

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**DOĞAL KAYNAK SULARIN ZEOLİTLERLE
(KLİNOPTİLOLİT) ARITILMASININ ARAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Kimya Müh. İlhan İNANÇ

Enstitü Ana Bilim Dalı : ÇEVRE MÜH.

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Mirali ALOSMAN

Haziran 2006

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**DOĞAL KAYNAK SULARIN ZEOLİTLERLE
(KLİNOPTİLOLİT) ARITILMASININ ARAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Kimya Müh. İlhan İNANÇ

Enstitü Anabilim Dalı : ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ

Bu tez 19 /06 /2006 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.

Prof.Dr.Mirali ALOSMAN
Jüri Başkanı

Prof.Dr.Saim ÖZDEMİR
Üye

Prof.Dr.İsmail EKMEKÇİ
Üye

ÖNSÖZ

Bu tezi hazırlarken bilgi ve desteğini hiçbir zaman esirgemeyen kıymetli hocam Prof. Dr. Mirali ALOSMAN' a, yüksek lisans süresi boyunca bilgilerini benden esirgemeyen Yar. Doç. Dr. Cemil ÖRGEV' e teşekkür ederim.

İş yerindeki laboratuvarını kullanmama izin veren Sn Tahsin KAYA' ya teşekkür ederim.

Deney safhasında bana yardımcı olan Ali ONUK' a, yazma ve düzenlemede bana yardımcı olan Bahar AYDIN, Canan ÇETİN' e teşekkür ederim.

Her zaman arkamda desteğini hissettiğim eşim Yıldız İNANÇ' a ve dünyada tek servetim olan oğullarım Furkan ve Ömer Melih İNANÇ' a teşekkürü bir borç bilirim.

İLHAN İNANÇ

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	ii
İÇİNDEKİLER	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	viii
ŞEKİL LİSTESİ.....	x
TABLolar LİSTESİ	xi
ÖZET	xiii
SUMMARY.....	xiv

BÖLÜM 1.

GİRİŞ.....	1
1.1. Doğal Kaynak Suları Hakkında Genel Bilgi	1
1.1.1. Su ve insan.....	1
1.1.2. Suyun önemi.....	3
1.2. Doğal Kaynak Sularının Nitelikleri	7
1.2.1. İçme suyunun nitelikleri	7
1.2.1.1. Bulanıklık	7
1.2.1.2. Renk.....	8
1.2.1.3. Koku ve tat	9
1.2.1.4. Mikroorganizmalar	10
1.2.1.5. Azot.....	11
1.2.1.6. Toplam çözünmüş katılar.....	13
1.2.1.7. Çözünmüş oksijen.....	14
1.2.1.8. Florür.....	14
1.2.1.9. Silis	15
1.2.1.10. Klorür	15
1.2.1.11. Sülfat	16

1.2.1.12. PH	17
1.2.13. Sertlik	17
1.2.14. Demir ve mangan	19

BÖLÜM 2.

DOĞAL KAYNAK SULARININ MEVCUT TEMİZLEME

YÖNTEMLERİ.....	24
2.1. İçme Suyu ve Arıtımı.....	24
2.2. Su Arıtmada Temel İşlemler	25
2.2.1. Eleme	25
2.2.2. Sedimentasyon	25
2.2.3. Havalandırma	25
2.2.4. Koagülasyon	26
2.2.5. Süzme filtrasyon	27
2.2.6. Biyolojik arıtma	27
2.3. Diğer İşlemler	27
2.3.1. Su yumuşatma ve sertlik giderme.....	27
2.3.2. Metal giderme	27
2.3.3. Koku ve organik madde giderme	28
2.2.4. Dezenfekte etme	28

BÖLÜM 3.

İÇME SULARINDA DEZENFEKSİYON VE DEZENFEKSİYON

YÖNTEMLERİ.....	29
3.1. Fiziksel Dezenfeksiyon	30
3.1.1. Isı ile dezenfeksiyon	30
3.1.2. Ultraviyole (UV) ışını ile dezenfeksiyon	31
3.2. Kimyasal Dezenfeksiyon	30
3.2.1. Asitler ve alkaliler ile dezenfeksiyon	30
3.2.2. Yüzey aktif kimyasal maddeler ile dezenfeksiyon.....	30
3.2.3. Metal iyonları ile dezenfeksiyon.....	31
3.2.4. Halojenler ile dezenfeksiyon	31
3.2.5. Ozon ile dezenfeksiyon	32

3.2.6. Potasyum permanganat ile dezenfeksiyon.....	32
BÖLÜM 4.	
SU ARITMA İŞLEMLERİNDE YENİ YÖNTEMLER	33
4.1. Polimer-polielektrolitler	33
4.2. Biyolojik Polielektrolitler	34
4.3. Sentetik Polielektrolitler	34
BÖLÜM 5.	
MATERYAL-METOTLAR	36
5.1. Materyaldeki Yeni Teknolojik Yöntemler	36
5.1.1. Adsorbsiyon	36
5.1.1.1. Adsorbsiyon teorisi	36
5.1.1.2. Adsorbsiyon tipleri	37
5.1.1.3. Adsorbsiyona etkieden faktörler.....	38
5.1.1.4. Adsorblayıcı maddeler.....	39
5.1.2. Zeolit	39
5.1.2.1. Tanım ve sınıflandırma.....	39
5.1.2.2. Dünyada mevcut durum	42
5.1.2.3. Tüketim	42
5.1.2.4. Üretim.....	44
5.1.2.5. Türkiye’ de durum	46
5.1.2.6. Rezervler.....	46
5.1.2.7. Tüketim.....	47
5.1.3. Perlit.....	47
5.1.3.1. Tanım ve sınıflandırma	47
5.2. Metotta Yeni Teknolojik Yöntemler.....	49
5.2.1. Ozon.....	49
5.2.2. Ultraviyole ışınları kullanılarak içme suyu dezenfeksiyonu .	51
5.2.3. Mikro filtrasyon.....	53
5.2.3.1. Tutma etkinliği.....	53
5.2.3.2. Membran filtre tipleri	54

5.2.4. Ultra filtrasyon.....	55
5.2.4.1. Ultra filtrasyon membran özellikleri.....	56
5.2.4.2. Ultrafiltrasyon membranlar	57
5.2.4.3. Ultra Filtrasyon membran modülleri.....	59
5.2.5. Ters osmoz sistemlerle suların arıtılması.....	60
5.2.5.1. Ters osmozlarla reddedilen kirleticiler.....	61
5.2.5.2. Ters osmoz proses.....	63
BÖLÜM 6.	
KURUMSAL TEMEL KAYNAK ARAŞTIRMASI	66
6.1. Kaynak Araştırması	66
6.1.1. Doğal zeolit klinoptilolit.....	66
6.1.2. Doğal zeolitlerin mataryalle iyon değişimi.....	68
6.1.3. Doğal zeolitlerin su kirliliğini gidermekte kullanımı.....	71
6.1.4. Zeolitlerin X de mataryalle iyon değişimi.....	72
6.1.5. Zeolitlerde iyon değişim kinetiği.....	73
6.2. Kurumsal Temeller.....	75
6.2.1. Zeolitin yapısı.....	76
6.2.2. Zeolitin X yapısı.....	77
6.2.3. Klinoptilotin yapısı.....	78
BÖLÜM 7.	
DENEYSEL ÇALIŞMANIN YAPILMASI.....	81
7.1. Kullanılan Su ve Zeolitin Hazırlanması.....	82
7.1.1. Kullanılan su.....	82
7.1.2. Zeolitin hazırlanması.....	83
7.1.3. 0.01 M EDTA çözeltisinin hazırlanması.....	83
7.1.4. Tampon çözeltisinin hazırlanması	83
7.1.5. İndikatör çözeltisi.....	83
7.1.6. EDTA ile sertlik tayininin yapılması.....	84
7.2. Deneyin Yapılışı.....	84
7.2.1. Kesintisiz adsorbsiyon prosesi	84

7.2.2. Kesikli adsorbsiyon proses.....	86
BÖLÜM 8.	
SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	90
KAYNAKLAR	92
ÖZGEÇMİŞ	94

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

AKM	:	Askıda kalan madde
ATC	:	Kesin eşik konsantrasyonu
BİO ₅	:	Biyolojik oksijen miktarı
CA	:	Selülozasetat
CMC	:	Karboksil metil seliloz
KOİ	:	Kimyasal oksijen ihtiyacı
DNA	:	Dinükleik asit
EDTA	:	Etilendiamintetraasetik asit
EPA	:	Çevre koruma ajansı
MAC	:	Max müsaade edilebilir konsantrasyon
MWCO	:	Moleküler ağırlık
NTU	:	Bulanıklık birimi
PAAm	:	Poliakrilamid
PES	:	Polieler sulfan
pH	:	Hidrojen iyonu konsantrasyonu
POLY DADMAC	:	Polidaldimetilaminyum
PP	:	Polipropilen
PS	:	Polisülfon
PVDF	:	Polivinilden floride
RNA	:	Ribonükleik asit
RO	:	Ters osmoz
SDI	:	Partikül duyma indeksi
TDN	:	Eşik koku numarası
TDS	:	Toplam çözülmüş katı
THM	:	Trihalometanlar
TLV	:	Eşik limit değeri
TNT	:	Trinitrotoliene

TOK	:	Toplam organik madde
TS-266	:	Türk standartları içilebilir su standardı
UF	:	Ultra filtrasyon
UV	:	Ultraviyole ışık
VOC	:	Uçucu organik bileşikler
WHO	:	Dünya sağlık örgütü
A ⁰	:	Anstrom
C	:	Tuz iyonlarının molar konsantrasyonu
C _f	:	Besleme yüzeyindeki konsantrasyon
C _p	:	Permeat yüzeyindeki konsantrasyon
C _w	:	Membran yüzeyinde konsantrasyon
⁰ D	:	Alman sertlik derecesi
⁰ E	:	İngiliz sertlik derecesi
F _s	:	Fransız sertlik derecesi
nm	:	nemometre
R	:	Gaz Sabiti (0,382 lt bar / km)
r	:	Yarıçap
Δp	:	Geçirgenlik katsayısı
Π	:	Osmatik basınç
ΔΠ	:	Besleme ile permeat arasındaki osmatik basınç farkı

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1.	İnsan vücudundaki zararlı elementler ve bileşiklerin bulunduğu bölgeler.....	3
Şekil 1.2.	Su imalathanesinden bir görüntü.....	20
Şekil 5.1.	Sıvı fazda adsorpsiyon reaksiyonunun şablon temsili.....	36
Şekil 5.2.	Zeolit cevherinin zenginleştirilmesi.....	41
Şekil 5.3.	UV spektrumunun dalga boyu aralığı.....	52
Şekil 5.4.	UV lamba düzeneği.....	52
Şekil 5.5.	Membran kesiti.....	56
Şekil 5.6.	Lifli membran kesiti.....	56
Şekil 5.7.	Ultrafiltrasyonda akış kesiti.....	57
Şekil 5.8.	Tabaka çerçeve modüllü filtrasyon.....	60
Şekil 5.9.	Tübüler modüllü filtrasyon modeli.....	60
Şekil 5.10.	Ters osmoz ve osmatik basınç sistemi.....	63
Şekil 5.11.	Ters osmoz, ultra filtrasyon ve mikro filtrasyon.....	64
Şekil 6.1.	Zeolit kristallerinin en küçük yapı birimi.....	76
Şekil 6.2.	Zeolit X'in kristal yapısı.....	77
Şekil 6.3.	Klinoptilolit birim hücre yapısı.....	79
Şekil 6.4.	Klinoptilolit kanal blok diyagramının görünüm şekli.....	79
Şekil 6.5.	Klinoptilolit kanal blok diyagramı.....	80
Şekil 7.1.	Kesintisiz proses sistemi.....	85
Şekil 7.2.	Kesintisiz Proses Sertlik-Zeolit Miktarına Karşı Grafik	86
Şekil 7.3.	Kesikli Proses şeması	87
Şekil 7.4.	Kesikli Adsorbsiyon Sistemi.....	87
Şekil 7.5.	Kesikli Adsorbsiyon Sistemi.....	88
Şekil 7.6.	Kesikli Proses Sertlik-Zeolit Miktarına karşı Grafiği.....	89

TABLolar LİSTESİ

Tablo 1.1.	Sudan bulaşan hastalıklar.....	6
Tablo 1.2.	Suların sertlik derecelerine göre sınıflandırılması.....	18
Tablo 1.3.	Sertlik derecelerinin dönüşüm katsayıları.....	18
Tablo 1.4.	Demir ve Mangan arıtım yöntemleri.....	21
Tablo 1.5.	Suda oluşan koku problemleri.....	21
Tablo 1.6.	Suyun görünümü ve nedenleri.....	22
Tablo 1.7.	Suyun tat problemleri ve nedenleri.....	22
Tablo 1.8.	Suda bulunan başlıca maddeler ve kaynakları.....	22
Tablo 4.1.	Endüstriyel atıkların özellikleri.....	35
Tablo 5.1.	Fiziksel ve kimyasal adsorpsiyon arasındaki farklar.....	38
Tablo 5.2.	Zeolitin sınıflandırılması.....	41
Tablo 5.3.	Perlitin kimyasal özellikleri.....	48
Tablo 5.4.	Ozonun diğer dezenfektanların oksitleme güçleri.....	50
Tablo 5.5.	Genel olarak ozonlanmanın uygulandığı alanlardaki ozon dozajları ve temas süreleri.....	50
Tablo 5.6.	Tipik ultrafiltrasyon membran materyalleri.....	58
Tablo 5.7.	Ticari olarak kullanılan polisulfon ve seluloz asetatı membranlarının verileri.....	59
Tablo 5.8.	Kirlenici boyutuna bağlı olarak filtrasyon.....	62
Tablo 5.9.	Ham su ve üretilen su kalitesi.....	62
Tablo 5.10.	Ters osmozda kullanılan modellerin mukayesesi.....	65
Tablo 6.1.	Bigadiç yöresinden alınan klinoptilolit numunelerinin kimyasal analizleri.....	68
Tablo 6.2.	Amonyum formuna dönüştürülmüş klinoptilolit, flipsit ve Mordenitin kimyasal analizi.....	69
Tablo 6.3.	Sodyum ve amonyum formuna dönüştürülmüş klinoptilolitin kimyasal analizi.....	70

Tablo 6.4.	Klinoptilolitte kanal karakteristikleri ve katyon durumları.....	79
Tablo 6.5.	Atık sulardaki ağır metallerin kaynakları ve sudaki derişimleri.....	80
Tablo 6.7.	Değişik zeolitler için iyon değişim kapasiteleri.....	80
Tablo 7.1.	Şerefiye doğal kaynak suyunun kimyasal özellikleri.....	82
Tablo 7.2.	Kesiksiz Proses Deney verileri.....	85
Tablo 7.3.	Kesikli Proses Deney Verileri	88

ÖZET

Anahtar Kelimeler: Zeolit, Doğal Kaynak Suları, Arıtma

Ülkemizde bulunan doğal kaynak suları genellikle sert ve orta sertlikteki sular olup, 8 ila 14 °Fs sertliğine sahiptirler. Bu suların, kullanımını yaygınlaştırmak için sertlik değerlerinin makul değerlere indirilmesi gerekmektedir. Bu değerler 1 ile 7,5 °Fs arasındadır.

Bu çalışma, doğal kaynak sularının ülkemizde bol miktarda bulunan zeolit ve ön filitre işlemi için perlit kullanılarak sertlik giderme çalışması yapılmıştır. Deneyde kullanılan adsorbant doğal zeolittir. Doğal zeolit doğal suda bulunan Mg ve Ca iyonlarını absorbe etmek amacı ile kullanılmıştır. Perlit ise ön filtrasyon işleminde katı partüküllerin tutulmasında kullanılmıştır.

Deneysel çalışmada iki tip protatip geliştirilerek, sertlik ölçüm deneyleri yapılmıştır. Bu protatipler kolunlu ve sürekli tip protatipler olup, deneysel çalışma sonucunda her ikisinden de 7,2°Fs sertliğinden doğal kaynak suyu sertliği 1,9 °Fs sertliğine düşürülmüştür. Proseste kullanılan adsorbant olan doğal zeolit diğer çeşit adsorbant malzemelerden oldukça ucuz olup ekonomiktir. Ayrıca proses sonrası her iki proseste kullanılan yani iş yapan zeolit başka amaçlar için (gübre, toprak hazırlama vs) kullanılması mümkündür. Dolayısıyla proses atığının başka amaçlar için kullanılabilceğinden atığın çevreye zararı yoktur.

Ülkemizde bulunan sertlik değerleri yüksek olan doğal kaynak sularının sertliklerinin giderilmesinde doğal zeolit kullanılabilir.

INVESTIGATION OF PURIFICATION OF NATURAL SPRING WATER WITH ZEOLITE

SUMMARY

Keywords: Zeolite, Natural Spring Water, Purification

Natural spring water has a hard and mild hard hardness water that ranges from 8 to 14 Fs hardness class in Turkey. The hardness of the natural spring waters can be reduced to desirable values. Those are 1 to 7.5 Fs.

In this studies, natural zeolite and perlite are used to reduce to natural springs water hardness. The natural zeolit is used to remove Mg and Ca ions in natural spring water. Also perlite is used to remove particular with a pre-filtration.

Two type apparatus are designed to obtain the measurement of spring water hardness. These type are column and continue apparatus in this studies. The 7.2 degrees of the hardness is reduced to 1.9 Fs. In this process, the adsorbent is natural zeolite that is inexpensive and economical. Also the zeolit is unpollution. It can be used as varies goals (fertilizer and filing land).

The higher degrees hardness can be converted to normal values in Turkey.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

1.1 Doğal Kaynak Suları Hakkında Genel Bilgiler

1.1.1 Su ve insan

Modern yaşamında da insanların birçoğunda, yeteri kadar su içilmemesi nedeniyle hafif derecede "dehidrate - vücudun susuz kalması" olduğunu ortaya koyuyor. Susama mekanizmasının iyi çalışmaması, suyun tadını pek sevmememiz, çok sık içmememiz, aşırı egzersiz ve aşırı sıcaklar gibi çevresel faktörler dehidrasyona (susuzluğa) yol açmaktadır. Su kaybı fizyolojik sorunlara ve performans düşüklüklerine yol açar.

Yetişkin bir kadın günde ortalama 2,2 litre, erkek ise 3 litre su içmesi gerekmektedir. Su havadan sonra en gerekli olan ancak o kadar da ihmal edilen bir besin ögesidir. Vücuttan %2'lik bir su kaybı bazı fizyolojik sorunlara ve performans düşüklüğüne yol açar. Vücut suyu suyunun %3'lük kaybı sonucunda, fiziksel performans azalır ve konsantrasyon bozukluğu ortaya çıkar. Vücut suyu kaybı arttıkça hayati tehlike artar. %8 olursa solunum güçlüğü, %11 kayıpta kas performansı bozuluyor ve böbrek yetmezliği oluşabilir.

Vücutta oluşan su azalması bazı belirti sinyalleri verir: idrarın miktarı azalır, konsantrasyonu artar; Deride elastikiyet azalır; eller ve ayaklarda soğuma hissedilir; ileri hallerde susuzluk ise bilinçsizlik kaybı dahi görülebilir.

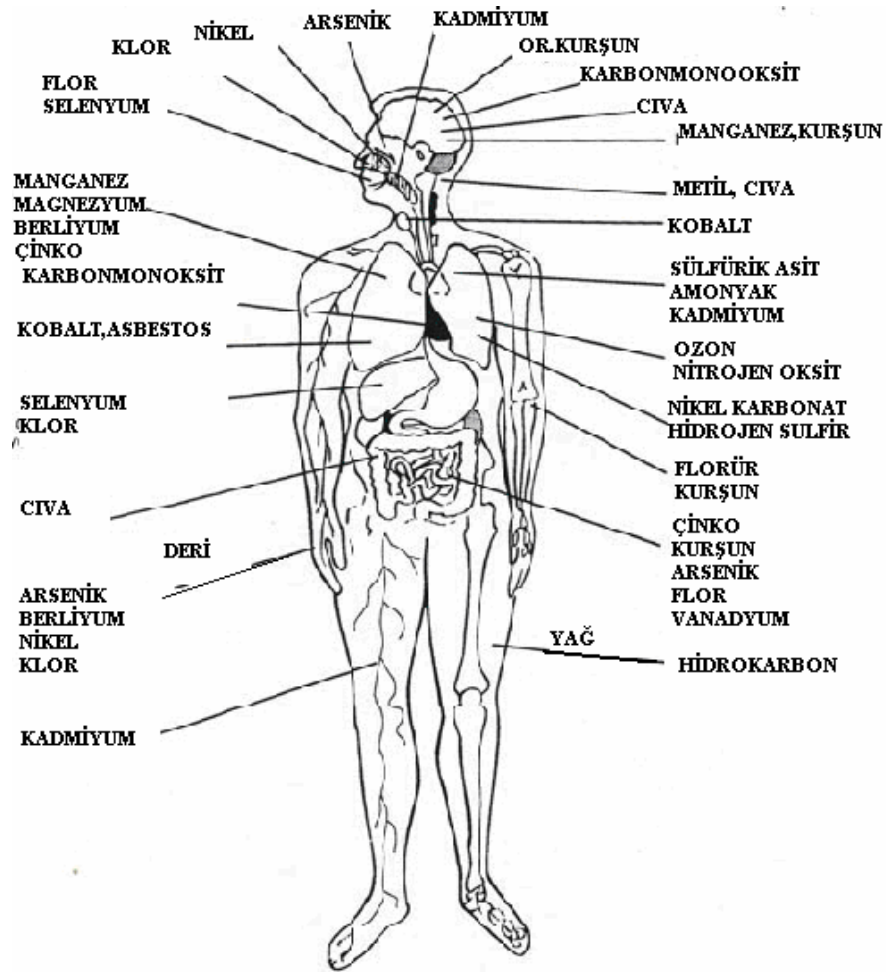
Suyun birçok fonksiyonu bulunmaktadır. Su: besinlerin sindirimini, emilimini, hücrelerde taşınmasını, bu besinlerin hücre içindeki metabolizmada oluşan başka zararlı maddelerin vücuttan atılmasını, vücut ısısının denetiminin dengelenmesi,

eklemlerin kayganlığının sağlanmasını, hücre içi ve dışı sıvılar içindeki elektrolitlerin dengede tutulmasını sağlar.

Yaşam koşullarda vücut ısısının azalması kanın iyon yoğunluğunu azaltır. Bu beyinde susama merkezini uyarır. Susuzluk duygusu gelişir. Ancak ishal ve kusma gibi durumlarda olduğu gibi aşırı su kaybının yansıra tuz kaybı da olursa o zaman susuzluk duygusu gelişmeyebilir. Bu da son derece önemli bozukluklara yol açar. Su ihtiyacı yaşa göre değişir. Bebek vücudunda bulunan su oranı yetişkinlerden daha fazladır. Zamanında doğmuş bebeklerde vücudun %80'i sudan oluşur. Bu bebeğin vücudunda çok az miktarda yağ bulunmasından kaynaklanır. Yağ oranı arttıkça, su miktarı azalır. Gebelerin de kilo artışına bağlı olarak suya duydukları ihtiyaç artar ve günde 3-3,5 litre su içmeleri önerilir. Emziren kadınların da su ihtiyacı fazladır. Yaşlılar yağ dokusu azalsa bile günde 2-2,5 litre suya ihtiyaç duyarlar. Egzersiz yapanların su ihtiyacı artar, egzersizin başında, yaparken ve sonrasında su içilmesi ihmal edilmemelidir.

Sıcak hava, soğuk hava, aşırı egzersiz, ağır sporlar, fazla tuzlu gıdalar, fazla kafein ve tahinli içecekler alkol su ihtiyacını arttırmaktadır. Bol çay, kahve içerek su ihtiyacı karşılanmaz. Tam tersi olarak su ihtiyacını arttırırlar. Su ihtiyacı su içilerek karşılanabilir. Kaybedilen suyun yerine yenisi konulmalıdır. Bir günde ortalama idrar yoluyla 1,5 litre, solunumla 350 mililitre, cilt yoluyla 500 mililitre, dışkıyla 50 mililitre su kaybedilmektedir. [20].

Asrın başlangıcında günümüze kadar yer yüzünde insan nüfusu 1,5 'tan 5 milyara kadar artmıştır. Buna bağlı olarak doğal cevherlerinin çıkarılması ve rafineriler de çoğalacaktır. Tabii doğal bileşiklerin döküntüleri durmadan çevreyi kirletmeye devam edecektir. Böylece 2000 yılında endüstriler 2,5-3 katına çıkacaktır. Şu anda dünyada yeraltında her yıl 100 milyar ton kullanılabilir doğal bileşik çıkarılmaktadır. Ayrıca, 800 milyar ton metal eritilerek çıkarılmakta, tabiatta belli olmayan 60 milyon ton sentetik madde üretilmekte, tarlalara 500 milyon ton mineral gübre ve 3 milyon ton haşaratları yok eden zehirleyici kimyasal maddeler verilmektedir. %13 çeşme suyu kullanılmakta ve su tutarlarına 700 milyar m³ sanayii ve evsel atık su, okyanuslarda da 17,4 milyar ton katı atıklar atılmaktadır [1].



Şekil 1.1. İnsan vücudundaki zararlı elementler ve bileşiklerin buldukları bölgeler [2].

1.1.2 Suyun önemi

Bildiği üzere, insan haftalarca aç kalabilir, ancak 2–3 günden fazla susuz kalamaz. Su en önemli besin maddemizdir ve günde ortalama diğer besinlerle de beraber olmak üzere 2,5 litre alınması gerekir. Diğer taraftan günlük su gereksinimimiz yalnız bu içme suyundan oluşmamaktadır. Bunun yansıra temizlik, yemek pişirmek ve benzeri işler için ortalama kişi başına yaklaşık 175 litre su tüketilmektedir,

Suda bulunabilecek kirlilikleri organik, inorganik ve mikrobiyolojik olmak üzere üç ana gruba ayırmak mümkündür.

-1.Organik kirleticiler: Sulara insansal, hayvansal ve bitkisel kaynaklı olmak üzere bulaşabilirler. Bunların içinde özellikle insansal olan sentetik organik kimyasallar insan sağlığına çok zararlıdır.

Su kaynakları; çöp depolama alanlarından, yakıt ve kimyasal madde tanklarından olan sızıntılardan, tarım ilaçları kullanımından ve endüstriyel atıklardan kolaylıkla etkilenip kontamine olabilir. Söz konusu organik kirleticiler bazen dolaylı yoldan daha da zararlı bir halde karşımıza çıkabilirler. Örneğin, suda bulunan bu organiklerin bir kısmı şebeke suyunun arıtımında kullanılan klorla reaksiyona girerek kloroform gibi kanserojen maddelere dönüşmektedir.

-2.İnorganik kirleticiler Suyun içinde bulunan en önemli inorganik madde sertliği oluşturan çözülmüş haldeki kalsiyum ve magnezyum tuzlarıdır.

