

24794

T.C.

FIRAT ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DAMLATMALI FİLTRELERİN ÇEŞİTLİ MALZEMELERE
GÖRE BİYOLOJİK VERİMİNİN ARAŞTIRILMASI

A.HAKAN ŞENGÜLER

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu Tez..... Tarihinde, Aşağıda Belirtilen Jüri
Tarafından Oybirliği ile Başarılı/ Başarısız Olarak
Değerlendirilmiştir.

(imza)

(imza)

(imza)

Danışman

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANİSYON MERKEZİ

III

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

DAMLATMALI FİLTRELERİN ÇEŞİTLİ MALZEMELERE GÖRE BİYOLOJİK VERİMİNİN ARAŞTIRILMASI

A.Hakan ŞENGÜLER

Fırat Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

1992, Sayfa: 66

Biyolojik su arıtımında, damlatmalı filtre sistemleri günümüzde yaygın olarak kullanılmaktadır. Yurdumuzda bir çok şehir atıksu arıtma tesisinin biyolojik üniteleri, damlatmalı filtre olarak yapılmaktadır. Bu tesislerde dolgu malzemesi olarak genelde kırmataş veya özel şekil verilmiş, plastikten imal edilmiş elemanlar kullanılmaktadır. Arıtılacak suyun dolgu malzemesi yüzeyindeki akışı, oluşan biyofilmin yapısı ve çökeltme özelliği üzerine etki etmektedir. Bu çalışmada, damlatmalı filtreler üzerinde genel bir araştırma yapılmış ve damlatmalı filtrelerin tanınması için gerekli bilgiler biraraya getirilmiştir. Ayrıca damlatmalı filtrelerin çeşitli malzemelere göre verimi araştırılmıştır. Filtre malzemesi olarak bazaltik sünger taşı kullanılarak, deneysel çalışmalar sonucunda debi-verim arasında bir eğri elde edilmiştir. Bulunan bu eğri, diğer dolgu malzemeleri ile yapılan deneyler sonucunda elde edilen verim eğrileriyle karşılaştırılmıştır.

ANAHTAR KELİMELEER: Damlatmalı filtreler, dolgu malzemesi, bazaltik sünger taşı, biyolojik verim, biyolojik filtrasyon, ekonomi.

SUMMARY

Master Thesis

**ACCORDING TO THE VARIED MATERIALS, THE RESEARCHING
OF BIOLOGIC OUTPUT OF TRICKLING FILTERS**

A. Hakan SENGULER

**Firat University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Civil Engineering**

1992, Page: 66

The system of trickling filter has been used widespreadly nowadays in biological water-purification. In our country, the biologic units of the most city wastewater purification establishment is being made of trickling filter. In these establishments, usually crushed stone or the element, which is shaped specially and made of plastic, are being used. The flowing of filtered water on filling material influences on the biofilm, which is formed, and special feature of sedimentation. In this thesis, a general research has been done and necessary knowledges have been collected on trickling filters. Besides, according to the varied materials, the output of the trickling filters have been researched. At the end of the experimental workings, by using bazaltic pumice stone as filter material, it has been obtained a graphic on the quantity-output. This graphic has been compared with other graphics, which have been obtained by the results of the experiments with the other filling materials.

KEY WORDS : Trickling Filters, filling materials, bazaltic pumice stone, biologic output, biologic filtration, economy.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmayı yöneten ve çalışmam boyunca yoğun çalışmalarına rağmen, bana zaman ayırıp çalışmalarımı bilgisi ile destekleyen sayın hocam Doç. Dr. Nusret ŞEKERDAĞ'a teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca laboratuvar çalışmalarımda, gerek mesai içinde gerekse mesai saatleri dışında büyük yardımlarını gördüğüm inş. Müh. Böl. Lab. Teknisyeni Seyfettin ÇİÇEK'e ve literatür araştırmalarımda, tercümelerimde ve tezimin bilgisayarla yazımında bana yardımcı olan eşim inş. Yük. Müh Seza ŞENGÜLER'e teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	III
SUMMARY	IV
TEŞEKKÜR	V
İÇİNDEKİLER	VI
ŞEKİLLER LİSTESİ	VIII
TABLolar LİSTESİ	X
SİMGELER LİSTESİ	XI
1. GİRİŞ	1
2. BİYOLOJİK FİLTRASYON ve DAMLATMALI FİLTRELER..	4
2.1. Damlatmalı Filtrelerin Tanıtılması ve Çalışma Prensibinin Açıklanması	4
2.2. Damlatmalı Filtrelerin Çeşitleri	10
2.2.1. Düşük hızlı, az yüklü filtreler	10
2.2.2. Yüksek hızlı, çok yüklü filtreler	11
2.3. Geri Devir	16
2.4. Damlatmalı Filtrelerin Yük Birimleri	17
2.4.1. Organik yük	17
2.4.2. Hacimsel yük	17
2.4.3. Yüzeysel hidrolik yük	18
2.5. Damlatmalı Filtrelerin Yük Birimlerine Göre Boyutlandırılması	19
2.6. Damlatmalı Filtrelerin Tertip Esasları	19
2.6.1. Kullanılmış suların yerçekimiyle akıtıldığı yüksek hızlı damlatmalı filtreler	20
2.6.2. Cazibe ile beslenen düşük hızlı damlatmalı filtreler	20

2.6.3. Kullanılmış suların yüksek hızlı damlatmalı filtreye tulumba ile verilmesi	21
2.6.4. ilk çökelme havuzundan önce suların yükseltildiği damlatmalı filtre tesisleri..	23
2.7. Damlatmalı Filtrelerin Çeşitli Elemanlarının Boyutlandırılması	24
2.7.1. Filtre malzemesi	24
2.7.2. Döner dağıtıcı	27
2.7.3. Damlatmalı filtrelerin çapları	27
2.7.4. Damlatmalı filtrelerin içindeki hava akımı	28
2.8. Damlatmalı Filtrelerin Mikrobiyolojisi	30
2.8.1. Mikroorganizmalar	30
2.8.2. Oksijen absorpsiyonu	32
2.8.3. Organik maddelerin uzaklaştırılması	33
2.8.4. Bakteri metabolizması	36
2.8.5. Sıcaklık	36
3. DAMLATMALI FİLTRELERİN DOLGU YATAKLARININ KARŞILAŞTIRILMASI	38
3.1. Damlatmalı Filtre Dolgu Malzemeleri	38
3.2. Arıtma Verimleri ve Hacimsel Yük	41
3.3. Dolgu Malzemelerinin Şekillerinin Etkileri ..	43
3.4. Yeni Bir Dolgu Malzemesi-BİYOSER	44
4. DAMLATMALI FİLTRELER ÜZERİNDE YAPILMIŞ OLAN ÇALIŞMALAR	46
5. İNCELENECEK PROBLEMİN TANITILMASI	50
6. DENEYSEL ÇALIŞMALAR	52
7. SONUÇLAR ve TARTIŞMA	64
KAYNAKLAR	65

ŞEKİLLER

Sayfa

Şekil 2.1. Kırmataştan Yapılmış Bir Damlatmalı Filtrenin Perspektif Görünüşü	5
Şekil 2.2. Daire Planlı Damlatmalı Filtre Kesiti...	5
Şekil 2.3. Filtre Taban Blokları	6
Şekil 2.4. Damlatmalı Filtrelerde Biyokimyasal Reaksiyonlar ile Katı, Sıvı, Gaz Fazları	9
Şekil 2.5. Geri Devirli Damlatmalı Sistemlerde İşletme Şemaları	12
Şekil 2.6. Biyolojik Kulelerin Dolgu Malzemesi Olan PVC'den Yapılmış Floccor Paketi...	13
Şekil 2.7. Kullanılmış Suların Yerçekimi ile Akıtıldığı Yüksek Hızlı Damlatmalı Filtre Kesiti	21
Şekil 2.8. Cazibe ile Beslenen Düşük Hızlı Damlatmalı Filtre Kesiti	21
Şekil 2.9. Kullanılmış Suların Tulumba ile İletildiği Yüksek Hızlı Damlatmalı Filtre Kesiti	23
Şekil 2.10. İlk Çökelme Havuzundan Önce Suların Yükseltildiği Filtre Kesiti	24
Şekil 2.11. Damlatmalı Filtrelerde Biyolojik Tabakanın (Aerobik-Anaerobik) Teşekkülü ve Besi Maddesi Transferi ..	31
Şekil 2.12. Damlatmalı Filtrelerde Dolgu Tabakası Yüzeyinde Suyun Hareketinin Şematik Diyagramı	34
Şekil 2.13. Damlatmalı Filtrelerde Hava ve Su Sıcaklığının Mevsimlik Değişimi	37
Şekil 6.1. Damlatmalı Filtre Modelinin Şematik Görünüşü	52
Şekil 6.2. Deneysel Çalışmalar Sırasında Damlatmalı Filtre Modelinin Görünüşü ..	53

Şekil 6.3. Madde Giderme Verimi ile Debi Arasındaki Eğri	60
Şekil 6.4. Çeşitli Filtre Malzemeleri ile Yapılan Deneyler Sonucunda Bulunan Verim-Debi Eğrilerinin Karşılaştırılması	63



TABLOLAR

Sayfa

Tablo 2.1. Düşük ve Yüksek Hızlı Dam. Filtrelerin Birbiri ile Karşılaştırılması.....	14
Tablo 2.2. Damlatmalı Filtre Dolgu Malzemelerinin Fiziksel Özellikleri	26
Tablo 3.1. Çeşitli Dolgu Malzemelerinin Giderme Verimleri	42
Tablo 6.1. Besi Maddesi Bileşikleri ve Miktarları.	55
Tablo.6.2. Biyofilm ile Kaplı Filtre Kolonunun Biyolojik Veriminin Tayini İçin Yapılan Deney Sonuçları	59
Tablo 6.3. Biyofilm ile Kaplı Filtre Kolonunun Biyolojik Veriminin Tayini İçin Yapılan Deney Sonuçları	61
Tablo 6.4. Biyofilm ile Kaplı Filtre Kolonunun Biyolojik Veriminin Tayini İçin Yapılan Deney Sonuçları	62

SİMGELER

A	: Filtre taban alanı	m^2
Bv	: Organik yük	$gr(BOİ)5/m^3/gün$
C	: Konsantrasyon	mg/l
Co	: Kirli suyun giriş KOİ değeri	mg/l
Cı	: Kirli suyun çıkış KOİ değeri	mg/l
D	: Filtre çapı	m
d	: Filtre malzemesi dane çapı	cm
Dhava	: Hava akımına sebep olan enerji yüksekliği farkı	cm
F	: Kullanılmış su debisinin filtre içinde etkili geçiş sayısı	
f	: Kullanılmış su debisinin filtre içinde geçiş oranı	
F'	: Kullanılmış su debisinin filtre içinde teorik ortalama geçiş sayısı	
H	: Filtre yüksekliği	m
N	: Demir amonyum sülfat normalitesi	
Q	: Son çökeltim havuzundan çıkan suyun debisi	m^3/sn
Qa	: Yüzeysel hidrolik yük	$m^3/m^2/st$
Qr	: Filtreye giren kullanılmış suyun debisi	m /sn
Qv	: Hacimsel hidrolik yük	$m^3/m^3/gün$
Qı	: KOİ deneyindeki giriş ve çıkış debileri	cm^3/sn
T	: Bir gündeki saat sayısı	saat
Tı	: Hava akımının incelenmesinde soğuk tarafın sıcaklığı	$^{\circ}K$
T	: Hava akımının incelenmesinde sıcak tarafın sıcaklığı	$^{\circ}K$

T_h	: Hava sıcaklığı	$^{\circ}K$
T_m	: Çevre sıcaklığı ile su sıcaklığının logaritmik ortalaması	
T_s	: Su sıcaklığı	$^{\circ}K$
V	: KOİ deneyinde kullanılan numune miktarı	ml
V_o	: KOİ deneyinde şahide sarfedilen demir amonyum sülfat miktarı	ml
α	: Geri devir oranı	
η	: KOİ deneyinde ölçülen biyolojik verim.	

KISALTMALAR

$(BOİ)5$	: 5 günlük biyolojik oksijen ihtiyacı	mg/l
KOİ	: Kimyasal oksijen ihtiyacı	mg/l

1.GİRİŞ

Çevre kirlenmesi, günümüzde gittikçe artmakta ve büyük boyutlara ulaşmaktadır. Bu sebeple, doğanın dengesi bozulmaktadır. Bu olayın düzenlenmesi ve sanayileşmenin sonucu olarak, teknolojik artık maddelerle atılan atık suların ve evsel atıkların, temizlenmesi gerekmektedir. Çünkü günümüzde sanayileşmede elde edilen başarı, sanayileşme teknolojisinin artan zararlı ürünlerini, zararsız hale getirmekle gösterilmektedir.

Bu işlemin yapılmasında, etkili bir sistem olan damlatmalı filtreler kullanılabilir. Ve uygulamada da damlatmalı filtrelerle sık sık raslanmaktadır. Ayrıca yüksek hızlı damlatmalı filtrelerin üstünlükleri anlaşıldıktan sonra damlatmalı filtrelerin kullanım alanı, diğer filtre sistemlerine göre artmıştır (1940 yılından itibaren). Yüksek hızlı damlatmalı filtreler, kolay işletilebilir, ani yüklerden zarar görmezler ve işletme masrafları, eşit verimli standart hızlı filtrelerle göre daha azdır.

Bu filtrelerde, çıkış suyunun kalitesini kontrol etmekle birlikte, koku ve benzeri problemler diğer filtre sistemlerine göre daha azdır. Ayrıca damlatmalı filtrelerde, sentetik malzemelerin kullanılmasıyla, yüksek konsantrasyonlu endüstri artıklarının tasfiyesi de başarılı bir şekilde mümkün olmuştur. Sentetik malzemede porozite çok yüksek olduğundan, ön çökeltim havuzunda elde edilen verim sentetik malzemenin kullanılması halinde doğrudan doğruya filtre tankından sağlanmakta ve ön çökeltim havuzu

ortadan kaldırılarak ekonomiklik sağlanmaktadır.

Ayrıca ülkemiz dağlık ve eğimli bir araziye sahip olduğundan, çok kademeli inşa imkanı bulunan damlatmalı filtreler çok uygun olan tasfiye tesisleridir.

Yapılan uygulamalardan edinilen deneyimler ve geliştirmeler, yeni proje uygulamaları ve yeni dolgu malzemelerinin geliştirilmesi ile klasik damlatmalı filtre veya çeşitli Damlatmalı filtre/Aktif çamur kombinasyonlarının atıksu arıtımında kullanılması, bu yönüme olan ilgiyi artırmıştır.

Dünyadaki çeşitli uygulamalara bakıldığında 1970'li yıllarda eski moda diye damlatmalı filtrelerden belirgin bir kaçış gözlenmiştir. Enerji krizi, yeni dolgu yatakları geliştirilmesiyle bazı sakıncaların giderilmesi ve arıtma çamuru problemlerinin bu sistemde, aktif çamur yöntemine oranla daha az olması 1980'li yıllarda damlatmalı filtrelerin yeniden kullanım bulmasına neden olmuştur. Günümüze kadar yapılan bir çok teorik ve deneysel çalışma ile uygulamaya sunulan yeni dolgu malzemeleri yardımıyla damlatmalı filtre yöntemi yeniden güncel hale gelmiştir. Bu çalışmada, damlatmalı filtre teorisi mümkün olduğunca ele alınmış ve kanımca damlatmalı filtrelerin tanınması için gerekli bilgiler toplanarak derlenmiştir. Dolgu malzemelerinin önemi belirtilerek bu dolgu malzemeleri birbiri ile karşılaştırılmıştır. Ayrıca yapılan bu incelemeler yeni bir dolgu malzemesi kullanılarak (Bazaltik sünger taşı) deneylerle desteklenmiştir.

ikinci bölümde; biyolojik filtrasyon ve damlatmalı filtreler, çok kapsamlı bir şekilde anlatılmıştır.

Üçüncü bölümde; damlatmalı filtrelerin dolgu yatakları karşılaştırılarak, bir kıyaslama yapılmış ve 1988 yılında kullanıma geçmiş olan yeni bir dolgu malzemesi (Biyoser) tanıtılmıştır.

Dördüncü bölümde; literatür taranarak damlatmalı filtrelerde yapılan çalışmalar ve elde edilen sonuçlar kısaca anlatılmıştır.

Beşinci bölümde; incelenecek problem ile birlikte, amaç ve deneylerde kullanılacak dolgu malzemesi tanıtılmıştır.

Altıncı bölümde ise, şeffaf bir filtre kolonuna random dizilişli filtre malzemesi, (Bazaltik sünger taşı) üzerinden sentetik bir besi maddesi, yaklaşık iki ay süreyle devrettirilmiş ve daha sonra farklı debilerde filtre giriş ve çıkışında KOİ "Kimyasal Oksijen ihtiyacı" değerleri tesbit edilip debi ile filtre verimi arasındaki eğri çıkarılmıştır. Daha sonra ise bu eğri yapılan diğer çalışmalarla karşılaştırılmıştır.

Yedinci ve son bölümde yapılan çalışmaların genel sonuçları ve tartışma yer almaktadır.

