

752797

T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ


MAGNETİK ALAN ETKİSİYLE SULARIN ARITILMASI

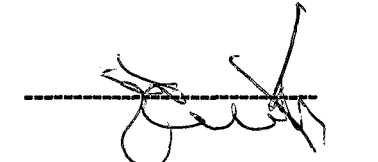
YÜKSEK LİSANS TEZİ


Ömer Hulusi DEDE

Enstitü Anabilim Dalı : ÇEVRE MÜH.  
Tez Danışmanı : Prof. Dr. Osman ÇEREZCİ

Bu tez .. / .. / 2004 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.

-----  
  
Jüri Başkanı  
Prof. Dr. Osman Çerezci

-----  
  
Jüri Üyesi  
Prof. Dr. Mirali Alasman

-----  
  
Jüri Üyesi  
Yard. Doç. Dr. Ömer Kadri Mertel

## **ÖNSÖZ**

Artan nüfus ve gelişen sanayiye bağlı olarak su tüketimi hızlı bir şekilde artmaktadır. Bunun bir sonucu olarak bütün dünyadaki su kaynakları gittikçe azalmakta veya kullanılamayacak derecede kirlenmektedir. Kullanıma uygun nitelikli su kaynağı bulmanın zorluğuna bağlı olarak su arıtma yöntemleri önemli bir konu haline gelmiştir. Bu çalışmada, suların arıtılmasında alternatif bir metod olan magnetik etkiyle arıtım üzerinde durulacaktır.

Bu çalışmanın ortaya çıkmasında bana başından sonuna kadar yardımcı olan, bizlerden ilgi ve desteklerini hiç eksiltmeyen, yardımcı ve yol gösterici olan, engin bilgi ve tecrübelerinden yararlandığımız değerli hocalarımız Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü Sayın Prof. Dr. Osman ÇEREZCİ' ye, Çevre Mühendisliği Bölümü Hocalarımızdan Sayın Prof. Dr. Mirali ALOSMAN' a ve Çevre Mühendisliği Bölüm Başkan Yardımcısı Sayın Doç. Dr. Saim ÖZDEMİR' e ne kadar teşekkür etsem azdır.

**Ömer Hulusi DEDE**

## İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ .....	ii
KISALTMALAR ve SİMGELER LİSTESİ.....	vii
ŞEKİLLER LİSTESİ .....	ix
TABLolar LİSTESİ .....	xi
ÖZET .....	xii
SUMMARY .....	xiii

### BÖLÜM 1.

GİRİŞ .....	1
-------------	---

### BÖLÜM 2.

SU VE SULARIN GENEL ÖZELLİKLERİ .....	5
2.1 Suyun Fiziksel Özellikleri .....	5
2.1.1 Sıcaklık .....	6
2.1.2 Koku ve tat .....	6
2.1.3 Renk ve görünüş .....	6
2.1.4 Bulanıklık .....	7
2.1.5 Elektriksel iletkenlik .....	7
2.2 Suyun Kimyasal Özellikleri .....	8
2.2.1 pH.....	8
2.2.2 Alkalinite .....	9
2.2.3 Asitlik (Karbonik asit) .....	10
2.2.4 Sertlik .....	10
2.2.5 Çözünmüş oksijen .....	11
2.2.6 Oksijen ihtiyacı .....	11
2.2.6.1 Biyolojik oksijen ihtiyacı .....	11
2.2.6.2 Kimyasal oksijen ihtiyacı .....	11

2.2.7 Diğer element ve bileşikler .....	12
2.3 Suyun fizyolojik özellikleri .....	14
2.4 Suyun doğal hali .....	14
2.5 Su Kirliliği .....	14
2.5.1. Su kirliliğinin sebepleri .....	15
2.5.2 Su kirliliğine neden olan kirletici kaynaklar .....	16
<b>BÖLÜM 3.</b>	
<b>SERT SULAR VE SERT SULARDAN KAYNAKLANAN PROBLEMLER ...</b>	<b>17</b>
3.1 Sert Suyun Tanımı .....	17
3.2 Sularda Sertliğin Kaynakları .....	18
3.3 Sularda Sertliğin Sebebi .....	19
3.4 Sertlik Derecesi İçin Kullanılan Birimler .....	21
3.4.1 Eşdeğer gram birimi .....	22
3.4.2 Eşdeğer miligram .....	22
3.4.3 Fransız sertlik derecesi birimi .....	22
3.5 Suların Sertlik Derecelerine Göre Sınıflandırılması .....	23
3.6 Sertlik Çeşitleri .....	24
3.6.1 Kalsiyum ve magnezyum sertliği ( Toplam sertlik) .....	25
3.6.2 Karbonat sertliği ve karbonat olmayan sertlik .....	25
3.6.3 Yalancı sertlik .....	26
3.7 Sertlik tayin yöntemleri .....	26
3.7.1 Laboratuarda sertlik tayini .....	26
3.7.1.1 Hesap yöntemi .....	26
3.7.1.2 Etilendiamin tetra asetikasit titrasyon metodu .....	26
3.8 Sert Sulardan Kaynaklanan Problemler .....	28
3.8.1 Sert suların evsel amaçlı kullanımından ortaya çıkan sorunlar ...	28
3.8.2 Sert suların endüstriyel amaçlı kullanımında ortaya çıkan sorunlar .....	31
3.8.2.1 Kalker çökeltisi olayı .....	35
3.8.2.2 Kalker çözültüsü olayının önlenmesi için alınacak önlemler .....	35

3.9 Sert Suların Tarımsal Kullanılmasıyla Ortaya Çıkan Sorunlar .....	36
3.10 Sert Suların Yararları .....	36
<b>BÖLÜM 4.</b>	
<b>SU YUMUŞATMA YÖNTEMLERİ .....</b>	<b>37</b>
4.1 Karbonatların Sönmüş Kireç Aracılığı İle Ortadan Kaldırılması .....	37
4.1.1 Karbonatların asitler aracılığı ile ortadan kaldırılması .....	38
4.1.2 Kireç ve asitler kullanılan yumuşatma tesislerinin çeşitleri .....	38
4.1.2.1 Klasik tip tesisler .....	40
4.1.2.2 Beton tip .....	40
4.1.2.3 Çelik tip .....	41
4.1.3 Kullanılan kimyasal maddeler .....	41
4.2 İyon Değiştirici Reçinelerle Sert Suların Yumuşatılması .....	42
4.2.1 Sodyum iyonu değişimi yöntemi uyarınca gerçekleşen kısmi arıtma işlemi .....	43
4.2.2 H ve OH iyonları değişimi yöntemi uyarınca gerçekleşen tam arıtma işlemi .....	46
4.2.3 İyon değiştirici maddelerin özelliği .....	48
4.2.4 İyon değiştirici doğal maddeler .....	49
4.2.5 Kullanılan iyon değiştiricilerin çeşitleri .....	51
4.2.5.1 Katyon değiştiriciler .....	51
4.2.5.2 Anyon değiştiriciler .....	51
4.2.6 İyon değiştirici maddelerin kapasitesi .....	51
4.2.7 İyon değiştirici reçineler ile çalışan sistemlerin bazı işletme sorunları .....	52
4.2.8 İyon Değiştirici Sistem İle Kireç Ve Asit Kullanılan Sistemlerin Karşılaştırılması .....	53
4.3 Tam Otomatik Su Yumuşatma Sistemleri .....	54
4.3.1 Paket su yumuşatıcıları .....	55
4.3.2 Su filitreleri .....	55
4.4 Mekanik Su Yumuşatıcıları .....	56
4.5 Suyun Koşullandırılması Yöntemi .....	57

## BÖLÜM 5.

SERT SULARIN ELEKTROMAGNETİK YÖNTEMLE ARITILMASI .....	58
5.1 Elektromagnetik Alanın Tarihiçesi .....	58
5.2 Elektromagnetizma ve Ölçme Birimleri .....	59
5.3 Elektromagnetik Su Arıtma Sistemleri .....	59
5.4 Elektromagnetizmanın Sert Sular Üzerindeki Etkileri .....	62
5.5 Suya Sertlik Veren Kalsit Mineralinin Yapısı .....	64
5.6 Suya Sertlik Veren Aragonit Mineralinin Yapısı .....	64
5.7 Elektromagnetik Yöntemin Avantajları .....	65
5.8 Elektromagnetik Su Arıtma Sisteminin Uygulama Alanları .....	66
5.8.1 Cam sektörtüde elektromagnetik su arıtma sisteminin kullanılması .....	66
5.8.2 Taşımacılık sektörtüde elektromagnetik su arıtma sisteminin kullanılması .....	66
5.8.3 Kuru temizleme sektörtüde elektromagnetik su arıtma sisteminin kullanılması .....	67
5.8.4 Karavan parklarında elektromagnetik su arıtma sisteminin kullanılması .....	67
5.8.5 Kümes hayvanları çitliklerinde elektromagnetik su arıtma sisteminin kullanılması .....	67
5.8.6 Koyun çitliklerinde elektromagnetik su arıtma sisteminin kullanılması .....	68
5.8.7 Yiyecek endüstrisinde elektromagnetik su arıtma sisteminin kullanılması .....	68
5.9 Elektromagnetik Yöntemin Diğer Su Yumuşatma Sistemleri İle Karşılaştırılması .....	69

## BÖLÜM 6.

DENEYSEL ÇALIŞMALAR .....	70
6.1 Elektromagnetik Su Arıtma Düzeneginin Tasarımı .....	70
6.2 Materyal ve Metod .....	72
6.3 Elektromagnetik Yöntemle Arıtılan Suların Beton Kalitesine Etkisinin Araştırılması .....	73

6.4 Elektromagnetik Yöntemle Arıtılan Suların Bitki Filizlenme ve Büyümesine Etkilerinin Araştırılması .....	74
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

## BÖLÜM 7.

SONUÇLAR VE TARTIŞMA .....	76
KAYNAKLAR .....	82
ÖZGEÇMİŞ .....	86



## SİMGELER ve KISALTMALAR LİSTESİ

EMG	: Eşdeğer Miligram
<sup>0</sup> F	: Fransız Sertlik Derecesi
<sup>0</sup> E	: İngiliz Sertlik Derecesi
<sup>0</sup> D	: Alman Sertlik Derecesi
<sup>0</sup> US	: Amerikan Sertlik Derecesi
lt	: Litre
W	: Solenoidin Sarım Sayısı
T	: Tesla
V <sub>s</sub>	: Volt Saniye
cm	: Santimetre
KS	: Kuyu Suyu
MS	: Magnetik Su
ÇS	: Çeşme Suyu
YS	: Yamur Suyu
SS	: Saf Su
M.Ö.	: Milatan Önce
CaCO <sub>3</sub>	: Kalsiyum Karbonat
Ca <sup>+2</sup>	: Kalsiyum İyonu
Mg <sup>+2</sup>	: Magnezyum İyonu
mg	: Miligram
meq	: Miliequelent
pH	: Asitlik - Bazlık Ölçüsü
PH	: Potansiyel Hidrojen



%	: Yüzde
$^{\circ}\text{C}$	: Santigrat Derece
mm	: Milimetre
$\Delta G$	: Gibbs Serbest Enerjisi
DC	: Doğru Akım
mT	: Mili Tesla
kg	: Kilogram
$\text{cm}^2$	: Santimetre Kare
ag	: Suda Çözünmüş
B	: Magnetik Alan
J	: Joule
C	: Cloumb
q	: Yük



## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 3.1	Karbondioksitin ve Sertliğe Neden Olan Çözünür Bileşiklerin Kaynağı .....	19
Şekil 3.2	Suda Sertliğe Sebep Olan Kalsiyum Kristalleri .....	20
Şekil 3.3	Sodyum Tuzu .....	27
Şekil 3.4	Sert Suların Evsel Kullanımından Banyolarda Tortu Oluşumu .....	29
Şekil 3.5	Sert Suların Evsel Kullanımında Meydana Gelen Sorunlar .....	30
Şekil 3.6	Sert Suların Su Pompasında Zamanla Oluşturduğu Arızalar .....	32
Şekil 3.7	Sert Suların Isıtıcılarda Meydana Getirdiği Arızalar .....	33
Şekil 3.8	Sert Suların Vana ve Göstergelerde Yol Açtığı Sorunlar .....	33
Şekil 3.9	Sert Suların Borularda Yol Açtığı Tıkanma .....	34
Şekil 3.10	Altın Metal Tabaka Üzerinde $CaCO_3$ Birikimi .....	34
Şekil 4.1	Kireç Kullanılarak Su Yumuşatma Prosesi Akım Diyagramı .....	39
Şekil 4.2	Sodyum İyonu Değişimi Yöntemi Uyarınca Gerçekleşen Kısmi Arıtma İşlemine İlişkin Prensipten Şeması .....	44
Şekil 4.3	Sodyum İyonu Değişimi Yöntemiyle Su Arıtımı .....	45
Şekil 4.4	H ve OH İyonları Değişimi Yöntemi Uyarınca Gerçekleşen Tam Arıtma İşlemine İlişkin Prensipten Şeması .....	47
Şekil 4.5	Tam Otomatik Su Yumuşatma Üniteleri .....	54
Şekil 4.6	Su Yumuşatmada Kullanılan Filtreler .....	55
Şekil 5.1	Su Yumuşatmada Kullanılan Elektromagnetik Cihaz .....	60
Şekil 5.2	Elektromagnetik Arıtma Düzenegi Prensipten Şemaları .....	61
Şekil 5.3	Elektromagnetik Arıtım İçin Tasarlanmış Bir Düzenek.....	62
Şekil 5.4	Arıtılmadan Önceki Sudaki $CaCO_3$ Kristalleri .....	63
Şekil 5.5	Elektromagnetik Arıtmadan Sonraki Sudaki $CaCO_3$ Kristalleri ....	63
Şekil 5.6	Kalsitin Kristal Yapısı .....	64
Şekil 5.7	Aragonitin Kristal Yapısı .....	65
Şekil 5.8	Aragonitin Mineral Yapısı .....	65
Şekil 6.1	Elektromagnetik Su Arıtma Cihazı Şeması .....	70
Şekil 6.2	Magnetik alan üretici .....	71

Şekil 6.3	Elèktromagnetik Su Arıtma Düzenèği .....	73
Şekil 6.4	Elektromagnetik Yöntemle Arıtılan Sularla Yapılan Betonlar .....	74
Şekil 6.4	Magnetik Sistemde Arıtılan Sularla Sulanan Bitkiler .....	75
Şekil 7.1	Farklı Suların Dahlia Bitkisinin Filizlenmesine Etkisi .....	78
Şekil 7.2	Farklı Suların Cam Güzeli Bitkisinin Büyümesine Etkisi .....	80



## TABLolar LİSTESİ

Tablo 1.1	Kullanım Amaçlarına Göre Gruplanan Suyun Ülkelere Göre Su Tüketilme Oranları .....	3
Tablo 2.1	Suda Bulunan Başlıca Maddeler ve Kaynakları .....	13
Tablo 3.1	Sertliğe Neden Olan Başlıca Katyonlar ve Birleştikleri Önemli Anyonlar .....	20
Tablo 3.2	Calcium ve Magnezyum İyonlarının Complex İyonlarla Reaksiyonları .....	21
Tablo 3.3	Sertlik Derecelerinin Dönüştürülmesinde Kullanılan Katsayılar ...	23
Tablo 3.4	Suların Sertlik Derecelerine Göre Sınıflandırılması .....	23
Tablo 3.5	Yumuşatılmış Sınıf 1 Sular İçin Gerekli Konsantrasyon Değerleri	28
Tablo 5.1	Elektromagneti Yöntemin Diğer Metodlarla Karşılaştırılması .....	69
Tablo 7.1	Arıtılmamış Kuyu Suyunun, Magnetik Arıtılmış Suyun, Yağmur Suyunun, Çeşme Suyunun ve Saf Suyun Analizleri .....	76
Tablo 7.2	Değişik Suların Büyüme Ortamına Etkisi .....	79

## ÖZET

Anahtar Kelimeler: Elektromagnetik su arıtımı, sert sular, suların yumuşatılması

Günümüzde nitelikli su kaynakları bulmak oldukça zorlaşmış, mevcut kaynakların korunması ve su kalitesini artırma çalışmaları hız kazanmıştır. Suların evsel ve endüstriyel alanlarda kullanımını etkileyen önemli sorunlardan birisi de sertliktir. Sertlik özellikle sıcak suların kullanımını da kireç oluşumuna yol açmaktadır.

Suyun elektromagnetik alandan geçirilmesi esasına dayanan elektromagnetik arıtmada, kalsiyum ve magnezyum iyonları kireçli tortu oluşturma özelliklerini kaybederek değişime uğrarlar.

Tam olarak anlaşılabilmesine ve esaslı bir bilimsel verinin bulunmamasına rağmen magnetik arıtma 100 yılı aşkın süredir çeşitli endüstriyel ve evsel uygulamalarda kullanılmaktadır. Diğer su arıtma proseslerinden farklı olarak, magnetik arıtmanın su kimyası üzerinde direkt bir etkisi yoktur. Sadece kalsiyum karbonatın morfolojisine ve tutunma (adhezyon) özelliğine etki eder. Böylelikle su teknik olarak arıtılmasada, arıtılmış bir suyun kullanışlı özelliklerine sahip olur.

Yapılan pek çok araştırmada elektromagnetik olarak arıtılan sularda kalsitin aragonite olan oranının değiştiği görülmüştür. Bununda suyu endüstriyel ve evsel alanlarda kullanışlı özelliklere sahip hale getirdiği bilinmektedir.

Bu çalışmanın birinci bölümünde konuyla ilgili genel bilgiler verilmiştir. İkinci bölümde suyun genel özellikleri anlatılmıştır. Üçüncü bölümde sert sular ve sert suların yol açtığı problemler saptanmıştır. Dördüncü bölümde sert suların arıtılmasında kullanılan konvansiyonel yöntemler üzerinde durulmuştur. Beşinci bölümde elektromagnetik arıtma sistemleri ve çalışma prensiplerinden bahsedilmiş ve uygulama alanları anlatılmıştır. Altıncı bölümde konuyla ilgili yapılan deneysel çalışmalar açıklanmıştır. Yedinci bölümde deneysel çalışmalar sonucunda elde edilen sonuçlar verilerek bu sonuçlar yorumlanmıştır.

Bu çalışmada görülmüştür ki elektromagnetik su arıtma yöntemi sert suların arıtılmasında kullanılabilir, evsel ve endüstriyel proseslerde bir çok uygulama alanı bulabilecek bir yöntemdir.

# **TREATMENT OF HARD WATER BY USING ELECTROMAGNETIC METHOD**

## **SUMMARY**

**Keywords :** Electromagnetic water treatment, water hardness, water softing

Today it's very difficult to find quality water resources, present resources and the study of increasing quality water has been accelerated. One of the problems of water in the scope of household chores and industry is roughness. It especially leads to lime in the hot water.

Electromagnetic purification based on water passing through electromagnetic field, calcium and magnesium ion lost their qualification by turning into lime resulted in variation. Despite the fact that it wasn't precisely understood and quite enough scientific data on magnetic purification over 100 years, it has been used in the field of household chores and industry.

Apart from other water purification process, magnetic purification has no direct effect on water chemistry. It only reflects on calcium carbonate morphology and grabbing qualification. Thus, it wasn't technically purified, it has the same qualification as purified water. It was realized that a lot of researches showed the rate of the water had changeable aragonite calcite rate. It's known that it makes the water useful in the field of industry and household chores.

The first section has the general knowledge of this study. General qualifications of the water was expressed in the second section. Roughness water and its problems were determined in the third section. Conventional techniques about purifying of roughness water were in the forth section. Magnetic purification systems and working principles and implementation were presented in the fifth section. Experimental studies on the subject were explained in the sixth section. The results of the experiments and their interprets were given in the seventh section.

The study showed us that the electromagnetic water purification method can be used in the scope of purifying roughness water and industry, household chores.

## BÖLÜM 1. GİRİŞ

Su, tüm canlıların yaşam koşullarını belirleyen temel öğelerdendir. Dünyanın  $\frac{3}{4}$ 'ünün sularla kaplı olduğu, tüm canlı yaşamın ağırlığının ortalama %75'inin sudan oluştuğu bilinmektedir [1].

Çağdaş insanın günde kullandığı ve tekrar doğaya verdiği su miktarı 150 litre kadardır. Havaaların sıcak gitmesi ile duş alma sayısının artması, araba yıkama, bahçe sulama gibi işler sonucu su kullanımı kişi başına günde ortalama 1000 litreye kadar çıkmaktadır. Yapılan hesaplamalar yerkürede kişi başına 470 milyon ton su olduğunu göstermektedir. Bu suyun %97' si deniz ve okyanuslarda, %3' ü ise tatlı su kaynaklarında bulunmaktadır. Tatlı su kaynaklarının ise %75' i buzullarda, %25' i akarsu ve göllerde bulunur [2].

Akarsu ve göllerde bulunan suyun büyük çoğunluğu yeraltı sularıdır. Sonuç olarak tatlı su kaynaklarının ancak % 0,75' i akarsu, göl ve yeraltı suları halinde bulunmakta, tüm su kaynaklarının % 0,01 kadarı yerüstü nehir ve göllerde bulunmakta, bu durumda kişi başına düşen yerüstü su kaynakları kişi başına ancak 47 bin ton olmaktadır. Bir diğer deyiş ile yerüstü tatlı su kaynakları dünya nüfusu tarafından eşit olarak paylaşılır ise kişi başına düşen 47 bin ton su, günde 1000 litre hesabı ile kişi başına 128 yıl yeterli olacaktır [2].

Su kullanıldıktan sonra yeniden kendini var eden doğanın tek maddesidir. Aynı su, zaman zaman topraktan denizlere, oradan atmosfere ve toprağa dönerek yeniden denizlere ulaşır. Bu suretle suyun doğada sürekli devir daimi vardır. Biz buna hidrolojik çevrim diyoruz. [1].

Yer yüzündeki suları yüzeysel ve yer altı suları olarak kümelendirmek mümkündür.

#### A. YÜZEY SULARI

1. Tatlı Sular
2. Tuzlu sular

#### B. YERALTI SULARI

1. Mineral Sular
2. Kaynak Suları
3. Termal sular

Yeryüzündeki yüzeysel suların %97,6'sı tuzlu sulardır. Tatlı suların büyük bir kısmını kutuplardaki buzullar oluşturmaktadır. Yapılan tahminlere göre, insanların kullanabileceği su miktarının 350.000 km<sup>3</sup>'ü yüzeysel sulardan, 150.000 km<sup>3</sup>'ü yer altı sularından ve 13.000 km<sup>3</sup>'ü atmosferik sulardan meydana gelmektedir. [1].

Ayrıca sular kullanım amaçlarına göre;

1. Evsel Kullanılan sular
2. Endüstriyel ve Spor faaliyetlerinde kullanılan sular
3. Tarımsal faaliyetlerde kullanılan sular

Şeklinde de çeşitlere ayrılabilir. Yukarıda yapılan sınıflandırma kesin olmayıp asgari kullanım normlarına göre tayin edilmiştir. Tablo 1.1' de kullanım amaçlarına göre ayrılan suların tüm dünyada, yüksek gelir düzeyine sahip ülkelerde ve düşük / orta gelir düzeyine sahip ülkelerde ki kullanım oranları verilmiştir.

Su kirliliği su kaynağının kimyasal, fiziksel, biyolojik, radyoaktif ve ekolojik özelliklerinin olumsuz yönde değişmesi şeklinde gözlenen ve doğrudan veya dolaylı yoldan biyolojik kaynaklarda, insan sağlığında, su ürünlerinde, su kalitesinde ve



suyun diğ er amaçlarla kullanılmasın da engelleyici bozulmalar yaratacak madde veya enerji atıklarının boşaltılmasını ifade etmektedir [2].

Tablo 1. 1' de kullanım amaçlarına göre gruplanan suyun ÷lkelere göre su tüketilme oranları verilmiştir.

Tablo 1.1 Kullanım Amaçlarına Göre Gruplanan Suyun ÷lkelere Göre Su Tüketilme Oranları [3]

	İçme Suyu	Endüstriyel Kullanım	Tarımsal Kullanım
Tüm Dünyada ki Su Kullanımı	% 8	% 22	% 70
Yüksek Gelir Düzeyli ÷lkelerde	% 11	% 30	% 59
Düşük / Orta Gelir Düzeyli ÷lkelerde	% 8	% 10	% 82

IULA Çevre Terimleri Sözlüğü su kirliliğini,“ Suyun yararlı kullanımını etkileyecek miktarlarda kimyasal, fiziksel yada biyolojik maddelerin katılmasıyla kalitesinin bozulması” olarak tanımlamaktadır. Bu tanım göstermektedir ki; en uygun su kirliliği tanımı suyun kullanma amacına göre yapılanıdır [4].

Kullanma amacına göre su kirliliği; suyun doğal yapısının, kullanma amacının dışına çıkacak biçimde bozulmasıdır. Örneğin içme suyu amacı ile kullanılmayacak kadar kirli bir su, sulama amacı ile kullanmak için kirli olmayabilir.

İçerisinde kalsiyum , magnezyum ve demir iyonları bulunduran sular, sert su olarak tanımlanır.

Sert suların iki önemli zararlı etkisi vardır. Sert sularda bulunan kalsiyum, magnezyum ve demir iyonları, sabun (sodyum stearat) ile birleşerek çökelek oluşturur ve sabunun köpürmesini engeller. Böylece, sabun temizleme işlevini yerine getiremez ve sabun israf olur. Isıtma ve soğutma sistemlerinde sert su kullanıldığında sistemin borularında ve kazanlarında zamanla tortular oluşur. Bu tortular sistemin

yıpranmasına ve veriminin düşmesine sebep olur.Bu nedenlerden dolayı sert sular kullanılmadan önce yumuşatılmalıdır.

Endüstriyel uygulama alanlarında, suyun kalitesi, yapılan işlere bağlı olarak iyileştirilir. Üretim gerekleri neleri öngörmekteyse, şehir şebekesinden alınarak yapı içine sokulan suyun, bu gereklere uygun olan iyileştirme işlemlerinden geçirilmesi gerekir.

Özellikle, şehir suyunun çok sert olması halinde, sertliğin neden olduğu sakıncaların ortadan kaldırılması amacıyla,bir yumuşatma işleminin uygulanması yararlıdır.Bu işlem sayesinde, sert suyun içinde bol miktarda bulunan kirecin bir bölümü alınır ve kalker katmanları (tabakaları) oluşumu yönünde beliren eğilim büyük ölçüde önlenir. Böylece, korozif (korozyon oluşturu) etki özelliğinin artması pahasına, yumuşaklık özelliğinin ortaya koyduğu tüm üstünlüklerden yararlanmak mümkün olur.