Su kaynaklarında bulunan inorganik kirleticiler aslında toprakta bulunan Arsenik, Baryum, Flor, Sülfat, Radon, Radyum ve Selenyum gibi elementlerden oluşmaktadır. Endüstriyel faaliyetler de metallerin yüzey sularına karışmasına katkıda bulunurlar. Fosfat nitrat gibi parametrelere genellikle gübre kullanılan tarım alanlarındaki su kaynaklarında rastlanır. İnorganik maddeler, içme sularına korozyon (aşınma) nedeniyle de karışmış olabilirler.

Korozyon su dağıtım sisteminin ve tesisatın kimyasal ve/veya fiziksel bir etkisiyle aşınması sonucunda bazı metal ve ametallerin suya bulaşması olayıdır. (Su borusunun paslanması). Sağlık açısından kesinlikle suda belli limitlerin altında kalması gereken metaller kurşun ve kadmiyumdur. Çinko, bakır ve demir de aşınmanın yan ürünleridir. Asbest-Çimento karışımından üretilmiş boruların korozyonu sonucunda asbest de suya karışabilir.

Korozyon hem su dağıtım sisteminin ve tesisatın ömrünü azaltır, hem de mikroorganizmaların üremesi için uygun bir ortam yaratır.

-3.Mikrobiyolojik kirleticiler: Sudan gelen en büyük tehlike, mikrobiyolojik kaynaklı olanıdır. Bu hastalıkların en önemli kaynağı fosseptik ve kanalizasyondur.

Mikrobiyolojik bulaşma hem yeraltı, hem yerüstü sularında olabilir. Bu bulaşmaların neden olacağı bazı hastalıklar Tablo 1.1'de de verilmiştir. Bu hastalıklardan birçoğu son günlerde artış göstermiştir ve bulaşıcı hastalıkların yayılması için çok uygun bir ortam haline gelmiştir. Salgın olayı toplumda o anda mikrobik viral hastalık veya taşıyıcılarının bulunmasına bağlıdır. Bu kişilerin atıkları suya karıştığında hastalık kolaylıkla yayılma gösterir. Her yeni tifo, para tifo veya kolera vakası daha önce ortaya çıkmış başka bir olaydan kaynaklanır. Hastalık etkeni mikroorganizmaların bazıları uygun şartları bulduklarında aylarca suda yaşayıp, çoğalabilirler.

Hastalığa yakalanma riski ise; kişiye, yaşına, beslenme ve genel sağlığı durumuna göre değişmekle beraber, bir tifo, dizanteri veya viral hepatit salgını durumunda toplumun büyük bir tehlikede olduğu aşikârdır. Doğada sıkça rastlanan fakat patojen (hastalık yapıcı) olmayan diğer bazı mikroorganizmalar da özellikle savunma mekanizmaları zayıf olanlarda, örneğin bebeklerde ve yaşlılarda çeşitli hastalıklara neden olabilirler. Pseudomonas, Flavobacterium, Acinetobacter, Klebsiella ve Serratia gibi bakterilerle bulaşmış sular içme amaçlı olmasalar bile, temizlik amaçlı olarak kullanıldıklarında cilt, göz, burun ve boğazda enfeksiyonlara neden olabilmektedirler.

Sonuçta görülüyor ki fertler kendi başlarının çaresine bakmak durumunda kalmışlardır. Bu su ihtiyacının bir kısmını ticari sularla karşılamak zorunlu hale geliniyor. Ülkemizde bulunan doğal kaynak suların içilebilir hale getirmek gerekiyor.

Araştırmalar özellikle modern toplumlarda insanların birçoğunda, yeteri kadar su içilmemesi nedeniyle hafif derecede "dehidrate - vücudun susuz kalması" olduğunu ortaya koyuyor. Susama mekanizmasının iyi çalışmaması, suyun tadını pek sevmememiz, çok sık içmememiz, aşırı egzersiz ve aşırı sıcaklar gibi çevresel faktörler dehidrasyona yol açmaktadır. Su kaybı fizyolojik sorunlara ve performans düşüklüklerine yol açar.

Tablo1.1.Sudan bulaşan hastalıklar [2].

SULARDA BULAŞAN HASTALIKLAR			
Hastalık	Neden olan Mikroorganizma	Mikroorganizmanın	Semptomları
Gastroenteris	Rotavirus Salmonella Enteropatojenik E.Coli	Hayvan veya insan dışkısı	Akut İshal veya Kusma
Tifoid	Salmonella Typhosa	İnsan dışkısı	Bağırsak İltihabı, dalak büyümesi: yüksek ateş, Bazen Kusma
Dizanteri	Shigella	İnsan dışkısı	İshal, Nadiren ölümcül
Kolera	Vibrio comma	İnsan dışkısı	Kusma, Şidetli ishal kaybı, Hızlı su kaybı ve ölüm
Bulaşıcı Sarılık (Viral)	Hepatitis A	İnsan dışkısı ve kirli yetişmiş deniz canlıları	Cilte sararmalar, karaciğer büyümesi, karı ağrısı, nadiren ölümcül
Amipli Dizanteri	Entamoeba histolytica	İnsan dışkısı	Hafif ishal, kronik dizanteri
Giardiasis	Giardia lamblia	Hayvan veya insan dışkısı	İshal kramp, bulantı veya genel halsizlik,ölümçül değil (1-30 hafta sürebilir)
Cryptosporidiosis	Crytosporidium	Hayvan veya insan Dışkısı	İshal , mide ağrısı (ortalama 5 gün sürer

1.2 Doğal Kaynak Suların Nitelikleri

1.2.1 İçme suyunun nitelikleri

Su; kokusuz, renksiz, berrak ve içimi hoş olmalıdır. Sularda fenoller, yağlar gibi suya kötü koku ve tat veren maddeler bulunmamalıdır. Su tortusuz ve renksiz olmalıdır.

Su; hastalık yapan mikroorganizma ihtiva etmemelidir. Suda bulunan vibrio cholera, salmonella typhi, hepatit virüsü gibi mikroorganizmalar sudan geçerek hastalığa sebep olurlar. İçme sularının kesinlikle bakteriyolojik kirlilik taşımaması gerekir.

Suda sağlığa zararlı kimyasal maddeler bulunmamalıdır. Bazı kimyasal maddeler zehirli etki yapabilir. Arsenik, kadmiyum, krom, kurşun, cıva gibi. Bunun yanında baryum, nitrat, flüorür, radyo aktif maddeler, amonyum, klorür gibi maddeler sınır değerlerinin üzerinde sağlığa olumsuz etkileri olan maddelerdir. Aynı zamanda bazıları suya kirli suların karıştığına göstergesidir.

Sular kullanma maksatlarına uygun olmalıdır. İçme suyu ve sanayide, kullanma sularında demir, manganez ve sertlik değerleri önemlilik arz eder.

Sular agresif olmamalıdır. Suların agresifliği, serbest karbondioksit (CO₂) ile bikarbonat (HCO₃⁻) iyonunun dengede olmasından ileri gelir. Suların agresifliği boruların korozyonuna sebebiyet verir. Ayrıca boruların aşınması halinde borudan ayrılan elementler su kalitesinin bozulmasına sebep olur.

1.2.1.1 Bulanıklık

Bulanıklık askıda katı madde içeren suların ışık geçirgenliğinin bir ölçüsüdür.

Bulanıklığın nedeni; suyun içindeki askıda maddelerden, gözle görünecek büyük tortulara kadar her şey olabilir. Kum, kil, silis, kalsiyum karbonat, demir, mangan, sülfür vb. gibi maddeler bulanıklığa neden olurlar.

Özellikle nehir sularında yüksek olan bulanıklık, yağmurlarla taşınan topraktan veya nehre karışan evsel - endüstriyel atık sulardan kaynaklanır. Ayrıca bu kirlenme sırasında organik maddeler kadar inorganik maddeler de suya karışır. Bu maddelerin

bulunması suda bakteri oluşumunu destekler. Bakteri oluşumu da suda bulanıklığı artırır. Örneğin N.P gibi maddeleri kullanan algler büyüyerek suda bulanıklığa sebep olurlar. Aynı zamanda suda sıcaklık artışı da mikroorganizma faaliyetlerini hızlandırır.

Sonuç olarak bulanıklığın nedeni tamamen inorganik maddeler olabileceği gibi doğadaki pek çok organikte olabilir.

Bulanıklığın Önemi:

Bulanıklık içme ve kullanma suyu temini için 3 ana nedenle önemlidir;

-a. Estetik: İçilen suyun mutlaka berrak olması istenir. Çünkü sudaki bulanıklık, canlı faaliyetlerinin olması ile veya muhtemel bir kirliliğin suya karışması ile ilişkilendirilir ve sağlık tehlikesi mevcut olabilir. Bu nedenle içme sularında bulanıklık istenmez.

-b. Filtrasyon: Bulanıklığın artması suyun filtrasyon maliyetini de artırır. Yüksek bulanıklık açık kum filtrelerini kullanılamaz hale getirebilir (yıkama süreleri kısalmalı maliyet artar). Yüksek bulanıklık olan sularda kimyasal koagülasyonla bulanıklığa neden olan askıda maddeleri yumaklaştırarak kum filtrelerinde yakalayabiliriz.

-c. Dezenfeksiyon: Dezenfeksiyonun etkili olabilmesi için dezenfektanın sudaki mikroplarla tam temasının sağlanması gerekir. Ancak özellikle kanalizasyon atıklarındaki patojenler sudaki katı maddelerin içine girerek dezenfektandan kurtulabilmektedirler. Bu nedenle içme suyu olarak kullanılacak sularda bulanıklığın düşük değerlerde olması istenir.

1.2.1.2 Renk

Sularda renk; yapraklar, kozalaklı ağaç meyveleri, ağaç ve sebze artıkları gibi organik maddelerin suyla temasında çözünmeleriyle meydana gelir. Bu sular pek çok askıda madde ihtiva ederler.

Suya renk veren hücreler; tannin, hümik asit ve hümattır (ligninin parçalanması ile). Bazen demir suda ferrik humat formunda bulunarak yüksek renk potansiyeli oluşturur.(Bkz.Tablo 1.6)

Doğal olarak renk içeren sular negatif değerlidir. Bu yüzden trivalent metalik iyonların (demir, alüminyum gibi) koagülasyonu ile renk arıtımı yapılabilir.

Suların organiklerden kaynaklı rengine "gerçek renk" denir. Bunun dışında özellikle yüzey sularında askıda maddelerden oluşan renk gözlenebilir. Bu da "görünen renk" tir.

1.2.1.3 Koku ve tat

Sudaki koku ve tat problemi pek çok faktöre bağlıdır. Bunlar;

1. Organik madde
2. Canlı organizmal faaliyetleri
3. Demir, mangan ve korozyonun metalik ürünleri
4. Fenol gibi endüstriyel atık kirliliği
5. Klorlama
6. Yüksek mineral konsantrasyonu
7. Çözünmüş gazlardır.

Koku konsantrasyonunu ifade etmek için aşağıdaki terimler kullanılır.

ATC: Kesin eşik konsantrasyonu: İnsanların %100'ü tarafından algılanabilen minimum konsantrasyon.

TDN: Eşik koku numarası: Konsantrasyonu ATC' ye indirebilmek için yapılan seyreltme sayısı.

TLV: Eşik limit değeri: 40 yıllık çalışma hayatı içerisinde insanların günde 8 saat, haftada 5 gün, yılda 50 hafta maruz kalabildiği maksimum konsantrasyon.

MAC: Maksimum müsaade edilebilir konsantrasyon: Asla aşılmaması gereken maksimum konsantrasyon.

Ağızda hissedilen tat duygusu ise aslında koku, tat ve sıcaklığın bir bileşimidir. Eğer su numunesi belirgin bir koku ve sıcaklık içermiyorsa, hissedilen duygu gerçek tat olarak ifade edilir. Demir, mangan, potasyum, sodyum, çinko ve klorür gibi inorganik tuzlar tadılarak belirlenebilir.(Bkz.Tablo 1.7 ve Tablo 1.5)

Organik maddelerden kaynaklanan tat ve koku aktif karbon filtrelerle alınabilir. Diğer koku ve tat problemleri klor, potasyum permanganat gibi oksidantlarla etkisiz hale getirilebilir.

1.2.1.4 Mikroorganizmalar

Mikroorganizmalar (bakteriler, virüsler, protozoalar vb.) son derece küçük organizmalardır. Bazıları konvansiyonel mikroskoplarda dahi gözükmezler. Yeryüzündeki bütün bakteriler 0,5 mikrondan büyüktür. Suda bulunan bazı mikroorganizmalar hastalık yapıcıdır. Aşağıda bazı mikroorganizmaların isimleri ve sebep oldukları zararlar kısaca açıklanmıştır.

İçme suyunda bulunan bazı bakteriler:

Salmonella: Yiyecek zehirlenmelerine sebep olur[21].

Shigella: Bakteriyel dizanteriye sebep olur [21].

Vibrio organizmalar: Koleraya sebep olur [21].

Campylobacter bacteria: Mide ve bağırsaklarda yaşar. Ülsere sebep olabilir [21].

Demir bakterisi: Boru korozyonuna sebep olur [21].

Sülfür bakterisi: Suya çürük yumurta kokusu verir. Son derece hızlı bir biçimde korozyona sebep olur [21].

Actinomyces: Suya kötü koku ve tat verir [21].

Suda hastalık yapıcı bakteriler olup olmadığı sadece testle anlaşılabilir. Bu testlerin yılda en az bir kez tekrarlanması gerekir. Testin yapılacağı en iyi zaman sonbaharın sonu ve yazın başlarıdır. Hastalık etkenleri olan yukarıda belirtilen mikroorganizmaların bakteriyolojik analizleri zordur. Bu yüzden gösterge indikatör mikroorganizmalar kullanılır. Bunlar;

Koliform bakterisi (özellikle E-koli olarak bilinen E scherichia) [21].

Streptococcus Faecalis[22].

Clostridium Perfringens sporları[22].

E-kolinin sularda bulunması, zararlı organizmaların varlığının bir işaretidir. Dışkıının 1 gr'ında 10^8 - 10^9 adet E-Koli bulunur. Bu sebeple bir içme suyu kaynağı tahlil edildiğinde E-Koli bulunmuşsa, bu suyun insan, memeli hayvan veya kuşların

dışkılarıyla kirlendiği anlaşılır. Zararlı mikroorganizmaların giderilmesinde, yani dezenfeksiyonunda çeşitli yöntemler kullanılır. Bunlar kısaca; [19].

Klorla arıtım (tek adımlı yöntem) : Klor konsantrasyonu 1 mg/lt olacak şekilde ayarlanır. Burada su tüketime sunulmadan önce yaklaşık 35 dakika temas süresi sağlanmalıdır.

Klorla arıtım (iki adımlı yöntem) : 5-10 mg/lt olacak şekilde dozlama yapılır ve fazla klor aktif karbon filtre ile alınır.

Ozonla arıtım: Ozon suya enjeksiyonu yapılır.

Ultraviole ile arıtım: Su ultraviole cihazından geçirilir ve ultraviole ışığı bakteriler zararsız hale getirilir.

Distilasyon: Su kaynatılır.

Yukarıda anlatılan sistemlerin hiçbiri mükemmel değildir, her birinin avantaj ve dezavantajları bulunur.

Yukarıda bahsedilen sistemlerin her birinin avantaj ve dezavantajları vardır. Örneğin ozon kuvvetli bir dezenfektan olması ve hızlı etki etmesine karşın son derece kararsız bir bileşiktir. Bunun yanında üretiminin pahalı olması gibi de bir mahsuru vardır. Ultraviole de etkisi hızlı dezenfeksiyon araçlarından. Klor kuvvetli ve ozona kıyasla daha kararlı bir dezenfektandır ancak suya koku ve tat verir. Bu koku ve tat aktif karbonla alınabilir. Klor etkisini, su gerçek anlamda kullanılıncaya kadar sürdürür. Ozon ve ultraviolede bu tür bir etki söz konusu değildir. Bu yüzden ultraviole üniteleri kısa hatlarda ve genelde depo çıkışlarında kullanılır. Distilasyonda ise enerji maliyeti çok yüksek olduğundan ekonomik değildir.

1.2.1.5 Azot

Azot doğal dolanımı olan, bakteriler tarafından besi kaynağı olarak kullanılan ve kimyasal yollardan değişik oksidasyon kademelerinde bulunan ve sularda sık sık görülen bir parametredir.

Azot Türleri:

NH₃-N : Amonyak azotu

Org-N : Organik azot

NO₂-N: Nitrik azotu

NO₃-N : Nitrat azotu

Amonyak (NH₃): Amonyak doğal sularda genellikle amonyum azotu (NH₄) halinde bulunur ki buna serbest veya tuz halindeki amonyak denir. Sularda amonyak, kimyasal ve fiziksel olaylar veya mikroorganizma faaliyetleri sonucunda oluşur. Kimyasal ve fiziksel olaylar sonucunda oluşan amonyağın sağlığa zararı yoktur. Ancak mikroorganizma faaliyetleri sonucunda oluşan amonyak organik madde kaynaklı olma ihtimali bakımından tehlikelidir. 0.5 ppm'den büyük değerlerde amonyak kirliliğinin belirtisidir.

Nitrit (NO₂): İçme suyunda kesinlikle istenmez. Güneş ışığı ve bazı bakteriler nitratları nitrite dönüştürür.

Nitrat (NO₃): Azotlu organik bileşiklerin son yükseltgenme ürünleridir. Kuyu sularında nitrat genelde daha fazla bulunur. Özellikle bebeklerde blue-baby denilen hastalığa neden olur. Vücudu morarmaya başlayan bebeklerde bu hastalık ölüme dahi neden olabilir.

Nitratlar suya topraktan geçmiş olabilir. Fakat amonyak ve nitritten kaynaklıysa tedbir alınmalıdır. Çünkü nitritlerin mevcudiyeti suda kirlenmeyi ifade eder. Nitritler yüksek miktarda organik madde ile bulunursa daha büyük bir kirlenme söz konusudur. Amonyak ta bazı bakteri türlerinin çoğalmalarına sebep olur ki bunlar suya kötü koku verirler.

Bu azot türleri alıcı ortama aşırı miktarlarda verildiklerinde organizmalar tarafından kullanılırlar. Bu alıcı ortam içerisinde ötrofikasyona (alg patlaması sonucu oksijen azlığı) sebep olur. Biriktirme haznelerinde alg patlamasını önlemek için hazneye giren N,P,C konsantrasyonlarını azaltmak ve ışığı kontrol etmek gerekir. Ayrıca haznedeki algleri çeşitli kimyasal maddelerle öldürmekte çözüm yollarından biridir. Ancak haznedeki canlı hayatı da göz önünde bulundurulmalıdır.

Azot Giderme Metotları

- Nitrifikasyon ve denitrifikasyon ile biyolojik tasfiye
- Damlatmalı filtrelerle tasfiye

- Yeraltı suyunun suni olarak beslenmesi veya kuyularla çekilmesi
- Kırılma noktası klorlanması
- Yüksek pH'ta havalandırma
- İyon değiştirme
- Reverse-Osmosis

1.2.1.6 Toplam çözünmüş katılar

Sudaki toplam çözünmüş katılar, inorganik tuzları ve az miktarda organik maddeleri içerirler. Gerek yüzey suları gerekse yeraltı suları ilişkide oldukları toprak ve taş malzemedan mineral çözerler. Çözünmüş inorganik maddeler suda iyon olarak bulunur. Suda bilinen en genel iyonlar aşağıdaki gibidir;

KATYONLAR: Ca^{+2} , Mg^{+2} , Na^{+2} , Fe^{+2} , Mn^{+2}

ANYONLAR: Bikarbonat HCO_3^- , Cl^{-1} , SO_4^{-2} , NO_3^- Nitrat, CO_3^{-2} Karbonat

Bunların yanında sular ağır metal iyonlarını (kurşun, cıva, kadmiyum vb.) ve organik maddeleri de içerebilirler. Çözünmüş organik kimyasallar (pestisitler, herbisitler gibi) küçük miktarlarda bile insan ve hayvanlar üzerinde toksik etki gösterirler. Trihalometanlar (THM) ve dioksin gibi suda çözünmüş organik maddelerin çoğu kanser yapıcıdır. Bu tip organikler suda çözünmüş iyon formunda ve düşük konsantrasyondadırlar.(Bkz.Tablo1.8)

Yukarıda bahsedilen iyonlar, suda elektrik iletimini sağlarlar. Yüksek değerde bu özellik, metal yüzeyler için koroziftir. Aşırı TDS borular içinde tabakalaşmaya da sebep olabilir, içme suyundaki yüksek konsantrasyonları ishal etkisi gösterebilir.

Toplam çözünmüş katılar sadece reverse osmosis ve demineralizasyon prosesleri ile uzaklaştırılabilir. Yumuşatıcılar TDS'i gidermez.

TDS'i çok düşük olan sular agresif ve koroziftirler. Dolayısıyla özel kullanımlarda tedbir alınmalıdır. Örneğin bu sular depolanacaksa deponun metal yerine plastik olması tercih edilmelidir.

1.2.1.7 Çözünmüş oksijen (CO)

Çözünmüş oksijen su içinde çözünmüş halde bulunan oksijen konsantrasyonudur ve katot reaksiyonu verir. Tatlı sularda 1 atm basınçta, havanın oksijeninin çözünürlüğü 0°C'de 14,6 mg/l ve 35°C'de 7 mg/l'dir. Oksijen suda çok az çözünen bir gaz olduğundan çözünürlüğü verilen sıcaklıkta atmosfer basıncı ile doğrudan değişmektedir.

Bir suyun içerdiği çözünmüş oksijen miktarı şu faktörlere bağlıdır.

-1. Yüksek basınç altında, oldukça yüksek miktarda oksijen çözünür. Basınç azaltıldığı zaman azaltılma oran kadar gaz çıkışı olur. Oksijenin çözünürlüğü doğrudan doğruya kısmi basıncı ile ilgilidir. (Henry Kanunu).

Henry Kanunu: Sabit sıcaklıkta, sıvı içinde çözünen gaz miktarı doğrudan basınç miktarına bağlıdır. Ör: sıcaklık sabit kalmak şartıyla, oksijenin 1 gr'ı suyun 100 cm³ ünde çözünürse (atmosferik basınç altında), oksijenin 2 gr'ı da, atmosferik basıncın iki katında çözünür.

-2. Sudaki mineralin miktarı, oksijeni çözme yeteneğini etkiler. Distile su, yüksek mineral içerikli suya göre daha çok oksijen absorblayabilir. Deniz suyu ve kuyu suları, taze yüzey sularına göre daha az çözünmüş oksijen içerirler.

1.2.1.8 Florür F⁻

Sularda bulunan florür, miktarına bağlı olarak, faydalı veya zararlı olabilir. İçme suyu için tavsiye edilen değer 1 mg/lt'dir. Bu değerın dişler için faydalı olduğu ve diş çürümelerini azalttığı bilinmektedir. Bunun yanında yüksek miktarlarda florür içeren suların insan sağlığına verdiği zararlar araştırmalarla ispatlanmıştır. Örneğin; 9 yaşın altındaki çocuklarda yapılan bir araştırma, 2 mg/lt florür içeren suyun dişlerde kahverengi lekeler bıraktığını, 4 mg/lt florür içeren suyun ise kemik bozukluklarına sebep olduğunu göstermiştir. Bu durumda araştırma sonuçlarına göre 1 mg/lt'den fazla florür bulunan sular arıtılmalıdır.

Florür Arıtma Yöntemleri

Reverse Osmos

Alüminyum sülfat, magnezyum veya kalsiyum fosfat gibi kimyasallarla arıtım.

Aktif Karbon, aktif alüminyum oksidi, granüller trikalsiyum fosfat yatakları veya iyon değiştirici reçinelerle süzme.

-1.Arıtım metodu pek çok avantaja sahiptir.

-2.Arıtım yöntemi ayrıntılı arıtma, dikkatli kimyasal dozlama ve pH kontrolüne gereksinim duyar.

-3. Arıtım ayrıntılı kontrol istemez. Burada florür absorbe edilir.

1.2.1.9 Silis SiO₂

Pek çok suda silis SiO₂ bulunmaktadır. Bu çok doğaldır çünkü doğada en çok bulunan element silisyomdur(Si). Silisin içme sularında büyük bir sakıncası yoksa da kazan besleme suyu için zararlıdır. Çünkü silikat (SiO₃) kazan tasları oluşturur ki bu da kazan tasları içinde en tehlikeli olandır. Bu tasların kalsiyum sülfat ve kalsiyum karbonattan oluşan taşlara nazaran ısı transfer kabiliyeti 10 kat daha azdır.

Silis (silisyomondioksit): Silis, silisyom ve oksijenin birleşmesi ile oluşur. SiO₂ formülü ile ifade edilir. Sert ve camsı bir mineraldir. Kum, kuartz, kumtaşı ve granit gibi çeşitli formlarda bulunur. Aynı zamanda, pek çok bitki ve hayvanın iskelet yapısında da bulunmaktadır.

Silikat: Silikatlar, silisyom ve oksijen ile kombine olmuş, alüminyum, kalsiyum, magnezyum, demir, potasyum, sodyum vb. metal bileşikleridir. Silikatlar tuzlarda olduğu gibi sınıflandırılır. Silikatlar; asbest, mika, talk pudrası gibi çeşitli gruplara ayrılır. Kolloid ve kristaloid halde bulunabilirler. Kolloid halde iken koagülasyon + filtre prosesleri ile arıtılabilirler, kristaloid halde bulunduğunda ise kimyasal ve fiziksel arıtımı zordur.

1.2.1.10 Klorür

Klorür, tüm doğal veya kullanılmış sularda çok yaygın bir şekilde bulunan iyon türüdür. Sulara yeraltı formasyonlarından çözünme yolu ile ya da tuzlu su - tatlı su

girişimleri sonucu katılabilir. İnsan üriğinden günde kişi başına ortalama 6 gr kadar klorür atılmaktadır.

Klorürün normal konsantrasyonlarında bir sağlık sakıncası yaratmadığı bilinmektedir. Ancak 250 mg/lt'den yüksek konsantrasyonlarda tuz tadı oluşmaktadır. Klorür suyun iletkenliğini artırdığı için korozyonu kolaylaştırır.

Konsantrasyonların yüksek olduğu sularda klorür; tat, korozif eğilim ya da yumuşatma prosesine ters etki ile varlığını gösterir.

1.2.1.11 Sülfat (SO_4^{-2})

Sülfat çevre sularına doğal yollardan karışan en önemli iyonlardan biridir. Bütün doğal sularda değişen miktarlarda sülfat bulunur. Bazı endüstriyel atık suların sülfat muhtevası fazladır ve doğal sulara karıştıklarında onların da sülfat miktarını artırır. Sülfür (S(-II)) bileşikleri, çeşitli reaksiyonlar sonunda oluşturdukları tat, koku, toksite ve korozyon gibi problemleriyle önemli kirletici durumdadırlar. Suda yüksek sülfatın anlamı; yüksek sertlik, yüksek sodyum tuzu ve yüksek asiditedir.