2.BİYOLOJİK FİLTRASYON ve DAMLATMALI FİLTRELER

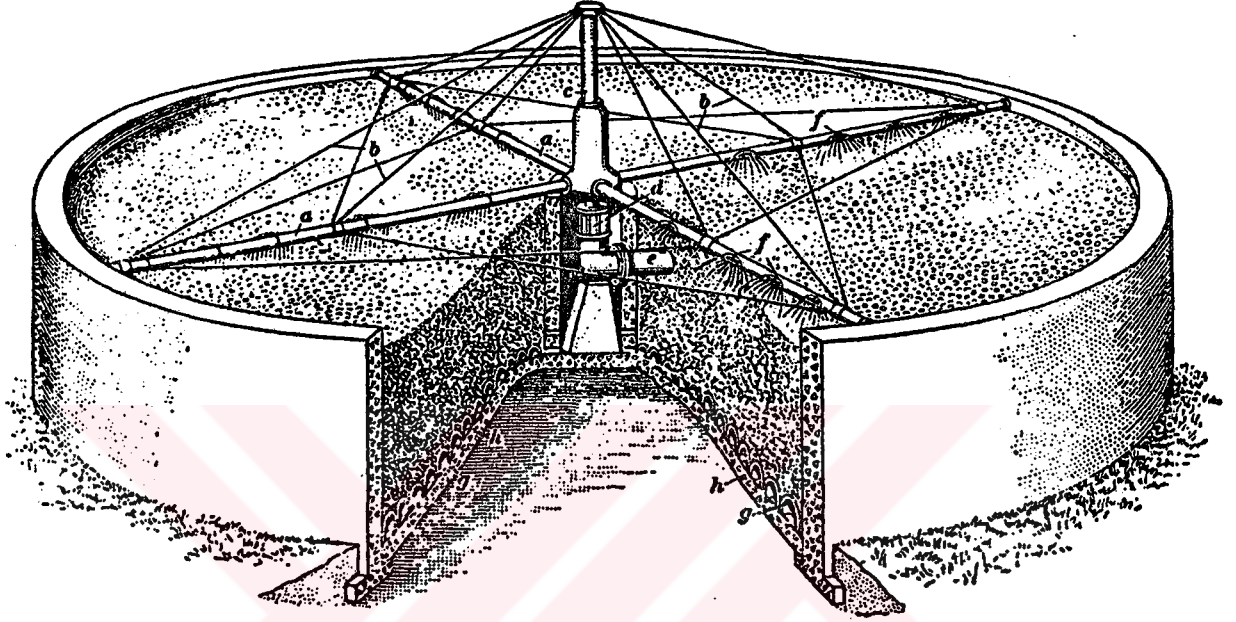
2.1.Damlatmalı Filtrelerin Tanıtılması ve Çalışma Prensiplerinin Açıklanması

Damlatmalı filtreler, kırmataş veya iri taneli malzeme yığınlarından meydana gelir. Damlatmalı filtreler ilk olarak 1893 yılında İngiltere’de, daha sonra ise 1903 yılında A.B.D’nde işletmeye konulmuştur. Bu ilk yapılan filtreler temas filtreleri halinde idi. Yani duvarları geçirimsiz şekilde yapılmış havuzların içine doldurulmuş taneli malzeme yığınlarından ibaretti. Bu filtrelerin çalışması; filtre üst taraftan atıksu ile dolduruluyor, 6 saat kadar malzeme ile temas halinde bırakılıyor, daha sonra çıkış vanası açılıp sular drene ediliyordu. Drenajı takiben filtre 6 saat kadar dinlendiriliyor, su ile yeniden doldurularak bu işlemler tekrarlanıyordu. Böylece, bir çalışma periyodu 12 saatten meydana geliyordu (Imhoff,1976).

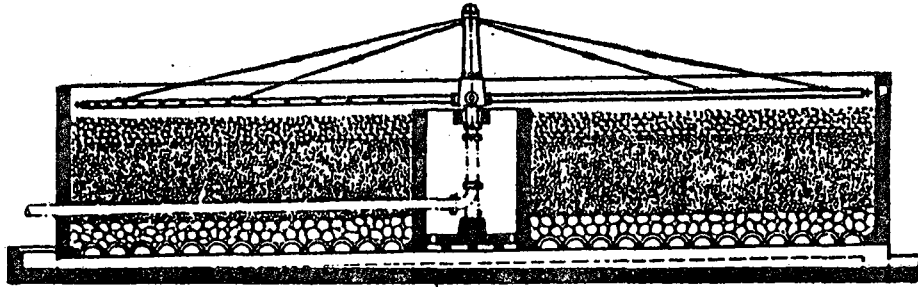
Normal bir damlatmalı filtrenin yapısı Şekil 2.1’de görülmektedir. Suyun damlatıldığı döner dağıtıcı, herhangi bir ilave enerjiye ihtiyaç göstermeksizin, kullanılmış suyun düşük bir yük altında deşarj edilmesi suretiyle çalışır. Buna göre Şekil 2.1’de görüldüğü gibi damlatmalı filtrenin kısımları;

(a) Dağıtıcı kollar, (b) diyagonal çubukları tarafından taşınır. (c) kolonu, (e) giriş borusuna bağlı, (d) mesnedi üzerinde döner. Kullanılmış su,dağıtıcı kollar üzerindeki bir seri, (f) püskürtme ağzından filtre yatağına

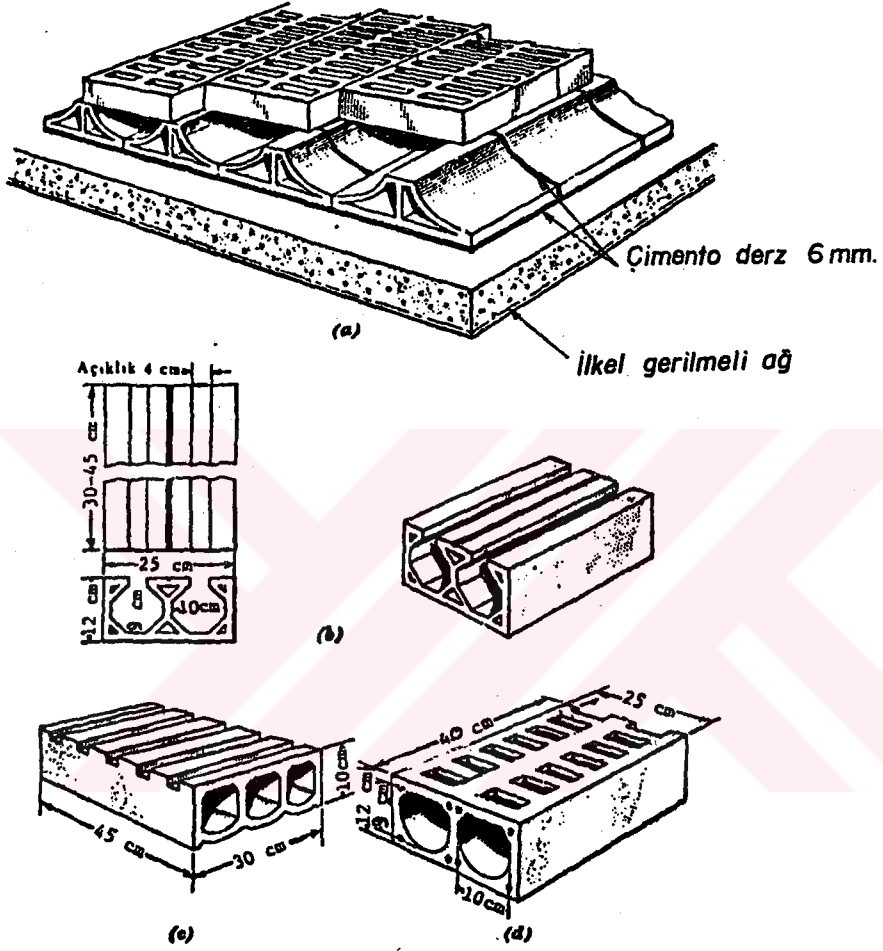
dökülür. (h) Temel betonu üzerinde, (g) özel bloklardan ibaret bir drenaj sistemi bulunmaktadır.



Şekil 2.1. Kırmataştan Yapılmış Bir Damlatmalı Filtrenin Perspektif Görünüşü



Şekil 2.2. Daire Planlı Damlatmalı Filtre Kesiti



Şekil 2.3. Filtre Taban Blokları

Daha önce anlatılan temas filtrelerinin sık sık tıkanması, uzun bir zaman dinlendirilme mecburiyeti, ve nisbeten düşük yüklere maruz bırakılabilmesi, bu filtrelerin kullanılış alanını daraltmış ve bunların yerini bugünkü damlatmalı filtreler almıştır.

Modern damlatmalı filtreler, üzerine

mikroorganizmaların yapıştığı çok geçirimli malzemedен yapılmış bir yataktan meydana gelir. Mekanik bir tasfiyeden geçmiş ve içindeki çökelebilen maddeleri ayrılmış olan kullanılmış sular bu yatak içinden geçirilir. Genel olarak malzeme çapları 25 ile 100 mm arasında değişen kırma taşlardan meydana gelir. Burada taneler arasındaki boşluklar tamamen sıvı ile dolu değildir. Su ve hava sıcaklığına bağlı olarak tanelerin arasındaki boşlukların bir kısmında (sıvının doldurmadığı kısımdan) aşağıdan yukarıya veya yukarıdan aşağıya bir hava akımı meydana gelir. Dış hava ile su sıcaklıkları farkı 2 °C olduğu zaman tabii havalandırma başlar ve 3 °C bir fark, biyolojik oksidasyon için gerekli oksijenden defalarca fazlasını temin etmeye kafi gelir. Bu esnada tanelerin üzerindeki mikro ve makro organizmalardan meydana gelen bir biyolojik tabaka teşekkül eder. Buradaki canlılar, sıvı içinde mevcut organik maddeleri besi maddesi olarak kullanarak, gittikçe bu tabakanın kalınlığını artırırlar. Biyolojik tabakanın kalınlığı artarken absorbe edilen organik maddeler, daha filtre tanesinin yüzeyine yakın biyofilm kısımlarına varmadan tüketilir. Bunun sonucunda dışarıdan karbon kaynağı bulamayan mikroorganizmalar kendi kendini sindirir ve iç solunum fazına girerler. Bu sebeple, biyofilmin tane üzerine yapışma kabiliyeti kaybolur ve suyun da sürüklemeye kuvveti ile yerlerinden koparılır. Bundan sonra yeni bir biyofilm tabakası oluşmaya başlar. Filtreden çıkan su, biyofilm parçalarını ihtiva eder ve bu parçalar son

çökelme havuzunda sudan ayrılırlar. Biyofilmin yerlerinden koparılması olayı filtreye giren organik ve hidrolik yükün etkisi altındadır.

Bu biyokimyasal olayda, canlıların çoğalmasını temin eden oksijen, hava akımından sağlanır ve ortaya çıkan karbondioksit tekrar atmosfere döner. Canlıların metabolizma faaliyeti sırasında açığa çıkan maddeler ise, tanelerin üzerinden akan sıvıya, kısmen de atmosfere verilir.

Böylece organik maddelerin bir kısmı yakılarak karbondioksit haline çevrilir, bir kısmı da suda çökelebilen yumaklar haline dönüşür. Bu sebeple mekanik vasıtalarla çöktürülmesi mümkün olmayan erimiş ve asılı haldeki organik maddelerin sudan uzaklaştırılması mümkün olur.

Bir damlatmalı filtre aşağıdaki şartları yerine getirmelidir;

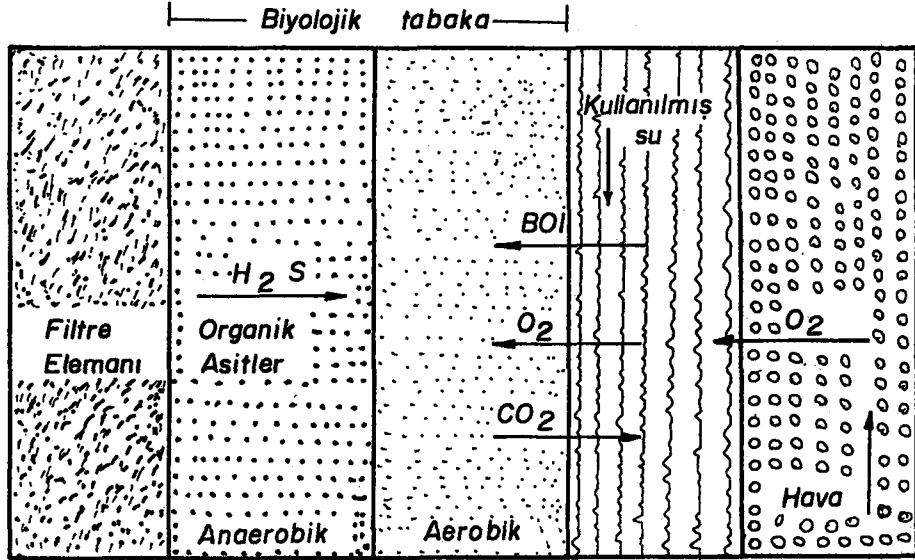
1-Filtre tabanı iyi havalandırmaya elverişli olmalıdır

2-Filtre dolgu malzemesi üniform çaplı tanelerden meydana gelmelidir.

3-Sıvı, filtre üzerine üniform olarak dağıtılmalıdır.

Eğer bu üç şart gerçekleşirse damlatmalı filtre çok değişken yük durumlarında daha iyi tasfiye yapar.

Damlatmalı filtrelerin değişken yüklere karşı esnekliği, tabii su yataklarının tabanlarındaki çakıl ve taşlar üzerindeki yaşama şartlarının aynısının, filtre malzemesi üzerindeki biyolojik tabakada kendini göstermesinden ileri gelir.



Şekil 2.4. Damlatmalı Filtrelerde Biyokimyasal Reaksiyonlar ile Katı, Sıvı ve Gaz Fazları

Eğer filtre tabanı gerektiği gibi havalandırılırsa biyolojik film, organizmaların gelişmesi için yeterli oksijen kazanmış olur. Sıvının filtreye kesintili olarak verilmesi canlıların yok olmasına yol açmaz. Çünkü kapiler ve moleküler kuvvetler sebebiyle tanelerin temas noktaları ile biyolojik tabaka ve sıvı filmi içinde tutulan ve akışa iştirak etmeyen bir sıvı hacmi daima mevcuttur. Fakat bu durum canlıların büyüme hızlarının yavaşlamasına sebep olur. Bu durum aynı zamanda filtrenin tıkanmasını da önler. Bu sebeple filtrenin maruz kaldığı yük ile biyolojik tabakanın gelişme hızı arasında, bir denge kurularak işletme şartlarını hazırlamak gerekir. Taşlar arasındaki boşlukların tıkanmaması için, meydana gelen biyolojik tabaka su ile birlikte sürekli olarak parçalanıp taşınmalıdır.

Yukarıda anlatılan biyokimyasal faaliyetler sırasında rol oynayan mikroorganizmalar, bakteriler, mantarlar, protozoalar ve alglerdir. Ayrıca kurtlar, sinek larvaları, salyangozlar gibi yüksek organizmalar mevcuttur.

Alg yosunları, sadece filtrenin, güneş ışığının nüfuz ettiği üst kısımlarında gelişebilir. Genel olarak alg kullanılmış suyun ayrışmasında direkt bir rol oynamaz. Fakat gündüz saatlerinde, filtre içinde akan suya oksijen ilave eder. İşletmecilik açısından ise alg yosunları filtre yüzeyinin tıkanmasına yolaçabilir. Bu durum ise kokuya sebep olur (Muslu,1988).

2.2. Damlatmalı Filtrelerin Çeşitleri

Damlatmalı filtreler, hidrolik ve organik yükleme hızlarına göre ikiye ayrılırlar;

2.2.1. Düşük hızlı, az yüklü filtreler

Bu filtreler düşük bir yıkama etkisiyle çalışır. Üzerine fasılalı olarak su sevk edildiğinden fasılalı çalışan filtreler de denir. Bu filtrelerin hacimleri fazla olduğundan çok miktarda bakteri maddesi ihtiva ederler. Bu sebepten dolayı temizleme güçleri yüksektir. Değişken debilere ve değişken organik yüklere karşı uygundur. Ayrıca bir dozlama sifonu vasıtası ile filtreye sabit bir

debinin girmesi sağlanır. Sıvı akımı kesildiği zaman canlılar birbirlerini tüketirler. Akım tekrar verildiğinde bunların bir kısmının yerlerinden koparılarak suyla taşınması kolay olur. Dozlama tankı küçük hacimde yapıldığından sifon sık sık çalışarak filtrenin uzun zaman susuz kalması önlenmiş olur. Ancak küçük tesislerde, gece saatlerinde fasılalı çalışma söz konusu olur.

Düşük hızlı filtrelerin yüzey alanları büyük olduğundan gerekli arsa alanları fazladır ve ancak debinin küçük olması halinde kullanılabilirler. Pek az bakıma ihtiyaç gösterirler. Bu sebeple hastane, sanatoryum ve küçük yerleşim bölgelerinin pis sularının tasfiyesinde ve yüksek bir tasfiye derecesinin elde edilmesinin istenmesi halinde uygundur.

Az yüklü filtrelerde sabit bir giriş debisi, ya emme haznesinden su seviyesi kontrol edilen tulumbalarla, ya da yukarıda açıklandığı üzere dozlama sifonu sayesinde temin edilir. Eğer dozlar arasında geçen zaman aralıkları 1 veya 2 saatten fazla ise tasfiye verimi düşer. Çünkü filtre susuz kaldığından dolayı biyolojik tabakanın karakteri değişir.

Az yüklü filtrelerde kullanılan filtre malzemesinin tane boyutu 2.5 - 6.0 cm. dir.

