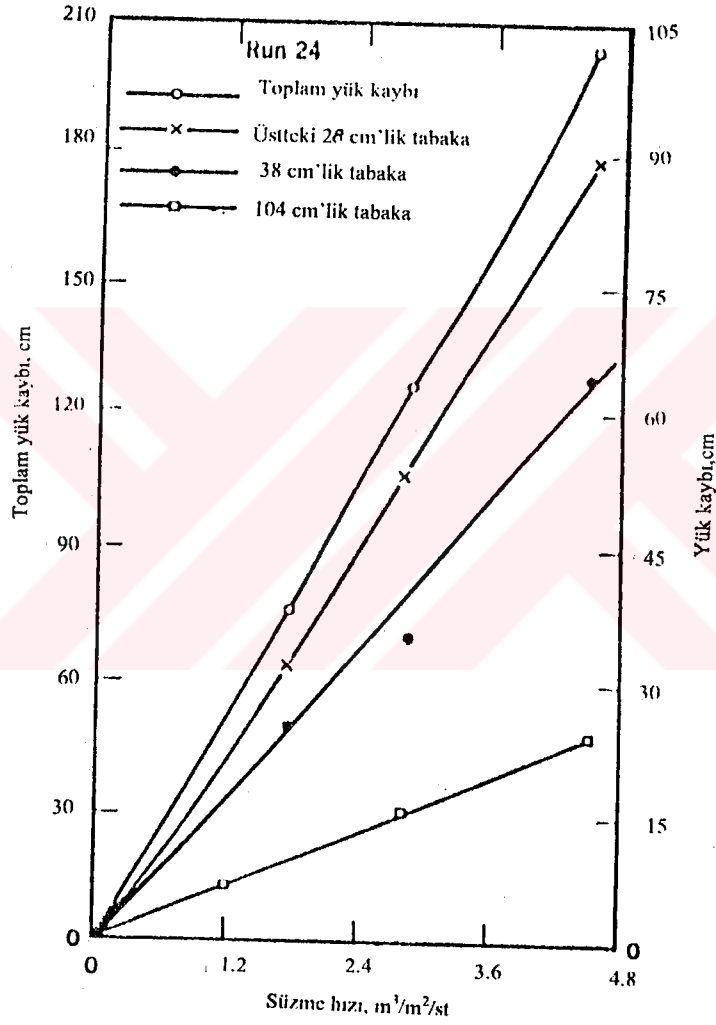


B. Filtrenin İki Çalışma Süreci Sırasında süzme hızı, su seviyesi ve yük kaybı

Şekil 2.10.A Giriş Debisi Eş Dağılan Filtre Sistemi (Sabit Debili Filtrasyon).



Şekil 2.11 yük kaybının filtrasyon hızının bir fonksiyonu olduğunu göstermektedir. Bu filtrede süzme hızı $4.8 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{st}$ 'a kadar çıkarılmıştır. Bu şekil bir filtre yatağındaki akışın laminar olduğunu açıkça kanıtlamaktadır. Genelde filtrelerde hep bu koşullar hakimdir.⁽¹⁰⁾



Şekil 2.11 Yük Kaybı Ve Filtrasyon Hızı İlişkisi



2.7.3 YATAK ALTI DRENLERDE YÜK KAYBI

Yatağın altındaki çıkış suyunu geçiren, toplayan ve nakleden boru sistemindeki akış genelde türbülanttır. Bu da yük kayıplarının hızın karesi ile orantılı olacağı demektir. Zira Darcy-Weisbach'a göre

$$\text{yük kaybı } Dh = f \frac{L}{d} \frac{v^2}{2g}$$

olup burada,

- f : sürtünme katsayısı
- L : boru uzunluğu, m
- v : hız, m / sn
- g : 9.81 m / sn²
- d : boru ç apı m' dir.

Yük kaybının hızın karesi ile orantılı arttığı **Tablo 2.3**'de açıkça görülmektedir.

2.7.4 NEGATİF BASINÇ

Filtre yatağı boşluklarında çamur birikimi arttıkça yatakta meydana gelecek yük kaybı da hızla artış gösterir. Bu artış özellikle çamurun yoğun olduğu üst tabakada meydana gelir. Yatakta çeşitli saatlarda meydana gelen basınç dağılımı **Şekil 2.12**'de gösterilmiştir.



Tablo 2.3 Filtrelerde Yük Kaybı

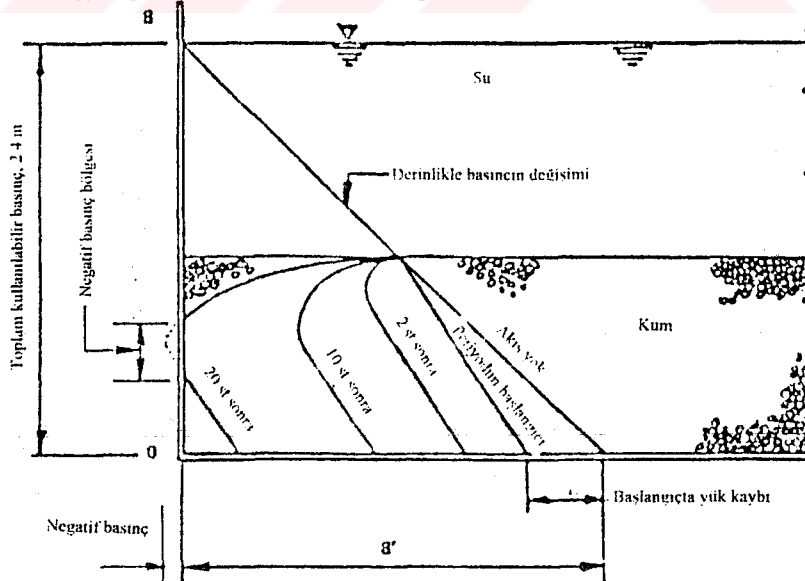
Kayıplar	yük	mSS	
Süzme hızı $Q \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{st}$	Q_1	Q_2	Q_3
	4.84	9.68	14.53
Kullanılabilecek toplam yük, (m)	H_m	H_m	H_m
	3.66	3.66	3.66
Yatak derinliğince yük kaybı (m)	H_1	H_2	H_3
	0.15	0.30 ^a	0.45
Yatak altı dren boru sistemindeki yük kaybı (m)	h_1	h_2	h_3
	0.30	1.20 ^b	2.70
Yatakta birikecek çamur tarafından kullanılacak yük H_k	3.21	2.16 ^c	0.51

$$a) \frac{Q_2}{Q_1} = \frac{9.68}{4.84} = \frac{H_2}{H_1} = \frac{0.30}{0.15} = 2$$

$$b) \left(\frac{Q_2}{Q_1} \right)^2 = \left(\frac{9.68}{4.84} \right)^2 = \frac{h_2}{h_1} = \frac{1.2}{0.3} = 4$$

$$c) H_k = H_m - (H_2 + h_2) = 3.66 - (0.30 + 1.2) = 2.16$$

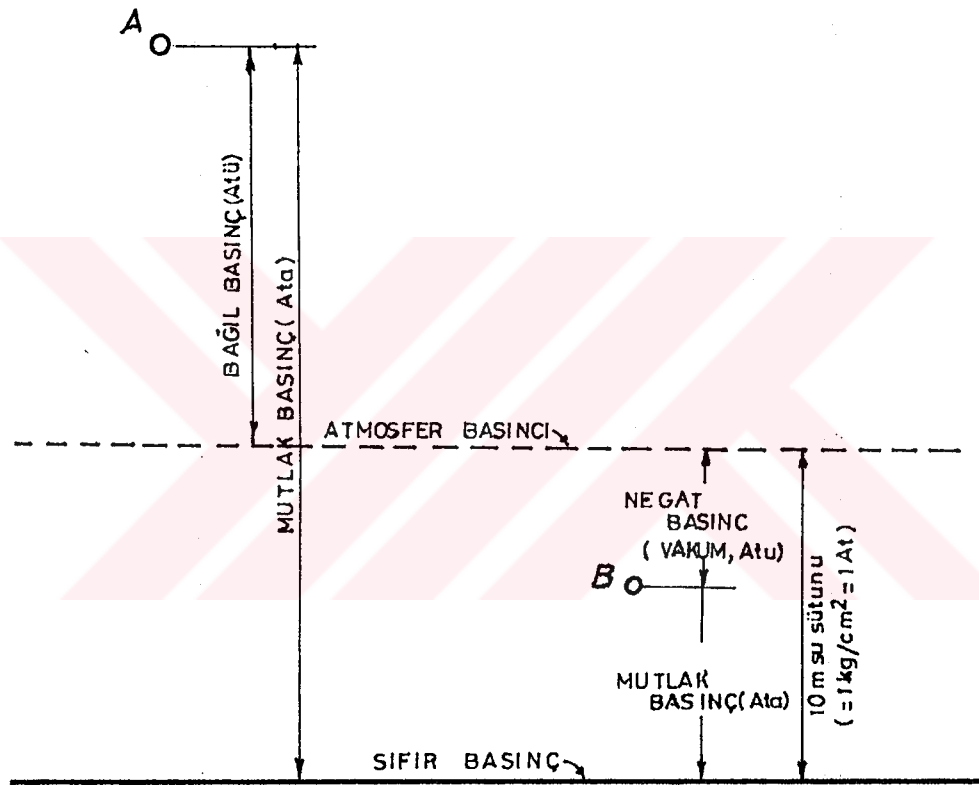
- Mevcut filtrelerde süzme hızının artırılmasını engelleyen en önemli faktör drenaj sistemidir.



Şekil 2.12 Filtrenin Bir Çalışma Devresi Boyunca Yatakta Meydana Gelen Yük Kayıpları



Açık filtrelerde, yatağın üst kesiminde doğan yük kaybı, yatak taze ikenki kullanılabilir basıncı aştığında yatakta negatif basınç oluşur. Bu basıncın miktarı ve işgal ettiği bölge Şekil 2.12’de görülmektedir. Negatif basınç, diğer deyişle vakum, atmosfer basıncı altındaki miktardır (Şekil 2.13).



Şekil 2.13 Bir Basıncın Atmosfer Basıncına Ve Uzay Basıncına (Sıfır Basınca) Kıyasla Tanımlanması. A Hali ve B Hali.



Negatif basıncın tehlikesi, burada, suda erimiş gazların çözünerek tekrar gaz haline dönüşmesi ve suyun buharlaşması ve o bölgede gaz ve buhar cepleri oluşarak yatağın tıkanmasıdır ve süzme alanının azalmasıdır. Bu yüzden yatak geçiş hızı çok artar ve çıkış suyu kalitesi hemen bozulur. Negatif basınç demir içeren, havalandırılmış kuyu sularının filtrasyonunda önem taşır, zira CO_2 ve O_2 'nin açığa çıkmasına ve yatağın bloke olmasına neden olur.

Negatif basınca açık filtrelerde mahal vermemek için en etkili önlem çıkış suyunu daima kum yatağı üzerindeki bir kottan almaktır (Şekil 2.14).

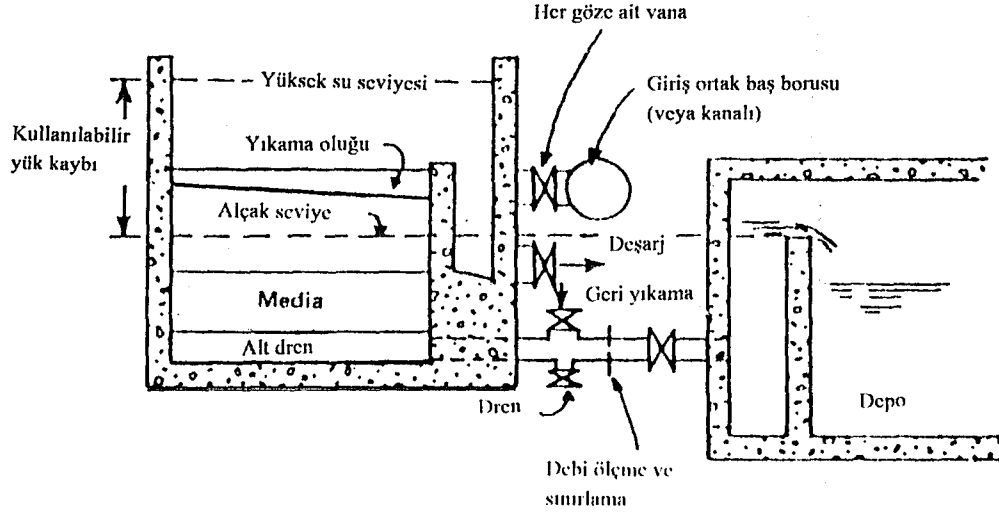
Bu durumda, belli miktarda kullanılabilir basınç sağlayabilmek için filtre duvarlarını biraz yükseltmek gerekir. Bu yükseltme, deşarj seviyesi ilk düşünülen seviyenin ne kadar üstüne çıkarılmış ise o kadardır. Negatif basınca karşı bulunan bu çözüm haliyle mevcut filtreler uygulanamaz, çünkü onların duvarlarını yükseltmek mümkün olmaz. Basınçlı filtrelerde negatif basınç meydana gelmesi pek olası değildir.

2.8 ÇIKIŞ SUYU KALİTESİNE ETKİ EDEN HUSUSLAR

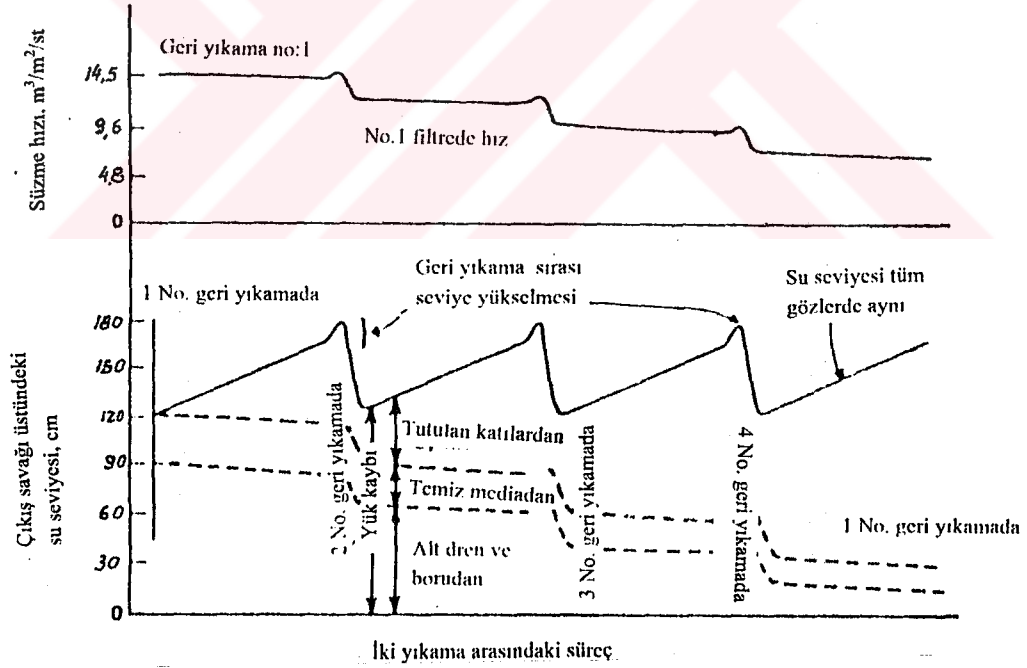
2.8.1 GENEL GÖZLEMLER

Filtrenin geri yıkamadan sonra işletmeye sokulduğu ilk ağızda çıkış suyu kalitesi biraz, istenildiği kadar berrak olmaz. Örneğin, $C_o=8$ mg/l Demir içeren bir su filtreden ilk geçirildiğinde baştaki 3-5 dakikalık çalışmada çıkış suyunda Demir miktarı bir artış gösterir (Şekil 2.15). Bu 3-5 dakika filtreyi dolduran ilk ağız suyunun sürülüp çıkarılması için geçen süredir. Ondan sonra, toplam 1 saat zarfında kalite giderek iyileşerek normal düzeye gelir. Bu olay, yıllar önce filtrelerde bir çitme periyodunun kullanılmasına (yıkamadan sonraki ilk ağız suyunun dışarı atılmasına) yol açmıştır.





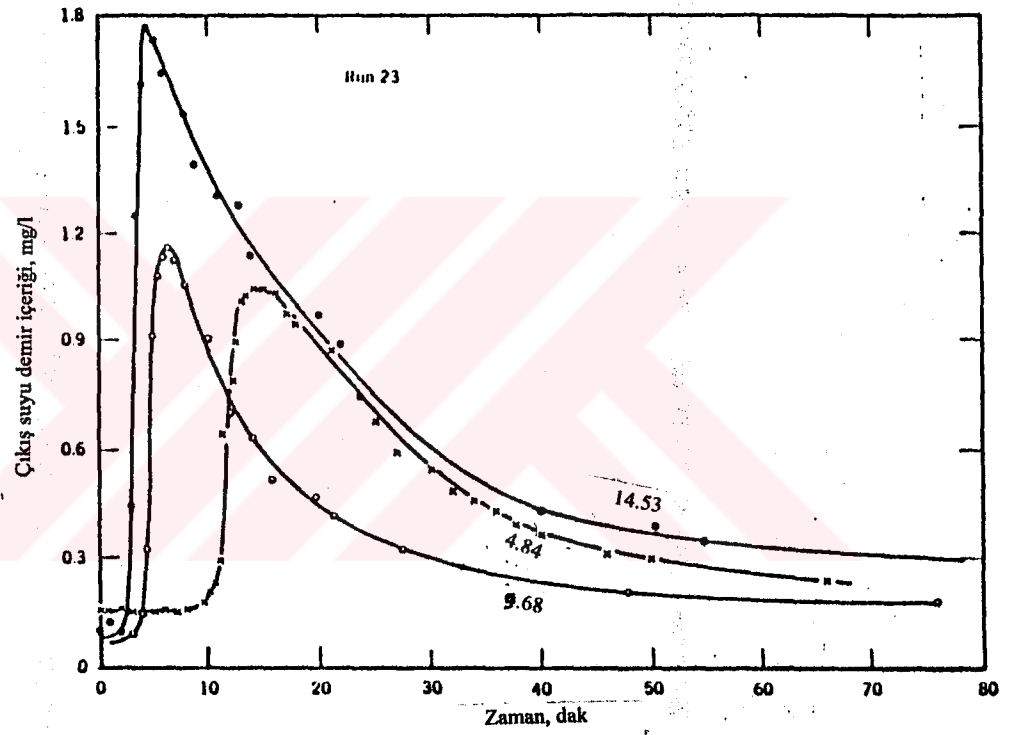
A. Tipik Filtre ve Arı Su Depo Düzeni



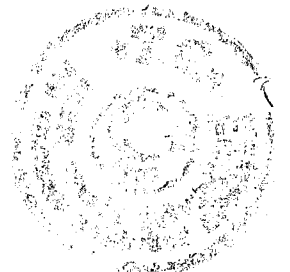
B. Dört gözlü bir filtre tesisinde bir filtrasyon çevrimi sırasındaki süzme hızı, yük kaybı ve su seviyesi

Şekil 2.14 Azalarak Değişen Debili Filtrasyon.

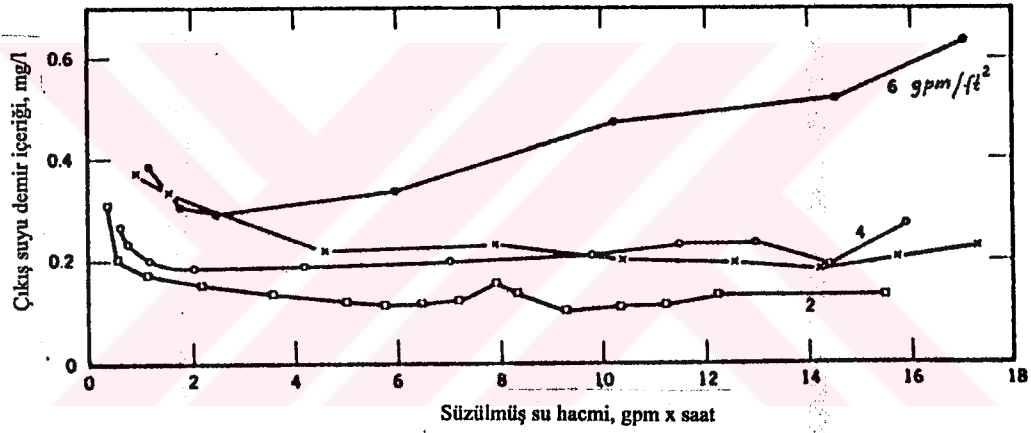




Şekil 2.15 İlk Çıkış Suyunun Giderek İyileşmesi. Filtre hacmi kadar ki ilk su dışarı atıldıktan sonra bulanıklık minimuma düşmektedir. Eğriler üzerindeki sayılar $\text{m}^3/\text{m}^2/\text{st}$ olarak süzme hızlarını vermektedir.

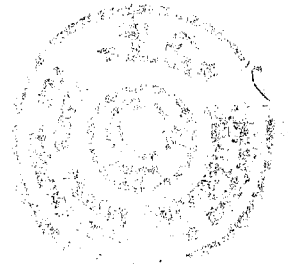


Çitileme periyodunu takip eden uzun bir süre filtre iyi kalitede çıkış suyu sağlamaya devam eder. Sona doğru kalite gerilemeye başlar. Gerileme tedrici, ve bazan da ani olur. Çıkış suyu kalitesi, konulmuş bir standartın altına düşmeye başladığında “kaçak” başladığından, yani çıkış suyuna asılı pıhtıların (çamur partiküllerinin) karıştığı görüldüğünde kaçak başladı denilmektedir. Şekil 2.16, normal çalışma periyodundaki çıkış suyu kalite eğrilerini çeşitli süzme yüklerine göre vermektedir.



Şekil 2.16 İyileşme Periyodunun Başından Itibaren Çıkış Suyu Demir İçeriğinin Üretilen Su Hacmine Göre Değişimi. Eğriler üzerindeki sayılar $\text{m}^3/\text{m}^2/\text{st}$ olarak süzme hızlarını göstermektedir.(x) İşaretli eğri sabit basınç altındaki çalışmaya aittir. Bu çalışmada süzme hızı $14.53 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{st}$ ile başlayıp giderek, yük kaybı arttıkça, azalmıştır.

$$1 \text{ gpm} / \text{ft}^2 = 2.42 \text{ m}^3 / \text{m}^2/\text{h}$$

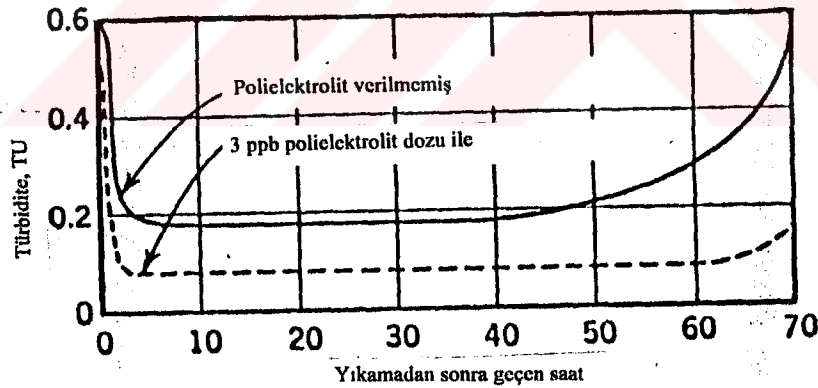


Çıkış suyu kalitesi, alçak yük kayıpları halinde de yüksek yük kayıpları halinde de bozulabilmektedir. İşletme, kaçak başladığında veya yük kaybı belli bir limit seviyeye vardığında durdurulmaktadır.

2.8.2 SÜZME HIZININ ETKİSİ

Alçak süzme hızları ille de iyi çıkış suyu sağlamaya yetmez. Yeterli bir kimyasal arıtma-ön işlemi ile filtreden 4.8 ile 14.4 m³/m²/st süzme hızlarında, Şekil 2.15 ve 2.16'da görüldüğü üzere, alınan çıkış suyu kalitelerinde ancak az bir fark vardır. Arıtma-ön işlemi zayıf ise 4.8 m³/m²/st hızında (yükünde) bile yetersiz kalite ile karşılaşılır.

Filtre giriş suyuna çok az oranda poliektrolit verilmesi halinde çıkış suyu kalitesinin yükseldiği Şekil 2.17'den görülmektedir.



Şekil 2.17 Sabit Süzme Hızında Çıkış Suyu Bulanıklığının Zamanla Değişimi⁽¹⁷⁾. Filtrasyon hızı 8.5 m³/m²/st olarak sabit tutulmuştur. Poliektrolit kaliteyi daha iyileştirmiştir.

Mamafih, böyle az bir miktar polielektrolit ilavesinin, yeterli koagülasyon dozu ve işleminin yerini tutmayacağı aşıkardır.

2.8.3 FİLTRASYON HIZI DEĞİŞİMİNİN ETKİSİ

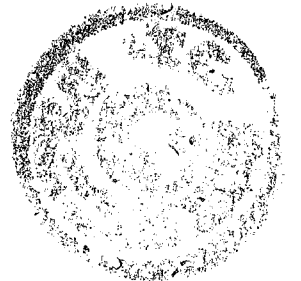
Filtre kirli iken geçen debinin birden artırılması veya azaltılması çıkış suyu üzerinde kısa bir süre için kötü etki yapmaktadır. Bu süre 0.5 ila 2 saat olabilir. Zararın önemi

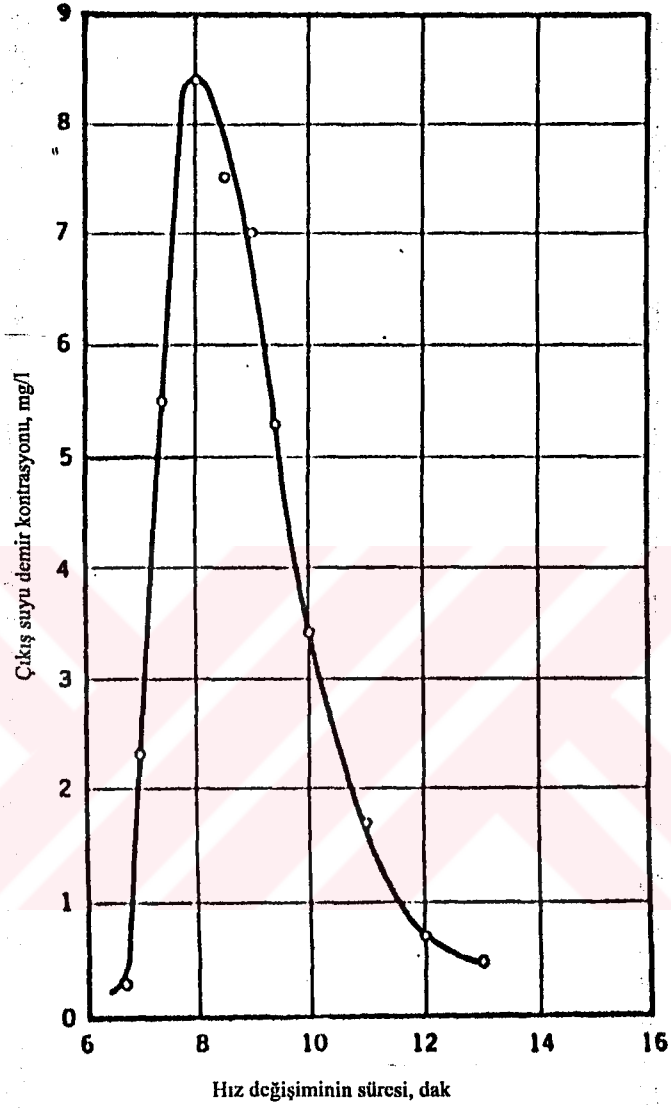
- Debi değişim hızına bağlı olup değişim hızlandıkça zarar artar.
- Suyun cinsine ve içindeki asılı maddelerin cinsine bağlıdır.
- Diğer faktörlere de bağlıdır; örneğin, polimer kullanımı bu etkiyi azaltır.