Sodyum sülfat ve magnezyum sülfat, insanlarda müshil etkisi gösterdiklerinden 250 mg/l üst sınırla sınırlandırılmıştır. Hayvanlar için ise bu sınır 1000 mg/l olarak belirlenmiştir. Bunun yanında sülfatlar suya acımsı tat verirler.

Sülfatlar, kazan sularında $CaSO_4$ ve $MgSO_4$ çökeltileri oluşturduğundan, bu tip sularda çok düşük miktarlarda tutulmalıdırlar.

Evsel atık suların uzaklaştırdığı beton kanallarda, anaerobik koşulların oluşması ve bakteri faaliyetleri ile SO_2^{-2} H_2S 'e dönüşür. H_2S kanalın üst bölümünde toplanır ve rutubetle birleşerek H_2SO_4 oluşturur. Bu olay borularda korozyonun ve parçalanmasında en büyük sebebidir.

Sülfatlar çimento ile birleştiklerinde de büyük kristallerin meydana gelmesine ve bu nedenle borunun şişmesine ve parçalanmasına sebep olurlar. Korozif etkisinin izlediği konsantrasyon 100-250 mg/lt olarak belirlenmiştir.

Sülfat arıtım yöntemleri reverse osmosis, distilasyon, oksidasyon veya anyon değiştirici olarak sayılabilir.

1.2.1.12 PH

PH suyun asitlik veya bazlık durumunu gösteren logaritmik bir ölçüdür. Çözeltide bulunan H^+ iyonu konsantrasyonunu ifade eder. Saf su H^+ ve OH^- iyonları açısından dengededir ve pH değeri 7'dir. pH, H^+ iyonlarının elektrik potansiyellerine bağlı olarak veya renk indikatörleri (örn; fenolftalein) ile ölçülebilir.

pH < 7 ise ortam asidiktir.

pH > 7 ise ortam baziktir.

Çevre mühendisliği uygulamalarında sık kullanılan pH değeri, su temininde, kimyasal koagülasyon, dezenfeksiyon, sertlik giderme ve korozyon kontrolü gibi işlemlerde önem taşır. TS-266'ya göre, içme sularında pH 6.5-8,5 tavsiye edilen değerdir. Bu parametre içme suyunun güvenliği hakkında doğrudan bilgi vermez.

Düşük pH'lı ve düşük TDS'lı sular, korozif oldukları için borulardaki birtakım zehirli metalleri çözebilirler. Yüksek pH'a sahip sularda ise pH'ı yükselten kimyasalların zararlı olup olmadığı belirlenmelidir.

1.2.1.13 Sertlik

Sertlik, su içinde çözünmüş (+2) değerlikli iyonların (Ca^{+2} , Mg^{+2} , Sr^{+2} , Fe^{+2} , Mn^{+2} vb.), varlığının sonucudur. Ca^{+2} ve Mg^{+2} iyonları doğal sularda diğer iyonlardan daha fazla bulduklarından, çoğunlukla sertlik, Ca^{+2} ve Mg^{+2} iyonlarının konsantrasyonlarının toplamı olarak ifade edilir. Diğer iyonlar genellikle kompleks formda oldukları için sertliğe fazla bir katkıları olmaz.

Bir suyun sertliği, sabunu çökeltme kapasitesinin ölçüsüdür. Sabun suda yaygın olarak kalsiyum ve magnezyum iyonları ile çökeltilir. Diğer bazı metallerin iyonları da (Al, Fe, Mn, Sr, Zn) sabunu çöktürmekle beraber bunlar genelde kompleks formda oldukları için sertliğe fazla katkıları olmaz.

Sular sertlik derecelerine göre, aşağıdaki gibi sınıflandırılabilirler:

Tablo 1.2 Suların sertlik derecelerine göre sınıflandırılması[2].

Toplam Sertlik (mg CaCO ₃ /lt)	Sınıflandırma
0–75	Yumuşak su
75–100	Orta sertlikte su
100–300	Sert su
>300	Çok sert su

Sertlik yaratan maddelerin, eşdeğer kireç türlerinin karşılıklarına göre tanımlanmış sertlik dereceleri, genellikle Fransız, Alman ve İngiliz sertlik dereceleri cinsinden ifade edilir.

1F = 10 mg/lt CaCO₃ Fransız Sertlik Derecesi

1E = 14,3 mg/lt CaCO₃ İngiliz Sertlik Derecesi

1D = 17,8 mg/lt CaCO₃ Alman Sertlik Derecesi

Tablo 1.3 Sertlik derecelerinin dönüşüm katsayıları [2].

Çarpma Faktörleri	Alman(°D)	Fransız(°F)	İngiliz(°E)	Milival (mval)
°D için	1	1.79	1.25	0.357
°F için	0.56	1	0,7	0.200
°E için	0.80	1.43	1	0,285
M val için	2.80	5.00	3,5	1

Sertlik artışı, suyun iletkenliğinin de artmasına sebep olur. Sertlik giderilirse;

- Sabun ve deterjan sarfiyatı azalır.
- Korozyon kontrolüne yardımcı olur.
- Taşlaşmanın önüne geçilir.

Sertlik giderme yöntemleri;

- a. Kireç-soda yöntemi
- b. Sodyum hidroksit ile muamele
- c. Sodyum sülfatla yumuşatma
- d. İyon değiştirme

1.2.1.14 Demir ve mangan

Demir ve manganez yeraltı sularında hemen her zaman, yüzeysel sularda ise yılın bazı aylarında yüksek konsantrasyonlarda bulunmaları nedeniyle içme ve kullanma suları bakımından sorun yaratmaktadırlar.

Demir ve mangan (manganez) suda çözünmeyen (Fe^{+3} ve Mn^{+4}) ile çözünen (Fe^{+2} ve Mn^{+2}) hallerinin her iki şeklinde de bulunmaktadır. İki değerlikli demir ve mangan, genellikle yeraltı sularında bulunur.

Gerçekte demir doğal sularda şu şekilde bulunur;

- 1. Çözünür Ferrous iyonları.
- 2. Ferrik iyonları (asidesi yüksek sularda çözünür).
- 3. Ferrik hidroksit (doğal veya alkali sularda çözünmezler).
- 4. Ferrik oksit
- 5. Organik bileşiklerde kombine halde veya demir bakterileri bünyesinde

Su hava ile temas ettiğinde CO_2 havaya karışırken moleküler oksijen suya karışmaya başlar. Oksijen ferrus (Fe^{+2}) iyonlarını oksitleyerek Fe^{+3} 'e dönüştürür. (Fe^{+3}) iyonları da serbest hidroksil (OH) iyonlarıyla reaksiyona girerek ferrik hidroksit [$Fe(OH)_3$] oluşturur. Bu bileşik çözünmez jelatimsi bir yapıya sahiptir ve bulunduğu yüzey üzerinde birikimler yapar. Aynı şekilde Mn^{+2} iyonları da Mn^{+4} 'e dönüştürülür.



Demir ve manganın yüksek konsantrasyonlarda olması, su iletim hatlarında demir bakterilerinin çoğalmasına neden olur. Bu bakteri kütleleri suya kırmızı - kahverengimsi renk verirler. Demir bakterilerinin çoğalmasıyla borularda kesit daralması, boru, vana, su saatleri gibi aksamaların tıkanması problemleri ortaya çıkar.

Ayrıca borularda biriken bakteriler zamanla tutunduğu ortamdan koparak suyun kirlenmesine sebep olur. Demir ve mangan bakterilerine örnek olarak crenotrix, gallionella, leptothrix verilebilir.

Demir ve mangan içme sularında istenmeyen renk ve bulanıklığa sebep olurlar. Su borularının iç cidarlarında birikerek kesit daralmasına ve tıkanmalara yol açarlar. Aynı zamanda çamaşır, kumaş ve porselen eşya üzerinde leke bırakırlar. Demir kahverengimsi, mangan gri-siyah lekeler yapmaktadır. Bu özellikleriyle demir ve mangan konsantrasyonları yüksek sular; kâğıt, deri, dokuma, plastik, gıda gibi sanayilerde kullanıldıklarında ürünün renk ve tadında değişmelere sebep olduklarından istenmezler.(Bkz. Tablo 1.4)



Şekil 1.2.Su dolum tesisinde genel görünüş

Tablo 1.4. Demir ve mangan arıtma yöntemleri [2].

Belirti	Sebeup	Arıtma Yöntemi
Su ilk geldiğinde temiz fakat durdukça kırmızı-kahverengi veya siyah partiküller ortaya çıkıyor	Çözünmüş (ferrous) demir veya mangan var.	Havalandırma Klorlama Oksidasyon ve filtrasyon Pihtilastırma ve çöktürme iyon değişimi
Su geldiği zaman kırmızı-kahverengi partiküller, beklediği zaman da bu belirtiler varlığını sürdürüyor.	Korozyon yüzünden demir partikülleri geliyor.	Oksidasyonu hızlandırmak için nötralizasyon ünitesi ile pH > 7,5'a yükseltilir.
Su geldiği zaman kırmızı-kahverengi partiküller, beklediği zaman da bu belirtiler varlığını sürdürüyor. Korozyon yüzünden demir partikülleri geliyor.	Hava ile temas sonucu oksitlenmiş demir ve mangan var.	Filtrasyon Çöktürme
Kırmızı-kahverengi veya siyah tabakalar	Demir ve mangan bakterisi	Klor veya potasyumpermanganat ile şok arıtım uygulanır. Ardından filtre edilir. Sonra da sürekli enjeksiyon ve filtrasyon sistemi kullanılır.
Kırmızımsı veya siyah renk (24 saatten fazla varlığını sürdürüyor)	Kolloidal demir ve mangan organik kompleks halinde.	Klor veya potasyumpermanganat ile kimyasal Oksidasyon, ardından da filtrasyon uygulanır

Tablo 1.5. Suda oluşan koku problemleri [2].

KOKU PROBLEMLERİ	SEBEBİ
Klor kokusu	Normal klorinasyon kaynaklı
Balık kokusu gibi, küf veya toprak kokusu	Genelde zararsız organik madde var.
Ham suda çürümüş yumurta kokusu	Çözünmüş hidrojen sülfür gazı var
Deterjan kokusu septik koku	Kanalizasyon sistemi ile karışıyor

Tablo 1.6. Suyun görünümü ve nedenleri [2].

GÖRÜNÜM PROBLEMLERİ	SEBEBİ
Ham su ilk geldiğinde temiz fakat sonradan sarı veya kırmızımsi bir görünüm alır ve 24 saat sonra temiz gibi görünür.	Çözünmüş demir var
Su sarı veya kırmızımsi renktedir fakat 24 saat sonra temiz gibi görünür.	Çözünmemiş demir var
Yumusatma ve / veya filtreden sonra sarı veya kahverengimsi renk ve 24 saat bekleddikten sonra temiz bir görüntü yok	Tannin(hümik asit) var. Kömür damarları ve çürümüş bitki aralarından geçen sulardan gelir
Suda siyahlık ve 24 saat sonra temiz bir görüntü.	Çözünmüş manganez var
Süte benzer görünümlü su.	Sudaki fazla hava, havanın fazla emilmesi veya kusurlu işleyen basınç tanklarından dolayı olur. PH'in fazla olmasına neden olan bikarbonatın yüksek miktarında buna sebep olur
Siyahlık, leke, boru ve metal yüzeylerin..vb. oyuklaşması	Yüksek oranda tuz (klorürler ve sülfatlar) veya hidrojen sülfid gazı var
Porselen ve benzeri malzemelerde yeşil lekeler. Suda mavi-yeşillik	Asidik su (pH<6.8), bakır boru ve fittingsie reaksiyona giriyor
Suda askıda madde var	Yüzey sularında veya kumlu alanlardan gelen sularda görülür.
Sabun su ile köpürmüyor ve çaydanlık vb.. gibi esyalarda birikinti oluşuyor.	Suda sertliğe sebep olan Ca ⁺ veya Mg ⁺ iyonları bulunmaktadır.
Alüminyum yemek pişirme kaplarında paslanma ve asınma.	Yüksek oranda çözünmüş mineral içeriği ve yüksek alkalinite var.

Tablo 1.7. Suyun tat problemleri ve sebepleri [2].

TAT PROBLEMLERİ	SEBEBİ
Tuzlu bir tat	Yüksek tuz içeriği (öncelikle sodyum sülfat ve magnezyum sülfat kaynaklı)
Metalik tat	Manganez ve olası diğer metallerin yüksek konsantrasyonu.

Tablo 1.8. Suda bulunan başlıca maddeler ve kaynakları [2].

SUDA BULUNAN BAŞLICA MADDELER VE KAYNAKLARI					
İYONİK ÇÖZÜNÜMÜŞ			NONİYONİK ÇÖZÜNÜMÜŞ		
KAYNAĞI	POZİTİF İYONLAR	NEGATİF İYONLAR	ASKIDA KATI MADDE	KOLLOİDAL	GAZLAR
Mineraller, katılar ve kayalar	Sodyum Kalsiyum Magnezyum Potasyum Alüminyum Demir Manganez Bakır Çinko vs...	Bikarbonat Karbonat Klorür Florür Nitrat Fosfat Hidroksitler Boratlar Silikatlar Sülfat	Kil, kum ve diğer inorganik katılar	Kil Silikat Ferrikoksit Alüminyumoksit Magnezyumdioksit	Karbondioksit
Atmosfer	Hidrojen	Bikarbonat Klorür Florür>	Toz - Polen		Karbondioksit Nitrojen Oksijen Sülfürdioksit
Organik madde parçalanması	Amonyak Hidrojen Sodyum	Klorür Bikarbonat Hidroksit Nitrit Nitrat Sülfür Organik radikall	Organik katı, organik atıklar	Hümitik madde içeren, doğal organik bileşikler, sebze rengini veren maddeler, diğer organik atıklar	Amonyak Karbondioksit Hidrojen Metan Nitrojen Oksijen
Yaşayan organizmalar			Algler, diatomlar Protozoa, balıklar vb.	Virüsler, bakteriler Algler vb.	Amonyak Karbondioksit Metan
Endüstriyel Alanlar	Ağır metaller içeren inorganik iyonlar	İnorganik iyonlar, Organik moleküller	Kil, silt ve diğer inorganik atılar, Or.bileşikler Yağ, korozyon ürünler, rotozoa vb.	İnorganikler, VOC içeren doğal ve sentetik organik bileşikler, pestisitler, virüsler, bakteriler	Klorür Sülfürdioksit

BÖLÜM 2. DOĞAL KAYNAK SULARININ MEVCUT TEMİZLEME YÖNTEMLERİ

2.1 İçme Suyu ve Arıtımı

Bilinen en eski içme suyu standardı ve arıtma işlemi günümüzden yaklaşık 4000 yıl önce, Hindistana göçen Hint-ıranı kavimlerin eski metinlerinde, Sanskritçe de rastlanır:

“Kirli su, kaynatılarak ve güneşte tutularak ve kızgın bakir parçası 7 kez daldırılarak ısıya tabi tutulduktan sonra süzülür ve toprak kaptı soğutulur.”

19. yüzyıla gelinceye kadar içme suyu standardı oluşmamıştır. Ancak içme suyu berraklaştırma amacıyla tarihin değişik dönemlerinde sulardaki kati/partiküller maddeleri bertaraf etmek amacıyla filtrasyon metodu kullanılmıştır.

Basitleştirilmiş bir genelleme yapacak olursak, atık su arıtma işlemlerinde asıl olanın sudaki katı/partikül halindeki maddeleri sudan ayırmak olduğu söylenebilir. Aslında atık sulardaki kirleticilerin çoğu ya katı/partiküller halinde bulunurlar, yada bu arıtma işlemleri sırasında partiküller hale çevrilirler. Benzeri genellemeyi içme suyu arıtma işlemleri için de söyleyebiliriz; özellikle içme suyu arıtması sırasında kullanılan su kaynağı, yüzey suyu ise (yani nehir, göl, gölet suları) arıtılacak maddelerin çoğunun katı/partiküller halde bulunduğunu söylemek doğruya yakın bir genelleme olacaktır. Suda çözülmüş biçimde bulunan mikro kirleticiler birçoğu çok düşük konsantrasyonlarda da olsa, yaratabilecekleri kötü etkiler- mesela kanserojen-mutajen etkiler vs. açısından insan sağlığını ve ekolojiyi tehdide eden unsurlardır. Bu tür mikro-kirleticilerin tümüyle sudan uzaklaştırılmasını zorlayan kural ve yaptırımların yeterince oluştuğunu söylemek ne yazık ki henüz mümkün değil.

2.2 Su Arıtmada Temel İşlemler

2.2.1 Elekleme

Kirli suyun türüne uygun farklı genişlikte gözenekli elekler suyun arıtma sistemine girdiği yere yerleştirilir.

Amaç kaba katı maddeleri toplamaktır.

2.2.2 Sedimentasyon

Sudaki katı maddelerin yerçekimi vasıtasıyla dinlendirme havuzlarında çökmesi işlemidir.

Belli bir süre sedimentasyon havuzunda duran atık veya arıtılması istenen sudaki elekten geçen katı maddelerin yerçekimi ile kendiliğinden çökmesi işlemidir. Zamana ve sudaki partiküllerin biçim ve yoğunluğuna bağlı bir işlemdir.

2.2.3 Havalandırma

Bu işlem arıtılacak sudaki uçucu maddeleri bertaraf etmek ve havadaki oksijenin suya geçmesini sağlayarak doğal oksidasyonu hızlandırmak amacıyla yapılır. Kirli sularda uçucu maddelerin çoğu has olmayan güçlü kokular saldıdığı için bu aşamada koku giderici kimyasallar kullanılmalıdır.

Havalandırmanın nedenleri ve problemleri şöyle sıralanabilir:

- 1. Güneş altında yapılan havalandırma arıtılacak suda mikroskobik yosun üremesine yol açabilir. Bu durumda bu yosunların ürettiği organik maddeler suya istenmeyen koku ve tat verebilirler. Genellikle bu tür yosundan oluşan biojenik koku ve tat oluşturucu organik kimyasalların yoğunluğu uçucu olmadığı için bu maddelerin suda istenmeyen koku ve tadı ancak koku ve tad giderici kimyasallar veya filtrasyon yöntemiyle giderilir.
- 2. Arıtılacak suda CO₂ miktarının yüksek olması, suyun PH'sinin düşük olmasına yol açar (suyun asidik özelliği artar). PH'in düşmesi birçok açıdan istenmeyebilir. Suyun sertliği alkalinitesi değişir, korozyon etkisi artar, daha sonra uygulanacak

koagülasyon işlemlerinde nötralizasyon gerekebilir ve bu amaçla nötralize kimyasalları kullanmak zorunluluğu doğabilir. Arıtılacak sudaki CO₂ gazı miktarı 10 mg/l den yüksekse havalandırma sudaki CO₂ yi düşürmek için uygundur. Daha düşük CO₂ konsantrasyonlarında ise lime eklemek çözüm olabilir

-3. Havalandırma ile suya gecen oksijen suyun korosif özelliğini artırır

-4. Toksik ve kötü koku-tad kaynağı H₂S (hidrojen sülfid) gazının bertaraf edilmesinde bu gazın sudan havaya transferini hızlandırır.

-5. Havalandırma, PH'i düşük ve CO₂'si yüksek sularda çözülmüş olarak bulunan demir (Fe) ve mangani(Mn) oksitleyerek çökelmelerini sağlar.

-6. Havalandırmada kötü tad ve kokuya yol açan uçucu organik maddeler (volatile organic substances,) giderilir. Eğer bu uçucu organik maddeler atmosfer için de kirlilik kaynağı yaratacak toksik maddeler ise bu durumda havalandırma sistemine bu toksik maddeleri tutacak aktif karbon veya benzeri özellikler içeren gaz sınırlayıcıları eklenmelidir.

2.2.4 Koagülasyon

Yumaklaşma, flokleşma

Koagülasyon suda bulunan askıdaki kolloidleri (partiküller 0,2 mikrondan küçük mikroskopik askıda katı maddeler; genellikle kendiliğinden kolayca çökelmezler, yani suda bir denge halindedirler) dengesizleştirme işlemidir. Bu yolla kolloidlerin çökmesi süreci hızlandırılır. Koagülant olarak eskiden kullanılan demir ve alüminyum tuzları (Demir sülfat, alüminyum sülfat-alum- vb.) ucuz koagülantlardır. Son yıllarda giderek geliştirilen sentetik ve biyolojik polielektrolitler ise koagülant olarak çok daha etkili ve hızlı verim alınan maddelerdir. Son yıllarda polielektrolitler su arıtımında artan oranda kullanılmaktadırlar. Koagülantların farklı kirli sularda çok farklı etkileri vardır. Kullanılacak koagülantin tespiti için detaylı ön araştırma yapmak ve arıtılacak suyun temel kimyasal ve fiziksel özelliklerini iyi tespit etmek gerekmektedir. Kullanılacak koagülantların etkinlik testi "jar testi" denilen yöntemle laboratuvarlarda yapılır.

Flokleşma ise dengesizleşen sudaki partiküllerin bir araya gelerek katı kümeleşmesi-yumaklaşması işlemidir. Su içindeki yüzer vaziyetteki (askıda) maddeleri sıvı/sudan

ayıran fiziko-kimyasal proses. Bu floklaşmayı sağlayan güçler tıpkı sudaki yüzey gerilimini yaratan güçler gibi (su kabarcıkları vs) zayıf olduğundan, floklar/yumaklar suda kolayca dağılabilir. Su arıtmada floklaşma, yumaklaşma arıtma amacıyla istenir. Ancak bazı endüstriyel işlemlerde floklaşma istenmez. Floklaşmayı sağlayan yada engelleyen kimyasallar mevcuttur.

2.2.5 Süzme-filtrasyon

Bu işlem su arıtmada önemli bir asamadır. Çok farklı amaçlarda (koku-tat giderme, bakteri giderme, baraklık sağlama vs) ve çok farklı yöntemlerle (kum filtrasyonu, biyolojik filtrasyon polikarbonat filtrasyon, membran filtrasyonu vs) uygulanır. Kimyasal ve biyolojik arıtma işlemlerinden önce kaba filtrasyon olarak uygulandığı gibi, bu işlemlerden sonra daha ince filtrasyon olarak ta kullanılan bir yöntemdir.

2.2.6 Biyolojik arıtma

Bu arıtma yöntemi çözülmüş ve partikül organik maddelerin kontrol altında üretilen mikroorganizmalar tarafından besin ve enerji kaynağı olarak sudan alınması işlemidir. Doğal bir işlemdir. Aerobik (havalı) ve anaerobik (havasız) biyolojik arıtma belli baslı iki ana temel yöntemdir.

2.3 Diğer İşlemler

2.3.1 Su yumuşatma-sertlik giderme

Bu işlemle su, içinde bulunan bazı çözülmüş minerallerden arındırılır. Bu minerallerin suda bulunması endüstriyel sistemlerde (kaynatma veya soğutma sistemlerinde) istenmeyen çökelmelere, korozyona, borularda tıkanmaya, yıkama sularında sabun ve deterjanın fazla kullanımına yol acar. Suların sertliğinde en önemli faktör kalsiyum (Ca) ve magnezyum (Mg) konsantrasyonlarıdır.

2.3.2 Metal giderme

Sular içinde bulunan bazı metaller çevre ve insan sağlığı için toksik ve kanserojendir (örneğin kadmiyum, Cd, Kurşun, Pb, Cıva, Hg, vs). Demir ve mangan gibi bazı metallerin de su içinde gerektiğinden fazla bulunması istenmeyen sonuçlara yol

açabilir (lekeleme, istenmeyen tad, koku- sertlik artırıcı etkenler vs). Bu nedenlerle suda çözülmüş metallerin kabul edilir bir seviyeye indirilmesi gerekmektedir. Sudan metal ayırma için uygulanan metodular, metal sekuester-ayırıcılar (silikat, polyfosfate vs) ion-değiştiriciler ve kelatorler (Chlex veya farklı resinler), oksitleyiciler (chlorine, permanganat) olabilir [19].

2.3.3 Koku ve organik madde giderme

Bu amaçla aktif karbon adsorbent olarak (granül veya toz hali de kullanılır) en fazla uygulanan yöntemdir.

2.3.4 Dezenfekte etme

İçme sularının patojen mikroplardan arıtılması zorunlu bir işlemdir. İyi bir dezenfektanda su özellikler aranır:

- 1. Patojenik mikroorganizmaları etkin biçimde yok etmesi
- 2. İnsan ve hayvanlar için toksik olmaması, terrestrial ve akuatik ekolojilerde toksik etkileri olmaması
- 3. Balık vs gibi akuatik canlılar için toksik olmaması
- 4. Kullanımı, depolaması ve tahinimi kolay ve tehlikesiz olması
- 5. Kolay analiz edilebilir olması
- 6. Fitinin düşük olması

Günümüzde etkin mikrop öldürücü yeteneği ve ucuzluğu yüzünden en fazla kullanılan dezenfektan Klorinin suda oluşturduğu bazı yan ürünlerinin kanserojen olduğunun kanıtlanmasından sonra (örneğin Trihalometan) diğer dezenfektasyon metodları (Morötesi ışınlar (UV) , Ozon, termal, solar ve diğer kimyasal oksidantlar) üzerine daha fazla yönelinmektedir. Bununla birlikte Klorin hala en optimum koşulları sağlama açısından en önde gelen dezenfektan olmaktadır. Kanserojen yan ürünler aktif carbon adsorbentler ile sudan arındırılırsa klorinin yarattığı risk azaltılabilir. Alternatif dezenfektan klorin dioksit (ClO₂) kullanımının kanserojen yan ürünlerin azalmasına yol açtığı gözlenmiştir. Ancak bu maddenin kullanımının da bebekler üzerinde hemoglobini tahrip edici etkileri tespit edilmiştir.

BÖLÜM 3. İÇME SUYUNDA KULLANILAN DEZENFEKSİYON YÖNTEMLERİ

Artan nüfus şehirleşmenin, tarımın ve endüstrinin patlamasına neden olmuştur. İnsan ve hayvan atıklarından ortaya çıkan kimyasal ve metal bazlı çeşitli kirleticiler, çeşitli virüsler ve bakteriler içme sularına karışmaktadır. Toplum artık yakın çevrenin temizlenip korunmasına ve uzaktaki alanların kirletilmesine özen göstermektedir. Çevreyi kirleten toplumlar artık hatalarının farkına varmaktadır. İnsanlar suyun tamamını kirletseler de, musluklarını açtıklarında bir bardak temiz su alabilmelidirler.

İçme suyundaki bakterileri öldürmenin yolu dezenfeksiyondur. Bu da klorlama ultraviyole ve ozon gibi dezenfeksiyon yöntemleriyle yapılır [26].