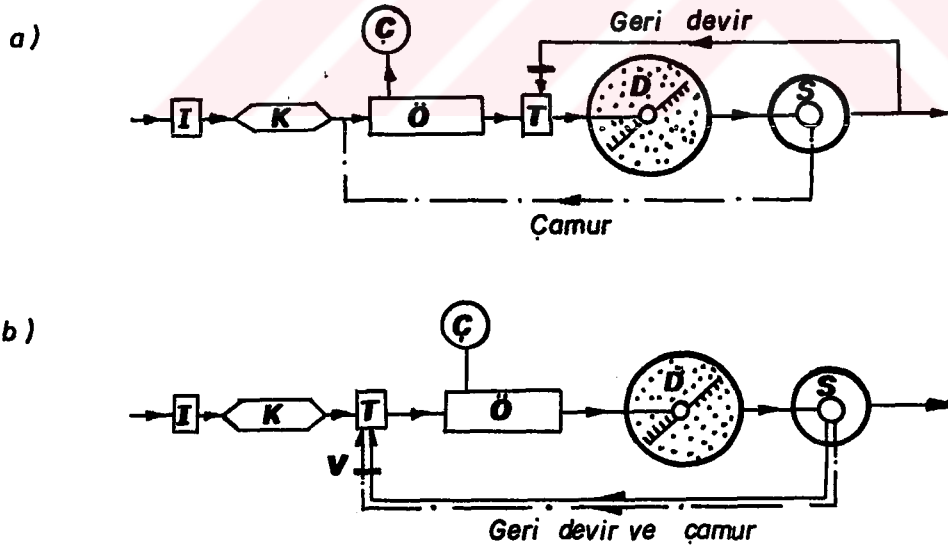
2.2.2. Yüksek hızlı, çok yüklü filtreler

Yüksek hızlı damlatmalı filtre sistemlerinde filtre malzemesinin tane çapı 4.0 - 8.0 cm. arasındadır. Bu tesis

daha fazla miktarda kullanılmış suyu tasfiye eder ve devamlı bir yıkama etkisine sahiptir.

Tasfiye verimini yükseltmek sistemin yüksekliğini artırmakla mümkün olmaktadır. Bu suretle tasfiye süresi ve yolu uzamış olur. Bunun için iyi bir tabii havalandırma sağlanmalıdır.

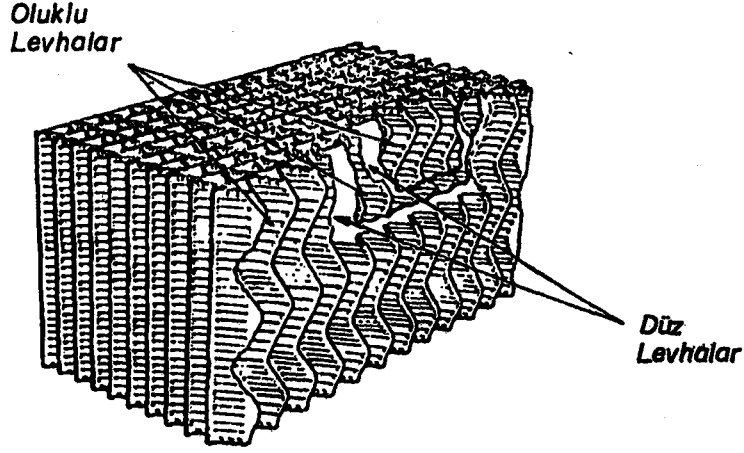
Damlatmalı filtrelerin yüksekliğini fazla artırmak teknik yönden uygun olmaz. Bunun yerine kullanılmış suyun damlatmalı filtreden ve son çöktürme havuzundan geçtikten sonra sisteme geri pompalanması (Şekil 2.5) tasfiye verimini artırmak bakımından yerinde olur (Muslu,1988).



I Izgara
K Kum tutucu
Ö ön çöktürme havuzu
T Tulumba

Ç Çürütme odası
S Son çöktürme havuzu
V Vana
D Damlatmalı sistem

Şekil 2.5. Geri Devirli Damlatmalı Sistemlerde İşletme Şemaları



Şekil 2.6. Biyolojik Kulelerin Dolgu Malzemesi Olan PVC'den Yapılmış Floccor Paketleri

Bu filtrelerin hacimleri küçük olup bakteri miktarı az ve temizleme kabiliyeti sınırlıdır, sabit debiler ve organik yükler için elverişlidirler. Az alana ihtiyaç gösterdikleri için bu filtreler büyük tesislerde kullanılabilir. Çok yüklü filtrelerde sabit bir giriş debisi geri devir suretiyle sağlanır. Ayrıca sentetik ve ahşap malzemenin kullanılmasıyla, son yıllarda süper hızlı filtreler tatbik sahasına çıkmışlardır (Şekil 2.6). Yüksek konsantrasyonlu pis suların kaba tasfiyesinde bir ön temizleme ünitesi olarak özellikle elverişlidirler. Birim hacim başına düşen yüzey alanlarının yüksek olması sebebiyle, sentetik malzemeli filtreler, daha düşük yüklere maruz yüksek hızlı filtrelerle aynı tasfiye verimine sahip olurlar. Son derece düşük yüklerde bu filtreler, tasfiye edilmiş suların nitrifikasyonu için kullanılmaktadır (Muslu, 1988).

Tablo 1.1. Düşük ve Yüksek Hızlı Damlatmalı Filtrelerin Birbirleri ile Karşılaştırılması (Muslu, 1988)

Karşılaştırmaya esas olan büyüklük	Düşük hızlı filtreler	Orta hızlı filtreler	Yüksek hızlı filtreler	Kaba tasfiye yapan süper hızlı filtre
Yüzeysel hidrolik yük, Q_a (1) ABD'de (x) $m^3/m^2/gün$ $m^3/m^2/st$ (2) İngiltere'de $m^3/m^2/st$ (3) Almanya'da (Imhoff) $m^3/m^2/st$ Imhoff'a göre bu değer en fazla 0.3 olabilir ve alçak hızlı filtrelerde Q_a fazla bir anlam ifade etmez. Boyutlandırma filtre yüksekliği $H = 1.8 - 2.4$ m arasında kalacak şekilde yapılır.	1 - 4 0.04 - 0.17 0.03 - 0.05 0.10	4 - 10 0.17 - 0.42 --- ---	10 - 40 0.42 - 1.67 --- >0.8	40 - 20 1.67 - 8.33 --- ---
Organik yük, B_v (1) ABD'de $grBOİS/m^3/gün$ (2) İngiltere'de $grBOİS/m^3/gün$ (3) Almanya'da $grBOİS/m^3/gün$ Imhoff'a göre çökeltilmiş pis su için $BOİS = 35$ g/N/gün olduğundan, filtrenin m^3 ne bağlanacak nüfus sayısı şöyle olur. (N/m^3)	80 - 320 100 - 200 175 175/35 = 5	240 - 480 --- --- ---	320 - 1000 --- 700 700/35 = 5	800 - 6000 --- --- ---
Yükseklik H, metre (1) ABD'de, metre (2) İngiltere'de, metre (3) Almanya'da Pöpel'e göre, metre Imhoff'a göre, metre	1.5 - 3.0 1.8 1.8 - 2.4 1.8 - 2.4	1.25 - 2.50 --- --- ---	1.0 - 2.0 --- $H > 2.4$ 3 - 4	4.5 - 12.0 --- --- ---
Geri devir oranı,	0	0 - 1	0.5 - 3 (*)	1 - 4
Çıkış suyunun kalitesi, $BOİS$ (mg/l)	20 Tanımla nitratlaşmış çıkış suyu	---	40 Değişken (ancak düşük yüklerde nitrifikasyon)	---
Biyolojik verim, %	80 - 95	---	85 - 95 (Geri devirle artırılır.)	---

Tablo 1.1'in Devamı

Karşılaştırmaya esas olan büyüklük	Düşük hızlı filtreler	Orta hızlı filtreler	Yüksek hızlı filtreler	Kaba tasfiye yapan süper hızlı filtreler
Debi ve (BOİ)5	Değişken olabilir	---	Geri devirle sabit hale getirilmelidir.	---
Filtre malzemesi	Kırmataş, cüruf vs.	Kırmataş, cüruf v.s.	Kırmataş, cüruf, sentetik malzeme	Sentetik malzeme kızıl ağaç
Sinek, donma ve tıkanma tehlikesi	Çok	Orta	Pek az, larvalar su ile yıkanıp götürülür	Pek az veya yok
Biyofilmin koparılıp sürüklenmesi	Fasılalı	Fasılalı	Sürekli	Sürekli
Dozlama aralıkları	5 dak.dan fazla değil (genel ol. fasılalı)	15-60 saniye (sürekli)	15 sn den fazla değil (sürekli)	Sürekli
Kullanılış alanı	Geniş arsa ister. İlk tesis masrafı yüksektir. Elektiriğin pahalı, tasfiye tesisinin şehre uzak, arsanın ucuz olması halinde düşünülebilir. Bu gün pek az kullanılmaktadır.	---	İlk tesis masrafı az ise de işletme masrafı geri devir sebebi ile yüksektir. Tesis şehre yakın ve arsa pahalı ise düşük hızlı filtrelerden daha ekonomiktir.	---
Kullanıldığı Ülkeler	İngiltere ve Hollanda	---	ABD ve Almanya	---

(x) Metcalf - Eddy, Inc.

(xx) $m^3/m^2/gün = (1/24) = 0.04 m^3/m^2/st$

(*) Geri devir oranı Imhoff'a göre, filtreye giren suların (BOİ)5 konsantrasyonu 100-150 mg/l arasında kalacak şekilde seçilir.

2.3. Geri Devir

Filtreye giren kullanılmış suların $(BO_5)5$ " 5 günlük biyokimyasal oksijen ihtiyacı " değerlerini küçülterek tasfiye verimini artırmak için, son çökeltme havuzundan çıkan Q debisi ile karıştırılır. $\alpha = Q_r/Q$ oranına geri devir adı verilir. Buna göre filtreye giren akım ;

$$Q+Q_r = (1+\alpha) Q$$

olacaktır. Bu durumda filtreden çıkan suyun bir kısmı geri alınarak devamlı suretle filtre içinden geçirilmiş olur. Gelen kullanılmış su debisinin filtre içinde teorik ortalama geçiş sayısı ;

$$F' = (Q+Q_r)/Q = 1+Q_r/Q = 1+\alpha$$

şeklinde hesaplanır. Burada F' geri devir katsayısı adını alır. Geçiş sayısı artıkcı organik maddelerin ayrışma kabiliyeti yani biyolojik tasfiyenin verimi düşmektedir. Her geçişte verim bir önceki geçiştekinin belirli bir kesirine eşit farzedilir ve birden küçük olan bu oran f ile gösterilirse, F etkili geçiş sayısı aşğıdaki denklemden hesaplanabilir;

$$F = (1+\alpha)/[1+(1-f)\alpha]^2$$

Geri devir oranı değışken, f sabit kabul edilirse, F etkili geçiş sayısı, belirli bir geri devir oranı için maksimum olur. Bu geri devir oranı;

$$\alpha = (2f-1)/(1-f)$$

bağıntısından hesaplanabilir. Damlatmalı filtrelerde $f= 0.9$ civarındadır.

2.4. Damlatmalı Filtrelerin Yük Birimleri

Damlatmalı filtreler ilk çökelme havuzundan çıkan mekanik olarak temizlenmiş suların (BOİ)5 cinsinden ifade edilen organik madde konsantrasyonunu, mikroorganizmalar yardımı ile indirgerler.

Filtrenin biyolojik verimi, filtreye giren ve son çökelme havuzundan çıkan suların (BOİ)5 değerleri arasındaki fark cinsinden ifade edilir. Filtre veriminin belirtilmesi için gerekli olan bazı tarifler aşağıda verilmiştir.

2.4.1. Organik yük

Filtreye birgünde giren suyun içindeki, örneğin (BOİ)5 birimleri ile ifade edilen madde miktarının filtre hacmine bölünmesiyle elde edilen değer olup B_v sembolü ile gösterilir.

$$B_v = \text{gr. (BOİ)5/m}^3/\text{gün}$$

2.4.2. Hacimsel hidrolik yük

Filtrenin birim hacmine günde isabet eden su miktarı olup Q_v sembolü ile gösterilir.

$$Q_v = \text{m}^3/\text{m}^3/\text{gün}$$

Filtreye giren suyun (BOİ)5 değeri gr/m^3 cinsinden c ile gösterilirse;

$$B_v = c \cdot Q_v \quad \text{yazılabilir.}$$

mg/l cinsinden konsantrasyon gr/m³ cinsinden konsantrasyonla aynıdır.

2.4.3. Yüzeysel hidrolik yük

Filtrenin birim yüzeyine bir saatte isabet eden su miktarı olup Q_a sembolü ile gösterilir.

$$Q_a = m^3/m^2/saat$$

Düşük hızlı damlatmalı filtreler için bu değer o kadar önemli değildir. Fakat yüksek hızlı filtrelerde, filtrenin yıkanması ile ilgili olduğu için bu iki tip filtreyi birbirinden ayıran bir özellik olmaktadır. Yüksek hızlı filtrelerde $Q_a \geq 0.8 m^3/m^2/saat$ olmalıdır. Pratikte ise bu değer 1.5 , hatta 4.8 $m^3/m^2/saat$ değerine kadar yükseldiği görülmektedir. Böyle yüksek hızlarda biyolojik tabaka devamlı olarak yıkanarak sürüklenir. Böylece birikmeye ve çürümeye vakit kalmaz. Çıkış suyunun yumak miktarı fazla olduğundan son çökeltme havuzunda bekleme süresi 2 saatten fazla olmamalıdır.

D filtre çapını, A filtre taban alanını ($A = D^2/4$) ve H filtre yüksekliğini gösterdiğine göre, yukarıda açıklanan büyüklükler arasında şu bağıntılar mevcuttur.

$$Q_r = Q_v.A.H = \text{Filtreye giren debi} = m^3/gün$$

$$Q_a = Q_r/A = Q_v.H = m^3/m^2/gün$$

Bir gündeki saat sayısı T ile gösterilirse,

$$Q_a = Q_v.H/T = \text{Yüzeysel hidrolik yük} = m^3/m^2/saat$$

$$B_v = A.H = c.T.Q_r.A = \text{Giren organik madde}$$

$$B_v.H = c.T.Q_r \quad \text{olur.}$$

Yüzeysel hidrolik yükün hesabında genellikle saatlik maksimum debi esas alınır. Bu ise T değerini 14 ile 16 saat kabul etmek demektir.

2.5. Damlatmalı Filtrelerin Yük Birimlerine Göre Boyutlandırılması

Boyutlandırma tecrübelerden elde edilen yükleme değerine göre yapılır. Eskiden az yüklü filtrelerde 0.75 ve çok yüklü filtrelerde 3-4 $m^3/m^2/gün$ değerinde bir hacimsel hidrolik yük göz önüne alınarak hesap yapılmıyordu. Bugün bu şekilde bir hacimsel yük dikkate alınmamaktadır. Toplam çevre uzunluğunun fazla çıkması ve döner dağıtıcının maliyetinin artması sebebiyle, aynı hacmi veren az sayıda filtre tercih edilir. İnşa edilmiş damlatmalı filtrelerin çapları 50 m.'nin pek üstüne çıkmamaktadır. DIN 19553'e göre damlatmalı filtreler 40 m. çapına kadar standardize edilmişlerdir.

2.6. Damlatmalı Filtrelerin Tertip Esasları

Damlatmalı filtrelerin tertip şekilleri herşeyden önce zeminin eğimine ve tasfiye tesisinin genel vaziyet planına bağlıdır. Bu olaya seçilen işletme metodu da tesir eder. Aşağıda damlatmalı filtrelerin tertip esasları ile ilgili bazı tipler verilmiştir.

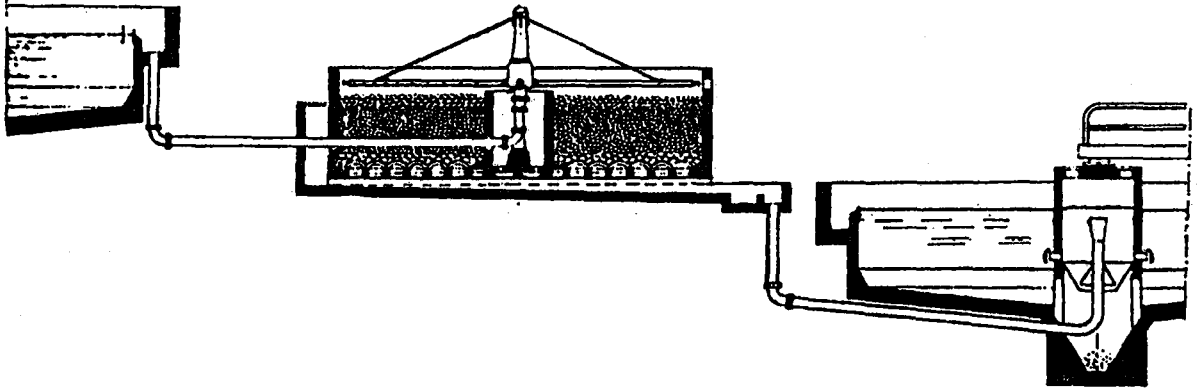
2.6.1. Kullanılmış suların yerçekimi ile akıtıldığı yüksek hızlı damlatmalı filtreler (Şekil 2.7)

İlk çökeltme havuzundan çıkan sular yerçekimi etkisi ile damlatmalı filtreye, buradan da son çökeltme havuzuna akarlar. Pis su debisi, su sarfiyatı ile ilgili salınımlar gösterir. Döner dağıtıcının projelendirilmesinde bu husus dikkate alınmalıdır. Bu techizatı imal eden firmalar minimum ve maksimum debi arasındaki orana göre kullanma sınırını tayin ederler (örneğin; max debi min debinin en az $1/3$ 'ü olabilir). Eğer tesise giren kullanılmış su debisi aşırı değişimler gösteriyorsa veya başlangıçta tesise bağlanan nüfus sayısının ileride fazla miktarda artacağı gözönüne alınıyorsa, ilk çökeltme havuzu ile damlatmalı filtre arasına (Şekil 2.8)'de görüldüğü gibi bir sifon konulur. Bu şekilde yüksek hızlı damlatmalı filtrelerin de fasılalı şekilde çalıştırılması mümkündür.