## **BÖLÜM 2. SU VE SULARIN GENEL ÖZELLİKLERİ**

Su canlı bir ortamdır. Milyarlarca mikroskobik canlı varlık, nehir ve göllerin zeminlerinde bulunur veya içinde süspansiyon halinde yaşarlar. Bunlar suların içinde yüksek miktarlarda birikebilir ve suyun kimyasal yapısına etki edebilirler. Suda bitkilerin varlığı önemlidir. Çünkü, bu bitkiler sudaki canlı hayatın devamlılığını sağlarlar. Yeşil bitkilerin ihtiva ettiği klorofil güneş ışınları sayesinde karbonlu organik maddelere dönüşür. Hayat ancak bunların varlığı ile mümkündür.

### **2.1 Suyun Fiziksel Özellikleri**

Su moleküllerinden yapılmış ve her su molekülü iki hidrojen atomuyla bir oksijen atomundan meydana gelmiştir. Özellikleri itibarı ile kokusuz, tatsız, renksiz, saydam bir sıvıdır. Ancak kalın tabakalar halinde su, yeşil-mavi bir renk görünümünü alır. Katı, sıvı, gaz halinde birçok madde suda çözünür ve suyun fiziksel yapısını değiştirebilir. Genel olarak sıcaklık arttıkça katıların çözünürlüğünde bir artış gözlenir, gazların çözünürlüğü ise azalır.

Sulara ait fiziksel özellikleri şöyle sıralayabiliriz [5].

- Sıcaklık
- Koku ve tat,
- Renk ve görünüş,
- Bulanıklık
- Elektriksel iletkenlik
- Radyoaktivite
- Yoğunluk
- Viskozite

### 2.1.1 Sıcaklık

Suların özelliklerine etki eden en önemli etkenlerden birisi sıcaklıktır. Özellikle içme ve kullanma sularıyla endüstriyel amaçlı kullanılan suların kalitesi sıcaklıkla büyük oranda değişim gösterir.

Sıcaklığın artması su kalitesinde aşağıdaki değişikliklere yol açar [6].

- Su içinde çözülmüş halde bulunan gazların çözünürlüğünü azaltır.
- Su içinde bulunan katıların çözünmesine yol açar ve ayrıştırılmalarını zorlaştırır.
- Sıcaklık arttıkça suyun özgül ağırlığı azalır.
- Sıcaklık arttıkça alg oluşumu hızlanır (Alg oluşumu için en elverişli sıcaklık 15 – 25 °C' dir).
- Sıcaklığın artması suyun sertliğinde değişime neden olur.

### 2.1.2 Koku ve tat

Özellikle içme suları ve evsel amaçlı kullanılan suların kokusuz ve tatsız olması gerekir. Hoş olmayan bir kokuya sahip ve ekşi veya herhangi bir şekilde tat hissi uyandıran sular bu tip kullanımlara uygun değildir.

Bazen demir ve mangan tuzları, klor ve fenol bileşikleri, serbest karbondioksitin yüksek miktarları, sertlik ve çeşitli atık suların karışımı sularda koku ve tada yol açar. Ayrıca çeşitli organizmaların suda çoğalmalarının da suya kötü bir koku ve tat verdiği bilinmektedir [7].

### 2.1.3 Renk ve görünüş

Temiz su renksizdir. Renk, suyun içine karışmış olan inorganik maddelerden meydana gelebileceği gibi, organik maddelerin ayrışması sonucunda meydana çıkabilir [6].

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

#### 2.1.4 Bulanıklık

Bulanıklık askıda katı madde içeren suların ışık geçirgenliğinin bir ölçüsüdür. Suda bulanıklık kum, kil, silis, kalsiyum karbonat, demir, mangan, sülfür vb.. gibi maddelerin çökeltilerinden meydana gelir. 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.

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

- **ESTETİK:** Suyun mutlaka berrak olması istenir. Çünkü sudaki bulanıklık, canlı faaliyetlerinin olması ile veya muhtemel bir kirli su karışması ile ilişkilendirilir ve sağlık tehlikesi mevcut olabilir.
- **FİLTASYON:** Bulanıklığın artması suyun filtrasyon maliyetini de artırır. Yüksek bulanıklık açık kum filtrelerini kullanılamaz hale getirebilir (yıkama süreleri kısılır maliyet artar). Yüksek bulanıklık olan sularda kimyasal koagülasyonla bulanıklığa neden olan askıda maddeleri yumaklaştırarak kum filtrelerinde yakalayabiliriz.
- **DEZENFEKSİYON:** 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.

#### 2.1.5 Elektriksel iletkenlik

Suların elektriksel iletkenliği genellikle içinde bulunan çözünmüş tuzlar ile alakalıdır. Saf sular bu yüzden elektriği içinde çözünmüş tuz bulunan sulara göre çok

az iletirler. Suların elektriksel iletkenliğini etkileyen bir diğerk faktörde içinde bulunan biyolojik maddelerdir. Bu maddelerin miktarı ve cinside suyun elektriksel iletkenliğinin değışmesine yol açar [8].

## 2.2 Suyun Kimyasal Özellikleri

Hidrojen ve oksijen elementlerinin büyük bir ısı çıkararak birleşmesinden meydana gelen su, gözle görülür ve elle tutulur bir maddedir. Ancak elementlerinden biri veya diğeri ile birleşen maddeler etkisiyle ayrışabilir. Flor, klor, brom, hidrojeni tespit ederek oksijeni açığa çıkarır; çok kızgın kor üzerinden su buharı geçirilirse karbon monoksit ve hidrojenden meydana gelen ve yakıt olarak kullanılan su gazı elde edilir [9].

Sulara ait kimyasal özellikleri şöyle sıralayabiliriz [5].

- pH
- Alkalinite
- Asitlik
- Sertlik
- Çözünmüş Oksijen
- Oksijen İhtiyacı
  - Biyolojik Oksijen İhtiyacı
  - Kimyasal Oksijen İhtiyacı
- Diğerk Element ve Bileşikler

### 2.2.1 pH

pH bir çözeltilinin asit veya baz olma özelliğini gösteren bir terim olup çözeltide bulunan  $H^+$  iyonu konsantrasyonunu ve daha kesin bir ifade ile hidrojen iyonunun aktivitesini göstermektedir [10].

Suların pH değeri asitlik ve alkalilik derecesinin bir ölçüsüdür. Aynı zamanda suyun, temas halinde bulunduğu malzemelere olan etkisi hakkında da bir fikir verir.

Suyun, temas halinde olduğu malzemeleri aşındırma ve tahrip etme özelliğine agresivite denir [6].

Saf su  $H^+$  ve  $OH^-$  iyonları açısından dengededir ve pH değeri 7'dir. pH,  $H^+$  iyonlarının elektrik potansiyellerine bağılı olarak veya renk indikatörleri 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 [10].

### 2.2.2 Alkalinite

Bir suyun alkalitesi, o suyun asitleri nötralize edebilme kapasitesi olarak tanımlanır. Alkalinite pH değerlerine karşı suların gösterdiği direncin bir ölçüsü olması nedeni ile incelenen suyun tampon kapasitesini yansıtır. Doğal suların alkalitesi, zayıf asitlerin tuzlarından ileri gelir.

Bunların dışında yer alan bikarbonatlar alkalitenin en önemli şeklidir. Bikarbonatlar karbondioksitin topraktaki bazı maddeler üzerindeki faaliyeti sonucu sulara oluşurlar. Doğal sulara ayrıca boratlar, silikatlar ve fosfatlar gibi diğer zayıf asit tuzları küçük miktarlarda mevcut olabilirler. Ayrıca biyolojik parçalanmaya dayanıklı olan humik asit gibi bazı çok rastlanan organik asit tuzları suda hidrolize olup, alkaliniteye katkıda bulunabilir.

Anaerobik sulara, anaerobik paçalanma ürünü olan propiyonik, asetik ve hidrosülfirik asitler de alkaliniteye katkıda bulunurlar. Bundan başka amonyum iyonu ve hidroksitler de toplam alkaliniteye etki ederler.

Bazı durumlarda doğal sular, önemli miktarlarda karbonat ve hidroksit alkalitesi içerebilirler. Bu durum özellikle alglerin ürettiği yüzeysel sulara meydana gelir.

Algler sudaki serbest veya iyonize haldeki karbondioksiti alırlar ve bunun sonucu olarak suyun pH' sını 9-10' a kadar yükseltirler. Kazan suları özellikle karbonat ve hidroksit alkalinitesi içerebilirler. Kimyasal olarak arıtılmış sular, çok miktarda karbonat ve hidroksit iyonları içerirler [10].

Bir çok madde suyun alkalinitesine katkıda bulunmakla beraber, doğal sularda alkalinitenin en önemli kısmı, üç türde maddeden ileri gelmektedir.

Bunları pH değerlerinin yüksek oluşuna göre şu şekilde gruplandırabiliriz [10].

1. Hidroksitler
2. Karbonatlar
3. Bikarbonatlar

### 2.2.3 Asitlik (Karbonik asit)

Bütün tabii sular, yarı bağlı ve serbest halde karbondioksit ihtiva ederler. Kalsiyum ve magnezyum gibi metallerle birleşerek  $\text{CaCO}_3$  ve  $\text{MgCO}_3$  bileşiklerini teşkil eden karbondioksit, bağlı  $\text{CO}_2$  adı verilir [6].

Bikarbonatları teşkil eden karbondioksit ise yarı bağlı haldedir. Serbest karbondioksit, karbondioksit gazının suda çözülmüş halidir. Suda ne kadar çok kalsiyum karbonat çözünürse, karbonik asit miktarı o kadar fazla olur [6].

### 2.2.4 Sertlik

Sertlik, su içinde çözülmüş (+2) değerlikli iyonların ( $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ,  $\text{Sr}^{+2}$ ,  $\text{Fe}^{+2}$ ,  $\text{Mn}^{+2}$  vb.), varlığının sonucudur.  $\text{Ca}^{+2}$  ve  $\text{Mg}^{+2}$  iyonları doğal sularda diğer iyonlardan daha fazla bulduklarından, çoğunlukla sertlik,  $\text{Ca}^{+2}$  ve  $\text{Mg}^{+2}$  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.

### 2.2.5 Çözünmüş oksijen

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 oranı kadar gaz çıkışı olur. Oksijenin çözünürlüğü doğrudan doğruya kısmi basıncı ile ilgilidir.
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.

### 2.2.6 Oksijen ihtiyacı

#### 2.2.6.1 Biyolojik oksijen ihtiyacı

BOI (Biyolojik Oksijen İhtiyacı) çeşitli atıklarla kirlenmiş akar suların herhangi bir zamandaki kirlenme derecesinin ve akarsuyun özümleme kapasitesinin tayininde kullanılması nedeniyle önemlidir. Akarsuda biyolojik olarak ayrışabilen organik maddenin ölçüsüdür.

#### 2.2.6.2 Kimyasal oksijen ihtiyacı

KOI (Kimyasal Oksijen İhtiyacı) birkaç istisna haricinde suda mevcut bütün organik bileşiklerin miktarını ölçen hızlı bir testtir.

BOI<sub>5</sub> değeri 5'in üzerinde olan sular kararsızdır. BOI<sub>5</sub> 10 mg/l'nin üzerinde çıktığında su kirlenmiştir.

### 2.2.7 Diğer element ve bileşikler

Florür (F<sup>-</sup>) : Sularda bulunan florür, miktarına bağlı olarak, faydalı veya zararlı olabilir. İçme suyu için tavsiye edilen değer 1 mg/l'tir. Bu değerın dışlar için faydalı olduğu ve diş çürümelerini azalttığı bilinmektedir. Bunun yanında yüksek miktarlarda florür içeren suların insan sağlığına verdiği zararlar araştırmalarla ispatlanmıştır.

Silis (SiO<sub>2</sub>) : Pekçok suda silis SiO<sub>2</sub> bulunmaktadır. Bu çok doğaldır çünkü doğada en çok bulunan element silikondur(Si). Silisin içme sularında büyük bir sakıncası yoksa da kazan besleme suyu için zararlıdır. Çünkü silikat (SiO<sub>3</sub>) 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 (silikondioksit): Silis, silikon ve oksijenin birleşmesi ile oluşur. SiO<sub>2</sub> formülü ile ifade edilir. Sert ve camsı bir mineraldir. Kum, kuartz, kumtaşı ve pranit gibi çeşitli formlarda bulunur. Aynı zamanda, pekçok bitki ve hayvanın iskelet yapısında da bulunmaktadır.

Silikat: Silikatlar, silikon 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. Suda bulunan başlıca maddeler ve kaynakları tablo 2.1'de verilmiştir.

Tablo 2.1 Suda Bulunan Başlıca Maddeler ve Kaynakları [11]

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 radikaller	Organik katı, organik atıklar	Hümkik madde içeren, doğal organik bileşikler, sebze rengini veren maddeler, diğer organik atıklar	Amonyak Karbondioksit Hidrojen Sülfür 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 katılar, Organik bileşikler Yağ, korozyon ürünler, protozoa vb.	İnorganikler, VOC içeren doğal ve sentetik organik bileşikler, pestisitler, virüsler, bakteriler	Klorür Sülfürdioksit

**Klorür :** Klorür, tüm doğal veya kullanılmış sularda çok yaygın bir şekilde bulunan iyon türüdür. Sulara yer altı formasyonlarından çözünme yolu ile ya da tuzlu su - tatlı su girişimleri sonucu katılabilir. İnsan ürininden günde kişi başına ortalama 6 gr kadar klorür atılmaktadır.

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

### 2.3 Suyun Fizyolojik Özellikleri

Su bitkisel ve hayvansal hücrelerin hayatı için önemli bir maddedir ve dokularda su oranının %20' ye düşürülmesi genellikle dokuların ölmesine sebep olur. Bir içme suyunda 100 cc de, sıfır koli olmalı, tat, koku, bulanıklık, tortu, mikrop olmamalıdır[9].

### 2.4 Suyun Doğal Hali

Deniz, akarsular, barajlarda buharlaşma meydana gelir, yoğunlaşan buhar bulutları oluşturarak yeryüzüne indiği zaman sel suları veya topraktan süzülen suları meydana getirir. Bu içeri giren sular kayaların suda çözünen maddelerini ergitir ve maden sularına dönüştürebilir. Özellikle bileşimlerinde kalsiyum karbonat ve kalsiyum sülfat bulunanlar ve ergittiği tuzların oranına göre (0,6 gr-tuz) yumuşak ve sert sular ismini alır. Yağmur suyu bunların içinde en saf olanıdır. Hemen hemen hiç ergimiş tuz taşımaz [9].

### 2.5 Su Kirliliği

Uygarlığın gelişmesiyle birlikte, insanın suyun doğal dolanımına (hidrolojik devre) yaptığı müdahaleler artmış, giderek su kaynaklarının sürekliliğini etkileyecek boyutlara ulaşmıştır. Akarsuların üzerine elektrik enerjisi elde etmek amacıyla barajların, sulama amacıyla göletlerin yapılması, akarsuyun ulaştığı yüzeysel su kaynaklarına taşıdığı suyu azaltmakta, Karadeniz'de görüldüğü gibi kaynağın doğrudan zarara uğramasına neden olmaktadır. Değişik amaçlarla kullanılan suların boru hatlarıyla taşınması da doğal döngüyü etkilemektedir. Hidrolojik devrede karşılaşılan sorunların yanı sıra, tarımsal, kentsel ve endüstriyel faaliyetlerin ortaya çıkardığı atık ve atıklar su kaynaklarının bozulmasını belirgin duruma getirmektedirler [4].

### 2.5.1. Su kirliliğinin sebepleri

1. Tarımsal faaliyetlerin sonucu
2. Toprak erozyonundan (Doğal kayma veya yapay olgular sonucu)
3. Bitkilerin çürümesinden kaynaklanan kirlenmeler
4. Hayvansal atıklar
5. Tarımsal mücadele ilaçlarından kaynaklanan kirlenmeler
6. Endüstriden kaynaklanan kirlilikler
7. Kimyasal kirlilikler
8. Biyolojik kirlilikler
9. Fizyolojik kirlilikler
10. Atmosferik kirlilikler
11. Zehirli varil veya tehlikeli atıkların gizli gizli gömülmesi veya atılmasından kaynaklanan kirlilikler
12. Yerleşim alanlarından gelen kirlenmeler
13. Rüzgarın tesiri ile taşınmalar
14. Ulaşım ile (Toprak ve su – yeşil örtü kirlenmeleri)

15. Endüstriyel ve evsel atıkların lağım, dere, göl, gölet ve yüzey sularına direkt bırakılması ile kirlenmeler.
16. Bulaşıcı hastalıklı iğne ve kan – irin torbalarının sulara atılması ile uzak mesafelere kirliliğin taşınması olayı.
17. Dış kaynaklı kirliliklerin sularla değişik yönlere yayılması.
18. Katı çöplerin ham sulara bırakılması ile eriyik oksijen miktarının aşırı şekilde yok edilmesi ve suyun oksijensiz kalması sonucu ortaya çıkan kirlilikler.

### **2.5.2 Su kirliliğine neden olan kirletici kaynaklar**

Su kirliliğine yol açan nedenleri;

1. Tarımsal faaliyetlerin neden olduğu kirlilik,
2. Sanayinin neden olduğu kirlilik,
3. Yerleşim alanlarından kaynaklanan kirlilik olmak üzere üç ana grupta toplamak mümkündür.

## **BÖLÜM 3. SERT SULAR VE SERT SULARDAN KAYNAKLANAN PROBLEMLER**

### **3.1 Sert Suyun Tanımı**

Tabii sular yer kabuğunda denizlere ve göllere doğru akarken değişik kayaların içerisinden geçer ve bu kayalardaki bazı tuzları çözerler. Bu nedenle suların geçtiği bölgelerde mağaralar ve oyuklar gibi değişik coğrafi şekiller oluşur. Su kaynakları buldukları ve geçtikleri bölgelerin jeomorfolojik özelliklerine göre, içerilerinde değişik iyonlar bulundurur. İçerisinde kalsiyum , magnezyum ve demir iyonları bulunduran sular, sert su olarak tanımlanır [12].

Sert sular köpük oluşturmak için çok sabun kullanımını gerektiren sular olarak ta tanımlanabilirler. Bu sular sıcak halde nakledildikleri boru veya kazan içinde çökelti (kazantaşı) teşkil ederek ısı transferini güçleştirip, akışın hidrolik koşullarını olumsuz etkileyen sulardır. Ayrıca deriyi tahriş eder, porselenlerin rengini bozar, kumaşların ömrünü azaltır [10].

Amerika Birleşik Devletleri' nde sertlik doğrudan doğruya 1. lt. su içinde mevcut olan  $\text{CaCO}_3$  ün mg. olarak ağırlığı ile ifade edilir [6].

Sabun tüketim durumu ekonomik açıdan ve optimum temizleme şartlarının uygun bir şekilde karşılanmasının güçlüğü bakımından çok önemli bir husustur. Sentetik deterjanların kullanımı ile evsel kullanımda sert suların bu dezavantajı nisbeten azaltılmıştır. Bununla beraber; sert sular, bu amaçlarla kullanıma ters etkiler yapmaktadır. Bu nedenle su yumuşatma proseslerinde sertliğin giderilmesi büyük öneme sahiptir. Evsel ve endüstriyel kuruluşlarda, içme ve kullanma suyunun arıtımında sertlik giderme işlemi önemli bir arıtma kademesi olarak kullanılmaktadır.

Birçok endüstriyel proseste özellikle kalsiyum karbonat menşeyli sertlikler önemli sorunlar çıkarmaktadır [13].

Ayrıca içme suyundaki sertlik seviyesinin insan sağlığı üzerinde çeşitli etkileri olduğunda tesbit edilmiştir [14].

Hidrosferde suların sertliği yerel olarak değişim gösterir. Kural olarak yüzeysel sular, yer altı sularından daha yumuşaktır. Genellikle suyun sertlik derecesi, yağmur suyundan başlayarak izlediği yol boyunca temasta bulunduğu jeolojik yapıyla yakından ilgilidir [10].

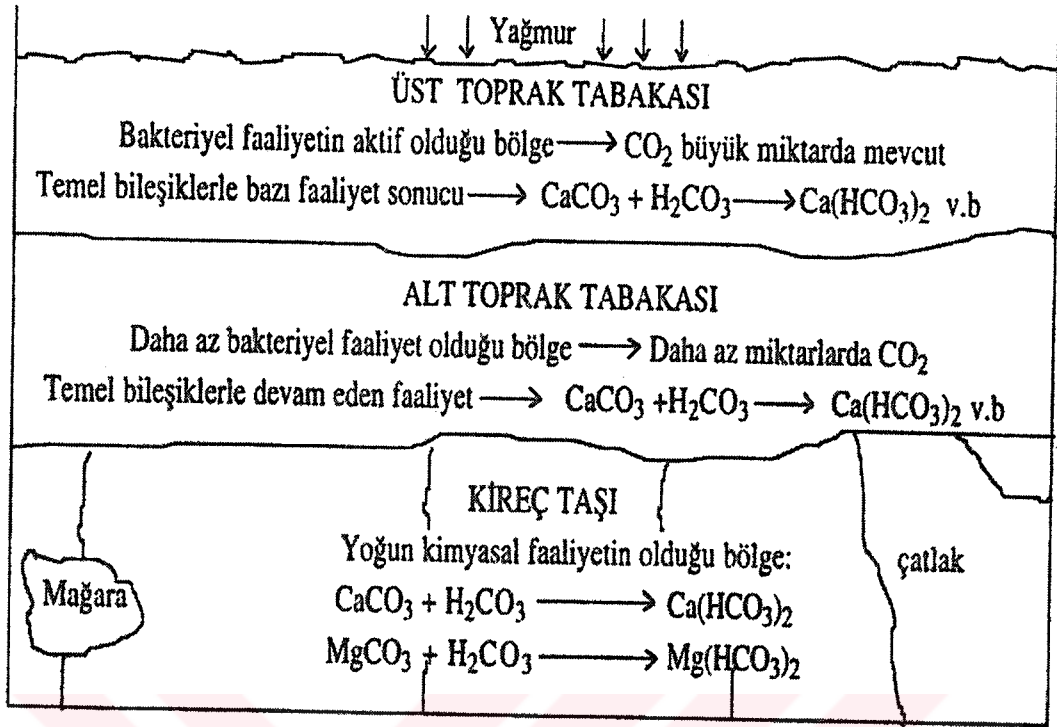
### 3.2 Sularda Sertliğin Kaynakları

Sularda sertlik büyük ölçüde toprak ile kaya oluşumları ile temas sonucu meydana gelir. Toprağa düşen yağmur suyu, doğal sularda bulunan çok büyük madde miktarlarının tümünü çözüp taşımaya yeterli değildir.

Çünkü pH' sı 7 civarında olan damıtık haldeki yağmur suyu, toprağa indirdiği sertlik için gerekli miktarda iyonu çözemez. Bu iyonların suya geçmesi için gerekli asidik koşulları topraktaki bakterilerin oluşturduğu CO<sub>2</sub> gazının suda çözünmesi sağlar. Böylece artan CO<sub>2</sub> asiditesi bazik maddelerin özellikle de kalsiyum bileşiklerinin suda çözünmesini sağlar [9].

Şekil 3.1' de toprakta karbondioksit ve sertliğe neden olan bileşiklerinin çözeltilerinin kaynağı şematik olarak gösterilmektedir. Bu şekle göre toprak tabakası kalın olan kireçli arazide, mevcut bulunan sular daha sert olur. Buna karşılık toprak tabakasının ince, kireçli arazinin hiç veya çok az bulunması durumunda sular yumuşak olur. Şekil 3.1' karbondioksitin ve sertliğe neden olan çözünür bileşiklerin kaynakları görülmektedir.





Şekil 3.1 Karbondioksitin ve sertliğe neden olan çözünür bileşiklerin kaynağı [10].

Kalsiyum ve Magnezyumun suda eriyen bileşikleri olarak en çok;

1. Kalsiyum bi karbonat :  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$
2. Kalsiyum sülfat :  $\text{CaSO}_4$
3. Magnezyum bikarbonat :  $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$
4. Magnezyum sülfat :  $\text{MgSO}_4$

bulunur.

### 3.3 Sularda Sertliğin Sebebi

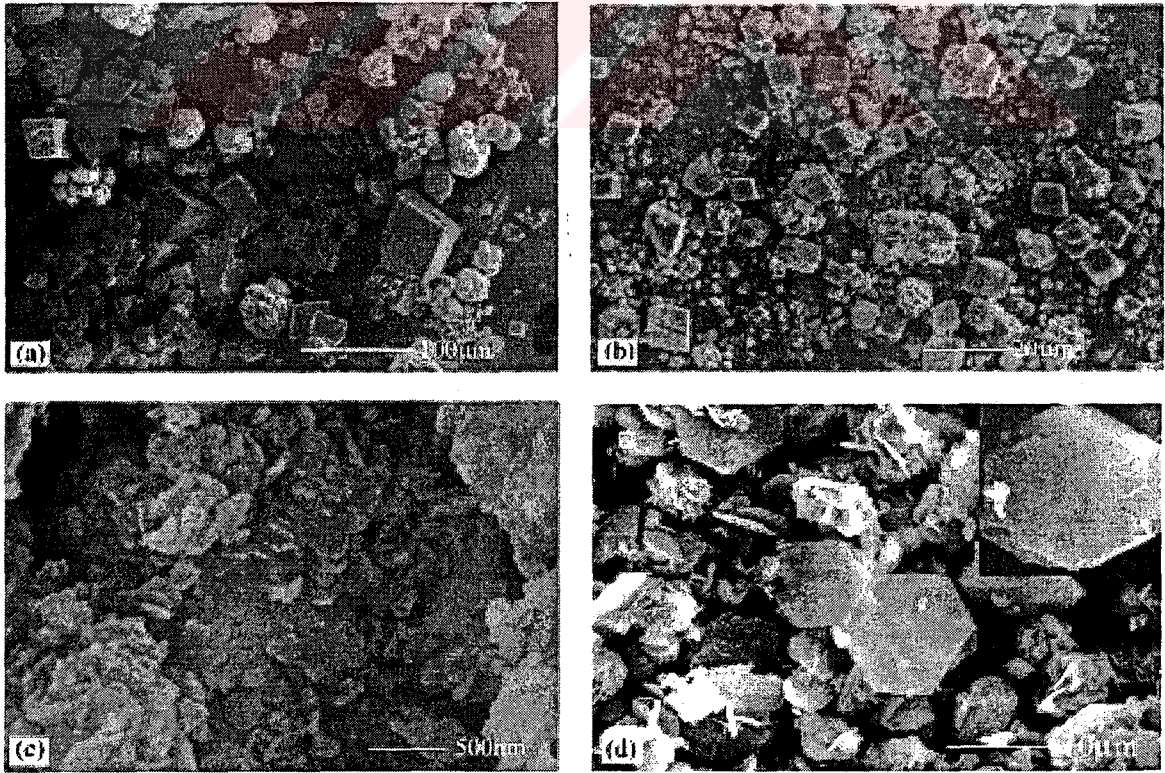
Sertlik su içinde çözülmüş (+2) değerlikli iyonların yani  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Sr}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$  konsantrasyonlarının bir sonucudur. Bu katyonlara karşılık suda bazı anyonların da bulunması gerektiğine göre, sertliğe neden olan bazı anyonların bulunması doğaldır. Bunlar ;  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SiO}_3^{2-}$  anyonlarıdır. Diğer bir deyişle sularda sertlik çok değerlikli katyonların eşdeğer toplamıdır denebilir.