Dezenfeksiyon bir ortamdaki hastalık yapıcı mikroorganizmaları öldürmek veya zararsız hale getirmek için yapılan işlemdir. Dezenfeksiyonun amacı patojenik yani hastalık yapıcı organizmaların yok edilmesi ve su vasıtasıyla geçen hastalıkların önlenmesidir.

Dezenfektanlar tabii özellikleri gereği genellikle toksik maddelerdir. Doğal olarak da mikroorganizmaları inaktive etmek yada yok etmek üzere kullanılırlar. Herhangi bir dezenfektanı kullanmak üzere seçmeden önce dezenfektanın hangi mikroorganizma cinsi üzerinde etkin olduğu konusunda bilgiye ihtiyaç duyulur. Bu mikroorganizma cinsleri; virüsler, bakteriler, bakteri sporları ve mantarlar olmak üzere kategorize edilmeli ve dezenfektan maddenin bunlara karşı bakterisid veya bakteriyostatik aktiviteleri bilinmelidir.

- 1. Dezenfektan madde seçerken dikkat edilecek noktalar;
- 2. Kısa zamanda patojenik mikroorganizmaları yok etmesi,
- 3. Suyu renk, koku, tat ve zehirli maddeler vermemesi,
- 4. Dezenfeksiyon maddelerinin dozu kolayca ayarlanması,
- 5. Kullanılan dezenfektan madde fazla bilgiye gerek olmadan kullanılması,
- 6. Fiyatının ucuz olması,
- 7. Dezenfeksiyon işleminde kullanılan maddenin derişiminin artırılmış sudaölçülmesinin kolay olmasıdır.

3.1 Fiziksel Dezenfeksiyon

Fiziksel yöntemler ısı ile ve uv ışınları ile dezenfeksiyondur.

3.1.1 Isı ile dezenfeksiyon

Bu yöntem genellikle evlerde kullanılır ve kaynatma esasına dayanır. Isı ile dezenfeksiyon bir mikroorganizma veya onun sporlarının ısı dayanıklılığıyla ilişkilidir. Büyük ölçekli uygulamalar için oldukça pahalı bir yöntemdir. Kesikli sistemde uygulandığında güvenilir ve kontrolü kolay bir yöntemdir.

3.1.2 Ultraviyole (UV) ışını ile dezenfeksiyon

Suya herhangi bir kimyevi madde katılmaksızın, ultraviyole ışınları ile suda bulunması muhtemel bakteri, mantar, virüs vb. mikroorganizmaların etkisiz hale gelmesi ultraviyole lamba kullanılarak sağlanır.

Ultraviyole sistemlerde 254 nm dalga boyunda UV ışını mikroorganizmaların hücre zarlarından geçer ve DNA yapılarını tahrip ederek zararsız hale gelmelerini sağlar. Mikrobiyolojik arıtmada Ultraviyole (UV) Dezenfeksiyon fiziksel ve doğal bir prosesle, özellikle sivilarda üstün bir arıtma gerçekleştirir [26].

3.2 Kimyasal Dezenfeksiyon

Kimyasal yöntemle yapılan dezenfeksiyonda dezenfektan olarak çeşitli kimyasal maddeler kullanılır. Klor, Brom, İyod, Ozon, Fenol, Alkol; Sabun ve deterjanlar; Hidrojen peroksit ve çeşitli alkaliler ve asitler bu kimyasal maddelere örnektir [26].

3.2.1 Asitler ve alkaliler ile dezenfeksiyon

Anorganik asitlerin ve bazların mikroorganizmalar üzerindeki toksik etkileri $pH > 3$ ve $pH < 11$ de fark edilir ölçüdedir. Bu etkiler hidrojen ve hidroksil iyonları derişimine bağlıdır, asidin ve bazın türü ile ilgili değildir. İçme sularının asit ve baz ilavesi ile dezenfeksiyonu yaygın bir uygulama değildir. Fakat çoğunlukla kireç-soda ile yumuşatma işlemlerinde kendiliğinden oluşan bir olaydır. Suya kireç ilavesi sudaki

bazı mikroorganizmaları azaltır. Alkali ve asitler dezenfeksiyon amacı ile kullanıldıklarında temas süreleri uzundur.

3.2.2 Yüzey aktif kimyasal maddeler ile dezenfeksiyon

Yüzey aktif maddeler denilen bileşikler yüzeyler arasındaki enerji ilişkilerini değiştirebilen maddelerdir. Yüzey aktif maddeler bir veya birden fazla hidrofobik kimyasal grupların dengelenmesinden oluşur. Bu bileşikler katyonik yüzey aktif bileşiklerdir. Gram pozitif gram negatif geniş bir bakteri grubu yanında mantar ve virüslere de etki ederler.

3.2.3 Metal iyonları ile dezenfeksiyon

Hg, Au, Ag, Pb ve Cu canlı organizmalara dezenfektan madde olarak tesir ederler. Bunlardan Ag az miktarda kullanıldığında insanlar için en az zararlı olanıdır. Dezenfeksiyon için 1 mg/L Ag iyonu tatbik edilebilir. Suda bulanıklık ve organik madde az ise 0.1mg/L Ag gerekir. Bakır bakterisidal ve kuvvetli algisidaldir. Hg ve Ag gibi metaller oligodinamik özellikleri nedeni ile sterilizatör olarak kullanılırlar. Metal iyonları düşük derişimlerde bile bitkisel bakteriler için etkilidirler, ışık ve organizma derişimindeki derişimler germisidal kapasitelerine etki etmez. Metal iyonları bazı alg ve fungusların büyümesini inhibe ederler. Metal iyonlarının bazı dezavantajları da vardır. Germisidal aktivite düşük PH ve sıcaklıklarda azalır. Yüzeysel adsorbsiyon dezenfektan madde derişimini azaltır. Pratik olarak Ag derişimini test etmek zordur [3].

3.2.4 Halojenler ile dezenfeksiyon

Dezenfeksiyon işleminde Brom, İyot, Klor gibi halojenlerde kullanılmaktadır.

Brom; koyu kırmızı-kahverengi bir halojendir ve sıvı haldedir. Sudan 3,2 defa daha ağırdır. Deri ile temasta yanıklara neden olur. Brom iyi bir germisidal etkiye sahiptir. Amonyum bileşikleriyle kırılma noktası olayını teşkil eder ve bromaminler oluşur. Brom yüzme havuzları dezenfeksiyonunda kullanılır. Bromun bazı şekillerinin eldesi ve saklanması kolaydır, koku yapmaz. bromun dezenfektan olarak kullanımında

ekipman ve ekonomi problemleri olduğundan bromun dezenfektan olarak pek fazla kullanımı yoktur [3].

3.2.5 Ozon ile dezenfeksiyon

Ozon oksijenin allotropik bir şeklidir ve özel bir oksidasyon maddesidir. Açık mavimsi renkte keskin kokulu, stabil olmayan bir gazdır. Bu nedenle ozon kullanılacağı zaman imal edilir. Fransa'da 70 kadar kentin içme suları ozonla dezenfekte edilmektedir. Bulanıklığı giderilmiş ve filtrelenmiş suların dezenfeksiyonu için 0,5–1 mg/L arası ozon yeterlidir [3].

Bir metreküp temiz suyu dezenfekte etmek için 0,5–2 gram ozon gereklidir. Bu miktar, su ve ozonun temas süresine ve suyun özelliklerine bağlıdır. Oldukça renkli veya organik madde bakımından zengin suların arıtımı için daha fazla ozona gereksinim vardır. Minimum temas süresi 4 dakikadır. Ozon suda çok az çözüldüğünden ozon ile suyun temasının iyi bir şekilde sağlanması gerekir. Suyun sıcaklığı arttıkça ozonun çözünme verimi azalır [3].

3.2.6 Potasyum permanganat ile dezenfeksiyon

Potasyum permanganat içme sularının arıtımında tad ve koku kontrolü, anorganik bileşiklerinin (demir, mangan ve hidrojen sülfür) giderilmesi için kullanılır. Potasyum permanganat kuvvetli bir oksidasyon maddesidir.

BÖLÜM 4. SU ARITMA İŞLEMLERİNDE YENİ YÖNTEMLER

4.1 Polimer(Polyelektrolitler)

Kolloidleri ve daha büyük askıda kati maddeleri kimyasal maddeler eklenerek dengesizleştirmek (koagulasyon)

Sonra bu partikülleri floklastirarak (yumaklaştırarak) çökelmelerini sağlamaktır. Kolloidlerin çökmesi işleminde bugüne kadar genellikle metal tuzlar (aliminim sülfat, demir klorür vs) kullanırken, floklaştırma işleminde ve çökelen çamurun daha fazla katılaşmasını (suyunu alma işleminde) sağlamada polimerler (polielektrolitler) kullanılmıştır. Birçok durumda, kolloidlerin çökeltilmesi işleminde de polimerlerin kullanılması çok avantajlara yol açmaktadır [25].

Arıtma işlemlerinde kullanılan polimerlerin (polielektrolitler) kimyası hakkında bazı temel bilgiler

Çözeltiler veya sıvılar içinde polimerlerin kimyasal etkinlikleri

1. Polimerin yüküne (artı yâda eksi yükler)
2. Polimerin sıvı içindeki sekline
- 3c. Polimerin içinde bulunduğu sıvının özelliklerine sıkı sıkıya bağlıdır.

Bu nedenle, atık su veya içme suyu arıtımında kullanılacak polimerlerin kimyasal yapısını ve suyun özelliklerini bilmek, arıtma işleminin doğru yapılması açısından zorunludur. Aşağıda genel hatları ile günümüzde kullanılan en yaygın biyolojik ve sentetik polyelektrodlar hakkında temel ve basitleştirilmiş bazı bilgiler.

Su arıtma işlemlerinde kullanılan

4.2 Biyolojik Polielektrolitler

Her ne kadar polimer-polielektrolit terimleri yeni olsa da, su arıtma işlemlerinde biyolojik/doğal polyelektrolitlerin kullanılması günümüzden 4000 yıl öncesine uzanıyor. Yukarıda değindiğimiz Sanskritçe kaynakta Hindistan`da Normali ağacının meyvelerinin öğütülmesinden hazırlanan biyolojik materyalin su arıtma işleminde 4000 yıl önce kullanıldığını biliyoruz. Günümüzde ise biyolojik malzemeden modern yöntemlerle hazırlanan belli başlı biopolymerler kahverengi deniz yosunundan ekstarkt edilen anyonik Alginatlar, deniz kabuklularından crustaceanslardan üretilen chitin kökenli katyonik Chitosan, Özellikle Chitosan çok etkin bir polyelektrolit olmasına ve doğal malzemeden üretildiği için hiç bir toksik etkisi bulunmamasına rağmen, üretiminin pahalı olmasından ötürü sentetik polyelektrotlar ile rekabet edememektedir. Ancak çevre korunumu ve kamu sağlığı açısından uzun vadeli düşünüldüğünde chitosan türü hiç toksik etkisi olmayan doğal malzemenin sentetik olarak üretilmiş polyelektrotlara karşı avantajlı olduğu açıktır. Bu doğrultuda alınacak çevre ve kamu sağlığını korumaya yönelik yaptırım gücü yüksek kanun ve yönetmeliklerin oluşması halinde gelecekte Chitosan kullanımı aratacaktır) Bitkilerden elde edilen yüksüz (iyonik olmayan) Guar sakızı, Nişasta, Asidik koşullarda etkin arıtıcı olan Tannin türevleri, Yağ ve protein atıkları arıtmada gıda endüstrisi atıklarında kullanılan Karboksimethylselülöz (CMC) [25].

4.3 Sentetik Polielektrolitler

Polyakrilamid (PAAm) ve kopolimerleri: Piyasada en yaygın kullanılan sentetik polielektrolitlerdir, anyonik, katyonik ve nötr türleri bulunur, poliamines, katyonik polielektrolit olarak kullanılır.Poliethilaniminler, polyaminin amino nitrojen ile yüksek derecede dallanmış türüdür, asidik koşullarda katyonik polielektrolit olarak kullanılır.Polidiillidimetilammoyum klorid (polyDADMAC), yüzük şeklinde katyonik polielektrolitdir. Yukarıda sıralanan polielektrolitler ana kategorilerdir. Piyasada ticari amaçla bulunan ürünler yukarıda anlatılan temel kategorilerin varyasyonlarını içerirler. Aynı moleküler ağırlıkta farklı yük yoğunluğunda ürünler bulunabileceği gibi, farklı moleküler ağırlıkta aynı yük yoğunluğunda ürünlerde bulunabilir. Ayrıca çeşitli kopolimerizasyonlarla oldukça geniş seçenekler sunan polielektrolitler üretilmektedir [4].

Tablo 4.1.Endüstriyel atıkların özellikleri [4].

Metal-kaplama ürünleri	Oksitlerin sıyırılması, metal temizliği ve kaplama faaliyetleri	Asit, çeşitli metaller, zehirli az hacimli atık. Genellikle mineral kirlilik	Metal çöktürme yöntemleri-toksisite giderme- ve basık asit nötralizasyonu
Demir-dokum	Kullanım kumu, metal artıkları	Yüksek oranda askıda kati madde (AKM), oleikle kum, kil ve kömür atıkları	Seçici elektime, Kum ayırma ve cokeltem Metal çöktürme
Fuel oil kullanımı	Yakıt tanklarından sızmalartasım atıkları vs	Yüksek oranda fuel emülsiyonu ve çözünmüş yakıt	Sızma ve saçılma önlemleri, yüzeyden toplama yöntemleri-reklamation
Kauçuk üretimi-kullanımı	Lateks yıkama, kamucuk yumakları, kamucuk maddesi içindeki kirleticiler Değişken pH ve yüksek oranda Kloridler	Yüksek BOI (biyolojik oksijen ihtiyacı!) koku, yüksek AKM, Değişken pH ve yüksek oranda Kloridler	Havalandırma, Toksikite giderme, sulfonasyon, biyolojik arıtım
Metal aksam-kontainer	Metal parçaları, yağlar, yıkama atıkları, boyalar	Metaller, yağlar, lubriketler, değişken pH, surfaktentler (organik madde) çözünmüş ağır metaller	Yağ ayırımı, kimyasal çökelme, Lagoon da depolama, karbon absorpsiyonu
Petrokimyasal	Aşırı bicimde kirlenmiş su	Yüksek Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOI), metaller, toksik organik maddeler	Nötralizasyon, Kimyasal çöktürme, yüzeyden toplama, Biyolojik arıtım
Patlayıcılar	TNT yıkama ve barut atıkları, metal yıkama atıkları vs	TNT, renk problemi, Koku, organik asitler, metaller, asitler, yağlar ve sabun-deterjan atıkları	Yüzdürme-yüzeyden toplama-kimyasal çöktürme-biyolojik arıtım, havalandırma- TNT klorinasyonu- nötralizasyon, absorpsiyon

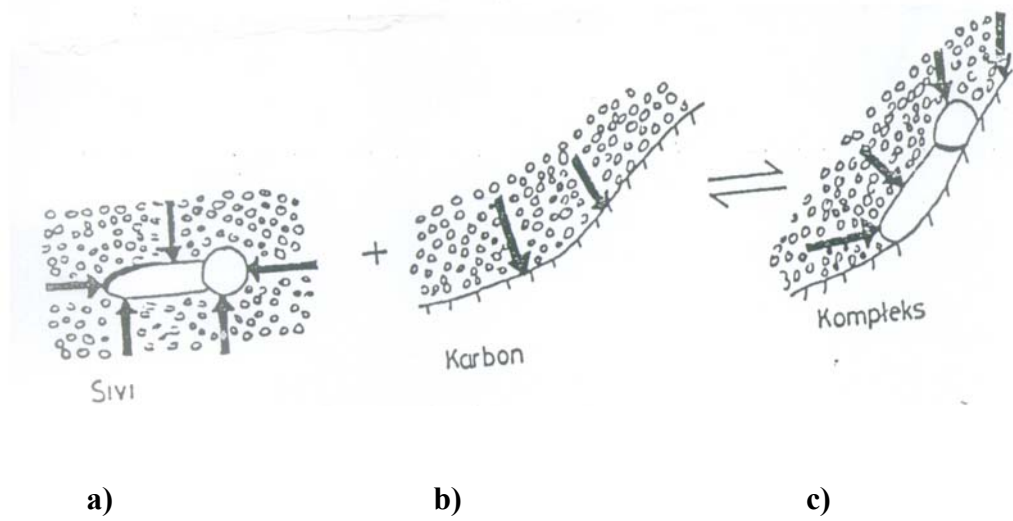
BÖLÜM 5. METERYAL METODLAR

5.1. Meteryaldeki Yeni Teknolojik Yöntemler

5.1.1 Adsorbsiyon

5.1.1.1 Adsorbsiyon teorisi

Adsorbsiyon, bir yüzey veya ara kesit üzerindeki maddenin birikimi veya değişiminin artmasıdır. Bu ara yüzey bir sıvı ile gaz, katı veya başka bir sıvı arasında olabilir. Yüzeyde tutulan maddeye de! adsorblanan! (adsorbat),yüzeyinde tutulan maddeye de absorbant denir. Su veya atık su işlemlerinde adsorbsiyon tipi sıvı katı adsorbsiyonudur. Çözülmüş maddelerin ara yüzeyde birikme veya dağılması adsorbat ve çözücünün relatif çekim kuvvetine bağlıdır. Polar olmayan moleküldeki meyil ara yüzeylere doğrudur, bunun sonucu çözücünün yüzey gerilimi azalır ve tutucu yüzey ıslanır.(Şekil5.1)



Şekil 5.1. Sıvı fazında adsorbsiyon reaksiyonunun şeklen temsili [5]

5.1.1.2 Adsorbsiyon tipleri

Adsorbsiyonun temel mekanizmasının farklı yöntemlerle oluşmaktadır.

Fiziksel Adsorbsiyon

Fiziksel adsorbsiyon, düşük adsorbsiyon ısı ile karakterize edilir ve denge çok kolay kurulur. Değişik gazlar ve maddelerin aktif karbon üzerinde adsorbsiyonu fiziksel adsorbsiyondur. Bu tip adsorbsiyonda gazların ideal halden sapma ve sıvılaşmaya sebep olan kuvvetin Vander Walls kuvvetleri ile aynı cinsten olduğu kabul edilmektedir. Adsorbsiyon dengesi geri dönüşümlüdür çünkü enerji ihtiyacı azdır. Bu tip adsorbsiyonda, adsorblanmış tabaka birden fazla molekül kalınlığında olabilir. Adsorbsiyon miktarı, sıcaklığın artırılması ve adsorbe edilen bileşiğin kritik sıcaklığının biraz yukarısına çıkıldığı takdirde hızlı bir şekilde azalır.[23].

Kimyasal Adsorbsiyon (Kemisorbsiyon)

Kimyasal adsorbsiyonda, adsorbant ve adsorbat arasında kimyasal bağlanma olup gerçek bir reaksiyon oluşturmaktadır. Bu esnada açığa çıkan aktivasyon enerjisi 10–50 kcal/mol dur. Kemisorbsiyon çok özel olup fiziksel adsorbsiyondakinden daha güçlü kuvvetler tarafında gerçekleşir. Ayrıca bu tip adsorbsiyon çok yüksek sıcaklıklarda gerçekleşir [5].

Biyolojik Adsorbsiyon (Biyosorsiyon)

Atık sudan metal iyonları arıtımı için bakteri kullanımı önceden beri uygulanan yöntemler arasındadır. Atık su proseslerinde bakteri tarafında ağır metal arıtımında, fiziko –kimyasal adsorbsiyon, kompleks oluşturma, çökme ve biyolojik aktivasyon gibi dört mekanizmanın geçerli olduğu ileri sürülmektedir(Kasan Ve Stegman,1988) [5]

Daha önceki çalışmalarda granül aktif karbon filtrelerinde çok önemli miktarda bakterinin biriktiği ve bunun sonucunda biodegrasyon işleminin gerçekleştiği belirtilmiştir (Maloney, Bancroft ve Suffet,1981) [5].

Fiziksel ve kimyasal adsorbsiyon arasındaki önemli farklar Tablo5.1 de özetlenmiştir (Smith,1983)

Tablo 5.1 Fiziksel ve kimyasal adsorbsiyon arasındaki önemli farklar [5].

Parametre	Fiziksel Adsorbsiyon	Kimyasal Adsorbsiyon
Adsorbant	Bütün Katılar	Bazı katılar
Adsorbat	Çözülmüş maddeler Kritik sıcaklık Altında bütün gazlar	Çözülmüş maddeler Bazı kimyasal reaktif gazlar
Sıcaklık sınırı	Düşük sıcaklık	Yüksek sıcaklık
Adsorbsiyon ısısı	Düşük	Yüksek (reaksiyon ısısına uygun)
Hız (aktvasyon enerjisi)	Çok hızlı(düşük E)	Aktif olmayan, düşük E Aktif olan, Yüksek E
Geri dönüşüm hızı (desorbsiyon)	Yüksekçe geri dönüşüm	Geri dönüşümsüz
Önem	Yüzey alanı ve gözenek boyutunun tayini için	Yüzey-reaksiyon kinetiklerinin ifadesi ve aktif merkez alanının tayini için

5.1.1.3 Adsorbsiyona etki eden faktörler

Adsorbsiyonun karakteristikleri ağır metallerin iyon şekline ve değerliklerine, ortamın PH değerine ve kompleks teşkil eden maddelerin adsorblama ortamında bulunup bulunmamasına bağlıdır (Uslu,1988) [5].

Adsorsiyon işleminde etkili olan kriterler şunlardır:

- 1.Sıcaklık
- 2.Ortamın pH Değerine

- 3.Parçacık boyutununa
- 4. Adsorbantın yüzey alanına
- 5. Başlangıç adsorbat konsantrasyonu

Adsorbsiyon hızı çözünen adsorbat konsantrasyonu ile orantılıdır.

5.1.1.4 Adsorblyıcı maddeler(Adsorbant)

Su ve atık su arıtımında farklı adsorbsiyon teknikleri için çeşitli kimyasal maddeler kullanılmaktadır. Alümina, silikajel, fuller toprağı, reçineler, aktif silika ve aktif karbon en çok bilinen adsorbant maddelerdir. Ayrıca son yıllarda mavi-yeşil algler(Berk ve Yenigün,1987),çeşitli bitkiler: su sümbülü (Water hyacinth)(Prakash veWeronna,1987),çürüyen selvi yaprakları (Mo,1988),kahve, çay atıkları ile çeşit killer kadmiyum, kurşun, nikel, cıva, bakır, krom, cinko, gümüş gibi ağır metallerin arıtımı için kullanılmıştır [5].

5.1.2 Zeolit

Doğal zeolitler, yaygın kullanım alanlarının varlığı ve büyük pazar potansiyeline rağmen bir çok pazar alanında daha yeni yeni kabul görmeye başlamıştır. Doğal zeolitlerin, tabiatta büyük rezervler halinde bulunup, işletilmesi diğer madenlere göre daha kolay ve ucuzdur. Buna rağmen doğal zeolitlerin istenilen saflık ve gözenek çaplarında olmamaları nedeni ile dünya pazarında tam yerini alamamıştır. Bu nedenle yapay zeolitlerin kullanım alanı daha geniştir.

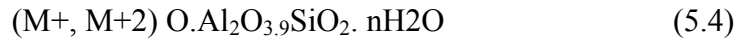
Ülkemiz büyük rezerv potansiyeline sahip olmasına rağmen, tesbit edilen zuhurların rezervleri, kullanım alanları ve teknolojik özellikleri tam olarak araştırılmamıştır.

Yasadığımız dünyada çok çeşitli kullanım alanları bulunan zeolitler sık sık gündeme gelmektedir. Bu nedenle Türkiye'nin bundan yararlanması için zeolit araştırmalarının hızlandırılması gerekmektedir.

5.1.2.1 Tanım ve sınıflandırma

"Zeolit" kelime olarak "Kaynayan Taş" anlamındadır. Isıtıldığında patlayarak dağılması nedeni ile bu isim verilmiştir.

Alkali ve toprak alkali metallerin kristal yapıya sahip sulu alümina silikatları olup çerçeve silikatlar grubundadır. Mineral türü olarak 1750'lerden bu yana bilinmekle beraber kristal yapıları, x-ışınları kırınımı, I.R. absorpsiyonu, nükleer manyetik rezonans, elektron spin rezonans gibi yöntemlerin geliştirilmesi sayesinde ancak 1930'larda çözümlenebilmiştir. İskelet yapılarındaki Si/Al oranlarındaki ve içerdikleri katyon cinsi ve miktarlarındaki bazı farklılıklara rağmen [6].



Genel formülü ile ifade edilebilirler. Burada M^+ bir alkali katyon olup genellikle Na^+ veya K^+ , nadiren de Li^+ olur. M^{+2} ise bir toprak alkali katyondur ve genellikle Mg^{+2} , Ca^{+2} , Fe^{+2} nadiren de Ba^{+2} , Sr^{+2} olur.

Herhangi bir zeolit kristalinin en küçük yapı birimi SiO_4 veya AlO_4 tetraederleridir. Si ve Al tetraederlerinin oluşturduğu birincil yapı ünitelerinin birleşmesi ile tek ve çift halkalı ikincil yapı üniteleri ve yüksek simetrik parametreler meydana gelir. Bu polieder ve ikincil yapı ünitelerinin üç boyutta değişik şekillerde dizilmesi ile de mikro gözeneklere sahip zeolit iskeleti ortaya çıkar. Poliederler ve bunları birbirine bağlayan ikincil yapı üniteleri arasında yer alan bu mikro gözenekler mikro pencerelerle birleşip bir, iki veya üç boyutlu boşluk sistemleri ve/veya kanalları oluşturur. Boşluk miktarı toplam hacmin %20'si ile %50'si arasındadır. Zeolit minerallerinin en önemli özelliği; bu boşluklar ve bu boşluklara kolayca girebilen ve yer değiştirebilen sıvı ve gaz molekülleri ile toprak alkali iyonlardan ileri gelen "moleküler elek" olmalıdır [18].

Tablo 5.2. Zeolitlerin sınıflandırması [6].

GRUP	İKİNCİL YAPI ÜNİTESİ	GRUP MINERALLERİ
1	Tek 4'lü	Analsim
2	Halka	Harmotom
3	Tek 4'lü	Filipsit
4	Halka	Gismondin
5	Çift 4'lü	Zeolit-P
6	Halka	Paulingit
7	Çift 6'li	Lömونتit
	Halka	Vugawaralit
	Kompleks 4-1	Erionit
	Kompleks 5-1	Offetit
	Kompleks 4-4-1	Zeolit-T
		Levynit
		Omaga
		Soladil
		Zeolit-A
		Zeolit-N-A
		Zeolit 2K-A
		Fojasit
		Zeolit-X
		Zeolit-Y
		Sabazit
		Gmelinit
		Zeolit-2K-5

Tablo5.2.'nin devamı

		Zeolit-LH
		Natrolit
		Skolesit
		Mezalit
		Tomsonit
		Gonnardit
		Edingtonit
		Mordenit
		Dakhiorit
		Ferrierit
		Epistilbit
		Bikitait
		Hölandit
		Klinoptilolit
		Stilbit

5.1.2.2 Dünyada mevcut durum

Dünya zeolit rezervlerini tam olarak tespit edilmiş rakamlarla vermek mümkün değildir. Dünyada zeolit oluşumları 1950'lerden sonra saptanmaya başlamış ve hemen tüm kıtalarda yaygın olduğu görülmüştür. Yeryüzünde sedimanter kayaçlarda en fazla klinoptilolit oluşumları mevcut olmakla birlikte, en az onun kadar ticari değeri olan mordenit, filipsit, sabazit, erionit ve analsim minerallerine de oldukça sık rastlanmaktadır (International Committee on Natural Zeolites, 1984.) [27].

