



**BARTIN ÜNİVERSİTESİ**  
**MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ**  
**ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ**



**ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ LABORATUARI-II**  
**DENEY FÖYÜ**

# 1. ENGELLİ ÇÖKELME

## DENEYİN AMACI:

Farklı konsantrasyonlara sahip süspansiyonların çökme hızlarının bulunması ve değişik çökme tiplerinin gözlenmesi.

## GEREKLİ ALET VE MALZEME

Çöktürme kolonları

Cam Malzemeler

## GEREKLİ KİMYASALLAR

Kil Çözeltisi

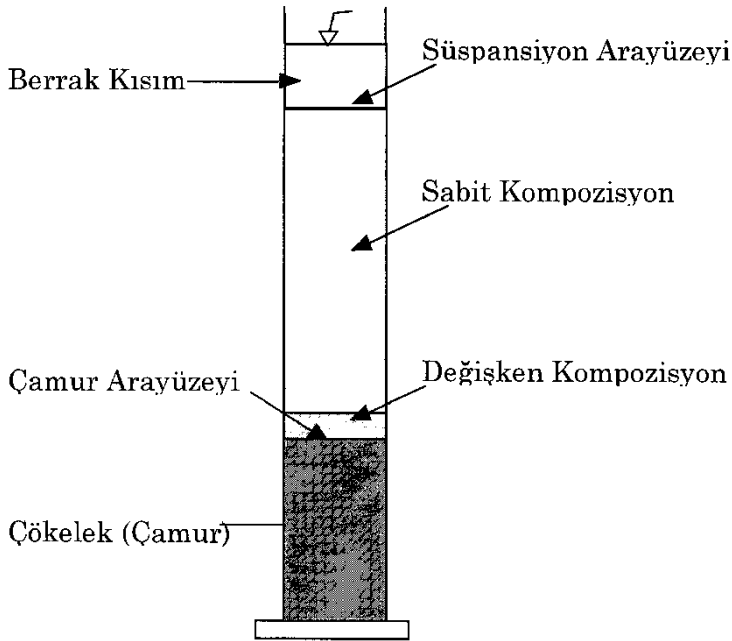
## TEORİ

Çökme bir katı sıvı ayırma tekniği olup, bir sıvı içerisindeki süspansiyon katıların ağırlıkları yardımıyla çöktürülmesi işlemidir. Genel olarak bu teknik içme sularının arıtılmasında kullanıldığı gibi atıksuların arıtılmasında da kullanılmaktadır. Çökme atıksuların arıtılmasında ilk çöktürme havuzundaki taneli maddeleri, aktif çamur çöktürme havuzundaki biyolojik flokları ve kimyasal koagülasyon proseslerinde oluşan kimyasal flokları uzaklaştırmak için kullanılır. İçme sularının arıtılmasında yumuşatma işlemiyle ortaya çıkan çamurların su ortamından ayrılmasında kullanılır.

Çökme tanelerin çökme biçimleri ve konsantrasyonlarına bağlı olarak 4 ayrı tip çökme meydana gelmektedir. Bunlar taneli, floklu, engelli ve sıkışmalı çökme olarak sıralanabilir. Birinci tip çökme düşük katı madde konsantrasyonuna sahip olan sulardaki tanelerin çökmesi sırasında olur. Taneler birbirinden bağımsız olarak hareket ederler ve tanelerin birbirlerinin çökmesi üzerine önemli bir etkisi yoktur. Genelde atıksulardan kum tanecikleri ve grit uzaklaştırmada kullanılır. Floklu çökmede ise taneler birbirleri ile yapışarak büyürler ve taneciklerin kütlelerinin artmasıyla birlikte çökme hızları da artar. Daha çok ilk çöktürme havuzunda arıtılmamış atıksular ile biyolojik arıtım sonrası son çöktürme havuzundaki biyolojik flokların çökmelerinde rastlanır. Bu tip çökmeye kimyasal flokların uzaklaştırılması sırasında da karşılaşılır. Engelli çökme taneciklerin civardaki taneciklerin çökmelerini engelledikleri durumlarda olur. Taneler birbirlerine göre sabit bir pozisyonda kalacak şekilde çöklerler ve taneler bir bütün olarak davranırlar. Çökme kütlelerinin en üstünde bir katı sıvı arakesiti meydana gelir. Bu tip çökmelere biyolojik arıtım tesislerinde ikinci çöktürme havuzlarında rastlanır. Sıkışmalı çökme türüne de çok yüksek katı madde konsantrasyonuna sahip sularda görülür. Çökme olayından ziyade çökme taneciklerinin, üstlerine gelen yeni taneciklerin ağırlıklarından dolayı biraz daha sıkışmasından dolayı

meydana gelir. Bu tür çökelmeye daha çok atıksu arıtma tesislerinde ortaya çıkan çamurların yoğunlaştırılmasında ve ikinci çöktürme havuzunun derin kısımlarında rastlanır. Bir çökeltme olayı sırasında yukarıda sayılan 4 tip çökeltmeden birden fazlasının meydana gelmesi sık rastlanılan bir durumdur ve bazı durumlarda dört tip çökeltmenin hepsinin birden meydana gelmesi de mümkündür.

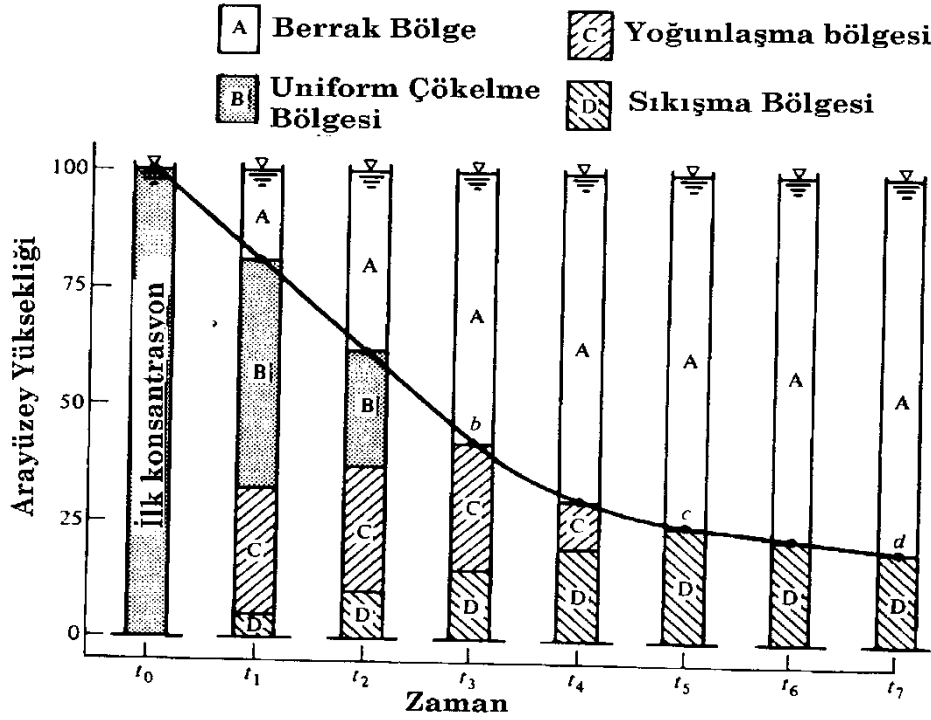
Su içerisindeki süspansiyonun özelliğine bağlı olarak meydana gelen çökeltme şekil 2'de gösterilmektedir.



