

**T.C.  
MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI**

# **KİMYA TEKNOLOJİSİ**

**PROSES SUYU KONTROL  
524KI0172**

**Ankara, 2012**

- Bu modül, mesleki ve teknik eğitim okul/kurumlarında uygulanan Çerçeve Öğretim Programlarında yer alan yeterlikleri kazandırmaya yönelik olarak öğrencilere rehberlik etmek amacıyla hazırlanmış bireysel öğrenme materyalidir.
- Millî Eğitim Bakanlığınca ücretsiz olarak verilmiştir.
- PARA İLE SATILMAZ.

# İÇİNDEKİLER

AÇIKLAMALAR .....	ii
GİRİŞ .....	1
ÖĞRENME FAALİYETİ-1 .....	3
1. PROSES SUYU VE SAFLAŞTIRILMASI .....	3
1.1. Proses Suyunun Önemi ve Kullanıldığı Yerler .....	3
1.2. Sularda Sertlik .....	4
1.3. Endüstride Kullanılan Sudan Beklenen Özellikler .....	6
UYGULAMA FAALİYETİ .....	8
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME .....	11
ÖĞRENME FAALİYETİ-2 .....	12
2. KAZAN BESLEME SUYU .....	12
2.1. Kazan Besleme Suyunun Hazırlanması .....	12
2.1.1. Tortu ve Organik Maddelerin Sudan Çıkarılması .....	13
2.1.2. Mekanik Durulma .....	14
2.1.3. Kimyasal Durulma .....	14
2.2. Oksijen ve Karbon Dioksitin Giderilmesi .....	15
2.2.1. Mermer Yöntemi .....	18
2.2.2. Sönmüş Kireç Yöntemi .....	19
2.2.3. Magnezit Yöntemi .....	19
2.2.4. Magno Yöntemi .....	19
2.3. Su Saflaştırma ve Yumuşatma Yöntemleri .....	20
2.3.1. Çöktürme Yöntemleri .....	20
2.3.2. İyon Değişimi Yöntemleri .....	22
2.4. Deiyonize Su .....	26
2.4.1. Silis Giderme .....	27
UYGULAMA FAALİYETİ .....	28
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME .....	31
MODÜL DEĞERLENDİRME .....	32
CEVAP ANAHTARLARI .....	33
KAYNAKÇA .....	34

# AÇIKLAMALAR

<b>KOD</b>	<b>524KI0172</b>
<b>ALAN</b>	<b>Kimya Teknolojisi</b>
<b>DAL</b>	<b>Petrol – Petrokimya Ve Petrol-Rafineri</b>
<b>MODÜL</b>	<b>Proses Suyu Kontrol</b>
<b>MODÜLÜN TANIMI</b>	Bu modül; Suda sertlik, suda çözülmüş oksijeni giderebilme ile ilgili bilgilerin incelendiği öğrenim materyalidir.
<b>SÜRE</b>	40 / 24
<b>ÖN KOŞUL</b>	
<b>YETERLİLİK</b>	Kazan suyunun işlenmesini yapmak
<b>MODÜLÜN AMACI</b>	<b>Genel Amaç</b> Gerekli ortam sağlandığında kazan suyunun işlenmesini yapabileceksiniz. <b>Amaçlar</b> 1. Suda sertlik giderebileceksiniz. 2. Suda çözülmüş oksijeni giderebileceksiniz.
<b>EĞİTİM ÖĞRETİM ORTAMLARI VE DONANIMLARI</b>	<b>Ortam</b> Sınıf, atölye, laboratuvar, işletme, kütüphane, bilgi teknolojileri ortamı ( internet ) vb. kendi kendinize veya grupla çalışabileceğiniz tüm ortamlar. <b>Donanım</b> Kimya laboratuvarı deney materyalleri, mezür, hidrometre büreti, hidrometre şişesi, pipet, puar, beher, 3 ayak, ısıtma düzeneği, süzgeç kâğıdı, süzme düzeneği, piset, erlen.
<b>ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME</b>	Modülün içinde yer alan herhangi bir öğrenme faaliyetinden sonra, verilen ölçme araçları ile sizi değerlendirecektir. Öğretmen modül sonunda ölçme aracı (çoktan seçmeli test, doğru-yanlış testi, boşluk doldurma vb.) kullanarak modül uygulamaları ile kazandığınız bilgi ve becerileri ölçerek sizi değerlendirecektir.

# GİRİŞ

**Sevgili Öğrenci,**

Yaşamımızda su ne kadar önemli ise fabrikalarda da o kadar önemlidir. Kimya ağırlıklı fabrikalar kurulurken ilk dikkat edilen faktörden birisi de bölgenin su kaynaklarının mevcut durumudur. İçtiğimiz suyun özellikleri ve kalitesine ne kadar önemli ise proste kullanılan su da o kadar önemlidir.

Bu modülü başarıyla bitirdiğinizde işletmelerde suyun özelliklerini ve sudaki kalıcı sertliği, geçici sertliği ve sertlik bütünü öğrenerek uygulamalar yapacaksınız. Sudaki sertlik çeşitleri ile ilgili yapacağımız uygulamalardan sonra proses suundaki değişiklikleri gözlemleyerek suyun işlenmesinin önemini kavrayacaksınız.



# ÖĞRENME FAALİYETİ-1

## AMAÇ

Uygun ortam sağlandığında ve tekniğine uygun olarak suda sertlik giderebileceksiniz.

## ARAŞTIRMA

- Fabrikalarda kullanılan kazan suyunun kimyasal özelliklerini araştırınız.
- Sudaki sertlik giderme işleminin işletmelerdeki önemini araştırınız.

## 1.PROSES SUYU VE SAFLAŞTIRILMASI

### 1.1. Proses Suyunun Önemi ve Kullanıldığı Yerler

Su doğada en bol bulunan ve günlük hayatımızda en çok rastlanan bileşiklerden biridir. Atmosferde % 1-2 canlılarda ise daha büyük oranda bulunur. İnsan vücudunun % 65 i, bitkilerin % 90'ı sudur. Ayrıca birçok kaya ve minerallerin kimyasal yapılarında da bulunur. Nehir, göl ve deniz şeklinde yeryüzünün dörtte üçü sularla kaplıdır. Bu şekilde bakıldığında, yeryüzündeki mevcut suyun ne kadar çok olduğu, tüm insanların gereksinimlerini rahatça karşılayabileceği ve tükenmez bir kaynak olduğu düşünülebilir. Hâlbuki toplam su miktarının % 97,6'sı denizlerde bulunan tuzlu sulardır. Tuzlu suyun özellikleri insanların gereksinimlerini karşılama açısından uygun değildir. Karalardaki toplam su miktarı yeryüzünde mevcut suların % 2,4'ünü oluşturmaktadır.

Karalarda mevcut suyun teorik kullanılabilir tatlı su kapasitesi ancak karalardaki suyun % 10 kadardır. Bu miktar da yeryüzündeki toplam su potansiyelinin % 0,3'ü kadardır. Bu sonuç gelecekte artacak olan su gereksinimlerinin karşılanmasının giderek daha büyük boyutlarda sorunlar yaratacağını ortaya koymaktadır. O nedenle doğanın armağanı olan su kaynaklarının dikkatli kullanılması, su kirlenmesinde önleyici tedbirler alınması, atık su temizlenmesinde de daha fazla araştırma ve yatırımlara yer verilmesi gerekmektedir. Su saflaştırma ve atık su sorunları, şehirleşmenin en önemli problemlerinden biridir.

Kimya endüstrisinin hemen her dalında büyük oranda su kullanılmaktadır. Suyun kullanılacağı endüstri dalının istediği özelliklere uygun bir şekilde hazırlanması gerekmektedir.

Kimyasal maddeler üreten bir fabrika kurulurken, yer seçiminde üzerinde titizlikle durulması gereken noktalardan biri de su temini sorunudur. O yörede bulunacak suyun miktarı ve kalitesi çok önemlidir.



**Resim.1.1: Proses suyu kontrol sistemi**

Uygun bir su kaynağından yararlanamayan bir fabrika üretimine devam edemez. Bir fabrikada su, buhar kazanlarını beslemek için gerekli olduğu kadar, birçok süzme, yıkama vb. işlemlerde önemli bir rol oynar. Bu nedenle fabrikanın kurulacağı yer seçilirken, bu yerin fabrikayı bol bol besleyecek kadar su verebilen kaynaklar yanında veya bunlara yakın olması gerekmektedir. Bu durumda hem yeryüzü ve hem de yeraltı suları kullanılabilir. Yeraltı sularının sıcaklıkları yaz ve kış mevsimlerinde genellikle düşük olduğundan fabrikalarda soğutma suyu olarak kullanılması daha uygundur. Ancak yeraltı suları sert sulardır ve taş oluşumu ile ısı iletimini güçleştirir.

Su, bütün canlılar için çok gerekli bir maddedir. Susuz yaşam mümkün değildir. İnsan gıda almadan uzun süre yaşayabilir fakat su içmeden ancak birkaç gün yaşamını sürdürebilir. Bu yüzden içme ve kullanma suyu sürekli ve güvenilir bir şekilde temin edilmelidir.

Görülüyor ki suyun insan hayatında oynadığı rol son derece büyük ve önemlidir. Suyu bu alanlarda kullanırken daima kontrol altında bulundurmamak gerekir. Aksi halde faydaları yanında zararları daha da büyük olabilir.

## 1.2. Sularda Sertlik

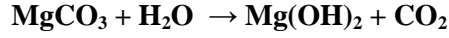
Bir suyun sertliği, içerisinde çözülmüş çok değerli metal iyonlarının sabunlarla çözünmeyen bileşikler meydana getirme özelliğidir. Suya sertlik veren en önemli iyonlar kalsiyum ve magnezyum iyonlarıdır. Sularda nadiren bulunan stronsiyum ve baryum iyonları da suya sertlik verir. Bu iyonlar suda bikarbonatları, sülfatları ve klorürleri şeklinde bulunur.