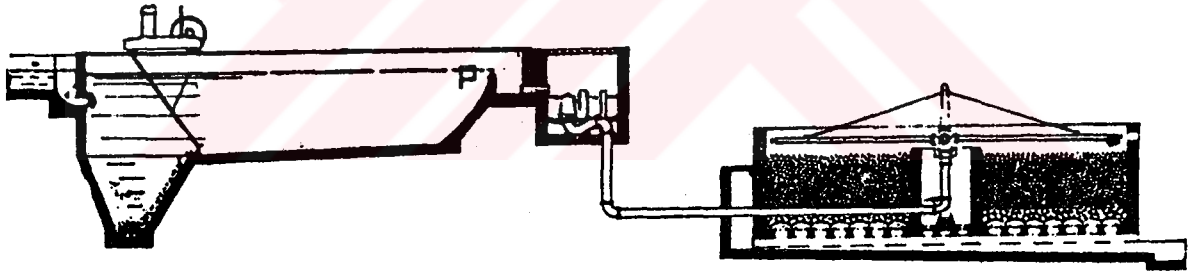
Ayrıca, yüksek hızlı damlatmalı filtreye kesik kesik su verilmesi onun çalışmasını kötüleştirmez, aksine iyileştirir.

2.6.2. Cazibe ile beslenen düşük hızlı damlatmalı filtre

Az yüklü filtrelerin daima fasılalı bir şekilde beslenmesi gerektiğinden bir sifon ile donatılmalıdır. Sifonun bulunduğu yapı da, giriş bölmesinin hacmi, döner dağıtıcının 3 ile 5 dakika çalışmasına yetecek büyüklükte olmalıdır.



Şekil 2.7. Kullanılmış Suların Yerçekimi ile Akıtıldığı Yüksek Hızlı Damlatmalı Filtre Kesiti



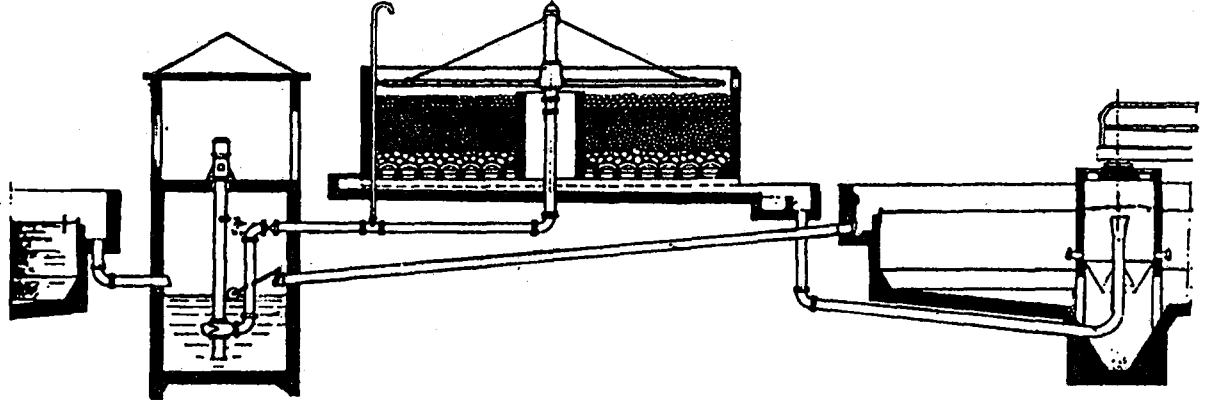
Şekil 2.8. Cazibe ile Beslenen Düşük Hızlı Damlatmalı Filtre Kesiti

2.6.3. Kullanılmış suların yüksek hızlı damlatmalı filtreye tulumba ile verilmesi (Şekil 2.9)

Genellikle zemin eğimi suları yerçekimi ile akıtmaya yetmez. Bu sebeple ön çökeltme havuzu ile damlatmalı filtre arasına bir tulumba odaşı konur. Damlatmalı filtre ve son çökeltme havuzu öyle yerleştirilir ki, sular damlatmalı filtreden itibaren alıcı suya kadar yerçekimi ile

akabilsin. ön çökeltme havuzu aynı zamanda bir dengeleme havuzu görevi görür. ön çökeltim havuzu saatlik maksimum debileri depolayacak derecede büyük hacimli olmalı ve kullanılmış sular damlatmalı filtreye üniform olarak pompalanabilmelidir. Endüstri orjinli bazı tip kullanılmış sular için buna ihtiyaç vardır ve tulumbaların manometrik yüksekliği fazla seçilmemelidir, ancak az bir miktar basınç fazlası kalmalıdır. Döner dağıtıcı aşırı basınçlara maruz bırakılmamalı, ya bir taşma borusu ya da basınç düşürme ventili ile donatılmalıdır.

Bu tip tertip şeklinde tulumba geri devir yaptırmak için de kullanılabilir. Bu sebeple tulumbanın emme haznesini son çökeltme havuzunun çıkış savaklarının dökülüşü kanala bağlamak yeterlidir. Şekil 2.9'daki donanım düşük hızlı damlatmalı filtrelerde de söz konusu olabilir. Ancak bu halde filtrenin kesik kesik besleneceği gözönünde tutularak, tulumba ile filtre arasına bir dozlama haznesi (Toplama odası) ve bir sifon kullanılmalıdır. Tulumba yeterli yükseklikte olan toplama odasına su verir ve oradan sular yerçekimi ile sifon üzerinden filtreye geçerler. Bu durum için daha çok kullanılan bir şekil, tulumbayı su seviyesine bağlı olarak otomatik bir şekilde şalterler aracılığı ile devreye sokup çıkarmaktır. Çünkü Şekil 2.9'daki tertip tarzında yüzgeç şalterler ile tulumbaya kumanda etmek mümkün değildir. Bununla beraber az yüklü filtrelerde zaten yüksek bir verim elde edildiğinden, su kalitesini düzeltmek için geri devir yaptırmaya gerek yoktur.

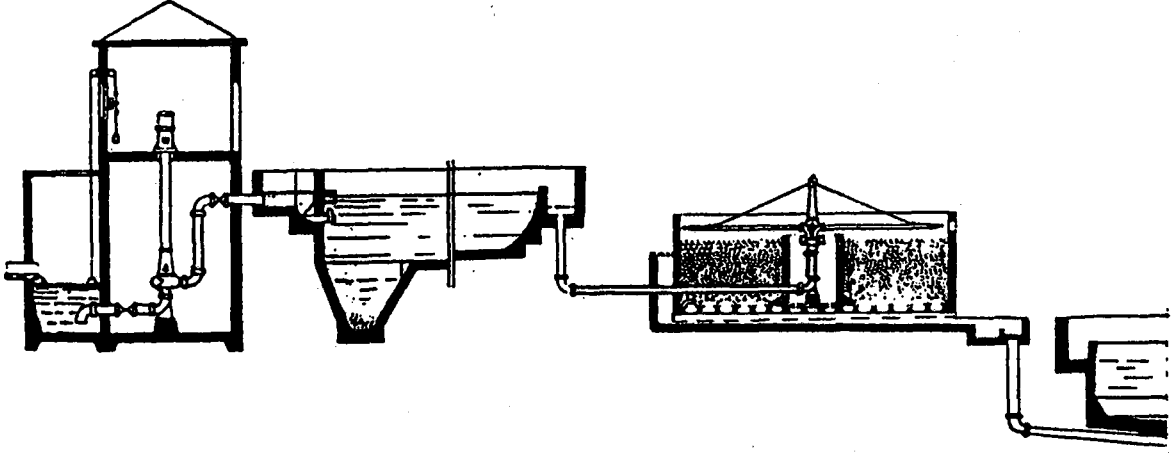


Şekil 2.9. Kullanılmış Suların Tulumba ile iletildiği Yüksek Hızlı Damlatmalı Filtre Kesiti

Şekil 2.9'daki tertip tarzında tulumba daima bir ön temizlemeden geçmiş suları pompaladığından nadiren tıkanma ve arızalanma tehlikesine maruz kalır.

2.6.4. ilk çökeltme havuzundan önce suların yükseltildiği damlatmalı filtre tesisleri (Şekil 2.10)

Tasfiye tesisine giren pis su kanalı çok derinde bulunuyorsa tulumba odası ilk çökeltme havuzundan önce de kullanılabilir. Bu halde sular ön çökeltme havuzuna pompalanır ve oradan alıcı suya kadar cazibe ile akarlar. Bu taktirde tulumbar, hiçbir işlemde geçmemiş atık sularla çalışacak şekilde yapılmalıdır. Şekil 2.10'daki tertip tarzı hem yüksek, hem düşük hızlı filtreler için uygulanabilir. Tulumbar önceden tesbit edilmiş iki su seviyesi arasında kesik kesik çalışırlar. Böylece havuzlara ve filtreye sular fasılalı bir şekilde gönderilir.



Şekil 2.10. İlk Çöktürme Havuzundan Önce Suların Yükseltildiği Filtre Kesiti

Damlatmalı filtre böyle kesintili beslenmeden hiç bir zarar görmez, aksine bu durum daha iyidir. Kesintili olarak çalışmak, düşük hızlı filtreler için gerekli, yüksek hızlı filtreler için ise faydalıdır.

2.7. Damlatmalı Filtrelerin Çeşitli Elemanlarının Boyutlandırılması

2.7.1. Filtre malzemesi

Bazalt, granit, kireçtaşı gibi herhangi bir sağlam kütleden üniform taneli malzeme, dolgu malzemesi olarak kullanılabilir. Malzemenin yeterli derecede sağlam ve daha dayanıklı olması ve yüzeylerinin fazla cilalı bulunmaması lazımdır. ideal bir filtre malzemesi, birim hacim başına maksimum yüzey alanına sahip bulunan ve kolaylıkla tıkanmayan bir malzemedir. Son zamanlarda sentetik malzemeler de dolgu için kullanılmaktadır.

özellikle, yüksek konsantrasyonlu pis sular ve endüstri artıkları için bu dolgu malzemeleri kullanılmaktadır.

Imhoff'a (1976) göre, İngiltere'de filtre yüksekliği küçük (1.8 m.) seçildiğinden tane çapları küçük (3 ile 6 cm dort:4 cm) tutulur. A.B.D'de ise filtreler daha yüksek (2 ile 3 m) olduğundan tane çapları (4 ile 8 cm,dort:6 cm) alınır. Imhoff (1976), tane çaplarının 4 ile 8 cm arasında seçilmesini tavsiye etmektedir. Pöpel ise tane çaplarının, filtre yüksekliğine göre aşağıdaki şekilde tesbit edilmesi gerektiği görüşündedir.

$H < 2m$ için; $d:4-6$ cm

$H < 3.6m$ için; $d: 6-8$ cm

Fair ve Geyer'e (1966) göre ise % 95'i 10cm lik elekten geçmeli ve 6.2 cm lik elek üzerinde tutulmalıdır.

Damlatmalı filtreler baştan başa üniform çaplı dolgu malzemesi ile teşkil edilebileceği gibi, bazen en üstte 0.5 m kalınlığında bir tabakayı 8-10 cm gibi daha büyük çaplı malzeme ile teşkil etmek daha uygun görülebilir. En üstte bulunan bu kısım, yağ ve bunun gibi maddelerle daha fazla tıkanma tehlikesine maruz kaldığından ve ayrıca bu kısımda hızlı bir biyolojik gelişme kendini gösterdiğinden, bu şekilde hareket etmek doğru olabilir. Filtre tabanı ise, üst tabakalara taşıyıcılık görevi gördüğünden, ayrıca iyi bir havalandırma sağlaması gerektiğinden, daha iri taneli malzemeden teşkil edilmelidir (Muslu,1988).

özellikle önemli olan husus, bütün kısımlarda tanelerin aynı büyüklükte olması ve kum gibi ince maddeler ihtiva etmemesidir. Genel olarak en elverişli malzeme,

25 ile 75 mm. çaplı üniform nehir çakıllarıdır. Özellikle volkanik taşlar filtre malzemesi olarak çok uygundur. Cüruf, yanmış kömür kalıntısı, sert kömür gibi malzemelerde filtre malzemesi olarak kullanılmaktadır. 25 mm. den daha küçük taşlar, daneler arasında suyun akması ve biyofilm teşekkülü için yeterli derecede boşluk bırakmazlar ve tıkanarak suyun göllenmesine sebep olurlar. Büyük çaplı danelerde bu olay olmaz ise de, bunların özgül yüzeyleri az olduğundan fazla miktarda biyolojik madde ihtiva etmezler.

Tablo 2.2'de damlatmalı filtre dolgu malzemelerinin fiziksel özellikleri toplu olarak verilmiştir. Bu tablodaki plastik malzeme bir çeşit sentetik malzemedir imal edilmiştir.

Tablo 2.2. Damlatmalı Filtrelerin Dolgu Malzemelerinin Fiziksel Özellikleri (Muslu, 1988) (*):Mod.boy

Malzemenin Cinsi	Geçerli Boyut (mm)	Birim Hacim Ağırlığı Kg/m ³	Özgül Yüzey Alanı m ² /m ³	Boşluk Oranı %'si
Nehirçakıllı küçük.. büyük..	25-65 100-120	1250-1450 800-1000	55-70 40-50	40-50 50-60
Yük.fırın cürufu küçük.. büyük..	50-80 75-125	900-1200 800-1000	55-70 45-60	40-50 50-60
Plastik normal..	(*) 600x600 x1200	30- 100	80-100	94-97
yük.özgül yüz.sahip..	(*) 600x600 x1200	30- 100	100-200	94-97
Kızıl ağaç	1200x500 x1200	150- 175	40- 50	70-80

Yüksek poroziteli ve tıkanmaya karşı dayanıklı bir ortam oluşturmak üzere, arı petekleri gibi birbirine kenetlenen plastik tabakalardan meydana gelir. Plastikten yapılmış bu oluklu levhalar üst üste konularak piyasaya sevk edilir. Hafif olup az yer tutarlar. Yerine monte edildiği zaman ise bu boşluklu ve sağlam durumu kazanırlar. Bunlar önce, Tablo 2.2'deki boyutlarda modüller oluşturmak üzere monte edilirler. Bu modüllerle filtreyi istenilen bir şekilde teşkil etmek mümkündür.

2.7.2. Döner dağıtıcı

Su jetlerinin etki tepki prensibine göre çalışan veya bir elektrik motoru ile döndürülen dağıtıcının dönüş hızı, debiye göre değişmekte ise de, iki kollu bir dağıtıcı, genel olarak her 10 dakikada bir defa dönecek şekilde yapılır. Filtre üzerine suyun üniform olarak yayılabilmesi için birim uzunluk başına debi, merkezden olan uzaklıkla orantılı olmalıdır.

2.7.3. Damlatmalı filtrelerin çapları

Genellikle silindirik şeklinde yapılan filtreler DIN 19553'e göre 40 m. çapına kadar standardize edilmişlerdir. Bununla beraber, A.B.D'de döner dağıtıcılar 60 m. çapına kadar imal edilir.

2.7.4. Damlatmalı filtrelerin içindeki hava akımı

Damlatmalı filtrelerin başarı ile çalışması için yeterli bir hava akımı gereklidir. Üstü açık bir filtrede hava akımını kontrol eden esas faktörler tabii çekiş ve rüzgar kuvvetleridir. Tabii çekiş halinde hava akımını meydana getiren kuvvet, filtre çevresindeki havanın sıcaklığı ile, içindeki boşlukları dolduran havanın sıcaklığı arasındaki farktır. Eğer kullanılmış su, çevredeki havadan daha soğuk ise, boşluklardaki hava da daha soğuk olacak ve aşağıya doğru bir hava akımı meydana gelecektir. Eğer bunun tersi olursa yani çevredeki hava, kullanılmış sudan daha soğuk ise, hava akımı yukarıya doğru olacaktır. Bu ikinci durum daha az tercih edilir. Çünkü bu halde oksijen kısmi basıncı ve bu sebeple oksijen iletim hızı, en fazla oksijene ihtiyaç duyulan yerde en az olacaktır. Birçok yerlerde özellikle yazın, sıcaklık farklarının ihmal edilebilecek kadar küçük olması sebebi ile, hava akımının hemen hemen durduğu zamanlar vardır. Sıcaklık farkından ileri gelen enerji yüksekliği farkı başka bir ifade ile hava akımına sebep olan emme (=çekiş) yüksekliği aşağıdaki denklemle ifade edilir;

$$D_{hava} = 0,00353 \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right) H$$

Daneler arasındaki boşlukları dolduran havanın sıcaklığını tayin etmek, bu problemin odak noktasını teşkil eder. Bazen bu sıcaklık, su sıcaklığına eşit alınır. Fakat bu emniyetsiz bir hesap şeklidir. Aslında danelerin

arasındaki boşluklarda hava sıcaklığı filtre dışındaki çevre havasının sıcaklığı ile, su sıcaklığı arasında bir değere sahiptir. Daneler arasındaki boşlukları dolduran havanın sıcaklığı ile, su sıcaklığının logaritmik ortalaması olan T_m değerini kullanarak şu denklemle bulunabilir:

$$T_m = \frac{T_h - T_s}{\ln (T_h/T_s)}$$

Buradaki T_h ve T_s Kelvin derecesi ile ifade edilen mutlak sıcaklıklardır. ($^{\circ}K = ^{\circ}C + 273$)

Aşağıdaki tedbirleri almak şartıyla, damlatmalı filtrelerde tabii havalandırma ile yetinilebilir;

(1)- Drenler ve toplama kanalları yarı dolu olacak şekilde projelendirilmelidir.