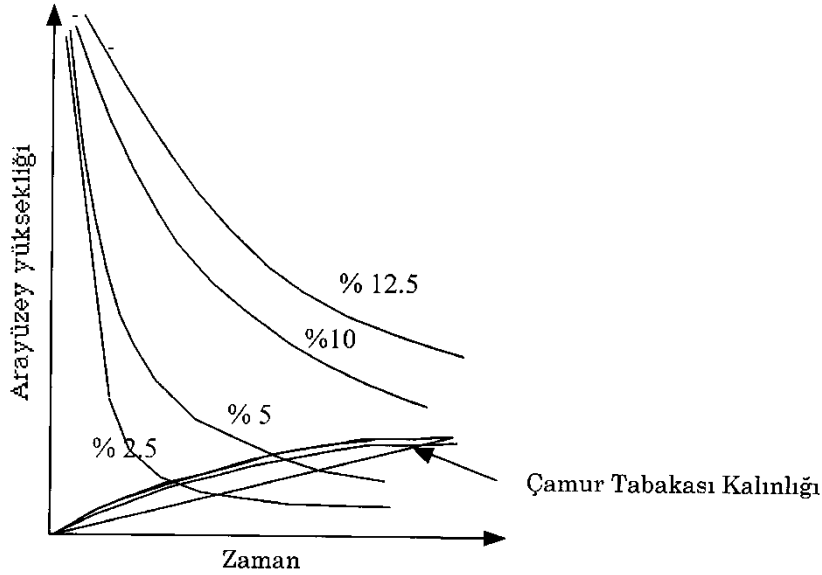
Şekil 1. Durgun bir su içerisindeki çökeltme olayları

Şekil 2'de 4 ayrı bölge bulunmaktadır. Bunlardan birincisi tüm süspansiyonun tamamen ayrıldığı berrak en üst kısım, ikincisi ise sabit kompozisyon bölgesidir. Bu bölgede stokes kanununa bağlı olarak taneli bir çökeltme görülmektedir. Tüm taneler sabit bir hızda çökeltirler. Üçüncü bölgede ise konsantrasyon oldukça fazladır ve kolonun dibine doğru çamur bölgesi oluşmaktadır. Çamur bölgesi ile sabit kompozisyon bölgesi arasında değişken bir yapıya sahip olan bir bölge daha vardır. Katı-sıvı arayüzeyi alçaldıkça alt taraftaki çamur yüksekliği de artar. Katı-sıvı arayüzeyinin çamur bölgesinden olan yüksekliğinin, çamur bölgesinin yüksekliğine eşit olduğu nokta kritik nokta olarak bilinir ve çökeltme hacminin bir ölçüsüdür. Süspansiyonun arayüzey alçalma hızı süspansiyonun katı madde konsantrasyonuna bağlıdır. Şekil 3'de çökeltme sırasında katı-sıvı ara kesit alçalmasının durumu, Şekil 4'de ise

farklı süspansiyon katı madde konsantrasyonuna sahip çözeltilerin zamanla çökeltme hızlarındaki değişimler gösterilmektedir.



Şekil 2. Katı sıvı arakesit alçalması ve çamur bölgesinin yükselmesi



Şekil 3. Farklı katı madde konsantrasyonuna sahip süspansiyonların zamanla çökeltme hızlarındaki değişimler

Şekil 4'den daha yüksek katı madde konsantrasyonuna sahip süspansiyonların doğrusal çökeltme hızından sapmaların daha hızlı olduğu görülmektedir. Bu tür grafiklerden ilk

çökme hızları grafiğın ilk kesimindeki doğrusal kısmın eğiminden hesaplanır. Akı ise şu şekilde hesaplanır.

$$\text{Akı (g/cm}^2 \text{ saat)} = \text{İlk Çökme Hızı (cm/saat)} \times \text{Katı Madde Konsantrasyonu (gram/cm}^3\text{)}$$

İlk çökme hızı şekil 4'deki grafiklerin ilk kısımlarını oluşturan lineer kısmın eğimine eşittir. Bu şekilde farklı katı madde konsantrasyonlarına sahip süspansiyonların ilk çökme hızları belirlenerek süspansiyondaki katı madde yüzdesine karşılık grafiğe aktarıldığında, çamur yoğunlaştırıcılar ve son çöktürme havuzlarının dizaynı için gerekli parametrelerin elde edildiği akı grafikleri elde edilir.

### **DENEY**

1-Kil gibi su içerisinde iyi süspansiyon oluşturan toz bir maddeden 1.5 L su içerisinde farklı miktarlarda karıştırarak % 2.5, 5, 10 ve 12.5'luk katı madde içeren süspansiyonlar hazırlayın. Su miktarı çöktürme kolonu içerisine ilave edildiğinde kolonun en üst kısmında 5 cm aşağıda kalacak şekilde olmalıdır.

2-Süspansiyon hazırlama kaplarını iyice karıştırarak, en yoğunundan başlayarak her birini çöktürme kolonlarına dökünüz.

3-Kolonları bağlı oldukları yerlerden uzaklaştırarak kauçuk tıplarını kapatınız ve dikkatlice bir kaç defa ters çeviriniz.

4-İyice karıştırılmış kolonları daha sonra yerine tekrar yerleştiriniz ve bir kronometre tutarak belli zaman aralıklarında katı sıvı arakesit yüzeyinin alçalmasını aşağıdaki tabloya işeyiniz.

5-Bu arada özellikle düşük katı madde konsantrasyonuna sahip olan süspansiyonlarda dipde oluşan çamur bölgesinin yükseklik artışını da kaydediniz.

## DENEY SONUÇLARININ HESAPLANMASI

Zaman (dak)	Çamur Konsantrasyonu (%)				
	2,5	5,0	7,5	10,0	12,5
0	0	0	0	0	0
5					
10					
15					
20					
30					
40					
50					

Konsantrasyon (%)					
Kullanılan ilk katı miktarı (g)					
Kritik noktaya ulaşıldığındaki yükseklik (m)					
Son çökelek yüksekliği (m)					

Elde edilen veriler yardımıyla katı-sıvı arayüzey alçalma hızlarını bulunuz ve katı madde miktarına bağlı olarak ilk çökme hızlarını grafiğe aktarınız.

## **2. ÇAMUR ŞARTLANDIRMA ve SUSUZLAŞTIRMA**

### **DENEYİN AMACI:**

Farklı derişimlerde demir klorür (FeCl<sub>3</sub>) dozajlaması yapılarak atıksu çamurlarının şartlandırılması. Vakum filtrasyon işlemi ile atıksu çamurlarının susuzlaştırılması.

### **GEREKLİ KİMYASALLAR**

Demir Klorür (FeCl<sub>3</sub>)

Atık Çamur

### **GEREKLİ ALET VE MALZEME**

Vakum Pompası

Buchner Hunisi

Mezür

Beher

Filtre Kağıdı (Ø= 110 µm, D = 3,8 cm)

Etöv

Hassas Terazı

Kronometre

### **TEORİ**

Ön çökeltici, ikinci çökeltici ve çamur yoğunlaştırıcıdan gelen atık çamurlar, yüksek su içeriğine ve dolayısıyla büyük çamur hacmine sahiptirler. Atık çamurun uzaklaştırılması sırasında hacminin azaltılmadan depolanması veya bertaraf edilmesi bu süreçlerde artan maliyete, enerji kaybına ve çamurun kontrolünün azalmasına neden olacaktır. Bu nedenlerden dolayı atık çamurların konsantre hale getirilerek hacminin azaltılması gerekmektedir. Çamur susuzlaştırma işlemi su ve atıksu arıtımında önemli bir süreçtir.

Çamur susuzlaştırmak için kullanılan yöntemler fiziksel susuzlaştırma ve mekanik susuzlaştırma olmak üzere ikiye ayrılır. Fiziksel susuzlaştırma yöntemleri kurutma yatakları ve çamur lagünleridir. Kurutma yatakları ve çamur lagünleri inşa ve işletme kolaylığı nedeniyle tercih edilebilir fakat bu yöntemlerin en büyük dezavantajları inşa edildikleri yerin iklimine, bilhassa yağış ve nem durumuna fazlaca bağımlı olmalarıdır. Ayrıca geniş araziye ihtiyaç duymaktadırlar. Mekanik yöntemler arasında vakum filtrasyon, pres filtre, yatay bant filtre ve santrifüjler sayılabilir. Mekanik yöntemler makine, teçhizat ve operatör gerektiren

yöntemlerdir. En büyük artıları hızlı ve etkili susuzlaştırma yapmalarıdır. Dezavantajları ise fiziksel yöntemlere nazaran daha fazla yatırım, işletme ve bakım maliyetleri gerektirmeleridir. Mekanik yöntemler fiziksel yöntemlere göre daha çok tercih edilirler.