Şekil 2.18 debi değişiminin kaliteyi nasıl etkilediğini göstermektedir. Şekil 2.19 da ise debi değişim miktarının-debi değişim hızına göre kaliteye verdiği zarar gösterilmektedir.

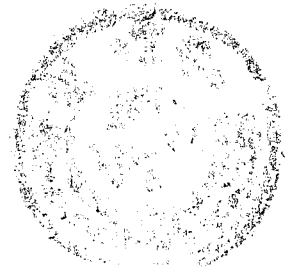
Bu şekillerin ortaya koyduğu sonuçlara göre, filtrelerde debi kontrol aygıtlarının kullanılması ve filtre gözlerinden birinin geri (ters) yıkama için devreden çıkarılması ve tekrar devreye sokulmasının kaliteyi bozduğu görülmektedir. Bu nedenle ilgili araştırmacılar ⁽¹⁸⁾ sabit-debili çıkış suyu kontrollü filtre sisteminin yasak edilmesi, bunun yerine giriş suyu kontrol edilen veya giderek azalan debili filtre sistemlerinin kullanılması önerisinde bulunmuşlardır.

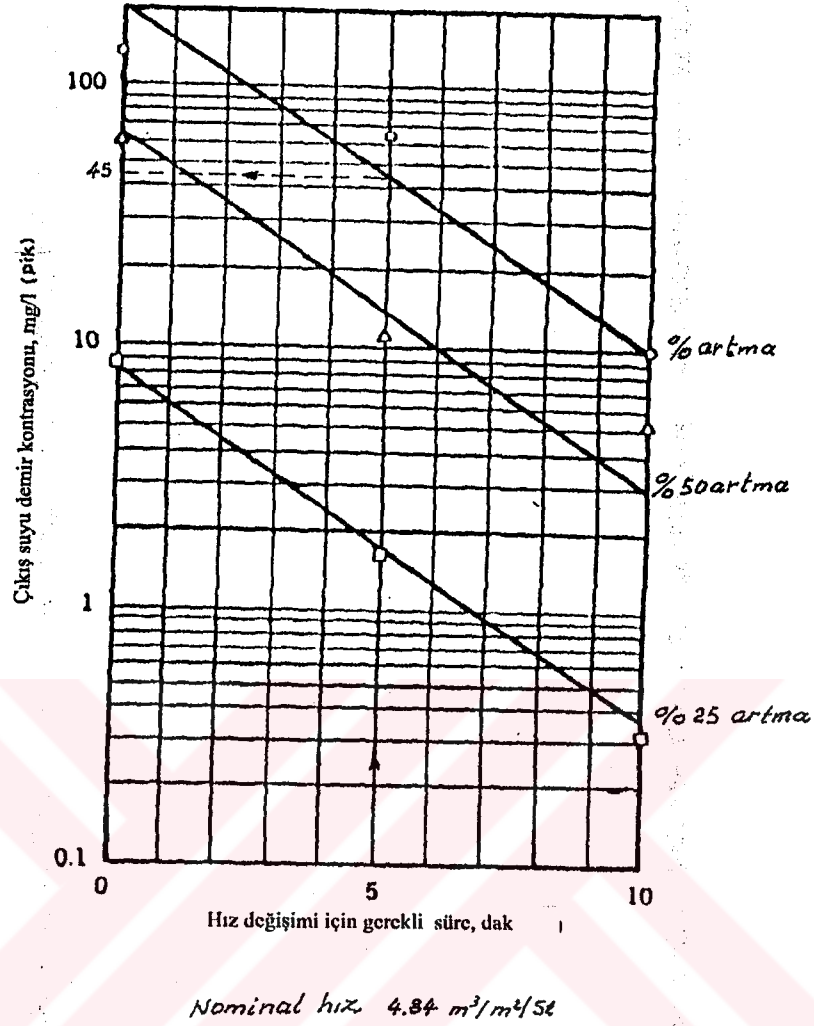
Bu öneriler, kontrol teçhizatı yapan imalatçıları ve debi değişimi etkisini şüpheyle karşılayan operatörleri düşünmeye başlatmıştır.





Şekil 2.18 Tipik Bir Debi Değişiminin Çıkış Suyu Kalitesine Etkisi⁽¹⁸⁾. Debi değişimi arkasından çıkış suyundaki demir konsantrasyonunun arttığı görülmektedir. Deneyde debi 4.9'dan 6.1 m³/m²/st'a çıkarılmıştır.





Şekil 2.19 Debi Değişim Sürelerindeki Kalite Değişimleri. Debi değişimi hızlı ise kalite bozukluğu da o denli fazla olmaktadır. İlişkinin 1. dereceden olduğu görülmektedir. Esas süzme hızı $4.84 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{st}$ tir. Bu hız %100 artırıldığında dairesel çizgi, % 50 artırıldığında üçgenli çizgi, % 25 artırıldığında kareli çizgi elde edilmiştir. Debi değişimi çok ani (0 dakika) ise çıkış suyu pik demir konsantrasyonu 110mg/l (dairelide), değişim 5 dakikada olmuş ise (5 dakikada 2×4.84 'e çıkmış ise) pik konsantrasyon 45 mg/l olmuştur.

Bilahare Tuepker ve Buescher ⁽¹⁷⁾ bir kireçle yumuşatma tesisinde yaptıkları deneylerde debi değişim etkisini değerlendirdiler. Şekil 2.20 ve 2.21’de debi değişiminin, değişim hızı ile arantılı olarak kaliteyi etkilediğini gösterdiler. Küçük miktarda polielektrolit kullanılmış ise de bu durum kalite bozulmasını durduramamış fakat kısmen azaltmıştır. Debi değişim süresi uzatıldıkça kalite bozukluğu azalmış fakat ortadan kalkmamıştır.

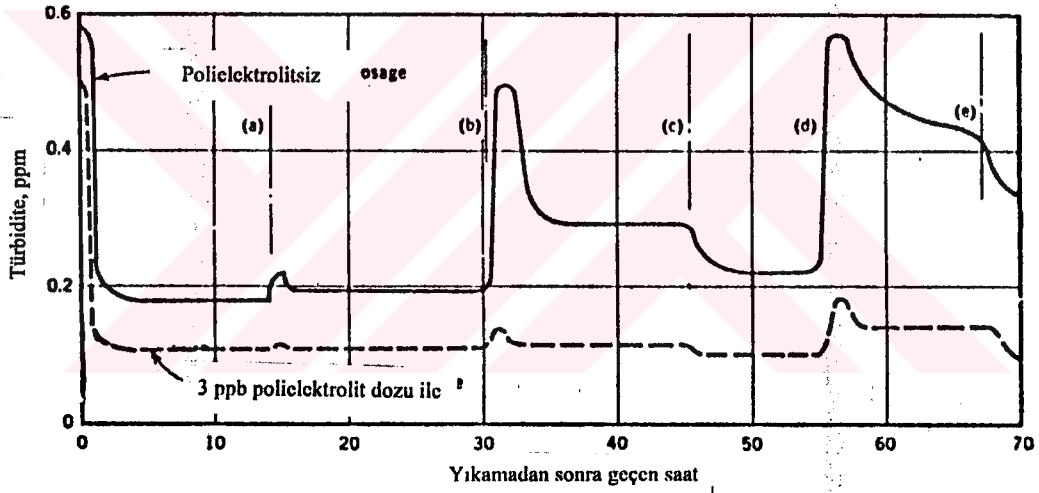
Debi değişimi 10 dakikalık bir zamana yayıldığında ve bir miktar (3 ppb) polielektrolit kullanıldığında bu yumuşak debi değişiminin bulanıklığı artırmadığı görülmüştür (Şekil 2.21) .

Tuepker ile Buescher ⁽¹⁷⁾ azalan-debili filtrasyonu da incelemişlerdir. Şekil 2.17’c göre $8.5 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{st}$ sabit hızda, 46 saatlik çalışma sonunda, polimer ilavesiz, bulanıklık 0.2 üniteyi ancak geçmiş ise de, polimer ilavesi halinde 60 saatlik çalışma sonunda bulanıklık hala 0.1 ünitenin altında kalmıştır. Azalan debili filtrasyonla elde edilen sonuçlar Şekil 2.22’de gösterilmiştir. Bu sonuçlar, polimersiz ve polimerli uygulama için sabit debili filtrasyondakine denktir. Fakat, daha önemlisi azalan-debili filtrasyon debi değişim etkisini ortadan kaldırmış, debi kontrol cihazı ile karmaşık basınç kaybı cihazını da elimine etmiştir.

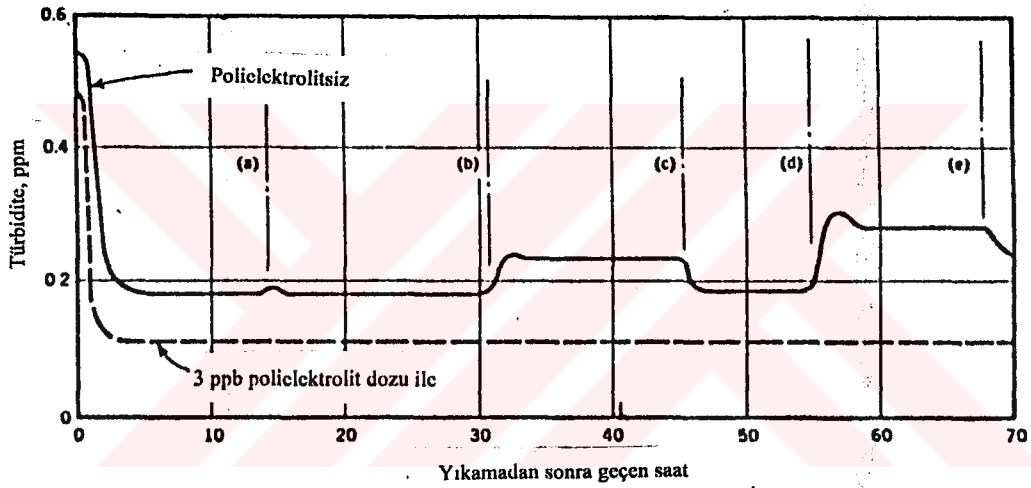
Bu çalışmalar bir filtre işletmesinde genel olarak aşağıdaki hususlara dikkat edilmesini ortaya koymuştur :

- Çıkış suyu kalitesi dikkatle kontrol edilmelidir. Her göz için kaydedicili bir turbidimetre bulunmalıdır. Ayrıca labarotuvarda iyi bir laboratuvar turbidimetresi bulunmalıdır.

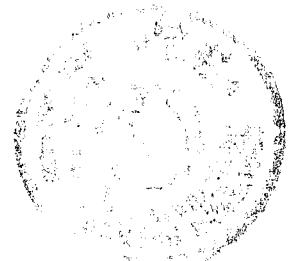




Şekil 2.20 Hızlı Debi Değişiminin Çıkış Suyu Bulanıklığına Etkisi. (a)' da 10 dakika zarfında hız $6 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{st}$ 'a, (b)'de 10 dakika'da $8.5 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{st}$ ' a, (c)'de 10 dakikada hız $6 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{st}$ ' a düşürülmüş ve (d)'de 10 dakikada hız tekrar $8.5 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{st}$ ' a yükseltilmiş; (e)' de tekrar $6 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{st}$ 'a düşürülmüştür.



Şekil 2.21 Yumuşak Debi Değişiminin Çıkış Suyu Bulanıklığı Üzerine Etkisi. Debi değişimleri Şekil 2.20'dekinin aynı ise de geçişler daha yumuşak (uzun süreli), 10 dakikadan uzun bir sürede tamamlanmıştır.



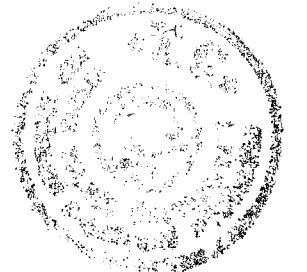
– Şayet çıkış suyu kalitesi iyi değilse, nedeni araştırılmalıdır.

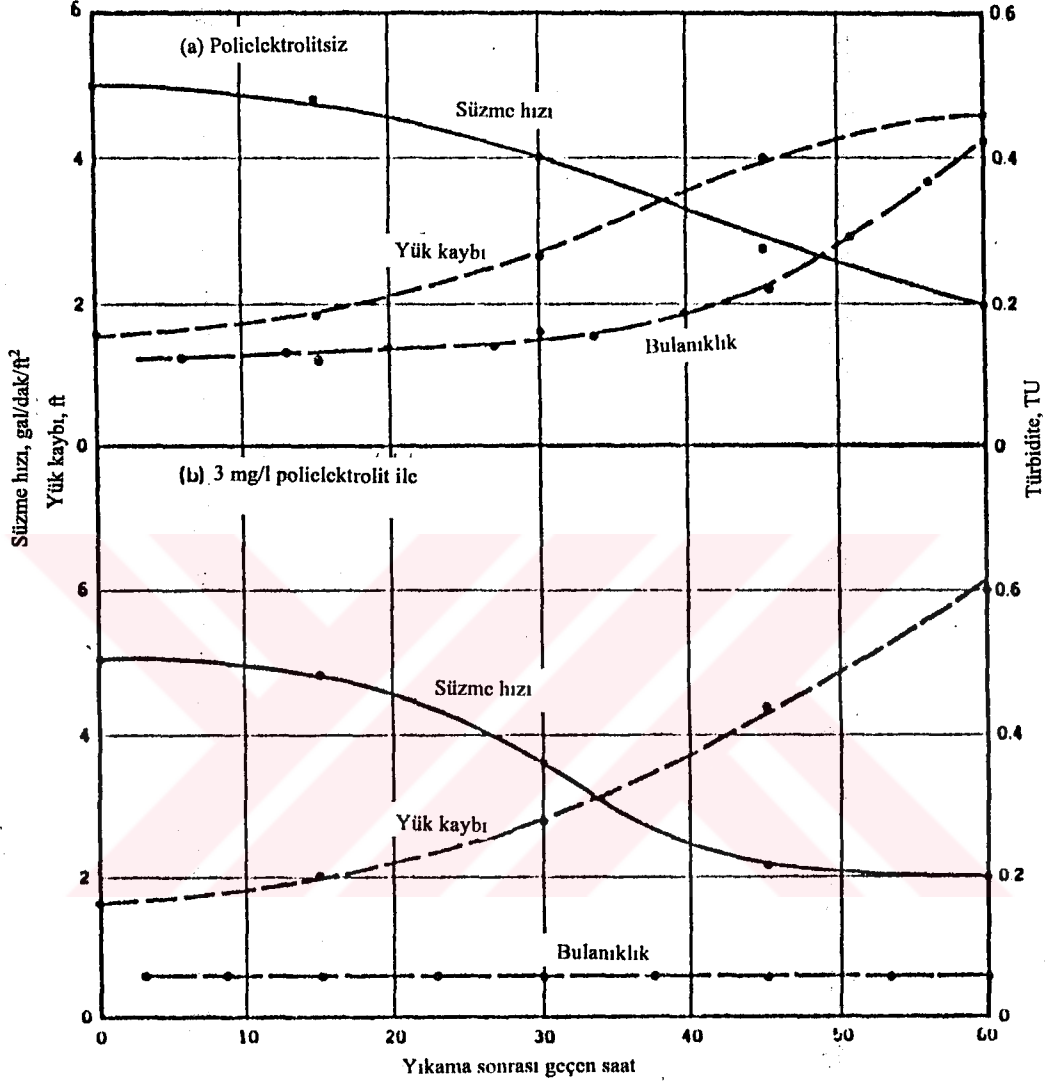
- Ön arıtma mı (koagülasyon + flokülasyon + çöktürme) yetersizdir ?
Koagülant fazla mı veriliyor, yoksa az mı ?
- Polimer faydalı olabilir mi ?
- Filtre kirli iken debi artırımına gitmek işletme zorunluluğundan mı kaynaklanıyor ? Bunun önüne geçilebilir mi veya daha yumuşak bir geçiş sağlanabilir mi ?

2.9 YÜK KAYBI GENEL DAVRANIŞI

Su (içmesuyu) filtrasyonunda çeşitli debilere göre yük kaybının meydana gelişi Şekil 2.23'de gösterilmiştir. Dane yataklı filtreler asılı maddeleri aşağıdaki yollardan biri ile giderirler:

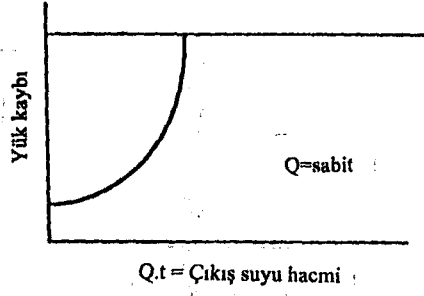
- Çamurun üst tabakada tutulması; yatağın üst kısmında meydana gelen ince danelerin oluşturduğu tabakada askı maddelerin tutulması suretiyle. Böylece üst tabakada, nisbeten ince bir çamur (çökelmiş katılar) tabakası oluşur.
- Çamurun derinlerde tutulması; bu hal yatağın derinliği boyunca çamurun (asılı-katı maddelerin) işlemesi halidir. Çamur yatak içinde ne kadar dengeli yayılırsa, mevcut basınç o kadar faydalı kullanılmış olur.
- Üst tabaka tutulması ile derinlik tutulmasının ortak kullanımı.



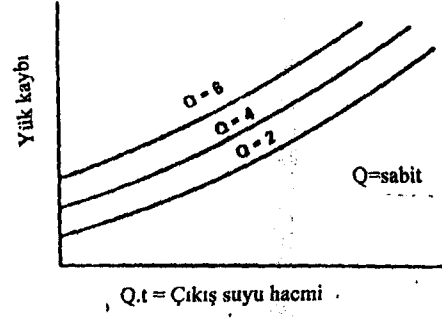


$$1 \text{ gal /dak /ft}^2 = 2.42 \text{ m}^3 / \text{m}^2 / \text{h}$$

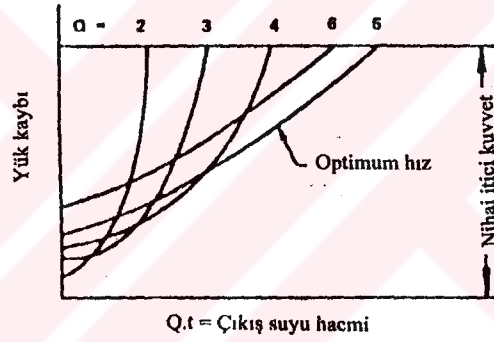
Şekil 2.22 Azalan-Debili Filtrasyonda Çıkış Suyu Kalitesi ⁽¹⁷⁾. Periyodun başında süzme hızı $12 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{st}$ iken sonunda $4.8 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{st}$ 'a düşmüştür. (a) eğrisinde polielektrolit kullanılmamıştır; (b)'de 3 mg/l kullanılmıştır.



A. Sıkıştırılabilen Katıların Yüzeysel Giderimi (Yüzeyde Tutulması)

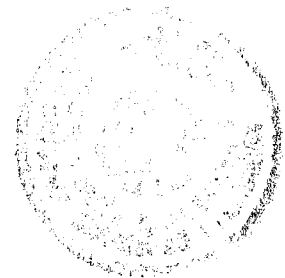


B. Askı Maddelerinin Derinlik Giderimi (Yatağın Derinlerinde Tutulacak)



C. Yüzey Kekli Oluşmuş Yatakta Derinlik Giderimi

Şekil 2.23 Filtrasyon Sırasındaki Yük Kaybı Oluşumu

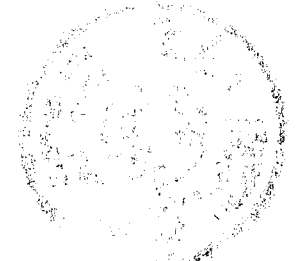


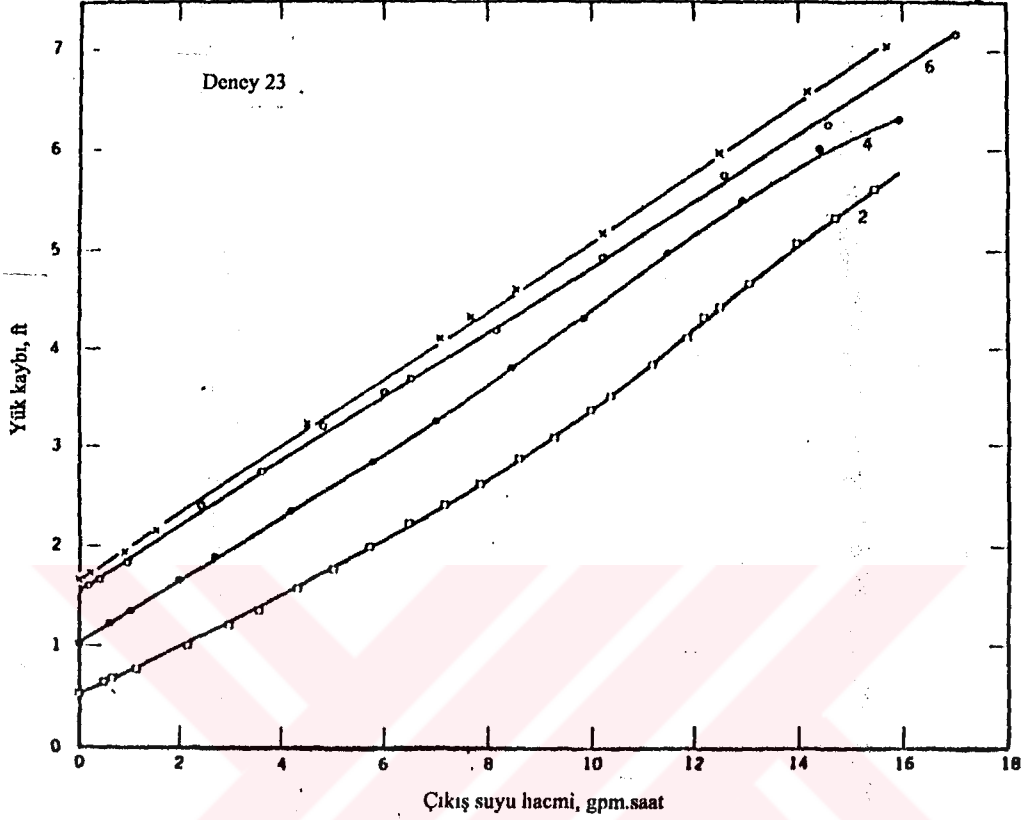
İçmesuyu filtrasyonunda, sabit debi işletmesinde yük kaybının zamana veya üretilen su hacmine göre gidişi genelde, eğri veya doğru bir çizgi halindedir. Bu da yüzeydeki (üst tabakadaki) yük kaybının pek fazla olmadığını ve belli yük kaybı miktarında, üretilen su hacminin filtrasyon hızı arttıkça azaldığını göstermektedir.

Demir gideriminde kullanılan gerçek bir filtreden elde edilen hususlar **Şekil 2.24**'de gösterilmiştir. Eğrilerin tam bir çizgi şeklinde olması katıların yatak derinliği boyunca yayıldığını göstermektedir. Bu yayılma askı maddelerin, yatak derinliği boyunca dağılıp boşlukların cidarlarına yapışması (tutunması, adsorpsiyon) suretiyle meydana gelmektedir. Ve böylece boşluklar uniform olarak dolmaktadır. Suların çoğu **Şekil 2.23.B**'deki gibi eğriler vermektedir. Bunların hafif kıvrık olmaları yatağın derin kısımlarındaki tutulmanın süzgeçleme etkisi ile meydana geldiğini göstermektedir. Çünkü boşluklar artık dolmuştur, yapışacak yüzey kalmamıştır, taneler arasındaki geçiş yolları da artık tıkanmaktadır.

Bazı sulardaki askı maddeler daha çok, süzgeçleme etkisi ile ince kumların (danelerin) oluşturduğu üst tabakada tutulurlar. Bunun sonucu olarak sabit debili filtrasyonda yük kaybı eğrisi **Şekil 2.23.A**'da ki gibi üstel bir ifadeye uygun iç bükey bir eğri olmaktadır. Üst tabakada böyle kek oluşmasını düzeltmek için yatak üst tabakasını oluşturan media tane çapını büyütmek, yahut da çamurun daha aşağılara itilmesini sağlamak üzere süzme hızını artırmak gerekir. Bir periyottaki (iki yıkama arasındaki) çıkış suyu hacmini artırmak için **Şekil 2.23.C**'deki gibi süzme hızını artırmak gerekir.