(2)- Merkezi toplama kanalının her iki ucunda havalandırma bacaları yapılmalıdır.

(3)- Büyük çaplı filtrelerin ikinci derecede toplama kanalları olmalı ve bunların da uçlarında, damlatmalı filtrenin çevresinde yeralan havalandırma bacaları bulunmalıdır.

(4)- Filtrenin tabanındaki drenlerin üstündeki su giriş deliklerinin toplam alanı, filtre alanının % 15'inden fazla olmamalıdır.

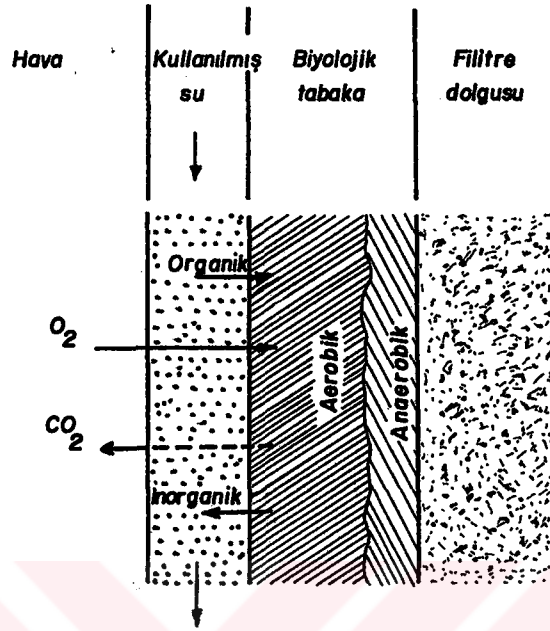
(5)- Havalandırma tertibatında, beher 23 m^2 filtre alanı başına 0.09 m^2 lik bürüt ızgara alanı bırakılmalıdır.

2.8. Damlatmalı Filtrelerin Mikrobiyolojisi

2.8.1. Mikroorganizmalar

Damlatmalı filtre, her ne kadar aerobik bir tasfiye işlemi olarak kabul edilirse de, aslında bu tam aerobik bir işlem olmayıp aeorobikle, anaerobik arasında bir tasfiye işlemi olarak kabul edilmelidir. Filtre çalıştırılmaya başladığında, reaksiyon aerobik faz durumundadır. Mikroorganizmaların gelişmesi filtre malzemesinin çeperinde anaerobik mikrobiyal film meydana getirir. Bu anaerobik film, filtre operasyonunuda mikrobiyal yüzeyin üzerinde meydana gelen aerobik aktivite kadar önemli bir rol oynar.

Damlatmalı filtrelerdeki mikroorganizmalar filtrenin tabii bir oluşumudur. Kullanılmış sularda ve kullanılmış suların tasfiye işleminde bulunan mikroorganizmaların en önemli grubunu bakteriler oluşturur. Bakteriler yeşil rengi veren klorofil maddesinden mahrum bulunan ve bölünmek suretiyle çoğalan tek hücreli bitkiler olarak tarif edilir. Damlatmalı filtrelerde ve diğer kullanılmış su tasfiye işlemlerinde bulunan bakterilerin şekilleri küresel (kokür) düz, çubuk (basil) ve spiral (spiril) şeklinde olabilirler. Bazı bakteriler ise kapsül denilen jelatine benzer bir madde salgılar. Bunlar birbiri ile birleşince damlatmalı filtre yataklarındaki çamur filminde bulunan canlı toplulukları meydana getirirler (Ayalp, 1969).



Şekil 2.11. Damlatmalı Filtrelerde Biyolojik Tabakanın Oluşması ve Besi Maddesi Transferi

Ayrıca kullanılmış sularda ve damlatmalı filtrelerdeki bitkisel mikroorganizmalar arasında bakterilerden sonra protozoalar (tek hücreliler) gelirler. Bir hücreli organizmalar, kullanılmış suların stabilizasyonunda bakterilere yardımcı olurlar, bazıları da organik maddelerin bir kısmını kimyasal olarak parçalayarak suları tasfiye edebilir. Bakterilerle beslenen tek hücreli mikroorganizmalar kullanılmış sulardaki bakterilerin yok edilmesi ile de kullanılmış suyun temizlenmesine yardım etmiş olurlar.

Ayrıca protozoaların bakterilerle beslenmesi bakteri sayısının artmasına ve bakteri sayısının maksimum değere ulaşmasına engel olur (Ayalp, 1969).

2.8.2.Oksijen absorbsiyonu

Sudaki oksijen eksikliği ile orantılı olarak hava-su arakesit yüzeyi aracılığı ile havadan oksijen alınır. Atmosferdeki havada bulunan oksijenin kısmi basıncı, suyun içerisindeki oksijenin çözülmesine etkili bir kuvvet olarak tesir eder. Eğer sudaki erimiş oksijen miktarı doygunluk sınırının altında ise, doygunluğa doğru bir denge oluşturacak kuvvet sayesinde suyun içerisindeki oksijen çözünür.

Oksijen transferi çeşitli metodlarla olup damlatmalı filtrelerdeki oksijen transferi, basit difüzyon olayı ile veyahut türbülans karışımı metoduyla olmaktadır. Türbülans olayı ile oksijen transferi, doymuş oksijen tabakası yerine doymuş olmayan oksijen tabakasının geçmesi ile meydana gelmektedir. Yüzey tabakalarının yenilenmesi şeklindeki bu olay sonucunda, hava-sıvı arakesitlerindeki su tabakası değişmektedir. Böylece yüzey tabakalarının yenilenmesi sayesinde, yüzey tabakalarındaki mikrobiyal metabolizma devamlı olmaktadır.

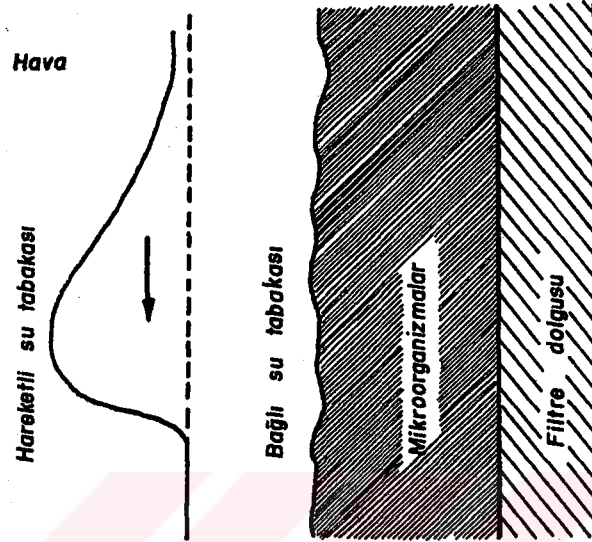
Birim zamanda, filtrenin birim hacmine transfer olabilen toplam oksijen miktarı, biyolojik gelişme tabakasının hareket halindeki havaya maruz bırakılan yüzey alanı ile orantılıdır. Ayrıca taş-çakıl dolgu tabakasının yüzey alanı ile de ilgilidir. Oksijen transferinin maksimum hızı, sudaki çözünmüş oksijen konsantrasyonunun sıfır olduğu zaman meydana gelmektedir.

2.8.3. Organik maddenin uzaklaştırılması

Tesise gelen kullanılmış sulardaki organik maddelerin filtre hacmi ile orantılı olarak ancak bir miktarı yok edilebilir. Kullanılmış sular, filtrede dolgu malzemesi olarak kullanılan çakılların, taşların ve diğer malzemelerin arasından akarken, canlı film tabakasının üzerinden geçen su miktarı, film tabakasının arasında bulunan suya göre daha fazladır. Akmakta olan su mikrobiyolojik film tabakasının yüzeyindeki su ile karışır. Eğer bağlı su tabakasının ihtiva ettiği organik madde konsantrasyonu, akmakta olan kullanılmış suyun organik madde konsantrasyonundan az ise, organik maddeler akmakta olan kullanılmış sulardan mikrobiyolojik yüzeydeki su tabakasına transfer olacaktır. Bunun tersine mikrobiyal yüzeydeki su tabakasında organik madde konsantrasyonu, kullanılmış suyunkinden yüksek ise, organik madde transferi ters yönde olacaktır, bu sebeple kullanılmış sudaki organik madde konsantrasyonu artacaktır.

Kullanılmış sudaki organik madde konsantrasyonu yüksek ise canlı film tabakasındaki organik madde konsantrasyonu düşük olduğu sürece, hareketli su tabakasındaki organik yük sulandırma yoluyla, çok hızlı bir şekilde canlı film tabakasındaki suya geçer. (Sansarcı, 1980)

Damlatmalı fitrelerden geçen kullanılmış sudaki bütün organik maddenin tamamının, mikroorganizmaların metabolizması için tüketilmesi mümkün değildir.



Şekil 2.12. Damlatmalı Filtrelerde Dolgu Malzemesi Tabakasının Yüzeyinde Suyun Hareketinin Şematik Diyagramı

Bu sebeptendir ki, damlatmalı filtrede organik maddenin tamamının (% 100'ünün) yok edilmesi mümkün olamaz. Aynı zamanda filtreden çıkan suda bir miktar BOI kalacaktır.

Damlatmalı filtrede organik maddelerin stabilizasyonu mikroorganizmaların özelliklerine, tesise giren kullanılmış suyun kirlilik derecesine, dolgu malzemesinin mikrobiyal yüzey alanına, filtrede suyun bekleme süresine ve sıcaklığa bağlı olarak değişmektedir. Filtreye giren kullanılmış sudaki organik konsantrasyon, filtreden çıkan suların geri devir yaptırılmasıyla seyreltilmiş olur. Bu geri devir işlemi, filtreye gelen kullanılmış suların kirlilik derecesindeki değişimleri azaltır. Bunun sonucunda filtreye gelen organik yük sürekli bir şekilde düşer ve

biyofilm kalınlığı azalır. Film kalınlığının azalmasıyla sürekli akım daha fazla larvayı uzaklaştırırken, sineklerin çoğalması da azalır. Bu nedenle filtreden çıkan kokular daha düzgün bir şekilde absorbe edilir. İşletme daha üniform ve tasfiye verimi daha sabit olur.

Yüksek bir organik konsantrasyonu uzaklaştırma işlemi, düşük konsantrasyona göre daha kolaydır. Çünkü yüksek organik konsantrasyon mikrobiyal aktiviteyi hızlandırır. Bir süre sonra bütün oksijen harcanır ve filtre anaerobik şekle döner. Filtrenin aerobik halde kalabilmesi, filtreden çıkan suların tekrar fitreye verilmesiyle (Geri devir) sağlanabilir. Bu sırada organik konsantrasyonu yüksek olan sular seyreltilir.

Kullanılmış suların filtrede kalma süresi, mikrobiyal yüzey alanın kapasitesi ve hidrolik yükle orantılıdır. Yüksek hidrolik yükte, mikroorganizmalar azalan organik maddeyi stabilize etmeye zaman bulamayacaklarından suyun filtrede kalma süresi kısa olur. Suyun filtrede kalma süresi azalırken, yüksek hızlı geri devirdeki organik madde konsantrasyonunun da azaldığı görülmektedir. Bu faktörlerin hepsi kullanılmış sularda organik maddelerin yok edilmesini kötü yönde etkilerler. Organik madde ile temas halindeki mikrobiyal yüzey alanı, filtrenin derinliğine ve filtre dolgu malzemesinin özelliğine bağlıdır (Sansarcı, 1980).

2.8.4. Bakteri metabolizması

Bölüm 2.8.3'de belirtildiği gibi kullanılmış sulardan maddelerin uzaklaştırılması bakteriyal metabolizma ile yakından ilgilidir. Bakteriler, enerji elde etmek için organik maddenin bir kısmını oksitleyerek metabolize eder. Maksimum miktarda enerji elde etmek için bakterilerin erimiş oksijen alması gerekmektedir. Böylece metabolizma hızı ya kullanılabilen organik madde ile ya da bulunan oksijen miktarı ile sınırlıdır. Organik madde konsantrasyonu artarken, metabolizma faaliyeti hızı da, oksijen limit değere gelinceye kadar artar. Metabolizma hızı, mikroorganizmaların oksijen tüketim hızı ile de kontrol edilebilir. Çok yüksek organik yükte, organik maddelerin stabilizasyon hızı sabit bir değere ulaşmaktadır. Bu durumda filtrenin, maksimum organik stabilizasyon hızının da sabit bir değere sahip olduğu söylenebilir.

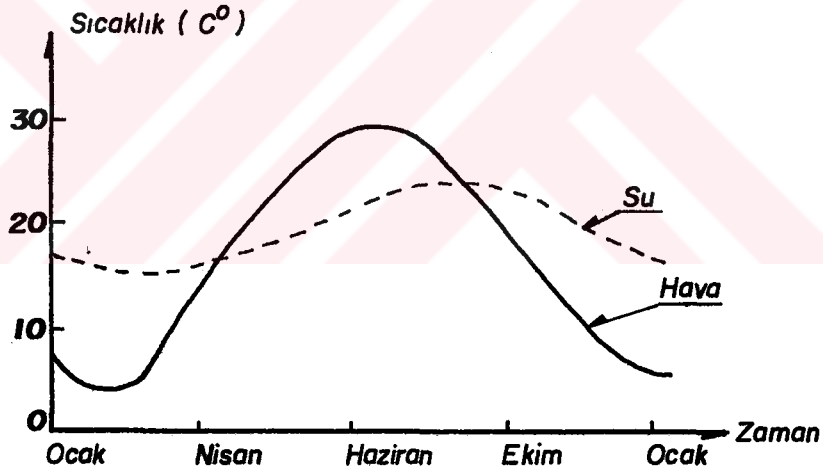
2.8.5. Sıcaklık

Damlatmalı filtrede mikrobiyal yüzey alanı ve mikrobiyal yoğunluk sabittir. Mikrobiyal aktivite ise sıcaklığa karşı çok duyarlıdır. Yani metabolizma hızı sıcaklık yükselmesiyle artmakta, düşmesiyle azalmaktadır. Ayrıca sıcaklık, sudaki erimiş oksijen miktarına etki edeceğinden, erimiş oksijenin az olması hali mikrobiyal aktivite hızını da etkileyecektir. Hava sıcaklığının su

sıcaklığını fazlaca etkileyecek bir etkisi yoktur.

Şekil 2.13'de damlatmalı filtrede hava ile su sıcaklığının mevsimlik değişimi görülmektedir.

Çok soğuk havalarda, hava sıcaklığından dolayı su soğuk olursa da mikrobiyal metabolizma faaliyeti ile meydana gelen enerji ile su ısınarak normal sıcaklığını korur. Filtredeki suyun sıcaklığı, filtreden geçen soğuk hava miktarına ve filtrede metabolize olunan organik madde miktarına bağlı olarak değişir. Kış aylarında fazla yüklü bir filterdeki ısı derecesi, az yüklü filtredenkenden daha yüksektir (Ayalp, 1969).



Şekil 2.13. Damlatmalı Filtrede Hava ve Su Sıcaklığının Mevsimlik Değişimi (Ayalp, 1969)

3. DAMLATMALI FİLTRE DOLGU YATAKLARININ KARŞILAŞTIRILMASI

3.1. Damlatmalı Filtre Dolgu Malzemeleri

Günümüzde ve günümüze kadar damlatmalı filtre dolgu malzemesi olarak çeşitli şekil ve malzemeye sahip dolgu elemanı kullanılmıştır. Klasik olan kırma taşlar daha çok kalkerden yapılmalarına karşılık, püskürük lav taşlarından hazırlanan dolgu yataklarının aşırı yüklü damlatmalı filtrelerde yüzde 10-20 daha fazla verim sağladığı belirtilmektedir (Volf, 1980).

Kırmataş dolgu yatakları, geoteknik ve yapı yönünden ortaya çıkan sınırlamalar nedeniyle fazla yüksek yapılmakta ve boşluk hacmi % 50 gibi düşük değerde olmasından işletme güçlükleri ile karşılaşmaktadır. Karşılaşılan sorunlar bu yöntemin endüstriyel olarak üretilmiş plastik dolgu malzemeleri kullanılarak aşınması yönünde bir eğilim doğmuştur. Bu eğilime uygun olarak yurdumuzda da şehir atık su arıtma tesislerinde plastik dolgu yatakları kullanım bulmaktadır.

Özellikle aşırı yüklü atık suların arıtımında tıkanma tehlikesine karşı oldukça emniyetli olan, büyük boşluk oranına sahip, PE ve PVC'den mamül plastik dolgular kullanılmaktadır. Ayrıca dolgunun birim hacim ağırlığı çok düşük (30-80 kg/m³) olduğundan, geoteknik sorunlar daha kolay aşılabilmektedir.