Fazla kireçli sular buhar kazanlarında kalsiyum sülfat, kalsiyum karbonat, kalsiyum hidroksit, kalsiyum silikat, magnezyum karbonat ve magnezyum hidroksit gibi ısı iletkenliği düşük maddelerin oluşumuna neden olur. Bu durum kazanlarının ömrünü kısaltmakta, tıkanmalara ve patlamalara neden olmaktadır. Her ne kadar sert suların değişik yöntemlerle sertlikleri giderilirse de ekonomik bakımdan daha az madde tüketimi gerektiren kireçsiz sular tercih edilmelidir. Pratik bakımdan, özellikle kalsiyum ve magnezyumun bikarbonatları ile sülfat ve klorürleri dikkate alınır. Bikarbonatların oluşturduğu sertliğe geçici sertlik veya karbonat sertliği denir. Çünkü bu sertlik suyu kaynatmakla giderilebilir:





Sıcaklığın artması ile karbon dioksidin doygunluk derişimi azalır ve kalsiyum karbonat çökelerek ayrılır.



Benzer şekilde reaksiyonlar meydana gelir. Bu reaksiyonlarda oluşan magnezyum hidroksitin çözünürlüğü magnezyum karbonatın çözünürlüğünden daha düşük olduğu için magnezyum hidroksit çökelerek ayrılır. Kalsiyum ve magnezyumun bikarbonat dışındaki tuzları, sülfatları, klorürleri vb. kaynatılmakla sudan ayrılamazlar. Bundan dolayı oluşturdukları sertliğe kalıcı sertlik veya karbonattan gelmeyen sertlik denir. Her iki sertliğin toplamına da sertlik bütünü adı verilir. Bir suyun sertliğini ölçebilmek için çeşitli standartlar saptanmıştır. Bunlara sertlik dereceleri adı verilir. Sertlik dereceleri şöyle tanımlanır.

- 1 Alman Sertlik Derecesi (1°D) = 10 g CaO / 1m<sup>3</sup> su veya 7,14 g MgO/ 1m<sup>3</sup> su
- 1 Fransız Sertlik Derecesi (1°F) = 10 g CaCO<sub>3</sub> / 1m<sup>3</sup> su
- 1 İngiliz Sertlik Derecesi (1°I) = 10 g CaCO<sub>3</sub> / 0,7 m<sup>3</sup> su = 14,28 g CaCO<sub>3</sub> / 1m<sup>3</sup> su

Bir sertlik birimi de eş değer gram/m<sup>3</sup> (edg/m<sup>3</sup>) tür. Sertlik oluşturan bileşiklerin 1 m<sup>3</sup> sudaki eş değer gram miktarıdır. Böylece 1 edg/m<sup>3</sup> sertlik = 2,8 °D(Alman Sertliği) veya 50 g CaCO<sub>3</sub>/m<sup>3</sup> sertliğe eşittir.

- **Sertlik dereceleri birbirine şöyle çevrilebilir:**
  - 1 Alman Sertlik Derecesi = 1,25 İngiliz Sertlik Derecesi
  - 1 Alman Sertlik Derecesi = 1,79 Fransız Sertlik Derecesi
  - 0,8 Alman Sertlik Derecesi = 1,00 İngiliz Sertlik Derecesi
  - 0,8 Alman Sertlik Derecesi = 1,43 Fransız Sertlik Derecesi
  - 0,56 Alman Sertlik Derecesi = 0,70 İngiliz Sertlik Derecesi
  - 0,56 Alman Sertlik Derecesi = 1,00 Fransız Sertlik Derecesi

Magnezyum tuzlarında ekivalent miktar CaO ile ifade edilebilir. Bir Alman sertlik derecesi 7,14 mg/L MgO'ye eşittir. Aşağıda sertlik derecelerine göre suyun durumu verilmiştir.

Sertlik Bölümü		Suyun Durumu
Alman Derecesi	Fransız Derecesi	
0-4	0-7,2	Çok Tatlı
4-8	7,2-14,5	Tatlı
8-12	14,5-21,5	Orta Tatlı
12-18	21,5-32,5	Oldukça Acı
18-30	32,5-54,0	Çok Acı

**Tablo 1.1: Sertlik derecelerine göre suyun durumu**

Sularda sertliği oluşturan tuzlardan başka sodyum tuzları, silisyum dioksit, alüminyum, demir ve mangan tuzları da bulunabilir. Bunların dışında sularda süspansiyon halinde yabancı maddeler yani bulanıklık veren maddeler, renklendiriciler ve çözülmüş gazlar da bulunabilir.

Bu gazlardan karbon dioksit çoğunlukla bağlı karbon dioksit yani bikarbonat, oksijen, azot ve kükürtlü sularda da hidrojen sülfür bulunabilir. Çok acı sular sağlık bakımından zararsız oldukları halde lezzetsiz olup kullanılmaya uygun değildir.

### 1.3. Endüstride Kullanılan Sudan Beklenen Özellikler

Doğada kimyaca saf bir suya rastlamak mümkün değildir. En saf su yağmur suyudur. Yağmur suları da havadaki gazları çözünürlükleri oranında çözerek içlerinde bulundurur. Sanayi bölgelerine yağın yağmur sularında sodyum klorür ve sülfürik asit gibi bileşiklere de rastlanır. Toprak üzerine düşen sular toprak tabakalarını çözerek, kalsiyum, magnezyum v b. bileşiklerini içlerine alır. Bu nedenle su endüstride kullanılmadan önce hazırlanmalıdır. Her sanayi dalının kullandığı su miktarı ve bu sudan beklediği özellikler farklıdır. Tablo 1.2’de değişik sanayi dallarında tüketilen su miktarları görülmektedir.

Sanayi Dalı	Birim	Miktarı (1 su/birim)
Alkol	L	100
Alüminyum	Kg	320
Sabun	Ton	2000
Kâğıt Hamuru	Ton	40000
Sülfür Hamuru	Ton	360000
Kraft Kâğıdı	Ton	360000
Çimento	Ton	3000
Kok	Ton	14400

**Tablo1.2: Değişik sanayi dallarında tüketilen su miktarları**

Bira sanayinde şehir suyu kullanıldığı zaman, bu suyun içerisinde biranın lezzetine etki edecek tuzlar bulunabilir. Bütün karbonatlar meyşenin asit derecesini azaltır, diğer tuzlar özellikle de kalsiyum sülfat artırır.

Açık renk bira üretiminde kalsiyum sülfat iyi etki eder. Fakat böyle bir su ile koyu renkli bira elde edilemez. Demir ve mangan tuzları da biranın rengini bozar. Nişasta

fabrikasyonunda kullanılan su mikropsuz olmalı, organik madde, demir ve mangan içermemelidir. Satılabilir nişastanın külü % 0,5'ten az olmalıdır. Şeker fabrikaları mikropsuz, organik maddesiz ve mümkün olduğu kadar az tuz içeren bir su ister. Özellikle nitrat, sülfat ve alkali karbonatlar şekerin kristalleşmesini güçleştirir.

Suni buz üretiminde kullanılan su, içme suyu kalitesinde olmalıdır. Fazla tuz bulunması suyun donma noktasını düşürür. Ayrıca çözülmüş gazların varlığı buzda gaz kabarcıkları meydana getirir. Bu durum buzun bulanık görünmesine ve dayanıklılığının azalmasına neden olur.



**Resim.1.2: Proses suyunun işlenmesi**

Süt, yağ ve peynir fabrikalarında kullanılan suya içme suyundan daha fazla itina edilmelidir. Her şeyden önce kullanılacak suyun zararlı ve zararsız mikroplardan arındırılması gerekmektedir. Ayrıca suyun demir ve mangan içermemesi, tuz ve çözülmüş gazların az olması gerekmektedir. Kauçuk sanayii klorürleri, özellikle vulkanizasyonu güçleştirdiği için magnezyum klorürü az bir su ister. Kâğıt sanayinin su gereksinimi çok fazladır. Kullanılacak suyun yumuşak, demir ve mangansız bir su olması gerekir. Suda magnezyum klorürün varlığı kâğıdın sararmasına ve dayanıklılığının azalmasına neden olduğu için istenmez.

Tekstil sanayii sertliği ve tuzu az, berrak, demir ve mangansız bir su kullanır. Aksi halde bu maddeler tekstil elyafı üzerinde boyalarla istenmeyen çökeltiler oluşturur.






Anorganik sanayi suyu çözücü olarak kullanır. Bu nedenle suyun çok temiz, bazı durumlarda destillenmiş olması gerekir.






Görüldüğü gibi endüstrinin çeşitli dallarında su, değişik amaçlarla değişik oranlarda kullanılmaktadır. Son yıllarda suyun tekrar kullanımı yaygınlaşmakta ve birçok yörede saflaştırılmış atık sular, doğal sulardan daha iyi kalitede olmaktadır. Suyun sanayide tekrar kullanımı kimyasal, ısıl ve biyolojik kirlenmeyi azaltır. Su saflaştırma işlemleri suyun kullanılacağı amaca uygun bir duruma getirilmesi işlemidir. Bu da uzmanlaşmış kişiler tarafından yapılmalıdır.

## UYGULAMA FAALİYETİ

Suda Sertlik Gideriniz

**Deneyde kullanılacak malzemeler:** Mezür, Hidrometre büreti , Hidrometre şişesi , Pipet

İşlem Basamakları	Öneriler
<p>➤ Numune suyunuzu hazırlayınız.</p> 	<p>➤ Önlüğünüzü giyiniz.</p> <p>➤ Çalışma ortamını düzenleyiniz.</p> <p>➤ Temiz ve titiz çalışınız.</p>
<p>➤ Hidrometre şişesine 40 ml numune su alınız.</p> 	<p>➤ Suyun etrafa sıçramamasına dikkat ediniz.</p>
<p>➤ Pipete hazır sabun çözeltisi alınız.</p> 	<p>➤ Sabun çözeltisinin etrafa sıçramamasına dikkat ediniz.</p>
<p>➤ Pipetten hidrometre büretine sabun çözeltisi doldurunuz.</p> 	<p>➤ Sabun çözeltisinin hidrometre büretinin sıfır noktasına kadar dolduğundan emin olunuz.</p>
<p>➤ Hidrometre büretinden hidrometre şişesine damla damla sabun çözeltisi ilave ediniz.</p> 	<p>➤ Sabun çözeltisinin hidrometre şişesine damla damla boşalmasına dikkat ediniz.</p>