Taze çamurların susuzlaştırılması zordur, bu nedenle susuzlaştırma işlemi yapılmadan önce uygun bir kimyasalla şartlandırılması gereklidir. Poli-elektrolit, alum, kireç, demir klorür şartlandırma işleminde en çok tercih edilen kimyasallardır. Şartlandırma, kimyasal madde kullanılarak çamurun susuzlaştırılma özelliğinin artırılmasıdır, başka bir deyişle katılar ile çamur sıvısı arasındaki spesifik direnci (bağlanma kuvvetlerini) azaltır. Spesifik direnç laboratuvar ortamında vakum filtrasyon deneyi ile belirlenebilir. Deneylerden elde edilen veriler sonucunda spesifik direnç;

$$R = \left[ \frac{2\Delta P A^2}{\mu w} \right] m$$

denklemlerle hesaplanabilir. Bu eşitlikte:

R : Özgül direnç (m/kg)

$\Delta P$ : Vakum basıncı (1 mmHg = 133,322 N/m<sup>2</sup>)

A: Filtre kağıdı alanı (m<sup>2</sup>)

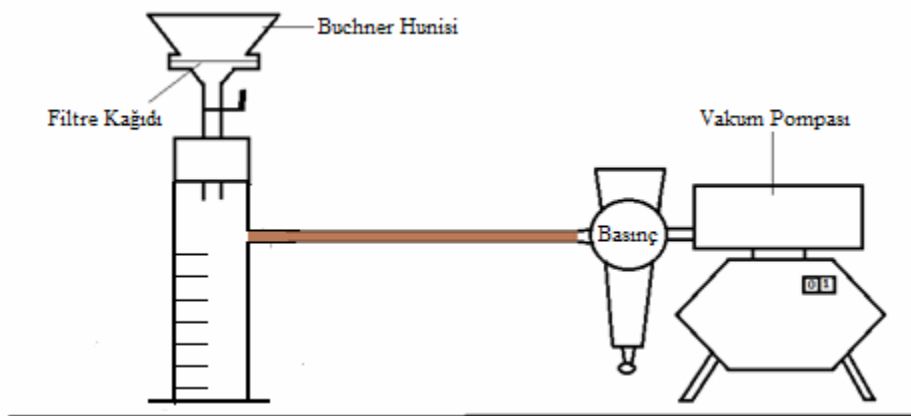
$\mu$ : Filtratın viskozitesi (11x10<sup>-4</sup>N-sn/m<sup>2</sup>)

w: Filtre üzerinde kalan çamurun kuru ağırlığının, filtrat hacmine oranı (kg/m<sup>3</sup>)

m: t/V'ye karşılık V grafiğinin eğimi (sn/m<sup>6</sup>)

Şartlandırmada kullanılan kimyasalın uygun dozajı da yine bu deney sayesinde saptanabilir.

Vakum Filtrasyon deneyinde kullanılan düzenek aşağıda görülebilmektedir.



Şekil 4.Çamur Susuzlaştırma Deney Düzenegi



## DENEY

- 1 L % 7'lük çamur içeren atıksu hazırlanır. 1 dakika karıştırılır ve 2 dakika çökelmeye bırakılır, üstte kalan atıksudan 400 mL bir behere alınır.
- Sabit tartıma getirilmiş 2 adet filtre kağıdı tartılır ve değerler kaydedilir. Filtre kağıtları numaralandırılır.
- Deney düzeneğine filtre kağıdı yerleştirilir.
- Behere alınan 400 mL atıksu iyice karıştırılır ve içinden 100 mL örnek alınarak buchner hunisine yerleştirilir.
- Vakum pompası çalıştırılarak vakum işlemi başlatılır. Vakumlama işlemi ile birlikte kronometre de başlatılır. Her 10 mL'de zaman okunur.
- Filtrasyon işlemi bittiğinde zaman okunur, pompa kapatılır ve su hacmi ölçülür.
- Filtre kağıdı yerinden çıkartılarak etüvde 105 0C'de 1 saat kurumaya bırakılır. 1 saat sonunda desikatöre alınır ve soğutulur. Bu işlemden sonra ağırlığı tartılır.
- Deney düzeneğine diğer filtre kağıdı yerleştirilir.
- Beherdeki atıksu karıştırılarak 100 mL örnek alınır.
- Örneğin üzerine 100 mg/L derişimindeki FeCl3 çözeltisinden 20 mL eklenir, 1 dakika karıştırılır ve birinci örneğe yapılan işlemler bu örneğe de uygulanır.

## DENEY SONUÇLARININ HESAPLANMASI

- Tablo 1 yardımıyla y ekseninde t/V ve x ekseninde V olacak şekilde grafik çizilir.

Grafiğin eğimi hesaplanır.

- Her bir numunenin spesifik direnci (R) hesaplanır. Tablo 2 doldurulur.

**Tablo 1** Deneysel veriler (Hacim – Zaman ilişkisi)

V(mL)												
T(sn)												

**Tablo 2** Demir klörür derişimi Spesifik Direnç ilişkisi

Örnek No	1	2
FeCl3 (mL)		
R (s <sup>2</sup> /g)		

## **Yorum**

- Yaptığınız deneylerde en iyi doğruyu hangi numunede elde ettiniz? Nedenlerini açıklayınız?
- Deney sonuçlarında elde ettiğiniz verileri literatür ile karşılaştırıp yorumlayınız?
- Demir klorür yerine başka bir şartlandırıcı kullanabilir miydiniz? Kullanabilirseniz isimleri nelerdir?
- Çamur susuzlaştırma işlemi için çökelme ve filtrasyon işlemlerini karşılaştırınız?
- En uygun  $FeCl_3$  dozajını bulmak için ne gibi işlemler yapmalısınız?

### 3. FOSFAT TAYİNİ

**DENEYİN AMACI:** Su numunelerinde fosfat tayini yapılması

**GEREKLİ ALET VE MALZEME:**

**Spektrofotometre:** 400-490 nm arasında ölçüm yapabilen.

**Filtreli fotometre:** 400- 470 nm arasında maksimum geçirgenlikli mavi veya menekşe filtreli fotometre. Dalga boyu seçimi duyarlılığa göre değişebilir. 400 nm civarında Fe (III) 'ün bozucu etkisi fazladır. Genelde 470 nm kullanılır.

**Asitle Yıkanmış Cam Malzeme:** Sıcak seyreltik HCl ile yıkanıp destile su ile arındırılan cam malzeme kullanılır.

**GEREKLİ KİMYASALLAR**

**Fenoltalein indikatörü sulu çözeltisi**

**Hidroklorik asid, HCl (1+1):** Örnekteki asid konsantrasyonunun 0,5 N olması istenir. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, HClO<sub>4</sub>, HNO<sub>3</sub> de kullanılabilir.

**Aktif karbon:** İnce daneleri destile su ile yıkayarak uzaklaştırılır.

**Vanadat- molibdat reaktifi:**

**Çözelti A:** 25 g amonyum heptamolibdat (NH<sub>4</sub>)<sub>6</sub>Mo<sub>7</sub>O<sub>24</sub>.4H<sub>2</sub>O, 300 mL destile suda çözülür.

**Çözelti B:** 1,25 g amonyum metavanadat NH<sub>4</sub>VO<sub>3</sub> ısıtarak 300 mL destile suda çözülür. Soğutulur ve 330 mL derişik HCl eklenir. Soğutulduktan sonra çözelti A, çözelti B içine dökülür, karıştırılır; litreye seyreltilir.

**Ayarlı Fosfat Çözeltisi:** 219,5 mg susuz KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> destile suda çözülür ve litreye seyreltilir; 1.00 mL  $\cong$  50,0  $\mu$ g PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> - P.