% 90'dan fazla boşluk oranı ile tipine göre 120-330 m²/m³ özgül yüzey alana sahip olan plastik dolgu

malzemeleri iki ana gruba ayrılırlar. Birincisi küresel veya yassı yapıda olan, üzerinde çeşitli girinti veya delik bulunan plastik parçalardır. Bunlar dolguda gelişi güzel (random) dizilir. Bu malzeme, daha fazla boşluk hacmi ve çok daha küçük birim hacim ağırlığı dışında, suyun dolgu içindeki akımı ve biyofilm oluşumu yönünden kırma taş dolgulardan önemli bir farkı yoktur. Boşluk oranları % 92-95 ve birim hacim ağırlıkları $30-60 \text{ kg/m}^3$ tür.

Daha düzgün bir akım ve dolgu içinde üniform bir dağılım sağlamak, ıslanmış dolgu yüzeyi kalmayacak bir reaktör oluşturabilmek ve aşırı biyofilm oluşumlarında tıkanma meydana gelmeden arıtmanın sağlanabilmesi için oluklu plastik blokları imal edilmiştir. Bu bloklar PE veya PVC levhalarının zigzaglı, ondeleli veya borucuklar halinde düzenlenmesi ile % 94-97 boşluk oranı, $30-160 \text{ kg/m}^3$ birim hacmine ve $90-330 \text{ m}^2/\text{m}^3$ özgül yüzey alana sahip olabilmektedir. Yapımcı firmalara göre plastik blokların bünyesindeki oluklar, akım yönünde düz veya ondeleli olarak ve yatayla 45° , 60° veya 90° açı yapacak şekilde düzenlenmektedir.

Damlatmalı filtre dolgu malzemelerinin özelliklerini kalitatif olarak aşağıdaki gibi karşılaştırabiliriz;

a) Islanma : Tam ıslanmanın en iyi yatay oluklu bloklarda, en aşırı kısmi ıslanma ise gelişi güzel yerleştirilmiş plastik dolgularda görülür. 45° , 60° ve 90° eğimli olukların, zigzagların yatay olduğu kısımlarında kuru kesimlere rastlanabilmektedir. Ancak, kuru alan oranını

azaltmak için zigzag boyları uzatmak yararlı olacaktır. En az kuru nokta 60° eğimli oluklu bloklarda görülmektedir.

b) Biyolojik büyüme : Bununla dolgu malzemesi yüzeyinde biyofilm büyümesi irdelenmektedir. Biyolojik büyüme ile ıslanma arasında doğrudan bir ilişki vardır. Yatay oluklarda, özellikle üreme çabuk olmakta ise de, bu sistemler çabuk tıkanmaktadır. 90° lik oluklarda üniform bir biyofilm oluşmasına rağmen, yüzeydeki akımın kavitasyonu ile hızlı bir kopma olmaktadır. 45° ve 60° eğimli oluklarda en iyi biyofilm oluşmaktadır. En az biyofilm oluşumu plastik parçalardan oluşan random malzemede görülmektedir. Bu durum özellikle düzensiz ve tam olmayan bir ıslanmadan kaynaklanmaktadır. Buna karşılık kırmataş yüzeyinde özellikle yüksek hızlı damlatmalı filtrelerde daha yoğun ve daha kalın bir biyofilm tabakası oluşmaktadır.

c) Damlatmalı filtre sinekleri : En çok sinek üremesi kırmataş dolgularında görülmektedir. Plastik dolgularda ise, kuru alanı en çok olan 45° oluklu ve plastik parçalardan oluşan random malzemede görülmektedir. Buna karşılık iyi bir ıslanmaya sahip 60° oluklu bloklarda sinek üremesi aşırı oranda kısıtlanmaktadır.

d) Oksijen transferi : En az oksijen transferi kırma taş dolguda olup damlatmalı filtre çıkışındaki değer ile plastik dolgu yatakları çıkış değerinin çok altındadır. Ayrıca Parker ve Merrill'e (1984) göre 60° eğimli oluklu blokların en iyi oksijen transferi sağlamakta olduğu belirlenmiştir, (Alyanak, 1989).

3.2. Arıtma Verimleri ve Hacimsel Yük

Bu yöntemde karşılaşılan verim düşüklükleri yalnız damlatamalı filtreye değil, çökeltim verimine de bağlıdır. Dolgu kolonuna yapılan kirlilik yüklemesi, oksijen transferi ve ortama göre aktif çamur yöntemine oranla daha çok değişim gösterir.

Dolgunun birim hacimindeki biyokimyasal ayrışma verimi, birim haciminde biyofilmin oluştuğu yüzey alan ile birim yüzey alandaki ayrışma verimine bağlıdır. Sabit giriş kirliliğine sahip bir atık suyun arıtımındaki çıkış konsantrasyonu hacimsel yüke bağlıdır. Giriş kirliliğindeki salınımlar, çıkış konsantrasyonunda daha büyük salanımlara neden olabilmektedir.

Azot oksidasyonu, birinci derecede hacimsel azot yüküne, ikinci derecede de hacimsel $(BOİ)_5$ yüküne bağlı bir fonksiyondur. Yüksek hacimsel $(BOİ)_5$ yükü azotun oksidasyonunda kısıtlayıcı olmaktadır. Bununla ilgili olarak aşağıdaki sınır değerleri verilmektedir(Volf,1980).

Hacimsel yük	Azot oksidasyonu
0.2 kg $(BOİ)_5$ /m ³ .gün	İleri derecede
0.4 kg $(BOİ)_5$ /m ³ .gün	Kısmen
0.6 kg $(BOİ)_5$ /m ³ .gün	Çok az

Çeşitli araştırmacılar tarafından doğal (taş,seramik) ve plastik (PE,PVC) dolgu malzemeleri karşılaştırılmış, bu çalışmalarda hesaplanan ve biyofilm oluşabilen yüzey alanı arasında ampirik bir kullanma faktörünün bulunduğunu ortaya

koymuşlardır, (Grabowski 1979 : Alyanak'tan 1988). Buna göre plastik dolgu malzemelerinde de ortalama aktif yüzey $60 \text{ m}^2/\text{m}^3$ olabilmektedir. Bu değer (40-80 mm) kırmataş dolgudaki ile eşdeğerdir. Böylece plastik ve doğal dolgu malzemelerinin hacimsel yük yönünden, verimliliğinde kayda değer bir fark ortaya çıkmamaktadır.

Bir çok deneysel çalışmayı karşılaştırdığımızda, arıtma verimi ile hacimsel yük arasındaki ilişkide büyük bir dağılım alanı görülmektedir. Bu da arıtma veriminin hacimsel yükün yanı sıra atık suyun türü, kirlilik düzeyi, sıcaklığı ile dolguda oluşan yüzeysel hidrolik yük ve geri devir oranına bağlı olduğunu göstermektedir.

Ayrıca Tablo 3.1 de görüldüğü gibi kırmataş ile küçük parçalardan oluşan (random) plastik malzeme düşük yük ve kirlilikte yakın değerler verirken, aşırı yüklerde plastik parça (random) malzemelerde önemli verim azalması gözlenmektedir. Düşeyle değişik açılı oluklu blok dolgu malzemelerinde ise, her yük durumunda daha yüksek verimlere ulaşılmış, özellikle 60° eğimli bloklarda en yüksek değerler elde edilmiştir (Harrison ve Daigger, 1987).

Tablo 3.1. Çeşitli Dolgu Malzemelerinin Giderme Verimleri (Harrison ve Daigger, 1987)

BOİ Giriş	YÜKLERİ		GİDERME VERİMİ (%)				
	Hac.yük	Hid.yük	Kırma Taş	Plastik Random	Oluklu 45°	Plastik	
	mg/l	kg/m ³ gün				60°	90°
102	0.59	2.08	70	71	68	74	74
221	2.64	2.86	58	53	60	60	62

3.3. Dolgu Malzemesi Şekillerinin Etkileri

Kırmataş ve plastik (random) dolguda, tanelerin temas noktalarında ve plastik parçaların girintileri içinde biyofilm oluşunca, su ile temas eden efektif yüzey alanı önemli oranda azalmaktadır. Orta ve aşırı yüklü damlatmalı filtrelerde hacimsel (BOİ)5 yükü artınca, arıtma verimi de hızla azalma göstermektedir. Buna karşılık yatayla 45°, 60° veya 90° açı yapan oluklara sahip plastik veya pişmiş kil (seramik tuğla) dolgu yataklarının özgül yüzey alanında önemli bir azalma olmamakta, biyofilmin arıtılacak su ve oksijen ile temasında hiçbir ölü nokta ortaya çıkmamaktadır (Logan, 1987).

Kırmataş dolgu yataklarında tıkanmaların önlenmesi için gerekli olan $0.8 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{sa.}$ yüzeysel hidrolik yük, dolgu içerisinde Reynold sayısı 6'dan büyük olan geçiş bölgesi akımını sağlamaktır. Plastik dolgu yatakları genelde $1-3 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{sa.}$ arasından hidrolik yükler altında çalıştırılmaktadırlar.

Burada yüzeysel hidrolik yükün yanı sıra, akımın dolgu içindeki hareketi de büyük önem taşımaktadır. Kırmataş ve plastik parça dolgu yataklarda zamanla oluşan tıkanmalar, akım ile temas etmeyen yüzeyler ve geliş güzel (random) diziliş nedeniyle film halindeki akım düzensiz ve yer yer farklı Reynold sayılarına sahip olarak akmaya devam etmektedir. Ayrıca random dolguda oluşan akımdaki düzensizlik, arıtılacak su bünyesindeki 0.01 - 0.1 mm boyutundaki partiküllerin dağılımı ve homojen gideriminin

engellenmesine neden olmaktadır. Sonuçta dolgudaki akımın düzenli olması, damlatmalı filtredeki arıtma veriminin düzenliliği için zorunlu olmaktadır. Bu düzenli akımlar oluklu dolgu yataklarında büyük oranda sağlanmaktadır. Blok halinde imal edilmekte olan oluklu plastik dolgu yataklarındaki yüzeyler akım doğrultusunda ve blok boyunca, tamamen düz (XF) veya ondüleli (VF) olarak yapılmaktadır.

Akımın yolunu uzatmak amacıyla oluklarda yapılan ondülelerin bu bloklarda istenilen faydayı sağlamadığı deneyler sonucunda anlaşılmıştır (Logan, 1987).

3.4. Yeni Bir Dolgu Malzemesi-BİYOSER

Bu bölümde verilen çeşitli araştırma sonuçları incelendiğinde görüleceği gibi, dolgu yatağı olarak kırma taş veya plastik parçaların gelişi güzel doldurulduğu dolgu yatakları ile oluşturulmuş bloklar kullanılmıştır. Özellikle düşeyle çeşitli açılar oluşturan oluklara sahip blok halindeki dolgu yatakları, son yıllarda daha çok kullanım bulmaktadır. Araştırmalar 60° eğimli ve düz oluklu blokların işletmede ve arıtma veriminde sağladığı avantajlar nedeni ile en uygun damlatmalı filtre malzemesi olarak görülmektedir.

Avrupa ve A.B.D'nin ekonomik yapıları nedeniyle çoğunlukla plastik blok elemanlar kullanım bulmuştur. Fakat Türkiye'de çok pahalı ve tamamen ithal olması nedeni ile kullanılmamıştır. Plastik dolgu elemanı olarak, bir çok girintisi olan plastik parçalar kullanılmıştır.

Plastik (random) malzemelerin çeşitli dezavantajları daha önce belirtilmişti. Çok pahalı oluşları da dikkate alınarak, ekonomik yönden tercih edilmemesi ve kullanılmaması gerektiği hemen ortaya çıkmaktadır.

Tebliğ sahibi, Türkiye'deki ekonomik yapı ve malzeme olanaklarını dikkate alarak, yurdumuz için çok önemli ve biyolojik arıtmada çok avantajlı olan damlatmalı filtre sisteminin kullanımını en verimli elemanlarla ve çok daha ucuza (%500-800) sağlayabilmek için Biyoser isimli pişmiş kilden mamül (seramik tuğla) dolgu yatağı bloklarını geliştirmiştir. Bu geliştirme sırasında, özellikle 60° eğimli olukları olan plastik blokların avantajları gözönüne alınmış, benzer koşulları (aynı eğim ve yüksek özgül yüzey alanı) sağlayan bir dizayn gerçekleştirilmiştir. imali ve montajı oldukça kolay olan bu pişmiş kil bloklar, bilinen klinker tuğla olarak tuğla fabrikalarında doğal kil malzemeden imal edilebilmektedir. Yüksek sıcaklıkta (900-1200°C) yapılan pişirme ile suya ve asitlere dayanıklı bir doğal seramik tuğla üretimi yapılabilmektedir.

Bu dolgu yataklarının olukları 2-5 cm açıklıkta, dik kesiti 30x40 cm, dik yüksekliği 40-50 cm olup tüm iç ve dış yüzeyleri yivli olan bu bloklar delikli inşaat tuğlası görünümündedir (Alyanak, 1989).

4.DAMLATMALI FİLTRELER ÜZERİNDE YAPILMIŞ OLAN ÇALIŞMALAR

Biyolojik filtrelerdeki madde iletim ve tüketim mekanizması ilk defa Çevre Mühendislerince ele alınmıştır. Bunlar daha çok deney neticelerini eğri uydurmaya çalışmışlardır. Daha sonra Biyologlar ve Biyokimyacılar filtreyi biyolojik bir eleman olarak kabul edip biyofilmin ekolojisi ile ilgilenmişlerdir. Son olarak bu problem için Kimya Mühendisliğinin temel işlemlerine ait metodlar ve dispersiyon teorisi uygulanmıştır.

Mainer, vd (1967), biyofilm ile kaplanmış eğimli bir yüzey yardımıyla damlatmalı filtrelerin işleyişini incelemişlerdir. Bütün metabolik faaliyetlerin biyolojik tabaka içinde hüküm sürdüğü, sıvı filminde mikroorganizmaların çoğalmasının olmadığı kabul edilerek, kontrol elemanı üzerinde bir madde dengesi yazılmıştır. Deneylerde temel besin maddesi olarak glükoz kullanılmıştır ve sıvının laminer akım şartlarında olduğu kabülü ile debi, sıcaklık ve glükoz konsantrasyonuna göre kütle transferi ve mikroorganizmaların çoğalma hızları araştırılmıştır.

Kehrberger ve Busch (1971), glükozla eğik düzlem modeli üzerinde yaptıkları çalışmada erimiş organik karbonun giderilmesi üzerine, kütle transferinin etkisini inceleyerek, Reynold sayısını 9 ile 125 arasında değiştirerek sıvı akımının çalkantısız olduğunu görmüşlerdir. Bu bilim adamlarının yaptığı çalışmalar, sıvı fazdaki madde transferi ve organik bileşiklerin filtre verimini kontrol edici değişkenler olduğunu göstermektedir.

Aynı zamanda kütle transferi tesirleri, bir damlatmalı filtrenin biyolojik işlevlerinin etkinliğinin azalmasına yolaçmaktadır.

Jank ve Drynan (1973), madde giderilmesini doğrudan doğruya filtre dolgu malzemesinin yüzeysel alanına bağlayan bir model üzerinde çalışmışlardır. Çeşitli debi ve giriş konsantrasyonları için bir bağıntı bulmuşlardır. Bu bağıntıdaki katsayılar en küçük kareler metodu ile bulunmuştur.

Galler ve Gotaas (1973), biyolojik filtrelerin projelendirilmesinde optimum hali bulmak için dört farklı modelin analizini yaparak, optimum maliyet şartlarının izin verilebilen maksimum çaplı bir filtre ile sağlandığını ortaya koymuşlardır. Ancak bu durumda da işletme masraflarının artacağını göstermişlerdir. Aynı çalışmada, çökeltme havuzunun bir biyolojik filtrenin optimum projelendirme esaslarını değiştirmedeği gösterilmiştir.

Atkinson ve Hovell (1975), sıvı filmi içindeki konsantrasyon değişimini nokta nokta bulmak yerine, buradaki madde iletimini ifade etmek üzere ortalama bir iletim katsayısı kabul ederek, konsantrasyon ve biyofilm kalınlığını gösteren boyutsuz katsayıları kullanarak, problemin çözümünü grafik olarak vermişlerdir. Aynı kişiler daha sonra sabit giriş şartlarında damlatmalı filtrelerin çalışma karakteristikleri üzerine, sıvının sürükleyici kuvvetiyle yerinden koparılan biyofilmin tesirini açıklayan bir model geliştirmişlerdir.

Williamson. ve McCarty (1976), biyofilmin içindeki reaksiyon hızlarını, sıvı artıkları tasfiye eden biyolojik reaktörlerde kullandılar.

Ürün (1978), düzlemsel yüzeyli biyofilmlerde besi maddesi tüketimini karakterize eden kısmi diferansiyel denklemini, boyutsuz değişkenlerle ifade ettikten sonra, bazı sınır şartları altında bilgisayar yardımıyla nümerik çözümünü yaparak, bu modelin küresel yüzeyli biyofilmlere tatbik şeklini göstermiştir. Kübik dizilişli küre zincirleri için geliştirilen bu teoriyi deneyler sonucunda elde edilen biyolojik verimlerle kıyaslamış ve bunların birbirlerine uygunluğunu göstermiştir.