<p>➤ Hidrometre şişesini çalkalayınız.</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Hidrometre şişesini çalkalarken sıkıca kavrayınız.</li> <li>➤ Cam deney malzemeleri ile çalışırken dikkatli olunuz.</li> </ul>
<p>➤ Hidrometre şişesinde 1 cm. köpük oluşuncaya kadar sabun çözeltisi ekleyerek şişeyi çalkalayınız.</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Cam deney malzemeleri ile çalışırken dikkatli olunuz.</li> <li>➤ Sabun çözeltisini etrafa sıçratmayınız.</li> <li>➤ Hidrometre şişesinde 1 cm köpük olduğundan emin olmak için gözle de kontrol ediniz.</li> </ul>
<p>➤ Hidrometre büretinden harcanan sabun çözeltisi miktarını okuyunuz.</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Hidrometre büretinden harcanan sabun çözeltisinin miktarından emin olunuz.</li> </ul>
<p>➤ Malzemelerinizi temizleyip teslim ediniz.</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Kullanılan araç gereci temizleyip yerine kaldırınız.</li> <li>➤ Alacağımız kabın temiz ve kuru olmasına dikkat ediniz.</li> </ul>
<p>➤ Rapor hazırlayınız.</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Deney uygulaması sırasında almış olduğunuz notlardan faydalanarak raporunuzu yazarak teslim ediniz.</li> </ul>

## KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanamadığınız beceriler için **Hayır** kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. Laboratuvar önlüğünüzü giydiniz mi?		
2. Laboratuvar güvenlik kurallarına uydunuz mu?		
3. Çalışma ortamınızı hazırladınız mı?		
4. Kullanılacak malzemeleri temin ettiniz mi?		
5. Numune suyunuzu hazırladınız mı?		
6. Hidrometre şişesine 40 ml numune su aldınız mı?		
7. Pipete hazır sabun çözeltisi aldınız mı?		
8. Pipetten hidrometre büretine, sabun çözeltisi doldurdunuz mu?		
9. Hidrometre büretinden, hidrometre şişesine damla damla sabun çözeltisi ilave ettiniz mi?		
10. Hidrometre şişesini çalkaladınız mı?		
11. Hidrometre şişesinde 1 cm köpük oluşuncaya kadar sabun çözeltisi ekleyerek şişeyi çalkaladınız mı?		
12. Hidrometre büretinden harcanan sabun çözeltisi miktarını okudunuz mu?		
13. Malzemelerinizi temizleyip teslim ettiniz mi?		
14. Rapor hazırladınız mı?		

## DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda “**Hayır**” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız “**Evet**” ise “Ölçme ve Değerlendirme” ye geçiniz.

## ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.

1.  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{CO}_2 + \dots\dots\dots$  reaksiyonundaki boşluğa ne gelmelidir?  
A)  $\text{CO}_2$                       B)  $\text{HCO}_3$                       C)  $\text{CO}_3$                       D)  $\text{H}_2\text{O}$
2. Bikarbonatların oluşturduğu sertliğe ne denir?  
A) Geçici sertlik  
B) Kalıcı sertlik  
C) Normal sertlik  
D) Kimyasal sertlik
3. Aşağıdakilerden hangisi doğrudur?  
A) 1 Alman Sertlik Derecesi = 1,25 İngiliz Sertlik Derecesi  
B) 1 Alman Sertlik Derecesi = 1,79 İngiliz Sertlik Derecesi  
C) 1 Alman Sertlik Derecesi = 1,00 İngiliz Sertlik Derecesi  
D) 1 Alman Sertlik Derecesi = 1,43 İngiliz Sertlik Derecesi
4. Ayarlı sabun çözeltilisinde suda sertlik nasıl ölçülür?  
A) Sudaki bütün iyonlar çöktürülerek    B) Su buharlaştırılarak  
C) Suya kimyasallar eklenerek                      D) Saf su çeşme suyuyla karıştırılarak
5. Magnezyum tuzlarında ekivalent miktarın ifade edilme biçimi aşağıdakilerden hangisidir?  
A)  $\text{HCO}_3$                       B)  $\text{CaO}$                       C)  $\text{MgO}$                       D)  $\text{H}_2\text{O}$
6. En saf su aşağıdakilerden hangisi kabul edilebilir?  
A) Yağmur suyu  
B) Kimyasal su  
C) İçme suyu  
D) Proses suyu

Aşağıdaki cümlelerde boş bırakılan yerlere doğru sözcükleri yazınız.

7. Suni buz üretiminde kullanılan su, .....kalitesinde olmalıdır.
8.  $\text{MgCO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \dots\dots\dots$

## DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.

# ÖĞRENME FAALİYETİ-2

## AMAÇ

Uygun ortam sağlandığında, standartlara uygun suda çözülmüş oksijeni giderebileceksiniz.

## ARAŞTIRMA

- Kazan besleme suyunun önemini araştırınız
- Sudaki sertliği etkileyen faktörleri araştırınız

## 2. KAZAN BESLEME SUYU

### 2.1. Kazan Besleme Suyunun Hazırlanması

Su, endüstrinin tüm dallarında, fabrikalarda enerji üretimi için buhar kazanlarında kullanılmaktadır. Suda bulunan yabancı maddeler korozyona neden olarak ya kazana doğrudan doğruya etki eder veya kazan taşı oluşturarak dolaylı olarak zarar verir. Yüksek basınçlarda su buharı elde etmek için kullanılacak suyun son derece iyi saflaştırılmış olması gerekir.

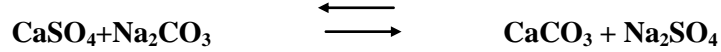
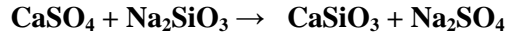
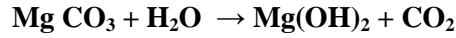


**Resim.1.1: Proses suyunun kazanlarda işlenmesi**

Kazana doğrudan doğruya etki eden maddeler oksijen ve asidik reaksiyon gösteren maddelerdir. Örneğin organik asitler, sülfatların ve klorürlerin, özellikle magnezyum sülfat ve klorürün hidrolizi ile oluşan sülfürik asit ve hidroklorik asitlerdir. Bu nedenle magnezyum tuzları kazan için çok zararlıdır. Kazana dolaylı zarar veren maddeler ise mekanik kirlere, yağlar ve kazan taşı oluşumudur. Bunlar kazan kenarlarına yapışarak ısı iletimi zayıf olan bir tabaka oluştururlar. Suda çözülmüş maddelerin çoğu kazan taşı oluşumuna neden olur. Taş ya da çamur halinde kazanın dibinde toplanır.



Bu taşın bileşimi kalsiyum karbonat, kalsiyum sülfat ve kalsiyum silikat ile magnezyum karbonat, silikat ve hidroksitlerinden ibarettir. Kazan taşının ısı iletkenliği çok kötü olduğundan aşırı ısınan kazan çeperinde taşın çatlaması sonucu kazan patlamaları meydana gelir. Suda bulunan çözünmüş tuzların çözünürlük çarpımı, kazandaki suyun ısınması ve buharlaşması ile aşılarak çöktürmeler yani kazan taşı meydana gelir. Bu çöktürmelere ilişkin kimyasal reaksiyonlar, şöyle yazılabilir:



Bir buhar kazanının arızasız çalışabilmesi için kazanda kullanılacak suyun tortusuz olması gerekir. Anorganik ve organik çözünmüş ve kolloidal maddeleri içermemesi gerekir. Oksijen ve serbest karbon dioksidin tamamen sudan çıkarılması gerekir. Kazantaşı ve çamur oluşumuna neden olacak tüm çözünmüş maddelerin sudan çıkarılması gerekmektedir.

Doğada kimyaca saf bir suya rastlamak mümkün değildir. Her doğal su, az veya çok kazana zarar verici maddeleri içermektedir. Bu maddeler suyun içerisinde çözünmüş veya süspansiyon halinde bulunur. Anorganik veya organik orijinlidir. Bunlar katı veya sıvı maddeler veya çözünmüş gazlar olarak sularda bulunur. Bu maddelerin cins ve miktarı, suyun kullanılacağı yeri ve kullanım amacını tayinde önemlidir. Yabancı maddeleri içeren bir su kazan beslemesinde kullanılamaz.

➤ **Kazan besleme suyu aşağıda anlatılan üç basamakta hazırlanır:**

- Tortu ve organik maddelerin sudan çıkarılması
- Oksijen ve karbon dioksidin giderilmesi
- Sertliğin giderilmesi

### 2.1.1. Tortu ve Organik Maddelerin Sudan Çıkarılması

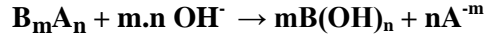
Suyun içerdiği yabancı maddeleri gidermek için bazı durumlarda süzmek yeterli olabilir. Ancak bu işlem su miktarı az olduğu zaman uygulanabilir. Büyük hacimlerde su süzülürken filtreler çabuk kirlenecek ve işlem masraflı olacaktır. Bunun için suyun önce durultulması gerekir. Kullanılan büyük durultma havuzlarında suyun hızı azaltılarak bulanıklık oluşturan maddelerin kendi ağırlığı ile çökmesi sağlanır. İşlem mekanik durulmadır. Mekanik durulmanın yeterli olmadığı durumlarda ise kimyasal madde ilavesiyle kimyasal durultma işlemi uygulanır.

## 2.1.2. Mekanik Durulma

İşlemede, derinliği 2-5 m olan büyük durultma havuzları kullanılır. Havuzların boyutu suyun bulanıklığına ve taneciklerin büyüklüğüne bağlıdır. Havuza giren suyun hızı 2-10 mm/s olacak şekilde azaltılır. Tanecikler spesifik ağırlıklarına ve büyüklüklerine göre çabuk veya yavaş olarak dibe çöker. İşlem suyun taşıdığı maddenin cins ve miktarına göre, 4-24 saat arasında tamamlanır. Havuzlar devamlı veya kesikli olarak çalışır. Böylece iri parça halindeki kirliliklerin % 60-70 i sudan ayrılır.

## 2.1.3. Kimyasal Durulma

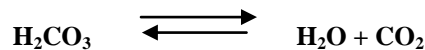
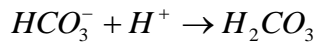
Kirliliklerin tane iriliği çok küçük olduğu zaman, mekanik durulma yeterli olmayabilir. O zaman suya kimyasal madde ilave edilerek suda çöküntü oluşturulur. Bu çöküntüler ince taneleri absorbe ederek birlikte sürükler. Kimyasal işlemede suya bulanıklık veren genellikle kolloid bünyede olan bu maddelerin çoğu negatif elektrik yüklüdür. O halde, oluşan çöküntü tanelerinin yükü pozitif olmalıdır. Böylece çöküntü ve kolloid taneleri birleşerek sudan ayrılır. En çok kullanılan kimyasal maddeler alüminyum ve demir tuzları ile kireçtir. Şap ve ferri sülfat gibi koagulantlar kullanılarak bulanıklık yapan böyle maddeleri ekonomik olarak yumaklaştırmak olasıdır. Bu maddeler suyun alkaliliği ile birleşerek hidroksitleri oluştururlar.