5.1.2.3 Tüketim

Tüketim Alanları

Zeolitlerin endüstriyel alanlarda kullanılabildiği 1940'li yıllarda ortaya konulmasına rağmen tali mineral olarak volkanik kayaların boşluk ve çatlaklarında bulunduğu bilinmesi kullanımlarını sınırlamıştır. Ancak 1950'li yıllardan sonra denizel ve görsel tüflerin de zeolit içerdiklerinin saptanmasıyla, doğal zeolitlerin

Son yıllarda önemli bir endüstriyel hammadde durumuna gelen doğal zeolitlerin bu özelliklerinden biri veya birinden fazlasının istediği kullanım alanları: kirlilik kontrolü, enerji, tarım-hayvancılık, maden-metarlurji ve diğer alanlar olmak üzere 5 ana bölümde toplanabilir.

-1. Kirlilik Kontrolü

-a. Radyoaktif Atıkların Temizlenmesi:

-b. Atık Suların Temizlenmesi:

-c. Baca Gazlarının Temizlenmesi:

-d. Petrol Sızıntılarının Temizlenmesi:

-e. Oksijen Üretimi:

-2. Enerji

-a. Doğal gazların saflaştırılması

-b. Güneş enerjisinden faydalanma

-c. Petrol ürünleri üretimi

-3. Tarım ve Hayvancılık:

-a. Gübreleme ve Toprak Hazırlanması:

-b. Tarımsal Mücadele

-c. Toprak Kirliliğinin Kontrolü

- d. Besicilik
- e. Organik Atıkların Muamelesi
- f. Su Kültürü
- 4. Madencilik ve Metalurji:
 - a. Maden Yataklarının Aranması
 - b. Metalürji
- 5. Diğer kullanım alanları
 - a. Kâğıt Endüstrisi
 - b. İnşaat Sektörü
 - c. Sağlık Sektörü
 - d. Deterjan Sektörü

5.1.2.4 Üretim

Zeolitlerin ekonomik kullanımı dünyada hızla artmaktadır. 1983 yılında 250.000 ton olan zeolit üretimi 1990 yılında 800.000 tona ulaşmıştır. 1991 tahmini üretim miktarı ise 1.000.000 ton civarındadır. Bunun yanısıra, Eski Rusya'nın da 1.000.000 tondan fazla, Çernobil nükleer reaktörünün yarattığı radyoaktif atıkların temizlenmesi için tüketilen, zeolit üretiminin olduğu sanılmaktadır [6].

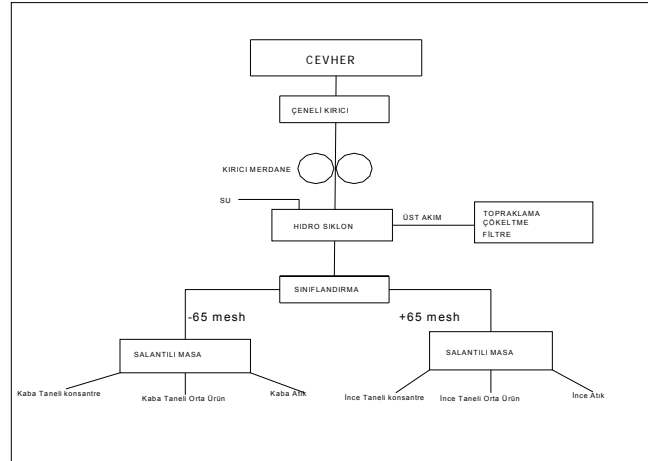
Dünya tabii zeolit üreticilerinin başında (eski Sovyetler hariç), üretimin % 60'ına sahip olan Küba gelmektedir. Diğer önemli üreticiler Japonya, ABD, G. Afrika, Macaristan, Bulgaristan ve İtalya'dır.

Macaristan yılda 50.000 ton civarında doğal zeolit üretmektedir. Bunun dörtte üçü hayvan yemi üretiminde, kalanı ise, su arıtma gibi diğer uygulamalarda kullanılmaktadır [6].

Bulgaristan da doğal zeolit üreticisi olarak bilinmektedir. Ancak bu ülke, son birkaç yıldan beri tesislerini yeniden düzenlemek amacıyla üretimini azaltmıştır.

Üretim Yöntemi ve Teknolojisi

Bilinen yataklarda işletme yöntemi açık ocak işletmeciliğidir. Diğer minerallerle karşılaştırıldığında zeolit madenciliği oldukça basittir. Zeolit ihtiva eden formasyonlar yüzeye yakın olmaları nedeniyle toprak örtüsü fazla olmadığından dekapaj nadiren yapılmaktadır. Cevher genellikle yumuşak olduğundan, patlatmaya gerek duyulmadan çıkartılan cevher, maden sahasında kırılıp elendikten sonra, çuval veya yığın halinde tüketim yerine sevk edilir. Zeolit cevherleri özellikle bir zenginleştirme işlemine tabi tutulmamaktadır. Ancak; kuvars, feldspat, kil mineralleri, mika ve kalsit içerebilen düşük kaliteli zeolit mineralleri, kırma ve eleme işlemleri sırasında zenginleştirilir. Madenden çıkartılan zeolit cevherinin piyasaya sunulmasına kadar geçirdiği teknolojik işlemler aşağıda verilmiştir. (International Committee on Natural Zeolites, 1984.) [7].



Şekil 5.2. Zeolit cevherinin zenginleştirilmesi [6].

Üretim Standartları

Zeolitlerin kullanım alanları çok çeşitli olduğu gibi, zeolit üreticileri tarafından piyasaya sunulan ürünler de çok çeşitlidir.

5.1.2.5 Türkiye'de durum

Ürünün Türkiye'de Bulunuş Şekli

Ülkemizde ilk defa 1971 yılında Gölpazarı-Göynük civarında analsim oluşumları saptanmıştır. Daha sonra Ankara'nın batısında analsim ve klinoptilolit yatakları bulunmuştur. Volkano tortul oluşumlarının gözlenebildiği ülkemizde daha çok klinoptilolit ve analsim türleri yoğunlukta olup diğer türlere çok az rastlanılmıştır.[6].

5.1.2.6 Rezervler

Türkiye'de detaylı etüdü yapılmış tek zeolit sahası Manisa -Gördes civarındaki M.T. A. ruhsatlı sahadır. Sahada 18 milyon ton görünür zeolit rezervi ve 20 milyon ton zeolitik tuf rezervi tespit edilmiştir.

Balıkesir-Bigadiç bölgesinde ise, Türkiye'nin en önemli zeolit yataklanmaları tespit edilmiş olup kolaylıkla işletilebilir nitelikte yaklaşık 500 milyon ton rezerv tahmin edilmektedir. Diğer bölgelerde detaylı bir çalışma yapılmamış olup ülkemiz genelinde toplam rezervin de 50 milyar ton civarında bulunduğu tahmin edilmektedir.

Türkiye'de tespit edilmiş olan zeolit yatakları ve türleri aşağıda verilmiştir [6].

Bahçecik, Gölpazarı, Göynük	Analsim
Polatlı, Ayaş, Oğlakçı	Analsim
Nallıhan, Çayırhan, Beypazarı	Analsim
Kalecik, Çandır, Hasayaz	Analsim
Balıkesir, Bigadiç	Klinoptilolit
Emet- Yukarı Yoncağağaç	Klinoptilolit
Kütahya-Saphane	Klinoptilolit
Gediz-Hisarçık	Klinoptilolit
İzmir-Urla	Klinoptilolit
Kapodokya Bölgesi(Tuzköy/Kayseri)	Klinoptilolit, Sabazit, Erionit

5.1.2.7 Tüketim

Tüketim Alanları

Türkiye'de zeolit tüketimi ithal yoluyla karşılanmaktadır. Yeterli veri elde edilememiştir. Ancak Bigadiç ve Lalapaşa yörelerinde üretilen zeolitik tüfler, tras olarak çimento fabrikalarında kullanılmaktadır. Yapıtası ve başka amaçlı zeolit tüf kullanımı henüz Türkiye'de yapılmamaktadır.

Tüketim Miktarı

Bigadiç'te üretilen zeolitik tüflerin tüketim miktarı hakkında bilgi elde edilememiştir.

Türkiye'deki yatakların büyüklüğü, kalitesi, işletilebilirliği ve kullanım alanları üzerindeki bilgilerin azlığı, zeolit kaynaklarının değerlendirilmesine engel olmaktadır. Dünyada doğal zeolitlerin kullanımı ve üretimi hızla gelişmekte ise de ülkemizde bu ana kadar zeolit üretimi yapılmamıştır. Pilot çapta ürün kullanımı belirleme çalışmaları için küçük üretimler yapılmıştır [6].

5.1.3 Perlit

5.1.3.1 Tanım ve sınıflandırma

Perlit asidik bir volkanik camdır. Perlit ismi bazı perlit tiplerinin kırıldığı zaman inci parlaklığında küçük küreler elde edilmesi nedeni ile inci anlamına gelen perle kelimesinden türetilmiştir.

Perlit, ısıyla genleşme özelliği olan, genişletildiğinde çok hafif ve gözenkli bir hale geçen bir kayadır. Perlit kelimesi hem ham perlit için hem de genişletilmiş perlit için kullanılmaktadır.

Çeşitli perlit kayalarının renkleri ve yapıları birbirinden çok farklı olabilir. Bu bakımdan perlit göze tanımak oldukça zordur. Ham perlitin rengi saydam açık griden parlak siyaha kadar değişmekte olup, genişletildiğinde renk tamamen beyazlaşır.

Perlitte en önemli özellik % 2 ile 6 oranında değişen içeriğindeki sudur ve bu su perlitin kararlılığını sağlamaktadır.

Perlitin fiziksel ve kimyasal özellikleri [7].

A. Perlitin Özellikleri

Renk	: Beyaz, gri ve tonları
Yumuşama noktası	: 870-1100°C
Ergime Noktası	: 1260-1343 °C
pH	: 7.5-8.0
Serbest nem (%)	: İstenildiği kadar
Özgül ısı	: 0.2 Cal/g°C (837 J/Kg.k)
Serbest nem (%)	: Maksimum 0.5
Ağırlık kaybı	: İstenildiği kadar
Gevşek yoğunluk(Genleşmiş)	: 32-400 kg/m ³
Isı iletkenliği(Genleşme)	: 0.04 W/m.k

B. Kimyasal özellikleri (%)

Tablo 5.3. Perlitin kimyasal özellikleri [6].

SiO ₂	71.0 - 75.0	FeO	0.0 - 0.1
AlO ₃	12.5 - 18.0	Cr	0.0 - 0.1
Na ₂ O ₃	2.9 - 4.0	Ba	0.0 - 0.05
K ₂ O	0.5 - 5.0	PbO	0.0 - 0.03 / 0.3
CaO	0.5 - 0.2	NiO	Eser
Fe ₂ O ₃	0.1 - 1.5	Cu	Eser
MgO	0.02 - 0.5	B	Eser
TiO ₂	0.03 - 0.2	Be	Eser
MnO ₂	0.0 - 0.1	Serbest silis	0.0 - 0.2
SO ₃	0.0 - 0.2	Toplam klorürler	Eser - 0.2
		Toplam sülfatlar	Hiç Yok

5.2. Metotta Yeni Teknolojik Yöntemler

5.2.1 Ozon

Ozon (O_3) oksijenin modifikasyonu, stabil olmayan bir gazdır. Ozon molekülü, oksijenatomundan oluşur ve simetrik açılıdır. $-112\text{ }^\circ\text{C}$ de koyu mavi bir sıvı olup, $-215\text{ }^\circ\text{C}$ de ise siyah– mavi renkte kristalleşir. Teknolojik olarak ozon, dielektrikum vasıtasıyla birbirinden ayrılmış olan iki elektrot arasındaki gaz ortamında elektron boşalmasıyla elde edilir. Elektrotlar arasında, en az 50 Hz. frekanstaki alternatif akım uygulanır [8].

Ozonun inorganik kimyası periyodik sistemin diğer üyelerine benzer. Ozonun 2.09 V potansiyel oksidasyon özelliği vardır. Ozon, kalsiyum ve sodyum gibi metal iyonlarla reaksiyon verir. Flor ile reaksiyon vermemesinin sebebi ise florun oksidasyon potansiyeli ozondan yüksek tek element olmasıdır.

Alkali metal iyonları ozon ile reaksiyona girmezler. Çünkü bunların sadece bir oksidasyon durumları vardır. Geçiş elementleri ozon ile en yüksek oksidasyon seviyelerine okside olurlar. Bu durumdaki metallerin suda erime kabiliyetleri düşük oksidasyon seviyesinde olduklarından daha azdır. Ozonun bu özelliği sanayide sulardaki demir ve mangani en düşük seviyelere indirmede sıkça kullanılır.

Ozonun koku eşiği şahıslara göre değişmekle birlikte havada metreküpde 0.01 ppm miktarı birçok kimse tarafından hissedilmektedir. Bu oran 0.04 ppm / Nm³ olduğunda, herkes tarafından hissedilebilir, ancak insanları rahatsız etmez.

Ozonun etkilerinden söz ederken kullanılan “artık ozon” suya ilave edilen ozon miktarından, suyun tükettiği ozon miktarı çıkarıldığı bulunan miktardır. Suyun tükettiği ozon miktarı suda ozon ile reaksiyona girecek maddelerin varlığına bağlı olarak değişmektedir. Bu hesaplamalar yapılırken, ozon gazının suda çözünürlüğü ve suda çözülmeyen ozonun bir kısmının dışarı atıldığı dikkate alınmalıdır. (Tablo 5.11)

Tablo 5.4 Ozonun diğer dezenfektanların oksitleme güçleri [8].

Dezenfektan	Oksitleme Gücü (Volt)
Ozon	2.07
Hidrojen Peroksit	1.77
Permanganat	1.67
Klordioksit	1.57
Hypochlorous Asit	1.49
Klor Gazı	1.36
Hypobromous Asit	1.33
Oksijen	1.23
Brom	1.09
Hipoklorit	0.94
Klorit	0.76
İyot	0.54

Tablo 5.5. Genel olarak ozonların uygulandığı alanlardaki ozon dozajları ve temas süreleri [8].

Uygulama Alanları	Uygulanan Ozon Dozu (mg/lt)	Temas Süresi (dakika)
Şişelenmiş Su (Dezenfeksiyon)	0,25-1,0	5-10
Kullanma Suyu Dezenfeksiyon	1,5-3,0	5-10
Bulanıklık giderimi/ mikroflok.	0,5-1,5	3-10
	1,5-5,0	5-10
THM yapıcıların giderimi	1,0-5,0	5-10
	2,0-10,0	10-30
Saflaştırılmış Su	1,0-3,0	1
	1,0-3,0	5
Toplam organik karbon giderimi Boruların Sanitasyonu		
Atık Su		15-30
Soğutma Kuleleri		1

Tat ve Koku Giderimi
Renk Giderimi
Bunallıklık Giderimi
Metallerin Uzaklaştırılması

Sulardan demir giderilmesi, mangana oranla daha kolaydır. Demir, suların yeryüzüne çıkışında +2 formda olup kolaylıkla +3 formuna oksitlenmekte ve demir III hidroksit halinde çöker hale gelmektedir. 1 mg demir +2 nin giderilmesi için 0.43 mg ozona ihtiyaç vardır. Demirin oksitlenmesi ile ilgili reaksiyonlar. Kirli sulardan filtrasyon seryum, kurşun, gümüş, civa ve nikeldir. Birçok ağır metaller daha az eriyebilir, daha yüksek oksidasyon durumunda ve çözünmeyen oksit veya hidroksit şeklinde okside olurlar. Bunlar da dinlendirme veya filtrasyonla ya da her ikisi birlikte uygulanarak giderilebilir.

Ozonun Bakteri ve Virüsler Üzerinde Dezenfeksiyon Etkisi:

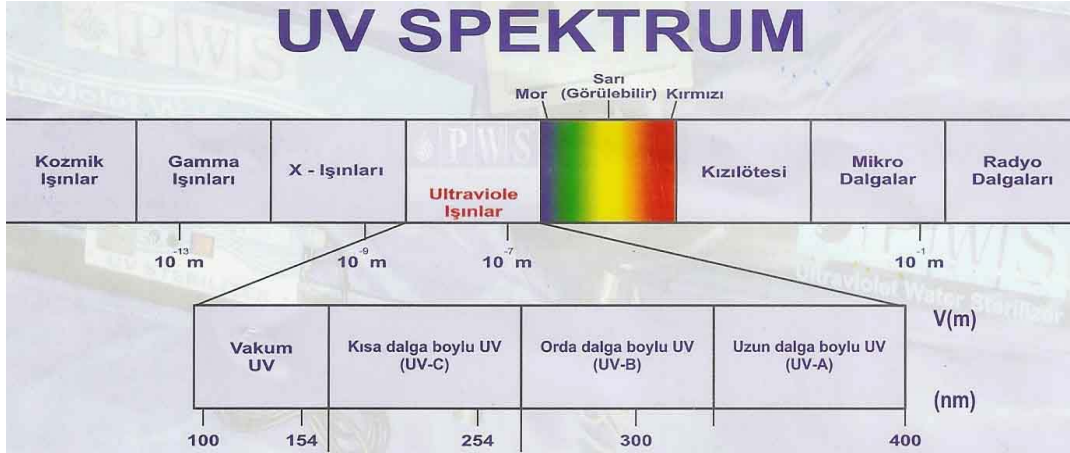
Bakteriler
Virüsler
Nitrik ve Amonyak
Siyanid Giderimi
Organik Maddeler
Pestisitler

5.2.2 Ultraviyole ışınları kullanarak dezenfeksiyon

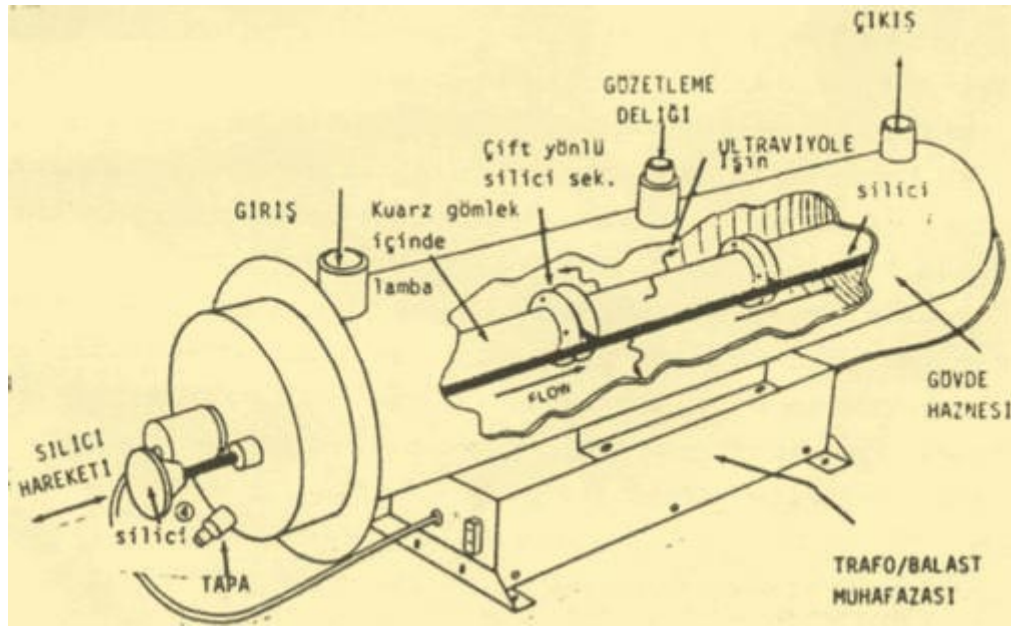
Suyun belirli bir müddet güneş ışınlarına maruz kalması içerdiği bakterileri öldürür. Tabiattaki kirli suların temizlenmesinde güneş ışınlarının rolü büyüktür. Ultraviyole ışınları canlı organizmaların ölümüne sebep olur.

Bu cihazların meydana getirdiği Ultraviyole dalgalar, güneş ışınlarının dünya atmosferinden geçebilen Ultraviyole dalgalarından daha kısa boyludur.

Esas itibariyle 254 nm dalga boyunda olan kısa dalga Ultraviyole enerjisi temasta bulunduğu tüm mikroorganizmaları öldürme gibi, kendine özgü, bir özelliğe sahiptir. Ultraviyole enerjisi bu dalga boyundaki enerjinin geçişine olanak veren özel sert camdan yapılmış alçak basınçlı civa buharlı lambalar tarafından yayılır.



Şekil 5.3. UV spektrunun dalga boyu aralığı [9].



Şekil 5.4. Ultraviyole lamba düzeneği[10]

Çalışma prensibi şöyledir:

-a. Cihaza giren su kuarz gömlekle cihaz hazne gövdesi arasındaki silindirik boşluktan geçer.

-b. Cihaz içerisindeki silici sekmanlar suda türbülans yaratarak, su içerisindeki mikroorganizmaların hepsinin öldürücü Ultraviyole ışınlarına eşit maruz kalmasını sağlar.

-c. Üst gözleme deliği lambanın çalıştığını dışarıdan gösterir,

-d. Dıştan tahrikli silici, sterilizatörün kuartz gömleğinin sökülmesine, dolayısı ile su üretiminin sekteye uğramasına lüzum kalmaksızın, periyodik fasılalarla temizlenebilmesini mümkün kılar.

-e. Cihazdan geçen su, içinden geçer geçmez anında kullanılmaya hazırdır.

Yine bazı tip ekli lambalar 2537 Angström dalgaların direk mikrop öldürücü hususiyetlerine ilaveten suda kalıcı dezenfektan özelliği gösteren hidrojen peroksit de üretirler. Hidrojen peroksit suya kalıcı dezenfeksiyon özelliği sağlar [10].

5.2.3 Mikro filtrasyon

Bu tür filtreler kullanım amacına göre seçilmiş sık gözenekten oluşan filtrelerdir. Bunlarla yapılacak dezenfeksiyonun prensibi, filtre gözenekleri tutulması gerekli mikroorganizmalardan daha küçük olduğu için bunların yüzeyde tutulmasıdır. Böylece filtreden çıkan su kirliliğini bırakarak çıkmış olacaktır. Hemen akla gelen avantajı suya herhangi bir katkı maddesi vermemesi, artık madde bırakmaması, istenmeyen oksidatif maddeleri üretmemiş olması, bazı sporlu mikroorganizmalar gibi dezenfektanlara mukavemet edebilen organizmaların geçebilecekleri kadar büyük gözenek bulunmadığından kesin olarak tutulabilmeleridir.

5.2.3.1 Tutma (ayırma) etkinliği

Membran filtreler veya membran tabakaları, genellikle tutma (ayırma) etkinlikleri ortalama gözenek genişliği ile belirlenen yüzey filtrelerdir.

Bu nedenle, filtre elemanları, ince örülmüş, çok katlı elekler biçiminde olup, gözenekler birbirleri üzerine çakışmamakta, birbirinden farklı bir dağılım göstermektedir.

Membran filtrenin sıvı filtrasyonunda emdiği miktar çok düşük olup, filtre yüzeyinin her bir cm için bu miktar pikogram düzeyindedir.

Membran filtrelerin aksine, derinlik filtreleri (depth filters), tüm filtre materyalinin kalınlığı oranında mekanik bir sonuç yaratır ve sıvıyı emer.

Membran filtreleri saf selüloz, selüloz türevleri ve diğer polimerlerden imal edilmekte olup, lifsiz ve sık gözenekli bir yapıya sahiptir. Gözenekler biçim olarak birbirinin aynı olup, toplam filtre hacminin % 60 ile % 80 nini işgal ederler. Filtre yüzeyleri cm de 10^6 ile 10^{10} arasında gözenek içerirler. Bu karakteristikler, gerek, sıvı ve gerek gazlar için yüksek akışkanlık oranına (flow rate) imkân verir ve aynı zamanda belli boyutlardaki parçacıklar için güvenilir tutma etkinliği sağlar.

5.2.3.2 Membran filtre tipleri

-1. Karışık ester .

-2.Selüloz nitrat.

-3.Selüloz asetat.

-4.Rejenere selüloz

-5.Naylon 66.

-6.Politetrafloroetilen.

Membran filtre seçimi için bazı sık görülen parçacıkların genişliğini ve ne tür filtrasyon gerekebileceğini vereceğiz.

İnce filtrasyon: İnsan saçının çapı (75μ), un (60μ) görülebilen en küçük parçacık (40μ), polen (20μ)

Mikrofiltrasyon: Kırmızı yuvarlar (8μ), vücut hücreleri büyüklüğü (5μ), hücre araştırmalarında; En küçük maya hücresi (3μ), şarap berraklaştırması, radyoaktif hava örneklerinin toplanması; insan vücudu için tehlikeli en küçük cansız parça ($1,2 \mu$), plankton araştırmalarında; Berraklaştırmada ($1,0 \mu$) : Aerosol (asbest) analizinde

(0,8 μ) : Havada uçan en küçük parçacıklar (0,6 μ), ince berraklaştırma, içkinin stabilizasyonu, süt ürünlerinde: Çeşitli bakteri büyüklümü (0,45), mikrobiyolojik araştırmalar, DNA IRNA hibrizasyonunda: En küçük bakteri (0,3 μ), Sterilite testinde: soğuk sterilizasyonda (0,2 μ), kolloidlerin ayrılmasında (0,13 μ) Optik olarak saf miyarların hazırlanması, suyun ultra filtrasyonu, phage filtrasyonunda (0,1 μ) [10].

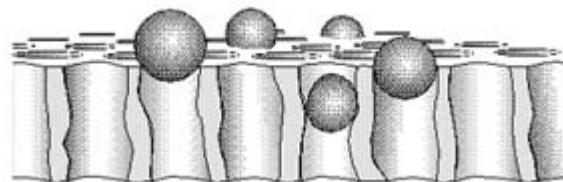
Ultra filtrasyon: Virüs / Phage filtrasyonunda (0,05 μ), moleküler ağırlık ayırımları ve tayinleri, virüs filtrasyonu, diyaliz de (0,025 μ) dur. Koloidal maddeleri tahrip eder.

Suda erimiş organik kirliliklerin ozon ile kısmen oksidasyonu sonucu polar bileşikler husule gelir. Alum, fenik hidroksit, CaCO₃ gibi maddelerle koagülasyon suretiyle organik kirliliklerin giderilmesi geniş çapta organiklerin polaritesine bağlıdır.