Honda ve Matsumoto (1983), bir damlatmalı filtre modelinde, sentetik beslenme uygulamasının başlamasından sonra biyofilmin büyümesi üzerinde sıcaklığın etkisini araştırmışlardır. Filtre BOİ giderme oranını ve reaksiyon katsayısını biyofilmin büyümesine bağımlı faktörler olarak seçip onların üzerinde de sıcaklığın etkisini incelemişlerdir. Düzenli olarak çeşitli sıcaklıklarda filmin büyümesini tesbit etmek için büyüme kapasitesinin ve büyüme oranının bilinmesi gerektiğini tesbit etmişlerdir. Büyüme kapasitesi, biyofilmin sabit fazındaki film ağırlığıdır. Büyüme oranı ise filmin büyüme kapasitesinin yarısında olduğu zamanki orandır. Bu araştırmacılar büyüme oranı için maksimum sıcaklığın 15 °C olduğunu göstererek, biyofilmin gelişme denklemini deneysel sonuçlardan çıkarmışlardır.

Howland (1958), ise küre üzerindeki laminer akımı ilk

defa incelemiş ve bulduğu bağıntılar, Topacık, Ürün, Şekerdağ vd. tarafından kullanılmıştır. Bu araştırmada, taneli malzemenin kübik dizilişli bir modelinde akımın, bir küre üzerindeki akıma eşdeğer olduğu düşünülerek, biyolojik filtrasyonda en çok karşılaşılan laminar rejim için diferansiyel denklemi çıkarılmıştır.

Topacık (1977), artık maddelerin ayrışma ve dağılmasını kübik dizilişli damlatmalı bir filtre modeli üzerinde incelemiş ve küre üzerindeki dispersiyonu ifade eden kısmi diferansiyel denklemi çıkarmıştır.

Şekerdağ (1982), küre şeklindeki filtre dayanma yüzeyleri üzerinde besin maddesinin dispersiyonu olayını, kübik dizilişli modeller için sonlu farklar denklem formu ile incelemiş ve küre üzerindeki dispersiyonu ifade eden diferansiyel denklemini genel çözüm veren bir şekle getirmiştir.

Ünlü (1990), damlatmalı filtrelerde malzemenin rombic dizilmesi halinde akımın dispersiyonunu ve rombic diziliş tarzı için debilere göre besin maddesi giderme verimlerini deneysel olarak elde edilmiştir.

5. İNCELENECEK PROBLEMİN TANITILMASI

Son yıllarda yüksek hızlı damlatmalı filtrelerin üstünlükleri anlaşıldıktan sonra damlatmalı filtreler üzerinde yapılan çalışmalar artmıştır.

Bugüne kadar bir çok araştırmacı damlatmalı filtreleri çeşitli dolgu malzelerine ve bu dolgu malzemelerinin çeşitli diziliş şekillerine göre incelemiştir. Günümüzde çevre kirliliği çok önemli bir problem haline gelmiştir. Evsel atıklar, fabrika atıkları çevreye ve insanlara zarar verecek şekle gelmiştir. Bu problemin çözülmesi için çeşitli sistemler bulunsa da bu konuda damlatmalı filtreler önemli bir yer tutmaktadır.

Bu problemin beraberinde getirdiği bir sorun ise, damlatmalı filtre tesisini en ucuza meydana getirmek ve bu ekonomikliğin yanında (diğer malz.göre; plastik,kırmataş) biyolojik verimi (giderme verimi) düşürmemektir. Şartlar değişmediği sürece damlatmalı filtre tesisinin tertip esasları değişmeyeceğinden değişecek tek şey dolgu yatağı yani filtre malzemesidir. Bu çalışmada amaçlanan da yeni bir dolgu malzemesi ile, damlatmalı filtre üzerinde çalışıp deneyler sonucunda diğer malzemelerden yüksek veya yakın giderme verimleri elde etmektir. Kullandığım dolgu malzemesi ile yapılan bir çalışmaya literatür araştırmamda raslanmamıştır.

Kullanılan dolgu malzemesi Bazalt; gahronun yüzey taşıdır. Rengi; koyu siyah küçük kristalli veya camsı olur. Bazalt lavları volkanlardan dışarı çıktıktan sonra içindeki

gazlar uçar ve taşın içinde boşluklar kalır.

Buradaki filtre malzemesi Bazaltik Sünger Taşı adı ile anılmaktadır. Bu taş retikülit, ince, alkım renkli, çeperli birçok küresel boşluklu, hafif kırılğan dışıktır. Literatürde; Reticulite theread-lace, glassy basaltic, ponce basaltique, basaltischer bimstein şeklinde geçmektedir.

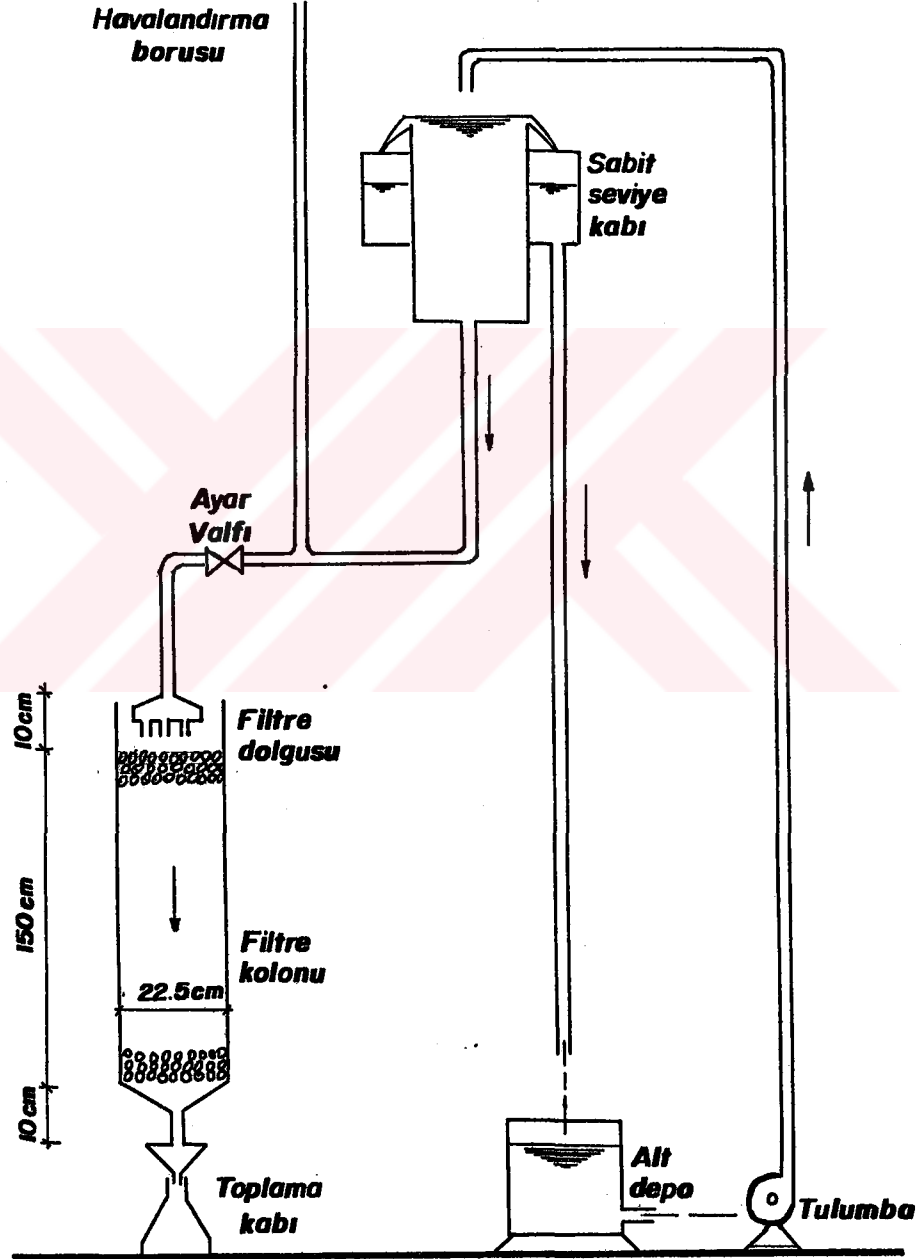
Bazalt yeryüzünde çok rastlanan bir taştır. Bazalt tuf ve lavları geniş alanlar kaplar. Elazığ'da bazalt ocakları şehrin kuzeyinde ve şehre yaklaşık 10 km uzaklıktaki Mürüdü Köyü ile Toraman'da, şehrin 8 km kuzeybatısındaki Karayazı (Nuralı) ve Holpenk Köyleri'nde bulunmaktadır. Bu bazaltik sünger taşlarının rengi koyu, genellikle küçük boşluklu olup boşlukları bazen zeolitlerle doludur (Sayın, 1978).

6. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

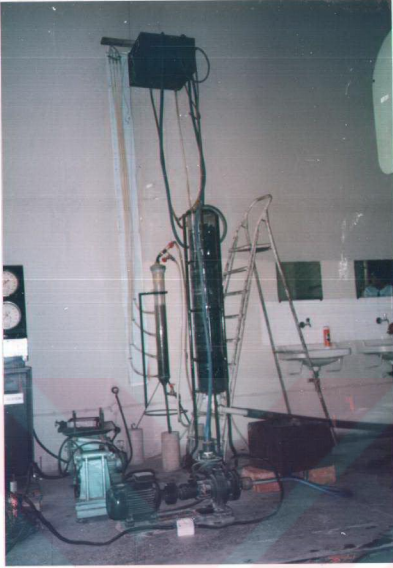
Geliştirilen teorinin pratiğe uygunluğunu göstermek amacıyla, şeffaf bir filtre kolonuna random (rastgele) şekilde, filtre malzemesi olan bazaltik sünger taşı dizilmiştir. Kullanılmış suyu temsil etmek üzere hazırlanan sentetik bir besi maddesi, filtre kolonundan iki ay kadar bir zaman zarfında devrettirilerek biyofilm oluşması sağlanmıştır. Daha sonra farklı debilerde filtre giriş ve çıkışından numuneler alınarak KOİ " Kimyasal Oksijen ihtiyacı " deneyleri yapılmış ve buradan biyolojik verimler tayin edilmiştir.

Deneylerde, $d \approx 5$ cm çaplı girintili, çıkıntılı ve delikli bazaltik sünger taşları ile dolu , uzunluğu 170 cm olan şeffaf, silindirik bir kolon kullanılmıştır. $D=22.5$ cm çapındaki bu kolona 350 adet taş , 150 cm.lik bir filtre boyunda yerleştirilmiştir. Filtrede havalandırmanın sağlanması amacıyla kolonun alt ve üst tarafından yaklaşık 10 cm.lik kısımlar boş bırakılmıştır. Tabii havalandırmanın sağlanması için ise filtre kolonunun yan cidarlarından delikler açılarak havalandırma hortumları takılmıştır.

Deney düzeneği Şekil 6.1'de şematik olarak Şekil 6.2.a ve Şekil 6.2.b'de ise fotoğraflarla görünüş olarak gösterilmiştir. Buna göre; sabit seviyeli üst depodan şeffaf bir hortumla alınan su, bir ayar vanası üzerinden geçerek, bir süzgeç vasıtası ile filtre kolonu üzerine dökülmektedir. Suyun içindeki havanın serbestçe çıkabilmesi için ayrıca bir havalandırma borusu da konulmuştur.



Şekil 6.1. Damlatmalı Filtre Modelinin Şematik Görünüşü



Şekil 6.2. Damlatmalı Filtre Modelinin Görünüşü
a. Filtre ilk faaliyete geçtiğinde
b. Filtre bir süre çalıştıktan sonra

Filtrede madde giderme verimi ile debi arasındaki bağıntıyı araştırmak amacıyla yapılan deneylerde sentetik bir besi maddesi kullanılmıştır. Mikroorganizmaların ihtiyacı olan karbon, azot ve fosforu ihtiva eden bu besi maddesinin bileşikleri ve miktarları Tablo 6.1'de verilmiştir. Tablodaki gr/50 l değerleri, deney sırasında kullanılan deponun hacmi 50 l olduğundan ve kullanılacak bileşik miktarları buna göre olacağından hesap edilmiştir.

Tablo 6.1. Besi Maddesi Bileşikleri ve Miktarları
(Şekerdağ, 1982)

KİMYASAL BİLEŞİKLER	MİKTAR	MİKTAR
	mg/l	gr/50 l
Glükoz	935	46.75
Pepton	400	20.00
K_2HPO_4	800	40.00
KH_2PO_4	400	20.00
NH_2Cl	300	15.00
$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	150	7.50
$FeSO_4 \cdot 7H_2O$	5	0.25
$ZnSO_4 \cdot 7H_2O$	5	0.25
$MnSO_4 \cdot 7H_2O$	5	0.25
$CaCl_2$	20	1.00
$NaHCO_3$	240	12.00

Filtrede mikroorganizma meydana gelmesi için bir miktar kullanılmış su bu besi maddesi ile suya ilave edilmiştir. Biyofilmin oluşabilmesi için 52 gün süre ile Tablo 6.1'de verilen besi maddesi ile hazırlanan sentetik kullanılmış su, belirli aralıklarla değiştirilerek bir pompa yardımıyla filtre içinde devamlı olarak devrettirilmiştir.

Biyofilm oluştuktan sonra KOİ deneyine geçilmiştir. KOİ deneyi numunedeki organik maddenin kimyasal olarak oksidasyonu için gerekli oksijen miktarını ölçmeye yarar. Nehir kirlenmesi ve endüstriyel atıkların incelenmesi çalışmalarında hızlı sonuç veren bir deney olduğundan önemlidir. Yöntem, tüm organik maddenin kuvvetli oksitleyici maddelerle, asit ortamda oksitlenebilecekleri esasına dayanmaktadır. KOİ tayini için gerekli çözeltiler şunlardır;

a) Sülfirik asit+ Gümüş sülfat ($H_2SO_4 + AgSO_4$) çözeltisi : Derişik 1 litre sülfirik asit içinde 6.6 gr gümüş sülfat çözülerek hazırlanır. Çözünmenin tamamlanması bir iki gün sürer.

b) Standart Potasyum dikromat ($K_2Cr_2O_7$) çözeltisi (0.025 N) : 103 °C de 2 saat kurutulmuş potasyum dikromattan 12.2588 gr 0.1 mg hassasiyetle tartılır, damıtık suda çözülüp 1000 ml.ye tamamlanır.

c) Standart Amonyum demir-2-sülfat çözeltisi (0.1 N) [$Fe(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$] : 39 gr Amonyum demir-2-sülfat destile suda çözülür. 20 ml derişik H_2SO_4 ilave edilerek soğutulur ve destile su ile 1000 ml.ye tamamlanır. Çözelti

günlük olarak standart potasyum dikromatla standardize edilerek ayarlanır. Bu çözelti 0.1 N dir.

d) Ferroin çözeltisi : 1.735 gr 1.10 - fenantralin dihidrat 0.695 gr $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ile birlikte damıtık suda çözülüp 100 ml.ye tamamlanır.

Kot deneyinin yapılışı ise şu şekildedir;

a) 20 ml su numunesi 500 ml.lik ağzı rodajlı bir balona koyulur.

b) 0.4 gr H_2SO_4 ilave edilip karıştırılır.

c) 10 ml 0.025 N potasyum dikromat çözeltisi ilave edilir.

d) 30 ml gümüş sülfatlı sülfirik asit çözeltisi yavaşça ilave edilir ve balon iyice karıştırılarak derhal soğutucuya bağlanır. Geri soğutucu altında çözelti 2 saat kaynatılır, kaynamanın düzgün olması için betonda birkaç tane cam boncuğu bulunmalıdır. İki saat sonunda balon soğutulur.

e) 2-3 damla ferroin indikatörü ilave edilir ve demir amonyum-2-sülfat çözeltisi ile indikatörün rengi kırmızıya dönene kadar filtre edilir. Rengin kırmızıya geçişi mavi-yeşil üzerinden olduğu için çok kesindir.

Hesaplama;

$$N = \frac{(\text{ml}) \text{ alınan potasyum dikromat çözeltisi } \times 0.25}{(\text{ml}) \text{ titrasyonda harcanan demir amonyum iki sülfat çözeltisi miktarı}}$$

mg/l olarak KOİ miktarı aşağıdaki formülle hesaplanır;

$$\text{mg/l KOİ} = \frac{(V_0 - V_1) \times N \times 8000}{V}$$

Debiler, kronometre ve hacmi belirli balon jojeler yardımıyla ölçülmüştür. Her bir debi için filtreden belirli bir süre, sentetik kullanılmış su geçirildikten sonra, filtreye giren suyun debisi, çıkan suyun debisine eşit olur. Bu nedenle debi ölçümü için rejim halinin teşekkülü amacıyla, yarım saat kadar su akıtılmış ve en az üç okuma yapılarak debinin değişmediği tesbit edilmiştir.