Sertliğe neden olan başlıca katyonlar ve birleşikleri önemli anyonlar tablo 3. 1' de verilmiştir.

Tablo 3. 1 Sertliğe Neden Olan Başlıca Katyonlar ve Birleşikleri Önemli Anyonlar [15]

SERTLİĞE NEDEN OLAN BAŞLICA KATYONLAR	ANYONLAR
$Ca^{2+}$	$HCO_3^-$
$Mg^{2+}$	$SO_4^{2-}$
$Sr^{2+}$	$Cl^-$
$Fe^{2+}$	$NO_3^-$
$Mn^{2+}$	$SiO_3^{2-}$

(+2) değerlikten daha yüksek değerlilik taşıyan  $Al^{3+}$ ,  $Fe^{3+}$  katyonları da bazen sertliğe neden olabilir diye düşünülebilir. Ancak bu katyonlar, normal yüzeysel suların sahip olduğu  $pH = 7$  civarında suda çok düşük çözünürlük çarpımına sahiptirler ve bu nedenle suda kolayca çökerler [10]. Şekil 3. 2' suda sertliğe sebep olan kalsiyum kristalleri görülmektedir.



Şekil 3. 2 Suda sertliğe sebep olan kalsiyum kristalleri [16]

Suyu sertleştiren elemanlar, toprak alkali karbonatları, kalsiyum ve magnezyum metalleri ya da bileşkeleridir. Karbonatlar, arı (saf) su içinde çok az erir. Ancak, son derece az miktarda bile olsa, suyun içinde karbonik asit ( $H_2CO_3$ ) bulunması halinde, suyun eritme kapasitesi, bileşiminde bulunan karbonik asitle orantılı olarak hızla artar. Karbonik asit tuzları karbonatlar genel adıyla anılır. Suyun içinde bulunan kireçle karbonik asit arasında bir denge konumu vardır. Suda bir hal değişimi olur olmaz, örneğin suyun bileşiminde bulunan karbonik asit oranı azalır azalmaz, bu azalışa tekabül eden bir miktar kireç hemen bileşimden ayrılarak çözelti oluşturur. Bu denge konumu korunduğu sürece, sert sular bile çözelti oluşumuna eğilim göstermez. Kalsiyum ve magnezyum iyonlarının kompleks iyonlarla reaksiyonları tablo 3. 2' de verilmiştir.

Tablo 3. 2 Kalsiyum ve magnezyum iyonlarının kompleks iyonlarla reaksiyonları [17]

İYON	REAKSİYON
CALSIYUM	$Ca^{2+} + OH^- \leftrightarrow CaOH^+$
	$Ca^{2+} + HCO_3^- \leftrightarrow CaHCO_3^+$
	$Ca^{2+} + CO_3^{2-} \leftrightarrow CaCO_3^0$
	$Ca^{2+} + SO_4^{2-} \leftrightarrow CaSO_4^0$
MAGNEZYUM	$Mg^{2+} + OH^- \leftrightarrow MgOH^+$
	$Mg^{2+} + HCO_3^- \leftrightarrow MgHCO_3^+$
	$Mg^{2+} + CO_3^{2-} \leftrightarrow MgCO_3^0$
	$Mg^{2+} + SO_4^{2-} \leftrightarrow MgSO_4^0$

### 3.4 Sertlik Derecesi İçin Kullanılan Birimler

Alkalimetrik özellik (alkali özelliği), tam alkalimetrik özellik (tam alkali özelliği), kuvvetli asit tuzları özelliği ve hidrotimetrik özellik (sertlik özelliği) eşdeğer gram, eşdeğer miligram ve fransız sertlik derecesi birimleri cinsinden değerlendirilir.

### 3.4.1 Eşdeğer gram birimi

Bir cismin 1 gram hidrojen'le birleşebilen kütlesi eşdeğer gram diye tanımlanır. Bu cisme ilişkin eşdeğer gram özelliğinin belirlenmesi için, bu cismin molekül kütlesinin valansına ya da değerlilik sayısına bölünmesi gerekir.

### 3.4.2 Eşdeğer miligram

Ondalıklardan kaçınılması amacıyla kullanılan ve EMG sembolüyle simgelenen bir birimdir.

### 3.4.3 Fransız sertlik derecesi birimi

BOUTERON VE BOUDET' ye göre, 1 Fransız Sertlik Derecesi,

$$1 [^{\circ}F] = 11,4 [ \text{mg} / \text{litre} ] \text{ kalsiyum klorür } [ \text{CaCl}_2 ]$$

Eşitlik ilişkisini sağlayan bir birimdir. Kalsiyum Klorür [  $\text{CaCl}_2$  ] için,

$$55,5 [ \text{mg} / \text{litre} ] = 1 [ \text{EMG} / \text{litre} ]$$

İlişkinin geçerli olmasından ötürü,

$$1 [ \text{mg} / \text{litre} ] = 1 / 55,5 [ \text{EMG} / \text{litre} ]$$

Bağıntıları yazılabilir. Bu duruma göre,

$$11,4 [ \text{mg} / \text{litre} ] = 11,4 / 55,5 [ \text{mg} / \text{litre} ] \sim 0,2 [ \text{EMG} / \text{litre} ]$$

$$1 [^{\circ}F] \sim 1 / 5 [ \text{EMG} / \text{litre} ]$$

olmaktadır.

Sertlik yaratan maddelerin, eşdeğer kireç türlerinin karşılıklarına göre tanımlanmış sertlik dereceleri, genellikle Fransız, Alman ve İngiliz sertlik dereceleri cinsinden ifade edilir [11].

1F = 10 mg/lt  $\text{CaCO}_3$  Fransız Sertlik Derecesi

1E = 14.3 mg/lt  $\text{CaCO}_3$  İngiliz Sertlik Derecesi

1D = 17.8 mg/lt  $\text{CaCO}_3$  Alman Sertlik Derecesi

1 litre suda 10 miligram  $\text{CaO}$  veya 7,14 miligram  $\text{MgO}$  çözülmüşse su 1 Alman sertlik derecesine sahiptir.

0,7 litre suda 10 miligram  $\text{CaCO}_3$  veya 8,42 miligram  $\text{MgCO}_3$  çözülmüşse su 1 İngiliz sertlik derecesine sahiptir.

1 litre suda 10 miligram  $\text{CaCO}_3$  veya 8,42 miligram  $\text{MgCO}_3$  çözülmüşse su 1 Fransız sertlik derecesine sahiptir.

Sertlikle ilgili birim sistemlerinin birbirlerine dönüştürülmesinde kullanılan katsayılar tablo 3.3' de verilmiştir. Tablo 3. 3' de sertlik derecelerinin dönüştürülmesinde kullanılan katsayılar verilmektedir.

Tablo 3. 3 Sertlik Derecelerinin Dönüştürülmesinde Kullanılan Katsayılar [11].

SERTLİK DERECELERİ				
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
mval için	2.80	5.00	3.5	1

### 3.5 Suların Sertlik Derecelerine Göre Sınıflandırılması

Sular sertlik derecelerine göre, tablo 3.4.' deki gibi sınıflandırılabilirler. Tablo 3. 4' de suların sertlik derecelerine göre sınıflandırılması görülmektedir.

Tablo 3. 4 Suların Sertlik Derecelerine Göre Sınıflandırılması [18]

Toplam Sertlik (mg CaCO <sub>3</sub> /lt)	Sınıflandırma
0-75	Yumuşak Su
75-100	Orta Sertlikte Su
100-300	Sert Su
>300	Çok Sert Su

### 3.6 Sertlik Çeşitleri

Sularda sertlik, geçici sertlik ve kalıcı sertlik olmak üzere ikiye ayrılabilir. Geçici sertliğe karbonat sertliği ve kalıcı sertliğe karbonat olmayan sertlik adı verilir. Kalıcı ve geçici sertliğin ikisini birden ifade etmek üzere de toplam sertlik deyimi kullanılmaktadır.

Geçici sertlik, kalsiyum ve magnezyum tuzlarının karbonat ve bikarbonatlarından meydana gelir [6].

Bu tür sertliğe sahip sular NaOH eklemek suretiyle,

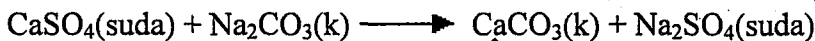


denklemine göre; sertliğe sebep olan iyonlardan temizlenmiş olur. Bu tür sertliğe sahip sular birkaç dakika kaynatmak sureti ile kolayca yumuşatılabilir. Kaynama sırasında Ca(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> parçalanarak CaCO<sub>3</sub>, CO<sub>2</sub> ve H<sub>2</sub>O ya dönüşür.



Ca ve Mg metalllerinin hidroksit, klorür, nitrat, sülfat, fosfat ve silikat gibi toprak alkali bileşimleri kalıcı sertliği meydana getirirler (Suda çözülmüş CaCl<sub>2</sub> veya CaSO<sub>4</sub> tuzları).

Daimî sertliğe sahip sular kaynatma gibi basit işlemler ile yumuşatılamazlar. Bu tür suları yumuşatmak için iyon-değişim yöntemleri kullanılır. Sudaki Ca<sup>+2</sup> ve Mg<sup>+2</sup> iyonları sabunla çökelek oluşturmayacak Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup> gibi iyonlarla değiştirilir,





Meselâ, çamaşır sodası ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) daimî sertliğe sahip suya eklendiğinde  $\text{Ca}^{+2}$  iyonları  $\text{Na}^+$  iyonları ile yer değişir ve  $\text{CaCO}_3$  olarak dibe çöker.

### 3.6.1 Kalsiyum ve magnezyum sertliği ( Toplam sertlik)

Ca ve Mg iyonları, doğal sularda oluşan sertliğin büyük bir kısmını meydana getirirler. Bu sertlik çok az hata ile toplam sertlik olarak kabul edilebilir.

Toplam = Kalsiyum Sertliği + Magnezyum Sertliği [19].

Suların yumuşatılmasında sık kullanılan kireç – soda yönteminde harcanacak reaktifi hesaplamaya yardımcı olan bu bilgi, çoğu kez kalsiyum ve magnezyum iyonlarının ayrı ayrı tayini ile ve daha sonra yukarıda verilen eşitlik uyarınca hesaplanır.

### 3.6.2 Karbonat sertliği ve karbonat olmayan sertlik

Toplam sertliğin, sudaki karbonat ve bikarbonat iyonlarına karşı gelen kısmı karbonat sertliği olarak bilinir. Bu iyonlar aynı zamanda doğal suların alkalinitesini de belirlediğinden,

Eğer alkalinite toplam sertlikten küçükse,

Karbonat sertliği (geçici sertlik) ( $\text{mg/lit CaCO}_3$ ) = Alkalinite ( $\text{mg/lit CaCO}_3$ )

Eğer alkalinite toplam sertliğe eşit veya büyükse,

Karbonat sertliği (geçici sertlik) ( $\text{mg/lit CaCO}_3$ ) = Toplam Sertlik ( $\text{mg/lit CaCO}_3$ )

alınır. Karbonat sertliğinin ayrıca ele alınmasının nedeni suyun kaynaması esnasında veya sönmüş kireç ile yumuşatma işlemlerinde bu tür bilgiye gerek duyulmasıdır.

Toplam sertliğin karbonat sertliği dışında kalan kısmına ise karbonat olmayan veya kalıcı sertlik denir. Çünkü bu sertlik kaynama ile giderilemez.

Karbonat dışı (kalıcı) sertlik = Toplam sertlik – Karbonat (geçici) sertliği

şeklindedir. Bu son grupta  $Cl^-$ ,  $NO_3^-$ ,  $SO_4^{2-}$  gibi anyonlara karşı gelen katyonların yarattığı sertlik yer alır.

### 3.6.3 Yalancı sertlik

Tuzlu sularda sabun köpürmesi, şimdiye kadar açıklandığından farklı olarak sabunun iyonlaştırılması engellendiğinden dolayı durur. Bu olayın sorumlusu sabun ve tuzdaki ortak iyon olan  $Na^+$  katyonlarının ortak iyon etkisidir. Sodyum normal olarak bir sertlik oluşturuucu unsur olmamasına karşın meydana gelen bu sertliğe yalancı sertlik denir [10].

## 3.7 Sertlik Tayin Yöntemleri

Sertlik tayinleri su yumuşatma proseslerinin rutin olarak kontrolünde kullanılır.

### 3.7.1 Laboratuarda sertlik tayini

Sertliğin bulunmasında iki yöntem kullanılır.

#### 3.7.1.1 Hesap yöntemi

Eğer suyun tam mineral analizi yapılmışsa sertlik, sudaki sertlik yapan katyonların  $CaCO_3$  eşdeğerinin toplanması ile hesaplanarak bulunabilir. Bu yöntem, bütün sulara uygulanabilir ve doğruluğu oldukça yüksektir [10].

#### 3.7.1.2 Etilendiamin tetra asetik asit titrasyon metodu

Toplam sertliği basit yöntemlerle, rutin olarak belirlemeye yarayan bu tayin yöntemi, etilen diamin tetra asetik asit titrasyonu olup etilen diamin tetra asetik asit veya bunun sodyum tuzu çözeltisinin titrasyonunda kullanılması esasına dayanır.





### 3.8 Sert Sulardan Kaynaklanan Problemler

Sert sular içme ve kullanma maksatları için elverişli değildir. Bilhassa endüstrilerde problem olurlar.

Endüstri kuruluşlarında veya konutlarda, bir takım işlemlerden geçirilerek koşullandırılan suyun kullanılması durumunda, sertlik sorunu, yani suda eriyik halinde bulunan toprak alkali bileşikler'in su içerisindeki oranı önemli boyutlar kazanır. Sert suların tencere ve kapların dibinde çökelti bıraktığını, sertliği fazla olmayan ve bu nedenle yumuşak deyimile anılan suların ise, söz gelimi el yıkamaya çok elverişli olduğunu biliriz. Bundan ötürü, şehir suyu abonelerinin olabildiğince yumuşak su kullanmak yolundaki isteklerini ve eğilimlerini, ilk bakışta, son derece doğal karşılamak gerekir. Ne var ki, durum bundan ibaret değildir. Çünkü suda erimiş halde bulunan madensel maddelerin olumlu özellikleri olduğu gibi olumsuz etkileri de vardır.

#### 3.8.1 Sert suların evsel amaçlı kullanımından ortaya çıkan sorunlar

Sert sular içme veya evsel amaçlı kullanım suyu olarak kullanıldıklarında bir çok probleme yol açarlar. Bu yüzden merkezi su sistemlerinde sertlik çok dikkatle incelenmesi gereken bir özelliktir. Türk Standartları Enstitüsü içme ve kullanma suları için tablo 3.5' deki değerleri uygun görmüştür. Tablo 3. 5' de yumuşatılmış sınıf 1 sular için gerekli konsantrasyon değerleri verilmektedir.

Tablo 3. 5 Yumuşatılmış sınıf 1 sular için gerekli konsantrasyon değerleri [20]

ÖZELLİK	DEĞER, EN ÇOK
Toplam sertlik (mg CaCO <sub>3</sub> /lt)	150
Alkalilik (meq NaOH /lt)	0,5

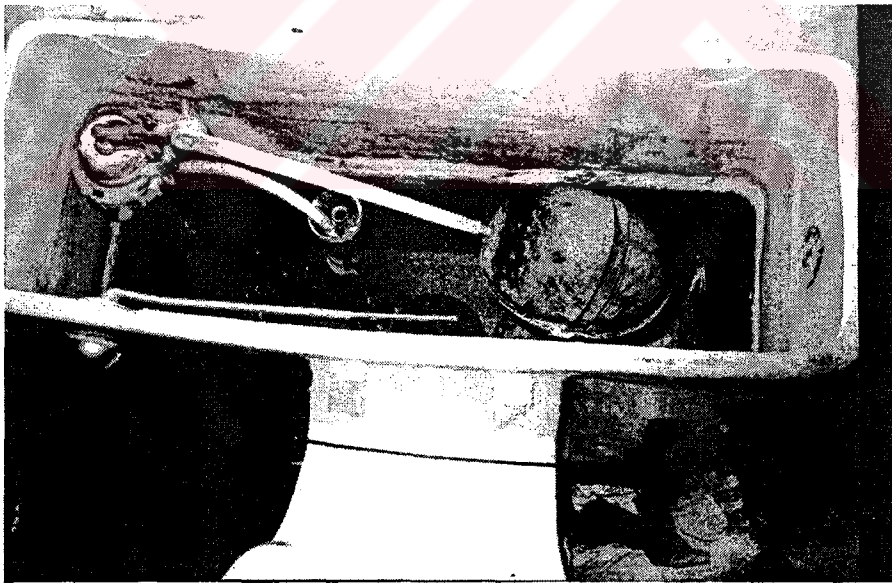
Merkezi su tesislerinde su sertliğinin giderilmesi, bir çok probleme yol açmasına rağmen, çok az başvurulan bir yoldur. Sertlik giderme yerine, sertliği kabul edilebilir

sınırlar arasında olan su kaynaklarının araştırılması ve suların bu kaynaklardan temin edilmesi tercih edilir.

Bu problemlerin belli başlıcaları aşağıda sıralanmıştır.

- Sert suların ağır bir tatları vardır ve içimi zordur.
- Sert suların görüntüsü berrak değildir. Süte benzer bir görünümüleri vardır.
- Sertlik mineralleri yemeklerde istenmeyen bir tat verir.
- Sert su ile yapılan buz buğulu bir görünümde olur.
- Sabun çökeleği banyo veya duş sonrasında insan derisine yapışır. Deri gözeneklerini tıkar ve saç tellerini kaplayarak sertleştirir. Deriye yapışan bu kütle, bakteri üremesi için elverişli bir ortam yaratır.

Şekil 3.4' de sert suların evsel kullanımından banyolarda tortu oluşumu görülmektedir.

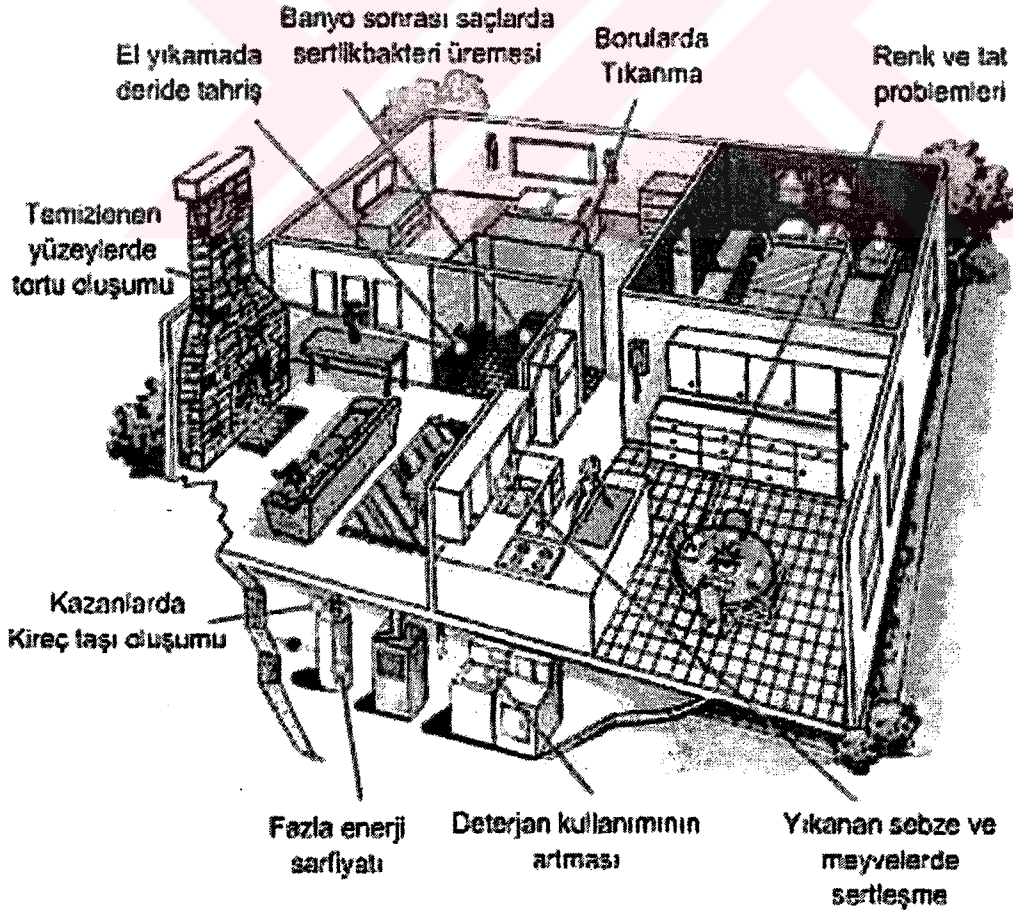


Şekil 3.4 Sert suların evsel kullanımından banyolarda tortu oluşumu [22]

- Sert sular cildi tahriş ederek deride çatlamalara neden olur.
- Sert sular ile yıkanan sebze ve meyvelerin kabuklarında sertleşmeler meydana gelir.

- Aşırı sert suların insan sağlığı üzerinde olumsuz etkilerinin olduğu bilinmektedir.
- Son yıllarda yapılan araştırmalar bazı kanser türlerinin sert suların içilmesi ve kullanılmasıyla alakalı olduğunu göstermektedir [21].
- Çamaşır'ın yumuşak su ile yıkanması halinde, daha az miktarda sabun ve deterjan sarf edilir;
- İsale edilmiş suları fazla sert olan toplumlarda içme suyu olarak ayrıca çok para sarfiyatıyla içecek su satın alınmaktadır. Bu suretle ayrıca ödenen su parası, şehir şebekesinden alınan kullanma suyu masrafının 2 / 3' ü kadardır. Mesele sadece maddi yönden değil, bilhassa kontrolsüz su ve suların halk sağlığı yönünden yaratacakları ciddi endişe bakımından üzerinde durulmaya yetecektir.

Şekil 3.5' sert suların evsel kullanımında meydana gelen sorunlar şematik olarak verilmiştir.



Şekil 3.5 Sert suların evsel kullanımında meydana gelen sorunla

### 3.8.2 Sert suların endüstriyel amaçlı kullanımında ortaya çıkan sorunlar

Sert suların özellikle endüstriyel faaliyetlerde kullanımında çok ciddi problemlere yol açtığı bilinmektedir.

Bazı endüstri kuruluşları proseslerinde kullandıkları suların çok yumuşak karakterde olmasını isterler.

Bu yüzden genellikle proses suyu olarak kullanılan suların yumuşatılması için masraflı işlemler gerektiren su arıtma sistemleri geliştirilmiştir.

Sert suların endüstri kuruluşlarında yol açtığı sorunlar aşağıdaki gibi sıralanabilir.

- Tekstil endüstrisi, bilhassa çok yumuşak sulara ihtiyaç duyar.
- Sert sularla yıkanan kumaşlarda lekelenmeler oluştuğu görülür.
- Sert sularla yıkanan yünlü kumaşların sertleştiği görülür.
- Kalsiyum, magnezyum ve sabun bileşikleri kumaşın dokusu arasında kalır, toz ve kirlerle birleşerek temizlenmesini güç hale getirir.
- Sert sularla yıkanmış bir kumaş ütülenirse gri lekeler oluşabilir.
- Su içindeki kalsiyum ve magnezyum iyonları sabun ile birleşerek suda erimeyen bileşikler oluştururlar. Bu sertlik iyonlarının tamamı, sabunla birleşinceye kadar, suda sabun köpüğü oluşmaz. Suların sertliği ne kadar fazla ise sabun sarfiyatı da o kadar fazla olmakta, dolayısıyla sabuna ödenen para da o kadar artmaktadır.
- İnşaat endüstrisinde yumuşak suların kullanılması beton kalitesini artırdığı belirlenmiştir [23].
- Beton yapımında kullanılan yumuşatılmış sular betonun sertleşme süresini kısaltır[24].
- Beton yapımında sert sular kullanılırsa çimento sarfiyatının arttığı görülmüştür [24].
- Cam endüstrisinde camların kesim işlemi sırasında kullanılan sert suların cam plakaları arasında lekeler bıraktığı ve camın kesimini zorlaştırdığı bilinmektedir [25].

- Süt fabrikalarında süt kazanlarının yıkanması işlemi için sert sular kullanıldığında hem kimyasal miktarı artmakta hem de süt kazanlarının yüzeyinde ince bir film tabakası halinde birikim oluşmaktadır [25].
- Taşımacılık sektöründe kamyon kasalarının sert sularla yıkanması sonucu kamyon kasalarında, ince bir kireç tabakası oluşumu ve fazla kimyasal kullanımı görülmüştür[25].
- Sert sular endüstrilerde kullanılan su pompalarının zamanla bozulmasına yol açar.

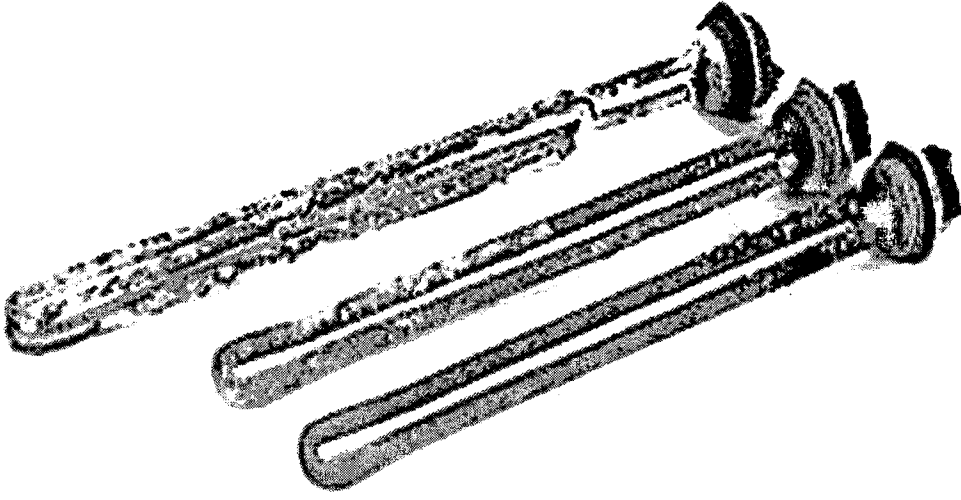
Şekil 3. 6, Şekil 3. 7, Şekil 3. 8, Şekil 3. 9' da sert suların bazı sanayi ekipmanlarına verdiği zararlar görülmektedir.