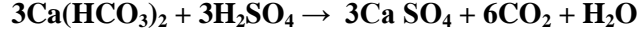
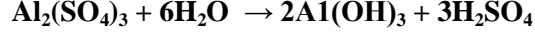
Oluşan hidroksitler suda çözünmez. O nedenle pıhtılaşır ve sudan ayrılır. Çoğu hidroksitlerin izoelektrik noktaları da normal pH sınırları içine düştüğünden pıhtılar birbiri ile birleşerek yumakçıkları (fokları) meydana getirir. Koloidal taneler polielektrolitler ilave edilerek de koagüle edilebilirler. Polielektrolitler yüksek molekül ağırlıklı, uzun zincirli organik polimerlerdir. Zincir yapının uzunluğu boyunca iyonize olabilecek birçok alanları mevcuttur. Polielektrolitler kolloide ilave edildikleri zaman iyonize olabilecek kısımlar ayrışarak polimer üzerinde bir yük oluştururlar. Bu yükün işareti polielektrolitin cinsine bağlıdır. Elektrik yükü ile yüklenen kısımlar aksi yüklü koloidal taneleri kendilerine doğru çeker. Böylece iri foklar meydana gelir. Özellikle katyonik polielektrolitler içme suyu temizlenmesinde çok kullanılmaktadır. Kimyasal madde ilavesiyle yapılan koagülasyonda, kimyasal madde, örneğin alüminyum sülfat, sudaki karbonat sertliğine etki etmektedir. Suya alüminyum sülfat ilave edildiğinde,



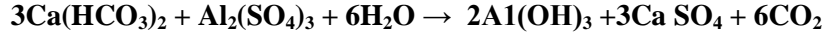
reaksiyonu gereği oluşan  $H^+$  iyonları suyun pH'ını düşürür, ondan sonra daha fazla alüminyum hidroksit meydana gelmez. Bunu engellemek için fazla  $H^+$  iyonlarının sudan alınması gerekir. Suda mevcut bikarbonatlar bu yönden tampon görevi görerek pH'ın düşmesini önlerler. Yani



Bu reaksiyonları daha açık olarak yazmak mümkündür:

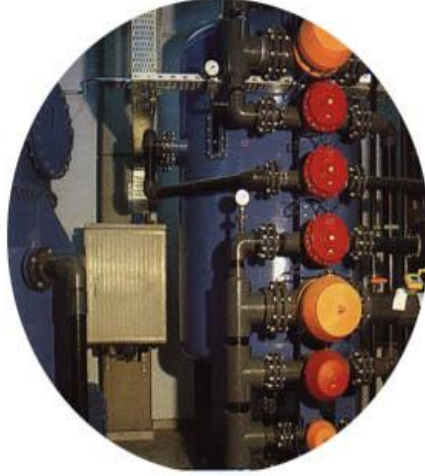


Toplam reaksiyon ise



şeklinde olur.

Burada karbonat sertliğinin bir kısmı sülfat sertliğine dönüşmüş oluyor ki bu kimyasal koagülasyonun küçük bir sakıncasıdır. Koagülant olarak demir III sülfat, demir III klorür, demir II sülfat, şap  $\text{K}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 24 \text{H}_2\text{O}$  ve kireç kullanılabilir.



**Resim.1.4: Filtrasyon sistemi**

Alüminyum tuzlarının çökmesi için suyun pH'ı yaklaşık 5-9, demir tuzları için 3-13 arasında olmalıdır. pH 5,8-7,5 arasında yapılan çalışmalarda, çöküntü süzildükten sonra süzüntüde alüminyum katyonları bulunmamış, bu sınırlar dışında çalışıldığı zaman ise suda çözünmüş alüminyum bileşiklerine rastlanmıştır. Suyun pH'ı kimyasal durulmayı gerçekleştirmek için uygun değilse bir miktar kireç sütü veya sodyum hidroksit ilave edilmelidir. Çökme olayı üzerine sıcaklığın olumlu etkisi vardır. Örneğin 2°C sıcaklıkta bir suda çökme iki saatte meydana geldiği halde, aynı olay 16 °C sıcaklıkta bir suda bir saatte meydana gelmektedir. Bu işlemden demir ve alüminyum tuzları suya % 2- 5'lik çözeltiler şeklinde ilave edilir. Oluşan çöküntüler uygun bir filtre yardımıyla sudan ayrılır.

## 2.2. Oksijen ve Karbon Dioksitin Giderilmesi

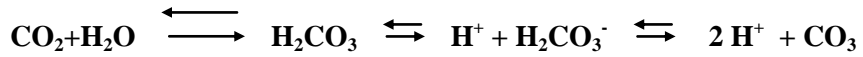
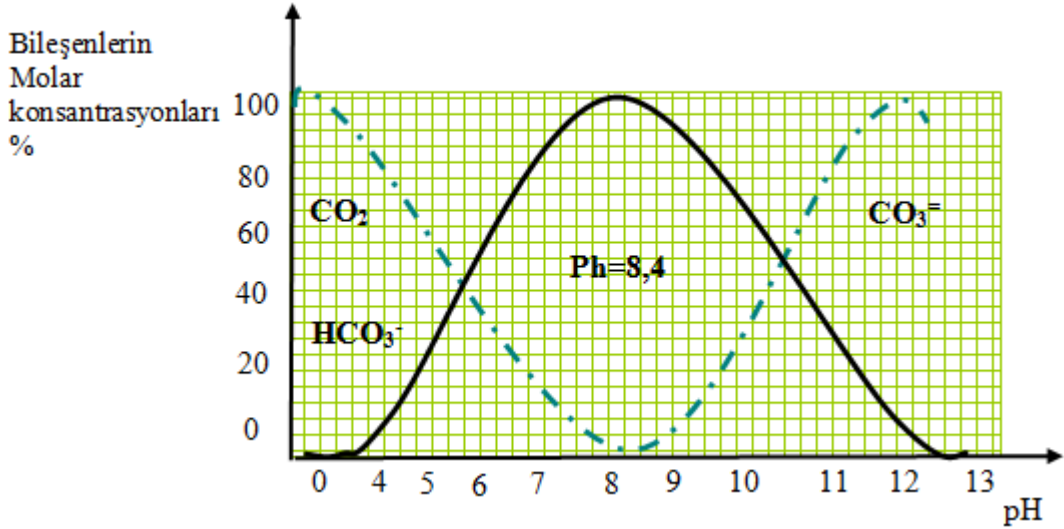
Yeraltı sularında oksijen hemen hemen hiç yoktur. Buna karşın yüzey suları atmosferle devamlı temas halinde olduğundan, oldukça yüksek konsantrasyonlarda oksijen

içermektedir. Sularda çözülmüş oksijenin varlığı metal korozyonunu hızlandırır. Bu nedenle buhar kazanlarının besleme suyundan kesinlikle çıkarılmalıdır.

Karbon dioksit bütün doğal sularda mevcuttur. Yüzeysel sularında bir kaç mg/l, buna karşın yeraltı sularında daha yüksek konsantrasyonlarda bulunur.

Suyun pH' ı üzerinde serbest karbon dioksit veya bağlı karbon dioksitin, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> veya CO<sub>3</sub><sup>=</sup> iyonları şeklinde etkisi vardır.

Bu etki Grafikte görülmektedir. Grafikte görüldüğü gibi pH < 4,5 olduğu zaman suda bikarbonat iyonları yoktur ve bütün karbon dioksit çözülmüş haldedir. Hâlbuki pH 8,4 te suda yalnız bikarbonat iyonları vardır. pH > 10,5 olduğu zaman suda yalnızca karbonat iyonları bulunur. Sudaki CO<sub>2</sub>, CO<sub>3</sub><sup>=</sup> ve HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> iyonları arasında CO<sub>2</sub> - dengesi diye isimlendirilen bir denge vardır.

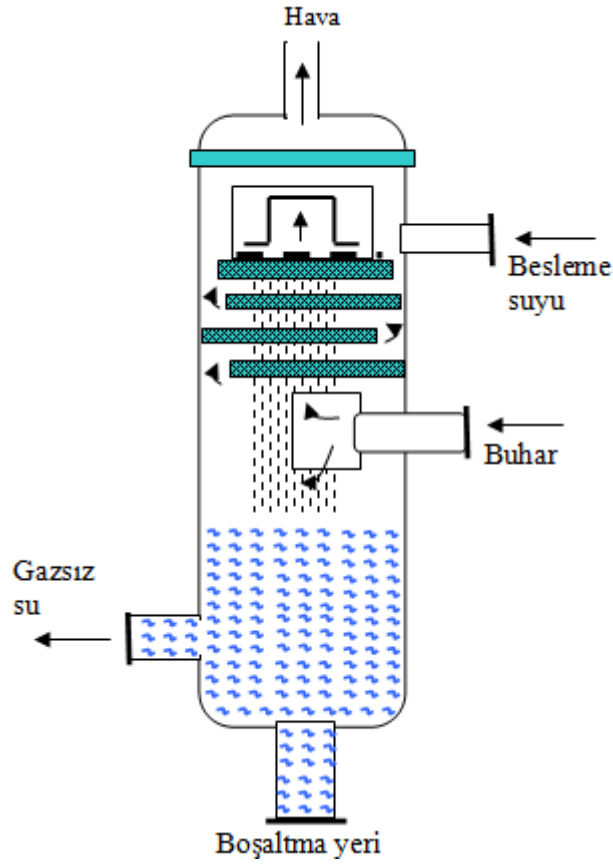


Sulu çözeltilerde, bu bileşikler aşağıdaki reaksiyonla tanımlanan dinamik bir denge içindedir:



Karbon dioksit derişimi yüksek olan sular kalsiyum karbonata, beton ve harca aşındırıcı etki yapar, metallerin elektrokimyasal korozyonunu hızlandırır. Bu nedenle kazan besleme suyundan çıkarılmalıdır.