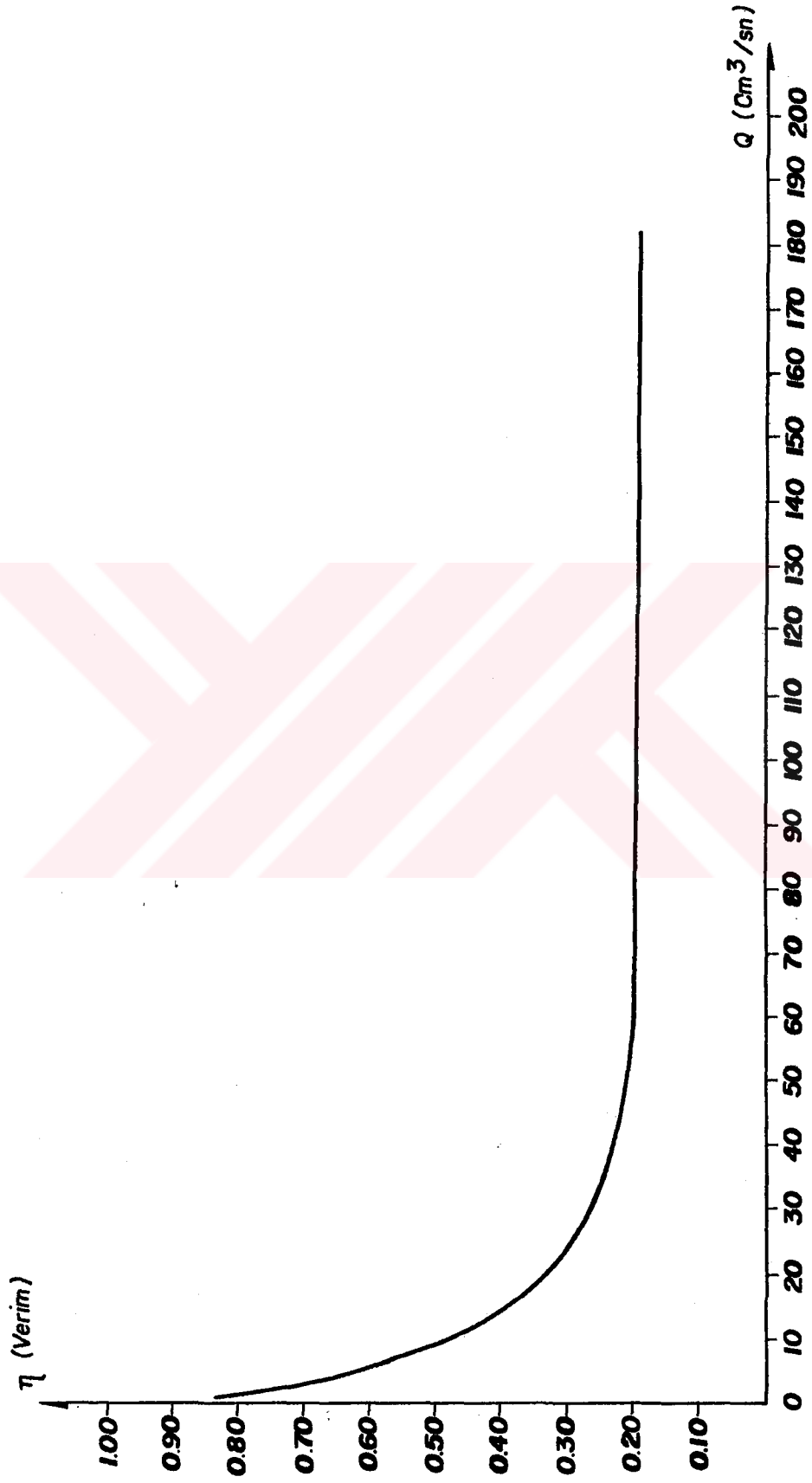
Bu deneyler esnasında filtreden çıkan su sistemden dışarı atılmıştır. Her debi için su sıcaklığı ölçülmüş, ayrıca filtre giriş ve çıkışında aynı anda numune alınarak KOİ değerleri daha önce anlatıldığı şekilde tesbit edilmiştir. Her numune için iki KOİ deneyi yapılmış, sonuç olarak bu deneylerin ortalaması KOİ değeri olarak alınmıştır. Her debi için bulunan sonuçlar Tablo 6.2 'de gösterilmiştir.

Bu tablodan faydalanarak, deneysel olarak madde giderme verimi ile debi arasındaki bağıntı şekil 6.3 'de gösterilmiştir.

Tablo 6.2. Biyofilm ile Kaplı Filtre Kolonunun Biyolojik Veriminin Tayini İçin Yapılan Deneylerin Sonuçları.

Su sıcaklığı	Giren debi (Q_1)	Giriş KOİ (C_0)	Çıkış KOİ (C_1)	Ölçülen biyolojik verim
°C	cm ³ /sn	mg/l	mg/l	$\eta = 1 - (C_1/C_0)$
19	0.926	590.40	99.00	0.832
19	1.582	757.80	167.40	0.779
18	3.401	668.80	225.28	0.663
18	7.353	663.52	293.92	0.557
19	15.625	642.00	401.20	0.375
19	30.303	659.60	486.20	0.263
19	60.606	649.40	520.20	0.199
19	87.310	656.20	530.40	0.192
19	142.857	663.00	533.80	0.195
19	181.818	659.60	532.20	0.193

Bu çalışmada ana hedef, damlatmalı filtrelerin dolgu malzemelerinin karşılaştırılması olduğuna göre, bulduğumuz debi - verim eğrisini yapılan diğer çalışmalarla karşılaştırmak gerekmektedir. Ancak, plastik malzemenin kırma taşa göre üstünlükleri diğer bölümlerde anlatılmıştı. Bu nedenle bulunan debi-verim eğrisini plastik malzeme ile yapılan çalışmalarla karşılaştırmak yeterlidir.



Şekil-6-3. Madde Giderme Verimi ile Debi Arasındaki Eğri.

Tablo 6.3 ve Tablo 6.4 'de bazı çalışmacıların biyolojik verimin tayini için yaptığı deneylerin sonuçları yer almaktadır.

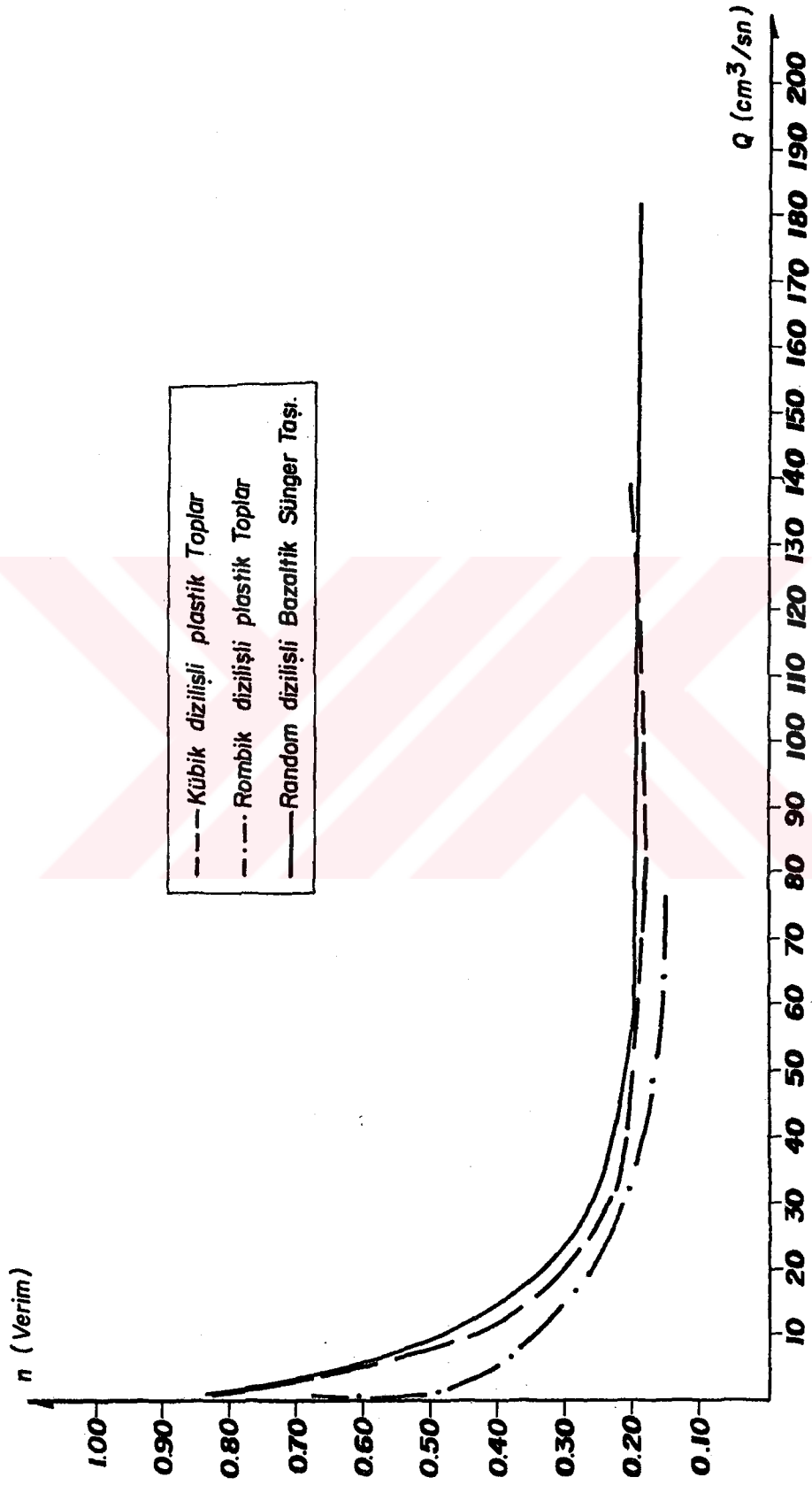
Tablo 6.3. Biyofilmle Kaplı Plastik Kürelerle Dolu (Kübik Dizilişli) Filtre Kolonunun Biyolojik Veriminin Tayini için Yapılan Deney Sonuçları
(Şekerdağ, 1982)

Su sıcaklığı	Debi Q	Giriş K0İ C_0	Çıkış K0İ C_1	Ölçülen biyolojik verim
$^{\circ}C$	cm^3/sn	mg/l	mg/l	$\eta = 1 - (C_1/C_0)$
25	0.96	624.00	108.50	0.826
25	1.84	949.50	208.50	0.781
25	4.26	813.90	271.30	0.666
25	4.95	840.90	307.50	0.634
25	5.71	569.70	244.20	0.571
25	10.20	601.60	345.90	0.425
25	16.67	541.40	391.00	0.278
25	25.64	504.00	345.60	0.314
25	33.33	569.40	444.60	0.219
25	62.50	563.80	450.80	0.200
25	74.07	546.00	452.40	0.171
25	82.64	592.80	478.80	0.190
25	138.90	592.80	468.00	0.211

Tablo 6.4. Biyofilmle Kaplı Plastik Kürelerle Dolu (Rombik Dizilişli) Filtre Kolonunun Biyolojik Veriminin Tayini İçin Yapılan Deney Sonuçları (Ünlü, 1990)

Su sıcaklığı	Giren debi Q	Giriş KOİ (C_0)	Çıkış KOİ (C_1)	Ölçülen Biyolojik verim
°C	cm^3/sn	mg/l	mg/l	$\eta=1-(C_1/C_0)$
28	0.833	1064	344	0.677
28	2.632	1024	576	0.440
28	4.030	1000	600	0.400
28	5.000	904	568	0.372
29	9.728	880	576	0.345
28	15.152	656	448	0.317
29	19.230	1024	704	0.313
29	27.777	736	560	0.239
29	30.303	696	536	0.230
29	45.455	576	480	0.167
29	76.285	560	472	0.157

Tablo 6.2, Tablo 6.3, Tablo 6.4 'deki değerlerin toplu olarak karşılaştırılması Şekil 6.5 'de grafik olarak gösterilmektedir.



Şekil.6.4. Çeşitli Filtre Malzemeleri ile Yapılan Deneyler Sonucunda Elde Edilen Verim-Debi Eğrilerinin Karşılaştırılması.

7. SONUÇLAR ve TARTIŞMA

Bu çalışmada, elde edilen sonuçlar ve sonuçların tartışması aşağıda özetlenmiştir.

Random diziliş tarzı için yeni bir dolgu malzemesi olan bazaltik sünger taşı ile, debilere göre besi maddesi giderme verimleri deneysel olarak elde edilmiştir.

Şekil 6.4'de de görüldüğü gibi, random dizilişli bazaltik sünger taşı ile yapılan deneyler sonucunda elde edilen giderme verimi, rombik dizilişli plastik toprak ile yapılan deneyler sonucunda elde edilen giderme veriminden yüksek, kübik dizilişli toprakla yapılan deneyler sonucunda elde edilen giderme verimine ise çok yakındır. Öyleyse buradan çıkarılacak en önemli sonuçlar şunlardır;

Bilindiği gibi plastik toprakların dolgu malzemesi olarak kullanılması mali bir yük getirmektedir. Bu yüzden, yukarıdaki açıklamalardan da anlaşılabilceği gibi plastik malzeme yerine bazaltik sünger taşı'nın kullanımı daha uygun olacaktır.

Bazaltik sünger taşı tabiatından karşılandığı için, dolgu malzemesi olarak plastik toptan çok ekonomik olacaktır.

KAYNAKLAR

- ALYANAK,İ.,(1988). Biyolojik Su Arıtımında Kullanılan Seramik Dolgu Yatağı, T.C. Sanayi ve Ticaret Bakanlığı Resmi Sınai Mülkiyet Gazetesi, Sayı.271, ANKARA.
- ALYANAK,İ.,(1989).Biyolojik Atıksu Arıtımında Kullanılan Damlatmalı Filtre Dolgu Yataklarının Karşılaştırılması, Çevre 89 ENVIROMENT 5.Bilimsel ve Teknik Çevre Kongresi, ADANA.
- ATKINSON,B., ve HOWEL,J.A.,(August-1975). Slime Hold up Influent BOD and Mass Transfer in Trickling Filters, Journal of the Enviromental Engineering Division, ASCE, Vol.10, No EE4
- AYALP,A.,(1969).Kullanılmış Suların Tasfiyesinde Damlatmalı Filtrelerin Mikrobiyolojisi, İTÜ Dergisi, Cilt.27, Sayı.2, İSTANBUL.
- FAIR,G.M., ve GEYER,J.C.,(1966).Water and Waste-Water Eng., Willey. Int. End.
- GOTAAS,H.B., ve GALLER,W.S.,(1971).Desing Optimization For Biological Filter Models, Jour. Envrion. Eng. Div. ASCE, Vol.199
- HARRISON,J.R., ve DAIGGER,G.T.,(1987). A Comparinon of Trickling Filter Media, Jour. WPCF, Vol.59, No.7
- HONDA,Y., ve MATSUMOTO,J.,(1983).The Effect of Teperature on the Growth of Microbial Film in a Model Trickling, Water Research, Vol.17,No.4,pp.375-382
- HOWLAND,W.E.,(1958).Flow Ower Paraus Media as in Trickling Proc.12 th. Ing. Waste. Conf., Purdue University, pp.435-465
- IMHOFF,K.R.,(1976).Trickling Filtration,Theory and Practice of Biological Waste Water Treatment, Bogaziçi Ün.
- JANK,B.E.,ve DRYNAN,W.R.,(1973).Substrate Removal Mechanizm of Trickling Filters, Jour. Envrion. Eng. Div.ASCE
- KEHRBERGER,G.J., ve BUSCH,A.W.,(1971).Mass Transfer Effects in Maintaining Aerobic Conditions in Filter Flow Reactors, Jour. Wat. Pol. Con. Fed., Vol.43, pp.1514-1527.

- LOGAN, B.E., (1987). A Fundamental Model for Trickling Filter Process Desing, Jour. WPCF, Vol.59, No.2, p.167
- MAINER, W.J., BEHN, V.C., ve GATES, C.D., (1967). Sumulation of the Trickling Filter Process, Jour. Sanit. Eng. Div., ASCE
- MUSLU, Y., (1988). Biyolojik Filtrasyon ve Damlatmalı Filtreler, Kullanılmış Suların Tasfiyesi, İTÜ.İnş. Fak. Çevre Müh. Böl., Cilt.1, İSTANBUL.
- MUSLU, Y., (1976). Damlatmalı Filtreler, D.M.M.A. Dergisi, Sayı.MMA-2
- ROTH, M., (1980). Kunststuffedfüllte Tropfkörper, Stuttgarter Berichte zur Siedlungs Wasser wirtschafft, Band.68 s.167, Oldenburg MÜNCHEN.
- SANSARCI, H., (1980) Biyofilmlerde Besi Maddesi Tüketim Mekanizmasının Araştırılması, Doktora Tezi, İTÜ Müh. Fak., İSTANBUL.
- SAYIN, F., (1978). Jeoloji Ders Notları, 2.Baskı, E.D.M.M.A. Sayfa.57, ELAZIG.
- ŞEKERDAĞ, N., (1982). Biyolojik Filtrasyonun Dispersiyonlu Akım Modeli Üzerinde İncelenmesi, İTÜ Doktora Tezi, İSTANBUL
- TOPACIK, D., (1977). Artık Maddelerin Ayrışma ve Dağılmasının Kübik Dizilişli Damlatmalı Bir Filtre Üzerinde İncelenmesi, Doktora Tezi, İTÜ İnş. Fak., İST.
- ÜNLÜ, A., (1990). Damlatmalı Filtrelerde Malzemenin Rombik Dizilmesi Halinde Akımın Dispersiyonu, Doktora Tezi, FÜ. Müh. Fak., ELAZIG.
- ÜRÜN, H., (1978). Biyolojik Film Reaktörlerinin Kinetiği Üzerine Bir Araştırma, Doktora Tezi, İTÜ Müh. Fakültesi, İSTANBUL.
- WOLF, P., (1980). Brockengefüllte Tropfkörper ein-und Stufigen Biologischen Anlagen, Stuttgarter Brichte zur siedlungs - wasser Wirtschafft, Band.68, s.145 Oldenburg, MÜNCHEN.
- WILLIAMSON, K., ve GALLER, W.S., (1971). Desing Optimization For Biological Filter Models, Jour. Envriion. Eng. Div., ASCE, Vol.199