Şekil 3.6 Sert suların su pompasında zamanla oluşturduğu arızalar [25]

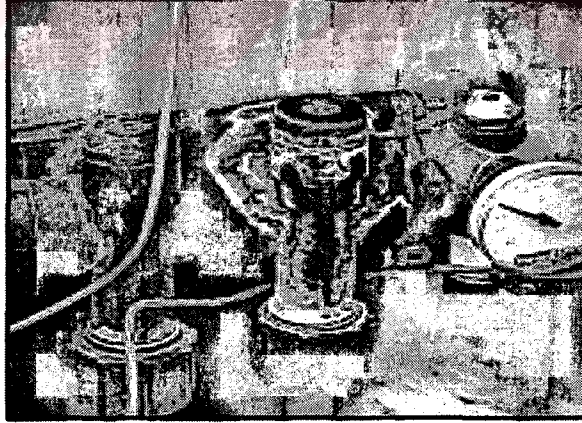
- Sert sular ısıtıcıların rezistanslarında tortu birikimine neden olur. Bu birikim sonucunda rezistanslar da fazla enerji sarfiyatı meydana gelir.





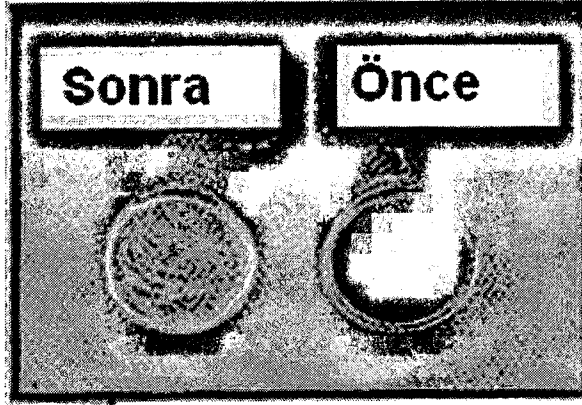
Şekil 3. 7 Sert suların ısıtıcılarda meydana getirdiği arızalar [25]

- Sert sular, endüstriyel proseslerde kullanılan vanalar ve göstergelerde arızalara yol açarlar.



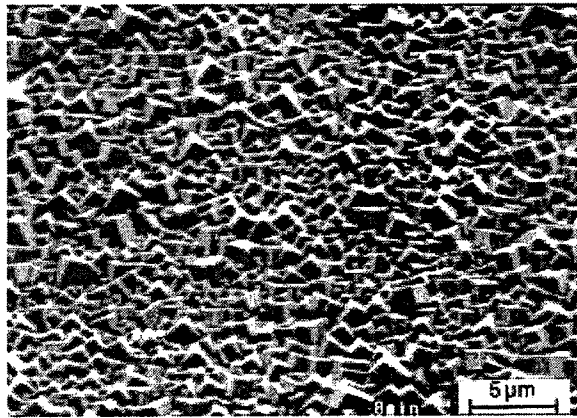
Şekil 3. 8 Sert suların vana ve göstergelerde yol açtığı sorunlar

Sert sular içlerinden geçtikleri boruların çatlamasına ve tıkanmasına yol açarlar.



Şekil 3. 9 Sert suların borularda yol açtığı tıkanma

- Sert sular, kaynatıldıkları kapların diplerinde bir taş tabakası oluştururlar.
- Sert sular, kazanların çeperlerinde kazan taşı denilen ve ısının suya iletilmesini engelleyen bir tabaka teşkil ederler ve bazı hallerde aşırı ısınmaya sebep olurlar. Bu durumda, kazan taşında çatlak teşekkülü, suyun aşırı ısınmış metal yüzeyleri ile doğrudan temasına yol açar ve birden bire oluşan buhar çeşitli kazalara yol açar. Kalorifer kazanlarında bu hususu sık sık görmek mümkündür. Şekil 3. 10' da altın metal tabaka üzerinde  $\text{CaCO}_3$  birikimi görülmektedir.



Şekil 3. 10 Altın metal tabaka üzerinde  $\text{CaCO}_3$  birikimi [26]



### 3.8.2.1 Kalker Çökeltisi Olayı

Kalker çökeltisi olayı, özellikle ısı etkisi altında gelişen,



kimyasal reaksiyonu uyarınca oluşur. Ancak , ısı etkisinin bulunmayışı tek başına bu oluşumu engellemez. Kalsiyum bikarbonat suda eriyik halinde bulunan bir maddedir. Bu maddenin ayrışması yoluyla oluşan kalsiyum karbonat ise su içinde erime özelliğinden hemen hemen yoksundur. İşte , çökelti oluşumuna neden olan madde budur. Kalsiyum karbonat yada kalker'den ayrı olarak , diğer bazı maddelerde çökeltme özelliği gösterir. Örneğin , silisli maddeler bunlar arasındadır. Silisyumdioksit [ $\text{SiO}_2$ ] ürünü silis adıyla da anılmakta, bileşimlerinde silisyum dioksit  $\text{SiO}_2$  bulunan maddelere silis' li maddeler adı da verilmektedir. Kum, gres ve siliks bu maddelere örnek olarak gösterilebilir. Ancak çözelti olayı söz konusu edilince, düşünülmesi gereken ilk madde kalsiyum karbonat ya da diğer adıyla kalker olayıdır.

### 3.8.2.2 Kalker Çözeltisi Olayının Önlenmesi İçin Alınacak Önlemler

A.) Bikarbonatların Ortadan Kaldırılması ve Sertlik Derecesinin Düşürülmesi Yöntemi

Bu yöntemin uygulanması yoluyla amaca ulaşabilmesi için,

Potansiyel hidrojen (PH) özelliğinin artırılması;

Suyun arıtılması yoluna başvurulması;

Suyun bileşiminde bulunan silisli maddelerden arındırılması gerekir.

B.) Kalker çözeltisi oluşumuna yolaçan faktörlerin etkisiz hale getirilmesi yöntemi

Bu amaçla polifosfatlar, silikatlar vb. gibi yeni reçineler aracılığı ile suyun koşullandırılması yoluna başvurulur.

### 3.9 Sert Suların Tarımsal Amaçlı Kullanılmasıyla Ortaya Çıkan Sorunlar

Sert sular tarımsal faaliyetlerde kullanıldığında aşağıdaki problemlere yol açarlar.

- Bazı bitkiler sulardaki sertliğe hassastır ve aşırı sert sularla sulandıklarında gelişmelerinde gerileme görülmektedir.
- Sert suların içinde bulunan elementler sulandıkları topraklarda birikime neden olurlar. Bu da toprakta tuzlanmaya yol açar.
- Sert sular sulamada kullanıldıklarında, sulamanın yapıldığı borularda ve fiskiyelerde kireç taşı birikir. Bu olay sulamada kullanılan boruların çatlmasına ve tıkanmasına yol açar.

Ham su sertliği 30 Fr üzerinde olan suların yumuşatıldıktan sonra bahçe sulamada kullanımı sakıncalıdır.

### 3.10 Sert Suların Yararları

Mineral içeriği fazla sular, bazı durumlar dışında sağlığa zararlı olmadığı gibi, yerine göre yararlıdır denilebilir.

Sert sularda bulunan kalsiyum sağlıklı yaşam için gerekli minerallerin başında gelir. Kemiklerin sağlıklı büyüüp gelişmesi, yaş ilerledikçe eğilmeye ve kırılmaya karşı dirençli olması çocukluktan itibaren yeteri kadar kalsiyum alınmasını gerektirir.

Dünyanın bir çok yerinde yapılan araştırmalar sert su içilen bölgelerde yaşayan insanların arasında yüksek tansiyona ve kalp hastalıklarına daha az rastlandığını bildirmiştir.

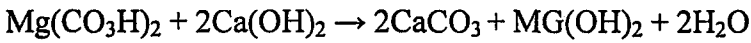
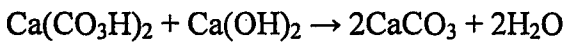
Yalnız sert sular böbrek taşı oluşumu muhtemel kimseler için uygun değildir.

## BÖLÜM 4. SU YUMUŞATMA YÖNTEMLERİ

Kullanım amacının gerektirdiğinden daha kaliteli bir su temin etmek, yatırımın maliyetini artırmakla eşanlamlıdır. Aynı zamanda en ucuz sistemin seçilmesi de boşa yatırım yapılması anlamına da gelebilmektedir. Bundan dolayı, su arıtma sistemlerine ilişkin yatırıma girmeden önce detaylı inceleme ve tetkiklerde bulunmak ve amaca uygun sistemin seçimini sağlamak çok önemlidir. Bu yapılmadığı takdirde, standartlara göre teklif veren firmaların tekliflerinin ilk aşamada elenmesi kaçınılmaz olacaktır. Bununla birlikte, tüketici de işe yaramayan bir sistem satın almış olacaktır. Şu iyi bilinmelidir ki, su arıtma sistemlerinin % 100 verimli çalıştığı veya hiç çalışmadığının alıcı tarafından tespit edilmesi belli sistemler dışında oldukça zahmetli ve zordur. Bu sebeple sistemlerin temel seçim esaslarının hem alıcı, hem de dizayn mühendisi tarafından iyi bilinmesi gereklidir.

### 4.1 Karbonatların Sönmüş Kireç Aracılığı İle Ortadan Kaldırılması

Kalsiyum bikarbonat ile magnezyum bikarbonat suda eriyik halinde bulunabilen maddelerdir. Bu maddelerin sönmüş kireç adıyla da anılan kalsiyum hidroksit ile kimyasal reaksiyona girmeleri sonucu,

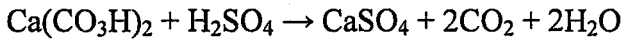
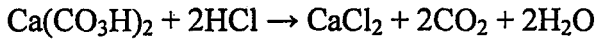


İlişkileri uyarınca, sudan ayrı olarak, kalsiyum karbonat (kalker) ile magnezyum hidroksit oluşur. Bu iki ürün de suda erime özelliğinden yoksundur. Bundan ötürü, gerek kalsiyum karbonat gerekse magnezyum hidroksit su içinde çökelti oluşturur. İşte, bikarbonatlar suyun bileşiminden böylece arındırılmakta,

bikarbonatların ortadan kaldırılması sonucu açığa çıkan kalsiyum karbonat (kalker) ile magnezyum hidroksit su içinde çökelme olayına uğramaktadır [27].

#### 4.1.1 Karbonatların asitler aracılığı ile ortadan kaldırılması

Bu amaçla kullanılan iki ürün hidroklorik asit ile sülfürik asittir. Bu asitlerin kalsiyum bikarbonatla reaksiyona girmeleri sonucunda,



İlişkileri uyarınca karbondioksit gazı çıkışı olur ve sudan ayrı olarak kalsiyum klorür ile kalsiyum sülfat maddeleri oluşur. Bikarbonatların suyun bileşiminden arındırılması bu yolla gerçekleşmekte, bu ürünlerin yerini klorürlerle sülfatlar almaktadır [27].

#### 4.1.2 Kireç ve asitler kullanılan yumuşatma tesislerinin çeşitleri

Bu metodla yumuşatma yapan tesisler esasları itibariyle bulanık sular için uygulanan standart filtre tesislerine benzemekte ve onlarda olduğu gibi hızlı karıştırıcı, yavaş karıştırıcı ve çökelti havuzlarla filitreyi ihtiva etmektedir. Fazla olarak, filtreden önce bir karbonlama tesisi bulunmaktadır. Ancak, bunlarda kullanılan kimyasal katkıları daha fazla olduğundan kimyasal madde verme tesisleri daha büyük tutulmaktadır. Flokülasyon (yumaklaştırıcı) ve çökeltme havuzları nispeten daha uzun bekleme süresine göre hesaplanmalıdır. Çamur kazıyıcı mekanik sistemlerin kullanılması çok faydalı olur. Yukarı doğru akışlı pıhtı temaslı çöktürme tipleri yumuşatma işlemini daha da kolaylaştırmakta ve verimli hale getirmektedir [27].

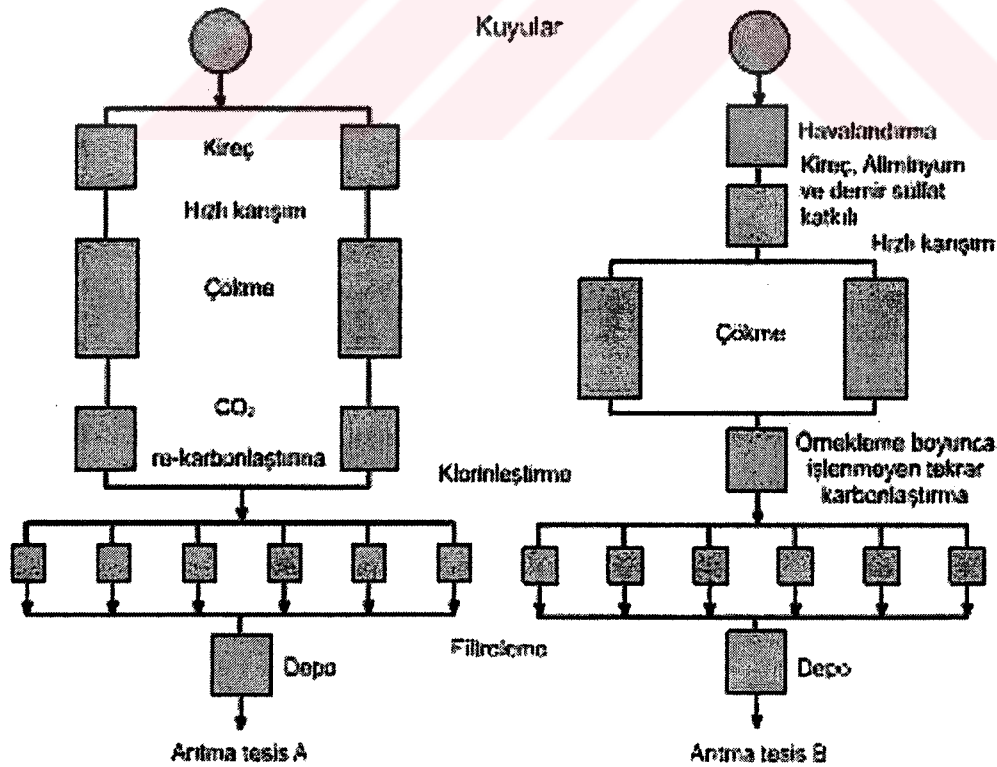
Bu metod ile yumuşatma soğuk ve sıcak sistem olmak üzere iki şekilde yapılmaktadır.

Sıcak sistem kazan sularının arıtımı gibi çok özel hallerde kullanılmakta, belediye sularının yumuşatılmasında uygulanmamaktadır.

Tesisler dört ana tipe yapılmaktadırlar:

- Klasik tip
- Pıhtı temaslı tip
- Katalitik tip
- Kesintili çalışan tip (doldur – boşalt tipi)

İlk üç tipe tesisteki su akışı kesintisizdir, halbuki dördüncü tipe su kesintili olarak ve parti parti yumuşatılmaktadır. Pıhtı temaslı yumuşatma tertipleri, az yer işgal etmeleri, randımanlarının daha yüksek olması ve bekleme süresinin kısalığı sebebiyle hızla, bilhassa endüstriyel sahada, klasik tiplerin yerini almaktadır. Pıhtı temaslı yumuşatma tesisleri şehir içme suyu tahkikatlarında da çok rağbet görmektedir. Fakat bazı belediyeler pıhtı temaslı havuzlardaki bir saatlik çöktürme süresini az görmekte ve bu yüzden de klasik tip kullanılmaktadır [27]. Şekil 4. 1' de kireç kullanılarak su yumuşatma prosesi akım diyagramı görülmektedir.



Şekil 4. 1 Kireç kullanılarak su yumuşatma prosesi akım diyagramı [28].

Klasik tip tesisler en eski tesisler olup belediyeler, endüstri kuruluşları ve demir yolu teşkilatlarınca vaktiyle geniş çapta kullanılmıştır. Bu gün yine çok kullanılmakla beraber yerini yavaş yavaş pıhtı temaslı tiplerle paylaşmaktadır.

Katalitik tip yumuşatmanın mahdut bir kullanma sahası vardır. Fakat sistem çok ilginçtir ve alt ürün olarak çamur yerine manüpilasyonu kolay, çabukça kuruyabilen bilya şeklinde kalsiyum karbonat parçaları vermektedir.

Kesintili tip tesisler fazla yer işgal etmeleri ve fazla işçilik istemeleri nedeniyle tatbikattan hemen hemen kalkmıştır. Sadece belirli birkaç kireç – baryum sistemi tesiste hala uygulanmaktadır [27].

#### **4.1.2.1 Klasik tip tesisler**

Klasik tip deyimini ile, kesintisiz çalışan, çamuru çökeltme havuzunun tabanında toplayan ve pıhtı temaslı sistemini kullanmayan, yumuşatma tesisleri kast edilmektedir.

#### **4.1.2.2 Beton tip**

Betonlardan yapılan klasik yumuşatma tesislerinde ortadaki silindirik kısım yerine, çökeltme havuzlarının başına, onlarla aynı seviyede, reaktiflerin ham su ile karışmasına yarayan bir hızlı karıştırma havuzu yapılır. Reaktifler burada, mekanik tertiplerle, hızla suya karıştırılır. Buradan çıkan su flokülasyon havuzlarına alınır. Bu havuzlar yavaş karıştırmayı sağlayan pedal tertipleri ile donatılmıştır. Pıhtıları kolayca çökecek hale gelen su buradan sonra çökeltme havuzlarına verilir. Bütün bu tertipler, bulanık, yüzeysel suların arıtımında kullanılan tertiplerin aynısıdır. Çökeltiler havuzun dibinde birikir ve zaman zaman atılır. Çamurdaki katı madde konsantasyonu ağırlık cinsinden %3 ila %7 kadardır [27].

Genel olarak bekleme süreleri 4 saattir. Sıcaklığı kısmen yüksek sularda daha kısa süreler uygulanabilir. Daha uzun süreler kaliteyi biraz yükseltir fakat, bu fark çok azdır [27].

### 4.1.2.3 Çelik tip

Bu tip tesisler daha ziyade endüstrilerde kullanılır. Tabanı düz olan yüksek, silindirik bir dış tank ile orta kısmındaki daha küçük silindirik bir hücreden meydana gelir. Orta silindirin alt ucu, tabanda toplanan çamurların rahatsız olmaması için, tabandan belli bir mesafede kesilir. Ham su evvela bu orta silindire verilir ve orada kimyasal maddelerle karıştırılır. Sertlik yapan maddelerle reaksiyon sonucu burada pıhtılaşan su aşağı doğru akarak orta silindirin dibinden, çökeltme havuzu olan dış silindire çıkar ve burada, yukarıdaki toplama savaklarına doğru akarken pıhtılarını çökeltir. Tabanda çöken pıhtılar kazıyıcı kollar sayesinde bir çukurda toplanıp zaman zaman dışarı atılır [27].

Yukarı doğru akış hızının pıhtıları beraberinde sürüklemeyecek bir hızda olması gerekir. Pıhtılar küçük, viskozite de büyük ise suyun yükselme hızı az olmalıdır. Endüstriyel tesislerde kullanılan bekleme süresi 4 saat kadar alınmaktadır.

### 4.1.3 Kullanılan kimyasal maddeler

Sönmüş kireç ve sönmemiş kireç aynı derecede kullanılabilir. Bunlardan hangisinin kullanılacağı maliyet faktörüne bağlıdır. Sönmüş kirecin kullanılması daha basit ve kolaydır. Sönmemiş kireç ucuzdur, fakat, kullanılmadan önce söndürülmesi gerekir. Kirecin söndürülürken kurumadan en yüksek sıcaklığa erişmesi arzu edilir. Bunu sağlamak eskiden çok güçtü, fakat şimdi, su miktarını kireç miktarına göre ince ayarlayan cihazlar sayesinde, bu kolayca sağlanmaktadır. Son zamanlarda çakıl taşı büyüklüğündeki sönmemiş kireç taşı söndüren ve devamlı şekilde, kesintisiz çalışan tesisler yapılmıştır.

Bu tesisler su debisini, sıcaklık  $65^{\circ}\text{C} - 75^{\circ}\text{C}$  arasında kalacak şekilde ayarlamaktadır. Toz halindeki sönmüş kireç kuru besleyiciler vasıtasıyla verilebilir ve bu esnada karıştırma tankının içine ayarlı miktarda da su verilerek her ikisi de hızla bir birine karıştırılır. Kireç süspansiyonunu ileten hortumlardaki hız, çökelmeyi önlemek için, kafi derecede olmalıdır. Çok küçük boru ve hortumlar tıkanabilir, çok büyüklerinde de kireç çökebilir. Hortumlar basınçlı su boruları ile birleştirilmeli ve



böylece zaman zaman basınçlı su ile yıkanmaları sağlanmalıdır. En iyisi kireç solüsyonu bir açık oluk vasıtasıyla ve cazibe ile karıştırma havuzuna akıtılarak yumuşatılacak su ile karışmasını sağlamaktır. Asitler ise ayrı olarak veya kireçle birlikte verilebilir [27].

#### 4.2 İyon Değiştirici Reçinelerle Sert Suların Yumuşatılması

Suyu yumuşatmanın en pratik yolu iyon değiştirici reçine kullanmaktır. İyon değiştirici reçineli sistemler genelde sodyum iyonları ile sertlik iyonlarını yer değiştirterek çalışırlar. Proses esnasında su reçine tanecikleri arasından süzülerek geçer. Reçine tanecikleri üzerindeki elektrik yükü sodyum iyonlarını reçine taneciği üzerinde tutar. Ancak, reçine taneciklerinin aynı zamanda sertlik minerallerini tutma kabiliyeti de vardır. Reçine taneciklerinin sertlik minerallerini tutma kabiliyeti sodyum iyonlarını tutma kabiliyetine göre daha fazladır. Bu şekilde iyon değişimi gerçekleşir.

Belli miktarda sert su reçine yatağından geçtikten sonra, reçine tanecikleri tamamıyla, sertlik mineralleriyle kaplanır. Bu durumda sertlik minerallerinin tutulması son bulur. Sertlik iyonlarının tekrar sudan tutulabilmesi için reçine taneciklerinin sertlik minerallerinden kurtarılarak tekrar sodyum taneciklerinin bağlanması gereklidir. Bu işleme 'rejenerasyon' adı verilir. Rejenerasyon esnasında tuzlu su reçine tankına verilir ve reçine sodyuma doyurulur. Reçine tankında biriken yüksek konsantrasyondaki sodyum iyonları sertlik iyonlarını reçine taneciklerinden ayırır. Reçine daha sonra temiz su ile durulanarak, fazla tuz ve sertlik mineralleri tanktan atılır. Reçine tankı tekrar sertlik iyonlarını tutmaya hazır durumdadır [29].

Yumuşatma ünitelerinde genelde iki tip kontrol mekanizması vardır.

**Zaman kontrollü:** Kontrol grubu üzerindeki zaman saati vasıtası ile rejenerasyon kontrolü yapılır. Tank içinde iki rejenerasyon arası zaman aralığında yumuşatılacak su miktarına yeterli olacak kadar reçine bulunmalıdır [29].

**Sayaç Kontrollü:** Kontrol grubu bir su sayacına bağlıdır. Reçinenin yumuşatabileceği kadar su miktarı kontrol grubuna tanımlanır. Tank içinden belirlenen miktarda su



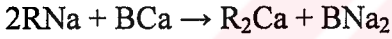
geçtiğinde cihaz rejenerasyona geçmek üzere sinyal alır. Genelde iki depo arası sistemlerde kullanılır [29].

İyon değiştirme sistemleri, en son jel ve macroreticular reçine teknolojilerinin kullanılması ile, performans, ham su ile uyumluluk, reçine verimi ve sistem dayanıklılığı konularında daha mükemmel uygulamalara kavuşmuştur. Proses suyunun, iyon değiştirici reçine yatağından geçirilmesi ile, iyon muhteviyatı giderilir. Katyonik reçineler pozitif yüklü iyonları; anyonik reçineler ise negatif yüklü iyonları tasfiye eder. Bu işlem ayrı katyon ve anyon kolonlarından geçirilerek yapılabileceği gibi, tek bir aşamada karışık reçine yatağından geçirilerek de gerçekleştirilir.

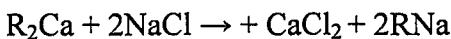
#### 4.2.1 Sodyum iyonu değişimi yöntemi uyarınca gerçekleşen kısmi arıtma işlemi

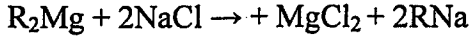
Koşullandırılacak olan ham su, bu yöntem uyarınca,  $Ca^{++}$  ve  $Mg^{++}$  iyonlarını tutan, buna karşılık  $Na^+$  iyonlarını serbest bırakan bir reçineden geçirilir.