### TEORİ

Fosfat sulara verilmiş şekline bağlı olarak, ortofosfat (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>) anyonu şeklinde bulunabileceği gibi ( piro-, meta- ve diğer polifosfatlar gibi) dehidrate kondanse fosfatlar şeklinde de bulunabilir. Biyolojik faaliyetler sonucunda da suya organofosforlu bileşikler verilir. Canlılar için temel elementlerden olan fosforun alıcı ortamda artması, biyolojik faaliyetleri de artırır.

Ortofosfat ve bazı kondanse fosfatlar sulara arıtma amacıyla veya kaya taşı ve korozyon önleyici olarak katılır. Bu yollarla arıtma çamurlarına ve dip sedimanlarına fosfat bağlanması olur.

### Analiz Yöntemleri

Fosfat analizi 2 adımdan oluşur:

- Fosforlu bileşiklerin çözünen ortofosfat haline dönüştürülmesi
- Ortofosfatın kolorimetrik analizi.

Asılı katıdaki fosforlu bileşikler 0,45 µm gözenekli membran filtreden süzülerek, çözünen ortofosfattan kabaca ayrılabilir.

Kaynama sıcaklığında yapılan asitle hidroliz, çözünmüş ve katı kondanse fosfatları çözünen ortofosfat haline dönüştürür. Asidin kuvvetine, süreye ve sıcaklığa bağlı olarak organofosfatlar da hidrolizlenebilir. Bu yüzden bu değişkenler ayarlanarak “*asitle hidrolizlenebilen fosfat*” çözeltiliye alınır.

Organik fosforun çözeltiliye alınması, organik maddeyi oksidatif bozundurma ile yapılır.

Hidrolize ve oksidasyona gerek kalmadan kolorimetrik yolla tayin edilebilen fosfat, “*reaktif fosfat*” olarak nitelendirilir.

Analizler, süzölmüş ve süzölmemiş örneklerde yapılır.

### **Fosfatlı Örneklerin Çözünürleştirme Yöntemleri**

1. Perklorat Asidi Yöntemi: Zaman alıcı, zor bir yöntem olup sedimanlar için uygulanır.

2. Nitrat asidi- Sülfat asidi Yöntemi: Örneklerin çoğuna uygulanır.

3. Persülfatla Oksidasyon Yöntemi: En basit yöntemdir ve UV ışığı altında daha etkili çözünürleştirme olur.

**Kolorimetrik Yöntemler**: Yöntem seçimi ortofosfat konsantrasyonuna göre yapılır.

a. Vanadomolibdofosfat Asidi Yöntemi 1- 2mg P/ L aralığında çok faydalıdır.

b. Kalay Klorür Yöntemi veya c. Askorbik Asid Yöntemi 0,01- 6 mg P/L için kullanılır. Bu yöntemleri bozan etken sayısı fazladır ve ekstraksiyon işlemi gerekebilir. Askorbik asid yönteminin otomatik uygulamaları da vardır.

**İyon kromatografi** ve **kapiler iyon elektroforezi** de ortofosfatın çözünürleşmemiş örneklerdeki analizinde kullanılabilir.

### **Örneklerin Korunması**

Çözünen fosfatlar analizlenecekse, örnek alındıktan sonra hemen süzülür. Dondurarak veya -10 °C’ nin altında saklanır. Uzun süre analizlenmeyecek örneklere 40 mg HgCl<sub>2</sub>/ L eklenir. (Fosfatın türleri analizlenecek ise asid veya CHCl<sub>3</sub> eklenmez).

Yalnızca toplam fosfor analizlenecek ise pH< 2 olacak şekilde H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> veya HCl konarak örnek 4 °C’ de saklanır veya dondurulur.

Fosfatlar, plastik materyalde tutulduklarından, sıcak HCl ile yıkanmış cam şişelerde saklanır.

## **Vanadomolibdofosfat asidi yöntemi ile tayin**

Asidik ortamda ortofosfat ile molibdik asid arasında molibdofosfat asidi oluşur. Ortamda vanadyum varsa, sarı renkli vanadomolibdofosfat asidi oluşur. Renk şiddeti fosfat konsantrasyonu ile orantılır. Bu yolla 1 cm ışık yollu küvetle 200 µg P/ L tayin edilebilir.

### **Tayini Bozan Etkenler**

Silikat ve arsenat, yalnızca örneğin ısıtılması halinde (+) hataya yol açar. Aşırı molibdat,  $Th^{4+}$ ,  $Bi^{3+}$ ,  $S^{2-}$ ,  $S_2O_3^{2-}$ ,  $SCN^-$ ,  $F^-$  ve  $AsO_4^{3-}$ , (-) hataya yol açar. İndirgenler, bromlu su ilavesi ile engellenir.

100 mg  $Fe^{2+}$ / L' den fazlası mavi renklenme verir.  $HNO_3$  kullanılırsa, 75 mg  $Cl^-$ / L' den fazlası ölçüme etki yapar.

### **DENEY**

**1. Örneğin pH' nın ayarlanması:** pH 10' dan büyük ise 50 mL örneğe 0.05 mL (1 damla) fenolftalein koyarak, (1+1) HCl ile rengi giderilir ve 100 mL' ye seyreltilir.

**2. Örneğin renginin giderilmesi:** 50 mL örnek 200 mg aktif karbon ile bir erlende 5 dakika çalkalayıp süzülür.

**3. Renk açığa çıkarıcı işlem:** 0.05- 1.0 mg P içeren 35 mL veya daha az hacimdeki örnek 50 mL' lik balonjojeye alınır. 10 mL vanadat- molibdat reaktifi konur ve 50 mL' ye seyreltilir.

**4.** Ayrıca 35 mL destile su ile boş örnek çalışılır.

**5.** 10 dakikadan sonra 400- 490 nm arasındaki değişik dalgaboylarında, örneğin 10' ar nm ara ile, absorbans ölçümü yapılır. Renk günlerce kararlıdır ve oda sıcaklığındaki değişiklikten etkilenmez.

**6. Analitik eğrinin hazırlanması:** Ayarlı fosfat çözeltisinden uygun hacimler alınarak işlemler tekrarlanır. Analitik eğriler farklı dalgaboyları için çizilir ve örnek absorbansı değerlendirilir.

### **KAYNAKLAR:**

1. 'Standart Methods for the Examination of Water and Wastewater', Sixteenth Edition, APHA, 1985.
2. Çevre Mühendisliği Kimyası', Prof. Dr. Ahmet SAMSUNLU, Birsen Yayınevi.

## 4. RENK TAYİNİ

### DENEYİN AMACI

Farklı numunelerin renk tayininin Pt-Co yöntemiyle gerçekleştirilmesi

### GEREKLİ ALET VE MALZEME

Spektrofotometre  
Cam Küvet  
Filtrasyon düzeneği

### TEORİ

Pt-Co renk metodu bir renk ölçüm yöntemidir ve 1982'de Kimyager "Allen Hazen" tarafından geliştirilmiştir. Bu metot sulardaki renklilik seviyelerini belirlemek ve değerlendirmek için geliştirilmiştir. O zamandan günümüze kadar sarı tonlarda renk içeren numunelerin renk değerlerinin belirlenmesi için kullanılmıştır. Bu metoda göre numunenin rengi, konsantrasyonu bilinen renkli çözeltilerle görsel olarak karşılaştırılarak belirlenir. Karşılaştırma özel, kalibre edilmiş, renkli cam disklerle de yapılabilir. Pt-Co metodu, renk ölçümünde standartlaşmış yaygın kullanılan bir metottur. Kloroplatinat iyonunun sebep olduğu 1 mg platin/L renk birimidir. Özel durumlarda dalga boylarını eşlemek için kobalttan platine kadar oranlar farklılık gösterebilir. Renk tonları ile ilgili verilen oranlar genellikle doğal suların renklerini belirlemede başarılıdır. Pt-Co renk metodu, içilebilir suların ve doğal olarak suyun yapısında bulunan maddelerin sebep olduğu rengin belirlenmesinde kullanışlıdır. Yoğun renkli endüstriyel atıksularda uygulanamamaktadır. Endüstriyel atıkların karıştığı yoğun renkli suların bulunması durumunda, renk tonları platin-kobalt standartlarından uzaklaşabilir ve standart metot ile karşılaştırma yapmak çok zor veya imkansız olabilir. Bu gibi sular için farklı renk ölçüm metotları kullanılmalıdır.