Şayet, sabit-debili filtrasyondaki yük kaybı-süre eğrileri dışbükey ise, gidermenin zayıf olduğu ve kaçak ihtimali bulunduğu anlaşılır. Mamafih azalan-debili filtrasyonda da, süzme hızının iyice azalması sonucu yük kaybı - zaman eğrisi dışbükey olabilir. Fakat bu hal bulanıklık kaçağı olacağı anlamına gelmeyebilir. Her filtre işletmecisinin bu yük





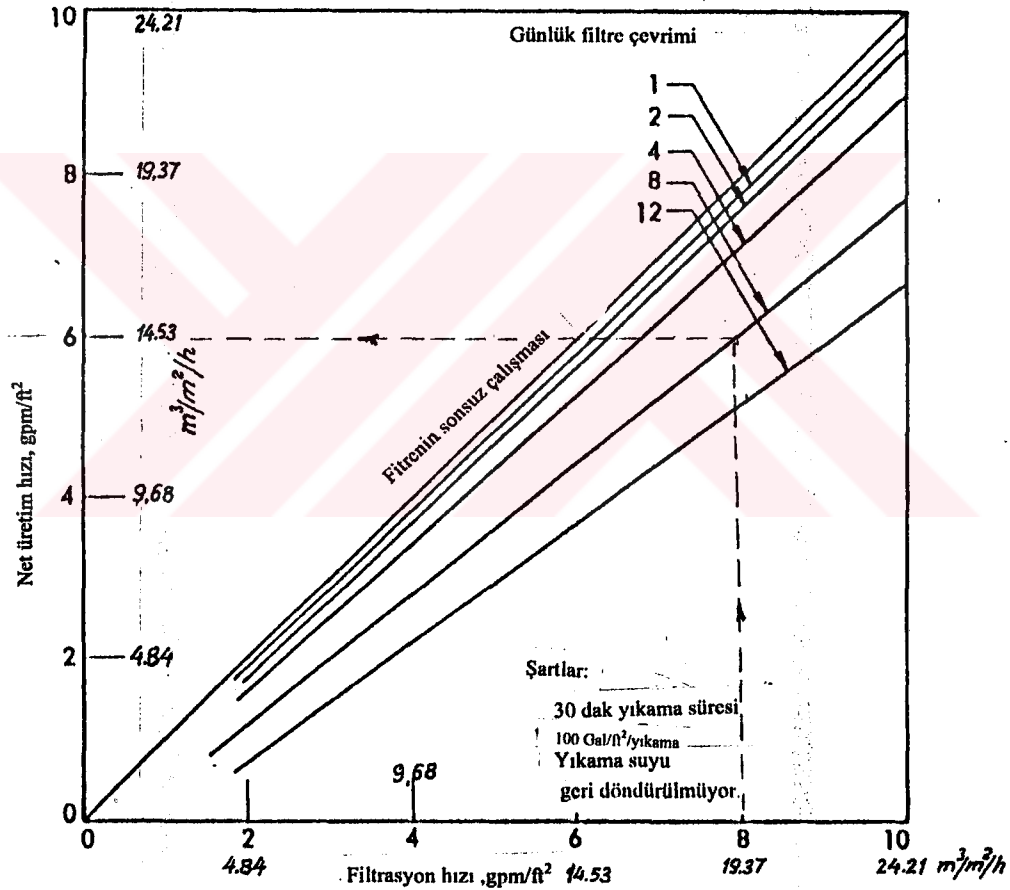
Şekil 2.24 Toplam Yük Kaybı ve Çıkış Suyu Hacmi⁽²²⁾. Optimum hız belirtisi görülmemektedir. Kontrolsüz işletme hali (x işaretli) $14.5 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{st}$ ile başlamış yük kaybı arttıkça bu hız (ve debi) azalmıştır.

kayı - hacim (veya zaman) eğrisini çizmesi ve filtresinin nasıl davranış gösterdiğini belirlemesi lazımdır. Şayet eğriler içbükey ise bir periyoddaki su üretimi (hacmi) süzme hızını artırarak yükseltilebilir. Şayet dışbükey ise kalitenin kötü olabileceği anlaşılabacaktır. Bu durumda ön arıtma geliştirilmeli ve süzme yardımcısı olarak polimerleri düşünmelidir.



2.10 FİLTRE ÇALIŞMA SÜRESİ

Filtrenin tesis masrafı öncelikle kurulduğu alanın bir fonksiyonu olduğundan filtrenin yüksek yüzey yükü ile çalıştırılması istenmektedir. Genelde, fizibil işletme yükünü geçmemek üzere filtreden maksimum net su hacminin (ters yıkama suyu hariç) alınması istenir. Net su istihsalı ile, çeşitli süzme hızlarındaki, çalışma periyodları (sürce) Şekil 2.25'de gösterilmiştir. Bu şekil geleneksel içmesuyu uygulamaları ve geri yıkama suyu israfı ile ilgili olarak hazırlanmıştır.



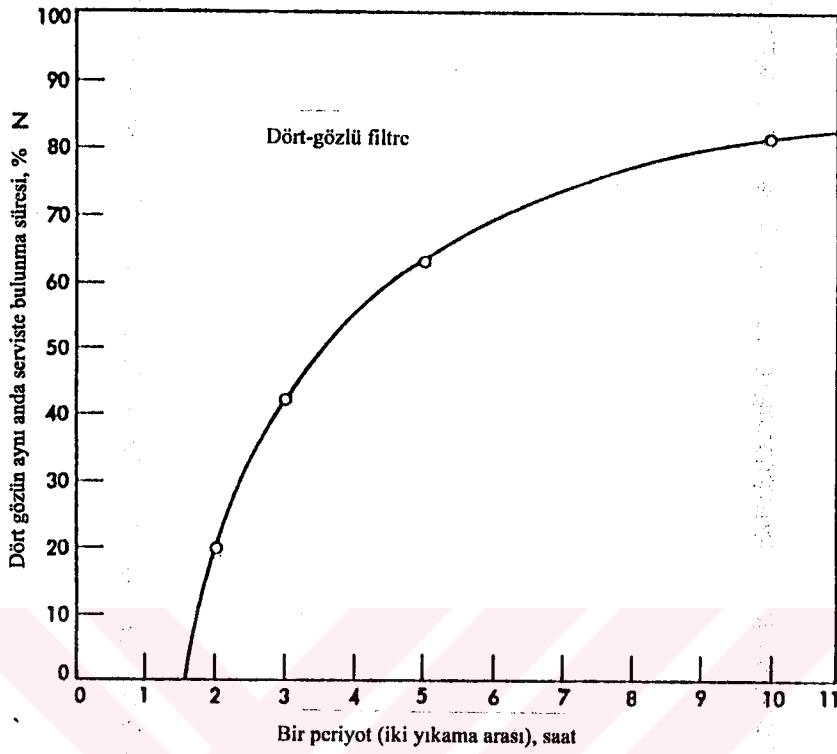
Şekil 2.25 Bir Gündeki Filtre Çalışma Periyodu Adedinin (= Geri Yıkama Adedi) Filtrenin Üretimi (Çıkardığı Su Hacmi) Üzerine Etkisi. Geri yıkama Suyu Devredilmediğine Göre.

Şekil 2.25 için data hazırlanırken geri yıkamanın toplam 30 dakika sürdüğü; bunun içinde suyun boşaltılması, yardımcı hava yıkaması zamanı, v.s. dahil kabul edilmiştir. Beher geri yıkama için, tipik bir değer olan $4.1 \text{ m}^3/\text{m}^2$ yani, bir yıkamada, beher m^2 filtre yüzeyine 4.1 m^3 yıkama suyu harcandığı kabul edilmiştir.

Bu şeklin yorumu basittir. Süzme hızı $4.84 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{st}$ için, yıkama periyodunun sonsuz olduğu kabul edildikte, filtreden elde edilecek net üretim $117.4 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{gün}$ ($4.84 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{st}$) olacaktır ki bu da, yıkama suyu sıfır kabul edildiğinden, filtre yüküne eşittir. İki yıkama arası 1.5 saat ve geri yıkama için 0.5 saat kabul edildikte günde 12 çevrim gerçekleştirilecektir ki bu takdirde net üretim $1.62 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{st}$ 'a düşecektir. Fakat filtrasyon hızı $14.5 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{st}$ 'a çıkarıldığında net çıkış suyu üretimi en azından $11.38 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{st}$ olacaktır; bu takdirde filtre çevrimleri 3 saat gibi kısa bir sürede gerçekleşecektir. Bu sebeple, filtre projelendirilirken, fazla ürün elde etmek için çevrimlerin (iki yıkama arası sürenin) uzun olmasına gerek bulunmadığı akıldan çıkarılmamalıdır. **Şekil 2.25**'e göre süresi 24 saat olan (günde 1 yıkama) çevrimden süresi sonsuz olan çevrime geçildikte aradaki su kazancı çok azdır, ayrıca biraz da tehlike sözkonusudur. Şöyle ki, örneğin demirli sularda, demir önceden, erimeyen bileşik şekline getirilmiştir. Şayet bu demir filtrede uzun süre bekler ise ve ortamda bakteri de mevcut ise bakteri demirden oksijen emerek onu tekrar eriyen bileşik şekline dönüştürür ve çıkış suyu demir konsantrasyonu yükselir.

Çok kısa çevrimlerden de kaçınılmalıdır. Zira gözlerden biri yıkanacak hale geldiği sırada başka bir göz yıkamada olabilir, 4 gözlü, azalan-debili bir filtre bataryasında, çalışma çevrimi süresine (periyoduna) göre 4 gözün birden serviste bulunduğu zaman yüzdesi **Şekil 2.26**'da gösterilmiştir.





Şekil 2.26 İki Yıkama Arası Süreye Göre 4 Gözlü Bir Filtre Tesisinde 4 Gözün Birden Serviste Kaldığı Zaman Yüzdeleri.

Çevrim süreleri 10 - 12 saatten az ise, zamanın %20'den fazlasında gözlerden biri servis dışı kalacaktır. Filtre projelendirilirken, periyodun en az 15 - 18 saat olması halinde, filtre toplam alanı, bütün gözlerin her an serviste olması durumundaki filtre yüküne göre hesaplar yapılabilir. Periyodun 10 - 12 saattan küçük olması halinde, yıkamada geçen süre yüzdesi artacağından filtre yüzey yükünü (süzme hızı) küçük seçmek uygun olacaktır. Süzme hızının, çalışma periyodu 15 ila 24 saat arasında çıkacak şekilde seçilmesi uygun olur. Genelde 30 - 36 saatten uzun periyodlar istenmemektedir.



2.11 SÜZÜCÜ MADDE

2.11.1 GENEL HUSUSLAR

Süzülmüş suyun kalitesi iki şeye, yatak malzemesinin (medianın, örneğin kumun) çapına ve yatağın derinliğine bağlıdır. Media ne kadar ince ise kalite o kadar iyi olmaktadır. Ancak filtrenin çalışma süresi kısalmaktadır. Genel olarak çıkış suyunun kalitesi, media daneciklerinin yüzey alanının ve daneler arası boşluğun fazlalığına bağlıdır. Dane ne kadar küçük ise yüzeyi daha fazla oranda büyüktür, fakar daneler arası boşluk da o oranda azdır. Genelde bir filtre mediasındaki en fazla boşluk hacmi media büyüklüğünün %15'i kadardır. Pratikte bir filtre, çapı,kendi media çapının yaklaşık %5'i büyüklüğünde olan her asılı maddeyi, sadece süzgeçleme etkisi ile tutabilmektedir. Yani çapı 0.5 mm (=500 μm) olan kumlar çapı $0.5 \times 0.05 = 0.025$ mm (=25 μm) den büyük olan, sudaki süspansiyon maddeleri, süzgeçleme etkisi ile tutacaktır.

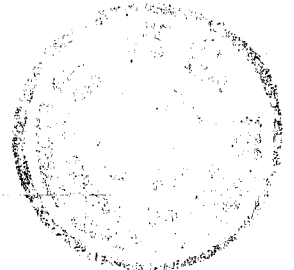
İçmesuyu arıtımında kullanılan daneli maddeler genelde silika kumu, garnet kumu ve antrasit kömürüdür. Bu media çok değişik etkin çapta ve düzgünsüzlük katsayısında temin edilebilmektedir. Tablo 2.4'de bunların çap sınırları, elek ölçülerine göre verilmektedir. Bazı medianın özgül ağırlıkları (bağıl) şöyledir:

- Antrasit kömürü:

1.35 - 1.75 Amerikan

1.60 - 1.75 İngiliz

- Silika kumu: 2.65
- Garnet kumu: 4.0 - 4.2



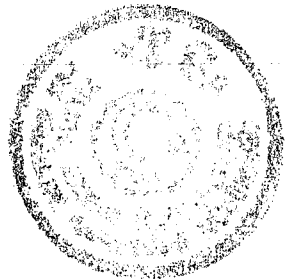
Tablo 2.4 Tek Çaplı Mediada Çap Sınırları

Geometrik Ortalama Çap	Elek Geçer (mm)	Açıklığı Kalır (mm)	A.B.D. Geçer	Elek No Kalır
0.46	0.50	0.42	35	40
0.55	0.60	0.50	30	35
0.65	0.71	0.60	25	30
0.77	0.84	0.71	20	25
0.92	1.00	0.84	18	20
1.09	1.19	1.00	16	18
1.30	1.41	1.19	14	16
1.54	1.68	1.41	12	14
1.84	2.00	1.68	10	12

2.11.2 FİLTRE MEDİASININ SEÇİMİ

Media, çıkış suyu kalitesini tayin etmekle beraber geri yıkama şartlarını da tayin eder. Senelerdir derin yataklarda; filtre mediası olarak kum kullanılmagelmiştir. Fakat daha önce de değinildiği gibi, geri yıkamada kum tabakalaşmakta, ince daneli tabaka en üstte yer almaktadır. Optimumdan küçük süzme hızlarında, asılı maddeler, bu üst tabakada tutulur ve sıkışabilen bir yatak oluşturur. Bu yatak da mevcut basıncı kısa zamanda tüketir. Yatak danelerinin böyle sıralanması sakıncası çeşitli şekilde giderilir. En ideal olanı uniform boyutlu bir media kullanmaktır. Bu ideal duruma, düşük düzgünsüzlük katsayısını havi media kullanmakla yaklaşılr. Örneğin, medianın 30 No'lu (U.S) elekten geçmesi (0.60 mm) 40 No'lu (U.S) elekte tutulması (0.42 mm) önerilebilir.

Düzgünsüzlük katsayısının düşük olması geri yıkamayı kolaylaştırır. Özellikle bu, geri yıkama için yatağın yüzer duruma geçmesi gereken hallerde çok önem kazanır. Bilhassa iki veya üç yataklı filtrelerde birbirine karışan yatakların tekrar ayrılabilmesi için yüzücü duruma geçmeleri şarttır. Bu sebeple düzgünsüzlük katsayısı ne kadar büyükse gerekli geri yıkama debisi de o kadar büyük olacaktır ki kaba daneler de akıcı hale

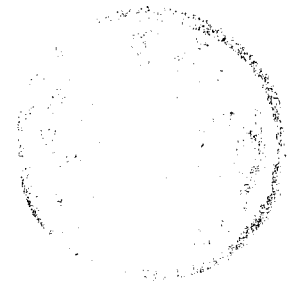


geçebilsin. 1.3'den küçük bir düzgünsüzlük katsayısı pek pratik olmamaktadır; çünkü üreticilerin elek imkanları daha iyisini sağlayamamaktadır. 1.5'dan küçük bir düzgünsüzlük katsayısını havi medialar en uygun fiatla temin edilebilmektedir ve kullanılması önerilmektedir.

1.5 dan küçük bir düzgünsüzlük katsayısının avantajı, bol yıkama suyu gerektiren, kaba danelerin çaplarının (örneğin %90'nı ince daneli) fazla büyük olmamasındadır. Filtre medialarının elek analizleri genelde, log - probabilitite veya aritmetik - probabilitite ölçekli kağıtlarda, genelde bir doğru çizgi vermektedirler. Doğal daneli medialarda, geri yıkama sonucu oluşan çap sıralanmasından (tabakalaşmadan) yukarı akışlı filtrasyonda yararlanılabilir; çünkü, kaba malzeme giren hamsu ile karşılaşır ve çıkış suyu ise yukardaki ince malzemeyi geçmek zorunda kalır ve böylece iyice berraklaşmış olur.

Yukarı akışlı filtreler uygulamaya girmiş iseler de hala projelendirme ve inşaat sıkıntıları yaşanmaktadır. Bu nedenlerle henüz popüler olamamıştır⁽²⁴⁾. Medianın yukarı kalkması ve onun yer değiştirmesini durdurmak ihtiyacı problem olan unsurlardır. Hemen hemen aynı avantajlı sonuçlar çift veya çok yataklı filtrelerle (kaba ve az yoğunluklu danelerden oluşan tabaka üstte) de temin edilmiştir.

Pitman ve Conley⁽²³⁾ bu çok yataklı derin filtre kavramını, kaba fakat az yoğunluklu dane yatağı örneğin antrasit kömürü üstte, diğer ince fakat yoğunluğu daha fazla kum yatağı altta olmak üzere, uygulayan ilk araştırmacılar olmuştur. Sonuç olarak çift yataklı filtreler iyice yaygınlaşmıştır; çok yataklı filtreler ise, hidrolik olarak ayrışabilen 5 farklı mediaya kadar kullanılmıştır; böylece geri yıkamadaki tabakalaşma tersine çevrilmiş olmaktadır.



2.11.3. ÇİFT YATAK

Çift yataklı filtrelerde kumun çapı, üstüne gelecek kömür veya başka çeşit medianın (örneğin çekirdek kabuğu kırığının) cinsine uygun olarak seçilmelidir. Tabandaki kum (örneğin %90'ı ince olan bir kum) öyle seçilmelidir ki kömür tabakasının alt kısmı da, aynı yıkama suyu debisinde kumla beraber akışkan yatak haline geçebilmelidir.

Tablo 2.5'de kömür, kum ve garnet'in %10 kabarması için (25° C su sıcaklığında) gerekli ters yıkama hızları verilmiştir. Bu sayede yatak granulometrisine göre geri yıkama suyu hızını kestirmek bir ölçüde mümkün olabilir. Bu çizelge ampirik değerlere dayanmaktadır. 25° C 'den başka dereceler için gerekli düzeltme faktörleri Tablo 2.6'da verilmiştir. Bu çizelge Camp tarafından verilen değerlere çok yakındır.

Çift yataklı filtrelerde seçilen kum çapı, geri yıkama sırasında iki medianın, sınır çizgisinde birbirine fazla karışmasına yol açmamalıdır. Eğer kömürün özgül ağırlığı tipik olan 1.65-1.75 gr/cm³ değerinde ise, kömürün %90'ını geçiren elek çapının, kumun %10'unu geçiren elek çapına oranı 3 olduğunda, kum ile kömürün birleşim yüzeyinde 3-5 cm lik bir karışma görülecektir. Bu oran 4 olduğunda kömür kum karışması daha fazla olmaktadır. Ara kesitin sert bir çizgi olmasını istemek, kabadan inceye doğru filtrasyonun sağlayacağı avantajlardan biraz kaybetmek sonucuna varacaktır. Bu nedenle elek çap oranının 3 mertebesinde kalması önerilmektedir.

Çift yataklı filtrelerde 1.0-1.2 mm çapındaki antrasit kömürü etkin olarak kullanılmaktadır. Düzgünsüzlük katsayısının düşük tutulmasına doğru eğilim vardır. Üstteki kömür çapının 1.0 mm olması için kömürün %90'ının 14 nolu elekten (göz açıklığı 1.41 mm) geçmesi, %80'inin 18 no.lu elekte (1.0 mm) tutulması tercih



edilmektedir. En ince elekten geçebilen %10'luk ince kısım, bir kaç ters yıkamadan sonra yatağın üst kısmından sıyrılıp dışarı atılmalıdır.

Sonuç olarak çift yataklı filtrelerde yatakları seçerken şu hususlar göz önünde tutulmalıdır:

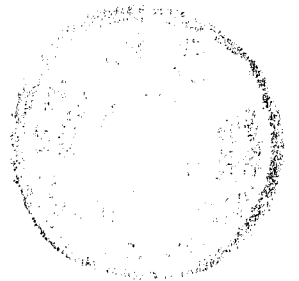
1. Kömürün %90'ını geçiren elek çapı ve kumun %10'unu geçiren elek çapı, yatakların birleşme yüzeyinde fazla girişim (karışma) olmayacak şekilde seçilmelidir.
2. Kömürün %90'ını geçiren elek no. ile kumun %90'ını geçiren elek no.su öyle bir uyum içinde olmalıdır ki her iki yatak da, geri yıkama sırasında aynı mertebede akışkan hale geçebilsin.

Çift yataklı filtrelerde yatak derinliğini belirleyen bir formül kullanılmamaktadır. Bu yüzden pilot tesislerden yararlanılabilir. Bazı yazarlar⁽¹⁰⁾ kömür için 45-60 cm, kum için 35-45 cm derinlik önermektedir.

Robeck ve arkadaşları⁽²³⁾ sandukları dökümanlarla çift yataklı filtrelerde ana maksadın filtrelerin iki yıkama arası süresini (filtreleme süresini) uzatmak olduğunu, bunun da pıhtıların yatağın daha fazla hacmi içinde tutularak sağlandığını göstermişlerdir.

Sonuç olarak çift ve üç yataklı filtrelerden beklenen,

- 1) Aynı dane çaplı yatak halinde tek yataklı filtreden çok daha uzun çalışma süresi (iki yıkama arası) sağlaması,
- 2) Yetersiz ön hazırlık (koagülasyon/flokülasyon) halinde bile tek yataklı filtrasyondan daha iyi kaliteli su üretilmesidir.

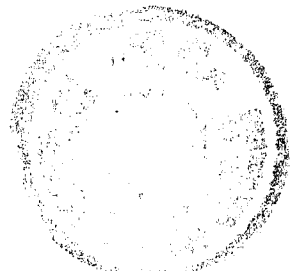


Tablo 2.5 Üniform Çaplı Çeşitli Yatak Malzemeleri İçin Minimum Flüvidizasyon (Akışkan Hale Geçme) Hızları (Amprık Gözleme Dayalı)⁽⁹⁾

Geçiren-geçirmeyen beynelmilcel standart elekler					%10 Genleşme sağlayacak debiler 25°C'de (Galon./Dakika/fut ²)		
Geçiren elek no. (Göz adedi/inç ²)	mm	Geçirmeyen elek no. (Göz adedi/inç ²)	mm	Ortalama (medyan)Çap	Kömür	Kum	Garnet
7	2.830	8	2.380	2.59	37.0		
8	2.380	10	2.000	2.18	30.0		
10	2.000	12	1.680	1.84	24.0	41.0	
12	1.680	14	1.410	1.54	20.0	33.0	
14	1.410	16	1.190	1.30	15.7	27.0	49.0
16	1.190	18	1.000	1.09	12.5	21.0	40.0
18	1.000	20	0.841	0.92	9.9	16.4	32.0
20	0.841	25	0.707	0.78	8.4	12.6	27.0
25	0.707	30	0.595	0.65	7.0	9.0	22.0
30	0.595	35	0.500	0.55		6.3	18.0
35	0.500	40	0.420	0.46		5.4	13.7
40	0.420	45	0.350	0.38		4.0	11.3
50	0.297	60	0.250	0.27			6.3
Özgöl Ağırlık					1.7	2.65	4.1

Tablo 2.6 Sıcaklık Düzeltmesi: 25° C'den başka sıcaklıklara uygulanacak, yaklaşık sıcaklık düzeltme faktörleri

Sıcaklık (C°)	25° C Değerlerinin çarpılacağı katsayılar
30	1.09
25	1.00
20	0.91
15	0.83
10	0.75
5	0.68



2.12 DANE YATAKLI FİLTRELERİN PROJELENDİRİLMESİ

Dane yataklı filtrelerin projelendirilmesi aşağıdaki kısımlardan meydana gelmektedir. ⁽²⁾

1. Yatak tipi, dane çapı, derinliği
2. Filtrasyon hızı (yükü)
3. İtici kuvvet olarak kullanılabilecek basınç
4. İşletme metodu ve geri yıkama

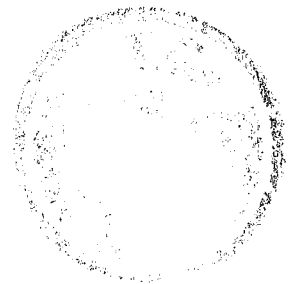
Halen dane yataklı filtrelerin projelendirilmesi için teorik bir esas mevcut değildir. Projelendirme, çağınca daha önceki ilgililerin tecrübelerinden kazanılan pratik sonuçlara dayandırılmakta, bazı hallerde de pilot tesis çalışmalarından faydalanılmaktadır. ⁽³⁾

2.12.1 DANE YATAKLI SU FİLTRELERİ

Su arıtması için genelde 3 tip dane-yataklı filtre kullanılır.

- a) Tek ve az kalın yataklı (yatak kalınlığı < 1.0 m)
- b) Tek fakat kalın yataklı (yatak kalınlığı > 1.0 m)
- c) Çift - yataklı

Su arıtımı için kullanılan filtrelerin geçerli projelendirme bilgileri **Tablo 2.7'**de verilmiştir. Atıksu arıtımında kullanılan filtrelerin projelendirme bilgileri ise **Tablo 2.8'**de görülmektedir.

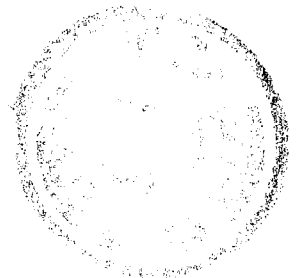


Su arıtımı için önerilmiş olan 3 tip filtreye ilaveten bilhassa darbeli az derin yataklı filtreler atıksu arıtımında ön kademelerin çıkış sularının filtrasyonunda çok kullanılır. Darbeli-filtreler ön çöktürme çıkış suları için de kullanılmaktadır.⁽⁴⁾

2.12.2 FİLTRELERİN GERİ YIKANMASI VE TEMİZLENMESİ

Filtrelerin işletilmesinde, şüphesiz en önemli problem yatağın iyi temizlenmesidir. Yatak iyi temizlenmez ise çamur yatak içinde çoğalmaya başlar. Su arıtılmasında, çoğalan ince çamur dancikleri birleşerek çamur toplarını oluşturur. Aynı problem fazlasıyla atıksu filtrasyonu için de geçerlidir. Atıksudaki yağ ve bakteri tortusunun fazlaca mevcudiyeti olayı daha da büyötmektedir.

Daneli - yatakların temizlenmesinde başarı ile kullanılan metodlar, geri yıkama (ters yıkama), yüzey yıkaması, hava yıkaması (ovması), kimyasal temizleme ve bunların çeşitli kombinasyonlarından meydana gelmektedir. Bu metodlar aşağıda incelenmiştir.