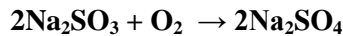
Oksijen ve karbon dioksitin sudan çıkarılması mekanik, kimyasal ve termik yöntemlerle yapılır. Suyu havalandırmak veya büyük yüzey meydana getiren maddeler üzerinden akıtmak suretiyle karbon dioksit gazı giderilebilir. Fakat o zaman suda çözülmüş oksijen miktarı artar. Bunu engellemek için işlem vakumda yapılır veya kazan besleme suyundan termik yöntemle oksijen ve karbon dioksit giderilir.



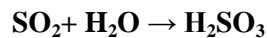
**Şekil 2.1: Termik yöntemlerle sudan oksijen ve karbon dioksidin giderilmesi**

Yukarıda görülen cihazda su yukarıdan akıtılırken alt taraftan sıcak buharla kaynama sıcaklığına kadar ısıtılır. Gazların sudaki çözünürlüğü sıcaklığın artması ve basıncın düşmesi ile azaldığından vakum uygulanarak düşük sıcaklıkta gazı gidermek mümkündür. Adı basınçta en iyi sonuç 100 °C’de alınır. 0,1 atm basınçta ise karbon dioksit sudan 40 °C ‘de tamamen ayrılır.

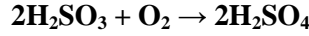
Termik yöntemle sudaki oksijen 0,1 mg/l ’ ye kadar düşürülebilir. Ancak bu değerin yüksek basınçlı kazanlarda daha da düşük olması gerekir. Bunun için kimyasal yöntemler kullanılır.  $H_2SO_3$ ,  $Na_2SO_3$ ,  $NaHCO_3$ , pirogallik asit vb. oksijen bağlayıcı olarak kullanılabilir. Ayrıca su demir talaşları üzerinden geçirilirse, demir yükseltgenerek su oksijenden temizlenir. Kimyasal yöntemlerin esas olarak kullanılan reaktif ile çözünmüş gazın reaksiyona girmesidir. Örneğin, sudan oksijenin giderilmesi için suya ilave edilen sodyum tiyosülfat çözünmüş oksijen ile sodyum sülfata dönüşür.



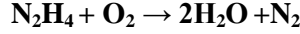
Kükürt dioksit kullanıldığında önce sülfüroz asit oluşur.



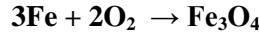
Oluşan asit çözünmüş oksijen tarafından sülfürik aside oksitlenir.



Sudan hemen hemen tamamen oksijeni gideren reaktif hidrazin hidrattır. Hidrazin çözünmüş oksijeni bağlayarak inert bir gaz olan azot açığa çıkar.



Sudan oksijen giderilmesi için kullanılan yöntemler arasında demir-çelik yongaları içeren filtreler oldukça geniş kullanım alanı bulmuştur. Bunun için su demir yongaları içeren bir yataktan geçirilerek filtrelendir. O anda suda mevcut oksijen



Reaksiyonu gereğince demir ile bağlanarak sudan ayrılır. Deoksijenasyon için su ve yongalar arasında istenen temas müddeti 1,5–2 dakika kadardır. Bir kilogram oksijenin giderilmesi için 5 kg demir yongasına gereksinim vardır. Yongalar 6-12 ay ara ile yenilenir.

Suyun oksijeninin giderilmesinde en etkili yöntem kimyasal yöntemdir fakat çok pahalıdır. O nedenle sudaki çözünmüş oksijen önce degazörlerde fiziksel olarak giderilir. Geriye kalan oksijen ise kimyasal yöntemle sudan çıkarılır.



**Resim2.1:Degazör**

Degazör Sistemleri, su içerisindeki karbondioksit (CO<sub>2</sub>) ve hidrojen sülfür (H<sub>2</sub>S) gibi eriyik gazların giderilmesi amacıyla kullanılmaktadır. Su içerisinde bulunan eriyik gazların giderimi için su, degazörün en üst kısmındaki dağıtım difüzöründen üniteye giriş yapar. Su, degazörün üst kulesine doldurulmuş olan halkalarla temas ederek aşağı doğru süzülür. Aşağı doğru süzülürken aşağıdan yukarıya degazör fanının sağladığı hava verilerek suyun hava ile teması sağlanır. Hava suyun içerisindeki çözülmüş gazları bünyesine alır ve uçurur. Böylece ters akış prensibi ile suyun içerisindeki gazlar giderilmiş olur. Arıtılan su degazörün alt kısmında depolanır.

Kimyasal yöntemle sudan karbon dioksitin giderilmesinde ilke, serbest karbon dioksitin kimyasal bir şekilde bağlanarak ortamdaki uzaklaştırılmasıdır. Bunun için uygulanan yöntemler şunlardır:

### **2.2.1. Mermer Yöntemi**

Su mermer parçaları dolu olan kulelerden akıtılır. Bu durumda suda mevcut karbon dioksit.

$\text{CaCO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  reaksiyonu gereğince bikarbonat şeklinde bağlanır.

Yalnız bağlanan her 44 mg karbon dioksit karşın suyun sertliği 5,6 Alman sertlik derecesi artar. Bu nedenle yöntem karbonat sertliği az olan sulara uygulanmalıdır.

### 2.2.2. Sönmüş Kireç Yöntemi

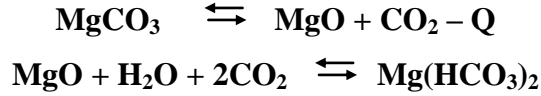
En eski karbon dioksit giderme yöntemlerinden biridir. Yöntemde sönmüş kireç, kireç sütü veya kireç toz olarak kullanılabilir. Reaksiyon



Bu yöntemde 44 mg karbon dioksit karşın suyun sertliği 2,8 Alman sertlik derecesi artar. Giderilen aynı karbon dioksit miktarına karşın suyun sertliği mermer yönteminin yarısı kadar artmıştır. Bu nedenle sertliği yüksek olan sulara mermer yöntemine tercih edilir.

### 2.2.3. Magnezit Yöntemi

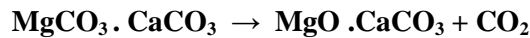
Yöntemde kullanılacak magnezit % 20-30 bağlı karbon dioksit içerir. Bu madde 800-1000°C den yüksek olmayan sıcaklıklarda pişirilmelidir.



Böylece pişirilmiş magnezit parçaları içeren kulelerden geçirilen suyun karbon dioksiti bikarbonat şeklinde bağlanır ve su dengeye gelir. Yöntem çok sert sulara uygulanabilir. Ancak suyun magnezyum sertliği artar. Birçok sanayi dalı bunu istemez.

### 2.2.4. Magno Yöntemi

Bu yöntemde serbest karbon dioksit, suyu 450°C'de pişirilmiş dolomit üzerinden geçirilerek giderilir.



Elde edilen pişirilmiş dolomit, MgO. CaCO<sub>3</sub>, sudaki serbest karbon dioksidi



Yöntem mermer ve magnezit yönteminin birlikte uygulanmasından ibarettir. Bu yöntemlerden başka önerilen diğer yöntemlerden biri suyu magnezyum alaşımları veya magnezyum talaşları üzerinden geçirmektir. Bu durumda oluşan reaksiyon



Soda ve sodyum hidroksit ile de suyun asitliği giderilebilir. Ancak bu yöntem fevkalade hallerde uygulanır. Son zamanlarda sudan, serbest karbon dioksit deaeratörler kullanılarak giderilmektedir.

## 2.3. Su Saflaştırma ve Yumuşatma Yöntemleri

Suyun saflaştırılması ve yumuşatılması, suyun kullanılacağı alana uygun bir duruma getirilmesi işlemlerini kapsamaktadır. Deiyonizasyon, suda bulunan iyonların, sırasıyla katyonik ve anyonik reçine ihtiva eden kolonlardan geçirilerek, sudan giderilmesiyle suyun saflaştırılması işlemine verilen isimdir. Literatürde deiyonizasyon ve demineralizasyon terimi eş anlamlı olarak kullanılmaktadır. Deiyonizasyon ile suyu %99 oranında saflaştırmak mümkündür. Suyun karakterine bağlı olarak istenilen iletkenlik değerine ulaşmak ve suyu %100 oranında saflaştırmak için, katyonik ve anyonik reçine ihtiva eden kolonlardan çıkan suyu mixbed reçine ihtiva eden kolondan geçirmemiz gerekir.

Deiyonizasyon işleminde su, önce H formunda katyonik reçine ihtiva eden kolondan geçirilerek, pozitif yüklü iyonlar hidrojen (H+) iyonu ile yer değiştirir. Daha sonra OH formundaki anyonik reçine ihtiva eden kolondan geçirilerek, sudaki negatif yüklü iyonlar hidroksit (OH<sup>-</sup>) iyonu ile yer değiştirir. Böylece su içindeki iyonlar H<sup>+</sup> ve OH<sup>-</sup> iyonları ile yer değiştirir.

Suyun yumuşatılması, suya sertlik veren iyonların tamamen veya kısmen giderilmesi, suyun saflaştırılması ise suda bulunan organik maddelerin ve mikroorganizmaların uzaklaştırılması işlemlerini içine alır. Suyun sertliği, çöktürme ve iyon değişimi yöntemleri ile giderilir. Bu yöntemlerde kendi aralarında gruplara ayrılır.

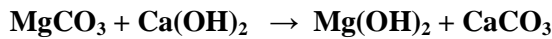
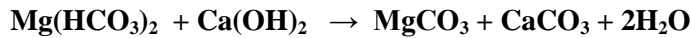
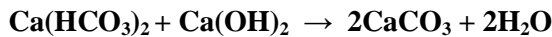
### 2.3.1. Çöktürme Yöntemleri

Çöktürme yöntemleri üç ana başlıkta toplayabiliriz

#### ➤ Kireç-Soda Yöntemi

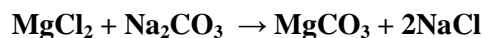
Su sertliğinin giderilmesinde en çok kullanılan ve uzun süredir önemini koruyan bir yöntemdir. Bu yöntemde geçici sertlik Ca(OH)<sub>2</sub> ve kalıcı sertlik Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> ile giderilir. Oluşan reaksiyonlar şöyle gösterilebilir:

Geçici sertlik;

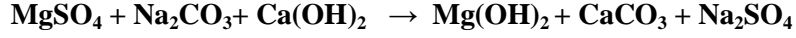
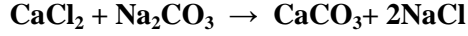
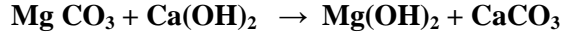


Magnezyum karbonatın çözünürlüğü magnezyum hidroksitten daha fazla olduğu için böyle bir ortamda magnezyum, hidroksiti şeklinde çökerek ortamdandır ayrılır.