Bu işlemde kullanılan reçine;

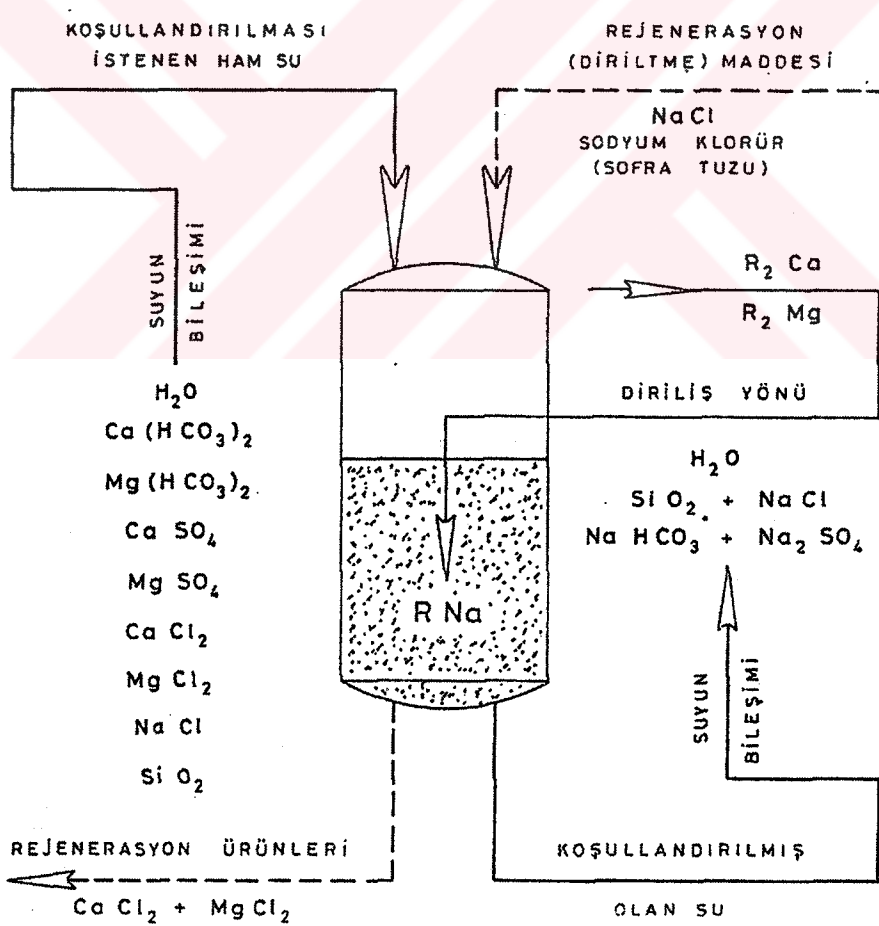


Kimyasal reaksiyonları gereğince doymuş reçine biçimine dönüşür. Bu kimyasal tepkimelerde, R sembolü işlemin gerçekleşmesi amacıyla kullanılan reçineyi (doymuş halde bulunmadığı için bu ürünü yeni reçine deyimiyle tanımlayacağız) ; B sembolü ,  $HCO_3$  ,  $SO_4$  vb... gibi, Ca ve Mg elemanlarına bağlanmış olan anyonları ;  $R_2$  sembolü doymuş reçineyi göstermektedir. Suyun koşullandırılması işleminin sürdürülebilmesi için , bu kimyasal reaksiyonlar uyarınca doymuş hale giren reçinenin yeniden diriltiilerek tekrar yeni reçine haline dönüştürülmesi gerekir . İşte , rejenerasyon denilen işlem bu amaçla gerçekleşir. Yeni reçine oluşumunun yinelenmesi , ya da bir başka anlatımla , doymuş reçineden tekrar yeni reçine elde edilmesi için ,





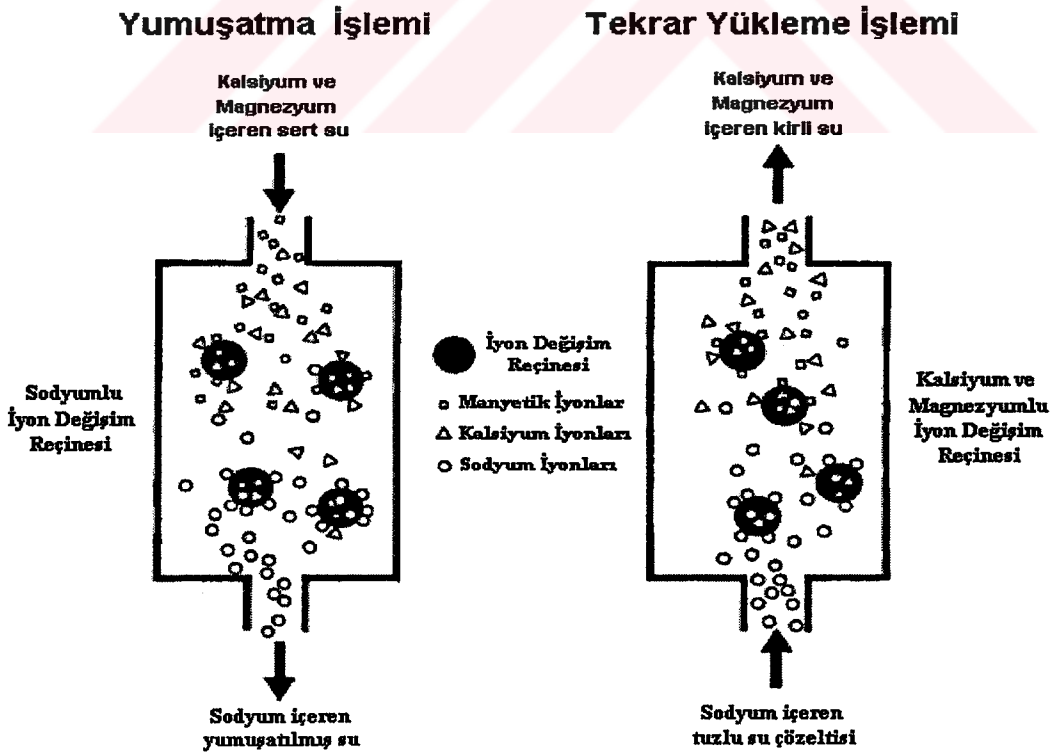
Kimyasal reaksiyonları uyarınca , rejenerasyon deyimiyle de anılan yeniden diriltme ya da yeniden oluşturma işlemi gerçekleşir. Kalsiyum (Ca) ve magnezyum (Mg) elemanlarına bağlı olan doymuş reçine , sofra tuzu olarak tanıdığımız sodyum klorür (NaCl) le kimyasal işlemden geçirildiği zaman, kalsiyum klorür ( $CaCl_2$ ) ve magnezyum klorür ( $MgCl_2$ ) oluşumuyla birlikte sodyum (Na) ve magnezyum (Mg) elemanlarına bağlı olan yeni reçinede elde edilir.  $R_2$  sembolü ise biraz önce andığımız rejenerasyon işlemi uyarınca yeniden oluşturulan yeni reçineyi göstermektedir [27]. Şekil 4.2' de sodyum iyonu değişimi yöntemi uyarınca gerçekleşen kısmi arıtma işlemine ilişkin prensip şeması verilmektedir.



Şekil 4.2 Sodyum iyonu değişimi yöntemi uyarınca gerçekleşen kısmi arıtma işlemine ilişkin prensip şeması [27]

Suyun koşullandırılması işlemine ilişkin prensip şeması aşağıdaki şekil de tanıtılmıştır . İşlem tankına alınan ham suyun bileşiminde  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ,  $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ ,  $\text{CaSO}_4$ ,  $\text{MgSO}_4$ ,  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{MgCl}_2$ ,  $\text{NaCl}$ , ve  $\text{SiO}_2$ , gibi maddeler bulunmakta; rejenerasyon işleminin gerçekleşmesi için tanka  $\text{NaCl}$  katılmakta; işlem sırasında  $\text{CaCl}_2$  ve  $\text{MgCl}_2$  çıkışı olmakta; Ca ve Mg elemanlarına bağlı olan  $\text{R}_2\text{Ca}$  ve  $\text{R}_2\text{Mg}$  doymuş reçineleri tank içinde Na elemanlarına bağlı olan  $\text{RNa}$  yeni reçinesi biçimine dönüşmekte; tank çıkışında koşullandırılmış olarak alınan suyun bileşimi,  $\text{Na}(\text{HCO}_3)$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{NaCl}$  ve  $\text{SiO}_2$  gibi maddeleri kapsamaktadır.

Bu koşullandırma işlemi sonucunda alkali özelliğinde değişim gözlenmekte; hidrotimetrik özellik ya da bir başka deyimle sertlik özelliği sıfır Fransız derecesi düzeyine kadar indirgenmekte; ya da bir başka anlatımla, tam yumuşatma özelliği gerçekleşmekte; bileşimindeki Na oranı artmakta; suyun korozyonluk özelliği etkinlik kazanmakta; koruyucu katman oluşturma özelliği ise büsbütün ortadan kalkmaktadır [27]. Şekil 4.3' de sodyum iyonu değişimi yöntemiyle su arıtım prosesi görülmektedir.



Şekil 4.3 Sodyum iyonu değişimi yöntemiyle su arıtımı

Ham suyun tümü işlem tankına alınmayıp bir kısmı baypas devresinden geçirilmek yoluyla koşullandırılmış su ile karıştırılırsa, hidrotimetrik ya da sertlik özelliğinin 5 °F ile 10 °F aralığında bir değerde tutulması olanağı elde edilebilir. Sertlik derecesi sıfır olan tam yumuşak sulara ilişkin sakıncaların önlenmesi için yapılması gereken de budur [27].

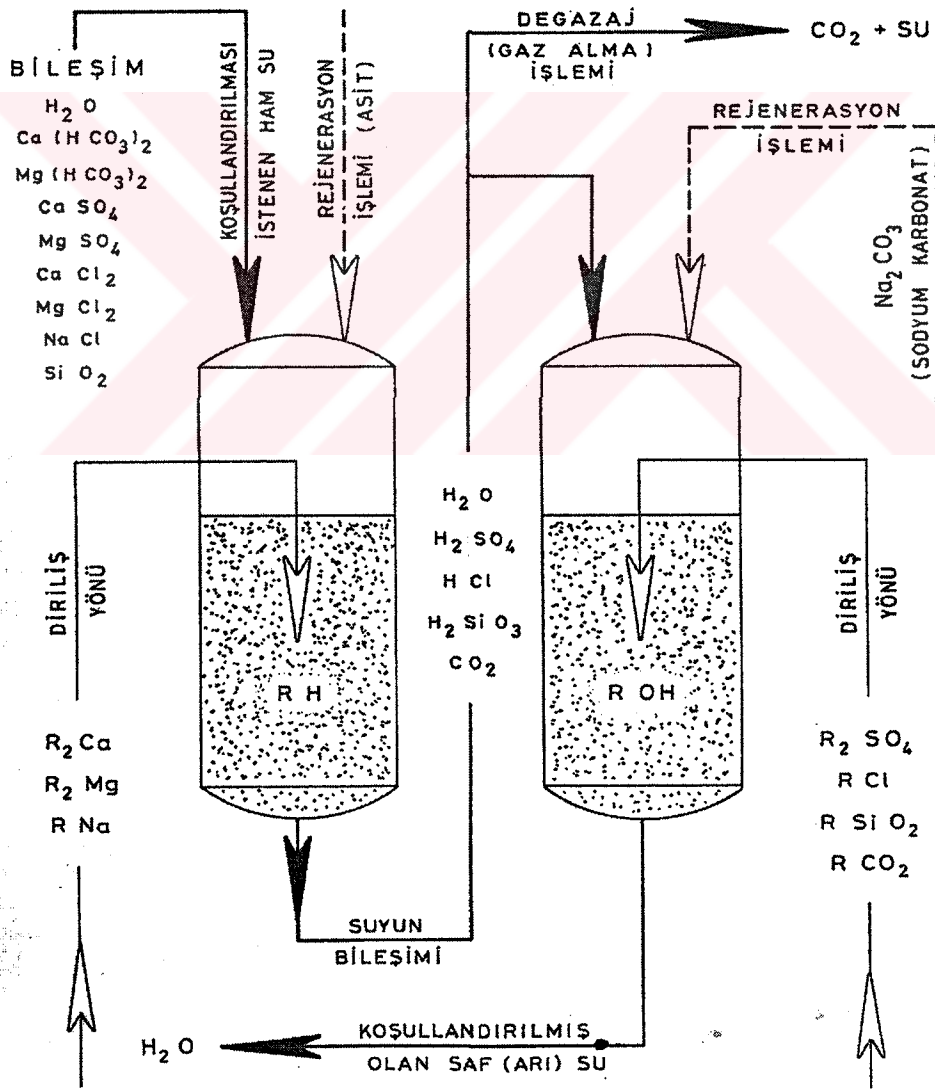
#### 4.2.2 H ve OH iyonları değişimi yöntemi uyarınca gerçekleştirilen tam arıtma işlemi

Bu yöntemde birbirlerine bağlı olan iki ayrı işlem tankından yararlanır. Gütülenen amaç bileşiminde hiçbir yabancı ürün bulunmayan saf, arı su elde edilmesidir. Suyun koşullandırılması işleminin sürdürülebilmesi için kullanılan reçinelerin yeniden diriltilmesi gerekir. Bu amaçla uygulanan rejenerasyon işlemi birinci işlem tankında asit etkisiyle, ikinci işlem tankında ise sodyum karbonat etkisiyle gerçekleşir. Birinci işlem tankına alınan ham suyun bileşiminde bulunan maddeler bundan önceki yöntemde anlatıldığı gibidir.

Ham suda genellikle bu gibi ürünler bulunur. İlk işlem tankında rejenerasyon işleminin asit etkisi aracılığı ile gerçekleştiğini belirtmiştik. Bu işlem sonucunda, kalsiyum ve magnezyum elemanlarına bağlı olan doymuş reçinelerle sodyum elemanlarına bağlı olan yeni reçine hidrojen elemanına bağlı olan yeni reçine biçimine dönüşür. İşlenmiş su ikinci işlem tankına alınmadan önce karbondioksit gazının dışarı bırakılması düşünülebilir. Böyle yapılırsa gaz ile birlikte bir kısım su da dışarı atılmış olur. Ancak, bunun önemi yoktur. Dışarı atılan suyun debisi büyük düzeylere erişmez [27].

İkinci işlem tankında, rejenerasyon işleminin gerçekleşmesi amacıyla sodyum karbonattan yararlanır. Bu işlem sonucunda,  $SO_4$ ,  $SiO_2$  ve  $CO_2$  gruplarıyla Cl elemanlarına bağlı olan reineler, OH gruplarına bağlı olan yeni reçine biçimine dönüşür. İkinci işlem tankından her türlü metalden tam arıtılmış olan saf (arı) su elde edilir.

Suyun iyon değişimi yoluyla tüm metallerden tam olarak arındırılmasını amaçlayan işlem sonucunda, alkali özelliği ile hidrotimetrik özellik (sertlik özelliği) hemen hemen sıfıra indirgenir. Bu yolla koşullandırılarak tüm metallerden arındırılmış olan arı su hem alkali sertlik özelliğine sahip değildir, hemde tam anlamıyla yumuşaktır. Suyu bir ölçüde sertlik özelliğinin kazandırılması, örneğin sertlik özelliğinin 5 °F ile 10 °F aralığında tutulması amacıyla, sisteme bir baypas donanımının eklenmesi ve böylece bir kısım ham suyun işlemlerden geçirilmeden koşullandırılan arı suya karıştırılması olanaklıdır. Ancak, böyle davranılırsa, başlangıçta n görülen amaçlardan uzaklaşılacak, suyun tüm metallerden arındırılması özelliğinden artık söz edilemeyecektir [27]. Şekil 4.4' de H ve OH iyonları değişimi yöntemi uyarınca gerçeklenen tam arıtma işlemine ilişkin prensip Şeması verilmiştir.



Şekil 4.4 H ve OH iyonları değişimi yöntemi uyarınca gerçeklenen tam arıtma işlemine ilişkin prensip Şeması [27]

### 4. 2. 3 İyon değiştirici maddelerin özelliği

Kimyasal ve fiziksel bileşimleri ne olursa olsun iyon değiştirici maddelerin müşterek bir tarafları vardır. Esas itibariyle erimeyen veya kısmen eriyen, katı, elektrolit cisimler olmaları. Bu özelliklerinden dolayı, bu maddeler suya konuldukları zaman, su molekülleri tarafından hidrate olurlar.

Hidrate olmuş tane incelenirse durumun tamamen bir elektrolitin solüsyonuna benzediği yani, pozitif ve negatif iyonların bulunduğu ve bunlardan bazılarının, aksi cinsten olanlar arasında, devamlı hareket halinde ve muhtemelen salınım halinde bulunduğu görülmektedir. Gümüş iyodür gibi bazı katı maddelerde ki katyon ve anyonlar basit, küçük iyonlardır. Fakat, bazıları da polimer zinciri denilen gayet yaygın bir atomlar zinciri şebekesi şeklinde olup bu şebekenin bazı baklalarında değişebilen iyonlar mevcuttur.

Bu şekildeki doğal iyon değiştiricilere örnek olarak kil ve protein gösterilebilir. Bu maddelerde sadece zincirin bir baklasındaki bir iyon hareket halinde olup diğer iyonlar sabittir. Bu maddeler, kristalize zeolite olduğu gibi, rijit ve düzgün dizilişte olabilecekleri gibi iyon değiştirici reğinelerde olduğu gibi oldukça kabaran karışık dizilişlide olabilirler.

İşte bu katı maddelerden biri, saf suyun içine konulduğu zaman, hidrate olacak ve değişebilen iyon da belirli bir miktarda yerinden kopacak ve belirli bir hacim içinde salınım hareketi yapmaya başlayacaktır. Bu hacim, iyon üzerindeki elektrik yüküne, iyonun kendisinin hidrasyon derecesine (çünkü ekseri iyonlar su ile birleşir), değişebilen iyonlar arasındaki çekme kuvvetine ve polimerik zincirin (yani iyon değiştirici maddenin ) kendisinin sabit elektrik yüküne bağlıdır. İşte bu saf su sistemi içerisine bir miktar da elektrolit koyacak olursak bu elektrolit iyonlarından bazıları salınım hacmi içerisine girerek salınan iyonla yer değiştirecektir.

Bundan sonra iyon değiştirici (reçine) maddeyi sudan çıkartıp da, suyunu süzdükten sonra, kendisini ve suyu tahlil ettiğimiz zaman değişmesi mümkün iken bir kısım iyonların hala reçinede, bir kısım elektrolit iyonlarının da hala suda durmakta

oldukları görülür. Fakat, reçineden çıkan iyonların toplam yüküne eşittir. Yani, bu iyon değişimi esnasında daima eşdeğer bir değişim meydana gelmektedir [27].

Bu değişimin derecesi şu faktörlere bağlıdır:

Değişim işlemine girecek iyonların büyüklüğüne ve valansına (yüküne),  
Sudaki iyonların konsantrasyonuna,  
Reçinenin fiziksel ve kimyasal özelliğine,  
Sıcaklık derecesine.

#### 4.2.4 İyon değiştirici doğal maddeler

Hayvanlar ve bitli dokuları ve toprak gibi doğal maddelerin bir çoğu da iyon değiştirme özelliğine sahiptir. Bunlardan en önemli olanları şunlardır [27].

##### A.) Polisakkaritler

Alcik asit

Pektin

Karragin

##### B.) Proteinler

Kazein

Keratin (yün,boynuz)

Kollagin, jelatin

Patates nişastası

Mısır nişastası

Un

Sellüloz

Odun

Kağıt

Saman

Spongın

Topraktaki humus

C.) Kil madenleri

Vermükülit

Montmorillonit

Kaolinit

Aattapulgit

D.) Doğal zeolit madenleri

Natrolit

Lomontit

Hölandit

Analcit

Sodalit

Kabazit

Her hangi bir iyon değiştiricinin kullanılabilmesi için;  
Kafi miktarda değişebilen iyonları ihtiva etmesi,  
Malzemenin suda veya, hangi sıvı için kullanılacaksa, o sıvıda erimemesi,  
Malzeme dokusunun süngerimsi olması ve hidrite olmuş H, Na, K, Ca, Mg, OH, Cl, NO<sub>3</sub>, SO<sub>4</sub> gibi iyonların kolayca girip çıkmasına imkan vermesi,  
Aktif grupların (değişecek iyonların bulunduğu kısımların) iyonik olması,  
Fiziksel ve kimyasal bakımdan dayanıklı olması (asitlere ve sıcaklığa dayanıklı olması ve ufalanmaması),  
Granül büyüklüğünün 0,3 ila 1,19 mm kadar olması,  
Fiyatının uygun olması lazımdır.

Yukarıda sayılan bu özellikleri yalnız zeolit madenleri kısmen sağladığı için su tasfiyesinde kullanılabilir. Zeolit mineralleri ucuzdur ve kullanılmaktadır.

Türkiye' de Eskişehir civarında doğal zeolit çeşitleri bulunmaktadır. Bunlar henüz layıkıyla incelenip rezerv durumları ortaya konulamamıştır [27].



#### 4.2.5 Kullanılan iyon değiştiricilerin esitleri

Bu gün kullanılan belli başlı sentetik iyon değiştiricileri aşağıdaki gibi ayırmak mümkündür.

##### 4.2.5.1 Katyon değiştiriciler

Sodyum siliko – alüminatlar

Slfone edilmiş karbonlu maddeler

Slfone edilmiş fenolik reçineler

Slfone edilmiş plistrinler

Karboksilik reçineler

##### 4.2.5.2 Anyon değiştiriciler

Her ne kadar katyon değiştiriciler kimyasal yapılarına göre sınıflandırılıyor ise de, anyon değiştiricileri bazlık derecesine göre sınıflandırmak daha doğrudur. Böylece, anyon değiştiriciler şu ana sınıflara ayrılabilirler.

- Zayıf baz anyon değiştiriciler
- Orta baz anyon değiştiriciler
- Kuvvetli baz anyon değiştiriciler

#### 4.2.6 İyon değiştirici maddelerin kapasitesi

İyon değiştirici maddelerin kapasitesi, bir litresinin aldığı,  $\text{CaCO}_3$  cinsinden, mg olarak setlik miktarı veya bunun eşdeğeri olan birimlerle lrlr. Gram  $\text{CaCO}_3$  / litre reçine birimi de çok kullanılır [27].

İyon değiştirme kapasitesi aşağıdaki faktörlere bağlıdır:

İyon değiştirici malzemenin tabiatına,  
Suyun iyon değiştirici yataktan geçiş hızına,

Suyun (sıvının) içindeki madensel tuzların miktarına,  
 Kullanılan rejenerasyon maddesinin miktarına,  
 Rejenerasyon metoduna,  
 Arzu edilen arıtma derecesine.

#### 4.2.7 İyon değiştirici reçineler ile çalışan sistemlerin bazı işletme sorunları

Uzun süren rejenerasyon süresi dolayısı ile, saf suyu sürekli elde etmek için her bir reçine tankından (yedekli olarak) iki adet kullanmak gerekir. Ayrıca, bu reçinelerin rejenerasyonu sırasında gereken asit ve kostik için sistemde ayrıca geniş hacimli tanklar bulundurulur. Bu tanklara ilave olarak, rejenerasyon sırasında çıkan atık suların toplanması için de geniş hacimli bir tank daha gerekir. Bu tankta toplanan atık suların pH nötralizasyonu gene bu tank içinde yapıldıktan sonra sular deşarj edilir. Bu nedenler ile reçineli demineralize sistemi çok hantaldır ve çok geniş yer tutar. Örneğin, gemilerde yer sıkıntısı olduğundan, gemi inşa kuruluşları reçineli sistem yerine daha az yer kaplayan TO sistemlerini tercih ederler.

Reçinelerin her rejenerasyonundan sonra, belli bir süre üretim suyu kalitesi bozulabilir. Bu da reçineli sistemlerin bir zayıflığıdır.

Reçinelerin rejenerasyonu için çok miktarda asit ve kostik kullanılır. İşte en büyük işletme sorunu bu kimyasallar ile yaşanır. Çünkü bu iki kimyasal insan ve evre için çok zararlıdır. Bu iki kimyasalın satın alınması, satın alınırken kalitelerinin kontrolu, depolanması, işletmecilerin üzerine sıçraması ile meydana gelen deri yanmaları riski bir çok işletme sorununu beraberinde getirir.

evre sorunu: Reçinelerin rejenerasyonu sırasında tonlarla asitli ve kostikli sular çıkar. Bu suları değil kanala, atık arıtma tesisine dahi gönderilmesi mümkün değildir. Bu suların önce bir pH dengeleme tankında toplanması, burada pH nötralizasyonu yapılması ve daha sonra atık arıtma tesisine gönderilmesi gerekir. Bu da sistemi hantallaştıran, çok yer tutmasına neden olan ve saf su üretim maliyetini yükselten bir sebeptir. Ayrıca, pH nötralizasyon tankının işletmesinde de dozaj

sistemleri ve otomasyon bulunur, bunların da bakımları sırasında işletmecinin deri yanığı riski gene mevcuttur.

İş Kanunlarının ve Sağlık kurallarının iyi çalıştığı ülkelerde asit ve kostik kullanılan iş yerlerinin sigorta riskleri yüksek olmakta ve bu tür iş yerleri sigorta şirketlerine daha çok sigorta primi ödemektedirler.

#### **4.2.8 İyon değiştirici sistem ile kireç ve asit kullanılan sistemlerin karşılaştırılması**

A.) İyon değiştirici sistemin avantajları;

Atık madde olarak çamur derdi yoktur.

İlk tesis masrafları ve işletme giderleri rekabet edebilecek derecededir.

Yumuşak suya herhangi bir kimyasal maddenin fazla dozda karışması diye bir tehlike bahis konusu değildir.

Sonuçlar ham suyun kalitesinin değişmesine bağlı değildir.

Şebekede kireç çökeltisi gibi herhangi bir çökelti tehlikesi yoktur.

Lüzumlu kimyasal maddeler kullanılması kolay olan maddelerdir.

Fazla kalifiye işçiliğe lüzum yoktur.

Sertlik istenilen dereceye, hatta sıfıra bile, indirilebilir.

Kapalı tip tesislerde ek bir pompaja lüzum kalmaz.

Lüzumlu tesis sahası azdır.

Tamamen otomatik çalışması mümkündür.

B.) Kireç ve asitlerle yapılan arıtmanın avantajları;

İyon değiştirme metodunun kullanılmayacağı bulanık, demirli ve asit sular için uygundur.

Çıkan yumuşak sudaki askıda katı maddelerin miktarı, iyon değiştirici sisteminkine kıyasla daha azdır.

Korozyona karşı kontrolü nisbeten daha kolaydır.

Daha ekonomik olabilir.

Bakterileri yok edici etkisi vardır.

Çok sert olan, bilhassa magnezyum sertliği yüksek olan ve fazla sodyum ihtiva eden sular için daha uygun olabilir.