### DENEY ve HESAPLAMALAR

***Pt-Co standardının hazırlanması ve kalibrasyon:*** 1,246 gr potasyum kloroplatinat ( $K_2PtCl_6$ ) (500 mg metalik Pt'e eşdeğer) ve 1 gr kristalize kobalt klorit ( $CoCl_2 \cdot 6H_2O$ ) (yaklaşık 250 mg metalik Co'a eşdeğer) saf su içerisinde 100 ml konsantre hidroklorik asitle (HCl) çözüldürülür ve saf su ile 1000 ml'ye seyreltilir. Hazırlanan stok standardı 500 Pt-Co renk birimindedir. Bu stok standart solüsyondan gerekli seyrelmeler yapılarak ara standart solüsyonlar (5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 60 ve 70 Pt-Co renk birimi) oluşturulur. Oluşturulan standartların spektrofotometrede (400-700 nm dalga boyları arasında çalışan) 465

nm dalga boyunda absorbans değerleri okunur. Belirli renk değerlerine karşılık gelen absorbans değerleri ile kalibrasyon eğrisi çizdirilir ve kalibrasyon denklemi oluşturulur.

***Pt-Co renk biriminin numunede ölçülmesi:*** Renk ölçülecek numune ilk olarak filtrasyon ön işleme tabi tutulur. Daha sonra süzölmüş numune ile spektrofotometrenin cam küveti yıkanır. Süzölmüş numune cam küvete aktarılır. Cam küvetin dış kısmı yumuşak kağıt peçete ile iyice silinmelidir. Cam küvetin dışında herhangi bir parmak izi veya leke kalmamalıdır. Cam küvet spektrofotometreye yerleştirilir ve numunenin 465 nm dalga boyunda absorbans değeri ölçölür. Bu ölçme işlemleri 3 kez tekrarlanır. Daha önce oluşturulan kalibrasyon denklemi kullanılarak numunenin renk değeri Pt-Co renk birimi olarak belirlenir.

## 5. YAĞ-GRES TAYİNİ

**DENEYİN AMACI:** Örnek Bir Atık Sudaki Yağın Gravimetrik Olarak Analizinin Yapılması.

### GEREKLİ ALET VE MALZEME

Çeker Ocak

Etüv

Ayırma Hunisi

Beher/kapsül

### GEREKLİ KİMYASALLAR

Hegzan

### TEORİ

Evsel ve endüstriyel atıksuların ve çamurların gres içeriği, bu tip maddelerin toplanmasında ve arıtılmasında oldukça önemlidir. Gres, sudaki çözünürlüğünün az oluşu ve sıvı fazdan ayrılma eğilimi nedeni ile özel bir önemi olduğundan burada incelenmek üzere seçilmiştir. Gresin bu özellikleri, flotasyon işlemleri ile kolaylıkla ayrılmasında bir avantaj olmakla beraber, atıksuların borularda naklini, onların biyolojik arıtma ünitelerinde parçalanmasını ve alıcı sulara verilmesini karışık ve zor bir işlem haline sokar.

Et kesme ve paketlenen endüstrilerinden gelen atıksular, özellikle koyun ve ineklerin kesiminden gelen ağır yağları içermektedirler. Bu tip atıksular kanalizasyon borularının cidarlarına tutunarak taşıma kapasitesi üzerine olumsuz etki yaparlar. Bu nedenle, gresli maddelerin alıcı sulara ve kanalizasyon sistemlerine verilmesinde (deşarjında) bazı kurallar ve kısıtlamalar konulmuştur, gelişmiş ülkelerde ön arıtma işlemlerinin tüm gres artığı üreten endüstrilerde uygulanması zorunluluğu getirilmiştir. Bu ön arıtma sırasında gresin veya yağındeşarjına izin verilmeden önce geri kazanılması için gerekli işlemlerin yapılması zorunluluğu vardır.

Gres, arıtma tesislerinde çeşitli problemlere neden olmaktadır. Çok az tesis, gresin çöpe verilerek uzaklaştırılması veya yakma vasıtası ile ayrılması olanaklarına sahiptir. Ön çökeltme tanklarında yüzeyden sıyrıcı yardımıyla köpük halinde ayrılan gresli maddeler, yine tesiste çökelen katı maddelerle birlikte uzaklaştırma ünitelerine sevk edilirler. Çamur çürütme tanklarında, gres yoğun köpük tabakasında ayrılmak ve yüzeye doğru yüzmek eğilimindedir.

Yüksek gres içerikli atık-sulardan en önemlisi olan et, bitkisel yağ ve margarin endüstrilerinden gelen atık-sularda, köpük problemi oldukça önemli olup, evsel kanalizasyon



sistemlerine bu tip atıksuların doğrudan verilmesi sakıncalıdır. Yüksek gres içeriği olan çamurun vakum filtrasyonu da çok güçtür.

Gresin tümü ön çökeltme tankları vasıtası ile sudan uzaklaştırılmaz. Önemli miktarda gres, saflaştırılmış suda çok ince emülsiyon halinde dağılmıştır. İkincil arıtma ünitelerinde biyolojik arıtma esnasında, emülsiyon olmuş maddeler çoğunlukla parçalanırlar ve neticede ince dağılmış gres parçacıkları, suda ayrılmak üzere geniş floklarla birleşmek üzere serbest kalırlar. Aktif çamur tesislerinde gres çoğunlukla "Gres Kürecikleri" içine birikir ve bunlar yüzerek, son çökeltme tanklarında hoş olmayan bir görüntü arz ederler. Damlatmalı filtre ve aktif çamur proseslerinin her ikisi de sıvıdan biyolojik kütledeki hücrelere oksijen transferini engelleyen fazla miktarlardaki gresten olumsuz yönde etkilenirler. Bu olay bazen "boğulma" faaliyeti olarak isimlendirilir. Son çökeltme tanklarında yüzen gresin ayrılması yüksek hızlı bazı arıtma tesislerinde problem yaratır. Burada sorun artığın içerdiği gres miktarına göre sahip olduğu biyolojik büyüme hızının, kısa süren kalış süresi yanında sınırlı oluşudur. Bu yüzden az miktardaki biyolojik kütle emülsiyon haldeki maddeleri parçalamak için yeterli değildir. Aynı zamanda gresi absorblamak veya oksitlemek için gerekli zaman da mevcut değildir. Sonuç olarak, son çökeltme tanklarındaki veya daha kötüsü alıcı sulardaki durgun şartlar altında gres serbest halde ayrılacaktır.

### **Yağ ve Gresin Çevre Mühendisliği Açısından Önemi**

Evsel ve endüstriyel atıksuların ve çamurların yağ ve gres içeriği, bu tip maddelerin toplanmasında ve arıtılmasında oldukça önemlidir. Yağ ve gres sudaki çözünürlüğünün az oluşu nedeniyle sıvı fazdan ayrılma eğilimi gösterir ve üst faz oluşturur. Yağ ve gres, suda ayrışmaları oldukça yavaş olup, buldukları ortamlardan kolayca gitmezler. Bu nedenle birçok sucul ortamlarda problemler doğururlar. Et kesme ve paketleme endüstrilerinden gelen atıklar, önemli ölçüde yağlar içermektedir. Bu tip atıklar, kanalizasyon sistemlerinin tıkanması ile taşıma kapasitesi üzerinde ters etki yapar. Bu nedenle, yağ ve gresli maddelerin alıcı sulara ve kanalizasyon sistemlerine verilmesinde bazı kurallar ve kısıtlamalar konulmuştur.