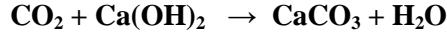
Karbonat dışı, kalıcı sertlik ise aşağıdaki reaksiyonlar gereği çöktürülerek giderilir.







Sudaki serbest karbon dioksitte bu ortamda aşağıda yazılmış reaksiyon gereğince bağlanır.



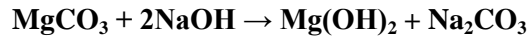
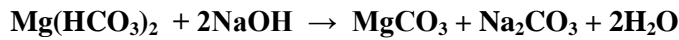
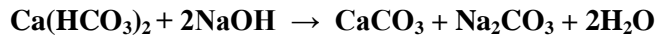
Reaksiyonlardan görüldüğü gibi, karbonat sertliği giderilirken, her bir mol kalsiyum bikarbonat için 1 mol kireç, her bir mol magnezyum bikarbonat için 2 mol kireç gerekmektedir. Kalıcı sertlik giderilirken her bir mol kalsiyum tuzu için 1 mol soda gerekirken, her bir mol magnezyum tuzu için 1 mol soda ve 1 mol kireç gerekmektedir. İlave edilen kirecin fazlası, soda ile çöktürülür. Sıcaklığın artması ile reaksiyon hızı da artmaktadır. Düşük sıcaklıkta çökmeyen tamamlanması 6-8 saat, 50°C de 4 saat, 70°C de 3 saat ve 90°C de 2 saattir. Kum gibi kontakt maddelerinin ilavesi ile çökme süresi kısaltılabilir.

Yöntemin modern uygulaması, biri soğuk kireç-soda, diğeri sıcak kireç-soda yöntemi olmak üzere iki şekilde yapılır. Soğuk kireç-soda yöntemi suların kısmi yumuşatılması istenildiği durumlarda şehir sularının, soğutma sularının ve kâğıt fabrikası sularının yumuşatılmasında kullanılır. Koşullar iyi ayarlanırsa sertliği 35 ppm'e kadar düşürmek mümkün olur. Sıcak kireç-soda yöntemi ise hemen hemen tamamen buhar kazanı besleme suyunun yumuşatılması için kullanılır. Suyun kaynama sıcaklığına yakın bir sıcaklıkta çalışılır. Bu nedenle reaksiyonlar daha hızlıdır. Pıhtılaşma ve çökme kolaylaşmıştır. Çözünmüş gazlar, karbon dioksit ve havanın çoğu uzaklaştırılmış olur. Uygun koşullarda çalışıldığında su sertliği 20-25 ppm'e kadar düşürülebilir.

Yüksek basınçlı buhar kazanlarının besleme suları için sıcak kireç-soda yönteminden çıkan su, iyon değiştirici reçineden geçirilerek tamamen yumuşatılır.

#### ➤ **Sud-Soda Yöntemi**

Yöntem kireç-soda yönteminin biraz değiştirilmiş şeklidir. Burada kirecin yerini sud çözüldüğü almıştır. Oluşan reaksiyonlar şöyledir:



Son iki denklem taraf tarafa toplanırsa;



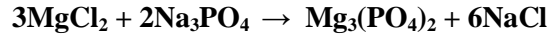
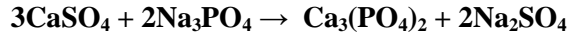
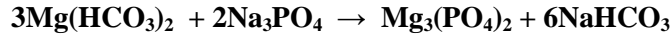
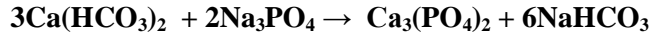
Görüldüğü gibi magnezyumdan ileri gelen geçici sertliği gidermek için daha fazla sodyum hidroksit kullanılmaktadır. Yöntemde kalıcı sertlik, kireç-soda yönteminde olduğu gibi soda ile giderilmektedir.

Geçici sertliği sodyum hidroksit ile giderirken reaksiyon denklemlerinde de görüldüğü gibi  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , soda meydana gelmektedir. Dolayısıyla bu yöntemdeki soda kullanımı kireç-soda yöntemine göre daha az ve bazen de hiç yoktur. Yalnız sodyum hidroksitin fiyatı kireç ve sodanın fiyatından daha yüksektir.

### ➤ Fosfat Yöntemi

En iyi sertlik giderme yöntemi olup fosfat fiyatlarının yüksekliğinden dolayı az kullanılmaktadır. Bu nedenle su sertliği önce diğer yöntemlerle giderilir. Kalan sertlik ise fosfatla giderilerek daha az madde kullanılmış olur.

Çok yüksek basınçlı kazanlarda kullanılacak suyun sertliğinin tamamen giderilmesi gerektiğinden, çeşitli fosfat tuzları ön yumuşatma sisteminden kaçan az miktarlardaki kalsiyum ve magnezyum iyonlarını çöktürmede kullanılır. Fosfat yöntemi ile her iki cins sertlik aşağıdaki reaksiyonlar gereği giderilmektedir.



Su yumuşatmada kullanılan başlıca sodyum fosfatlar Tablo.2.1 de verilmiştir.

Sodyum Fosfatın Adı	Diğer Adları	Formülü
Sodyum Metafosfat	-	$(\text{NaPO}_3)_n$
Sodyum Fosfat, Dibazik	DSP, disodyum fosfat sodyum orto fosfat Disodyum hidrojen fosfat	$2\text{Na}_2\text{HPO}_4$ $2\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ $2\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ $2\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$
Sodyum Fosfat Monobazik	Sodyum asit fosfat MSP, sodyum orto fosfat, sodyum hidrojen fosfat	$\text{NaH}_2\text{PO}_4$ $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$
Sodyum Fosfat Tribazik	TPS, trisodyum fosfat, Tersiyer sodyum fosfat	$\text{Na}_3\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$
Sodyum Polifosfat	-	$\text{Na}_{n+2}\text{P}_n\text{O}_{3n+1}$
Sodyum Pirofosfat	Tetrasodyumpirofosfat, TSSP	$\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$
Sodyum Tripolifosfat	STPP, penta sodyum tri fosfat	$\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$

Tablo 2.1: Su yumuşatmada kullanılan sodyum fosfatlar

### 2.3.2. İyon Değişimi Yöntemleri

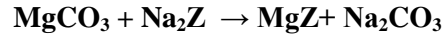
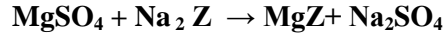
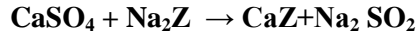
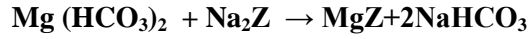
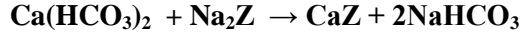
İyon değişim yöntemi sık kullanılan ve geçerliliğini koruyan yöntemlerdendir.

### ➤ Permutit (Zeolit) Yöntemi

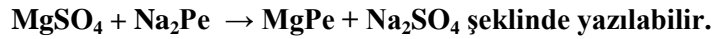
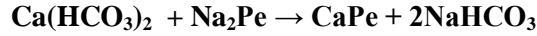
Su yumuşatma işlemlerinde doğal veya sentetik zeolitler de kullanılmaktadır. Doğada ortalama 20 cins zeolit vardır. Bunlar sodyum, potasyum, kalsiyum veya baryumun alüminyum hidro silikatlarıdır. Suni olarak hazırlanan sodyum zeolitlere “permutit” adı verilir. Bunların suyu temizleme kabiliyetleri doğal olanlardan hemen hemen farksızdır. Doğal zeolite “yeşil kum” veya “giokonit” adı da verilmektedir. Doğal zeolitler endüstride ilk kullanılan iyon değiştiricilerdir.

Sert bir su, sodyum zeolit veya permutit üzerinden geçirilirse sertlik oluşturan kalsiyum ve magnezyum iyonları, sodyum iyonu ile yer değiştirir ve suyun sertliği giderilmiş olur.

Oluşan reaksiyonlar şöyledir:



Aynı reaksiyonlar sentetik zeolitler için;



Oluşan kalsiyum ve magnezyum zeolitler suda çözünmediği için zeolit kabı içinde kalır. Böylece zeolit veya permutit ile her iki cins sertlik de giderilmiş olur.

Doğal zeolitlerin iyon değiştirme kapasitesi çok azdır. Bunlar sert ve gözenekleri az olan maddelerdir. Yabancı maddelere karşı daha az hassastırlar. Permutitler ise doğal olanlara göre daha fazla gözeneklidir ve yüzey alanları daha büyüktür. Bundan dolayı yabancı organik maddelerden kolay etkilenirler. 1 m<sup>3</sup> doğal zeolit filtrasyon anında 3600-3900 g CaO' i sudan ayırır. Buna karşın aynı miktar suni zeolit (neo permutit, invertit, vebolit vb.) 11000-15000 g CaO' i sudan ayırır. Sentetik zeolitler demiri nispeten az, pH derecesi normal olan sularda tercih edilir. Doğal zeolit ise sertliği fazla olmayan, demiri fazla, pH derecesi yüksek veya alçak olan sularda kullanılır.

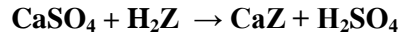
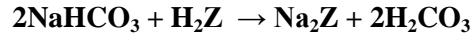
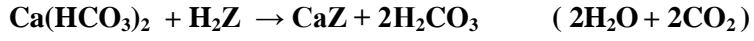
Normal koşullar altında zeolitten geçirilen suyun sertliği tamamen giderilmiştir. Zamanla etkisini kaybeden permutit veya zeolit maddesinin rejenere edilmesi gerekir.

Kalsiyum klorür ve magnezyum klorür suda çözündüğünden dışarıya alınır. Filtredeki sodyum klorür çözeltisinin fazlası filtre yıkanarak ortamdan uzaklaştırılır. Bu işleme “zeolitin rejenasyonu” adı verilir. Oluşan sodyum zeolit veya sodyum permutit tekrar su sertliğini gidermeye devam eder. Rejenasyon için 30 dakikalık bir süre yeterlidir.

Yeni permutit tesisatında filtreler her iki saatte bir otomatik olarak rejenere edilir. Permutitten çıkan suyun sertliği 0,05-0,1 Alman sertliğidir.