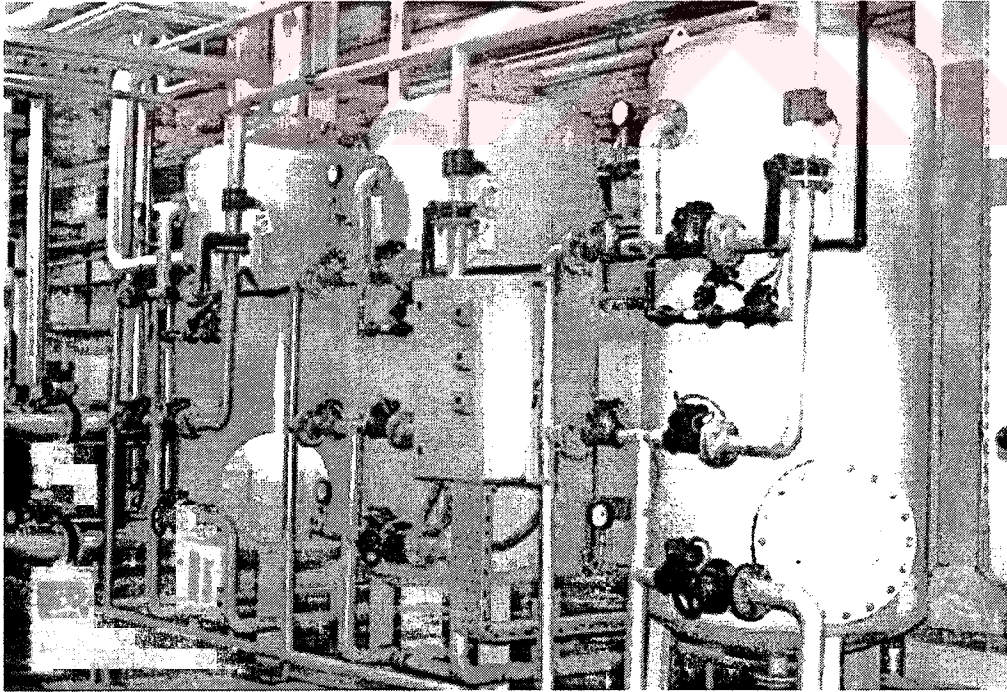
Mevcut bir filtre tesisinin yanına kolaylıkla ilave edilebilir.

Herhangi bir patent problemi söz konusu olmayabilir.

Bozulacak veya eksilecek herhangi bir malzeme (zeolit gibi) bahis konusu değildir.

### 4.3 Tam Otomatik Su Yumuşatma Sistemleri

Tam otomatik su yumuşatma üniteleri 24 saat kesintisiz yumuşak su verme kabiliyetine sahiptir. Sistemde 2 adet reçine tankı bulunur ve tanklardan birisi servis konumundayken diğer tank, rejenere edilmiş olarak yedekte bekler. Servis konumundaki tank kapasitesini doldurduğunda, yedekte bekleyen tank, servis konumuna geçer. Şekil 4.5' de tam otomatik su yumuşatma üniteleri görülmektedir.



Şekil 4.5 Tam otomatik su yumuşatma üniteleri

### 4.3.1 Paket su yumuşaticıları

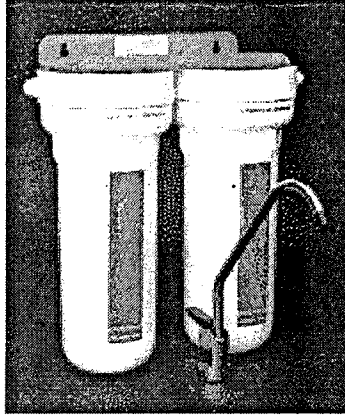
Su sertliğini kontrole yardımcı kimyasallar vardır. Bunların en önemli iki çeşidi çökeltme yapanlar ve çökeltme yapmayanlardır. Çöktürme su yumuşaticıları çamaşır sodası ve boraks içerir. Bu ürünler kalsiyum ve magnezyum iyonlarıyla çözünmeyen bir tortu oluşturur. Bu mineral iyonları yıkama verimini etkilemez, fakat tortular suyu bulandırır ve yüzeylerde iz bırakır. Çöktürme su yumuşaticıları alkaliteyi yükseltir ve deride ve temizlenen diğer malzemelerde hasara yol açabilir.

Çökeltme yapmayan su yumuşaticılarından kalsiyum ve magnezyum iyonları ile bileşik yapan karmaşık fosfatlar kullanılır. Çökelti ve tortu oluşturmaz ve alkaliteyi yükseltmezler. Yeterli miktarda kullanılırsa sabun köpüğünün kesilme süresini uzatır.

### 4.3.2 Su filitreleri

Su filitreleri genel olarak iki formdan oluşur taşınabilir iyon değiştirici su filtresi ve ters osmos su filitreleri. Her ikisi de içme suyu için kullanılır. Ve bunlar kullanılmadan (insanlar ve endüstriler de) önce istenmeyen partikülleri yok eder.

Ters osmos yarı geçirgen membrandan suyun kuvvetle geçirilmesiyle çalışır. Membran partikülleri tutar. Şekil 4.6' de su yumuşatmada kullanılan filitreler görölmektedir.



Şekil 4.6 Su yumuşatmada kullanılan filitreler

Taşınabilir su filtreleri içinde iyon değiştirici reçine ve aktif karbon bulunan kartujları kullanmasıyla çalışır. Buradaki karbon sudaki klor ve klor bileşiklerinin seviyesini emerek düşürür ve bunun gibi zehirlilik yapan benzer kirleticileri, renk ve organik maddeleride temizler. Bu da suyun görüntüsünü ve tadını iyileştirir.

#### 4.4 Mekanik Su Yumuşatıcıları

Mekanik su yumuşatıcı üniteleri kalıcı olarak tesisat sistemine monta edilir ve sürekli olarak kalsiyum ve magnezyumu yok eder.

Su yumuşatıcıları iyon değiştirme proseslerinde kullanılır. Bu proste su bir ortam yatağından geçer, ortamda sülfanade polisitron (strofor) boncuklar bulunur. Bu boncuklar sodyuma yüksek miktarda (süper doygun) doygundur. Bu iyon değiştirme prosesinde sert su yataktan geçerken yumuşatıcı malzemeyle sertlik yapan iyonlarla sodyum yer değiştirir. Sodyum suya karışır. Reçine kalsiyum ve magnezyuma doygun hale geldiği zaman reçine iyon yükü boşaltılmalıdır.

Bu reçineler içindeki iyonların boşaltılması, reçine içinden tuz çözeltisi geçirilerek yapılır. Tuz içerisindeki sodyumla reçinedeki kalsiyum ve magnezyum yıkama suyuyla atılır.

Su kalitesi yönetmeliğine göre iyon değiştirmeye yapılan yumuşatma prosesinde suyun her galonu (19 litre) için 8 mg /lt çözeltili sodyum kullanılması gerekiyor.



Örneğin; eğer suyun sertliği her galonda 10 birim (gren) sertlik için yaklaşık 80 mg /lt sodyum çözeltisi yumuşatmaya başlamadan önce iyon değiştirici üzerine verilir.

Mekanik olarak yumuşatılmış su bitki sulamasında, bahçelerde içindeki sodyum nedeniyle kullanılmaması önerilmektedir.

#### **4.5 Suyun Koşullandırılması Yöntemi**

Koşullandırılması yönteminde bazı reaktif maddelerden yararlanılır. Maksimal miktarları yasalar ve tüzüklerle belirlenen bu gibi maddeler suya katıldığı zaman, ya çökelti oluşumu tümüyle engellenir, ya da çöken ürünler kabuk bağlamaz. Suyun koşullandırılması amacıyla kullanılan reaktif maddeler madensel ve organik kökenli olabilmekte, bu tip bazı maddelerin sıhhi tesisat alanında kullanılmasının yasaklandığı gözlenebilmektedir. Yeni reçineler adıyla anılan polisülfatlarla silikatlar madensel kökenlidir. Tanen (sepi maddesi), aminler, tanatlar ve linyosülfonatlar organik kökenli reaktif ürünler arasında bulunur. Andığımız bu reaktif maddeler, aynı zamanda, filmojen deyimiyile de nitelenen film yapıcı ya da katman oluşturucu bir özelliğe de sahiptir. Suyun koşullandırılması işlemi, reaktif maddeler kullanımının dışında, manyetik ve elektromanyetik bazı yöntemler uyarınca da gerçekleştirilebilmektedir.

## BÖLÜM 5. SERT SULARIN ELEKTROMAGNETİK YÖNTEMLERLE ARITILMASI

### 5.1 Elektromagnetik Alanın Tarihçesi

Bugün yeryüzünün hemen her tarafında, bütün dillerde aynı şekillerde kullanılmakta olan elektrik ve magnetik sözcükleri 2500 yıllık bir geçmişe sahiptirler. Elektrik sözcüğü, bu türden olayların ilk defa farkedilmesine neden olan sarı kehlbarın Grek dilindeki karşılığı olan elektron' dan türetilmiştir.

M. Ö. altıncı yüz yıldan itibaren elektron ile belirtilen olay, klasik latin diline elektrum şeklinde geçmiş ve 17. yüzyıldan itibaren de bilimsel latince de electricitas şeklinde kullanılmaya başlanmıştır. 1973' ten sonra Fransızca da electrite sözcüğü ortaya çıkmış ve büyük değişikliklere uğramadan diğer tüm dillere girmiştir. Benzer şekilde, magnetik sözcüğü de mıknatıslı taşların ilk defa görüldüğü bir grek kolonisinden, Magnezyadan gelir.

Bu kolonide bolca bulunan ve demiri çekme özelliğine sahip olan maddeyi belirtmek için önceleri Magnezya taşı anlamına gelmekte olan Magneslithos deyimini kullanılıyordu. Bu sözcük latinceye magneticus şeklinde geçmiş ve 1617 yılından sonra da Fransızca' da magnetique sözcüğü gözükmeye başlamıştır.

Elektromanyetik sözcüğü ile ifade edilen olaylar doğada ve günlük yaşamımızda bir çırpıda sayamayacağımız kadar çok değişik biçimde karşımıza çıkar. Bu olayları iyi değerlendirebilmemiz, ancak bunların uyduğu değişmez kuralları çok iyi tanımlamakla mümkün olur. İki bin beş yüz yıldan beri sürüp giden ve git gide yoğunlaşan çabalar bugün bizi belirli bir bilgi düzeyine çıkarmış bulunmaktadır. Bu bilgi düzeyi, geçmişte, yeryüzünün değişik köşelerinde, bazen birbirinden habersiz olarak, peş peşe tekrar edilmiş bulunan bir çok deneyler, ve yeni iddialar üzerine



oturur ve bugün bize, gözlemiş olduğumuz bütün elektromanyetik olayları çok az sayıda yasa ve temel kavram aracılığı ile açıklamak olanağını verir[29].

## 5.2 Elektromagnetizma Ve Ölçme Birimleri

Bir iletken telden akım geçtiğinde, telin çevresinde bir magnetik alan meydana gelir.

Düz bir telin etrafında meydana gelen magnetik alan zayıf olduğundan bu alanın pratikte pek önemi yoktur.

Çok uzun iletken bir tel sarılırsa bir bobin elde edilir.

İletkenlerin meydana getirdikleri magnetik alanları çoğaltmak ve etkili bir halde yararlanmak için iletkenlerin sarımlarıyla meydana getirilen bobinler kullanılır.

Böylece bir bobin aynı akımı taşıyan ve aynı uzunlukta bulunan bir düz telden yüzlerce defa daha büyük bir magnetik alan meydana getirebilir.

Elektromagnetik alanlar için birimler: Volt saniye/metrekare ( $Vs/m^2$ ) = Tesla (T) =  $10^4$  Gauss[30].

## 5.3 Elektromagnetik Su Arıtma Sistemleri

Doğal sulardaki kireç oluşumu, borulardaki suyun akışını engelleyerek yada ısıtıcıdaki ısı transferini sınırlayarak endüstriyel alanlarda ve evsel teçhizatlarında pek çok teknik ve ekonomik problemlere neden olur.

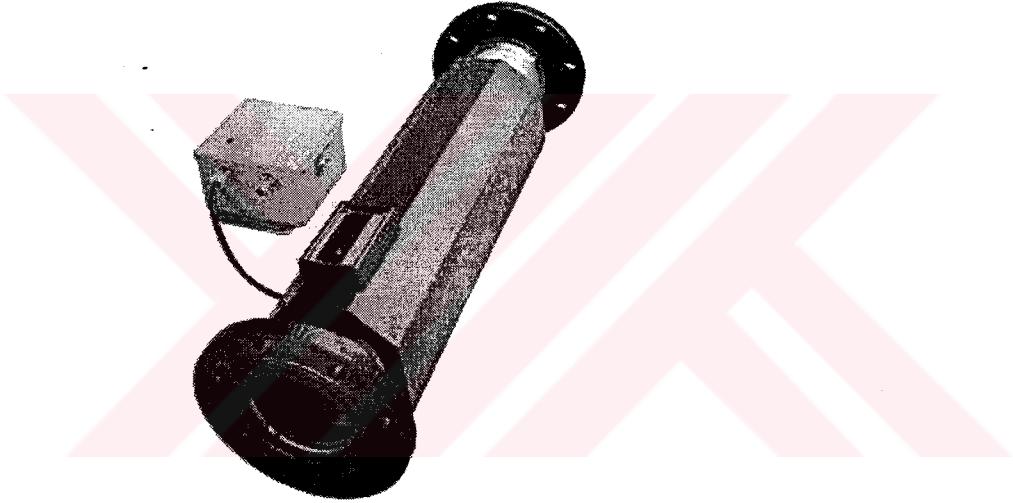
Uzun yıllardır kireç oluşumunu azaltmak için çeşitli kimyasal yada fiziksel arıtmalar önerilmiştir.

Elektromagnetik arıtma prosesleri yaklaşık 100 yıldan beri sert suların arıtımında ve kireç oluşumunu önlemede düşünülmektedir [31].

Kireç tabakası oluşumunu kontrol eden çeşitli magnetik, elektronmagnetik ve elektrostatik cihazlar tüm dünyada evsel ve endüstriyel uygulamalar için satılmaktadır.

Tipik ürünler sabit elektromagnetik cihazlardan, geniş endüstriyel cihazlardan, hidroelektrik güç jeneratörlerinin tertibine, günlük olarak kullanılabilen düzenekleri içerir.

Bütün bunlara rağmen, magnetik su arıtımıyla ilgili bilimsel literatür nispeten azdır [32]. Şekil 5.12' de su yumuşatmada kullanılan elektromagnetik cihaz verilmiştir.



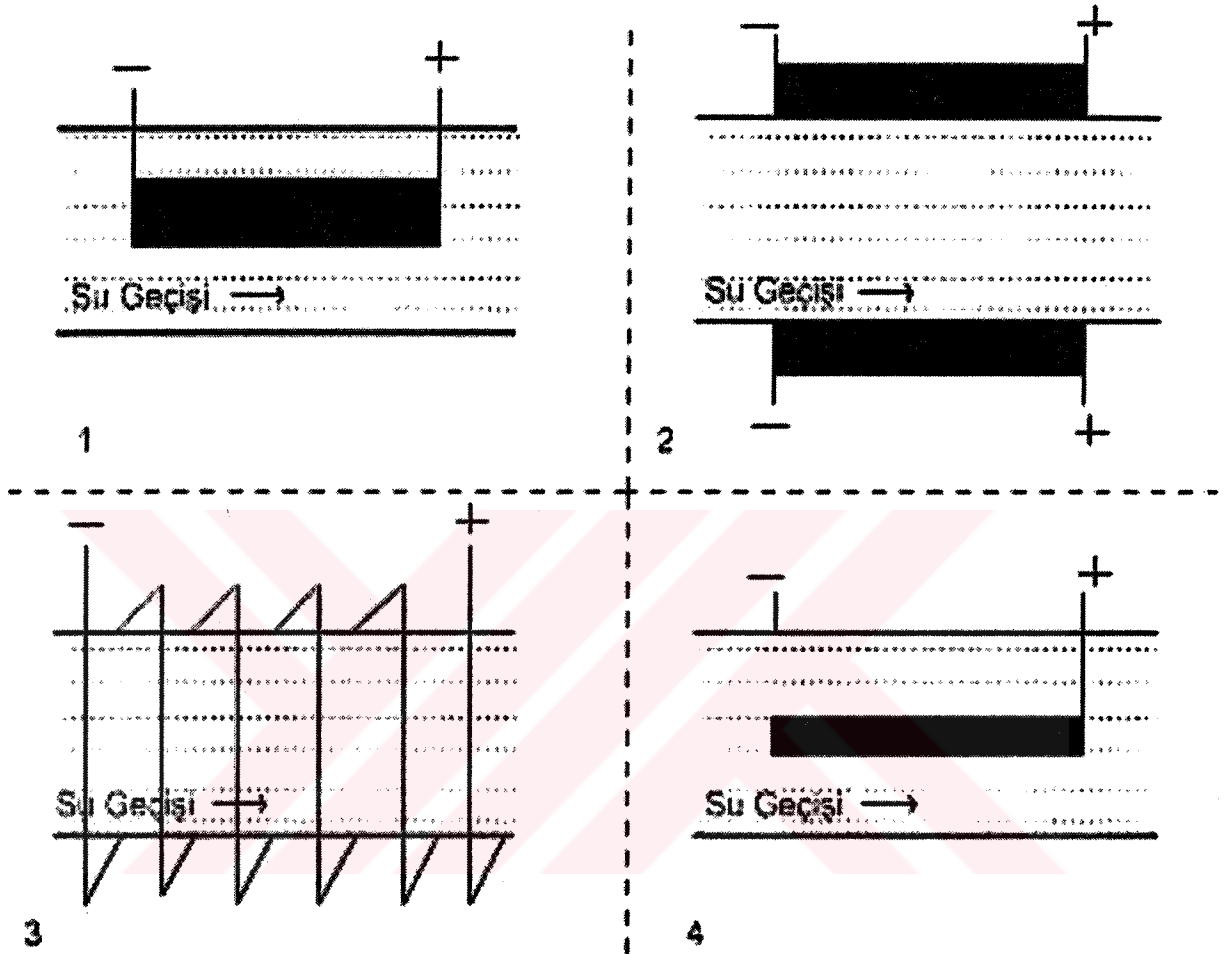
Şekil 5.1 Su yumuşatmada kullanılan elektromagnetik cihaz

Yapılan çalışmalarda ortaya çıkan sonuçların hala tartışmalı olmasına rağmen, son yıllarda yapılan açıklamalı laboratuvar test sonuçları, koşulları iyi seçildiğinde bazı magnetik su arıtma cihazlarından iyi verim alındığını göstermiştir [31].

Genelde insanlar magnetik arıtımın kireçli sudaki kalsiyum karbonat partiküllerinin bileşimini etkilediği üzerinde hemfikirdir.

Bu kalsiyum karbonat partikülleri su akışı ile taşınırlar ve çıkan kireçli çamurun filtre edilmesiyle giderilebilir [33].

Şekil 5.2' de elektromagnetik arıtma düzeneği prensip şemaları görülmektedir.



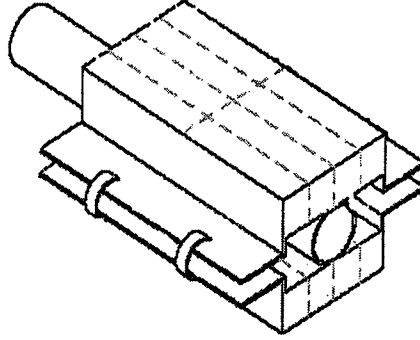
Şekil 5.2 Elektromagnetik arıtma düzeneği prensip şemaları

Elektromagnetik arıtımın  $\text{CaCO}_3$  partiküllerinin bileşimi üzerindeki etkisini, çekirdek oluşumunu engellemesine ve kristal oluşumunu hızlandırmasına bağlarlar.

Bazı araştırmacılar ise homojen çekirdeklerin, sonuçta oluşan kristallerin küçük boyuttakilere nazaran daha fazla sayıda olmasını sağladığını iddia ederler.

Bununla birlikte elektromagnetizmanın aktivasyon enerjisi ile bağlantılı olabileceği önerilmiştir. Aktivasyon enerjisi çekirdeğin kritik yarıçapının azalmasına izin verir. Mikroskobik yaklaşımda, magnetik alan özellikle zeta potansiyelini ve çözelti içinde

oluşan partiküllerin boyutunu etkiler [33]. Şekil 5.3' de elektromagnetik arıtım için tasarlanmış bir düzeneğin şematik gösterimi verilektedir.



Şekil 5.3 Elektromagnetik arıtım için tasarlanmış bir düzeneğin şematik gösterimi [34]

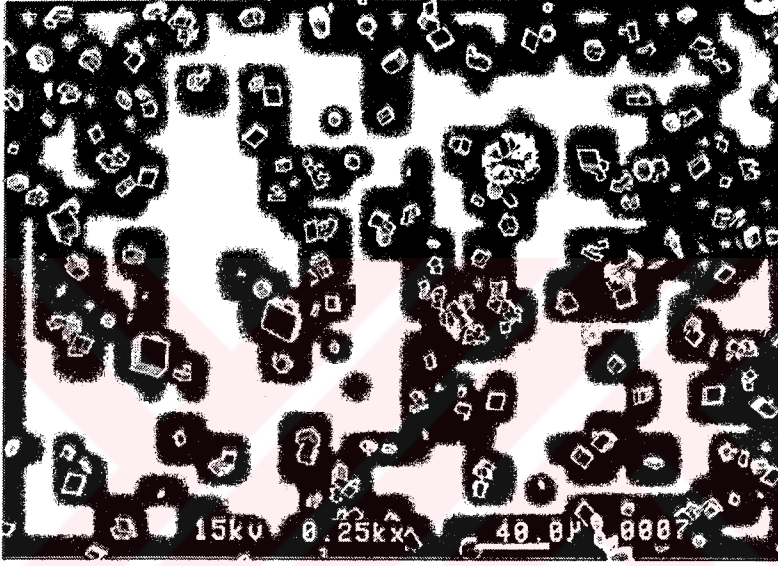
#### 5.4 Elektromagnetizmanın Sert Sular Üzerindeki Etkileri

Sert suların kimyasal yöntemlerle arıtılmasından farklı olarak, elektromagnetik (magnetler su ile temas halinde olsa bile) arıtma su kimyasına direkt olarak etki etmez.

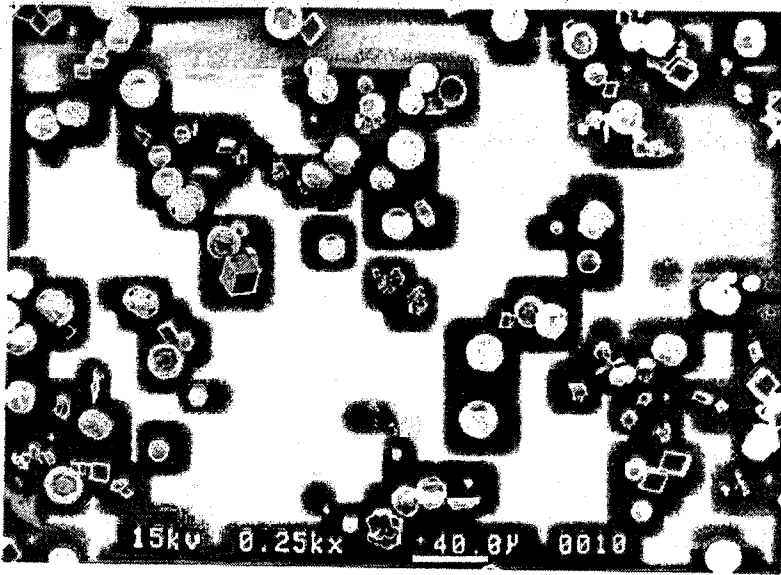
Magnetik alanın kalsiyum karbonatın morfolojisini ve tutunma (adhezyon) özelliğini değiştirdiği iddia edilmektedir.

Açıklanan veriler genellikle çelişkilidir. Örneğin magnetik yolla arıtılmış sudaki kalsiyum karbonat tortularının genelde kalsit yada aragonit olduğu yolunda bazı tartışmalar vardır.  $\text{CaCO}_3$ , rhombohedral ve orthorhombic kristal yapıları şeklinde olmak üzere doğada iki temel formda bulunur. Aragonit yüksek yoğunluğa sahiptir ve kireç tabakası oluşumuna az meyil eder.

Magnetik arıtımın faydasını on dakikadan yüzlerce saate kadar sürdüğü rapor edilmiştir. Magnetik alanın diğer tuzların, kolloidlerin ve arıtılmamış artan yağ oluşumunun çökmesindeki etkisi için ortaya atılan benzer iddialar oldukça şüphelidir, çünkü magnetik alanın bu proseslerden herhangi birisi üzerinde açık bir etkisi yoktur. Pek çok verideki verimsizlik deneysel ortamdaki kontrol yetersizliğinden kaynaklanmış olabilir [32]. Şekil 5.4 ve şekil 5.5’ de sert suyun sırasıyla arıtılmadan önce ve arıtıldıktan sonra çekilmiş fotoğrafları görülmektedir.



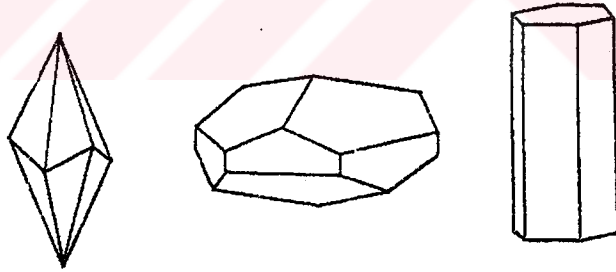
Şekil 5.4 Arıtılmadan önceki sudaki  $\text{CaCO}_3$  kristalleri [35]



Şekil 5.5 Elektromagnetik arıtımdan sonraki sudaki  $\text{CaCO}_3$  kristalleri [35]

### 5.5 Suya Sertlik Veren Kalsit Mineralinin Yapısı

Kalsit kristalleri çok çeşitlidir. Sarkıt, yumru, oolitik, tebeşir şekillerinde topluluklar oluşturur. % 56.03' ü CaO ve % 43.97 CO<sub>2</sub>' dir. Kalsit şimdiye kadar yapılan araştırmalar sonunda bütün sıcaklık ve basınç koşullarında termodinamik olarak kararlı olan tek kalsiyum karbonat oluşumudur. İki yarı duyarlı polimorfu bilinir, bunlar aragonit ve vaterittir. Bu poliformlar ısıtıldıklarında dönüşümşüz olarak kalsite geçerler. Kalsiyum karbonatın dördüncü poliformu (CaCO<sub>3</sub> – elatolit)' in yüksek sıcaklık ve basınç koşullarında kararlılığını kaybetmemektedir. Ancak bu polimorfun varlığı doğrulanamamıştır. Kalsit minerali, Ca elementinin yerine diğer iki değerlikli katyonların geçişleriyle geniş bilişimsel değişiklikler sergiler. Bu nedenle kalsit ismi Ca elementi baskın olduğu zaman diğer yer alan elementlerin yüzde atomik ağırlıklarına bakılmaksızın tür adlandırılmasında genel isim olarak kullanılır. Ancak mineral esas olarak normal koşullarda saftır ve sadece spektroskopik miktarlarda diğer elementler içeren bağzı oluşumlar görülür. Mn' in kalsiyum yerine geçmesi ile rodokrozite tam bir dizi oluşturur [36]. Şekil 5.6' de kalsitin kristal yapısı görülmektedir.