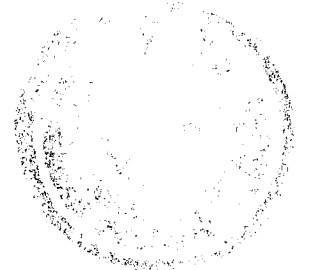


Tablo 2.7. İçmesuyunda Kullanılan Dane Yataklı Tipik Filtrelerde Projelendirme Kriterleri

Parametreler	Tek Yataklı ⁽¹⁾		Çift Yataklı		Çok Yataklı	
	Sınırlar	Tipik değer	Sınırlar	Tipik değer	Sınırlar	Tipik değer
Garnet veya Ilmenit						
Derinlik (mm)					75-200	100
Efektif çap(mm)					0.2-0.35	0.25
Düzgünsüzlük kat.					1.13-1.17	1.60
Kum						
Derinlik (mm)	500-900	600	150-500	300	150-400	300
Efektif çap(mm)	0.35-0.70	0.45	0.45-0.60	0.5	0.45-0.6	0.50
Düzgünsüzlük kat.	1.3-1.7	1.5	1.40-1.70	1.6	1.40-1.70	1.60
Antrasit						
Derinlik (mm)	900-1800	1500	400-600	500	400-600	500
Efektif çap(mm)	0.70-1.00	0.75	0.80-1.40	1.00	0.8-1.4	1.10
Düzgünsüzlük kat.	1.40-1.80	1.6	1.40-1.80	1.60	1.4-1.8	1.60
Filtrasyon Hızı, l/m ² /dak	80-400	160	80-400	160	80-400	160
Geri Yıkama	Hava / Su Yüzey yıkama		Hava / Su Yüzey yıkama		Hava / Su Yüzey yıkama	
Geri Yıkama Hızı, l/m ² /dak	360-1000 ⁽²⁾	500 ⁽²⁾	500-1600	800	500-1600	800

1) Yalnız kum veya yalnız antrasitten oluşan tek yataklı filtreler

2) Sadece kum yataklı filtreler için



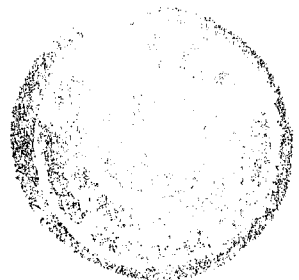
Tablo 2.8. Atıksu Arıtımında Kullanılan Danc Yataklı Tipik Filtrelerde Projelendirme Kriterleri

Parametreler	Tek Yataklı ⁽¹⁾		Tek Yataklı ⁽²⁾		Çift Yataklı	
	Sınırlar	Tipik değer	Sınırlar	Tipik değer	Sınırlar	Tipik değer
Kum						
Derinlik (mm)	200-300	250	500-900	600	150-300	300
Efektif çap(mm)	0.40-0.60	0.45	0.45-0.70	0.50	0.40-0.70	0.55
Düzensüzlük kat.	1.30-1.70	1.50	1.30-1.70	1.50	1.40-1.70	1.60
Antrasit						
Derinlik (mm)			900-1800	1500	300-600	500
Efektif çap(mm)			0.80-1.80	1.40	0.80-1.80	1.20
Düzensüzlük kat.			1.40-1.80	1.60	1.40-1.80	1.60
Filtrasyon Hızı, l/m ² /dak	80-320	160	80-400	160	80-400	160
Geri Yıkama	Hava darbesini takiben su ve kimyasal yıkama		Hava / Su Yüzey yıkama		Hava / Su Yüzey yıkama	
Geri Yıkama Hızı, l/m ² /dak	360-800	600	360-1000 ⁽³⁾	500 ⁽³⁾	500-1600	800

1) Darbe yataklı filtre

2) Kum veya antrasitten oluşan tek yataklı filtre

3) Sadece tek medialı kum filtreleri için

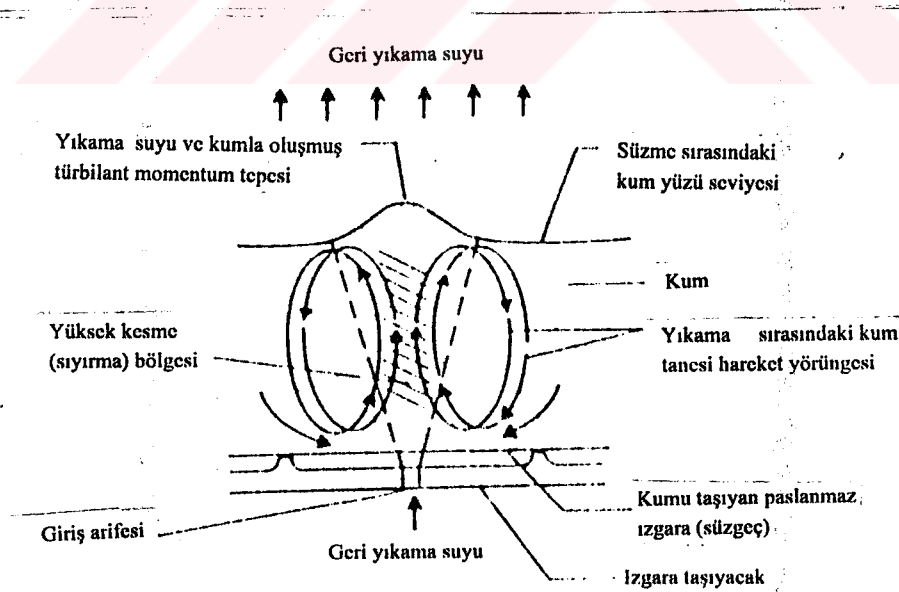


2.12.3 SU İLE GERİ YIKAMA

Filtrelerin temizlenmesinde en çok kullanılan metod filtreyi temiz su ile yıkamaktır.

Deneysel çalışmaları ile Amirtharajah geleneksel filtrelerde optimum temizlenmenin geri yıkamada genişmiş yatak porozitesinin 0.65 ila 0.70'e vardığı zaman elde edildiğini tespit etmiştir.⁽⁵⁾ Bu poroziteyi sağlayacak genişlemede geri yıkama suyunun kesme etkisinin en kuvvetli düzeye çıktığı anlaşılmaktadır.

Darbeli çalışan filtrelerdeki geri yıkama düzeni geleneksel filtrelerdeki yıkama düzeninden farklıdır. Darbelilerde yıkama suyu, yatak altındaki küçük çaplı orifislerden verilir. Orifisler, birbirinden 10 cm uzakta olup kare planlı bir ızgara teşkil ederler. Deliklerdeki su hızı fazladır ve kum, su jetinin yükselmesi sırasındaki kesme kuvveti etkisi ile ve danelerin kazandığı dairesel dönme hareketi sonucu birbirine sürtünüp birbirini kazıması ile temizlenir (Şekil 2.27) .



Şekil 2.27 Darbe-Yataklı Filtrelerde Danelerin Birbirini Kazıyarak Temizlenmesi.

Geri yıkama sırasında darbe-yataklı filtre adeta, kimya mühendisliği uygulamalarında kullanılan, fiskiye yataklı reaktörler gibi davranış sergiler.

2.12.4 YÜZEY YIKAMA

Kum yatağı yüzeyinden 2.5-5.0 cm yukarıya, aşağısında delikler bulunan sabit bir boru şebekesi teşkil olunarak, geri yıkama öncesi, su seviyesi yıkama oluklarının biraz aşağısına düşürüldükten sonra bu şebekeden kum yüzeyine 1-2 dakika kadar su püskürtülür. Çamurlar parçalanıp dağıtılır. Hemen sonra, yüzey yıkamaya ilaveten geri yıkama suyu verilir ve çıkan çamurlu su temiz bir görünüm kazanıncaya kadar yıkamaya devam olunur.^(6 ve 3)

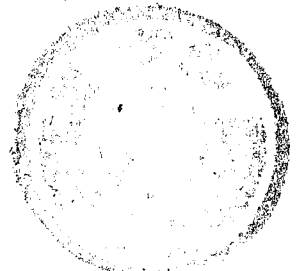
Yukarıdan su veren sistem dönen kollu olarak ta teşkil edilmektedir. Dönme işlemi, orifislerden çıkan suyun tepki kuvvetinden yararlanılarak sağlanmaktadır.

2.12.5 HAVA YIKAMASI

Hava, kum tabakası altından verilerek, aşağıdan yukarı doğru akışı sırasında çamurlar sökülüp atılır. Hava alttan ya su verilmesinden önce, ya da su ile birlikte verilebilir. Hava yalnız başına verildiği takdirde, filtredeki su önceden, geri yıkama kanalı altında bir seviyeye kadar düşürülür. Böylece yatak malzemesinin (kum, kömür v.b.) kaçması önlenir.

Darbe Yataklı Filtrelerde Kimyasal Temizleme

Yağ ve bakteri çamuru birikintisini temizlemek ve yatağın daha etkili temizlenmesini teminen darbe-yataklı filtrelerde kimyasal temizleme işlemi uygulanır. Rutin bakım işlemi olarak filtre yatağı, periyodik olarak orta kararda bir ağartına ve deterjan



solüsyonu ile doldurulup taşınır. Bu işlem 30 dakika sürer ve sonunda yatak geri yıkamaya alınır. Yağ ve biyolojik çamurlar atılarak yatak orijinal haline getirilir. ⁽⁴⁾

2.12.6 GERİ YIKAMA HİDROLİĞİ

Hidrolik olarak, filtre yatağını kabartabilmek için suyun aşağıdan yukarı giderken karşılaştığı sürtünme kuvveti (yük kaybı) danelerin su içindeki ağırlığına eşit olmalıdır. Matematik olarak bu ifade

$$h = \frac{l_e (1 - \alpha_e) (\rho_s - \rho_w)}{\rho_w} \quad (2.1)$$

şeklinde yazılabilir. Burada,

h : yatağı genişletmek için gerekli yük kaybı, m

l_e : genişmiş yatağın derinliği, m

α_e : genişmiş yatağın porozitesi

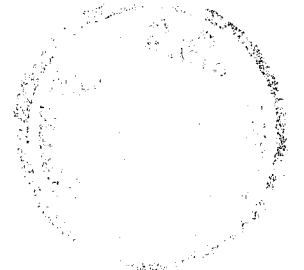
ρ_s : yatağı teşkil eden dancenin yoğunluğu, kg / m^3

ρ_w : suyun yoğunluğu, kg / m^3

olarak geçmektedir. Çökelme teorisinden

$$C_D A_p \rho_w \frac{v^2}{2} \phi(\alpha_e) = (\rho_s - \rho_w) g v_p \quad (2.2)$$

elde edilmektedir ki burada,



- v : yaklaşım hızı (m/sn)
 $\phi(\alpha_e)$: v nin, danc ϕ ökdme hızı v_s olmayıp, geri yıkama suyu yaklaşım hızı olmasından ortaya çıkan durumu düzeltmek için kullanılan düzeltme faktörü.
 C_D : sürüklenme katsayısı
 A_p : danenin kesit alanı ($\pi d_p^2 / 4$), m^2
 ρ_w : suyun yoğunluğu (özgül kütlesi), $kg\ küttele / m^3$
 V_p : danc hacmi, ($\pi d_p^3 / 6$), m^3 'dir.

Deneysel çalışmalardan,

$$\phi(\alpha_e) = \left(\frac{v_s}{v} \right)^2 = \left(\frac{1}{\alpha_e} \right)^9 \quad (2.3)$$

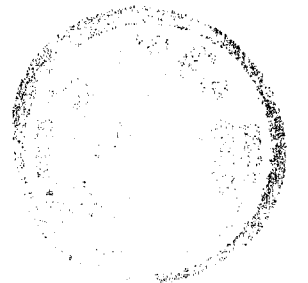
olduğu tespit edilmiştir. Böylece

$$\alpha_e = \left(\frac{v}{v_s} \right)^{0.22} \quad (2.4)$$

veya

$$v = v_s \alpha_e^{4.5} \quad (2.5)$$

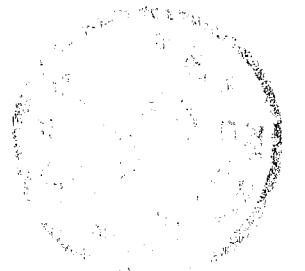
olur.



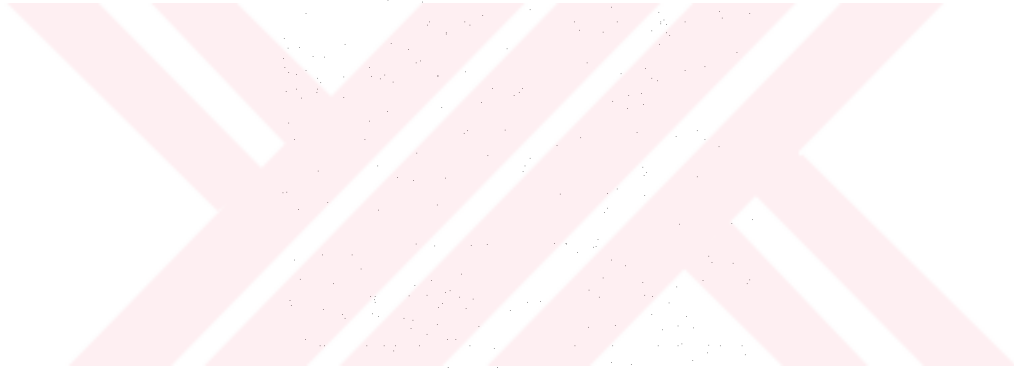
Mamafih, süzme yatağının birim yüzey alanına düşen hacmi sabit kaldığından $(1 - \alpha)/$ değeri $(1 - \alpha_e)l_e$ değerine eşit olacağından,

$$\frac{l_e}{l} = \frac{1 - \alpha}{1 - \alpha_e} = \frac{1 - \alpha}{1 - \left(\frac{v}{v_s}\right)^{0.22}} \quad (2.6)$$

Böylece istenen geri yıkama hızını ve genişmiş yatak derinliğini bulmak için Eşitlik (2.5) ve (2.6) karşılıklı olarak çözülmelidir.⁽¹⁾



BÖLÜM 3



BÖLÜM III

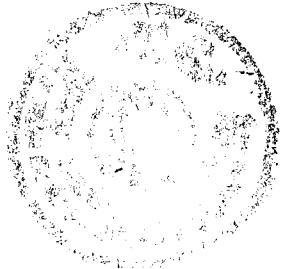
KAYISI ÇEKİRDEĞİ KABUĞU POTANSİYELİ ve HAZIRLAMA

3.1. KAYISI ÇEKİRDEĞİ KABUĞU POTANSİYELİ

Malatya Ticaret ve Sanayi Odasından alınan bilgiye göre Malatya'da halen **Tablo 3.1.** deki firmalar kayısı çekirdeği üzerine ön sırada iş yapmaktadır.

Tablo 3.1. Malatya'da Halen Kayısı Çekirdeği Üzerine Ön Sırada Faaliyet Gösteren Firmalar

ÜNVANI	ADRESİ	TELEFONU
Sami PAYZA	Yeni Şire Pazarı A.Blok No:9 Malatya	321 97 78
Yalçın GEYİK	Orduzu Göztepe Caddesi Üzeri Malatya	323 50 96 - 321 99 03
Rcmzi KIRICI	İlanımın Çiftliği Mevkii Boyataş Yanı- Malatya	323 74 02 321 35 01
Aydın ELMAS	Yeni Şire Pazarı A.Blok No:3 Malatya	324 04 46
A.Kadir KANAT	Battalgazi Yolu 9. Km Malatya	841 36 96
Celal SÖYLER	Battalgazi Yolu Alibaba Mevkii Battalgazi - Malatya	323 47 03 (2 Hat)



Bu firmalardan alınan bilgiye göre Malatya'da kayısı çekirdeği halen, kışın soba veya ocakta yakıt olarak kullanılmaktadır. Bunun için oluşmuş yakıt-çekirdek fiyatı yoktur. Geçim düzeyi düşük olan, odun satın alamayan aileler kayısı tüccarlarına müraccatla onlardan evlerine kayısı çekirdeği getirtmekte, bu çekirdekleri kırıp içini (bademini) tüccara iade etmekte, kırma-ayıklama karşılığı, çekirdek kabuğu da yakıt olarak aileye kalmaktadır. Bu alışveriş asırlardır böyle devam etmektedir.

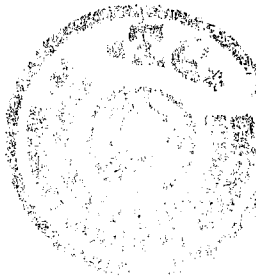
Odun yerine kullanıldığı ve halen Malatya'da odunun tonu 3.5 - 4.0 milyon T.L. olduğu cihetle kırılmış çekirdeğin (yakılacak durumda) tonunu 5-6 milyon T.L.'ye temin etmek mümkün görülebilir. Bu malzemenin İstanbul'a nakli, konkasörde kırılması ve elenmesi sonucu (firesi de çıktıkta) tonunun 30 milyon T.L. olabileceği tahmin edilmektedir.

Antrasit kömürü tonu 60 milyon T.L. civarındadır.

Malatya'da halen yılda 7000 - 8000 ton çekirdek kabuğu çıktığı bunun 3000 - 4000 tonunun rahatlıkla satın alınabileceği **Tablo 3.1**'deki tüccarların ortak kanaatidir.

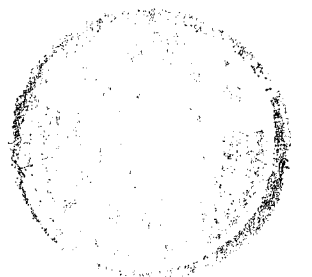
İSKİ içmesuyu arıtma tesislerinin tümünün, üst media olarak çekirdek kabuğu ihtiyacı, yatak kalınlığı 0.40 m alındıkta, yaklaşık 5000 ton kadardır.

Konunun göreceği rağbet oranında civar illerin (Elazığ,Kayseri,Iğdır, Konya v.s.) istihsalı ile miktarı çok artırmak mümkündür. Kayısı çekirdeği ve fındık kabuğu aktif karbon üretimi için de potansiyele sahiptir.

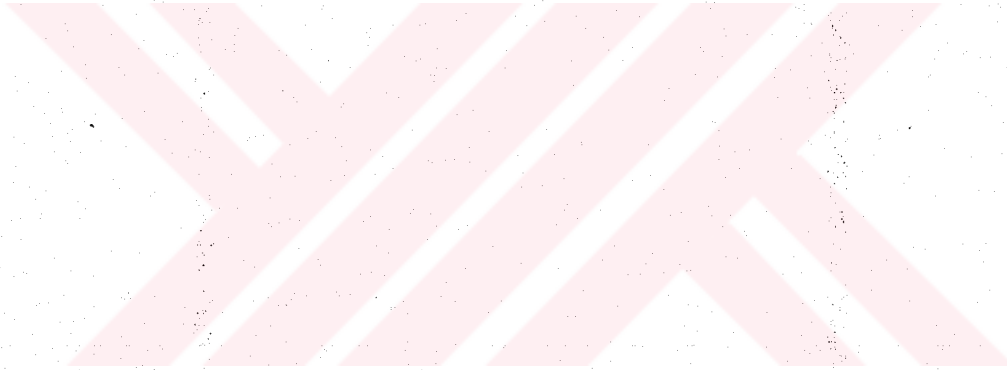


3.2. KAYISI ÇEKİRDEĞİ KABUĞUNUN YATAK MALZEMESİ OLARAK HAZIRLANMASI

Kuru çekirdek kabukarı küçük boyutlu bir konkasörden her geçişi takiben elenmeli, inceleri ayrılıp kabaları, tekrar konkasörden geçirilmeli ve bunun da inceleri elenip ayrılarak kalan kabalar tekrar konkasörden geçirilmek suretiyle istenilen efektif çaplı yatak malzemesi elde edilmelidir. Böylece, her konkasör işlemi arkasından eleme yapmak suretiyle çekirdek ufalanması, yani istenmeyen incelikteki kısmı (zayıfatı) asgariye indirilecektir.



BÖLÜM 4



BÖLÜM IV

ÇALIŞMA PLANI ve DENEY DÜZENİ

4.1. ÇALIŞMA PLANI

Bu çalışmada üç ayrı danc büyüklüğündeki çekirdek yatağı için;

- a) Çeşitli süzme hızlarındaki çıkış suyu bulanıklığı ölçülerek giriş suyu bulanıklığı ile karşılaştırılması yapılmıştır.
- b) Belirli yük kaybı aralığında geçen filtreli su hacmi tespit edilmiştir.
- c) Su ile yıkamada çekirdek yatağının kabarma oranı yıkama debisine göre tespit edilmiştir.

Böylece çekirdek yatağı için uygun proje değerleri elde edilmeye çalışılmıştır.

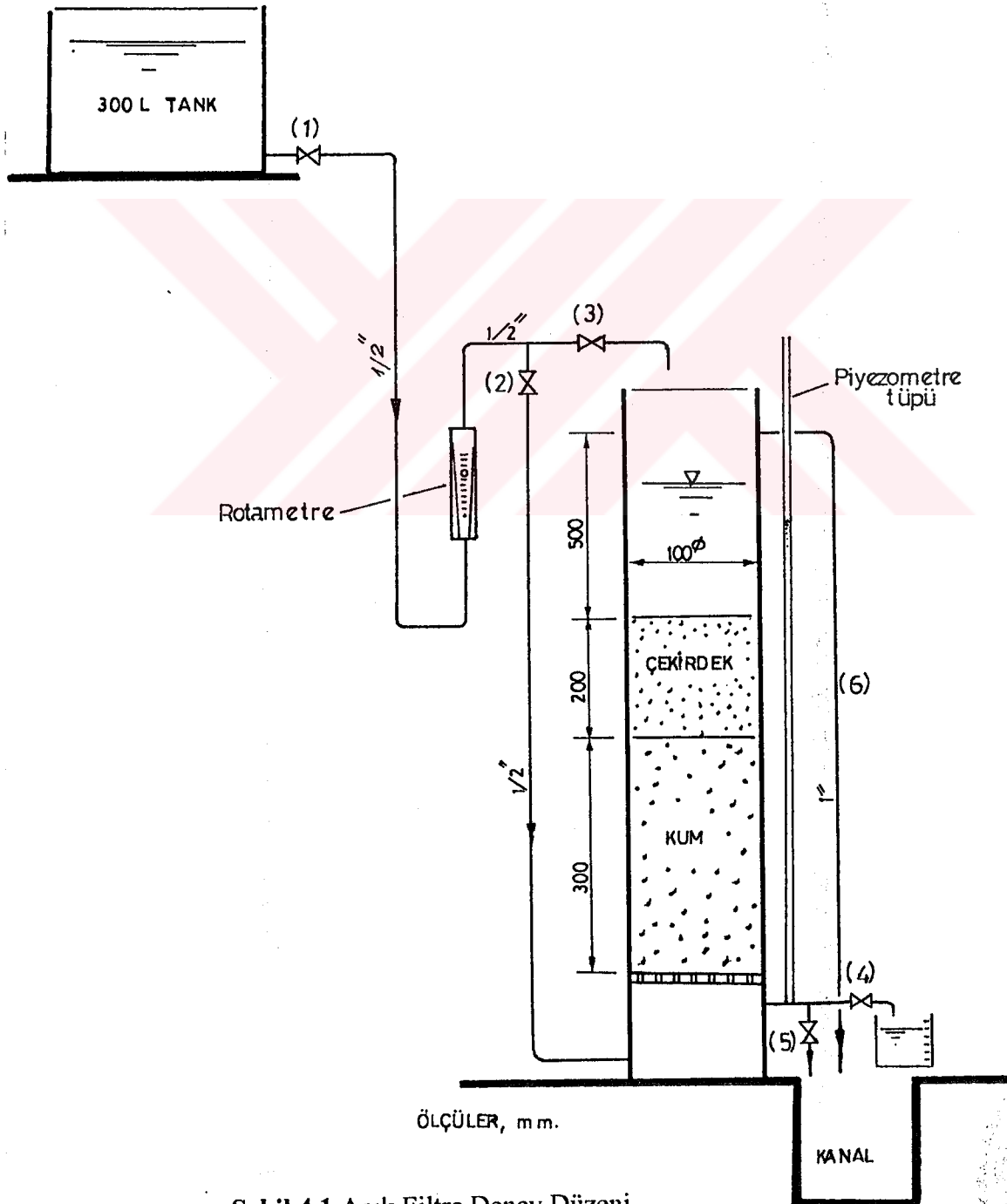
4.2. DENEY DÜZENİ

Bu çalışma için Şekil 4.1'deki gibi bir deney düzeni hazırlanmıştır. Bu küçük çapta bir filtre düzenidir. Filtre havuzu olarak 100mm çapında polietilen şeffaf boru kullanılmıştır. Hamsu 300 lt'lik bir bidonda hazırlanmıştır. Bidon tabanı filtre tabanından 2.5 m yukarıda tutulmuştur. 300 lt'lik bidon istikrarlı çalışma imkanı sağlamıştır.

Musluk suyu içine temiz kil atılmak suretiyle istenilen bulanıklıkta hamsu hazırlanmıştır.



Ham su giriş boru hattı üzerine debiyi ölçmek üzere bir rotametre konulmuştur. (1) valfi açık olup rotametre ve (3) valfi üzerinden hamsu filtreye girmekte, süzölüp (4) valfi üzerinden çıkmaktadır. Kirlenen filtreyi yıkamak için (3) kapanıp (2) valfi açılmakta alttan giren su, kum ve çekirdek tabakalarını kabartıp, söktüğü çamurları taşıyarak (6) borusu üzerinden deşarj edilmektedir. Filtre tekrar devreye sokulmadan önce su 3-5 dakika (5) valfi üzerinden boşa akıtılmakta, sonra (5) kapanıp (4) açılarak normal süzme devresi başlatılmaktadır.



şekil 4.1 Açık Filtre Deney Düzeni

BÖLÜM 5



BÖLÜM V

DENEYLERDE KULLANILAN MEDİALARIN ÖZELLİKLERİNİN TESPİTİ

5.1. ÇAP ve DÜZGÜNSÜZLÜK KATSAYISI TAYİNİ

Deneyde, alt yatak olarak iki türlü kum hazırlanmıştır.

- a) İnce kum
- b) Kaba kum

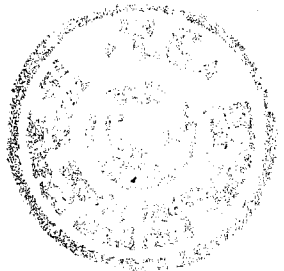
Üst yatak olarak kayısı çekirdeği kırığı (kumu) kullanılmıştır. Bunların elek analizleri Şekil 5.1, 5.2, 5.3, 5.4 ve 5.5 ile Tablo 5.1, 5.2, 5.3, 5.4, 5.5'te verilmiştir.

İnce kumda,

$$\begin{aligned} d_{10} &= 0.54mm \\ d_{60} &= 0.85mm \\ u &= \frac{d_{60}}{d_{10}} = \frac{0.85}{0.54} = 1.57 \end{aligned}$$

Kaba kumda,

$$\begin{aligned} d_{10} &= 0.90mm \\ d_{60} &= 1.80mm \\ u &= \frac{d_{60}}{d_{10}} = \frac{1.80}{0.90} = 2.00 \end{aligned}$$



İnce Çekirdek kabuğunda,

$$d_{10} = 0.70mm$$

$$d_{60} = 2.00mm$$

$$u = \frac{d_{60}}{d_{10}} = \frac{2.00}{0.70} = 2.86$$

Kaba çekirdek kabuğunda,

$$d_{10} = 1.90$$

$$d_{60} = 2.40$$

$$u = \frac{d_{60}}{d_{10}} = \frac{2.40}{1.90} = 1.26$$

Antrasit kömüründe,

$$d_{10} = 0.85mm$$

$$d_{60} = 2.00mm$$

$$u = \frac{d_{60}}{d_{10}} = \frac{2.00}{0.85} = 2.35$$

bulunmuştur.

5.2. Özgül Ağırlık Tayini

Pikometre ile, vakum altında yapılan çalışma sonuçları Tablo 5.4, 5.5 ve 5.6'da verilmiştir. Bunlara göre, özgül ağırlıklar,

$$\text{ince kum için } \gamma_{ik} = 2.53 \text{ g/cm}^3$$

$$\text{kaba kum için } \gamma_{kk} = 2.50 \text{ g/cm}^3$$

$$\text{çekirdek kabuğu için } \gamma_{\text{çk}} = 1.42 \text{ g/c}$$

bulunmuştur.