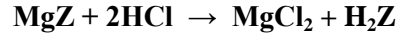
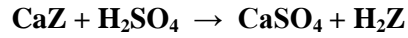
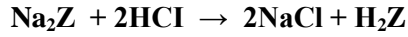
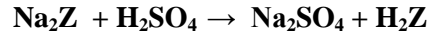
Bazı zeolitler sodyum klorür yerine hidroklorik asitle rejenere edilebilirler. Bu durumda  $\text{Na}_2\text{Z}$  yerine  $\text{H}_2\text{Z}$  elde edilir. Oluşan reaksiyonlar diğerlerinde olduğu gibi, protonların  $\text{Na}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$  ve  $\text{Ca}^{++}$  iyonları ile yer değiştirmesi şeklinde yürür.

Reaksiyon denklemleri;

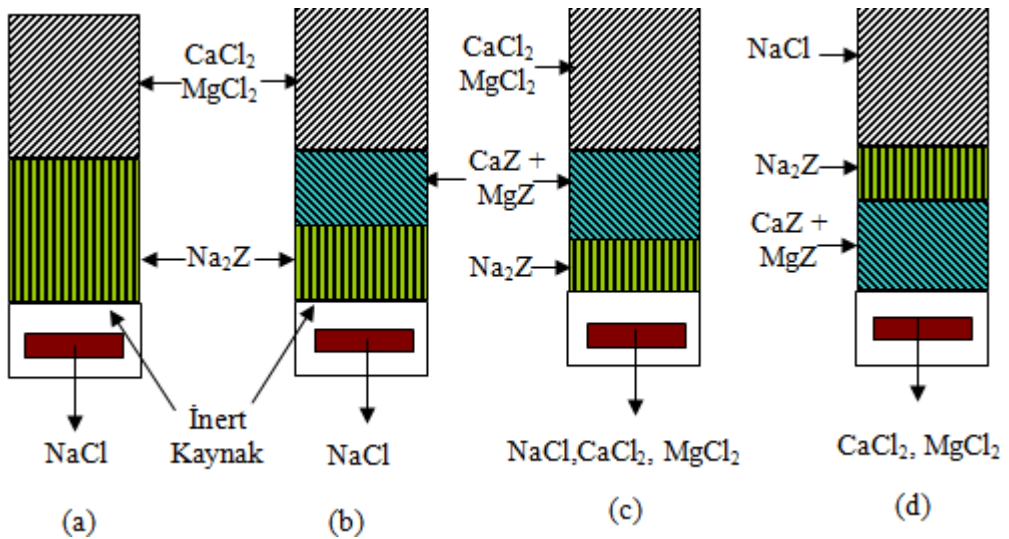


Burada karbonat sertliği, katyonlar bağlandıktan sonra su ve karbon dioksit şeklinde ortamdandan ayrılır. Buna karşın kalıcı sertlik mineral asitleri oluşturur. Bunun için su bir alkali fosfat çözeltisi ile nötralize edilir veya su tekrar bir sodyum zeolit üzerinden geçirilerek hidrojen iyonları tutulur.

Sertlik gidermede hidrojen zeolit kullanıldığında rejenerasyon aşağıdaki şekilde yapılır:



Aşağıda iyon değişimi işlemi ile suyun yumuşatılması şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil.2.2: Zeolit yatakta yumuşatma ve rejenerasyon

(a) da kalsiyum ve magnezyum klorürleri içeren bir su taze bir sodyum zeolit yatağından geçirilirse bu klorürler sodyum klorüre dönüşür ve yatağın üst tabakaları kalsiyum zeolit ve magnezyum zeolit haline geçer.

(b) de yatağın yarısı böyle değişmiştir ve değişme devam etmektedir.

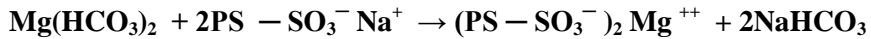
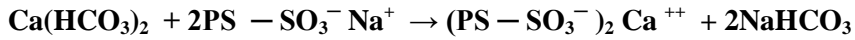
(c) de sodyum zeolit tabakası iyice incelmıştır. O nedenle kalsiyum klorür ve magnezyum klorür tuzlarının bir kısmı sodyum klorür ile birlikte değişmeden dışarı alınır ve akan suda sertlik görülür. Bu noktaya gelindiğinde sertlik hızla yükselir. Yumuşatma durmuştur. Kalsiyum ve magnezyum iyonlarını sodyum iyonları ile değiştirme kapasitesi tükenmiştir, rejenere edilmesi gerekir.

(d) de zeolit yatağı doymuş bir sodyum klorür çözeltisi ile muamele edilir. O zaman ters reaksiyon gerçekleşir. Kalsiyum ve magnezyum iyonları tuzlu su çözeltisinin içine geçer. Rejenere bitiminde zeolit yatağı yıkanır ve zeolit tekrar su yumuşatma işlemine devam eder.

#### ➤ **Suni Reçinelerle Sertliğin Giderilmesi**

Teknolojide birçok yöntem için düşük sertlikte veya yumuşak su istenir. Bunun için iyon değiştiriciler adı verilen katı polimerik organik asitlerle iyon değişimi yöntemi kullanılır. Organik iyon değiştiricilerin keşfi su yumuşatmada çok önemli bir gelişmedir. Bunların çoğu polistiren divinil benzen esaslı olup iyon değiştirme kapasiteleri çok yüksektir. Bir litre iyon değiştirici materyal 40 g kadar CaO ile yer değiştirebilir. İyon değiştiricinin katyonları ve anyonların değiştirebilen iki cinsi vardır. Katyonların değişimi için sülfone polistirenin kendisi veya sodyum tuzu, hidrojenli veya sodyumlu reçine, katyon değiştirici olarak kullanılır. Hidrojenli reçine kullanıldığı zaman suda çözünmüş tüm katyonlar değiştirilmiş olur. Suni reçineler kullanıldığında hem geçici ve hem de kalıcı sertlik giderilir.

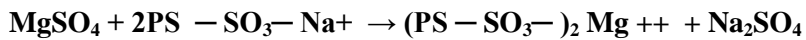
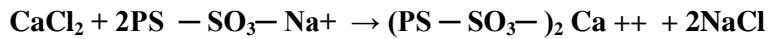
#### ➤ **Geçici Sertlik**



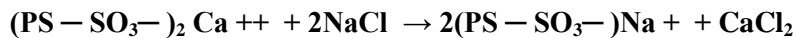
Reaksiyonları gereği geçici sertlik giderildiğinde, çözelti ısıtılırsa aşağıdaki reaksiyon sonucu bazı reaksiyon verir.

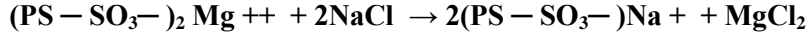


#### ➤ **Kalıcı Sertlik**

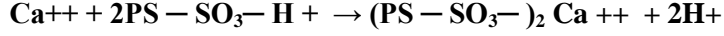


Reaksiyonları ile kalıcı sertlik giderilir. Etkisini kaybeden katyon değiştirici % 5-10 konsantrasyonunda bir sodyum klorür çözeltisi ile ters akım ilkesine göre rejenere edilir.

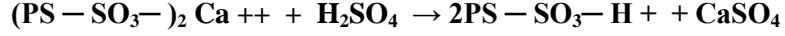




Eğer iyon değiştiricinin asit şekli kullanılırsa, iyon değişiminden sonra su asit özellik gösterecektir.



Böyle bir reçine sülfürik asitle rejenere edilir.

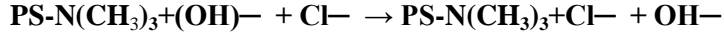


Tüm katyonları giderilmiş su asidiktir. Bu su hiçbir yerde kullanıma uygun değildir. Ya nötrale edilir ya da bir anyon değiştiriciden geçirilerek deiyonize edilir.

Buhar kazanları veya elektrolitik endüstri gibi yüksek saflıkta suya gereksinim gösteren uygulamalar için tamamen iyonuz bir su istenir. Böyle bir su, suyu katyon ve anyon değiştirici reçinelerden veya bunların karışımını içeren bir yataktan geçirilerek hazırlanır. Proton şeklinde kuvvetli asit katyonik değiştiriciler ve amino veya amonyum grupları ile modifiye edilmiş polistiren esaslı bazik iyon değiştiriciler vardır.



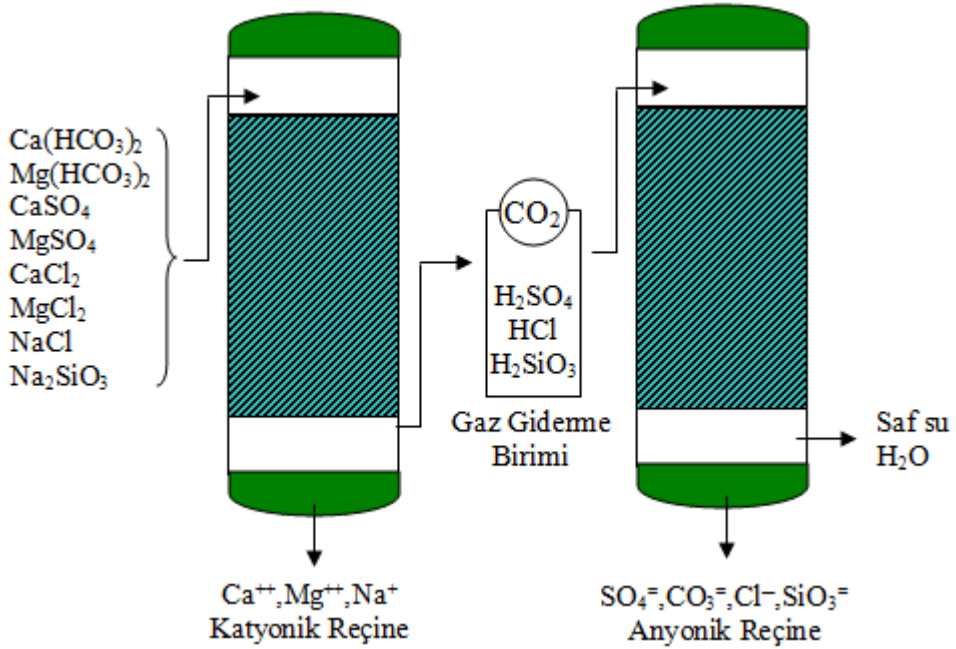
Bazik iyon değiştiriciler anyonları değiştirir ve sodyum hidroksit ile rejenere edilirler.