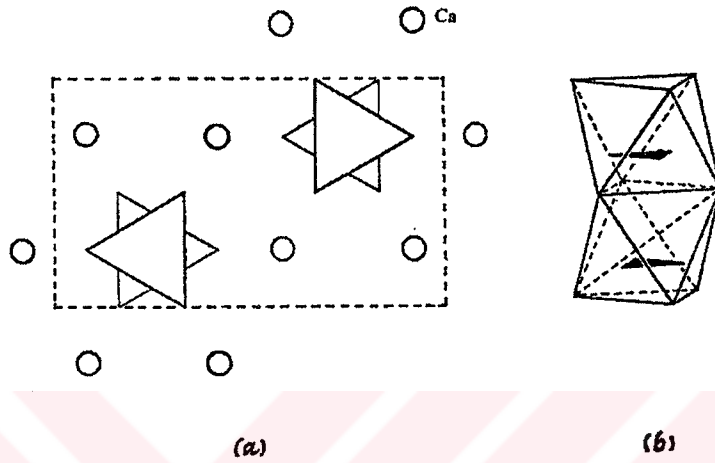


Şekil 5.6 Kalsitin kristal yapısı [36]

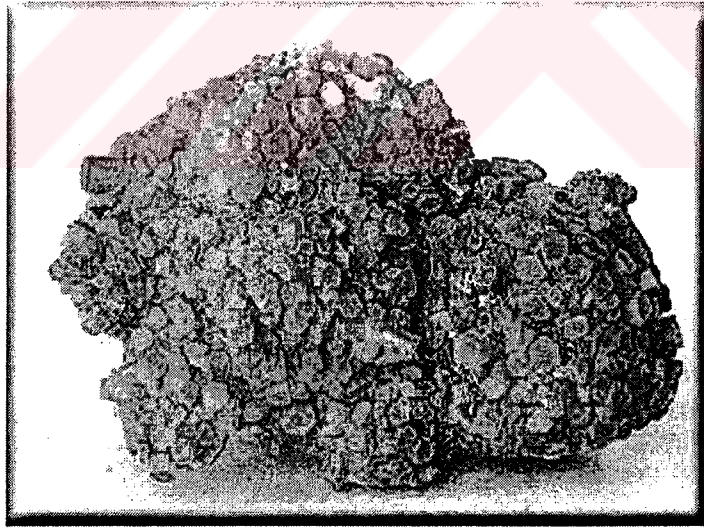
### 5.6 Suya Sertlik Veren Aragonit Mineralinin Yapısı

Aragonit % 56.03 CaO ile % 43.97 CO<sub>2</sub> içerir. Vaterit ve kalsitin polimorflarıdır. Aragonit kalsit ile karşılaştırıldığında atmosferik basınç ve yüksek ile normal sıcaklıklarda tamamen kararsızdır. Fakat 100 °C' nin altında katı çözelti içerisinde yabancı elementler bulunduğu zaman kararlı olabilir.

Kuru havada ısıtıldığında hemen hemen 400 °C' de kalsite dönüşmeye başlar. Dönüşme oranı sıcaklık artışı ile doğru orantılıdır. Dönüşüm su veya çözülmüş  $\text{CaCO}_3$  içeren çözeltilerin dokanağında çok daha hızlıdır ve o zaman oda sıcaklığında bile bu dönüşüm gelişebilmektedir [36]. Şekil 5.7 ve şekil 5.8' de sırasıyla aragonitin kristal ve mineral yapılarının şekli görülmektedir.



Şekil 5.7. Aragonitin kristal yapısı [36]



Şekil 5.8 Aragonitin mineral yapısı [37]

### 5.7 Elektromagnetik Yöntemin Avantajları

- Sürekli su yumuşatmaya olanak sağlar kesintisiz bir prosestir.
- Kurulum maliyeti düşüktür.



- İşletme maliyeti az ve kolay kullanılabilen bir prosestir.
- Hemen hemen her türlü sisteme uygulanabilirler.
- Her hangi bir kimyasal madde sarfiyatı yoktur.
- Suyun içine herhangi bir kimyasal karışmadığı için başka kirlilikler oluşturmaz.
- Sudaki mineraller uzaklaştırılmadığı için bir madde kaybı söz konusu değildir.

## **5.8 Elektromagnetik Su Arıtma Sisteminin Uygulama Alanları**

Elektromagnetik su arıtma sistemleri yeni metot olmasına rağmen bir çok endüstri kolunda uygulama alanı bulmuştur. Kimya endüstrisi, sağlık, süt endüstrisi, taşımacılık, hayvan çiftlikleri ve kesim haneler, tekstil ve kuru temizleme tarım, cam endüstrisi ve inşaat endüstrileri bunlardan belli başlılarıdır [25].

### **5.8.1 Cam sektöründe elektromagnetik su arıtma sisteminin kullanılması**

Otomobil camlarında her plaka önce bir yağ filmiyle kaplanmaktadır ve her bir cam tabaka aralarına özel bir lif koyularak birbirinden ayılarak dizilir. Bu yöntemle camlar yüksek hızlarla kesilir. Tabii bu kesme işlemi sırasında çok ince tozlar yağlı yüzeyde kalmaktadır. Camın bu tozlardan temizlenmesi prosesinde bir çok solüsyon ve kimyasal denenmiş ama çoğunda bu temizleme işleminde başarılı olamamıştır.

Elektromagnetik su arıtma sistemini kurduktan sonra bu problem önemli ölçüde azalmış hatta kimyasal kullanımı sona ermiştir. Bu da üretim zamanı ve kimyasal maliyetinden büyük kazanç sağlamaktadır [25].

### **5.8.2 Taşımacılık sektöründe elektromagnetik su arıtma sisteminin kullanılması**

Taşımacılık sektöründe elektromagnetik olarak arıtılmış su kamyonların yıkanmasında kullanılır. Özellikle süt tankerleri bu şekilde arıtılmış sularla



yıkamalarının daha iyi sonuç verdiği ve kimyasal maliyetini büyük ölçüde azaldığı görülmektedir [25].

### **5.8.3 Kuru temizleme sektöründe elektromagnetik su arıtma sisteminin kullanılması**

Yıkama şirketleri bu arıtma sisteminin ana yıkama hattında kullanmaktadır. Bu ana üniteler genellikle iki tane ısıtıcı ve bir soğutucuya sahiptir. Elektromagnetik arıtma sistemi kurulmasından sonra yıkama prosesi için gerekli olan pH ve askıda katı madde de izin verilen limit değerlere ulaşılmıştır.

Bu sistemle atık su ve fazla su sarfiyatı azaltılmış, tüketilen su miktarı yarı yarıya azalmış, yıkama turu 5 turda sadece bir yıkama ve bir durulamaya indirilmiş ve bu proseste peroksit (ağartıcı) kullanımı ortadan kalkmıştır. Aynı zamanda klor ve deterjan kullanımında %75 azalma sağlanmıştır.

Bu proses sonrası işlemlerde bazı iyileşmeler olmuştur. Ütüleme katlama ve elleşme daha kolay olmaktadır (Lifler arasında kireç olmadığı için) [25].

### **5.8.4 Karavan parklarında elektromagnetik su arıtma sisteminin kullanılması**

Buralardaki karavan parklarında kullanılan sular yörenin özelliğinden dolayı kireçli sulardır. Bu sular tuvalet, pisivar ve duşlarda kullanılıyordu. Ve bu sudaki özellikten dolayı kireçlenme, paslanma ve koku problemi oluşuyordu.

Elektromagnetik arıtma kullanılması bu problemleri azaltmaktadır [25].

### **5.8.5 Kümes hayvanları çiftliklerinde elektromagnetik su arıtma sisteminin kullanılması**

Bu büyük çiftlikte tüm operasyonlarda artezyen suyu kullanılmaktadır. Ve bu suyun özelliklerinden dolayı, follukları nemlendiren sprey gözeneklerinde probleme neden oluyor. Ve bu nozullar da kalsiyum ve depozitler birikiyor.

Aynı zamanda bu depozitler plastik perdeler ve yumurta tavalarında da görülüyor. 18 günden sonra bu perdeler üzerinde kalın kahverengi bir tabaka oluşuyor. Ve hareket etmeleri zorlaşıyor.

Bu şirket sulardan kaynaklanan bu problemi çözmek için ters osmos sistemi kurmuştur. Fakat bu sistemle sınırlı bir başarıya ulaşılmış. Ve bu sistemin yerine elektromagnetik arıtma sistemi kurulmuş.

Bu değişiklik sayesinde görülmüş ki problem olan depozitler ortadan kalkmış. Yaklaşık 14 gün sonra perdeler üzerinde parlak ince bir tuz filmi görülmüş ve ancak bunun yıkanabilir olduğu bulunmuştur. Ve sürekli yıkanmaktadır [25].

#### **5.8.6 Koyun çiftliklerinde elektromagnetik su arıtma sisteminin kullanılması**

Büyük miktarda yer altı suyu kullanılan bu çiftlikte bu su stoklarda, bahçe ve çayırda kullanılmaktadır. Evsel amaçlı kullanmak içinde yağmur suyu biriktirilmektedir. Buradaki problemse her iki suyun kullanıldığı barajlarda bitkilerde ve stoklarda tuz birikmesine neden olması. Yağmur suyunda da bu problem vardır. Çünkü, kuşlardan, tozlardan ve çatı malzemesinden parçalar biriktirilen yağmur sularına karışabilir..

Bu çiftlikte her iki barajda da elektromagnetik arıtma sistemi kullanılmıştır. Ve bu sistem kullanıldıktan sonra görülmüştür ki, tuza hassas bitkilere (bezelye) verilen sudaki tuz miktarı kontrol edilmiştir. Ve bu sistem bu çiftlik için hem kullanışlı hem de ucuz olmuştur [25].

#### **5.8.7 Yiyecek endüstrisinde elektromagnetik su arıtma sisteminin kullanılması**

Pasta ve börek yapan bir fabrikada oluşan atık sular belediyenin deşarj standartlarını aşmakta ve bu yüzden bu sular için çok para ödenmekteydi. Bu sularda pH, askıda katı madde ve toplam çözünmüş madde seviyeleri yüksekti.

Bu fabrikada elektromagnetik arıtma sistemi kurulduktan sonra çözünmüş maddeler ve askıdakiler dışarı alınmıştır. Böylece su belediyeenin deşarj standartlarına getirilmiş ve kanalizasyona verilmiştir [25].

### 5.9 Elektromagnetik Yöntemin Diğer Su Yumuşatma Sistemleri İle Karşılaştırılması

Tablo 5.1' de elektromagnetik yöntemin diğer metodlarla karşılaştırılmasıyla ilgili tablo verilmiştir.

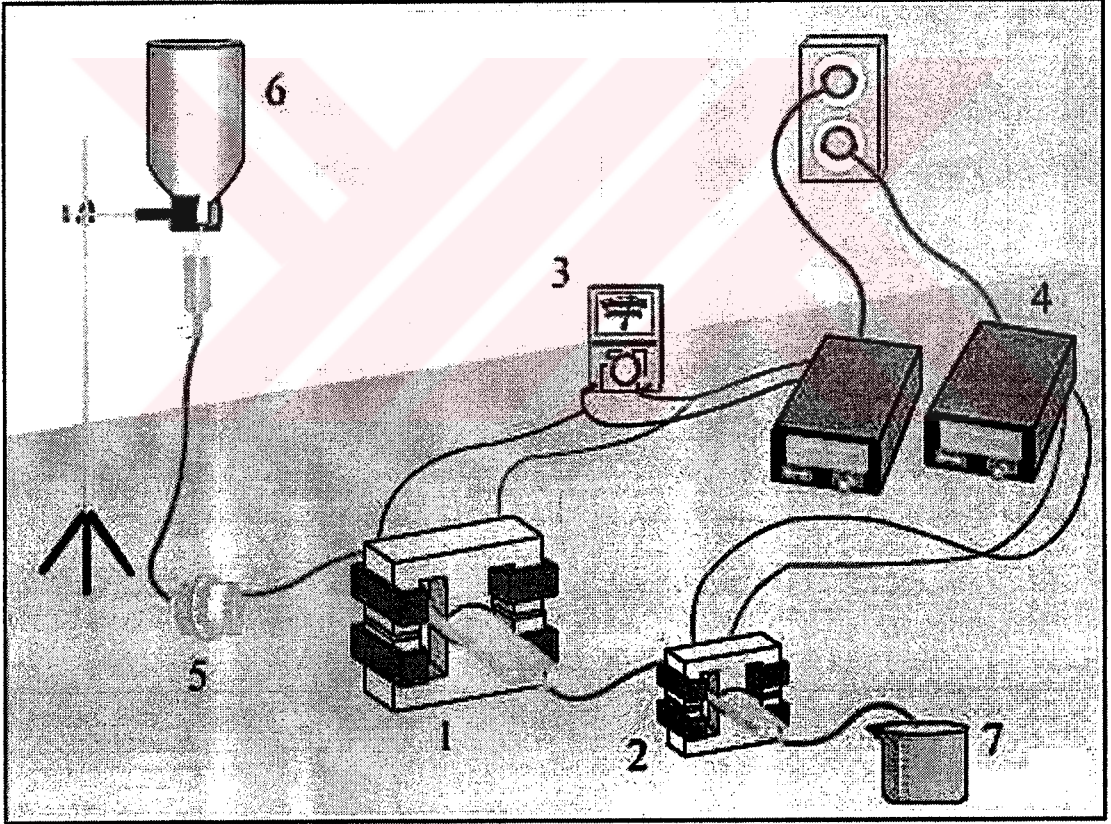
Tablo 5.1 Elektromagnetik yöntemin diğer metodlarla karşılaştırılması

	Su Yumuşatması	Kimyasal Arıtma	Manyetik Arıtma
Avantajları	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Tam su arıtması</li> <li>2. Tortu elemesi</li> <li>3. Tortu azaltması</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Elektrik kaynağına ihtiyaç yoktur.</li> <li>2. Atık su borusuna ihtiyaç yoktur.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Maliyeti daha azdır.</li> <li>2. Kimyasal madde ihtiyaç yoktur.</li> <li>3. Atık su borusuna ihtiyaç yoktur.</li> </ol>
Dezavantajları	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Maliyet</li> <li>2. Elektrik kaynağına ihtiyaç vardır.</li> <li>3. Atık su borusuna ihtiyaç vardır.</li> <li>4. Tüketilebilir (tuz)</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Suyun içinde kimyasal maddeler ortaya çıkarır.</li> <li>2. Etkisi su yumuşatma sından azdır.</li> <li>3. Tüketilebilir ( fosfat fişegi)</li> <li>4. Tortuyu yok etmez.</li> <li>5. Kirliliği azaltmaz.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Etkisi su yumuşatmasından azdır.</li> <li>2. Etkisi kimyasal arıtmadan azdır.</li> <li>3. Tortuyu yok etmez.</li> <li>4. Olan kirliliği azaltmaz.</li> </ol>

## BÖLÜM 6. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

### 6.1 Elektromagnetik Su Arıtma Düzeninin Tasarımı

Elektromagnetik su arıtma düzeninde, arıtılacak suyun magnetik alandan geçirilmesi işleminde, suya etki eden magnetik alanın en üst seviyede olabilmesi için özel bir tasarım yapılmıştır. Şekil 6.1' de elektromagnetik su arıtma cihazı şeması görülmektedir.



Şekil 6.1 Elektromagnetik Su Arıtma Cihazı Şeması

1 – 2 . Magnetik Cihazlar

3. Voltmetre

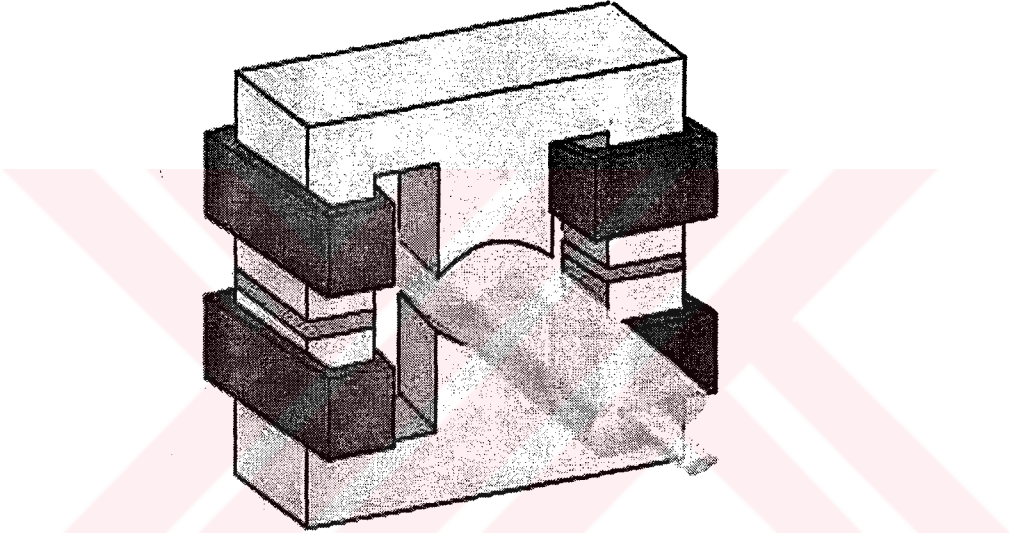
4. DC Güç Kaynağı

5. Debi Ölçer

6 – 7 . Su Haznesi

Bu tasarımda elektromagnetik alanı oluşturmak için iki adet ve boyutları birbirleriyle orantılı E nüve kullanılmıştır. Bu nüvelerin kollarına dört adet bobin sarılmıştır.

Büyük olan nüveye 3 cm, küçüğüne ise 1.5 cm genişliğinde suyun geçişinde kullanılması için hava boşluğu açılmıştır. Hava boşlukları elmas kesme taşları sayesinde nüveler yontularak açılmıştır. Arıtılacak suyun bu boşluktan geçişini sağlamak için 3 cm ve 1.5 cm çapında iki adet cam boru kullanılmıştır. Şekil 6.2' de elektromagnetik cihaz görülmektedir.



Şekil 6.2 Magnetik alan üretici

Elektromagnetik su arıtma düzeneğinde magnetik alanı oluşturan sisteme gerekli gücü sağlamak için iki adet voltajı ayarlanabilen DC güç kaynağı kullanılmıştır. Düzenekte verilen gerilimi ölçmek için bir voltmetre kullanılmıştır. Arıtılacak su ölçekli bir hazneye konulmuştur. Haznenin ucuna bir damlalık monte edilmiş ve suyun kontrollü bir şekilde sisteme verilmesi sağlanmıştır. Suyun düzenekte dolaşması kod farkıyla sağlanmış, kod farkı oluşturulması için su haznesi bir üç ayağa yerleştirilmiştir. Sisteme verilen su miktarı kontrol altında tutulmaktadır. Bu işlem için hassas bir dozimetre kullanılmıştır.

## 6.2 Materyal Ve Metod

Çalışmada kullanılan düzenek laboratuarda hazırlanmıştır. Sistemde su haznesine konan sert su, kod farkından dolayı dolaşıma başlar. Haznenin ucundaki damlalık sayesinde suyun akışı kontrol altındadır ve damlalar halinde sisteme girmesi sağlanmıştır.

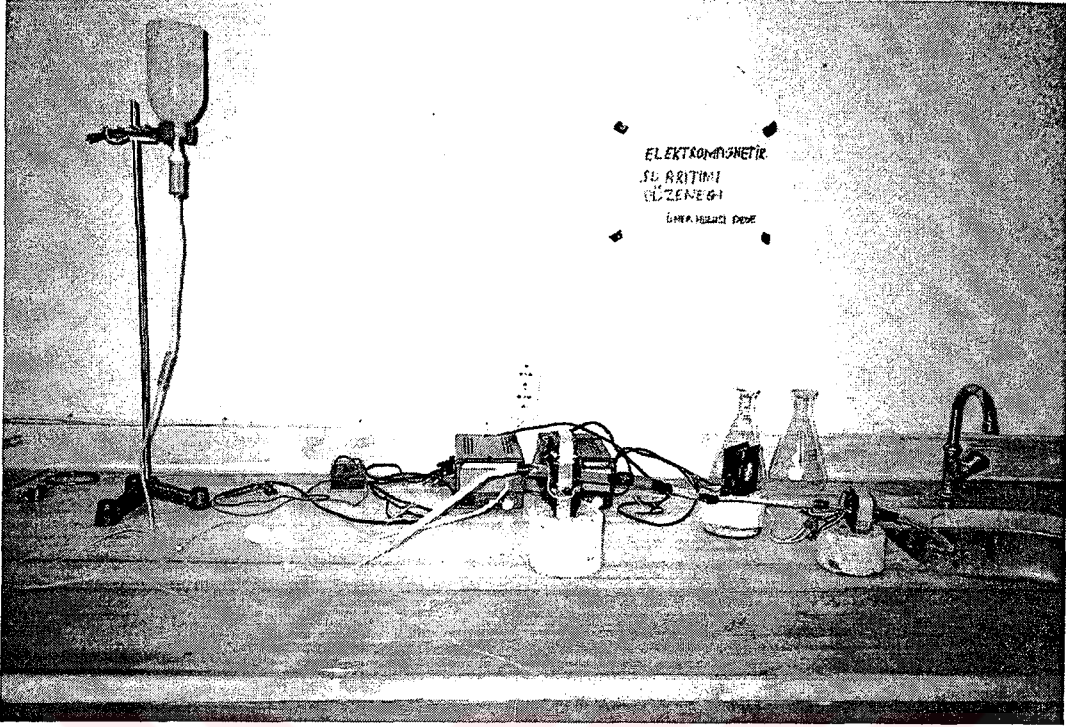
Haznede bulunan su damlalıktan geçtikten sonra akış hızının kontrol edildiği dozimetreye gelir. Sistemde 2 ml' lik su, 1.6 saniyede sirküle ettirilir ve bu zaman sabittir.

Arıtılacak su magnetik alan üreten cihazlardaki cam borulara gelir ve burada magnetik alana maruz kalır. İlk cihazdan geçen su ikinci cihazdaki cam boruya gelir ve burada da magnetik alan tarafından etkilenir. Cihazlardaki magnetik alanların her biri 75 mT (DIGITAL GAUSS / Tesla Meter, UNILAB, Blackburn, England Ölçüm aralığı 20-200-2000) olarak ölçülmüştür.

Magnetik alan üreten cihazlara gereken güç DC güç kaynakları tarafından sağlanır ve cihazlara voltmetre tarafından da ölçülen 60 Volt' luk sabit enerji verilir.

Magnetik alan cihazları soğutucu fanlar tarafından soğutulur ve böylece tüm prosesin işleyişi sırasında magnetik cihazların aşırı ısınması engellenir. Arıtılan su temiz su haznesinde toplanır ve üç kez sisteme geri verilerek sirküle ettirilir. Şekil 6.3' de elektromagnetik su arıtma düzeneği görülmektedir.





Şekil 6.3 Elektromagnetik su arıtma düzeneği

Yapılan deneylerde kuyu suyu, yağmur suyu, saf su, çeşme suyu gibi değişik sular kullanılmıştır. Kullanılan kuyu suyu Adapazarı' nın Kaynarca ilçesinden temin edilmiş olup son derece sert karakterdedir.

Deneylerde kullanılan su numuneleri ayrı ayrı analiz edilmiş ve özellikleri saptanmıştır. Elektromagnetik düzeneden geçirilen numuneler analiz edilmiş, çıkan sonuçlar arıtılmamış suların analiz sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır.

Elektromagnetik düzeneğin sert sular üzerindeki etkilerini daha iyi anlamak için, arıtılan sular beton yapımında ve sertliğe duyarlı bitkilerin çimlenmesinde ve sulanmasında kullanılmış sonuçlar incelenmiştir.

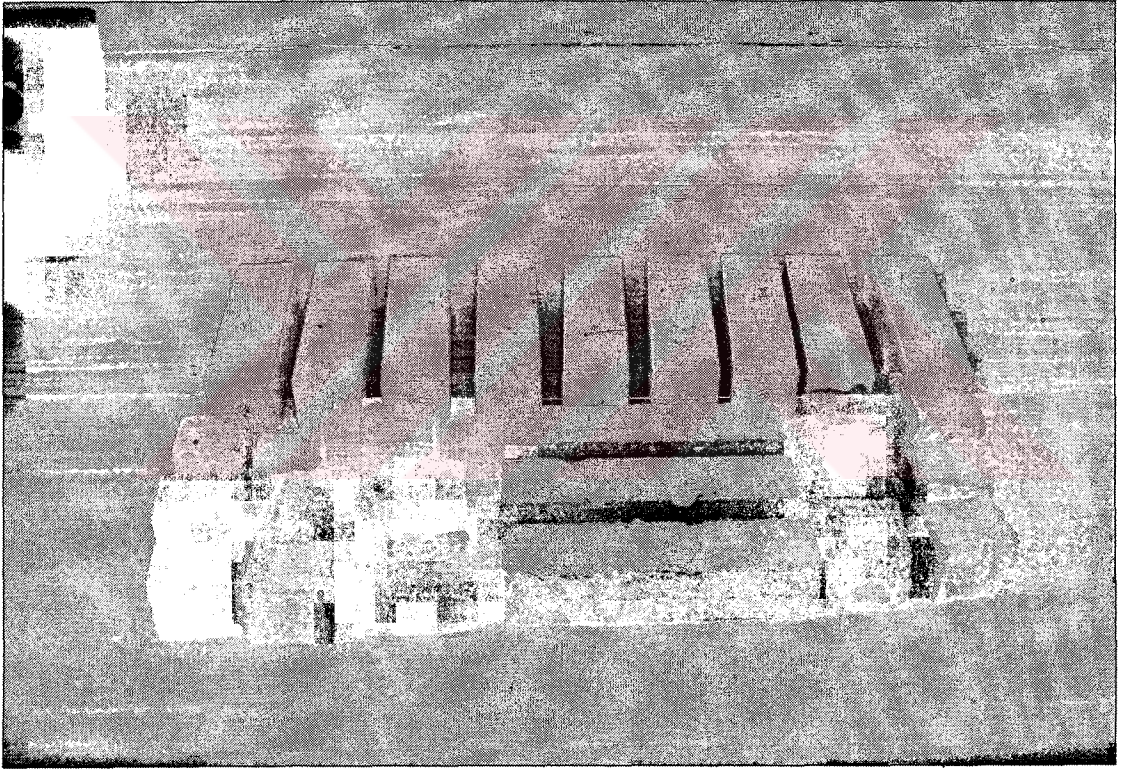
### **6.3 Elektromagnetik Yöntemle Arıtılan Suların Beton Kalitesine Etkisinin Araştırılması**

Bilindiği gibi betonun sertleşmesinde karışık prosesler vardır. Beton yapımında kullanılan çimentonun içeriğinde bulunan mineraller su ile çözünür ve betonun sertliği artmış olur. Arıtılmış su kullanıldığında mineraller çeşitli reaksiyonlar sonucu

kararlı bir kafes yapı oluşturur. Reaksiyonlar devam ettiği sürece bu kristalik kafesler sertlik kazanır.