5.2.4 Ultra filtrasyon

Ultrafiltrasyon bir büyüklüğü geçirmeyen, basınçla yürüyen bir ayırma prosesidir. Tipik olarak Ultrafiltrasyon (UF) 10 ile 1000 Angstrom arasında değişiklik gösteren gözenek büyüklüğüne ve 300 ile 500.000 Dalton arası ağırlığındaki moleküller tutma kabiliyetine sahiptirler. Genelde UF membran tarafından geçirilmeyen maddeler şekerleri, biomolekülleri, polimerleri ve koloidal partikülleri ihtiva ederler. Çoğunlukla UF membranlar " En son tutulan molekül ağırlığı" ile tanımlanırlar (MWCO= Moleküler weigth cutoff), ki tutulan kısım % 90 dan çok olmalıdır.

UF prosesler belki diyaliz ve mikrofiltrasyondan sonra en geniş biçimde kullanılırlar. UF membran prosesleri genellikle gıdada, meşrubat ve süt endrüsrisinde kullanılır.



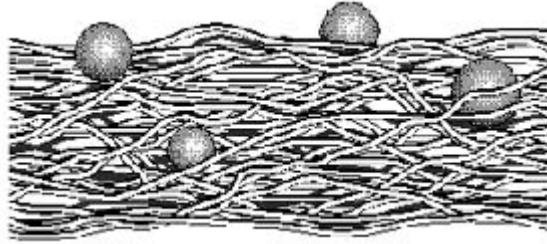
Şekil 5.5.Membran kesiti [3]

5.2.4.1 Ultrafiltrasyon membran özellikleri

Bazı membran karakteristikleri, ayırma uygulamalarına membranın uygunluğunu belirlemek için çok önemlidirler. Bu karakteristikler şu şekilde özetlenebilir:

- 1. Gözeneklilik
- 2. Biçim
- 3. Yüzey özellikleri
- 4. Mekanik dayanıklılık
- 5. Kimyasal direnç.

Bu özellikler birbirine bağlıdır. Sadece bir özelliğin bulunması yeterli değildir. Örnek olarak çok gözenekli bir membranın mekanik dayanıklılığı varsa imal edilebilir. Kimyasal direnç, basınç altında çalışmaya uygunluk, temizleme kimyasallarına, bakteri gidermeye ve sıcaklığa dayanıklılık endüstriyel kullanım için önemlidir.

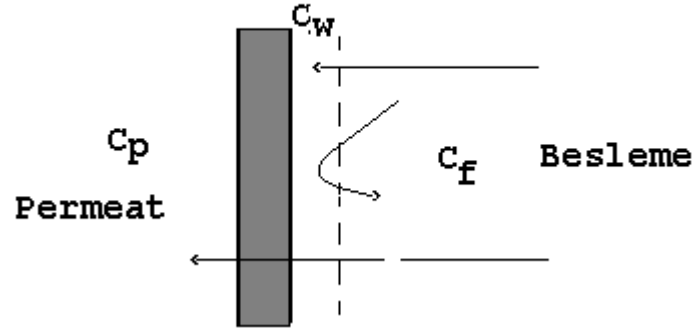


Şekil 5.6.Lifli membran kesiti [9].

Konsantrasyon Polarizasyonu:

Konsantrasyon polarizasyonu bütün basınçla yürüyen membran proseslerinde, UF olduğu gibi önemli bir özelliktir. Membran yüzeyinde, geçirilmeyen çözelti birikir ve konsantrasyonu artar (C_w). C_w değeri solventin konveksiyon akımı ile membran

yüzeyine doğru olan akımla ve membran içinden geri difüzyon arasında bir dengeye ulaşır.



Şekil 5.7. Ultra filtrasyonda akış kesiti [3]

Konsantrasyon polarizasyon derecesi operasyon şartları ile küçültülebilir. Bu, yüksek akımlı UF membranlarda özellikle çok önemlidir. Konsantrasyon polarizasyonu, basıncın artmasıyla yavaş artar, bu arada basınca bağlı olarak akı da artmaktadır. Ve bir noktaya gelinir ki burada membran yüzeyi bölgesinde jel tabakası oluşmaya başlar. Bu noktada basıncın artması akıda ilave bir artış meydana getirmez. Bu noktaya Limit Akı Noktası denir.

5.2.4.2 Ultrafiltrasyon membranlar

Çoğunlukla UF membranlar tabii olan polimerik olanlardır, her ne kadar son günlerde inorganik olanlar kullanıma çıkmış olsa da. Birçok polimer, membran materyali olarak kullanılmak için denenmiştir. Fakat bunların içinden bir kaç geniş bir şekilde kullanılmıştır.

Tablo 5.6. Tipik UF membran materyalleri [3].

Polimerik olanlar	İnorganik olanlar
Polisulfon	Alümina membranlar
Polieter sulfon	Borosilikatcam
Selüloz asetat	Pirolize Karbon
Rejenere Selüloz	Zirkonya/Paslanmaz Çelik
Poliamidler	Zirkonya/Karbon
Polivnilidenflorit	

-1. Esas polimer, hidrofil gruptan polimer ile reaksiyona sokulur. Sonra döküm işlemi uygulanır. Bilinen örneği polisülfonun klorosülfonik asit ile sülfolanması.

-2. Membran imalinden önce hidrofil maddelerle yüzey aşılmasının yapılması. Bunu temel membrana zarar vermeden yapmak çoğu kimyasal metotlar için zordur. Cabasso (1980) polisulfon hallow-fiber membranın sülfonasyonunda sülfürik asit kullanmıştır. PVDF eterde selülozla veya kalevi ortamda inositol ile muamele edilmiştir. Daha basit bir teknik temel polimer membranın kaplanmasıdır. Örnek olarak PVDF membranlar vinil alkol-vinilasetat kopolimerle kaplanabilir [3].

-3. Polimer karışımları: Selülozasetattın polistirenle ve polietilenoksit fosfat esteriyile karıştırılması belli bir örnektir. Keza PVDF/katyonik polielektrolit karıştırması yine bir örnektir. İnorganikler ve polimerlerin karışımı ile yapılan membranlar ayrıca basınca karşı dayanıklılığı artırdığı kanıtlanmıştır.

Tablo 5.7. Ticari olarak kullanılan polisülfon ve selüloz asetat membranların verileri görülmektedir [3].

Membran/destek	Akı (lt/m ² .h)	Rejeksiyon (%)
PES-4/PP60	30-50	92-94
PES-8	70-12	87-92
PS-100/PP-100	300-500	80-90
PS-200 M/PP 100	500-1000	0-10
CA-5/PP60	30-40	97-98
CA-100/PET 100	250-400	86-92

Tabloda Polietersülfon (PES), Polisülfon (PS) ve Selülozasetat (CA) membranların %1 lik Dextran ile testinde elde edilen değerler verilmiştir.

PP=Polipropilen.

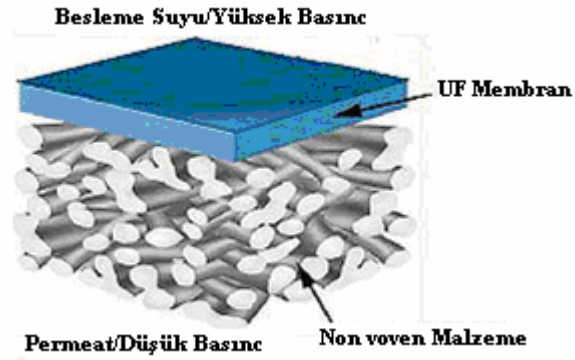
5.2.4.3 Ultra filtrasyon membran modülleri

Bazı membran konfigürasyonları ticari olarak ve laboratuvarlarda kullanılmaktadır. Polimerik membranlar düz tabaka veya sıkıştırılarak kullanılabilir. Düz tabaka membranlar spiral sarımlı ve tabaka - çerçeve modüllerinde kullanılabilirler. Diğer modül tipleri de tubular (boru biçim) ve hollow-fiberdir (içi boş lif). İnorganik membranlar ticari olarak sadece tubular veya yekpare formda kullanılmaktadır. Düz disk modüller laboratuvar ortamında kullanılmaktadır.

Çoğu polimerler tubular geometriden ziyade, düz tabaka olarak kullanılabilirler. PS, PES, PVDF ve CA bu modülde çok kullanılanlardır. CA tubular modülde de kullanılabilir.

-1.Spiral Sarımlı Modüller:

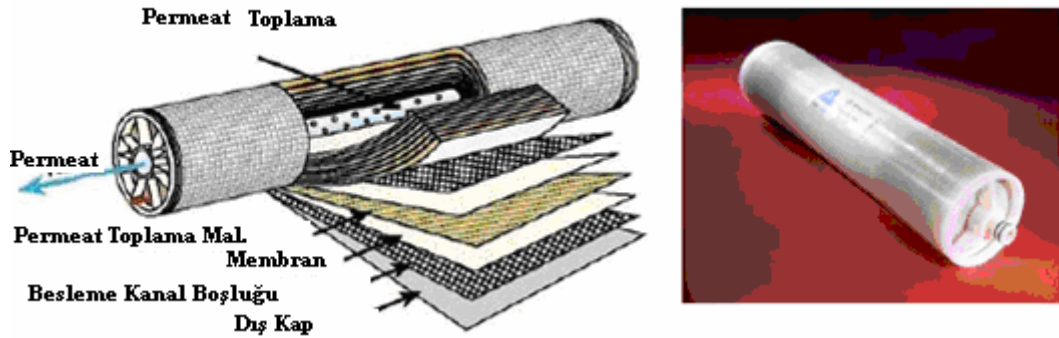
-2.Tabaka-Çerçeve Modülü:



Şekil 5.8. Tabaka çerçeve modülü filtrasyon [11]

-3. Tubular ve Hallow-fiber modüller:

-4. Yekpare Tubular Modül:



Şekil 5.9. Tübüler modüllü filtrasyon modeli [11].

5.2.5 Ters Osmoz sistemlerle suların arıtımı

Ters osmoz, yüksek basınçta yarı geçirgen membran arasından su geçirilerek istenmeyen maddeleri filtre etme işlemidir.

Ters osmoz sistemleri, su kalitesini iyileştirmek amacı ile uygulanmaktadır.

Ters osmoz sistemleri ile,

- Çok tuzlu deniz suyunu veya hafif tuzlu suyu içme suyuna dönüştürmek,
- Endüstriyel işletmelerde çözünmüş tuzları geri kazanmak,
- Sanayide ve içme suyunda istenen kalitede su elde etmek,
- Buhar kazanlarında kazan taşı oluşumunu önlemek,
- Sulardaki sertliği gidermek,
- Atık suları arıtmak,
- Konsantre meyve suyu ve salca elde etmek,
- Toksik maddeleri ve mikroorganizmaları bertaraf etmek,
- Kimyasal işletmelerde daha kaliteli su kullanmak amacı ile geniş olarak kullanılmaktadır.

Özellikle içme suyunda koku, tat, renk, çözünmüş maddeleri ve sertliği gidermek amacı ile ters osmoz işlemi son yıllarda geniş bir şekilde kullanılmaktadır.

Ters osmoz sistemlerde yüzeysel ve yeraltı gibi doğal sular, az tuzlu sular (1500-15000 mg/ lt) ve deniz suyu (>15000 mg/lt) (tuzluluk bakımından) olmak üzere iki grup altında toplanmaktadır.

5.2.5.1 Ters osmozla reddedilen kirleticiler

Ters osmoz'la su içerisinde düşük moleküllü halde bulunan, mikro filtrasyon ve ultra filtrasyon'la giderilemeyen, anyon ve katyon gibi iyonları gidermek mümkündür

Ters osmoz işleminde kullanılan membranların gözenek çapları 0,1 m ila 1.5m arasında değişir. Ters osmozla, belli yüksek moleküllü organik kirleticileri, bazı deterjanları ve spesifik testisitleri gidermekte mümkündür. Tablo5.18'de ters osmozla giderilen, anyon ve katyonlarla bazı organik bileşikler, partiküller ve pestisitler'le bu bileşiklerin her birinin reddedilme oranı, ters osmoz membranın tipine ve sistemin işletme şartlarına bağlı olarak değişmektedir. Çok küçük molekül ağırlıklı organik maddeleri ters osmozla gidermek mümkün değildir.

Tablo 5.8 Kirletici boyutuna bağı olarak filtrasyon [12]

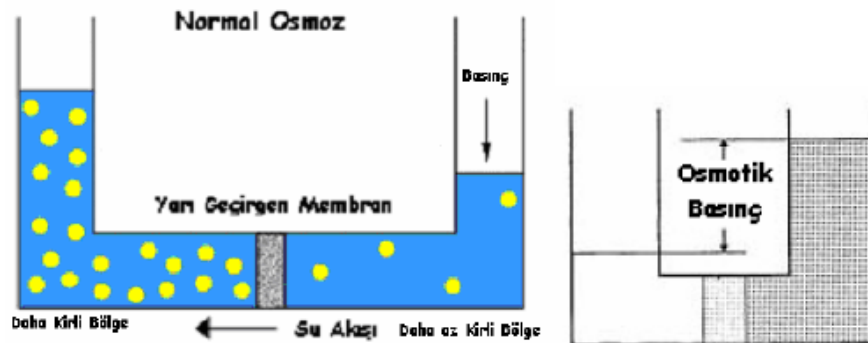
Anyonlar,Katyonlar, Organikler,Pestisitler	Giderme (%)	Anyonlar,Katyonlar, Organikler,Pestisitler	Giderme (%)
Aliminyum	97-98	Nikel	97-99
Amonyum	85-95	Nitrat	96-99
Arsenik	94-96	Fosfat	99+
Bakteriler	99+	Polifosfatlar	98-99
Bikarbonat	95-96	Potasyum	92+
Bromür	93-96	Pirojen	99+
Kadmiyum	96-98	Radyoaktivite	95-98
Kalsiyum	96-98	Radyum	97
Klorür	94-95	Selenyum	97
Kromat	90-98	Silika	85-90
Krom	96-98	Silikat	95-97
Bakır	97-99	Gümüş	95-97
Siyanür	90-95	Sodyum	92-98
Ferrosiyandır	98-99	Sülfat	99+
Florür	94-96	Süfit	96-98
Demir	98-99	Çinko	98-99
Kurşun	96-98	*Virüs	99+
Magnezyum	96-98	*İntestides	97
Mangan	96-98	*Deterjanlar	97
Cıva	96-98	*Herbicides	97
%TMC	95-98	Bor	50-70
Tiosülfat	96-98	Borat	30-50
Selenyum	90-95	*Bunlar tahminidir	

Tablo 5.9. Ham su ve üretilen su kalitesi [12].

Kirleticiler	Hammadde	Sertlik Giderme	Ters Osmoz*	Deminerilize Su**
Kalsiyum(ppm CaCO ₃)	70	0,5	0,01	<0,1
Magnezyum(ppm CaCO ₃)	24	0,5	0,01	<0,1
Sodyum(ppmNa)	2	62	0,01	<0,1
Karbonat (ppmCaCO ₃)	22	22	0,22	<0,1
Klorür(ppmCl)	25	25	0,25	<0,1
Sülfat(ppmSO ₄)	36	36	0,36	<0,1
Silika(ppm Na)	4	4	0,06	<0,05

5.2.5.2 Ters osmoz proses

Su oda sıcaklığında (20–30°C) doğadaki en küçük sıvı moleküllü maddelerden biridir. Ters osmoz sistemler özellikle suda çözünür halde bulunan sudan daha büyük moleküllü maddeleri reddeder. Ters osmoz sistemlerindeki yarı geçirgen membran suda çözünür halde bulunan safsızlıkları tutabilir. Ters osmoz işlemini tanımlamadan önce osmoz olayını anlamak gereklidir. Suda farklı miktarda çözülmüş maddeler içeren iki farklı konsantrasyondaki çözelti yarı geçirgen bir membranla ayrıldığı zaman osmoz olayı gerçekleşir. Bazı maddeler membran arasından geçerken bazıları reddedilir. Suda çözülmüş halde bulunan maddelerin osmotik basıncı, seyreltik bölgeden konsantre bölgeye suyu geçirerek suyun seyrelmesine neden olur. (Şekil 5.16)



Şekil 5.10 Ters osmoz ve osmotik basınç [16].

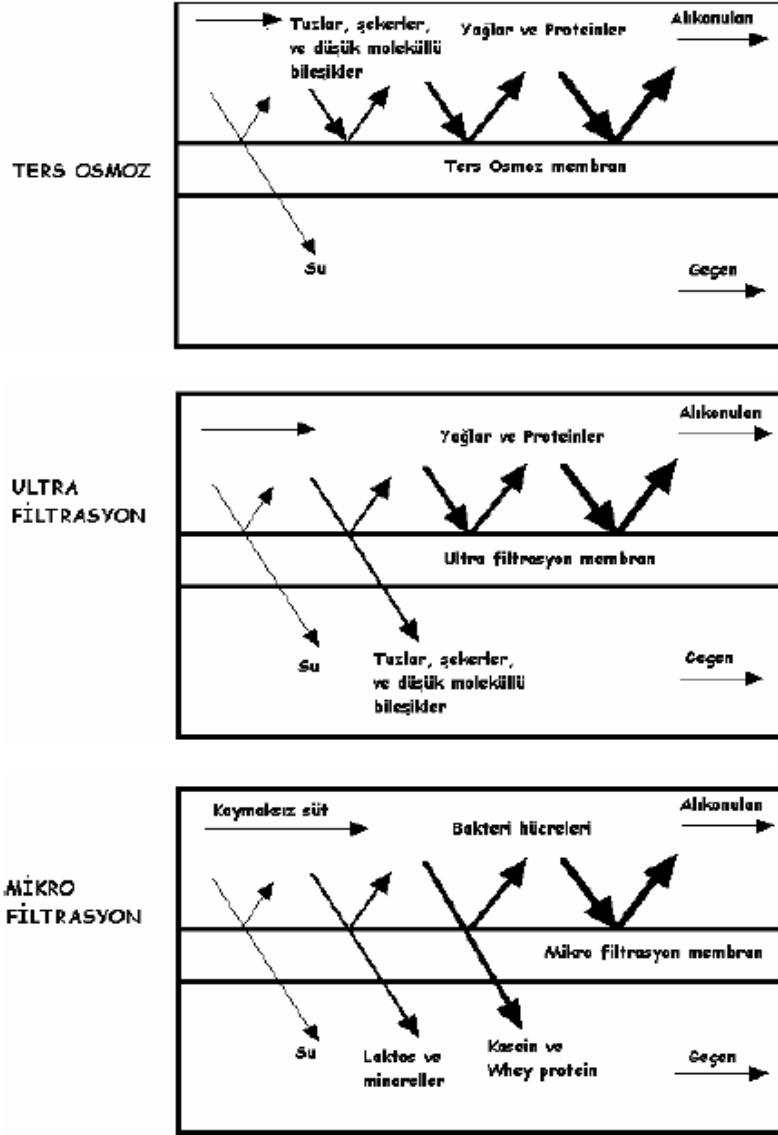
Membranın iki tarafında çözeltilerin konsantrasyonu eşit olunca geçiş durur.

Ters osmoz sistemlerinde pompalama kapasitesi ve işletme basınçları için gerekli enerji 2,4 ila 4,5 kWh/m³ ve besleme suyu akış hızı 1,2–76,2 cm/sn. arasında değişir. Plate ve frame sistemler yüksek, hollow fine fiber modeller düşük hızlarda çalışırlar.

Membran yüzeyinde konsantrasyon polarizasyonunu minimize etmek için türbülans akım gereklidir.

Ters osmoz sistemlerle katyon ve anyon gibi iyonik yapılı ve boyutları 0,0001–0.001 µm olan suda çözünür halde bulunan maddeleri gidermek mümkündür.

Ters osmoz filtrasyon kapasitesi, membran özelliğine, besleme suyu sıcaklığına, işletme basıncına, bertaraf edilecek çözünmüş maddeye ve sistemin konfigürasyonuna bağlı olarak değişmektedir.



Şekil 5.11. Ters osmoz, ultra filtrasyon ve mikro filtrasyon [17].

Su ve çözünmüş maddelerin (tuzlar) geçirgenlik sabitleri kullanılan membranın karakteristiğine ve kullanılan prosese bağlıdır. Besleme suyu basıncı, çözeltinin osmotik basıncından yüksekse membran arasından suyun akışı artar. Tuzun akışı temel olarak sabit kalmakla birlikte tuz konsantrasyonu farkı ile orantılıdır. Bu

yüzden ürün suyunun artan miktar, uygulanan basınç artışı ile orantılıdır. Osmotik basınç artarken besleme suyu tuzluluğu arttığından dolayı su değişimi azalır.

Tablo 5.10 Ters osmos kullanılan modellerin mukayesesi [12].

	Spiral Wound	Tubular Yüksek Bedel	Düşük Bedel	Plate/Frame	Hollow Wide Fiber Sistem	Hollow Fine Fiber
Membran Yoğunluğu (m ² /m ³)	Yüksek	Düşük		Orta	Orta	Çok Yüksek
Tesis Yatırımı	Düşük	Yüksek	Düşük	Yüksek	Çok yüksek	Çok Yüksek
Kirlenmeye Meyil	Orta	Düşük		Orta	Düşük	Orta
Temizlenebilirliği	İyi	İyi		İyi	Düşük	Yok
Membran Değiştirme	Yok	Ever	Hayır	Evet	Hayır	Çok Yüksek
Debi Talebi	Orta	Yüksek	Orta	Orta	Yüksek	Düşük
Ön filitre ve Diğer Talepler	≤50 µm fiberler yok	Elek		≤100 µm birkaç fiber	≤100 µm birkaç fiber	≤5 µm ek ekstra ön arıtma
Malitleyetleri	Düşük	Yüksek	Düşük	Orta	Orta	Düşük

BÖLÜM 6. KURUMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI

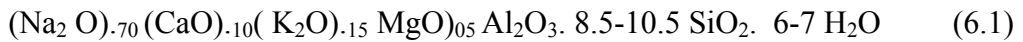
6.1 Kaynak Araştırması

6.1.1 Doğal zeolit zlinoptilolit

Klinoptilolitle ilgili ilk çalışmalar, Schaller (1923) tarafından klinoptilolit olarak isimlendirilmesiyle başlamıştır.

Hey and Basister (1934),X-ışını kırınımalarının benzemesi nedeniyle klinoptilolite silikaca zengin hölandit minerali demişlerdir.1958 yılında Sand and Goldich, bu minerali ilk ismi gibi klinoplolit olarak tanımlamıştır. Hölandit mi klinoplolit mi olacağı tartışma yıllarca sürmüştür.[24]

Mumpton (1960), klinoptilolit ve hölandit minerallerinde yaptığı termal stabilite çalışmalarında hölandit minerallerinde yaptığı termal stabilite çalışmalarında hölanditin termal stabilitesinin daha düşük olduğunu bulmuştur. Yaptığı kimyasal analizlerde; klinoplolitinin Si / Al oranını 9-10 civarında hölanditinkini ise 6,0 civarında hesaplamıştır. Bu sonuçlardan sonra mineral; kimyasal bileşimi olarak hölandite yakın fakat optik, X – ışını termal ve kimyasal sonuçları ile farklı olması nedeniyle klinoplolit olarak, hölandite yakın fakat optik, x ışını termal ve kimyasal sonuçları ile farklı olması nedeniyle klinoptilolit olarak.[24].



Kimyasal formülü ile yeniden tanımlamıştır.

Klinoptilolitli örneklerde kil fraksiyonu çok az olup analsimli seviyelerde de smektif en bol bulunan fillosilikattır. Smektitin yanında,(14s-4c) enterstratifyesi önemli olup illit, korrensit ve klorit de ikinci dereceden önemli minerallerdir.(Esenli 1986),Batı Anadolu klinoptilolit zeolitinin karakterizasyonu ve adsorbant olarak kullanılabilme olanaklarının belirlenmesi üzerine bir çalışma yapmışlardır. Klinoptilolit karakterizasyonuna yönelik olarak orijinal klinoptilolit numunesinden HCl ile muamele edilerek değişik özellikte ürünler hazırlanmıştır. Bu örnekler x ışını kırınımı, elektron mikroskobu termogravimetrik ve difarensiyel termal analiz yöntemleri ile incelenmiştir. Klinoptilolit asit ile muamelesi sonucu yapısındaki sodyum potasyum, kalsiyum ve magnezyum katyonları hidrojen iyonları ile kısmen değişmiştir. Potasyumun diğer katyonlara göre daha zor değiştirebileceği gözlenmiştir. Bu, potasyumun bir kısmının yapıdan çıkarılması güç yerlerde bulunduğunu göstermektedir. Katyonların değiştirebilme oranı asit değiştirimi arttıkça yükselmiştir. Sonuçlar yapıdaki alüminyumun asitle muamele sırasında katyonların değişmesi ile birlikte hidroliz yoluyla yapıdan alındığını göstermiştir. Kullanılan asit konsantrasyonu arttıkça yükselmiştir. Sonuçlar yapıdaki alüminyum asitle muamele sırasında katyonların değişmesi ile birlikte hidroliz yoluyla yapıdan alındığını göstermiştir. Kullanılan asit konsantrasyonu arttıkça SiO_2 / Al_2O_3 oranı artmıştır.Orijinal klinoptilolit ve asitle muamele edilmiş klinoptilolit CO_2 gazına karşı adsorpsiyon kapasiteleri $25^\circ C$ de gravimetrik bir adsorpsiyon sisteminde ölçülmüştür.Sonuçlar orijinal klinoptilolit ve hazırlanan ürünlerin karbondioksit gazı için oldukça büyük kapasitelerinin olduğunu ve düşük konsantrasyonlarda asitle muamele edilmiş klinoptilolit,orijinal numuneye göre kapasitesinin daha yüksek olduğunu göstermiştir [24].

Yücel ve Çulfaz (1988),Batı Anadolu klinoptilolitlerinin katyon değiştirme özelliklerini incelemişlerdir. Bunun için; 20 gram toz klinoptilolit $2,0 \text{ mol/dm}^3$ kalsiyum, potasyum ve sodyum nitrat çözeltilerinin 250 cm^3 'ü ile $370^\circ K$ 'de reflaks altında 7 saat muamele edilmiştir. Sonuçlar zeolitte ki potasyumun, kalsiyum veya sodyumla önemli derecede yer değiştirmediğini bununla birlikte zeolitteki kalsiyum ve magnezyumun, potasyum ve sodyumla yer değiştirdiğini göstermiştir.

Sirkecioğlu ve arkadaşları (1990), Bigadiç yöresinden alınan klinoptilolit içeren örneklerin minarolojik ve kimyasal özelliklerini saptamışlardır.

Tablo 6.1. Bigadiç yöresinden alınan klinoptilolit numunelerinin kimyasal analizi (Sirkecioğlu ve arkadaşları,1990) [24].