Tablo 5.1 İnce kum için elek analizi değerleri

Proje:
 Proje Yeri:
 Zemin Tanımlaması: **İnce Kum**
 Deneyi Yapan :

İş No:
 Sondaj No: Numune No: 1
 Numune Derinliği:
 Deney Tarihi:

Kuru Numune + Kap Ağırlığı	
Kap Ağırlığı	
Kuru Numune Ağırlığı, W_s	500 gr
Numunenin Yıkamadan Sonraki Ağırlığı	
Yıkama Esnasındaki Kayıp	

Elek Analizi

Elek No	Çap mm	Elek Üstünde Kalan gr	Kalan %	Elekten Geçen gr	Elekten geçen %
20		26		474	96
30		407		67	13
40		64		3	6
50		2		1	2
70		-			
100		-			
140		-			
160		-			
200		-			
	ALT KAP				
	TOPLAM	499			



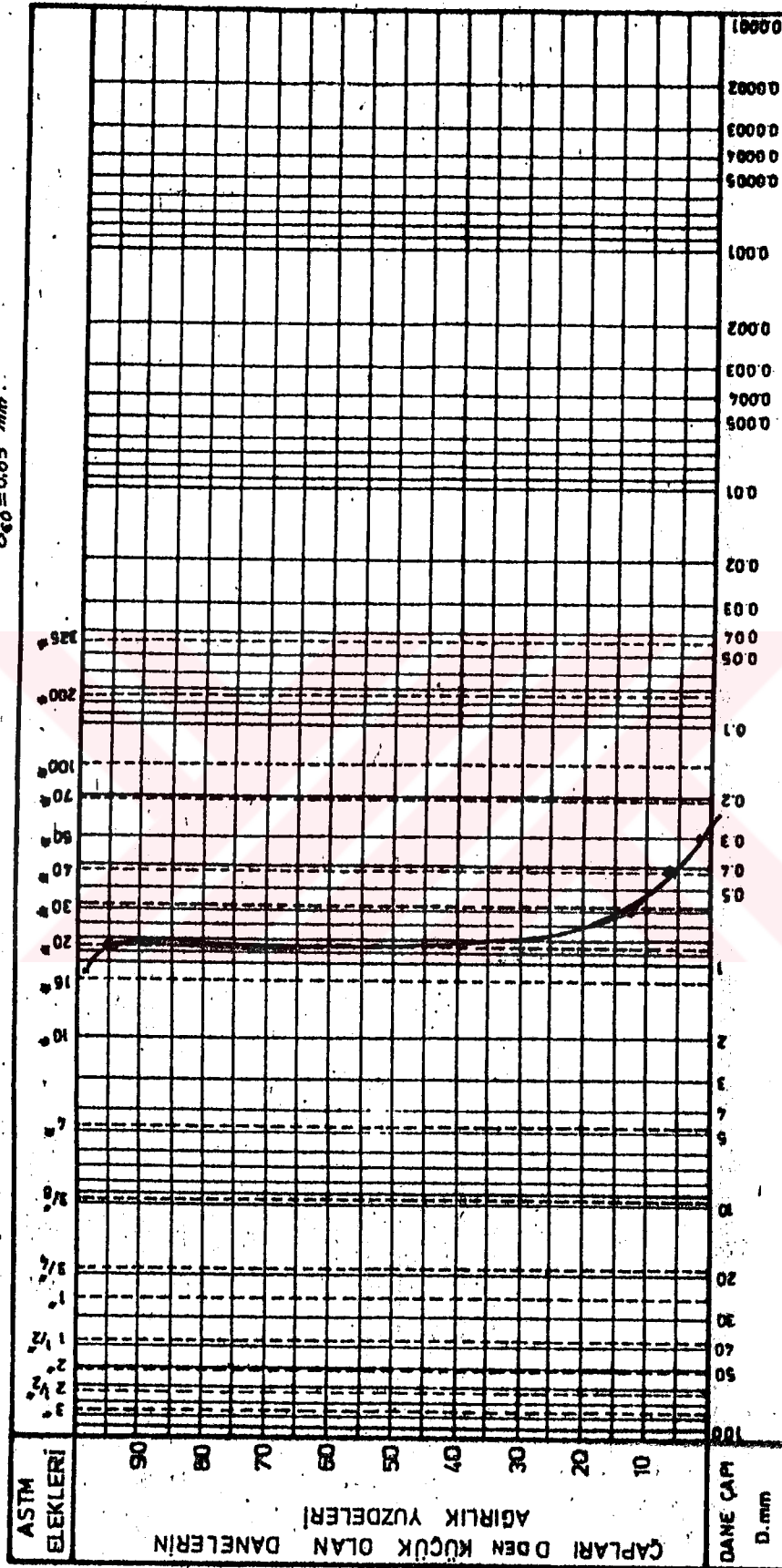
İNŞAAT FAKÜLTESİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
GEOTEKNİK ANABİLİM DALI

ZEMİN MEKANİĞİ LABORATUARI

GRANÜLOMETRİ EĞRİSİ

$d_{10} = 0,54 \text{ mm.}$
 $d_{60} = 0,85 \text{ mm.}$

NUMUNENİN GELDİĞİ YER:
PROJENİN İSMİ: *ince kum*



ZEMİN	ÇAKIL			KUM			SİLT			KİL		
	KABA	ORTA	İNCE	KABA	ORTA	İNCE	D ₆₀	D ₇₀	D ₃₀	C _u	C _c	
SONDAJ NO:												
DERİNLİK - m												
ZEMİN CİNSİ.												

Şekil 5.1 İnce kum için elek analizi sonuçları ve granülometri eğrisi

Tablo 5.2 Kaba kum için elek analizi değerleri

Proje:

İş No:

Proje Yeri:

Sondaj No:

Numune No: 2

Zemin Tanımlaması: **Kaba Kum**

Derinliği:

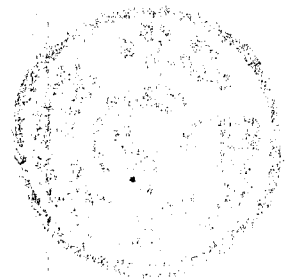
Deneyi Yapan :

Deney Tarihi:

Kuru Numune + Kap Ağırlığı	
Kap Ağırlığı	
Kuru Numune Ağırlığı, W _s	500 gr
Numunenin Yıkamadan Sonraki Ağırlığı	
Yıkama Esnasındaki Kayıp	

Elek Analizi

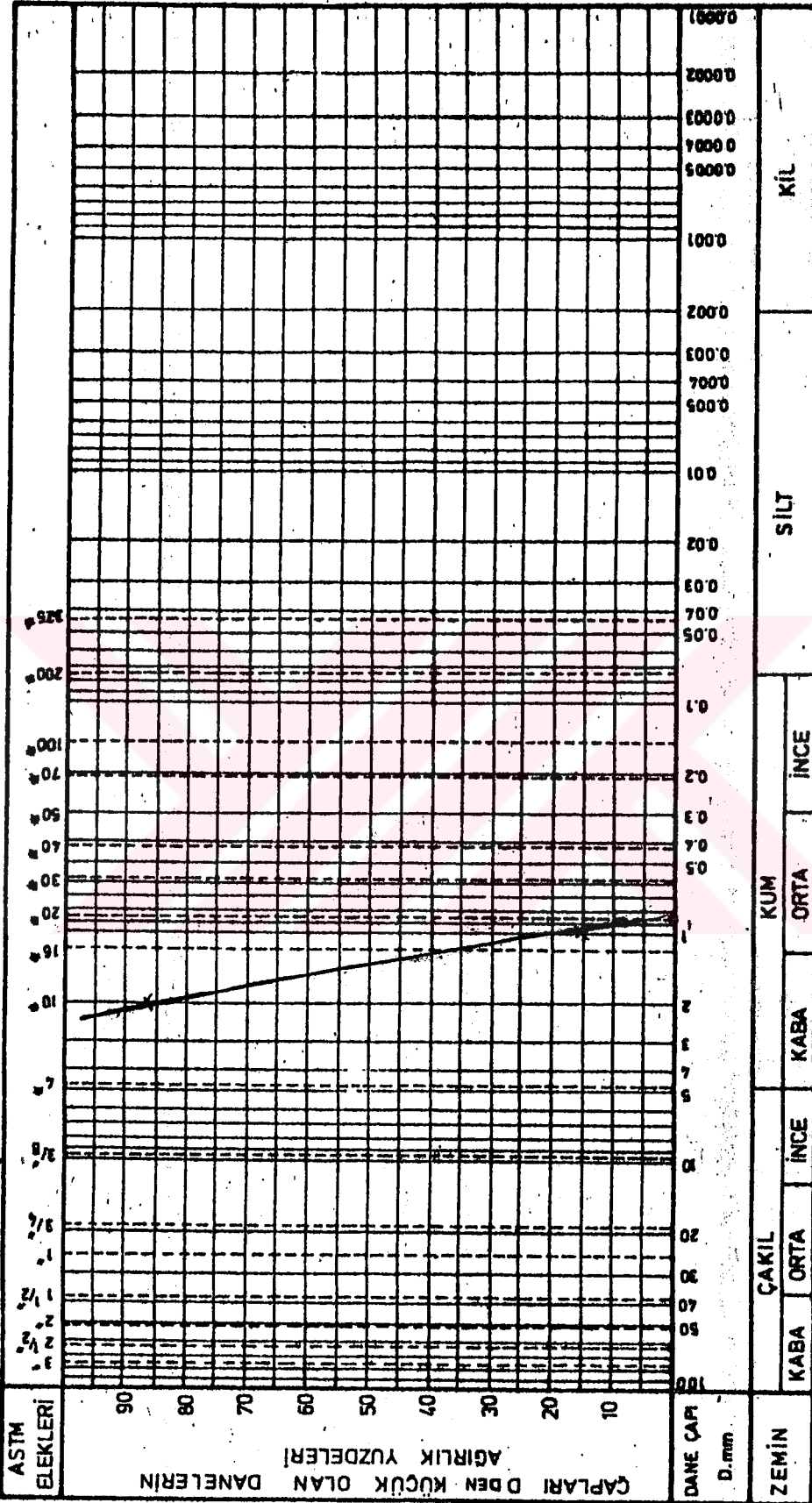
Elek No	Çap mm	Elek Üstünde Kalan gr	Kalan %	Elekten Geçen gr	Elekten geçen %
10	2.0	68		432	86.5
18	1.0	355		77	15.4
20	0.84	70		7	1.4
25	0.71	-			
30	0.59	5		2	0.4
40	0.42	1		1	0.2
50	0.297	-			
60	0.25	-			
70	0.21	-			
100	0.149	-			
140	0.105	-			
160	0.09	-			
200	0.074	-			
	ALT KAP				
	TOPLAM	499			



NUMUNENİN GELDİĞİ YER:
PROJENİN İSMİ: Kaba kum

$d_{10} = 0,90 \text{ mm.}$
 $d_{60} = 1,80 \text{ mm.}$

GRANÜLOMETRİ EĞRİSİ



ZEMİN	ÇAKIL			KUM			SILT				KİL		
	KABA	ORTA	İNCE	İNCE	ORTA	KABA	KİL %	SILT %	İNCE	D ₁₀	D ₃₀	C _u	C _c
SONDAJ NO:													
DERİNLİK - m													
ZEMİN CİNSİ.													

Şekil 5.2 Kaba kum için elek analizi sonuçları ve granülometri eğrisi

Tablo 5.3 Kayısı çekirdeği kabuğu kumu için elek analizi değerleri

Proje:

İş No:

Proje Yeri:

Sondaj No:

Numune No: 3

Zemin Tanımlaması: **İnce Kayısı Çekirdeği**

Numune Derinliği:

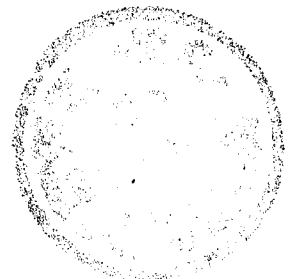
Deneyi Yapan :

Deney Tarihi:

Kuru Numune + Kap Ağırlığı	
Kap Ağırlığı	
Kuru Numune Ağırlığı, W _s	500 gr
Numunenin Yıkamadan Sonraki Ağırlığı	
Yıkama Esnasındaki Kayıp	

Elek Analizi

Elek No	Çap mm	Elek Üstünde Kalan gr	Kalan %	Elekten Geçen gr	Elekten geçen %
10	2.0	209		291	58
18	1.0	185		106	21
20	0.84	36		70	14
25	0.71	-			
30	0.59	25		45	9
40	0.42	13		32	6
50	0.297	9		23	5
60	0.25	4		19	4
70	0.21	3		16	3
100	0.149	4		12	2
140	0.105	4		8	2
160	0.09	1		7	1
200	0.074	2		5	1
	ALT KAP	5			
	TOPLAM	500			



İNŞAAT FAKÜLTESİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
GEOTEKNIK ANABİLİM DALI

ZEMİN MEKANİĞİ LABORATUARI

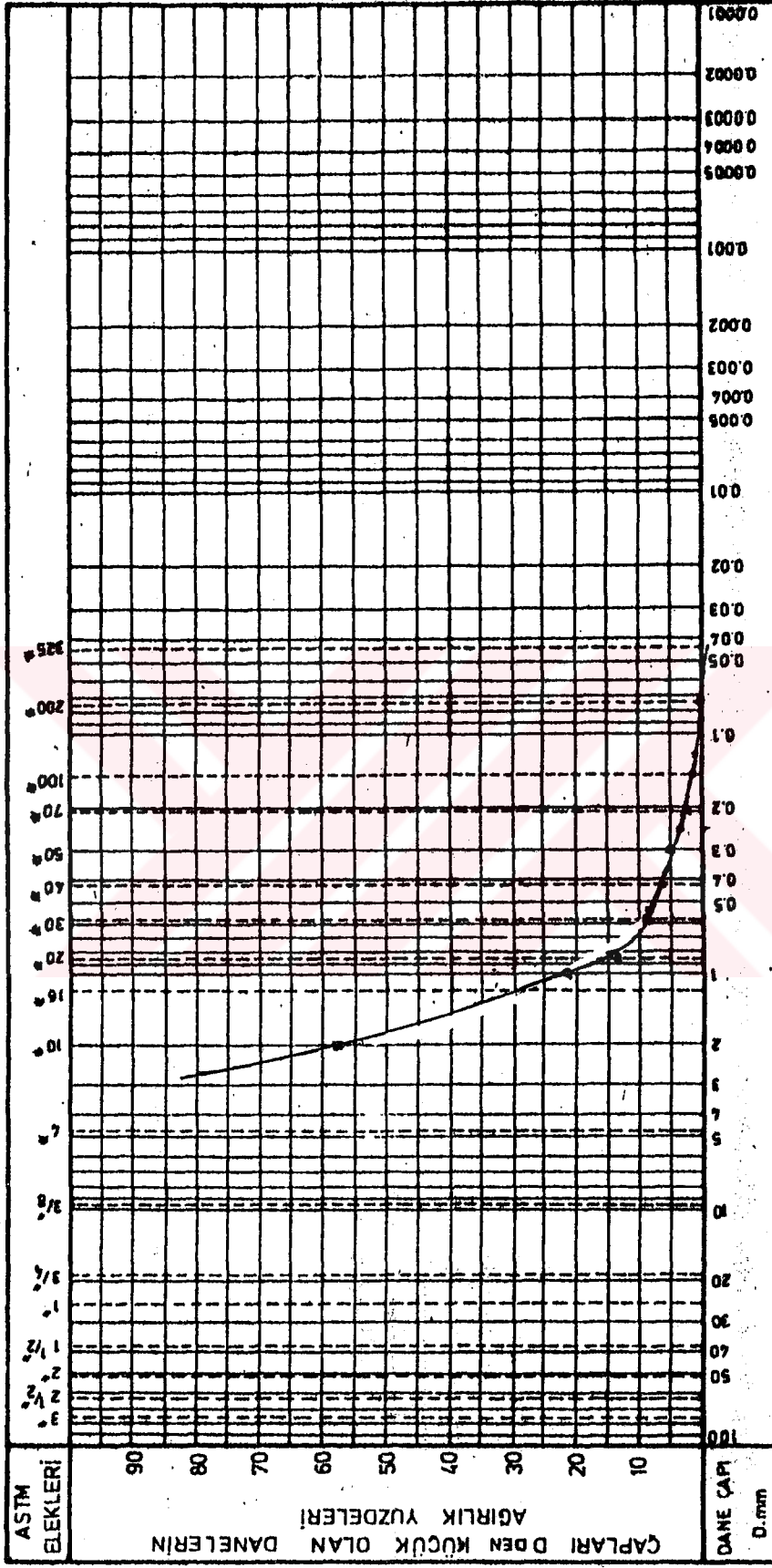
$$d_{10} = 0,70$$

$$d_{60} = 2,00$$

GRANÜLOMETRİ EĞRİSİ

NUMUNENİN GELDİĞİ YER:

PROJENİN İSMİ: *Kayısı çekirdeği ka buğu (ince)*



ZEMİN	ÇAKIL			KUM			SİLT			KİL		
	KABA	ORTA	İNCE	KABA	ORTA	İNCE	KİL %	D ₅₀	D ₆₀	D ₃₀	C _u	C _c
SONDAJ NO:	DERİNLİK - m	ZEMİN CİNSİ.	ÇAKIL %	ÇAKIL %	KUM %	SİLT %	KİL %	D ₅₀	D ₆₀	D ₃₀	C _u	C _c

Şekil 5.3 Kayısı çekirdeği kumu için elek analizi sonuçları ve granülometri eğrisi

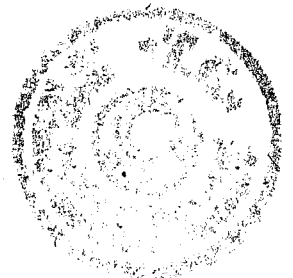
Tablo 5.4 Kaba kayısı çekirdeği kabuğu için elek analizi değerleri

Proje: İş No:
 Proje Yeri: Sondaj No: Numune No: 4
 Zemin Tanımlaması: **Kaba Kayısı Çekirdeği** Numune Derinliği:
 Deneyi Yapan : Deney Tarihi:

Kuru Numune + Kap Ağırlığı	
Kap Ağırlığı	
Kuru Numune Ağırlığı, W_s	500 gr
Numunenin Yıkamadan Sonraki Ağırlığı	
Yıkama Esnasındaki Kayıp	

Elek Analizi

Elek No	Çap mm	Elek Üstünde Kalan gr	Kalan %	Elekten Geçen gr	Elekten geçen %
10	4.00	0.00			100.0
18	2.85	62.8			87.4
20	2.38	266.5			46.7
30	2.00	430.5			13.9
40	1.00	494.9			1.0
60	0.59	497.0			0.6
70	0.25	497.4			0.5
	ALT KAP				
	TOPLAM	500			



İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
GEOTEKNİK ANABİLİM DALI

ZEMİN MEKANİĞİ LABORATUARI

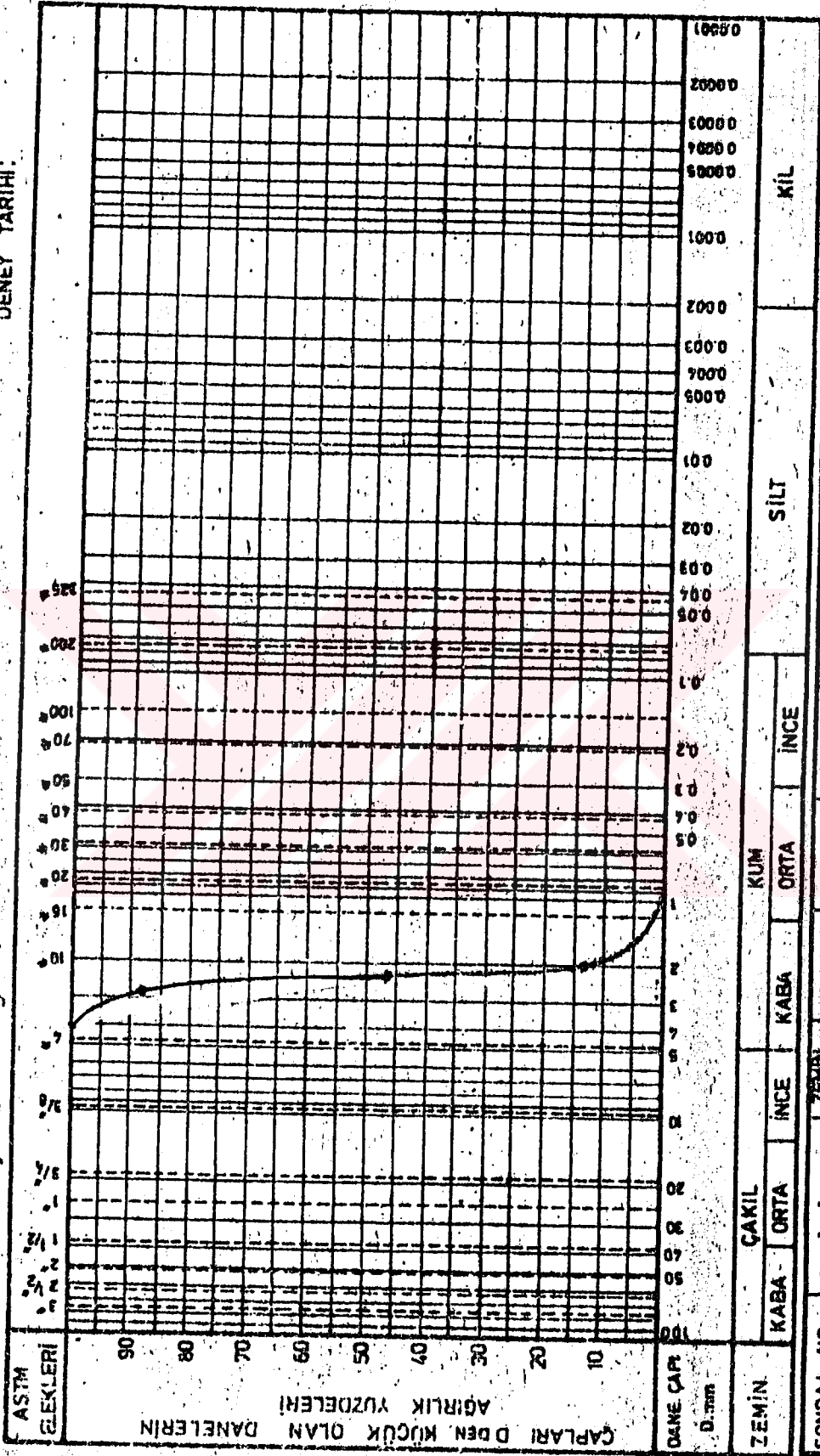
NUMUNENİN GELDİĞİ YER:

PROJENİN İSMİ: *Kaba Kayısı Çekirdeği*

GRANÜLOMETRİ EĞRİSİ

$d_{10} = 1,90 \text{ mm}$
 $d_{60} = 2,40 \text{ mm}$

DENEY TARİHİ:



Şekil 5.4. Kaba Kayısı Çekirdeği Kumu İçin Elek Analizi Sonuçları ve Granülometri Eğrisi

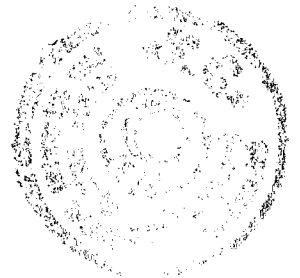
Tablo 5.5 Antrasit kömürü için elek analizi değerleri

Proje: İş No:
 Proje Yeri: Sondaj No: Numune No: 5
 Zemin Tanımlaması: **Antrasit Kömürü** Derinliği:
 Deneyi Yapan : Deney Tarihi:

Kuru Numune + Kap Ağırlığı	
Kap Ağırlığı	
Kuru Numune Ağırlığı, W_s	250 gr
Numunenin Yıkamadan Sonraki Ağırlığı	
Yıkama Esnasındaki Kayıp	

Elek Analizi

Elek No	Çap mm	Elek Üstünde Kalan gr	Kalan %	Elekten Geçen gr	Elekten geçen %
10	2.0	98		152	61.0
18	1.0	81		70	28.0
20	0.84	40		31	12.0
30	0.59	25		6	2.0
40	0.42	3		3	1.0
60	0.25	2		1	1.0
70	0.21	-		-	-
	ALT KAP				
	TOPLAM	249			



İNŞAAT FAKÜLTESİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
GEOTEKNİK ANABİLİM DALI

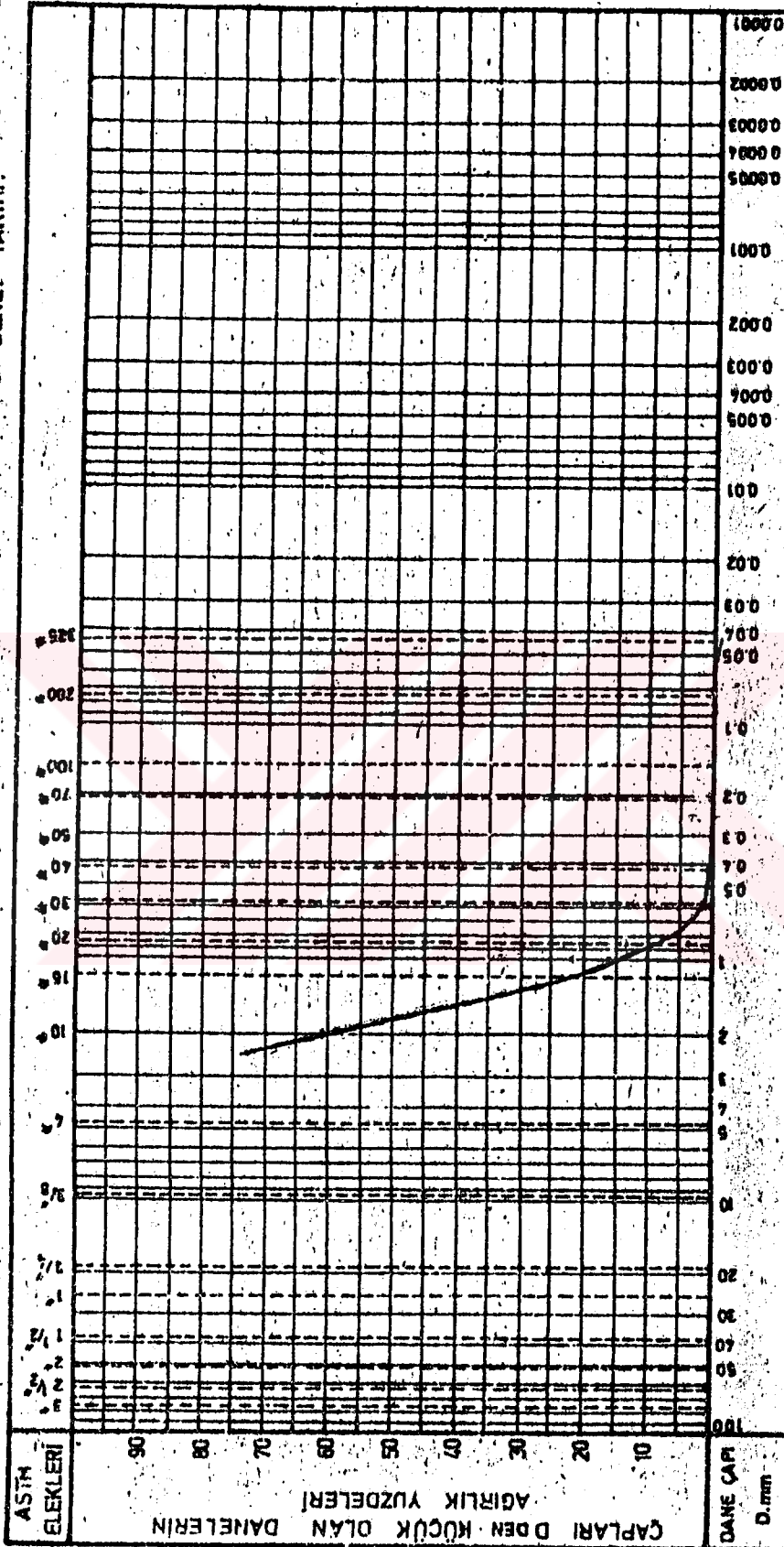
ZEMİN MEKANİKİ LABORATUARI

NUMUNENİN GELDİĞİ YER: *Antrasit kömürü*
PROJENİN İSMİ: *Antrasit kömürü*

$$d_{10} = 0,85 \text{ mm}$$

$$d_{60} = 2,00 \text{ mm}$$

DENEY TARİHİ:



ZEMİN	ÇAKIL			KUM			SILT				KİL		
	KABA	ORTA	İNCE	KABA	ORTA	İNCE	D ₆₀	D ₃₀	D ₁₀	KİL %	C _u	C _c	
SONDAJ NO:	DERİNLİK - m			ZEMİN CİNSİ			ÇAKIL %	KUM %	SILT %	KİL %			

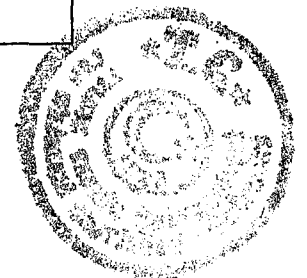
Şekil 5.5. Antrasit Kömürü İçin Elek Analizi Sonuçları ve Granülometri Eğrisi

Tablo 5.6. İnce Kum Özgöl Ağırlığı Tayini

Numune No : 1	İnce Kum	
Pikometre No	143	
Kuru Zemin Ağırlığı (W_1)	20	
Su+Pikometre Ağırlığı (W_2)	146	
$W_1 + W_2$	166	
Su + Pikometre + Zemin Ağırlığı (W_3)	158.1	
$W_1 + W_2 + W_3$	7.9	
$\gamma_s = \frac{W_1}{W_1 + W_2 + W_3}$		
Ortalama γ_s	2.53	

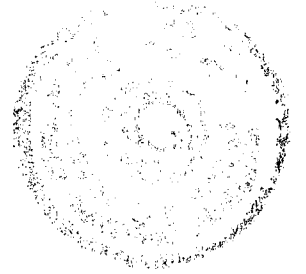
Tablo 5.7. Kaba Kum Özgöl Ağırlığı Tayini

Numune No : 2	Kaba Kum	
Pikometre No	143	
Kuru Zemin Ağırlığı (W_1)	20	
Su+Pikometre Ağırlığı (W_2)	146	
$W_1 + W_2$	166	
Su + Pikometre + Zemin Ağırlığı (W_3)	158	
$W_1 + W_2 + W_3$	8	
$\gamma_s = \frac{W_1}{W_1 + W_2 + W_3}$		
Ortalama γ_s	2.50	



Tablo 5.8. İnce Kayısı Çekirdeği Kumunun Özgöl Ağırlığı Tayini

Numune No : 3	Çekirdek	
Pikometre No	143	
Kuru Zemin Ağırlığı (W_1)	20	
Su+Pikometre Ağırlığı (W_2)	146	
$W_1 + W_2$	166	
Su + Pikometre + Zemin Ağırlığı (W_3)	151.9	
$W_1 + W_2 + W_3$	14.1	
$\gamma_s = \frac{W_1}{W_1 + W_2 + W_3}$		
Ortalama γ_s	1.42	



5.3. KAYISI ÇEKİRDEĞİ KABUĞUNA SUYUN ETKİSİ

Kaysı Çekirdeği Kabuğu (KÇK) Malatya'da ezelden beri yakıt olarak kullanılmaktadır.

Çekirdeğin içi (bademi) iki türdür,

acı tür,

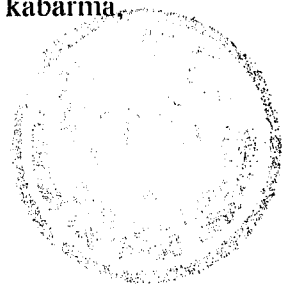
tatlı tür.

Tatlı türü, hem kuruyemiş olarak hem de kek, v.s. yiyecek endüstrisinde kullanılmaktadır. Acı türü ise yağ ve kozmetik endüstrisinde tüketilmektedir.

Çekirdeğin içini kabuğundan ayırmak için onu kırmak gerekir. Bu iş sosyal durumu gerektiren evlerde kadınlar ve çocuklar tarafından yapılır. Kırma ve ayıklama hizmetinin karşılığı olarak çekirdeğin kabuğu kıran aileye kalır, içi ise çekirdeği temin eden tüccara iade edilir.

Çekirdek eve geldiği zaman çok kurudur. O durumda kırılırsa aniden ufalanır ve iç kısmı da zarar görür (ezilir). Buna meydan vermemek için kırılmadan önce çekirdekler bir gece suda tutulur. Doku içine alabileceği kadar suyu alır ve dolayısıyla biraz gevrekleşir. Bu durumda üzerine el-taşı ile vuruldukta cam gibi parçalanmaz, elastikiyet kazandığı için esner ve dolayısıyla sadece iki veya üç parçaya bölünür, iç kısmı da zarar görmez.

KÇK nin daha fazla suda kalması onun, sertlik ve kırılabilirliğinde daha fazla etki yapmaz. Yani emebildiği kadar suyu emdikten sonra sertliğinde ve kırılabilirliğinde suyun etkisi durur. Bu husus yaşanarak bilinmesine rağmen bu çalışma nedeni ile çekirdek 4 ay gibi bir süre suda tutulmuş ve herhangi bir yumuşama, yüzeyde kabarma,



tahallül v.s. görülmemiş, bir gece süda kalma sonucu cırtığı sertliğini aynen korumuştur.

5.4. ÇEKİRDEĞE HAVANIN ETKİSİ

KÇK açık havada kaldığında herhangi bir bozulmaya uğramamaktadır. Stokta tutulma süresi pratik ölçülerde çok uzundur.

KÇK'nın havaya bu denli dirençli olmasına karşın antrasit kömürü, diğer taş kömürleri gibi, havaya karşı dayanıklı değildir; yığında 6 ay gibi bir süre kaldığında, içindeki suyun buhar halinde çıkışı sırasında, patlayıp ufalanarak toz haline gelmektedir.



BÖLÜM 6



BÖLÜM VI

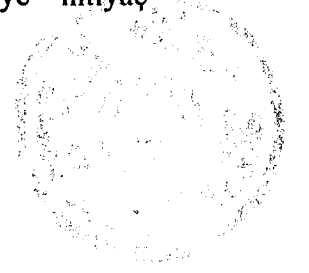
DENEYLER

6.1. BULANIKLIK GİDERME ve YATAK KABARMASI

Kil ilavesi ile musluk suyundan yapılan deney suyu, değişik süzme hızları ile değişik yatak kombinasyonlarından geçirilmiş, bulanıklık giderme verimleri hesaplanmış ve sonuçlar tablolar halinde verilmiştir. Geçen debi hacmi belli bir kabın dolma süresinin tesbiti ile bulunmuştur. Süzmede yük kaybı tesbit edilmemiş geri yıkama sırasındaki yük kayıpları tesbit edilmiştir. Çift yataktaki tabakalaşma ve arakesit girişimleri de incelenmiştir. Geri yıkama hızına bağlı olarak kabarma yüzdeleri tesbit edilmiş, sonuçlar tablolar halinde verilmiştir.

İçme ve kullanılmış su tasfiyesinde bir basamak olan kum filtresi, uzun yıllardan beri arıtma teknolojisinde kullanılmaktadır. Teknolojinin ilerlemesi ile kum filtreleri de esasta aynı kalmakla birlikte, bazı değişikliklere uğramıştır. Filtre tesislerinden, daha iyi kalitede ve daha ekonomik arıtılmış su elde edebilmek için sürekli çalışmalar yapılmaktadır. Kum filtrelerinin inşaat masraflarının düşük, işletmesinin de kolay olması istenmektedir. Bunların yanısıra süzdüğü debinin miktarının fazla ve kalitesinin iyi olması, ayrıca geri yıkama işleminin kısa sürede ve az miktarda su ile yapılması tercih edilmektedir.

Aşağı akışlı kum filtrelerinde geri yıkama sonrasında ince kumların üst kısımlarda birikmesi dolayısıyla filtrenin üst tabakalarının çabuk kirlenmesi ve bu kısımda yük kaybının fazla olması verimi düşürmektedir. Verimi arttırmak ve askı maddelerini kum yatağının derinliği boyunca her tarafına eşit olarak dağıtmak için çift tabakalı filtreler kullanılmaya ve kumun haricinde daha hafif ikinci bir malzemeye ihtiyaç



duyulmaktadır. Bu malzemelerin hem filtreleme özelliğini bozmaması, hem de ekonomik bir şekilde temin edilmesi tercih edilmektedir.

Çift tabakalı filtrelerde, alternatif olarak yöresel malzemeler daha çok kullanılmaktadır. Bu noktadan hareketle memleketimizde kaynakları bol, temini ekonomik olan kayısı çekirdeği kabuğunun kum filtrelerinde üst tabaka malzemesi olarak kullanılması üzerinde araştırmaya başlanmıştır.

6.2. MATERYAL ve METOD

Söz konusu araştırma için laboratuvarında açık hızlı kum filtresi pilot tesisi kurulmuş ve bu pilot tesis iki tabakalı kum filtresi olarak düzenlenmek suretiyle değişik malzeme kompozisyonlarında deneyler yapılmıştır. Şekil 4.1.'de adı geçen tesise ait şema görülmektedir. Resim 6.1 ve Resim 6.2'de ise tesisin genel görünüşü verilmiştir. Bu tesisin sadece sağdaki tüpü kullanılmıştır. Bu tüp PE den olup, cam gibi saydamdır ve içindeki malzeme içindeki malzeme dışarıdan rahatça görülmektedir.

Birinci deney düzeneğinde birinci kolonu (alt tabaka olarak) ince kum, ikinci kolonu (üst tabaka olarak) ince kayısı çekirdeği kabuğu; ikinci deney düzeneğinde birinci kolon kabaca kum, ikinci kolon ince kayısı çekirdeği kabuğu; üçüncü deney düzeneğinde birinci kolon kabaca kum, ikinci kolon iri kayısı çekirdeği kabuğu; dördüncü deney düzeneğinde birinci kolon iri kum, ikinci kolon olarak antrasit kömürü kullanılarak, kayısı çekirdeği kabuğu ve antrasit kömürü deney neticelerine göre mukayese edilmiştir. Filtre malzemelerinin granülometrilere ve özgül ağırlıkları **Tablo 6.1**'de verilmiştir.



Tablo 6.1. Filtre Malzemelerinin Özellikleri

Malzeme	Özgöl Ağırlık (g/ cm ³)	Granülometri Değeri (mm)
Kalın Kum	2.50	$d_{10} = 0.90, d_{60} = 1.80, u = 2.00$
İnce Kum	2.53	$d_{10} = 0.54, d_{60} = 0.85, u = 1.57$
Kaba Kayısı Çekirdeği Kabuğu	1.42	$d_{10} = 1.80, d_{60} = 2.45, u = 1.36$
İnce Kayısı Çekirdeği Kabuğu	1.42	$d_{10} = 0.70, d_{60} = 2.00, u = 2.86$
Antrasit Kömürü	1.45	$d_{10} = 0.85, d_{60} = 2.00, u = 2.35$

Deneylerin yapılması esnasında ortalama filtrasyon hızları, bulanıklık giderme verimleri tabloların sonunda verilmiştir. Filtrasyona giriş ve çıkış suyu bulanıklık değerleri 965 Digital Direkt Reading Turbidimeter ($0.01 \pm NTU$) ile okunmuştur. Bulanıklık ölçümleri 10'ar dakika ara ile yapılmıştır. Çıkış suyu debisi hacim ve zaman okuması ile tayin edilmiştir.

6.3. VERİMİN FİLTRE MALZEMESİNE BAĞLI OLARAK DEĞİŞİMİ

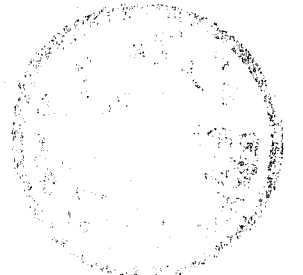
*Verim: Filtrasyonda giderilen bulanıklığın giriş suyu bulanıklığına oranı olarak alınmıştır.

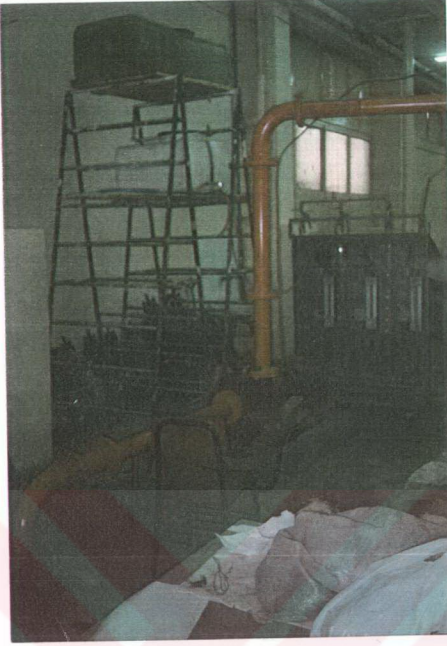
$$\text{Verim} = (C_0 - C) / (C_0)$$

Çeşitli süzme hızları için giderme verimi her filtre kolonunun giriş ve çıkışından alınan numunelerde bulanıklık ölçümü yapılarak tesbit edilmiştir. Bulanıklık deneyi neticelerinden elde edilen % verim - zaman ilişkisi sırasıyla:

1. Deney Düzenegi (İnce Kum-İnce Kayısı Çekirdeği Kabuğu)

1. Gün yapılan bulanıklık deneyleri için **Tablo 6.2.**'de
2. Gün yapılan bulanıklık deneyleri için **Tablo 6.3.**'de
3. Gün yapılan bulanıklık deneyleri için **Tablo 6.4.**'de
4. Gün yapılan bulanıklık deneyleri için **Tablo 6.5.**'de





Resim 6.1. Deney Düzenekinin
Genel Görünüşü



Resim 6.2. Hamsu Hazırlama ve
Geri Yıkama Tankları



2. Deney Düzenegi (İri Kum-İnce Kayısı Çekirdegi Kabuğu)

1. Gün yapılan bulanıklık deneyleri için **Tablo 6.6.**'da
2. Gün yapılan bulanıklık deneyleri için **Tablo 6.7.**'de
3. Gün yapılan bulanıklık deneyleri için **Tablo 6.8.**'de
4. Gün yapılan bulanıklık deneyleri için **Tablo 6.9.**'da
5. Gün yapılan bulanıklık deneyleri için **Tablo 6.10.**'da

3. Deney Düzenegi (İri Kum-İri Kayısı Çekirdegi Kabuğu)

Bulanıklık deney neticesi **Tablo 6.11.**'de

4. Deney Düzenegi (İri Kum-Antrasit)

Bulanıklık deney neticesi **Tablo 6.12.**'de gösterilmiştir.

Çeşitli Süzme Hızlarındaki Bulanıklık Giderme Verimleri

$C_0=40$ NTU

Tablo 6.2. 1. Tertip (1. Dency Düzenği; İnce kum, ince kayısı çekirdeği kabuğu)

	Süzme * Zamanı (sn) $t_s - t_i = \Delta t$	%verim $((C_0 - C)/C_0) \times 100$		Süzme Zamanı (sn) $t_s - t_i = \Delta t$	%verim $((C_0 - C)/C_0) \times 100$
1	10	32.5	22	20	75.5
2	14	57.5	23	23	75.0
3	19	70.0	24	20	75.5
4	19	72.5	25	22	76.0
5	24	75.0	26	22	76.8
6	17	72.5	27	19	76.8
7	18	70.0	28	25	78.3
8	25	72.5	29	25	79.5
9	20	73.3	30	22	79.8
10	17	74.3	31	28	79.3
11	23	75.0	32	24	79.5
12	19	75.3	33	24	79.8
13	20	75.5	34	22	79.0
14	20	75.8	35	25	79.5
15	19	75.3	36	23	79.5
16	24	77.0	37	23	79.8
17	20	77.3	38	25	80.3
18	20	77.5	39	27	80.5
19	23	76.0	40	26	80.8
20	23	76.8	41	23	80.5
21	21	76.5	42	22	80.8

İki dency arası 10 dakika süre geçtiği kabul edildi.

t_s = Dency sonu, t_i = Dency başlangıcı (İlk)

$T_{ort} = 905 / 42 = 21.55$ sn $V = \text{Çıkış Suyu Hacmi} = 500 \text{ ml} = 0.0005 \text{ m}^3$

Dency Tüpünün Çapı = 10 cm $A = \text{Filtre Yüzey Alanı} = \pi D^2 / 4 = 0.00785 \text{ m}^2$

Ort. Süzme Hızı = $Q / A = 0.0005 / 0.00785 / 21.55 = 0.00296 \text{ m}^3 / \text{m}^2 / \text{sn}$
 $= 10.64 \text{ m}^3 / \text{m}^2 / \text{saat}$ (Sabit Kabul Ediliyor).

* 500 ml'lik kabı doldurma süresi (sn)

$$C_0 = 80 \text{ NTU}$$

Tablo 6.3. 2. Tertip (1. Deney Düzenegi; İnce kum, ince kayısı çekirdeği kabuğu)

	Süzme Zamanı (sn) $t_s - t_i = \Delta t$	%verim $((C_0 - C)/C_0) \times 100$		Süzme Zamanı (sn) $t_s - t_i = \Delta t$	%verim $((C_0 - C)/C_0) \times 100$
1	21	56.3	16	27	85.5
2	29	81.3	17	29	85.6
3	25	82.5	18	27	85.9
4	28	82.6	19	35	86.1
5	29	83.8	20	24	85.9
6	21	84.3	21	30	85.6
7	27	86.4	22	25	85.9
8	21	86.8	23	51	86.3
9	28	84.1	24	21	83.8
10	29	85.9	25	26	83.1
11	27	86.4	26	28	83.5
12	25	84.3	27	25	83.6
13	22	84.4	28	29	84.1
14	28	84.5	29	23	84.0
15	34	84.6	30	28	84.5

İki deney arası 10 dakika süre geçtiği kabul edildi.

$$T_{ort} = 822 / 30 = 27.40 \text{ sn}$$

$$V = \text{Çıkış Suyu Hacmi} = 500 \text{ ml} = 0.0005 \text{ m}^3$$

$$\text{Deney Tüpünün Çapı} = 10 \text{ cm}$$

$$A = \text{Filtre Yüzey Alanı} = \pi D^2 / 4 = 0.00785 \text{ m}^2$$

$$\text{Ort. Süzme Hızı} = Q / A = 0.0005 / 0.00785 / 27.40 = 0.00232 \text{ m}^3 / \text{m}^2 / \text{sn}$$

$$= 8.37 \text{ m}^3 / \text{m}^2 / \text{saat (Sabit Kabul Ediliyor).}$$



$$C_0 = 63 \text{ NTU}$$

Tablo 6.4. 3. Tertip (1. Deney Düzenegi; İnce kum, ince kayısı çekirdeği kabuğu)

	Süzme Zamanı (sn) $t_s - t_i = \Delta t$	%verim $((C_0 - C)/C_0) \times 100$		Süzme Zamanı (sn) $t_s - t_i = \Delta t$	%verim $((C_0 - C)/C_0) \times 100$
1	27	60.3	16	24	85.4
2	24	63.5	17	22	83.8
3	39	71.4	18	37	83.8
4	20	75.1	19	42	82.7
5	21	75.9	20	36	82.5
6	32	76.2	21	48	82.1
7	37	76.3	22	44	81.6
8	50	80.2	23	51	84.1
9	30	81.0	24	36	83.3
10	37	82.9	25	36	82.9
11	25	85.7	26	30	82.5
12	32	85.9	27	37	80.0
13	34	84.9	28	41	76.0
14	34	85.6	29	25	71.4
15	37	85.7	30		

İki deney arası 10 dakika süre geçtiği kabul edildi.

$$T_{\text{ort}} = 990 / 29 = 34.10 \text{ sn}$$

$$V = \text{Çıkış Suyu Hacmi} = 500 \text{ ml} = 0.0005 \text{ m}^3$$

$$\text{Deney Tüpünün Çapı} = 10 \text{ cm}$$

$$A = \text{Filtre Yüzey Alanı} = \pi D^2 / 4 = 0.00785 \text{ m}^2$$

$$\text{Ort. Süzme Hızı} = Q / A = 0.0005 / 0.00785 / 34.10 = 0.00187 \text{ m}^3 / \text{m}^2 / \text{sn}$$

$$= 6.72 \text{ m}^3 / \text{m}^2 / \text{saat (Sabit Kabul Ediliyor).}$$



Tablo 6.5. 4.Tertip (1. Deney Düzençği:İnce kum ve ince kayısı çekirdeği kabuğu)

	Süzme Zamanı (sn) $t_s - t_i = \Delta t$	%verim $((C_0 - C)/C_0) \times 100$		Süzme Zamanı (sn) $t_s - t_i = \Delta t$	%verim $((C_0 - C)/C_0) \times 100$
1	29	36.0	30	21	74.2
2	31	65.8	31**	21	73.7
3	55	66.7	32	44	77.3
4	32	78.3	33	28	81.7
5	25	81.5	34	52	82.3
6	31	78.5	35	33	82.8
7	22	75.8	36	33	82.0
8	37	77.5	37	27	82.0
9	36	80.2	38	20	83.5
10	50	78.7	39	25	83.0
11	25	79.7	40	22	77.7
12	28	76.3	41	80	79.2
13**	54	72.0	42	50	80.5
14	31	80.0	43	22	81.5
15	26	80.8	44	20	78.8
16	28	81.0	45	19	79.2
17	28	83.3	46	38	79.8
18	26	78.7	47	41	81.0
19	31	80.8	48	29	82.0
20	98	82.8	49	30	81.7
21	26	83.7	50	38	82.0
22	24	82.3	51	46	82.2
23	37	82.8	52	26	81.5
24	32	83.3	53	34	80.3
25	42	84.2	54	28	81.0
26	20	85.2	55	21	80.5
27	23	74.2	56	18	79.3
28	64	77.2	57	29	79.8
29	20	80.7	58	25	80.5

** İşaretili olan yerlerden sonra geri yıkama yapıldı ve filtre yatağı temizlendi.

İki deney arası 10 dakika süre geçtiği kabul edildi.

$$T_{ort} = 1931 / 58 = 33.29 \text{ sn}$$

$$V = \text{Çıkış Suyu Hacmi} = 500 \text{ ml} = 0.0005 \text{ m}^3$$

$$\text{Deney Tüpünün Çapı} = 10 \text{ cm}$$

$$A = \text{Filtre Yüzey Alanı} = \pi D^2 / 4 = 0.00785 \text{ m}^2$$

$$\text{Ort. Süzme Hızı} = Q / A = 0.0005 / 0.00785 / 33.29 = 0.00191 \text{ m}^3 / \text{m}^2 / \text{sn}$$

$$= 6.89 \text{ m}^3 / \text{m}^2 / \text{saat (Sabit Kabul Ediliyor).}$$



$$C_0=65 \text{ NTU}$$

Tablo 6.6. 1. Tertip (2. Dency Düzeneği: İri kum, ince kayısı çekirdeği kabuğu)

	Süzme Zamanı (sn) $t_s - t_i = \Delta t$	%verim $((C_0 - C)/C_0) \times 100$		Süzme Zamanı (sn) $t_s - t_i = \Delta t$	%verim $((C_0 - C)/C_0) \times 100$
1	26	82.3	19	35	87.5
2	28	83.7	20	39	88.0
3	24	84.6	21	41	88.8
4	34	85.1	22	46	89.1
5	32	86.3	23	55	89.2
6	40	87.2	24	61	90.2
7	22	88.0	25	72	90.6
8	32	86.5	26	49	86.9
9	26	83.2	27	47	86.6
10	27	84.2	28	40	86.2
11	41	85.5	29	37	85.4
12	40	88.0	30	39	84.8
13	34	88.5	31	38	84.6
14	45	88.5	32	40	83.5
15	40	88.8	33	50	81.9
16	36	88.5	34	48	73.9
17	30	88.3	35	37	63.7
18	37	86.9	36	1368	

İki dency arası 10 dakika süre geçtiği kabul edildi.

$$T_{ort} = 1368 / 35 = 39.10 \text{ sn}$$

$$V = \text{Çıkış Suyu Hacmi} = 500 \text{ ml} = 0.0005 \text{ m}^3$$

$$\text{Dency Tüpünün Çapı} = 10 \text{ cm}$$

$$A = \text{Filtre Yüzey Alanı} = \pi D^2 / 4 = 0.00785 \text{ m}^2$$

$$\text{Ort. Süzme Hızı} = Q / A = 0.0005 / 0.00785 / 39.10 = 0.00162 \text{ m}^3 / \text{m}^2 / \text{sn}$$

$$= 5.86 \text{ m}^3 / \text{m}^2 / \text{saat (Sabit Kabul Ediliyor).}$$

Tablo 6.7. 2. Tertip (2. Deney Düzenegi: İri kum, ince kayısı çekirdegi kabuğu)

	Süzme Zamanı (sn) $t_s - t_i = \Delta t$	%verim $((C_0 - C)/C_0) \times 100$		Süzme Zamanı (sn) $t_s - t_i = \Delta t$	%verim $((C_0 - C)/C_0) \times 100$
1	28	36.0	9	38	81.8
2	32	56.0	10	30	82.2
3	27	76.0	11	60	82.8
4	24	74.0	12	36	82.6
5	27	73.0	13	20	81.4
6	37	76.4	14	33	80.4
7	28	78.0	15	26	81.4
8	28	81.4	16		