Tüm yağ ve gres atığı oluşturan endüstrilerde ön arıtma işlemlerinin uygulanması zorunluluğu getirilmiştir. Bu ön arıtma sırasında yağ-gresin deşarjından önce geri kazanılması/arıtılması için gerekli işlemlerin yapılması zorunluluğu vardır. Yağ ve gres ön çökeltim havuzunda köpük halinde ayrılırlar. Bu nedenle yüksek yağ ve gres içeriği taşıyan endüstrilerde köpük problemi oldukça önemli olmakla birlikte çamurun vakum filtrasyonu da oldukça güç olur. Yağ ve gresler, anaerobik parçalanmaya özellikle dirençlidirler. Çamur içerisinde bulduklarında, çürütücülerde aşırı köpüklenme olmasına neden olabilir, filtrenin

gözeneklerini tıkayabilir ve çamurun arazide gübre olarak kullanılmasını bozabilirler. Bu maddeler atıksular içerisine veya arıtılmış atıksular içerisine boşaltıldıklarında, çoğu zaman yüzeyde film tabakasının ve kıyılarda birikimlerin oluşmasına neden olur. Bir atıksuda mevcut yağ ve gres miktarının belirlenmesinden, tesis verimliliğinde karşılaşılan güçlüklerin üstesinden gelinmesinde ve deşarj kaliteleri tutturma açılarından yararlanılır. Atıksu arıtma tesislerinde ön arıtma olarak; atıksudaki kâğıt, paçavra, plastik, metal gibi iri katı maddeler ile kum ve yağ-gres gibi maddelerin ayrılması işlemleri uygulanmaktadır. Bu maddeler bu aşamada uzaklaştırılmadığı takdirde pompalar ve çamur giderme ekipmanına, vanalara, karıştırıcılara, borulara, kanallara, duvarlara vb. zarar vererek arıtmada problemlere yol açabilir. Bu nedenle atıksudaki yağ-gres de atıksudan ön arıtma ile alınmalıdır. Membran ile bir arıtım yapacağımız zaman özellikle yağ ve gresi gidermemiz gerekir. Aksi takdirde yağ ve gres membranın tıkanmasına neden olabilir. Atıksu arıtma tesislerinde problem oluşturan yağ ve gresin tamamı ön çökeltim havuzlarında uzaklaştırılmaz. Suyun içerisinde çok ince emülsiyon halinde önemli miktarda

yağ ve gres kalır. Aktif çamur tesislerinde gres çoğunlukla gres kürecikleri içine birikir ve bunlar yüzerek, son çökeltim havuzlarında hoş olmayan bir görüntü arz eder. Damlatmalı filtre ve aktif çamur proseslerinin her ikisi de sıvıdan biyolojik kütledeki hücrelere oksijen transferini engelleyen fazla miktardaki gresten önemli ölçüde etkilenir. Ayrıca biyolojik arıtmada aktif çamur prosesi 30 mg/l'ten fazla yağ içeriyorsa çamur inhibe olur ve aktivitesi engellenir. Evsel atıksu arıtma tesislerinde yağlar, normal olarak birincil çökeltme havuzunda su üzerinde yüzerler. Bu nedenle, ön çökeltme havuzunda bir köpük ve yağ toplayıcı sistem bulunur. Endüstri tesisleri prosesleri gereği yağlı ve petrolü atıklar üretiyorsa yağların yağ kapanlarıyla kaynağa tutulması sağlanmalıdır. Yağ kapanları, mümkün mertebe ana proses ünitelerine yakın yapılmalı ve yağların diğer atıklara karışması önlenmelidir. Kayda değer oranda yağ ve gres üreten endüstrilerin (gıda ve sabun endüstrileri, rafineriler vb.) atıksu arıtma tesislerinde genellikle bir yağ ayırıcı bulunur.

## **DENEY**

Etüvde 103-105 0C'de kurutulmuş desikatörde bekletilmiş bir beher/kapsül tartılır.

Ayırma hunisine 50 ml analizlenecek örnek alınır.

Üzerine yaklaşık 20 ml kadar hegzan katılır.

Çalkalanarak yağın hegzan fazına geçmesi sağlanır.

Bir müddet dinlendikten sonra örnek kısmı atılır.

Hegzan fazı tartılan beher/kapsül içine alınır.

Çeker ocakta hegzan tamamen uçana kadar ısıtılır.

Beher tekrar tartılır.

İki tartım arası fark alınır ve % yağ hesaplanır.

## **DENEY SONUÇLARININ HESAPLANMASI**

### **Örnek olarak hesaplama:**

Boş beher tartımı = 48,8074 gr

Beherin son tartımı = 48,8094 gr

Yağ miktarı = 0,0020 gr = 2 mg

**Yağ yüzdesi = 2 mg X 100 ml / 50 ml = % 4 yağ.**

Yağ Derişimi = 40 mg/lit

### **Kaynaklar:**

1. M.Hilmi EREN Laboratuvar Deney Raporu
2. ERCİYES ÜNİVERSİTESİ, Çevre Mühendisliği Bölümü,Çevre Kimyası Laboratuvarı Dersi Notları

## 6. ADSORPSİYON

### DENEYİN AMACI:

Atıksulardan istenmeyen maddelerin adsorpsiyonla gideriminin incelenmesi ve sistem tasarısı için gerekli parametrelerin saptanması.

### TEORİ

**Adsorpsiyon:** Adsorpsiyon prosesi, genelde çözültide çözülmüş halde bulunan maddelerin uygun bir ara yüzey üzerinde toplanmasıdır. Ara yüzey sıvı ile bir gaz, bir katı veya diğer bir sıvı arasında olabilir. Atıksu arıtımında adsorpsiyon; atıksulardaki belirli maddeleri uzaklaştırmak amacıyla bu maddeleri tutabilecek özellikler gösteren adsorbent adı verilen maddelerin kullanılması işlemidir. Çözülmüş parçacıklar ile adsorplayan yüzey arasındaki çekim kuvvetlerinin türüne bağlı olarak üç değişik adsorpsiyon tipi tanımlanmaktadır.

*Fiziksel Adsorpsiyon:* Fiziksel adsorpsiyon Van der Waals kuvvetleri nedeniyle meydana geldiği için en önemli adsorpsiyon çeşidi arasındadır. Fiziksel adsorpsiyonun oluşabilmesi için düşük sıcaklık aralığı yeterlidir. Bağlar zayıf ve tersinirdir. Nitekim adsorplanan bileşenin çözültideki derişiminin değişimi ile adsorplanan moleküller desorbe olmaktadır. Adsorpsiyon çok tabakalıdır. Rejenerasyonu kolaydır.

*Kimyasal Adsorpsiyon:* Kimyasal adsorpsiyonda katı ve adsorplanacak çözünen arasında kimyasal bir reaksiyon oluşur ve reaksiyon genellikle tersinmez bir yapıdadır. Kimyasal adsorpsiyon, fiziksel adsorpsiyonla karşılaştırıldığında daha spesifiktir. Genellikle yüksek sıcaklık aralığında oluşur. Normalde adsorbe edilen materyaller yüzey üzerinde ancak bir moleköl kalınlığında örtü oluşturur ve molekölün yüzey üzerinde serbestçe hareket ettiği düşünülemez. Oysa fiziksel adsorpsiyonda moleküller yüzey çevresinde serbest hareket edebilmekte, yüzeye yapışmamaktadır.

*İyonik Adsorpsiyon:* Yüzeydeki yüklü bölgelere, elektrostatik kuvvetler ile çözültideki iyonik karakterde adsorplananların çekilmesi sonucu oluşur. Adsorpsiyon adsorbent ve adsorplananların iyonik güçleri ve moleköler büyüklüklerine göre seçimli olarak oluşur. Eş yüklü iyon durumunda küçük iyon tercih sebebidir. Yüzeye tutunan iyonlara eş yüklü başka iyonların, aynı anda yüzeyi terk etmesi halinde ise, sürece iyon değişimi adı verilir. Pek çok farklı özelliklerine rağmen, çoğu durumda fiziksel, kimyasal ve iyonik adsorpsiyon arasında kesin bir ayırım yapılamaz, kimi kez birlikte veya ardarda oluşurlar.