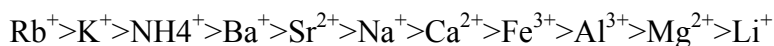
% Bileşim	110-220 m kalınlık					45-140 m kalınlık		
	1	2	3	4	5	1	2	3
SiO ₂	78,0	79,0	75,0	75,0	75,0	77,9	77,9	77,6
Al ₂ O ₃	14,3	14,4	14,3	15,4	14,5	14,4	14,4	15,1
Fe ₂ O ₂	0,1	0,4	0,0	0,0	0,0	0,1	0,6	0,0
MgO	1,0	1,2	0,8	2,2	1,4	1,9	1,8	1,9
CaO	2,6	2,8	2,3	2,4	2,6	3,7	3,8	3,9
K ₂ O	2,2	2,5	2,8	3,9	4,6	1,3	0,7	0,9
Na ₂ O	1,0	0,7	0,5	1,2	1,3	0,6	0,7	0,5
K+Na Ca+MG	1,11	0,95	1,2	1,24	1,75	0,41	0,32	0,29
Si Al+Fe	4,62	4,58	4,46	4,14	4,4	4,55	4,58	4,39

Bu işlem için 110-220 metre (kaba katman) ve 45-140 metre (ince katman) kalınlığındaki katmanlardan klinoptilolit çıkartılmıştır. İnce katman klinoptilolit daha üstte bulunan bir katmandır. Bu katmanlarda yapılan analizler; Bigadiç yöresindeki klinoptilolit kalsiyumca zengin sodyumca daha fakir ve alkali metalin (Na⁺ K⁺) toprak alkali metale (Ca²⁺ Mg²⁺) oranının daha alt kısmında yer alan kaba katmanda daha yüksek olduğunu göstermiştir.(Bkz.Tablo6.1.)

Şenatalar ve arkadaşları (1992), Batı Anadolu'daki en büyük zeolit yataklarının bulunduğu Bigadiç yöresinin değişik bölgelerinden klinoptilolit örnekleri toplamışlardır. Bu örneklerin amonyum iyon değişim kapasitesini ön işlemlerin etkisine bağlı olarak saptamışlardır [24].

6.1.2 Doğal zeolitlerde metallerle iyon değişimi

1960 yılında Ames (1960), klinoptilolit alkalı, toprak alkali metaller ve üç değerli demir ve alüminyum için seçicilik sırasını aşağıdaki şekilde bulmuşlardır.



Kullanılan zeolitlerin iyon değişim kapasiteleri, klinoptilolit için 2,14 meqv/gram, mordenit için 2,24 meqv/gram, filipsit için 2,99 meqv/gram hesaplanmıştır. Amonyum klinoptilolit ve mordenitin oksit formülleri sırasıyla:[24].

Tablo 6.2 Amonyum formuna dönüştürülmüş klinoptilolit, filipsit ve mordenitin kimyasal analizi(Barrer ve Townsend, 1977) [24].

	Klinoptilolit	Filipsit	Mordenit
	% Bileşim		
SiO ₂	68,11	57,62	71,83
Al ₂ O ₃	11,65	16,63	11,38
Fe ₃ O ₃	0,76	1,50	0,06
CaO	1,55	0,64	-
(NH ₄) ₂ O	5,56	7,77	5,73
H ₂ O	11,04	14,81	10,35
% Toplam	98,67	98,97	99,35



olarak bulunmuştur. Deney sonuçları klinoptilolit için Zn²⁺, Cu²⁺ ve Co²⁺ için mordenit ve filipsitten daha seçici olduğunu göstermiştir. Bu iyonlar için seçicilik sırası;

Klinoptilolit Zn²⁺ > Cu²⁺ > Co²⁺

Mordenit Cu²⁺ > Co²⁺ = Zn²⁺

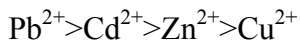
Filipsit Cu²⁺ > Zn²⁺ > Co²⁺

şeklinde bulunmuştur.

Tablo 6.3.Sodyum ve amonyum formuna dönüştürülmüş klinoptilolit kimyasal analizi [24].

	Na ⁺ formu	NH ₄ ⁺ formu
	% Bileşik (Ağırlık)	
SiO ₂	61,750	61,990
Al ₂ O ₃	11,160	11,250
Fe ₂ O ₃	0,936	0,950
CaO	1,950	1,480
(NH ₄) ₂ O	-	5,010
H ₂ O	18,010	17,860
K ₂ O	0,392	0,150
Na ₂ O	5,890	1,096
% Toplam		

Assenev et al.(1988),sodyum formundaki klinoptilolit de Pb²⁺,Cd²⁺,Zn²⁺,Cu²⁺ iyon değişimini çalışmışlardır. Deneysel sonuçlar klinoptilolit bu iyonlar için seçiciliğinin;



şeklinde olduğunu göstermiştir.

Gradev et al.(1988), sodyum, lityum, amonyum ve kalsiyum formlarındaki klinoptilolit ve vermisulit de gümüş iyon değişim kapasiteler Tablo;6.4'de verilmektedir.

Çalışmada 0.25 – 1,25 mm boyutundaki zeolitler Lityum, kalsiyum, amonyum ve sodyum formlarına dönüştürmek için 1N'lik nitratlı çözeltileri kullanılmıştır.1 gram zeolite 25ml.1N gümüş nitrat ilave edilip 6 saat süreyle dengeye gelmesi beklenerek iyon değişimi sağlanmıştır. Sağlanan ham zeolit ve belli forma dönüştürülmüş zeolit iyon değişim kapasiteleri Tablo6,4'de verildiği şekilde bulunmuştur. Sonuçlar klinoptilolit bütün formlarının gümüş için seçici olduğunu göstermiştir [24].

6.1.3 Doğal zeolitlerin su kirliliğini gidermekete kullanımı

Aiello et al.(1980) sentetik metal atıklarından demir ve magnezyumu uzaklaştırmak için çabazit zeolitini kullanmışlardır. Deney sonuçları; zeeolitin demir uzaklaştırması için iyon değişimi ve oksidasyon rolü; magnezyum uzaklaştırması için adsorpsiyon ve iyon değişim rolü oynadığını ve akış hızı artırılarak adsorpsiyon ve oksidasyon karşısında iyon değişiminin aktif durumuna geçirilebileceğini göstermiştir.

Blanchard et al.(1983) sodyum formundaki klinoptilolitin seçiciliğini incelemişler ve seçicilik sırası kurşun, amanyum, bakır, kadmiyum, çinko, kobalt olarak belirlenmiştir.

Guangsheng et al.(1988), sodyum formulu klinoptilolitin, elektrolitik kaplama atık sularından bakırı uzaklaştırma çalışmaları yapmıştır. Onların çalışmaları zeolite geçen bakırın %90-97'sinin NaCl rejenerasyonu ile geri alınabileceğini göstermiştir.

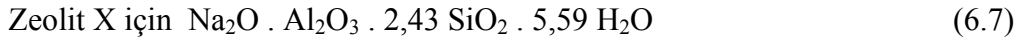
Maliou et al.(1992),ucuz bir malzeme olan klinoptilolitin kurşun ve kadmiyum metalleri tutmakta kullanılabilirliğini sistematik olarak incelemişlerdir. Sıcaklık ve tanecik boyutunu parametre olarak ele alan araştırmacılar klinoptilolitin kurşun için seçici davrandığını belirtmişlerdir.

Klinoptilolit kullanarak önemli miktarda kadmiyumun da sulu ortamdan uzaklaştırılmasının mümkün olduğu sonucuna varmışlardır.

Zamzow ve Murphy (1992),bakır maden ocaklarından aldıkları atık sudaki ağır metalleri tutmakta klinoptilolitin verimini incelemişlerdir. Demir, bakır ve çinko iyonlarını içme suyu standartlarının altına düşürmeyi başarırken mangan ve nikel için bunu başaramamışlardır. Ortamdaki kalsiyum ve magnezyum, ağır metallerin tutulmasını engellediğini öne sürmüşlerdir.

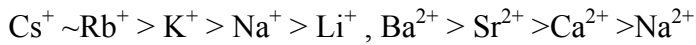
6.1.4 Zeolit X 'de metallerle iyon değişimi

Barrer et al.(1969),sodyum formundaki zeolit X ve zeolit Y'de Li^+ , Na^+ , K^+ , Rb^+ , Cs^+ , Ca^{2+} , Sr^{2+} ve Ba^{2+} iyon değişimini çalışmışlardır. Kullandıkları zeolit formu;

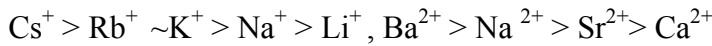


şeklinindedir. Deney sonuçlarından zeolit X ve Y için aşağıdaki seçicilik sırası elde edilmiştir.[24]

Zeolit X için;



Zeolit Y için;



Gal and Radovaranov (1974), Na X'de Ni^{2+} , Co^{2+} , Cd^{2+} ve Zn^{2+} iyon değişimini 0,1 mol/ dm^3 ve 5,25 ve 45°C' lerde farklı zeolit – özelti oranlarında gerçekleştirmişlerdir. Deney sonuçlarından elde edilen izotermeler sıcaklık arttıça seçiciliğin arttığını ve seçicilik sırasının $Cd^{2+} > Zn^{2+} > Co^{2+} > Ni^{2+}$ olduğunu göstermiştir.

Zeolit X'deki Na^+ iyonlarının %97,5'u Cd^{2+} ile , %76,5'u Zn^{2+} ile %75,4'ü Co^{2+} ile ve %71,7'si Ni^{2+} ile yer değiştirebilmiştir.

Franklin et al.(1988),potasyum formu ve sodyum formundaki zeolit X'de Cd^{2+} iyon değişimini çalışmışlardır. alışmalar 25°C ve 0,1 meqv / dm^3 toplam konsantrasyonda gerçekleştirilmiştir. Deney sonuçlarından elde edilen iyon değişim

izotermeleri sodyum formulu zeolitin kadmiyuma potasyum formundan daha seçici olduğunu göstermiştir.

6.1.5 Zeolitlerde iyon değişim kinetiği

Rao and Rees (1966), doğal zeolit mordenitte $\text{Na}^+\text{-K}^+$, $\text{Na}^+\text{-Rb}^+$ ve $\text{Na}^+\text{-Cs}^+$ iyon değişimleri için kesikli bir sistemde kendiliğinden difzyon hızlarını ölçmüştür. Deneysel olarak elde edilen hızlar ikili iyon değişimi için Helfferich and Plesset tarafından tanımlanmış teori kullanarak hesaplanan değerlerle karşılaştırılmıştır. Teori ve deneysel sonuçlar arasında $\text{Na}^+\text{-K}^+$ iyon değişimi için uyumsuzluklar bulunmuştur. Teori iyon değişiminin ideal olduğunu varsaymaktadır. Oysa deneysel sonuçlar $\text{Na}^+\text{-K}^+$ iyon değişiminin ideal olmadığını göstermiştir. Bunun yanında teori, kendiliğinden difzyon katsayısı D^* 'ın konsantrasyondan bağımsız olduğunu kabul eder. Bu gerçekte doğru olmayan bir yaklaşımdır. Deneyler farklı başlangıç konsantrasyonlarında gerçekleştirilmiştir. Hız ölçümleri ve kendiliğinden difzyon katsayısındaki değişimler mordeniti yapısının homojen olmadığını ve bunun iyon değişim hızını etkilediğini göstermiştir [28].

Kullanılan Teori ;

$$(Q_1/Q_2)=2(S/V)\sqrt{(\varphi_{AB}t/\pi)} \quad (6.9)$$

Şeklindedir. Burada;

φ_{AB}

$$\partial 1/\partial = D(1/r^3) \partial/\partial r (r^2 \partial q/\partial) \quad (6.10)$$

T zamanda ve dengede zeolitte bulunan iyon konsantrasyonlarının oranı

T, zaman

S, yüzey alanı

V, hacim olarak tanımlanabilir.

Brown et al.(1971), yılında elektrolit çözeltilerindeki iyonlar ile hidratlı zeolitlerde bulunan katyonların yer değişimi için model geliştirmişlerdir. Zeolit yapısındaki

küçük kafeslerdeki difizyonun ihmal edilebilir olduğu varsayımını yapmışlardır. Modellerini partikül içi difizyon ve film difizyonu için geliştirmişlerdir. Partikül kontrollü iyon değişimini, Fick kanununun ikinci eşitliği yardımıyla tanımlamışlardır. Elde ettikleri denklemi sayısal olarak çözdüklerinde sonuçlar iyon değişiminin difizyon kontrollü olduğunu göstermiştir [24].

Suzuki and Ha (19849, yılında klinoptilolitle amonyumu uzaklaştırma için hız ve denge verileri elde etmişlerdir. Amonyum için konsantrasyona bağlı seçicilik katsayısı fonksiyonu elde edilmiştir. İyon değişim mekanizması için homojen faz model varsayımı yapılarak aşağıdaki eşitlik tanımlanmış ve bu eşitlik sayısal olarak çözüldükten sonra iyon değişim mekanizması için difizyon katsayısı hesaplanmıştır. Hesaplanan difizyon katsayısı kullanılarak zamanla zeolitte bulunan iyonların konsantrasyonlarının değişimi hesaplanmış ve bu değerler deneysel değerlerle karşılaştırılmıştır. Sonuçlar önerilen iyon değişim modelinin bu çalışma için uygun olduğunu göstermiştir.

$$\frac{\partial q}{\partial t} = D \left(\frac{1}{r^3} \right) \frac{\partial}{\partial r} \left(r^2 \frac{\partial q}{\partial r} \right) \quad (6.11)$$

Burada;

q, zeolitte iyon miktarı

r, zeolitin yarıçapı

D, difizyon katsayısı'dır.

Karger and Pfeifer (1987), nükleer manyetik rezonans tekniğini kullanarak zeolitlerde iyon değişimi sırasında kristal içi kendiliğinden difizyon katsayılarını ve moleküller iyon değişim hızlarını tayin etmişlerdir.

Lee et al.(1990), La-NaY zeolitlerde 27 ve 60°C 'de iyon değişim izotermelerini elde etmişler ve iyon değişim katsayılarını hesaplamak için iyon değişimi için matematiksel modeli formüle etmiş ve kullanmışlardır. Kullandıkları model Brown'ın modeline benzer olmakla birlikte Lee ve arkadaşları modelde zeolitin dışındaki kütle transfer direncini de hesaba katarak kesikli reaktörde ve kolonda

iyonik difzyon katsayısını hesaplamışlardır. Deneysel ve teorik sonuçların uyumlu olduğunu gözlemişlerdir [24].

Marutovskii et al.(1993),çoklu iyon değişim sistemleri için iyon değişimi ve adsorbsiyon verilerini kullanarak kinetik parametreleri tayin için metot geliştirmişlerdir.

Fernandez and Diaz (1993), reçinelerde iyon değişim prosesinin kinetiğini incelemişlerdir. İyon değişim modeli; film difzyon kontrolü, partikül içi difzyon kontrolü ve kimyasal reaksiyon kontrolü için büzülen çekirdek modeli kullanılarak incelemiştir. Deneysel sonuçları teorik değerlerle karşılaştırarak partikül içi difzyonun kontrol eden mekanizma olduğunu söylemişlerdir.[24]

Robinson et al.(1994),atık sularda zeolit iyon değişimi için kütle aktarım mekanizmasını incelemişlerdir. Sistem olarak çabazit zeolitinde sodyum-kalsiyum-magnezyum-sezyum-stronsiyum iyon değişimini çalışmışlardır. Zeolitini,24um düzensiz ve 590-500um pellet halinde basılmış olarak iki ayrı boyutunda kesikli ve sürekli karıştırılmalı bir sistemde çalışmalar yapılmıştır. Her iki boyut içinde homojen ve heterojen difzyon modelleri denenmiştir. Hemojen difzyon modelinin 24um'luk zeolit boyutu için deneysel sonuçlarda uyum sağladığı 590-500um pellet deney sonuçları heterojen difzyon modeli ile uyum sağlamıştır. Her iki difzyon modeli de tanımlanırken dış kütle transfer direnci ihmal edilmiştir [24].

Juang and Lin (1995),kesikli reaktör kullanarak makro gözenekli reçinelerde sulu sülfat çözeltilerinden bakır sorpsiyonu için kinetik ölçümler yapmışlardır. Büzülen çekirdek mekanizmasını kullanarak partikül difzyonu ile kontrollü sistem için bakır sorpsiyonu bulunmuştur. Hesaplanan değerlerle deneysel verilerin uyum sağladığı gözlenmiştir.

6.2 Kuramsal Temeller

Zeolitler alkali ve toprak alkali elementlerin kristal yapıya sahip, sulu alüminyum silikatlarıdır. Zeolit minerali ilk olarak 1756 yılında keşfedilmiş olduğu halde

endüstriyel uygulama alanına son 40 yılda girmiştir. Bugün katolizör, adsorbent ve iyon değiştirici olarak kimya endüstrisinde kullanılmaktadır.

6.2.1 Zeolitlerin yapısı

Zeolitlerin genel yapısı formülleri,

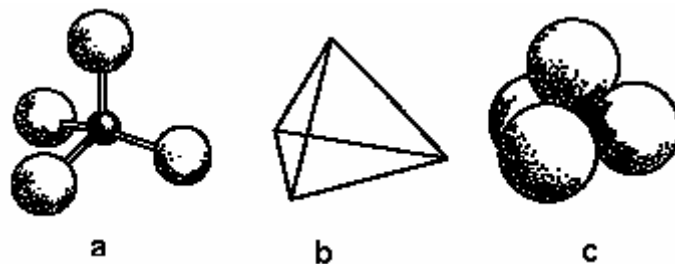


Burada; n, iyon yükü, x, y ve w, mol sayılarıdır.

SiO_2/Al_2O_3 mol oranı; y/x zeolit türüne bağlı olarak değişir.

Zeolit kristalinin en küçük yapı birimi AlO_4 ya da SiO_4 dörtyüzlüsüdür (Şekil;6.1.)

Dörtyüzlülerin uzayda değişik biçimde birleşmelerinden zeolitın gözenek ve kanallarını içeren yapısı oluşur. Dörtyüzlülerin merkezinde oksijenden daha küçük olan silisyum yada alüminyum iyonu, köşelerinde ise oksijen iyonu bulunur. Zeolitın yapısında bulunan silisyum iyonu kendisini çevreleyen oksijen iyonlarının ancak -4 yükünü karşılar. Böylece her oksijen iyonu başka bir silisyum yada alüminyum iyonu ile birleşir. Alüminyum iyonunun bulunduğu dörtyüzlülerde elektrik yükünün dengelenmesi ve kararlı bir kristal yapısı için ek bir artı yüke ihtiyaç duyar. Bu yük değiştirilebilir katyonlarca sağlanır.



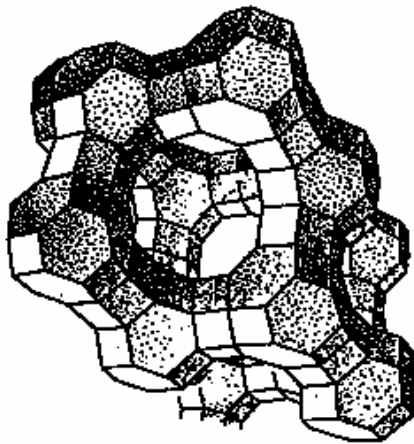
Şekil 6.1. Zeolit kristalinin en küçük yapı birimi dörtyüzlünün [24]

- a. Yuvarlak ve çubuk modeli
- b. Üç boyutlu modeli
- c. Yandan görünüşü

6.2.2.1 Zeolit x'in yapısı

Yapay bir zeolit olan X, sodyum alümina silikat jelinin kristalizasyonundan elde edilir.

Önce İngiltere'de Barrer ve daha sonra A.B.D.'de Union Carbide firmasının Linde bölümünün Milton zeolitlerinin hidrotermal sentezi üzerinde deneylere başlamıştır. İlk sentez çalışmaları yüksek sıcaklıklarda ve çözünürlükleri fazla olmayan maddelerde yapılmıştır. Bu çalışmaların pek başarılı olduğu söylenemez. Elde edilen kristallerin gözenekleri küçük ve pencereleri dardır. Daha sonra çözünür maddelerle ve düşük sıcaklıklarda yapılan çalışmalar başarılı olmuştur. Milton ve çalışma arkadaşları amacı havanın oksijenini azotundan ayırabileceği düşünülen çabazit zeolitini yapmaktadır.

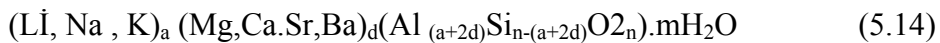


Şekil 6.2. Zeolit X'in kristal yapısı. Çokyüzlülerin köşelerinde Si veya Al atomları ve kenarların orta noktalarına yakın yerlerde oksijen atomları bulunmaktadır (Marinsky 1969) [24].

6.2.3 Klinoptilolit yapı

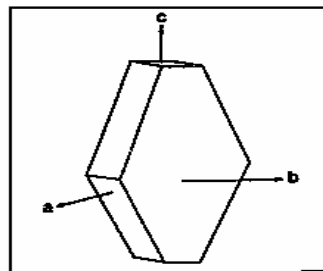
Doğal klinoptilolit ve hōlandit aynı kristal yapıya sahip fakat fiziksel ve kimyasal özellikleri değişik iki zeolit mineralidir. Bu zeolitlerin X ışını dyagramları birbirine çok yakın olduğundan bu metot ile ayırt adilmeleri imkansızdır. Klinoptilolit silika bakımından hōlandite göre daha zengindir ve ısıya daha fazla dayanıklıdır. Klinoptilolitte $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ mola oranı genellikle 8,5 ile 10,5 arasında değişmektedir. Hōlandit ısıtıldığında 230°C 'de hōlandit B diye isimlendirilen başka bir faza geçmekte ve 350°C 'de tamamen amorflaşmıştır. Buna karşılık klinoptilolit 700°C 'ye kadar kristal yapısını koruyabilmektedir. Bu iki zeolit mineralini ayırt etmek için ısıya karşı dayanıklılık deneyleri gerekmektedir [24].

Klinoptilolit genel yapısal formülü

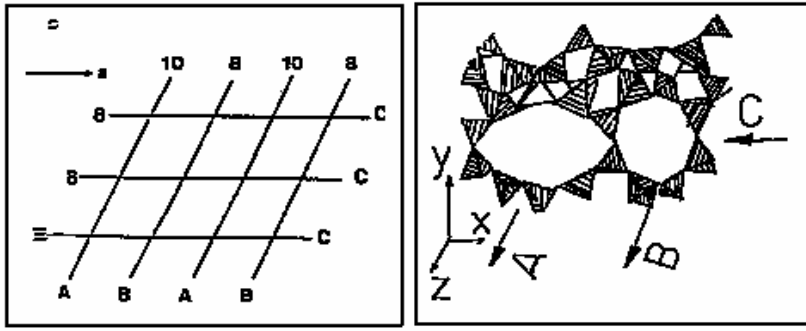


olarak tanımlanabilir. (Ackley and Yang 1991)

Klinoptilolit; Na, K, Ca, Mg gibi iyon yükünü dengeleyen katyonları ile 72 O atomu ($n=36$) ve su molekülü ($m=24$) temel alınarak karakterize edilir. $(\text{Na}, \text{K})_6(\text{Al}_6\text{Si}_{30}\text{O}_{72})20\text{H}_2\text{O}$ formu için İBirim hücrenin koordinat sistemi tek bir kristal için Şekil:6.3'de verilmiştir.



a)

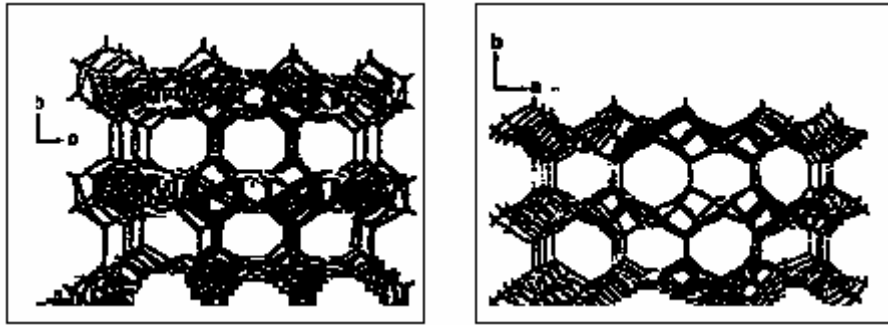


b)

c)

Şekil 6.3.Klinoptilolitin birim hücre yapısı (Gottardi and Galli,1985).[24]

- a.Tek kristal için koordinat sistemi
- b.Kanal eksenleri
- c.Kafes yapısı

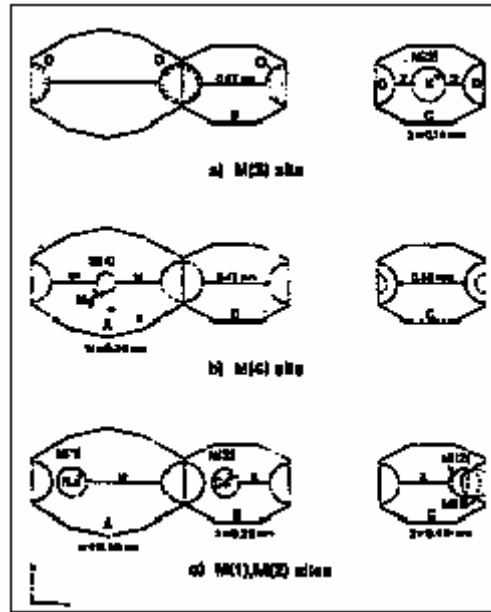


Şekil 6.4.Klinoptilolitin kanal blok diyagramlarının görünümü (Ackley and Yang,1991) [24].

Klinoptilolitte bulunan katyon durumları Tablo;6.5' de yer almaktadır.

Tablo 6.4.Klinoptilolitte kanal karakteristikleri ve katyon durumları (Ackley and Yang,1991) [24].

Kanal	Tetrahedral halka		Katyonik durum	Katyon	Yaklaşık Kanal boyutu nm \times nm
	büyüklüğü/Kanal eksenleri				
A	10/c		M(1)	Na, Ca	0,72X0,44
B	8/c		M(2)	Ca, Na	0,47X0,41
C	8/a		M(3)	K	0,55X0,40
D	10/c		M(4)	Mg	0,72X0,44



Şekil 6.5 Klinoptilolitin kanal blok diyagramı (Ackley ve Yang. 1991) [24].

M(1),M(2),M(3) ve M (4) konumlarında yerleşmiş katyonların ve A,B,C kanallarının görünümü şekil 2,5’de yer almaktadır. Sekiz üyeli halkadan oluşan C kanalı A ve B kanallarının ara yüzeyinde yer almaktadır. Tetrahedral yüzeyleri (dikey, düz bağlar) ayıran her bir oksijen atomu köprüsü üç halka tarafından ortak kullanılır.