İki deney arası 10 dakika süre geçtiği kabul edildi.

$$T_{\text{ort}} = 474 / 15 = 31.60 \text{ sn}$$

$$\text{Deney Tüpünün Çapı} = 10 \text{ cm}$$

$$\text{Ort. Süzme Hızı} = Q / A = 0.0005 / 0.00785 / 31.60 = 0.00201 \text{ m}^3 / \text{m}^2 / \text{sn}$$

$$= 7.26 \text{ m}^3 / \text{m}^2 / \text{saat (Sabit Kabul Ediliyor).}$$

$$V = \text{Çıkış Suyu Hacmi} = 500 \text{ ml} = 0.0005 \text{ m}^3$$

$$A = \text{Filtre Yüzey Alanı} = \pi D^2 / 4 = 0.00785 \text{ m}^2$$

$$C_0=40 \text{ NTU}$$

Tablo 6.8. 3. Tertip (2. Deney Düzenegi: İri kum, ince kayısı çekirdegi kabuğu)

	Süzme Zamanı(sn) $t_s - t_i = \Delta t$	%verim $((C_0 - C)/C_0) \times 100$		Süzme Zamanı(sn) $t_s - t_i = \Delta t$	%verim $((C_0 - C)/C_0) \times 100$
1	40	60.3	16	29	73.5
2	25	64.5	17	24	78.5
3	27	65.8	18	33	78.8
4	37	74.5	19	32	79.5
5	32	76.8	20	23	76.0
6	32	77.8	21	30	75.0
7	38	78.3	22	30	78.3
8	46	80.8	23	26	80.3
9	35	81.3	24	31	81.0
10	40	77.3	25	29	80.5
11	25	78.0	26	29	78.8
12	33	66.8	27	31	78.3
13	36	60.0	28	30	68.5
14	32	64.0	29	33	58.0
15	28	72.5	30	43	52.5

İki deney arası 10 dakika süre geçtiği kabul edildi.

$$T_{\text{ort}} = 959 / 30 = 31.97 \text{ sn}$$

$$V = \text{Çıkış Suyu Hacmi} = 500 \text{ ml} = 0.0005 \text{ m}^3$$

$$\text{Deney Tüpünün Çapı} = 10 \text{ cm}$$

$$A = \text{Filtre Yüzey Alanı} = \pi D^2 / 4 = 0.00785 \text{ m}^2$$

$$\text{Ort. Süzme Hızı} = Q / A = 0.0005 / 0.00785 / 31.97 = 0.00199 \text{ m}^3 / \text{m}^2 / \text{sn}$$

$$= 7.17 \text{ m}^3 / \text{m}^2 / \text{saat (Sabit Kabul Ediliyor).}$$

$$C_0 = 55 \text{ NTU}$$

Tablo 6.9. 4. Tertip (2. Deney Düzenliği: İri kum, ince kayısı çekirdeği kabuğu)

	Süzme Zamanı(sn) $t_s - t_i = \Delta t$	%verim $((C_0 - C)/C_0) \times 100$		Süzme Zamanı(sn) $t_s - t_i = \Delta t$	%verim $((C_0 - C)/C_0) \times 100$
1	48	72.7	21	27	82.0
2	25	75.5	22	23	76.7
3	28	76.9	23	25	75.8
4	22	82.5	24	23	78.7
5	25	83.6	25	25	84.7
6	20	82.4	26	30	83.8
7	59	81.8	27	70	85.5
8	20	82.2	28	34	85.1
9	43	83.6	29	28	86.7
10	38	84.2	30	24	84.9
11	25	84.9	31	30	85.5
12	19	83.1	32	27	86.9
13	59	82.7	33	24	85.6
14	28	82.4	34	20	84.4
15	27	83.8	35	33	83.6
16	46	84.9	36	20	82.7
17	24	82.4	37	18	80.9
18	33	81.2	38	22	79.1
19	31	83.1	39	21	77.8
20	38	82.6	40		

İki deney arası 10 dakika süre geçtiği kabul edildi.

$$T_{\text{ort}} = 1182 / 39 = 30.31 \text{ sn}$$

$$V = \text{Çıkış Suyu Hacmi} = 500 \text{ ml} = 0.0005 \text{ m}^3$$

$$\text{Deney Tüpünün Çapı} = 10 \text{ cm}$$

$$A = \text{Filtre Yüzey Alanı} = \pi D^2 / 4 = 0.00785 \text{ m}^2$$

$$\text{Ort. Süzme Hızı} = Q / A = 0.0005 / 0.00785 / 30.31 = 0.00210 \text{ m}^3 / \text{m}^2 / \text{sn}$$

$$= 7.57 \text{ m}^3 / \text{m}^2 / \text{saat (Sabit Kabul Ediliyor).}$$



$$C_0 = 50 \text{ NTU}$$

Tablo 6.10. 5. Tertip (2. Deney Düzenegi: İri kum, ince kayısı çekirdeği kabuğu)

	Süzme Zamanı(sn) $t_s - t_i = \Delta t$	%verim $((C_0 - C)/C_0) \times 100$		Süzme Zamanı(sn) $t_s - t_i = \Delta t$	%verim $((C_0 - C)/C_0) \times 100$
1	24	68.4	12	25	81.6
2	23	72.4	13	44	82.0
3	27	77.4	14	28	82.2
4	22	81.0	15	25	81.6
5	27	81.6	16	24	82.0
6	22	81.0	17	20	81.0
7	25	82.6	18	30	80.0
8	18	82.0	19	29	81.4
9	35	80.8	20	15	78.0
10	23	81.2	21	32	79.0
11	20	81.4	22		

İki deney arası 10 dakika süre geçtiği kabul edildi.

$$T_{\text{ort}} = 538 / 21 = 25.62 \text{ sn}$$

$$V = \text{Çıkış Suyu Hacmi} = 500 \text{ ml} = 0.0005 \text{ m}^3$$

$$\text{Deney Tüpünün Çapı} = 10 \text{ cm}$$

$$A = \text{Filtre Yüzey Alanı} = \pi D^2 / 4 = 0.00785 \text{ m}^2$$

$$\text{Ort. Süzme Hızı} = Q / A = 0.0005 / 0.00785 / 25.62 = 0.00249 \text{ m}^3 / \text{m}^2 / \text{sn}$$

$$= 8.95 \text{ m}^3 / \text{m}^2 / \text{saat (Sabit Kabul Ediliyor).}$$

$C_0=55 \text{ NTU}$ **Tablo 6.11.** 3. Deney Düzenliği: İri kum, iri kayısı çekirdeği kabuğu

	Süzme Zamanı(sn) $t_s - t_i = \Delta t$	%verim $((C_0 - C)/C_0) \times 100$		Süzme Zamanı(sn) $t_s - t_i = \Delta t$	%verim $((C_0 - C)/C_0) \times 100$
1	50	59.1	23	31	77.5
2	42	73.6	24	53	76.9
3	37	78.0	25	43	68.7
4	29	78.9	26	56	76.9
5	37	79.5	27	54	79.6
6	47	75.1	28	43	77.5
7	34	79.6	29	31	79.5
8	32	80.9	30	40	80.0
9	45	79.1	31	29	78.2
10	27	75.1	32	23	78.4
11	43	77.6	33	30	77.6
12	44	78.4	34	27	78.4
13	50	79.1	35	22	77.6
14	33	81.3	36	31	77.8
15	30	81.8	37	38	80.0
16	23	81.1	38	33	80.2
17	28	80.0	39	47	80.7
18	27	78.4	40	45	81.3
19	24	77.6	41	40	81.6
20	21	76.4	42	51	82.2
21	26	77.3	43	46	81.3
22	25	76.4	44		

İki deney arası 10 dakika süre geçtiği kabul edildi.

$$T_{\text{ort}} = 1567 / 43 = 25.62 \text{ sn}$$

$$V = \text{Çıkış Suyu Hacmi} = 500 \text{ ml} = 0.0005 \text{ m}^3$$

$$\text{Deney Tüpünün Çapı} = 10 \text{ cm}$$

$$A = \text{Filtre Yüzey Alanı} = \pi D^2 / 4 = 0.00785 \text{ m}^2$$

$$\text{Ort. Süzme Hızı} = Q / A = 0.0005 / 0.00785 / 36.40 = 0.00175 \text{ m}^3 / \text{m}^2 / \text{sn}$$

$$= 6.30 \text{ m}^3 / \text{m}^2 / \text{saat (Sabit Kabul Ediliyor).}$$

$$C_0 = 57 \text{ NTU}$$

Tablo 6.12 4. Deney Düzenği: İri kum, Antrasit

	Zaman (sn)	%verim $((C_0 - C)/C_0) \times 100$		Zaman (sn)	%verim $((C_0 - C)/C_0) \times 100$
1	37	56.1	17	32	73.2
2	30	65.3	18	40	75.3
3	25	70.7	19	42	74.7
4	26	71.6	20*	30	56.1
5	26	72.8	21	42	62.8
6	18	73.2	22	60	69.3
7	23	67.5	23	21	59.1
8	13	67.0	24	21	57.9
9	16	62.3	25	35	64.6
10*	34	68.8	26	26	70.0
11	27	66.3	27	24	71.9
12	29	70.2	28	39	73.3
13	33	73.9	29	30	74.4
14	26	74.7	30	25	76.7
15	40	72.8	31	28	71.9
16	26	75.4	32	25	73.3

İki deney arası 10 dakika süre geçtiği kabul edildi.

$$T_{\text{ort}} = 1050 / 32 = 32.80 \text{ sn}$$

$$V = \text{Çıkış Suyu Hacmi} = 500 \text{ ml} = 0.0005 \text{ m}^3$$

$$\text{Deney Tüpünün Çapı} = 10 \text{ cm}$$

$$A = \text{Filtre Yüzey Alanı} = \pi D^2 / 4 = 0.00785 \text{ m}^2$$

$$\text{Ort. Süzme Hızı} = Q / A = 0.0005 / 0.00785 / 32.80 = 0.00194 \text{ m}^3 / \text{m}^2 / \text{sn}$$

$$= 6.99 \text{ m}^3 / \text{m}^2 / \text{saat (Sabit Kabul Ediliyor).}$$

6.4. TABAKALAŞMANIN FİLTRE MALZEMESİNE BAĞLI OLARAK DEĞİŞİMİ

Tabakalı filtrelerde geri yıkama sonucu, tabakalar arasında meydana gelebilecek bir karışma ile, granülometrinin bozulmasından dolayı istenmeyen bir durum oluşmaktadır. Çalışmada kullanılan kayısı çekirdeği kabuğu ve antrasit kömürünün özgül ağırlıkları, **Tablo 6.1.**'de verildiği gibi kumdan daha düşüktür.

Geri yıkamada kabarma yüzdeleri, geri yıkama hızı ve yük kaybı neticeleri, 4 çeşit malzeme için sırasıyla;

1. Malzeme için **Tablo 6.13'** de
2. Malzeme için **Tablo 6.14'** de
3. Malzeme için **Tablo 6.15'** de
4. Malzeme için **Tablo 6.16'** da gösterilmiştir.

Tablo 6.13 1.Tür Malzeme: İnce Kum, İnce Kayısı Çekirdeği kabarma yüzdeleri

Deney Numarası		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Kabarma	İnce Kum	9.1	0.0	4.5	59.1	45.5	45.5	59.1	40.9	45.0
Yüzdesi	İnce KÇK	90.9	9.1	9.1	90.9	100.0	118.2	118.2	109.1	136.0
Geri Yıkama Zamanı(sn)		33.0	92.0	76.0	30.0	19.0	18.0	15.0	14.0	13.0
Filtredeki Yük Kaybı(cm)										
Geri Yıkama Hızı($m^3/m^2/s$)		33.9	6.9	21.1	64.7	58.7	72.0	81.6	79.8	77.0

çekirdek yüksekliği =11cm
kum yüksekliği=22 cm

Tablo 6.14. 2. Deney Düzenegi: İri kum, ince kayısı çekirdeği kabuğu kabarna yüzdeleri

Deney Numarası		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Kabarna	İri Kum	5.2	15.2	6.5	6.1	13.0	2.2	0.0	7.4	3.5	11.7	8.7	6.5	5.2	10.0	14.3	4.3	14.8
	İnce KÇK	20.7	79.3	34.5	24.1	65.5	5.5	4.1	31.0	20.7	60.7	33.8	29.7	2.1	44.8	65.5	13.1	69.0
Geri Yıkama Zamanı (sn)		6.0	6.0	5.0	6.0	5.0	12.0	13.0	6.0	7.0	6.0	7.0	7.0	14.0	5.0	6.0	9.0	3.5
Filtredeki Yük Kaybı (cm)		31.5	64.0	37.0	30.5	52.0	11.0	16.5	35.5	28.5	46.0	37.0	38.0	10.0	46.0	55.5	20.0	59.0
Geri Yıkama Hızı ($m^3/m^2/saat$)		38.2	38.2	45.9	38.2	45.9	19.1	17.6	38.2	32.8	38.2	32.8	32.8	16.4	45.9	38.2	25.5	65.5

çekirdek yüksekliği=14.5 cm
kum yüksekliği=23 cm



kum yüksekliği =23 cm
çekirdek yüksekliği=15 cm

Tablo 6.15. 3. Deney Düzenegi: İri kum, iri kayısı çekirdeği kabuğu

Deney Numarası		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Kabarma Yüzdesi	İri Kum	17.4	10.9	10.0	19.6	16.7	26.1	19.1	18.3	8.7	26.1
	İnce KÇK	36.7	26.7	20.0	46.7	40.0	56.7	46.7	45.3	30.0	66.7
Geri Yıkama Zamanı (sn)		7.0	11.0	12.0	6.0	6.0	5.0	6.0	5.0	6.0	4.5
Filtredeki Yük Kaybı (cm)		48.5	17.0	16.5	51.0	50.0	68.0	52.5	53.0	41.0	73.0
Geri Yıkama Hızı ($m^3/m^2/saat$)		32.8	20.8	19.1	38.2	38.2	45.9	38.2	45.9	38.2	51.0

kum yüksekliği=23 cm
antrasit yüksekliği=16cm

Tablo 6.16. 4. Deney Düzenegi: İri kum, antrasit

Deney Numarası		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Kabarma Yüzdesi	İri Kum	0.0	6.1	1.0	8.7	13.0	2.0	7.0	1.3	6.5	8.7
	antrasit	9.4	53.1	1.3	59.4	78.1	28.1	56.3	9.4	53.1	60.6
Geri Yıkama Zamanı (sn)		19.0	6.0	96.0	6.0	5.0	10.0	5.0	18.0	6.0	4.5
Filtredeki Yük Kaybı (cm)		13.0	41.0	1.0	37.0	53.0	25.0	35.5	13.0	37.0	46.0
Geri Yıkama Hızı ($m^3/m^2/saat$)		12.1	38.2	2.4	38.2	45.9	22.9	45.9	12.7	38.2	51.0

Bu değerlerden en çok kabarmanın 1. Tür malzemede yani ince kum, ince kayısı çekirdeği kabuğu kullanılan filtrede meydana geldiği görülmüştür. Fazla kabarma etkisiyle geri yıkama esnasında hafif olan bu malzeme kaçabilmektedir. Bu olumsuz durum bazı tedbirler alınarak önlenebilir. Ayrıca kullanılan çift tabakalı filtrelerde geri yıkama esnasında tabakaların karışmadığı da gözlenmiştir.

Değişik malzeme kompozisyonlarında yapılan deney düzenekleri ve geri yıkama esnasında bu malzemelerin gösterdiği davranışların görüntüleri Ek de Resim 6.3,4,....., 17,18'de verilmiştir.



Bu deneyler neticesinde elde edilen %verim - zaman grafikleri ise sırasıyla;

1. Deney Düzenegi İçin Şekil 6.1'de

1. Deney Düzenegi İçin Şekil 6.2'de

1. Deney Düzenegi İçin Şekil 6.3'de

1. Deney Düzenegi İçin Şekil 6.4'de gösterilmiştir.



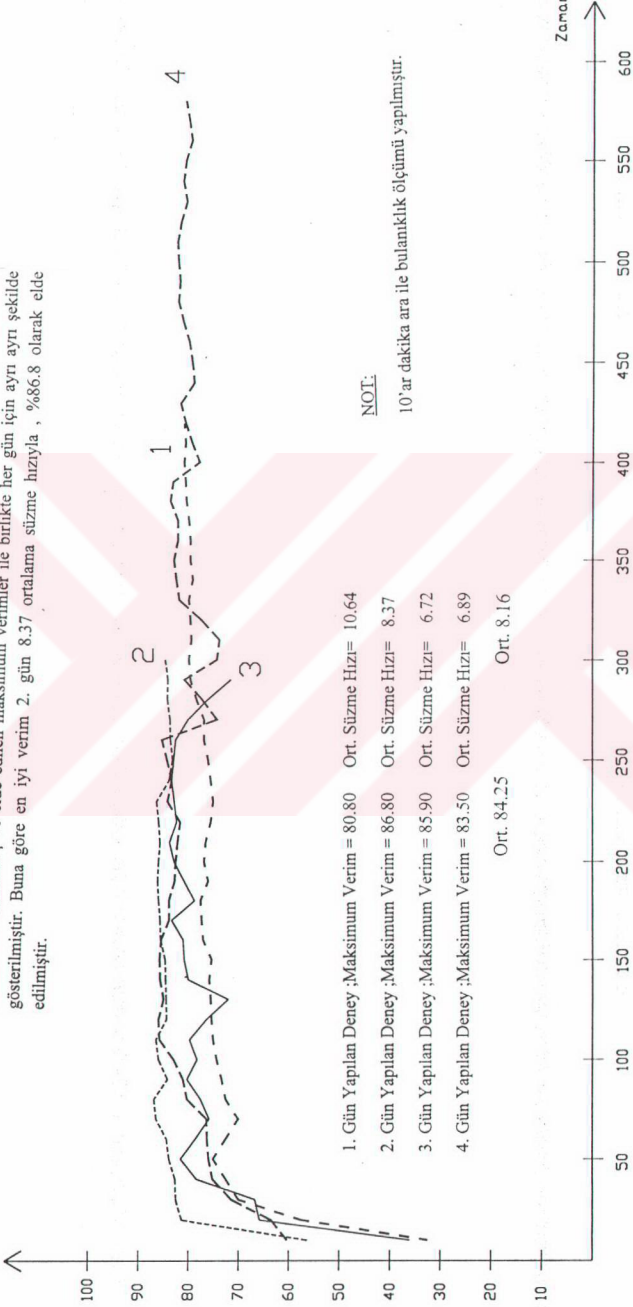
Şekil 6.1

1. Deney Düzenegi: İnce kum, ince kayısı çekirdeği kabuğu

Deneyle İlgili Açıklama:

Yukarıda da görüldüğü gibi 1.tür malzeme için yapılan deneyler 4 gün sürmüştür ve her gün yapılan deneyler için ayrı grafikler çizilmiştir. Deney yapılan günler için değişik bir ortalama süzme hızı kullanılmış ve elde edilen maksimum verimler ile birlikte her gün için ayrı ayrı şekilde gösterilmiştir. Buna göre en iyi verim 2. gün 8.37 ortalama süzme hızıyla, %86.8 olarak elde edilmiştir.

Verim(%)



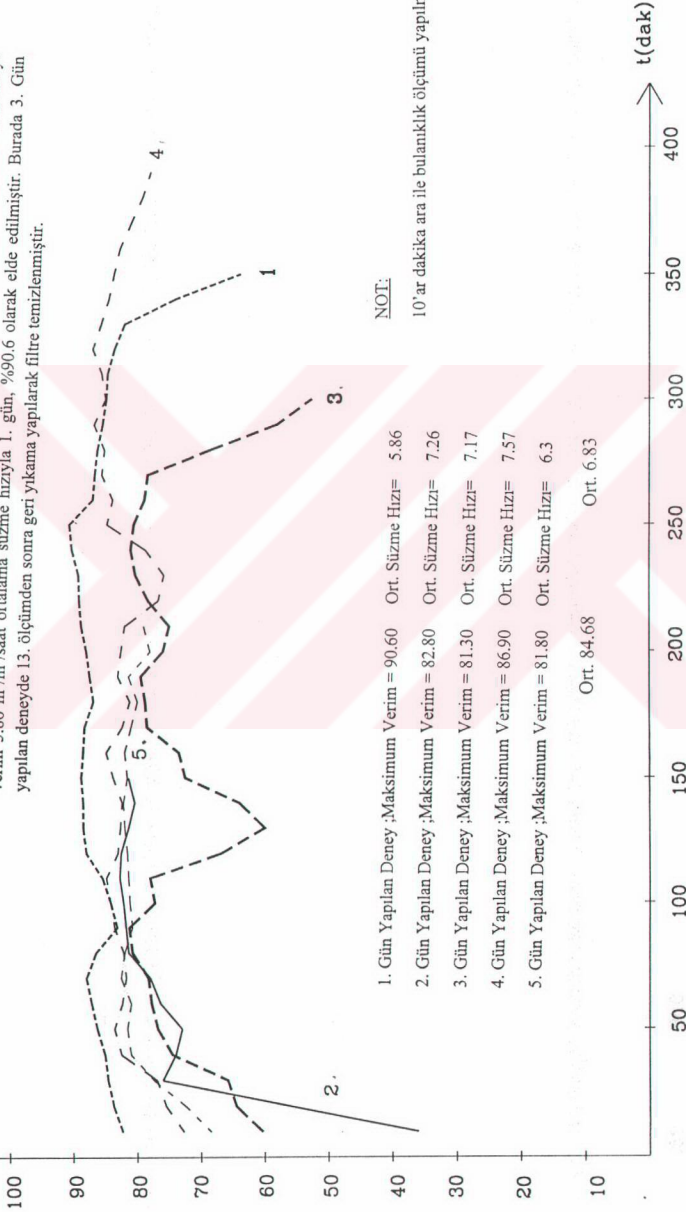
1. Gün Yapılan Deney ;Maksimum Verim = 80.80 Ort. Süzme Hızı= 10.64
2. Gün Yapılan Deney ;Maksimum Verim = 86.80 Ort. Süzme Hızı= 8.37
3. Gün Yapılan Deney ;Maksimum Verim = 85.90 Ort. Süzme Hızı= 6.72
4. Gün Yapılan Deney ;Maksimum Verim = 83.50 Ort. Süzme Hızı= 6.89
Ort. 84.25 Ort. 8.16

NOT:

10' ar dakika ara ile bulamlıklık ölçümü yapılmıştır.

Deneyle İlgili Açıklama:

görüldüğü gibi 2.tür malzeme için deneyler 5 gün sürmüş ve her gün için ayrı ayrı %verim-zaman grafiği çizilmiştir. Buna göre 2. tür malzeme için yapılan deneylerden elde edilen en iyi verim $5.86 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{saat}$ ortalama süzme hızıyla 1. gün, %90.6 olarak elde edilmiştir. Burada 3. Gün yapılan deneyde 13. ölçümden sonra geri yıkama yapılarak filtre temizlenmiştir.

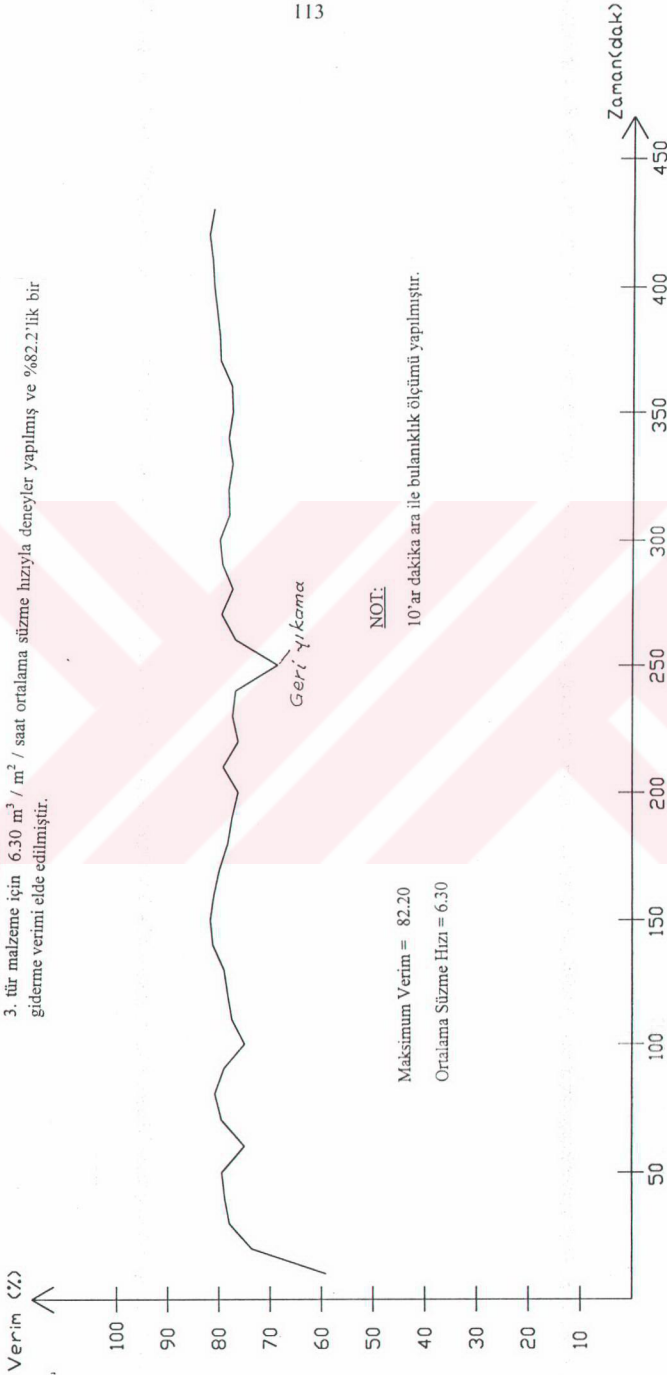


NOT:

10' ar dakika ara ile bulanıklık ölçümü yapılmıştır.

Şekil 6.3 / 3. Deney Düzenegi: İri kum, iri kayısı çekirdeği kabuğu
Deneyle İlgili Açıklama:

3. tür malzeme için $6.30 \text{ m}^3 / \text{m}^2$ / saat ortalama süzme hızıyla deneyler yapılmış ve %82.2'lik bir
giderme verimi elde edilmiştir.