**Adsorpsiyonu Etkileyen Faktörler:** Ağır metallerin adsorpsiyon kinetiğini birçok faktör etkilemektedir. Adsorpsiyon prosesinin gerçekleşebilmesi için bazı koşulların oluşması gerekmektedir. Adsorbent yüzeyinde tutulacak olan çözülmüş maddelerin öncelikle kütle etrafını saran çözücü sıvı film içerisinden geçmesi gerekmektedir. Bu geçişe “film difüzyonu” adı verilmektedir. Adsorbent yüzeyine gelen maddelerin, gözeneklerin iç kısımlarına girebilmeleri için por difüzyonu adı verilen bir geçişi daha tamamlamaları gerekmektedir. Bu iki aşamayı geçen çözülmüş maddenin, adsorbent madde üzerine bağlanması ise son işlemdir. Ancak adsorpsiyonu etkileyen faktörler arasında karıştırma hızı, pH, sıcaklık, adsorbentin, adsorplanan madde ve çözücünün özellikleri gibi etmenler de vardır.

*Karıştırma hızı:* Adsorpsiyon hızı sistemin karıştırma hızına bağlı olarak ya film difüzyonu yada por difüzyonu ile kontrol edilir. Eğer az bir karıştırma yapılırsa tanecik etrafındaki sıvı film kalınlığı fazla olacak ve film difüzyonu, hızı sınırlandıran etmen olacaktır. Yeterli bir karışım sağlanırsa film difüzyon hızı, hızı sınırlandıran etmen olan por difüzyon noktasına doğru artar. Genelde por difüzyonu yüksek derecede karıştırılan kesikli sistemlerde hızı sınırlandıran faktördür.

*pH:* Ortamın pH' ı birçok nedenden ötürü, adsorpsiyonu etkileyen önemli bir parametredir. Hidrojen ve hidroksit iyonları kuvvetle adsorplandıklarından, diğer iyonların adsorpsiyonu çözeltilinin pH' ından etkilenir. Organik asitler düşük pH değerlerinde daha fazla adsorbe olurken organik bazlar yüksek pH' da daha iyi adsorplanır.

*Sıcaklık:* Sıcaklık adsorpsiyonu etkileyen diğer bir faktördür. Adsorpsiyon, sıcaklık artışıyla artarken, sıcaklığın düşmesiyle azalır. Bununla birlikte adsorpsiyon prosesi, ekzotermik bir proses ise adsorpsiyonun büyüklüğü azalan sıcaklıkla artacaktır.

*Adsorbentin özellikleri:* Adsorpsiyon bir yüzey olayı olduğunda, adsorpsiyonun büyüklüğü, spesifik yüzey alanı ile orantılıdır. Adsorbentin geniş yüzey alanına, gözenek hacmine, belirli bir gözenek dağılımına sahip olması, parçacıklı bir yapıda olması istenir.

*Adsorplanan madde ve çözücünün özellikleri:* Çözülebilir bileşikler, çözücüler için kuvvetli bir çekiciliğe sahiptir. Adsorpsiyonun olabilmesi için molekülün çözücüsünden ayrılabilmesi ve adsorbent üzerine yapışabilmesi gerekmektedir. Çözülmüş madde çözücü sistemine ne kadar kuvvetle bağlanmışsa yani hidrofobik özellikleri ne kadar zayıf ise yüze tutunma o denli az olur. İnorganik bileşikler genellikle hidrofilik yapılarından dolayı az, hidrofob maddeler

tercihli olarak daha çok adsorplanır. Ancak çok kolay çözünen bazı bileşikler bazen kolaylıkla adsorbe olurken, zayıf bir şekilde çözünen birçok bileşik de kolay kolay adsorbe olmamaktadır.

**Adsorpsiyon İzotermi:** Adsorpsiyon bir denge reaksiyonuna benzer. Çözelti belirli miktardaki adsorplayıcı ile temas ettirildiğinde, çözeltide adsorplanan maddenin derişimi, adsorplayıcı yüzeyindekilerle dengeye gelene kadar azalır. Adsorpsiyon dengesi kurulduktan sonra, adsorplanan maddenin çözelti fazındaki derişimi sabit kalır. Bir adsorplayıcı ile tutulabilen, adsorplanan miktarı, adsorplananın derişiminin ve sıcaklığının fonksiyonudur. Genellikle, adsorplanan madde miktarı, sabit sıcaklıkta derişimin bir fonksiyonu olarak saptanır. Sabit sıcaklıkta, denge halinde çözeltide kalan çözünen derişimine karşı, birim adsorplayıcı ağırlığında, adsorplanan çözünen miktarı grafiğe geçilerek adsorpsiyon izotermi adı verilen sonuç fonksiyonu elde edilir.

Ağır metal iyonlarının biyosorbent yüzeyine biyosorpsiyonu, adsorpsiyon izotermlerine uygunluk gösterir. Bunlar Freundlich, Langmuir ve BET (Brunauer, Emmett ve Teller) izotermeleridir.

*Freundlich İzotermi:* Freundlich modeli heterojen yüzeyler üzerinde adsorpsiyona uygulanmaktadır. Aşağıdaki formülle ifade edilir.

$$q = \frac{X}{m} = K_f \cdot C_e^{(1/n)} \quad (1)$$

$$x = C_{ads} = C_o - C_e \quad (2)$$

Freundlich eşitliğinin logaritmik şekli eğimi  $1/n$  ve eksenini kestiği yer  $\text{Log } K_f$  olan bir doğru deklemini şekilde ifade edilebilir.

$$\text{Log}(x/m) = \text{Log}K_f + (1/n)\text{Log}C_e \quad (3)$$

Freundlich denkleminde geçen ifadeler şu şekilde tanımlanabilir.

$q = x/m$ : Dengede birim adsorplayıcı ağırlığı başına adsorplanan madde miktarı (mg/g adsorplayıcı)

$x = C_{ads}$  : Adsorplanan çözünenin derişimi (mg/L)

$C_o$  : Başlangıçta çözünen derişimi (mg/L)

$C_e$  :Dengede adsorplanmadan çözültide kalan çözünen derişimi (mg/L)

$K_f$  :Adsorpsiyon kapasitesi

$n$  :Adsorpsiyon şiddeti

( $K_f$  ve  $n$  sıcaklığa, adsorplayıcıya ve adsorplanan maddeye bağılı sabitlerdir.)

*Langmuir İzotermi:* Langmuir izotermi homojen yüzey üzerinde adsorpsiyona uygulanır ve şu varsayımlara dayanır. Adsorplayıcı yüzeyinde aynı enerjiye sahip sabit sayıda aktif bölge vardır ve adsorpsiyon enerjisi sabittir. Adsorpsiyon tek tabakalı olarak oluşur ve maksimum adsorpsiyon, adsorplayıcı yüzeyine bağlanan moleküllerin doygun bir tabaka oluşturduğu andaki adsorpsiyondur. Adsorpsiyon için en basit teorik model langmuir modelidir. Aşağıdaki eşitlikle ifade edilir.

$$q = \frac{x}{m} = \frac{a \cdot K \cdot C_e}{1 + K \cdot C_e} \quad (4)$$

ve bu eşitlik ;

$$1/(x/m) = (1/aK) (1/C_e) + (1/a) \quad (5)$$

şeklinde doğrusallaştırılabilir. Burada;

$a$  :Yüzeyde tam bir tek tabaka oluşturmak için adsorplayıcının birim ağırlığında adsorplanan madde miktarı (mg/g)

$K$  :Adsorpsiyon net entalpisi ile ilgili bir sabit

Freundlich ve Langmuir modelleri matematiksel olarak seyreltik çözültülerden adsorpsiyonu karakterize ettiklerinden, ortalama derişim aralıklarında çalışıldığında, adsorpsiyon verilerinin bu izotermelere uygunluk gösterdiği bilinmektedir.

**Adsorpsiyon Prosesinin Kullanıldığı Yerler:** Katı-sıvı adsorpsiyonu içme suyu ve atıksu arıtımında önemli rol oynar. Adsorpsiyon prosesisi ve atıksu arıtımında aşağıdaki amaçlarla kullanılmaktadır.