BÖLÜM 7. DENEYSEL ÇALIŞMANIN YAPILMASI

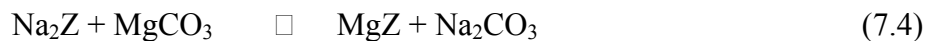
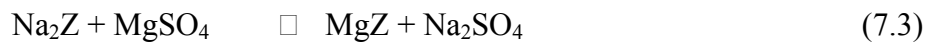
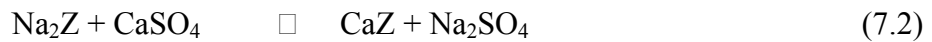
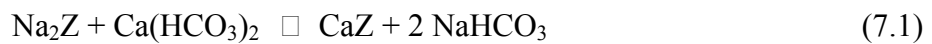
Bu çalışmada Doğal Kaynak sularına sertlik veren maddelerin zeolit üzerine adsorpsiyon mekanizması ile arıtılması incelenmiştir. Çalışmamda zeolit ‘Kesintisiz ve Kesikli Adsorpsiyon sistemlerinde yürütülerek sertlik inceledim. Adsorpsiyon deneylerinde granül zeolitın iyon değiştirici özelliğinden faydalanılmıştır. İçme ve kullanma sularının yumuşatılması için doğal zeolitler kullanılabilir. Doğal zeolitler yapıları itibari ile iyon değiştirici özelliğe sahiptirler, yani zeolitler doğal iyon değiştiricilerdir.

Zeolitler sodyum ve aliminyum silikatın kompleks bir bileşimidir. Zeolitler $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{XSiO}_2 \cdot \text{YH}_2\text{O}$ formül yapısı ile formülize edilirler. Zeolitler kısaca NaZ şeklinde gösterilirler.

Bu çalışmamda doğal kaynak suyunun zeolitle sertliğinin giderilmesi araştırılmıştır. Çalışmamda Şerefiye doğal kaynak suyu kullandım.

Suya sertlik veren Ca ve Mg gibi katyonlar. Ca ve Mg katyonları suda karbonatları ($\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, MgCO_3), sülfatları (CaSO_4 , MgSO_4) olarak bulunurlar.

Bu çalışmamda Ca ve Mg katyonları zeolitın yapısında buluna Na katyonu ile yer değiştirme reaksiyonu vererek, suya sertlik veren Ca ve Mg zeolite geçerek suya sertlik vermeyen Na’un suya geçeceği düşünülmektedir. Oluşabilecek reaksiyonlar aşağıdaki gibidir.



7.1 Kullanılan Su ve Zeolitin Hazırlanması

7.1.1 Kullanılan su

Deneilerimde Şerefiye Doğal Kaynak Suyu kullanılmıştır. Su kaptajdan direkt olarak alınara kullanıldı. Kullanılan suyun kimyasal özellikleri (Tablo 7.1) verilmiştir.

Tablo 7.1. Şerefiye Doğal Kaynak Suyunun Kimyasal Özellikleri

NİTELİKLERİ	BİRİM	DEĞERLER
pH		7.85
Renk	Pt/Co	Berrak
Bulanıklık	SiO ₂ -Jakson	-
Klorür	mg/L	4.9
Sülfat	mg/L	
Kalsiyum	mg/L	17.7
Magnezyum	mg/L	4.2
Sodyum	mg/L	4.0
Aliminyum	mg/L	0.004
Potasyum	mg/L	0.06
Demir	mg/L	0.037
Mangan	mg/L	Yok
Çinko	mg/L	Yok
Florür	mg/L	0.063
Nitrat	mg/L	7.48
Nitrit	mg/L	Yok
Organik Madde	mg/L	0.5
Alfa Vericiler	pc	0.243
Beta Vericiler	pc	0.378
Sertlik	Fs	7
Amonyum	mg/L	Yok

7.1.2 Zeolitin hazırlanması

Balıkesir-Bigadiç yöresinden alınan klinoptiloid uygun şekilde kırılarak aşağıdaki tanecik aralığına getirildi,

<u>Kullanım %</u>	<u>Ortalama Cap mm</u>
10	0,3-0,4 mm
20	0,4-0,7 mm
30	0,7-1 mm
30	1-1,2 mm
10	1,2-1,7 mm

saf su ile yıkandı ve süzöldükten sonra 110 °C' etüvde 24 saat bekletilmiştir.

7.1.3 0.01 M EDTA çözeltisinin hazırlanması

EDTA ve tuzları saf oldukları için primer standart olarak kullanıldı. EDTA (HY₄) ile, disodyum tuzu ise (Na₂H₂Y.2H₂O) ile gösterilir. Disodyum tuzunun sudaki çözünürlüğü EDTA'dan daha fazla olduğundan çözelti hazırlanırken disodyum tuzu kullanıldı. (Na₂H₂Y.2H₂O) 2 saat kadar sıcaklığı 80 °C olan etüvde bekletilip. Desikatöre alınarak soğutuldu. 3.7224 gr disodyum tuzu tartılarak 1 lt balonjojeye saf su yardımı ile aktarılıp. Son hacim 1 lt'ye tamamlandı.

7.1.4 Tampon çözeltisinin hazırlanması

67,5 gr amonyum klorür 570 ml derişik amonyak çözeltisinde çözdürölüp saf su ile 1 lt'ye tamamlandı.

7.1.5 İndikatör çözeltisi :

Eriochrom Black T indikatörü: 0,5 gr eriochrom Black T (Merck 1.03168) 100 ml %67'lik etil alkolde çözüölüp hazır hale getirildi.

7.1.5 EDTA ile sertlik tayinin yapılışı :

Her iki çalışmadan ayrı ayrı 100 ml numune erlene alınıp, 1 ml tampon çözelti ve 3-4 damla indikatör ilave edilip. İndikatör ilavesi ile renk kırmızı olduğu gözlemlendi. Kırmızı renk maviye dönüncüye kadar 0.01 M EDTA çözeltisi ile titre edildi. Sarf edilen EDTA miktarı kaydedildi. Tüketilem EDTA çözeltisi hacmi bize suyun sertliğini verdi.

Hesaplama:

$$1\text{ml } 0.01 \text{ M EDTA} = 1 \text{ Fs}$$

7.2 Deneyin Yapılışı

Şerefiye doğal kaynak suyu Sakarya ili, Akyazı ilçesi Yeniköy’de Keremali dağının Konak mevkiinde, Şerefiye Kaynak Suları İşletmeleri A.Ş.’ye ait kaptajlarından alınıp daha önce hazırlanan ‘Kesikli Proses’ ve ‘Kesintisiz Proses’ deney düzeneklerinde, laboratuardaki ortamlarda deney yapıldı. Kaptajdan işletmeye gelen doğal kaynak suyu önce perlitten geçirilerek askıda katı maddeler tutuldu. Perlitten geçen su numunesinde yapılan analizler sonucu sertlik, pH, iletkenlik, çözülmüş madde miktarında hiçbir değişiklik gözlenmemiştir.

Bu deneyde Kesintisiz Proses (Şekil 7.1), Kesikli Proses (Şekil 7.5) olmak üzere iki proses kullanılmıştır.

Bu proseslerde adsorbant olarak Balıkesir-Bigadiç yöresinden alınan klinoptiloid kullanılmıştır.

7.2.1 Kesintisiz adsorbsiyon prosesi

Kesintisiz kolonlu sistem adsorpsiyon kolonu ve metaryal taşıma kolonundan oluşmaktadır. Şekil 7.1’deki model sistemde absorpsiyon kolonuna su doğal akışı ile beslenip sertliği alınmış su kolonun altından alınarak analiz yapıldı. Kolonların eğimleri ayarlanabilir şekilde tasarlanmış olup. En uygun eğim 30° olarak kabul edildi. Helozonları çalıştıran redüktörlü motor 34dev/dak olup çapı 100 mm ve uzunluğu 8000 mm dir. Zeolit ilk önce adsorpsiyon kolonu meteryal besleme noktasında yapıp yaklaşık $6,28 \times 10^{-3} \text{ m}^3$ zeolit ile beslendi üst boşaltma noktasından

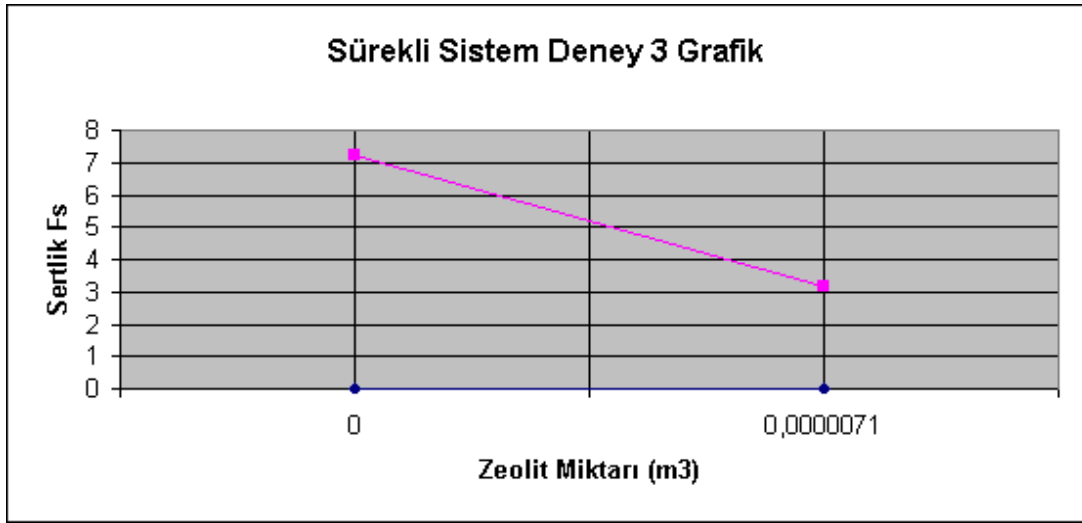
alınan zeolit meteryal taşıma kolonuna gelir buradanda meteryal besleme noktasında ilk akış görüldüğünde zeolit beslemesi kesilir ve yaklaşık toplam zeolit $6,28 \times 10^{-3} \text{ m}^3$ kullanılarak, meteryal yüklemesi tamamlandı. Bu aşamadan sonra 20 lt saf su ile zeolit yıkandı. Doğal kaynak suyu besleme vanası açılarak sisteme verilir. Alttan alınan su ve ham sudan örnekler alıp analizleri yaparak kaydettim.(Tablo7.2)



Şekil 7.1 Kesintisiz Poroses Sistemi

Tablo 7.2 Kesiksiz Proses Deney Verileri

T:13 °C	pH	iletkenlik μS	Çözünmüş tuz miktarı mg/Lt	ZEOLİT MİKTARI(m ³)	SERTLİK Fs
Başlangıç	7,65	128	69	0	7,2
Çıkış	8,10	131	76	0,0000071	3,15



Şekil 7.2. Kesintisiz Proses Sertlik-Zeolit Miktarına Karşı Grafik

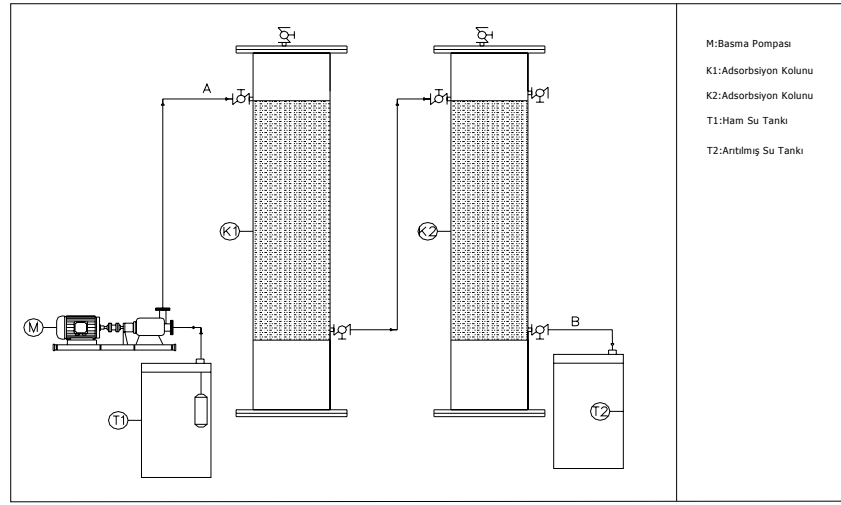
Şekil 7.2' de görülen ham su girişinde giren doğal kaynak suyu sertliği alınmış sertliği çıkış noktasında alınarak gerekli analizler yapılmıştır. Tablo7.2'de verilmiştir. Bu esnada adsorbant suyun akış yönüne ters yönde sürekli akmaktadır. Ayrıca bu sonuçlar Şekil7.2 ' de grafiğe alınmıştır.

7.2.2 Kesikli adsorpsiyon prosesi

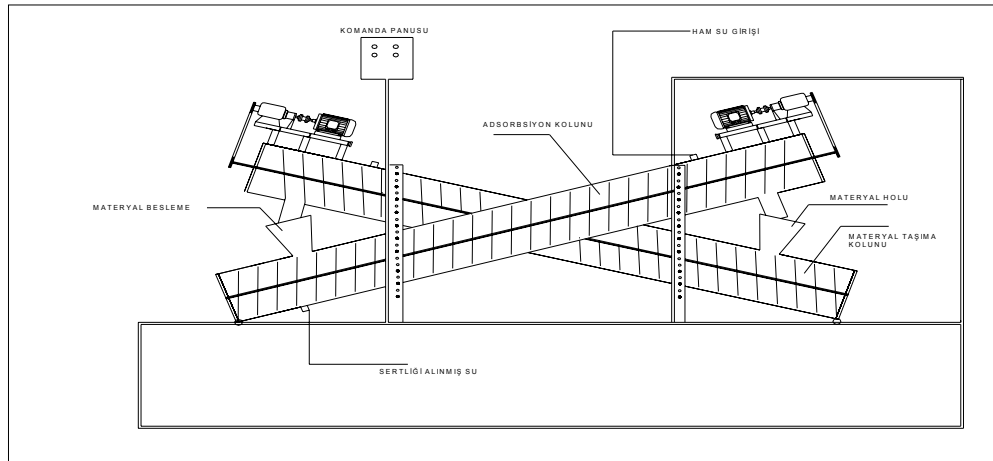
Şekil 7.3'de görülen A noktasın su girişinden giren doğal kaynak suyu sertliği alınmış su B noktasından alınarak ölçümler yapılmış Tablo7.3'de verilmiştir. Sonuçlar Şekil 7.6'de grafiğe alınmıştır.

Sistemde kullanılan Zeolit Balıkesir-Bigadiç yöresinden alınarak uygun şekilde kırılarak granül haline getirildi. Granüller saf su ile yıkanıp süzildükten sonra 110

°C’de etüvde 24 saat bekletildi. Deneyler oda sıcaklığında yürütülmüştür.



Şekil 7.3 Kesintili Proses Şeması



Şekil 7.4 Kesintisiz Proses şeması

7.2.4 Kesikli adsorpsiyon sistemi

Kolonlu adsorpsiyon sistemi, kolon ve pompalardan oluşmuştur.(Şekil 7.3) Model sistemde kullanılan akım pompasının debisi 34lt/sn, kolon iç çapı 10cm,yüksekliği 60 cm’dir. Sistemde kolonlar pleksiglas malzemeden yapılmış silindirik bir sistemdir. Sistemde bağlantılar yine pleksiglas malzemeden yapılmış alt ve üst kapaktan ibaretir. Su akışları plastik boru yardımı ile sağlanmıştır. Kullanılan vanalar

yarım parmak küresel vanalardan oluşmaktadır. Dolgu malzemesi olarak kullanılan zeolitın kalon hacmi ve boşluk hacmi şekilde verilmiştir.

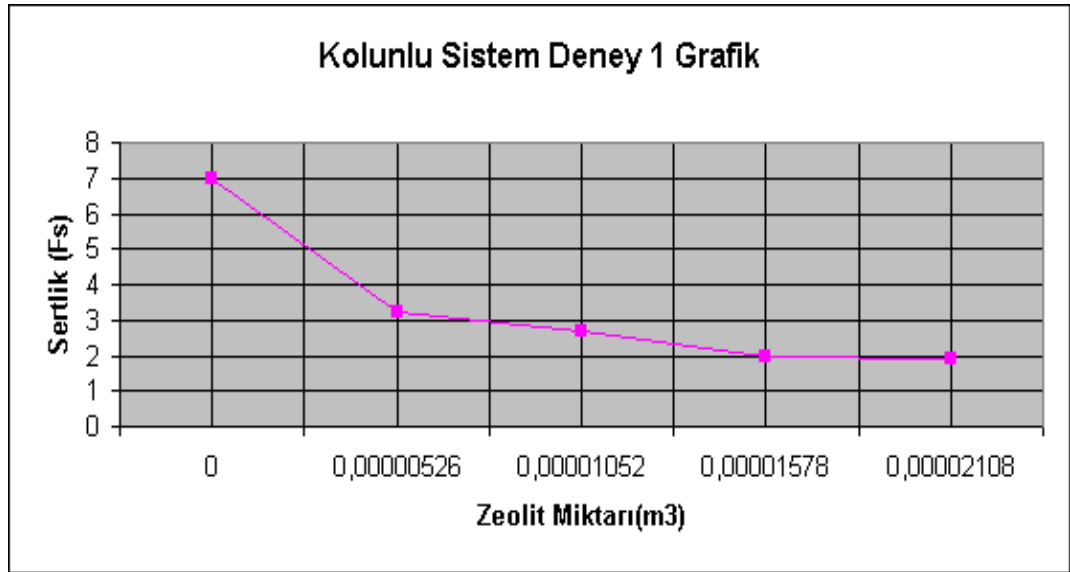


Şekil 7.5. Kesikli Adsorbsiyon Sistemi

Besleme kolonun üst noktasından yapılmaktadır, yukarıdan yapılmasının sebebi adsorpsiyon esnasında yoğunluğu artan partüküllerden kopan küçük taneciklerin kolonun dibine çökmesini sağlamaktır. Kolonlarda yaklaşık 3300 gr(kuru) zeolit doldurulmuştur. Kolondaki zeolit 20 lt saf su ile yıkandıktan sonra Doğal Kaynak Suyu pompa yardımı ile 34 lt/s akış hızıyla besleme yapılmıştır. Girişte ve çıkıştaki suyun sertliği, iletkenliği numune alınarak izlenmiştir.

Tablo 7.3 Kesikli Proses Deney Verileri

T:13 °C	pH	iletkenlik μ S	Çözülmüş tuz miktarı mg/Lt	ZEOLİT MİKTARI(m ³)	SERTLİK Fs
Başlangıç	7,95	125	68	0	7
1	7,92	124	69	0,00000526	3,2
2	8,00	132	73	0,00001052	2,7
3	7,98	139	78	0,00001578	2
son	8,00	140	80	0,00002108	1,9



Şekil 7.6. Kesikli Proses Sertlik-Zeolit Miktarına Karşı Grafik

BÖLÜM 8. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Yapılan çalışmalarda deneyler laboratuvar ortamında pilot tesislerle Şekil 7.1 ve Şekil 7.5 'de görüldüğü gibi gerçekleştirilmiştir. Pilot proses kapasite açısından küçükte olsa endüstriyel uygulamalardakinin bir küçüğü olarak kabul edilebilir. Arıtım için kullanılan kesikli ve sürekli proseslerle sulara sertlik veren kalsiyum ve magnezyum yüksek derecelerden (7.2 Fs) düşük (1.9 Fs) derecelere indirilerek başarı sağlanmıştır.

İçilebilir sular ülkemizde coğrafi yapılarına bağlı olarak değişkenlik gösteren sertliklerdeki sular bu çalışmada da görüldüğü gibi suya sertlik veren kalsiyum ve magnezyumun zeolitler yardımı ile tutularak doğal kaynak sularımızı içilebilir standartlara getirmek mümkün olabilir.

Ayrıca bu iki sistemde kullanılan zeolitlerin insan sağlığına zarar verecek herhangi bir maddenin olmayışı ve gözeneklerde tutulan kalsiyum ve magnezyumum hem ters yıkama (NaCl) ile tekrar kullanılacağı gibi, direk tarım sektöründe kullanılarak organik gübre olarak kullanmak mümkün olacaktır. Arıtma işleminden geçen suyun debisi kullanılan zeolit miktarı ile orantılıdır. Birim su başına kullanılan zeolit miktarı ve akışın zeolit kolundan kesitiyle alakalıdır. Bu arıtma işlemi esnasında suyun tadını ve evsafını değiştiren herhangi bir durum olmadığından ve sertliği düşen suyun damak tadını artırdığından tercih sebebi olmaktadır.

Çalışmada kullanılan zeolitinin çapı (su temas yüzeyi) önemlidir. Bölüm7' de anlatıldığı gibi hazırlanarak düşük sertlikteki bir su ile serbest haldeki taneciklerden arındırıldıktan sonra kullanılmaktadır.

Çalışmada görüldüğü gibi % 385 'e varan bir verim sağlanmıştır. Ancak prosesin devamına bir partikül filtresi kullanılması sudan ayrılacak zeolit parçacıklarının tutulması açısından önem kazanmaktadır.

Bu proseste tamamen Ca ve Mg 'a yönelik çalışma olduğundan ayrıca zeolitin sadece Ca ve Mg tutmaya yönelik olduğu için doğal kaynak sularında bulunacak diğer maddeler için suyun detaylı analizini yaptırıp su işleme için kesik ve sürekli prosesi birlikte değerlendirmek gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- [1]. ALOSMAN, M.S, Çevre Teknolojisi 1, Seç Yayın ve Dağıtım, 2002
- [2]. <http://www.aquasu.com>
- [3]. ÖZTÜRK, M., Kimyasal Temel İşlemler, Dezenfeksiyon ve İçme Sularında Kullanılan Dezenfeksiyon Yöntemleri Ocak 2004
- [4]. <http://www.ekokim.com>
- [5]. ARDALI, Y., Endüstriyel Atık Sulardan Ağır Metallerin Adsorpsiyonla Uzaklaştırılması. Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Şubat 1990
- [6]. <http://www.maden.org.tr/madenler/>
- [7]. <http://www.ekutup.dpt.gov.tr/madencilik/>
- [8]. http://www.opalsu.com.tr/ozon_hakkında/
- [9]. <http://www.pwsuv.com>
- [10]. <http://www.kimyaevi.org>.
- [11]. <http://www.trisep.com/spirasep/>
- [12]. <http://www.cevtek.yildiz.edu.tr/ytucevre/>
- [13]. KAMRIN, M., HAYDEN, N., CHRISTION, B., BENNACK, D., D. Itri, F., Reverse Osmosis for Treatment of Drinking Water., Michigan State University, 1990
- [14]. KURECO, J., Properly Apply Reverse Osmosis., Chemical Engineering Progress, New York, 1997.

- [15]. KNEEN, B., LEMBEY, A., and LINDA, W. , Reverse Osmosis Treatment of Drinking Water. , Cornell Cooperative Extension, New York State College of Human Ecology,
- [16]. WAGNER, J., Membrane Filtration Handbook Practical Tips and Hints., Osmosicinc, 2001.
- [17]. KURAMA, H., Doğal Zeolit(Klinoptilolit) ile Atık Sularda Metal İyonlarının Uzaklaştırılması, Osman Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Şubat 1994
- [18]. YORUKOĞULLARI,E.,Doğal Zeolitlerde Fiziksel Adsorbsiyon Uygulamaları, Anadolu Üniversitesi Yayınları:7, 1997
- [19]. COLLON, W. J., Membrane Progresses. , Water Quality and Treatment Handbook American Water Works Association, McGraw Hill, Inc. 1990.
- [20]. SHREVE,R.,N., BRİNK,J.A., Kimyasal Proses Endüstrileri,31-70 Mc Graw-Hill, Book Company, 1990
- [21]. ÖRGEV, Cemil, Çevre Mikrobiyolojisi, Değişim Yayınları, 2003
- [22]. İLERİ, Recep, Çevre Biyoteknolojisi, Değişim Yayınları, 2000
- [23]. McCABE, L., SMITH, J.C.,HARRIOTT, P. , Unit Operationns of Chemical Engineering. 8. Baskı, McGraw-Hill, 1993
- [24]. YAĞIZ,M.,Kadmiyum-Kurşun-Çinko-Bakır Katyonlarının Doğal ve Yapay Zeolitlerle İyon Değişiminin İncelenmesi,Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Haziran 1998
- [25]. AKERS, R. J., Polyelectrolyte flocculation, Filtration and Separation, 9: 423–425,1972.
- [26]. BAKER, M.N. The Quest for Pure Water, , American water Works Association. Denver, CO. vol I, 1981
- [27]. ÇETİNEL, G. Dünyada ve Türkiye'de Zeolit, Hizmetiçi Eğitim Çalışması, MTA, Ankara, Haziran 1993.
- [28]. SEMİZ, D., Zeolitlerin İyon Değiştirme ve Adsorplama Özellikleri, Bitirme Ödevi, 1990
- [29]. ŞENGİL, A. Çevre ve Mühendislik Kimyası Ders Notları ,Adapazarı,1996

- [30]. YALÇIN, H., GÜRÜN, M. Su Teknolojisi, Palme Yayıncılık, Ankara, 2002

ÖZGEÇMİŞ

İlhan İNANÇ 1966 Baskil / ELAZIĞ' da doğmuş ilköğrenimini Hacımehmetli İlköğretim Okulu' nda, orta öğrenimini Baskil Lisesi' nde, lisans eğitimini Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Kimya Mühendisliği' nde 1992' de tamamladı.

Sırasıyla aşağıdaki kuruluşlarda görev yaptı.

- 1994 - 1997' de Bayramlar Yapı San. ve Tic. Ltd. Şti' nde teknik müdür olarak.

Firma boya ve sıva imalatı yapmakta.

- 1997 - 1998' de Marya Ambalaj A. Ş.' de teknik müdür olarak. Firma plastik ambalaj imalatı yapmakta

- 1998 - 1999' da Bayramlar Hungary Kft, Weszprem Macaristan' da teknik müdür olarak. Firma boya ve sıva imalatı yapmakta.

- 1999 – 2000' de Bayramest Group, Navra, Estonya' da teknik müdür olarak.

Firma boya ve sıva imalatı yapmakta.

- 2000 – 2001' de Ova Kimya Petrol San. Ve Tic. Ltd. Şti.' nde pazarlama müdürü olarak. Firma tekstil, boya, plastik ve deri hammaddesi pazarlamakta.

- 2001 – 2003' de GBC Trading Plc. Bourgas / Bulgaristan' da teknik müdür olarak. Firma boya, sıva ve yapı kimyasalları imalatı yapmakta.

- 2003' den beri Şerefiye Doğal Kaynak Suyu İşletmeleri A. Ş.' de

Halen Sakarya' da çalışmakta. Firma soda, alkolsüz içecek ve su dolumu yapmakta.

Çok iyi derecede İngilizce bilmekte

Evli 2 çocuk babası ve Sakarya' da yaşamakta.