Şekil 6.4

4. Deney Düzenegi: İri kum, Antrasit

Deneyle ilgili Açıklama:

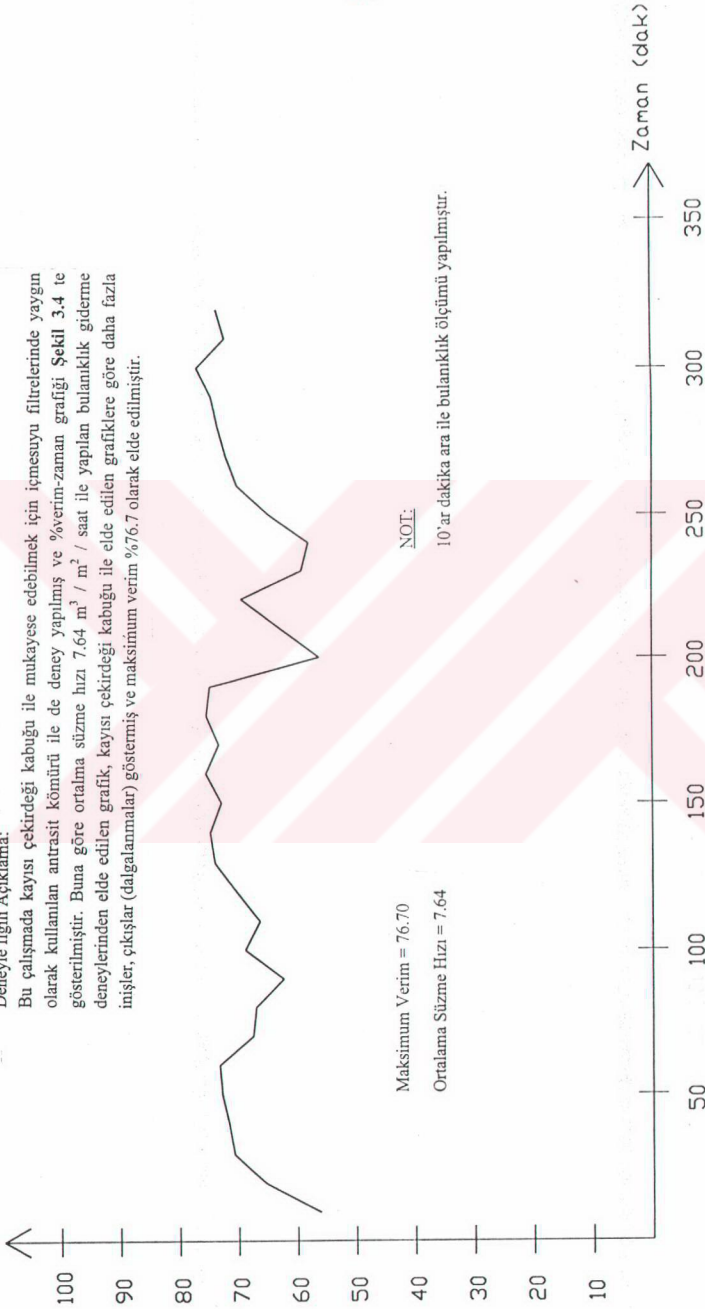
Bu çalışmada kayısı çekirdeği kabuğu ile mukayese edebilmek için içmesini filtrelerinde yaygın olarak kullanılan antrasit kömürü ile de deney yapılmış ve %verim-zaman grafiği Şekil 3.4 te gösterilmiştir. Buna göre ortalama süzme hızı $7.64 \text{ m}^3 / \text{m}^2 / \text{saat}$ ile yapılan bulanıklık giderme deneylerinden elde edilen grafik, kayısı çekirdeği kabuğu ile elde edilen grafiklere göre daha fazla inişler, çıkışlar (dalgalanmalar) göstermiş ve maksimum verim %76.7 olarak elde edilmiştir.

Maksimum Verim = 76.70

Ortalama Süzme Hızı = 7.64

NOT:

10' ar dakika ara ile bulanıklık ölçümü yapılmıştır.



SONUÇLAR ve ÖNERİLER

SONUÇLAR ve ÖNERİLER

SONUÇLAR

İnce kayısı çekirdeği-ince kum tertibinde, süzme hızı 8.37 iken bulanıklık giderme verimi maks. = %86.80 olmuştur; ortalama hız 8.16, ortalama verim ise 84.25 olmuştur. İri kum+ince kayısı çekirdeği kabuğunda ise maks. verim 5.86, hız da %90.60 olmuş; ortalama hız 6.83, ortalama verim ise 84.68 bulunmuştur. İri kum+ince kayısı çekirdeği tertibinde ortalama hız 6.30 m/st, maks. verim 82.20 olmuştur. İri kum+antrasit kömürü halinde, ortalama süzme hızı 7.64 m/st, maks. verim %76.70 olmuştur.

Sözkonusu kayısı çekirdeği kabuğu ile teşkil edilen çift tabakalı filtrelerdeki bulanıklık giderme verimi, antrasit kömürü ile teşkil edilen çift tabakalı filtredeki bulanıklık giderme veriminden **Şekil 6.2, 6.3, 6.4, 6.5**'te de görüleceği gibi daha yüksek olmaktadır. Yine bu kayısı çekirdeği kabuğu ile teşkil edilen tabakalı filtrelerdeki zamana bağlı olarak kirlenme; antrasit kömürü ile teşkil edilen filtrelerden daha uzun süreli olmakta ve geri yıkamaya alma periyodu uzamaktadır.

Kayısı çekirdeği kabuğu ve antrasit kömürü ile teşkil edilen filtrelerdeki geri yıkama sonucunda oluşan kabarma yüzdeleri **Tablo 6.13, 6.14, 6.15, 6.16**'da verilmiştir. Bu geri yıkamalar sonucunda özellikle antrasit kömürünün üstteki 1-1.5 cm'lik bir kısmı daima yüzücü durumda hareket göstermiş ve filtre malzemesi, süzme deneyinde kullanılmak üzere hazırlandığında temiz bir filtre ile çalışmak için yapılan geri



yıkama esnasında, kayısı çekirdeği kabuğuna nazaran çok daha fazla geri yıkama suyu sarfedilmiştir.

Geri yıkamalarda gerek kayısı çekirdeği kabuğuyla yapılan deneylerde gerekse antrasit ile yapılan deneylerde tabakalar arasında bir karışım olmadığı ve iki tabaka arasında resimlerden de görüleceği gibi net bir ayrım çizgisi olduğu görülmüştür. İnce kum ve ince kayısı çekirdeği ile teşkil edilen tabakalı filtrede diğerlerine nazaran kabarmanın daha fazla olması malzemenin kaçma ihtimalini doğuracaktır. Filtre duvarlarının daha yüksek yapılması veya geri yıkama hızının düşük tutulması gibi alıncak tedbirler ile bu olumsuzluklar giderilebilir.

Ülkemizde kaynakları bol ve ekonomik olarak elde edilebilen kayısı çekirdeği kabuğunun çömesuyu arıtma tekniğinde kullanılan çok tabakalı filtrelerde üst tabaka filtre malzemesi olarak bazı tedbirlerin alınması ile uygun olduğu ve antrasit kömürüne göre daha verimli ve daha fazla enerji tasarrufu sağladığı belirlenmiştir.



ÖNERİLER

Kayısı çekirdeği kabuğunun üst media olarak kullanılması başlatılmalıdır. Bunun için anılan malzemenin piyasadan kolayca, rekabet edebilecek bir fiyatla temini gerekir. Özel sektörün konuya eğilmesi ve KÇK yı piyasaya arz etmesi beklenmelidir.

Büyük Belediye tesislerinde daha geç uygulamalar sözkonusu olabilirse de site, apartman, ev tesisleri için antrasit kömürü yerine KÇK kullanılması, ilerideki gelişmelere kaynak sağlayacağı cihetle de faydalı olacaktır.

KÇK kırılmadan önce yıkanması, üzerindeki kayısı sırasının atılması icap etmemelidir. Zira bu sıranın tutulmayı çoğaltan polielektrolitler gibi etki yapması beklenebilir. Kayısı çekirdeğini kırıp elemek için bir konkasör tipi geliştirmek gereklidir. Bu konuda da çalışma yapılmalıdır.

Kum yatağını akışkan hale geçiren geri yıkama hızı, KÇK yıda aynı oranda akışkan hale geçirmelidir. Bunu sağlayacak KÇK granül büyüklükleri, kum'a paralel olarak tesbit edilmelidir. Böylece proje değerleri ortaya konmalıdır.

Aynı şekilde hava-su geri yıkanması yapılması halindeki davranışlar da belirlenmelidir. Bu konuda akademik-laboratuvar çalışmalarına ihtiyaç vardır.

Yurdumuz için ekonomik potansiyel olarak görünen KÇK'yı tanıttak, onun filtre 2. yatak malzemesi olarak davranışlarını ortaya koyacak akademik çalışmaların üniversitelerde sürdürülmesi çok yararlı olacaktır.

Kayısı çekirdeği kabuğunun kalınlığı 1-2 mm kadardır. İnce kabuklardan yapılacak kalın kumun yassı pulcuklar şeklinde oluşması muhtemeldir ki bu taktirde yatak porozitesi düşük olabilir. Bu husus da incelenmeyecektir.

KAYNAKLAR

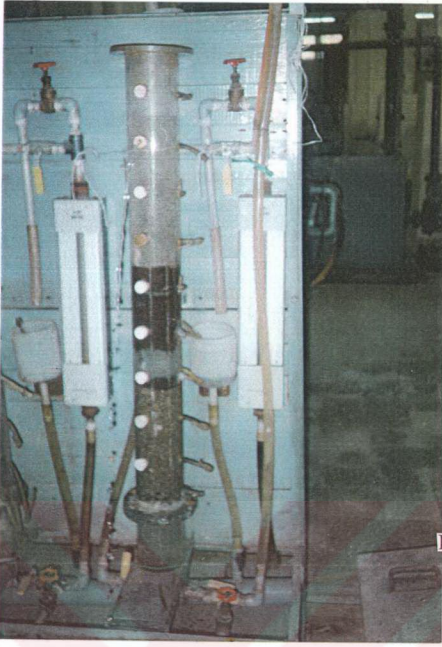
- 1- Tchobanoglous, G & Schroeder, E.D. Water Quality; Addison-Wesley Publishing Company.
- 2- Baumann, E.R., (1978)."Granular-Media Deep-Bed Filtration" in Water Treatment Plant Design for the Practicing Engineer, Edited by R.L. Sanks, Ann Arbor Science Publishers,Ann Arbor, Mich.
- 3- Barnes, D., P.J. Bliss, B.W. Gould, and H.R. Vallentine, (1981), "Water & Wastewater Engineering Systems", Pitman Publishing, Marshfield,Mass.
- 4- Matsumoto,M.R., T.M. Galezievski, and G. Tchobanoglous, (1982), "Filtration of Primary Effluent", J.Water Pollution Control Federation, Vol.54, No.12, p.1581
- 5- "Optimum Backwashing of Sand Filters", J. Environmental Engineering Division, ASCE, Vol. 104, No.EE5, P.917
- 6- Municipal Wastewater Treatment Design,(1977),Manual of Practice No.8, water Pollution Control Federation, Washington, D.C.
- 7- Camp,"Theory of Water Filtration", J. San. Eng. Div., Proc. Am. Soc. Civil Engineers. 90 (SA4)(1964:1-30
- 8- Viessman,Jr. W. & Hammer M.J. "Water Supply & Pollution Control" Harper & Row, Publishers, Newyork
- 9- Aksoğan, S., Gölhan M. "Suların Arıtılması" Cilt II. Matbaa Teknisyenleri Basimevi, Divanyolu, Biçkiyurdu Sok. No:12 İstanbul ,1970
- 10- Robert, L.Sanks, " Water Treatment Plant Design for the Practicing Engineer" Ann Arbor Science Publisher Inc. P.O. box 1425. Mich
- 11-Fuller, George W. " The Purification of the Ohio River Water at Louisville, Kentucky (New York D.Van Nortrand Co. 1898)



- 12-Yao, K.M., M.T. Habiban & C.R. O'Melia "Water and Waste Water Filtration: Concepts and Application" Environ Sci. Technol. 5:1105-1102(1971)
- 13-Baumann, E.R. and C.S. Oulman. " Polyelectrolyte Coatings for filter Media". Filtration Separation 7:682-690 (1970)
- 14-Bell, G.R. "Coagulant Coatings Open New Applications to Filter Aids" Proc. Interat. Water Conf. 129-133(1961).
- 15-Mintz, D.M. "Kinetics of Filtration" Dokl. Acad. Nauk. USSR 78:12(1951)
- 16-Mintz, D.M."Modern Theory of Filtration," Spacial Subject No.10 International Water Supply Congress and Exhibition, London (1966).
- 17-Tuepker, J.L. and C.A. Buescher, Jr. "Operation and Maintenance of Rapid Sand and Mixed Media Filters on a Lime Softenin Plant", J.Am. Water Works Assoc. 60:1377-1388(1968).
- 18-Cleasby, J.L., M.M. Williamson and E.R. Baumann."Effect of Filtration Rate Changes on Quality,"J.Am. Water Works Assoc. 55:869-878 (1963).
- 19-Ives, K.J., "Theory of Filtration," Special Subject No.7, International Water Supply Congress and Exhibiton, London (1963).
- 20-Lerk, C.F. "Some Aspects of the Deferrisation of Groundwater" Thesis, Techicical Universty, the Netherlands (1965).
- 21-Giles, V.R. "Akışkanlar Mekanîği ve Hidrolik" Güven Kitapevi, Ankara (1980)
- 22-Clearly, J.L. and E.R. Bauman "Selection of Sand Filtration Rates," J.Am. Water Works Assoc. 54:579-602(1962)
- 23- Robeck, G, G., K.A. Dostal and R.L. Woodward. "Studies of Modifications in Water Filtration," J. Am. Water Works Association 56:198 - 213 (1964)
- 24- Molt E.L (Çeviren: Balman Vahap), İçmesuyu Arıtmasında Birim İşlemler (1978)



EKLER



1. Deney Düzenegi

Alt Tabaka: İnce Kum

Üst Tabaka: İnce Kayısı Çekirdegi

Not : Daha sonra şekilde kitle halinde yükselen malzeme ani bir karışımla tekrar eski haline iniyor. Aynı durum antrasit kömüründe de gözlenmiştir.

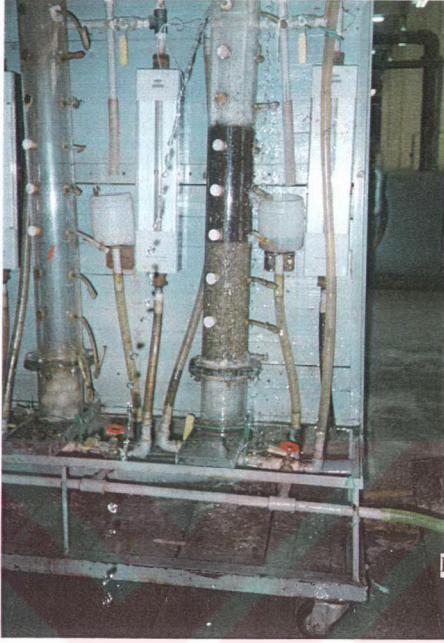
Resim 6.3. Filtre Malzemelerinin Susuz Kalması Durumunda Birbirine Kenetlenmesi ve Geri Yıkama Başlangıcında Kitle Halinde Yükselmesi



Kum ile kayısı çekirdegi kabuğu arasında bir karışım yok, net bir çizgi gözleniyor.

Resim 6.4. Kitle Halinde Yükselen Malzemenin Ani Bir Karışımla Aşağıya İnmesi

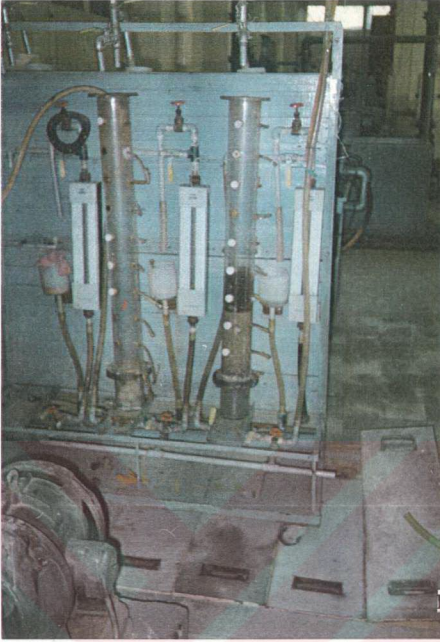




Net ayırım çizgisi gözleniyor.

Resim 6.5. Ani Karışımın Son Bulması ve
Filtre Malzemelerinin Kabarma
Davranışları





2. Deney Düzeneği

Alt Tabaka: İri Kum

Üst Tabaka: İnce Kayısı Çekirdeği

Resim 6.6. 2. Deney Düzeneđinin
Deneyler Yapılmadan Önceki İlk Hali



Net ayırım çizgisi

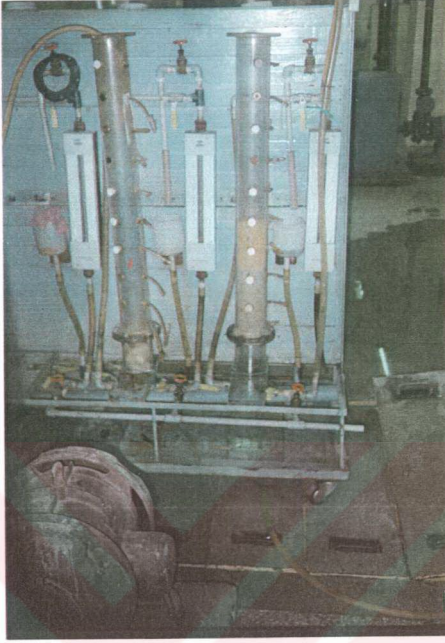
Resim 6.7. Malzemelerin, Düşük Geri
Yıkama Hızıyla Yapılan Geri Yıkınması
Haalindeki Davranışı Daha Az Bir
Kabarma Gösteriyor.



Net bir ayırım çizgisi var.

Resim 6.8. Yüksek Geri Yıkama Hızında
Malzemelerin Kabarma Davranışları



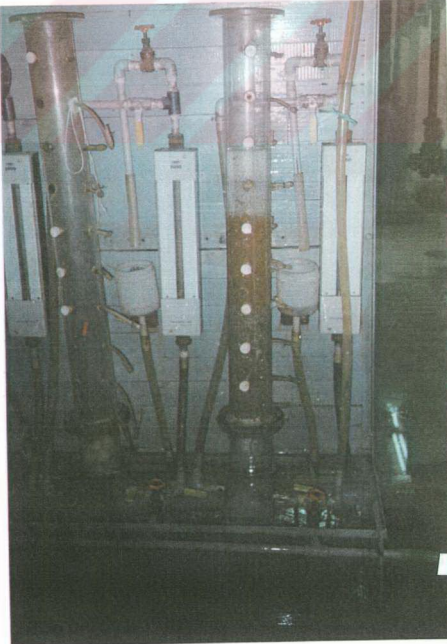


3. Deney Düzeneği

Alt Tabaka: İri Kum

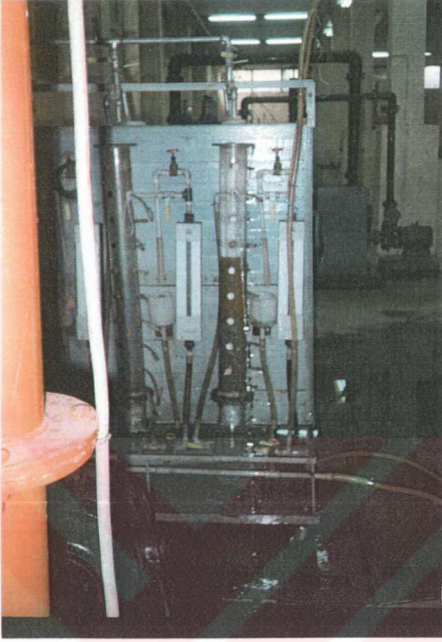
Üst Tabaka: İri Kayısı Çekirdeği

Resim 6.9.3. Deney Düzeneđinin,
Deneyler Yapılmadan Önceki İlk Hali



Geri yıkama başlangıcında kayısı çekirdeğinin bir kısmı yüzücü durumda bir davranış tarzı gösteriyor. Daha sonra **Resim 6.11. ve Resim 6.12'**de görüldüğü gibi bu yüzücü kısım tekrar kendi ağırlığı etkisi ile çökeliyor.

Resim 6.10. Geri Yıkama Başlangıcı



Net ayırım çizgisi

Resim 6.11. Geri Yıkama Esnasında Malzemelerin Kabarma Davranışları



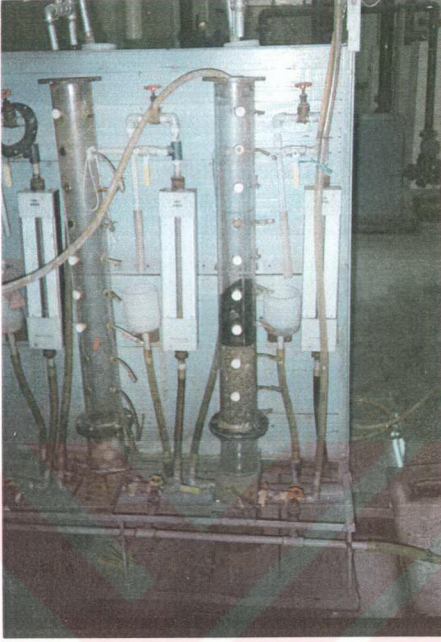
Resim 6.12. 3. Deney Düzenegi İle Yapılan Geri Yıkamadan Başka Bir Görünüş



4. Deney Düzeneği

Alt Tabaka: İri Kum

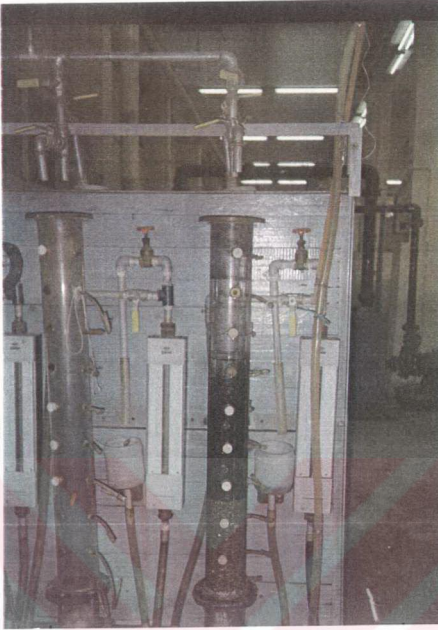
Üst Tabaka: Antrasit Kömürü



Resim 6.13. 4. Deney Düzeneđinin
Deneylere Başlanmadan Önceki İlk Hali



Resim 6.14. 4. Deney Düzeneđinin
Süzme Deneyi Yapıldıktan Sonraki Hali
(Filtre Kirlenmiş Durumda)



Net ayırım çizgisi

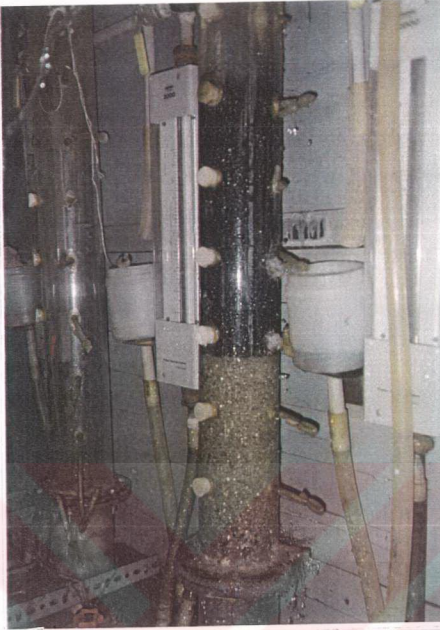
Geri yıkama başlangıcında antrasit kömürü çok fazla bir karışım göstermiştir ve deney boyunca yaklaşık 1 cm'lik bir kısmı daima yüzücü bir şekilde davranış göstermiştir.

Resim 6.15. Geri Yıkama Başlangıcı ve Malzemelerin kabarmaya başlaması



Geri yıkama deneyinin ilerleyen dakikalarında karışım halinde bulunan daneciklerin yavaş yavaş çöktikleri görülüyor.

Resim 6.16. Malzemelerin Kabarma Davranışları



Net ayırım çizgisi gözleniyor.

Resim 6.17. Daha Düşük Geri Yıkama Hızıyla Yapılan Deney ve Malzemelerin Kabarma Davranışları



Resim 6.18. Resim 6.17.'de Görülen Yüzücü Antrasit Daneciklerinin Çökmes Durumu



ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Sıtkı AKSOĞAN
Doğ. Tarihi ve Yeri : 1923 - MALATYA

I - EĞİTİM

1941 Malatya Lisesi

1946 Mühendis - İstanbul Yıldız Teknik Okulu. Makina Mühendisliği Bölümü

1965 Yüksek Mühendis - Pennsylvania State University'de Sağlık
(Çevre) Mühendisliği Bölümü

II - MESLEKİ FAALİYETLER

1946-1948 - Yıldız Teknik Okulu Asistanlık

1949-1950 - Ankara Teknik Öğretmen Okulu, Motor Atölyesi Şefliği ve öğretmenlik

1950-1951 - İngiltere Roots Company'de Oto-aracı üzerine kurs

1951-1952 - Yedek Subaylık (Ordu donatım) hizmeti

1953-1959 - İller Bankası Genel Müdürlüğü İçmesuları Servisi, makina grubu
şefliği

1959-1960 - Midyad içmesuyu şantiye şefliği

1960-1965 - DSI İçmesuyu Dairesi Malzeme-İkmal ve Makina Fen Heyeti Müdür
Yardımcılığı

1965-1966 - Pennsylvania State Üniversitesi Çevre Mühendisliği Master tahsili

1966-1971 - YSE İçmesuları Dairesi Malzeme Teçhizat Fen Heyeti Müdürlüğü ve
Daire Başkan Yardımcılığı

1971-1973 - YSE İdari ve Mali İşler Dairesi Başkanlığı

1973-1975 - YSE İçmesuları Dairesi Başkanlığı



- 1975-1976 - YSE Planlama Dairesi Başkanlığı
- 1976-1977 - YSE İçmesuları Dairesi Başkanlığı
- 1977-1987 - Yıldız Üniversitesi Hidrolik-Çevre Anabilim Dalında Öğretim Görevliliği
- 1987- - VADİ, A. Ş. Genel Müdürlüğü

ESERLERİ:

- 1 - İçmesuyu Terfi Merkezlerinde Kullanılan Motopompların Seçimi ve Kullanımı
- 2 - Asbesli Çimento Boru El Kitabı
- 3 - Su Koçları ve Hidrostatlar
- 4 - Elektromotopompların Montajında Gerekli Elektrik Bilgileri
- 5 - Su ile ilgili 50 kadar YSE dergisinde yayınlanmış teknik yazı
- 6 - Suların Arıtılması Cilt I (454 sahife)
- 7 - Suların Arıtılması Cilt II (444 sahife)
- 8 - Suların Arıtılması Cilt III (375 sahife)
- 9 - Su Getirme-Kanalizasyon ve Suların Arıtılması Cilt I (568 sahife)
- 10 - Su Getirme-Kanalizasyon ve Suların Arıtılması Cilt II (491 sahife)
- 11 - Sulama-Kurutma ve Projesi (197 sahife)
- 12 - Hızlı Kum Filtrelerinde Kontrol Sistemleri