Bu çalışmada sertlik derecesi yüksek olan kuyu suyu ve elektromagnetik olarak arıtılan su eşit miktarlarda kullanılarak laboratuvar koşullarında beton örnekleri hazırlanmış ve betonların prizlenme süreleri ile sertlikleri karşılaştırılmıştır.

Hazırlanan betonlarda diğer bütün koşullar eşittir. Betonlar yedi günlükken ve 21 günlükken ölçümler yapılmıştır. Şekil 6.4' de elektromagnetik yöntemle arıtılan sularla yapılan betonlar görülmektedir.



Şekil 6.4 Elektromagnetik yöntemle arıtılan sularla yapılan betonlar

#### **6.4 Elektromagnetik Yöntemle Arıtılan Suların Bitki Filizlenme ve Büyümesine Etkilerinin Araştırılması**

Bu uygulamanın amacı; magnetik su arıtma prosesinin sert kuyu sularına olan etkisini ve magnetik prosesle arıtılmış suyun bitki filizlenme, köklenme, çiçeklenme ve bitki büyüme ortamındaki kireç miktarına olan etkisini saptamaktır.



Magnetik prosesle arıtılmış suyun bitki filizlenmesine etkisini saptamak ve diğer su kaynaklarını ile karşılaştırmak için yüzeyleri sterilize edilmiş 25 adet Dahlia tohumu, içine filtre kağıdı yerleştirilmiş petri kaplarında 25 °C' de 14 gün boyunca filizlendirilmiştir. Deneyin sonucunda filizlenme yüzdesi, kökçük uzunluğu, fidelerin kuru ağırlıkları (ortalama 10 fidenin) ölçülmüştür. Köklendirme deneylerinde, African violet bitkisinin alkali ve sert suya hassas olduğu ve Coleus bitkisinin ise bu sularla daha kolay köklendiği gözlenmiştir. 10 tane African violet bitkisi yaprağı ve 10 adetde Coleus bitkisinin filizi sürgünleri kesilerek, köklenme ortamına (perlit) yerleştirilmiş ve Coleus bitkisi 2 hafta, African violet bitkisi 30 gün boyunca 5 farklı suyla sulanmışlardır. Şekil 6.5' de magnetik sistemde arıtılan sularla sulanan bitkileri görülmektedir.



Şekil 6.5 Magnetik sistemde arıtılan sularla sulanan bitkiler

Deneyin sonunda, sürgün sayıları, sürgün uzunlukları ve sürgün kuru ağırlıkları ölçülmüştür. Farklı suların bitki büyümesine olan etkisini saptamak için, cam güzeli fideleri 0.5 litrelik kaplarda ticari olarak kullanılan forf büyüme ortamına ekilmiş ve 4 ay boyunca doğal ortamda herhangi bir gübre ilavesi olmadan büyütülmüştür.

Her su için dört adet tekrar yapılmış ve bitkiler her gün aşırı sulamadan kaçınılarak sulanmıştır. Çiçeklenme periyodunda bitki başına düşen çiçek sayısı, deneyin sonunda da bitkilerin boyu, dal sayıları, kuru ağırlıkları ölçülmüş ve besi ortamları analiz edilmiştir. Analizlerde ANOVA testi ve toprak analizlerinde ( $p < 0.05$ ) LSD testi uygulanmıştır.

## BÖLÜM 7. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Deneyleerde kullandığımız doğal kaynak suyu çok sert ve alkali bir karaktere sahiptir. Ayrıca yüksek miktarda klorür ve kalsiyum içerir. Bu nedenlerden dolayı endüstriyel proseslerde ve bazı hassas bitkilerin sulanmasında kullanılması uygun değildir. Çünkü suya sertlik veren bu maddeler zamanla kullanıldıkları alanlarda birikim yapacak ve istenmeyen sonuçlara yol açacaktır.

Ancak yapılan çalışmalar elektromagnetik arıtma prosesi suyun bu istenmeyen özelliğini iyileştirmiştir.

Kullanılan su numunelerinin ve elektromagnetik olarak arıtılan suyun analiz sonuçları tablo 7. 1.'de verilmektedir.

Tablo 7.1 Arıtılmamış kuyu suyunun, magnetik arıtılmış suyun, yağmur suyunun, çeşme suyunun ve saf suyun analizleri

	Kuyu Suyu	Arıtılmış Su	Çeşme Suyu	Yağmur Suyu	Saf Su	İstenilen Seviyeler
Alkalinite (meq/l)	4,86	3,97	1,3	0,24	-	0,75-2,6
Sertlik (mg/l)	498,4	409,4	142,4	38,8	-	100-150
pH	7,27	6,95	6,98	6,21	6,97	5,8-6,0
EC (µs/l)	1040	990	270	172	1	<1500
Ca <sup>+2</sup> (mg/l)	132	124	-	7,93	-	40-100
Mg <sup>+2</sup> (mg/l)	36	27,1	-	-	-	30-50
Cl <sup>-</sup> (mg/l)	844	67,2	50	5,38	-	100-150

Arıtılmış suda alkalinite %18, sertlik %18, pH %4, EC %5, Ca<sup>+2</sup> %6, Mg %25 ve klorür %92 azalmıştır.

Yapılan literatür taramasında konuyla ilgili denemelerde verimin %92 dolaylarında olduğu görülmektedir.

Literatür çalışmalarından elde edilen sonuçlar, bu çalışmada elde edilen sonuçlardan yüksektir. Ancak bu sonuç direk sertlik ölçülerek değil kalsit'in aragonit'e dönüşme oranına bakılarak hesaplanmıştır. Yani sudaki sertlik miktarının değil, kireç oluşumunun önlenmesi dikkate alınmıştır.

Bu çalışmada kalsit'in aragonit'e dönüşme oranını ölçülememiştir. Fakat beton ve bitki çalışmalarının sonuçları, sudaki sertlik etkisini giderme, yani kalsit'in aragonit'e dönüşmesi ile ilgili fikir verebilir.

Beton kalitesinin incelendiği deneylerde elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibidir.

Bizim geliştirmiş olduğumuz elektromagnetik arıtma düzemeğiyle arıtılmış sularla TS 500 beton standartlarına göre hazırlanan beton, diğer tüm şatrlar eşit tutulduğunda, ham su kullanılarak hazırlanan betona göre daha iyi sertliğe sahiptir.

Sonuçlar aşağıdaki gibidir.

Arıtılmış suyla hazırlanan betonun sertliği;

7 günlükken ; 287,867 kg / cm<sup>2</sup>

28 günlükken ; 374,022 kg / cm<sup>2</sup>

Arıtılmamış suyla hazırlanan betonun sertliği;

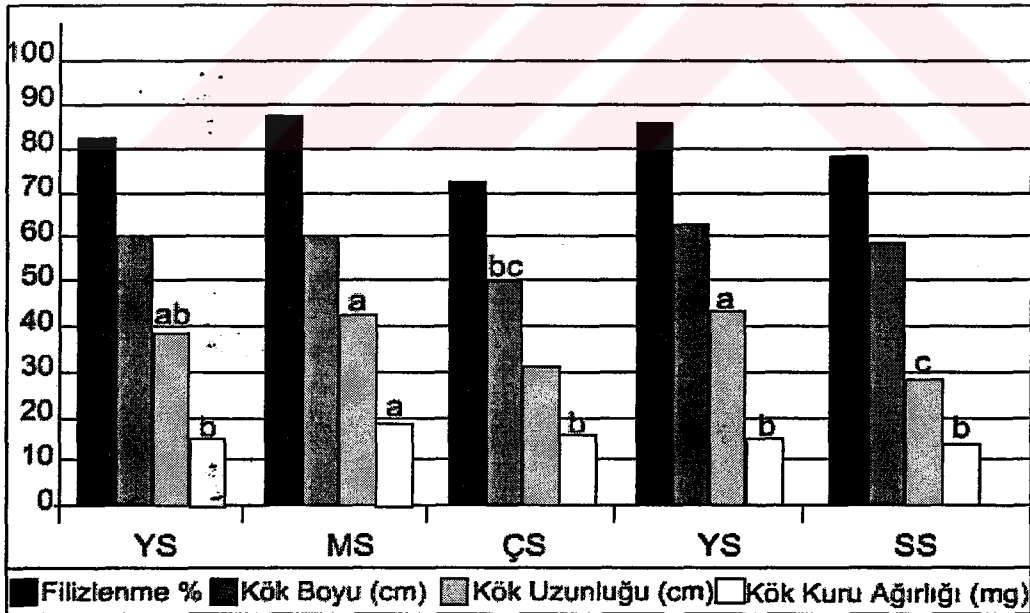
7 günlükken ; 263,133 kg / cm<sup>2</sup>

28 günlükken ; 318,687 kg / cm<sup>2</sup>

Görüldüğü gibi beton serliğindeki artış %17' dir ( Bu sertlik artışı da çimentonun %13 daha az kullanılmasını sağlar.).

Bu sonuçlar doğrultusunda elektromagnetik olarak artırılmış suyun inşaat endüstrisinde geniş bir yere sahip olacağı düşünülmektedir. Özellikle beton kalitesini artırdığı ve maliyeti düşürdüğü için, barajların, köprülerin, tünellerin, hava alanlarının, spor sahalarının, çok katlı binaların ve limanların yapımında kullanılabilir.

Bitki filizlenmesi deneylerinde, su kalitesinin filizlenme yüzdesine ve fide uzunluğuna bir etkisi olmadığı fakat kökcük uzunluğuna ve kök kuru ağırlığına olan etkisinin çok daha belirgin olduğu gözlenmiştir. Kökcük uzunluğu, kuyu suyunda, magnetik artıma tabi tutulmuş kuyu suyunda ve yağmur suyunda hemen hemen aynıdır ve bu uzunluklar çeşme ve saf sudaki uzunluklara nazaran daha fazladır. Şekil 7.1' de farklı suların dahlia bitkisinin filizlenmesine etkisini gösteren grafik verilmiştir.



Şekil 7.1 Farklı suların dahlia bitkisinin filizlenmesine etkisi

Magnetik artıma tabi tutulmuş kuyu suyunun olumlu etkileri filizlerin kuru ağırlıklarında açıkça görülmektedir. Elektromagnetik olarak artırılmış su, artırılmamış kuyu suyuna nazaran, kuru ağırlıklarını %11 oranında artırmıştır. Kuru ağırlıktaki bu

artışın nedeni suda bulunan minerallerin, magnetik alan etkisi ile membrandan geçişinin artması olabilir.

Sert alkali suların bitki büyümesi üzerinde herhangi zararlı bir etkisi saptanmamıştır. Fakat çelişkili sonuçların nedeni nispeten kısa bitki büyüme periyodu ve torflardaki düşük pH olabilir. Çeşme suyu ile yapılan denemelerde çeşme suyundaki klorür muhtevasına rağmen çiçek sayısı ve bitki büyümesi diğerlerine nazaran çekinik çıkmıştır. Tablo 7.2' de değişik suların büyüme ortamına etkisini gösteren tablo verilmiştir.

Tablo 7.2 Değişik suların büyüme ortamına etkisi

Su Kaynakları	Hasattan Sonra Büyüme Ortamlarındaki Konsantrasyonlar			
	pH	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	Kireç (mg/l)
Kuyu Suyu	6,46	74,02	13,27	185,05
Arıtılmış Su	6,25	43,40	4,94	108,50
Çeşme Suyu	6,45	35,64	3,17	79,41
Yağmur Suyu	6,16	33,59	4,11	78,97
Saf Su	5,43	33,12	3,09	74,30

Doğal kuyu suyundaki klorür içeriğinin başlangıçta çok yüksek olmasına rağmen, magnetik proses bu yüksek seviyeyi arzu edilir seviyeye düşürmektedir.

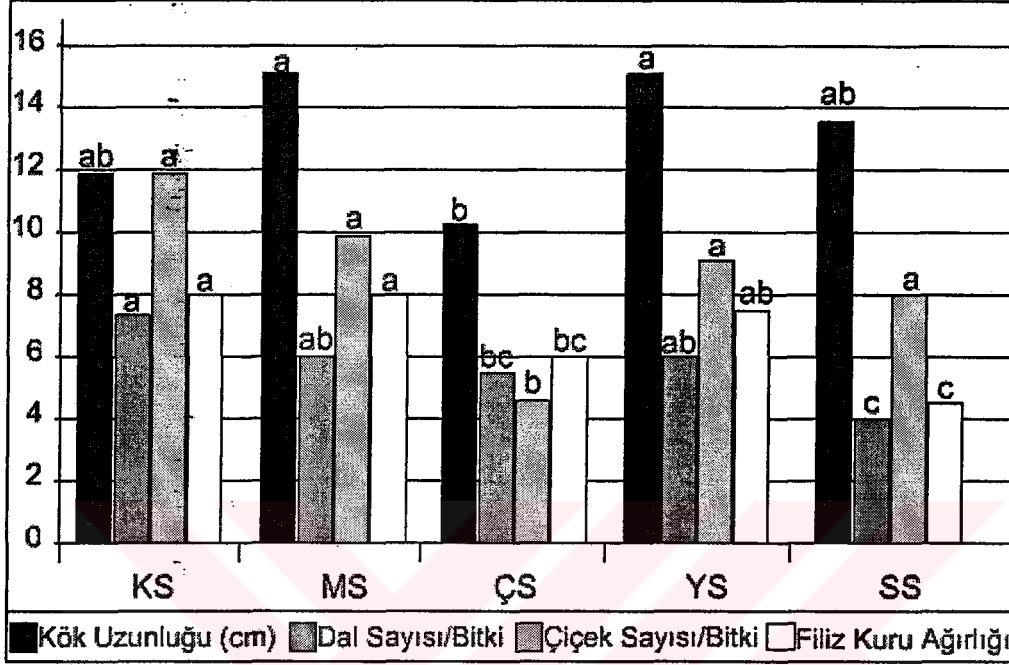
Diğer bir deyişle elde ettiğimiz verilerden, sulamada kullanılan sert alkali suların elektromagnetik prosesle arıtılmasıyla, sulama suyunun kalitesinin düzeldiğini söyleyebiliriz.

Bitki büyüme ortamındaki kireç miktarının azalması, magnetik arıtımın olumlu bir etkisidir.

Bitkilerde çok açık bir fark yoktur, fakat magnetik yolla arıtılmış su ile yapılan, hem filizlenme, hem köklenme, hemde bitki büyüme deneylerinde kök ağırlığının oldukça fazla olduğu tespit edilmiştir. Bu artışın nedeni, çözeltideki mineralin elektromagnetik etkiyle kullanılabilirliğinin artması olabilir. Magnetik arıtım

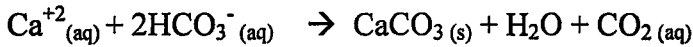


proseslerinin sulamada kullanılan suların iyileştirilmesinde iyi bir alternatif olduğunu söyleyebiliriz. Şekil 7.2' de farklı suların cam güzeli bitkisinin büyümesine etkisini gösteren grafik verilmiştir.



Şekil 7.2 Farklı suların cam güzeli bitkisinin büyümesine etkisi

Mekanizmayı daha iyi anlamak için aşağıdaki denkleme bakalım.



$\Delta G = -24$  KJ/mol Gibbs Serbest Enerjisine sahiptir. Fakat serbest enerji, saf kalsit ve aragonit arasında  $25^{\circ}\text{C}$ , 1 bar basıçta sadece -1kJ/mol değişir.

Kalsit atmosfer şartlarında düşük enerjiye, aragonitde düşük entropiye sahiptir. Buna rağmen aragonit oluşumu düşük buharlaşma oranını ve yüksek sıcaklığı tercih eder.

$\text{Fe}^{+2}$  ve  $\text{Zn}^{+2}$  gibi çöpk az konsantrasyona sahip katyonlar çekirdeği etkiler. Bizim elde ettiğimiz veriler de, magnetik alanlar arasında aragonit çekirdeğini etkilemiştir, çekirdek yüzlerce saat kararlıdır ve su en üst doygunluğa kadar ısıtıldığında çekirdeğin kristale dönüştüğü gözlenir. Aragonit kristallerinin hacmi  $3 \cdot 10^{16} \text{ m}^3$  ve çekirdek sayısı  $10^8/1$  olarak tahmin edilmektedir.

Açıklanması gereken soru , magnetik alanın nasıl çekirdeği etkilediği ve nasıl aragonite dönüştüğüdür.

Magnetik alan;

Çekirdeğin enerjisini azaltır. Çünkü çekirdek etrafındaki değişikliklerden kolay etkilenir. Mikroskop analizleri aragonit kristallerinde Fe ve Mg bulunamamıştır. Fakat, çekirdekte  $S=5/2$  devir mevcut olduğunu ve  $10^2$  J/mol için 0,1 T'lik magnetik alana ihtiyaç olduğu varsayılabilir.

Heterojen çekirdek merkezleri gibi davranan Fe ve Mg OH<sup>-</sup>(hidroksil) gruplarını etkiler. Mesela tek sayılı ferromagnetik tabakalar, antiferromagnetik olarak birleştiğinde, FeOH tabaka gibi bir morfolojiye sahip olur yada dönüşür.

Magnetik alan , sudaki mevcut iyon konsantrasyonunu Lorenz gücü  $qV \times B$  ile biraz değiştirmiştir. Hall etkisi ile olan paralellik göz önüne alınarak  $V=1$  m/sn ,  $B=0,1$  T alınabilir. 0,1 V/m elektrostatik olmayan alan ,  $10^{11}$  C/m<sup>2</sup> yüzey enerji yoğunluğu ile ilişkilidir.

Mikromolar alandaki ekstar iyon konsantrasyonundaki bu benzerlik ile 1 nm kalınlığındaki yüzey alanındaki enerji yoğunlaşması sağlanabilir. Ama hala Ca<sup>+2</sup> konsantrasyonundan az 3 büyüklük sırası vardır fakat bu OH<sup>-</sup> ve HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> konsantrasyonu ile benzerdir. İstatistiksel iniş çıkışlar bölgesel olarak artabilir.

Sonuç olarak magnetik alanın etkisinin var olduğunu saptadık. Yaptığımız deneylerde magnetik alanda geçirilen su, kalsit oluşumundan ziyade aragonit oluşumuna meyletmiş.

Buna ilave olarak magnetik alan üreten mekanizmayla ilgili hipotezi tes etmek için ultra saf CaCO<sub>3</sub> çözeltileriyle yapılmış deneylere ihtiyaç vardır.

## KAYNAKLAR

- [1] RUŞEN, K., HAMAMEL, C., “Çevre Bilim”, s. 90-97, Ankara, 1997.
- [2] HALKMAN, A. K., ATAMER, M., ERBAŞ, A. H., “Endüstri ve Çevre İlişkileri”.
- [3] Competing Water Uses for Main In Come Groups of Countries, World Bank, 2001.
- [4] ERTÜRK, H., “Çevre Bilimine Giriş”, s. 72, Bursa, 1978.
- [5] TEMBUTT, T. H. Y., B. SC., S. M., M. I. C. E., M. I. W. E., P. I. P. H. E., M. Inst. W. P. C., M. ASCE., “Principles of Water Quality Control”, Department of Civil Engineering, University of Birmingham, 1971.
- [6] MUSLU, Y., “Çevre Mühendisliğinin Esasları”, İstanbul Teknik Üniversitesi Yayınları.
- [7] WATSON, S., “Biologically Produced Taste, Odour and Toxic Compounds In Drinking Water”, Environment, Canada.
- [8] AGEEV, I. M., SHISHKIN, G. G., “Change In The Electrical Conductivity of Water on Heating by Various Heat Sources, Including Biological Objects”, Moscow Aviation Institute, Moscow, 125933, Russia, Received June 25, Infinal Form, February 28, 2002.
- [9] GÜRPINAR, E., “Çevre Sorunları”, s. 59-70, İstanbul, 1998.



[10] SAMSUNLU, A., "Çevre Mühendisliği Kimyası", 4. Baskı, SAM-ÇEVRE Teknolojileri Merkezi Yayınları, 1999.

[11] [www.aguas.com/~agua~.htm](http://www.aguas.com/~agua~.htm)

[12] ÇELİK, N., ERDEM, A. L., NAZLI, A., GÜRLER, V., PATLI, H., KARABÜRK, H., "Kimya 1", Sürat Yayınları, Altın Seri, İstanbul, 1997.

[13] MARIN-CRUZ, J., GARCIA-FIGUEROA, E., MIRANDA-HERNANDEZ, M., GONZALA, I., "Electrochemical Treatments for Selective Growth of Different Calcium Carbonate Allotropic Forms on Carbonsteel", Universidad Autonoma Metropolitana, Departamento de Ouimeca. Apdo Postal 55-534, 05340, Mexico, D.F., Mexico, 2 July 2002.

[14] YANG, C. Y., HUNG, C. F., "Colon Cancer Mortality and Total Hardness Levels In Taiwan's Drinking Water", School of Public Health, Kaohsiung Medical College, 100 Shih-Chuan 1st RD, Kaohsiung, 80708 Taiwan.

[15] SAWYER, C. N., MCCARTY, P. L., "Chemistry for Sanitary Engineers", 2nd ed., NewYork, McGraw-Hill, Inc., 1967.

[16] Hao Wei, Qiang Shen, Ying Zhao, Dujin Wang and Duanfu Xu.: "Crystallization Habit of Calcium Carbonate In The Presence of Sodiumdodecyl Sulfate and/or Polypyrrolidone", State Key Laboratory of Polymer Physics and Chemistry, Joint Laboratory of Polymer Science and Materials, Center for Molecular Science, Institute of Chemistry, Chinese Academy of Sciences, Zhongguancun, Beijing, 100080, China, August, 2003.

[17] Truesdell, A. H., B. F. Jones WATES.: "A Computer Program for Calculating Chemical Equilibria of Natural Waters", PB 220464 Washigton, D.C., NTIS, US, Department of Commerce, 1973.

[18] Raymond D. Lettermand Technical Editor.: "Water Quality and Treatment a Handbook of Community Water Supplies", American Water Works Association, McGraw-Hill, Inc., 1999.

[19] DROSTE, R. L., "Theory and Practice of Water and Waste Water Treatment", s. 457, Bi-Comp. Ince. and Printed and Bound by Hamilton Printing Company USA, 1997.

[20] Türk Standartları Enstitüsü Verileri, "Sular- İçme ve Kullanma Suları"

[21] YANG, C. Y., CHIU, H. F., CHIU, J. F., CHENG, M. F., KAO, W. Y., "Gastric Cancer Mortality and Drinking Water Qualities In Taiwan", School of Public Health, Koohsiung Medical College, Kaohsiu Taiwan, Republic of China.

[22] <http://www.scalefigter.com/hardwhy.htm>

[23] DEDE, Ö. H., ALOSMAN, M., DEMİR, Z., "Application of Magnetical Treated Water In Ecological", VI. International Workshop on Magnetic Resonance ( spectroscopy, tomography and ecalogy ).

[24] ALOSMAN, M., DEMİR, Z, DEDE, Ö. H., ÇEREZCİ, O., "Suyun Magnetik Alan Yöntemiyle Arıtılması ve Tatbiği", XVI. Ulusal Kimya Kongresi, Selçuk Üniversitesi, Eylül, 2002.

[25] <http://www.evalast.net/>

[26] C. Gabritelli, G. Maurin, G. Poindessous, R. Rosset.: "Nucleation and Growth of Calcium Carbonate by an Electrochemical Scaling Process", UPR15 CNRS "Physique des Liquides et Electrochimie", Universite Pierre et Marie Cruie, Four 22,4 Place Jussieu, F-75252 Paris Cedex 05, France, July 1998.

[27] KÖKTÜRT, U., "Sıhhi Tesisat El Kitabı" Cilt II, s. 9-10.

[28] <http://www.telerehber.com/botes/suarit2.htm>

[29] IDEMANM, "Elektromanyetik Alan Teorilerinin Temelleri", Literatür Yayıncılık, İstanbul, 1996.

[30] DUMAN, H., "Ölçü Sistemleri ve Birimler Element ve Atom Enerji Şekilleri ve Birimleri Uzay, Evren ve Yıldız Sistemleri", s. 129, Acar Matbaacılık, İstanbul, 1993.

[31] John S. Baker and Simon S. Judd.: "Magnetic Amelioration of Scale Formation", School of Water Sciences, Cranfield University, Cranfield Beds. MK430AL, England, Available Online 29 April 1999.

[32] J. M. D. Coey, Stephen Cass.: "Magnetic Water Treatment", Physics Department, Trinity College, Dublin, Ireland.

[33] ] C. Gabretelli, R. Jaouhary, G. Maurin, M. Keddam.: "Magnetic Water Treatment for Scale Prevention", UPR15 CNRS "Physique des Liquides et Electrochimie", Universite Pierre et Marie Cruie, Tour 22,4 Place Jussieu, F-75252 Paris Cedex 05, France, First received 20 December 1999; accepted in revised form 12 December 2000.

[34] C. Smith, P. P. Coetzee and J. P. Meyer.: "The Effectiveness of a Magnetic Physical Water Treatment Device on Scaling In Domestic Hot-Water Storage Tanks", Department of Mechanical and Manufacturing Engineering, Rand Africoans University, PO Box 524, Auckland Park 2006, Johannesburg, South Africa.

[35] <http://www.cranfield.ac.uk/sims/water/magnets.htm>

[36] KUMBASAR, I., AYKOL, A., "Mineraloji", s. 379-397, İstanbul Teknik Üniversitesi Matbaası, Gümüşsuyu 1993.

[37] <http://www.mta.gov.tr/mineraller/aragonit.asp>

## ÖZGEÇMİŞ

1978 yılında İstanbul' un Nişantaşı ilçesinde doğan Ömer Hulusi DEDE, ilk, orta ve lise öğrenimini İstanbul' da tamamlamıştır. 1996 yılında girdiği Sakarya Üniversitesi Fizik Bölümü' nden 2000 yılında mezun olmuştur. 2001 yılında Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği yüksek lisans programına başlamıştır.

Kasım 2002 tarihinde Sakarya Üniversitesi Enformatik Bölüm Başkanlığı' nda Araştırma Görevlisi olarak göreve başlamıştır. Halen aynı kurumda görevine devam etmektedir.

İlgi duyduğu alanlar arasında, Arıtma Sistemleri, Katı Atıkların Kontrolü, Çevre Bilişim Teknolojileri ve İnternet Destekli Öğretim yer almaktadır. Ayrıca, sosyal ve kültürel faaliyetlere katılmayı da sevmektedir ve İngilizce bilmektedir.