Karışık bir yatak içerisinden tuzları içeren bir su geçirilirse katyonlar protonlarla, anyonlar hidroksit iyonları ile yer değiştirir. Protonlar ve hidroksit iyonları birlikte suyu meydana getirirler. Sonuçta 0,02 mg/l iyon içeren, iyonuz bir su elde edilmiş olur. Anyon değiştiricilerin yoğunluğunun katyon değiştiricilerin yoğunluğundan yüksek oluşu karışık yatakların rejenerasyonunu mümkün kılar.

## 2.4. Deiyonize Su

Deiyonize su sistemleri endüstride geniş oranda kullanılmaktadır. Bu sistemler yalnız yüksek basınçlı kazanlar için değil aynı zamanda değişik yöntem ve yıkama sularının hazırlanmasında da önemlidir. Seçilecek iyon değiştirici sistemleri ham suyun hacim ve bileşimine, suyun niteliğine, yatırım giderlerine bağlıdır. Silikatların uzaklaştırılması gerekli ise sistem bir katyon değiştirici ile kuvvetli bazik anyon değiştirici ve ikisi arasında gaz giderme birimini içerir.



Şekil.2.3: İki kademeli deiyonizasyon sistemi



Resim 2.1 : Deiyonizasyon sistemi

Oldukça nitelikli su gereksinmesi durumunda bu birimlerden sonra ikinci bir seri hidrojen kation değiştirici ve kuvvetli bazik anyon değiştirici birimler veya bu ikisini karışık yatak halinde içeren bir tek birim kullanılır. Bütün iyonları uzaklaştırmada diğer bir işlem destilasyondur.

Destile ve deiyonize su alüminyum veya polivinilden klorür gibi özel borularla taşınarak küçük miktarlarda da olsa metal kirlenmeleri önlenmiş olur.





### 2.4.1. Silis Giderme

İyon değişimi yöntemleri ile silisi gidermek mümkün değildir. öktürme yöntemleri, sıcak ve soğuk kireç soda yöntemi ile silis kısmen giderilir. Ayrıca silis yumuşatıcıda dolomit kireci veya aktifleştirilmiş magnezyum kullanılarak besleme suyundan uzaklaştırılabilir.





## UYGULAMA FAALİYETİ

Suda Çözünmüş Oksijen Gideriniz.

**Deneyde kullanılacak malzemeler:** Numune su, hidrometri şişesine, sülfürik asit, nişasta, potasyum iyodür, erlen, büret.

İşlem Basamakları	Öneriler
<p>➤ Numune suyunuzu hazırlayınız.</p> 	<p>➤ Önlüğünüzü giyiniz.</p> <p>➤ Çalışma ortamını düzenleyiniz.</p> <p>➤ Temiz ve titiz çalışınız.</p>
<p>➤ Hidrometre şişesine numune suyunuzu boşaltınız.</p> 	<p>➤ Suyun etrafa sıçramamasına dikkat ediniz.</p>
<p>➤ Hidrometre şişesine 2 ml mangan sülfat ve Potasyum iyodür çözeltisi ekleyerek şişeyi çalkalayınız.</p> 	<p>➤ Cam deney malzemeleri ile çalışırken dikkatli olunuz.</p> <p>➤ Çözeltileri etrafa sıçratmayınız.</p> <p>➤ Hidrometre şişesinde dikkatli çalkalayınız.</p>
<p>➤ Hidrometre 2ml derişik sülfürik asit çözeltisi ilave ediniz.</p> 	<p>➤ Hidrometre şişesine asidi boşaltırken dikkat ediniz.</p>



<p>➤ Hazırlanan çözeltiyi erlene boşaltarak üzerine renk siyah oluncaya kadar nişasta ekleyiniz.</p> 	<p>➤ Nişastayı koyarken renk değişimine dikkat ediniz. ➤ Nişastayı dikkatli ekleyiniz.</p>
<p>➤ Elde edilen ürünü titre ediniz.</p> 	<p>➤ Renk değişimine dikkat ediniz.</p>
<p>➤ Malzemelerinizi temizleyip teslim ediniz.</p> 	<p>➤ Kullanılan araç gereci temizleyip yerine kaldırınız. ➤ Teslim edeceğiniz malzemelerin temiz ve kuru olmasına dikkat ediniz.</p>
<p>➤ Rapor hazırlayınız.</p> 	

## KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanamadığınız beceriler için **Hayır** kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. Laboratuvar önlüğünüzü giydiniz mi?		
2. Laboratuvar güvenlik kurallarına uydunuz mu?		
3. Çalışma ortamınızı hazırladınız mı?		
4. Kullanılacak malzemeleri temin ettiniz mi?		
5. Numune hazırladınız mı?		
6. Numuneyi hidrometri şişesine boşaltınız mı?		
7. Üzerine 2 ml mangan sülfat ve Potasyum iyodür eklediniz mi?		
8. 2ml derişik sülfürik asit eklediniz mi?		
9. 100 ml erlene boşaltmak ve nişasta ekleyerek rengin siyah olmasını sağladınız mı?		
10. Elde edilen ürünü titre ettiniz mi?		
11. Malzemeleri temizleyip teslim ettiniz mi?		
12. Rapor hazırladınız mı?		

## DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda “**Hayır**” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız “**Evet**” ise “Ölçme ve Değerlendirme” ye geçiniz.

## ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. Aşağıdakilerden hangisi kazan besleme suyunun hazırlanması yöntemlerinden değildir?  
A) Tortu ve organik maddelerin sudan çıkarılması  
B) Oksijen ve karbon dioksidin giderilmesi  
C) Sertliğin giderilmesi  
D) Adsorbsiyon yöntemi
2. Mekanik durulama sonucunda sudan ayrılan kirlilik oranı nedir?  
A) % 80-90  
B) % 60-70  
C) % 40-50  
D) % 10-20
3. Alüminyum tuzların çökmesi için suyun pH değeri aşağıdakilerden hangisi olmalıdır?  
A) 5-9  
B) 5-8  
C) 4-7  
D) 6-7
4. Aşağıdakilerden hangisi doğrudur?  
A) Saf su çeşme suyuna göre daha zor köpürür.  
B) Çeşme suyu saf suya göre daha zor köpürür.  
C) Saf su ve çeşme suyu aynı oranda köpürür.  
D) Saf su köpürmez.

Aşağıdaki cümlelerde boş bırakılan yerlere doğru sözcükleri yazınız.

5. Kolloidal taneler..... ilave edilerek de koagüle edilebilirler.
6. Polielektrolitler yüksek ..... ağırlıklı, uzun zincirli ..... polimerlerdir.
7.  $Al_2(SO_4)_3 + 6H_2O \rightarrow$  .....
8. Suda sertlik ..... ve ..... sertlik olmak üzere ikiye ayrılır.

## DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise “Modül Değerlendirme” ye geçiniz

# MODÜL DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. Aşağıdakilerden hangisi suda karbon dioksit giderme yöntemlerinden değildir?  
A) Mermer yöntemi  
B) Sönmüş kireç yöntemi  
C) Magnezit yöntemi  
D) Çöktürme yöntemi
2. Aşağıdakilerden hangisi suyun saflaştırmasında kullanılan çöktürme yöntemlerinden değildir?  
A) Kireç-su yöntemi  
B) Kireç-soda yöntemi  
C) Sud-soda yöntemi  
D) Fosfat yöntemi
3. En iyi sertlik giderme yöntemi aşağıdakilerden hangisidir?  
A) Kireç-soda yöntemi  
B) Kireç-su yöntemi  
C) Fosfat yöntemi  
D) Su-soda yöntemi
4. Alman sertlik derecesi 0-4 olan suyun durumu nedir?  
A) Tatlı  
B) Çok tatlı  
C) Orta tatlı  
D) Çok acı

Aşağıdaki cümlelerde boş bırakılan yerlere doğru sözcükleri yazınız.

5.  $2\text{H}_2\text{SO}_3 + \text{O}_2 \rightarrow \dots\dots\dots$  şeklinde tamamlanır.
6. Suni olarak hazırlanan sodyum zeolitlere ..... adı verilir. Doğal zeolite ise .....adı verilmektedir.
7.  $\text{CaZ} + 2\text{NaCl} \dots\dots\dots$  şeklinde tamamlanır.
8. Kağıt sanayinde kullanılacak suyun yumuşak ..... ve ..... elementlerini içermeyen bir su olması gerekir.

## DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki modüle geçmek için öğretmeninize başvurunuz.

# CEVAP ANAHTARLARI

## ÖĞRENME FAALİYETİ – 1'İN CEVAP ANAHTARI

1	D
2	A
3	A
4	A
5	B
6	A
7	İçme suyu
8	$Mg(OH)_2 + CO_2$

## ÖĞRENME FAALİYETİ – 2'NİN CEVAP ANAHTARI

1	D
2	B
3	A
4	B
5	Polielektrolitler
6	Molekül, Organik
7	$2Al(OH)_3 + 3H_2SO_4$
8	Kalıcı, Geçici

## MODÜL DEĞERLENDİRME CEVAP ANAHTARI

1	D
2	A
3	C
4	B
5	$2H_2SO_4$
6	Permutit, Yeşil kum
7	$CaCl_2 + Na_2Z$
8	Fe, Mn

## KAYNAKÇA

- DEMİR Mustafa, Şahide DEMİRCİ, Ali USANMAZ , **Anorganik Kimya Temel Ders Kitabı**, 4. Akşam Sanat Okulu Matbaası, Ankara, 2002
- DEMİR Mustafa, Şahide DEMİRCİ , Ali USANMAZ , **Analitik ve Sınâî Laboratuvarı**, 4.Akşam Sanat Okulu Matbaası, Ankara, 2000
- ÖZBERK Ali, Nebahat KIYANOĞLU , **Anorganik Sınâî Kimya**, Milli Eğitim Basımevi, İstanbul, 1980
- TÜPRAŞ ( Türkiye Petrol Rafinerileri A.Ş. ), **Soğutma Suyu Ünitesi İşletme El Kitabı**, Aliağa, 1989
- YÜCESOY Ferah, **Anorganik Kimya Laboratuvarı**, S.H.Ç.E.K Basımevi, Ankara, 2001