- İstenmeyen tat ve kokuların uzaklaştırılması,

- İnsektisid, bakterisid ve bunun gibi pestisidler biyolojik arıtma sistemlerinde girişim meydana getirebilirler ve arıtılmadan tesisten çıkarlar. Bu gibi maddelerin alıcı sulara gitmemesi için üçüncül arıtma olarak adsorpsiyon işlemi,
- Küçük miktarda toksik bileşiklerin (fenol vb.) sudan uzaklaştırılması,
- Deterjan kalıntılarının sudan uzaklaştırılması,
- Endüstriyel atıklarda bulunan kalıcı organik maddelerin ve rengin giderilmesi,
- Nitro ve kloro bileşikleri gibi özel organik maddelerin uzaklaştırılması,
- TOK ve klor ihtiyacının azaltılması amacı ile kullanılır.

**Adsorbant Maddeler:** Su arıtımında adsorpsiyon teknikleri için çeşitli kimyasal maddeler kullanılmaktadır. Alumina, silika jel, fuller toprağı, makroporoz reçineler, bazik makroporoz iyon değıştirici reçineler, aktif silika ve aktif karbon en çok bilinen adsorban maddelerdir.

Aktif karbon; turba, linyit, kömür ve mangal kömüründen ve hindistan cevizi kabuğundan çeşitli işlemler sonucu hazırlanır. Aktif karbonunun hazırlanmasında buhar aktivasyon prosesinin veya kimyasal aktivasyon prosesi uygulanır. Aktif karbonun iç yüzeyi (aktifleştirilmiş yüzey) çoğunluk BET- yüzeyi olarak ( $m^2/g$ ) şeklinde ifade edilir. Su arıtımında kullanılan aktif karbonların iç yüzey alanı  $500-1500 m^2/g$  dir. Genellikle karbon taneciklerin iç yüzey alanının yaklaşık  $1000 m^2/g$  olması istenir. Adsorpsiyon için por yapısı toplam iç yüzeyden daha önemli bir parametredir. Polar ortalama yarıçaplarına göre şu şekilde sınıflandırılabilir:

-Makro polar  $r = 1000 \text{ nm}$

-Geçiş polar  $r = 100 \text{ nm}$

-Mikro polar  $r = 1 \text{ nm}$

Geçiş porları ve mikropolar iç yüzeyin en önemli kısmını teşkil ederler (%95). Makroporlar adsorpsiyon için relatif olarak önemli değildirler, ancak mikroporlara doğru hızlı difüzyon için iletici olarak gereklidirler.

**Aktif Karbonun Çevre Mühendisliğindeki Uygulamaları:** Adsorpsiyon işleminin bir yüzey olayı olarak tanımlanması dolayısıyla birim kütlenin taşıdığı aktif alan olarak tanımlanan özgül yüzey, S ile ilişkisi vardır. Küp veya küre biçiminde, boyutu d olan homojen dağılmış bir adsorplayıcının aktif yüzeyinin:

$S = 6/pd$  şeklinde hesabı mümkündür.



$\rho$  = maddenin yoğunluğu

d = adsorplayıcının boyutu (çap veya küpün kenarı)

Buna göre yoğunluğu 2 olan bir maddeden yapılmış 1 cm boyutunda bir taneciğin alanı  $S=3 \text{ cm}^2$  olduğu durumda bu taneciği 10 m $\mu$  boyutunda kolloidal bir yapıya dönüştürdüğümüzde serbest yüzeyi 300 metrekare olmaktadır.

Kesikli çalışan bir sistemde toz karbon ekleyerek yapılan adsorpsiyonda bu büyük serbest yüzeye kolayca ulaşılır. Özellikle iyi karışım sağlandığında 30 dakikalık bir reaksiyon süresi dengeye ulaşmak için yeterlidir. Granül halindeki karbondan ise ne kadar iyi karıştırılırsa karıştırılsın dengeye ulaşmak için 2-3 haftaya ihtiyaç vardır.

Su içerisindeki seyreltik organik maddelerin giderimi beklendiğinde standart uygulama toz aktif karbonu bir kesikli reaktör içindeki suya eklenip karıştırıldıktan sonra filtre edilerek ayrılmasıdır. Bazı durumlarda suya koagülant ekleyerek çökelme verimini arttırmak gerekir. Toz karbon granül karbondan göre çok daha ucuz olduğundan küçük su hacimleri için daha uygun adsorbandır. Büyük atıksu arıtma tesislerinde ise (örneğin biyolojik arıtma ile 30 mg/L ye düşürülmüş organik maddenin giderilmesi için) m<sup>3</sup> başına 600 g gibi bir karbon ihtiyacı oluşur ki bu çok pahalıya mal olur. Bu nedenle granül karbonla doldurulmuş dolgu kuleleri kullanmak daha uygun olmaktadır. Yüksek organik madde yüküne sahip suların arıtılmasında 3-10 m lik yükseklikte dolgu kuleler kullanılır. Az kirli içme sularının arıtımı için ise 0.5-1 m lik dolgu kuleler kullanılır.

Aktif karbon tüm su arıtımı problemleri için bir uluslararası ilaç değildir. Ancak yine de çözünmüş organik ürünlerin ve toksik kimyasal maddelerin, tat ve koku oluşturan maddelerin uzaklaştırılmasında en iyi arıtma yöntemlerinden biridir. Filtrasyon tekniği olarak granül aktif karbon kullanımı aynı zamanda demir 3 iyonlarını gidermede de oldukça etkilidir. Sudan kalıntı TOK ve KOİ'i gidermede de oldukça etkili bir yöntemdir. Adsorpsiyondan sonra KOİ 0-2 mg/L ye ve TOK 1 mg/L ye kadar düşürülebilmektedir. Fenol içeriği adsorpsiyon işlemi ile  $\mu\text{g/L}$  derişimi sınırına kadar azaltılabilmektedir. Aktif karbon tabakaları önemli ölçüde bakteri adsorplayabilmektedir. Bunun sonucu olarak atıksuyun BOİ<sub>5</sub> i %20 oranında azaltılmış olur. Bu biyolojik aktivite son yıllarda aktif karbonun biyolojik arıtma tesislerinde aktif çamurla birlikte kullanımına sebep olmuştur.

## DENEY

Çözelti olarak metilen mavisinin sulu çözeltisi kullanılarak aktif karbonun renk giderme özelliği belirlenir. Bu amaçla  $10^{-4}$  metilen mavisi ( $MA= 319.85$ ) içeren çözeltilerden seyreltme yolu ile en az 5 değişik konsantrasyonda çözelti hazırlanır. Adsorpsiyon izotermelerini elde etmek için 250 ml lik erlenlere 100 ml çözelti alınır ve bir miktar (0.5-1 gr/L) aktif karbon atılarak çözelti sabit sıcaklık ve sabit karıştırma hızında çalkalanır. Belirli bir temas süresi sonunda, karbon filtrelenerek çözeltilerden ayrılır ve çözeltilerde adsorplanmadan kalan metilen mavisi konsantrasyonları spektrofotometrik olarak ölçülür. Bulunan konsantrasyonlar yardımıyla aktif karbon üzerine adsorplanan metilen mavisi miktarı molar konsantrasyon azalması/gram aktif karbon cinsinden hesap edilir.

## DENEY SONUÇLARININ HESAPLANMASI

Bu amaçla aktif karbon tarafından adsorplanan metilen mavisi miktarı her örnek için hesaplanır. Hesaplanan konsantrasyon farkları (metilen mavisi mol sayısı) eklenen aktif karbon miktarına bölünerek ( $q = \text{mol M.M/gram aktif karbon}$ ) ilişkisi elde edilir. Elde edilen veriler Langmuir ve Freundlich izotermi teşkil edilecek şekle getirilip çizilir. Böylece tespit edilen çalışma sıcaklığındaki izotermi elde edilir.

Not: Bu deney farklı miktarlarda fenol içeren çözeltiler için de yapılabilir. Fenol miktarları doğrudan 220 nm’de spektrofotometrede okunabilir.

Metilen mavisinin veya fenol konsantrasyonu $C_e$ (mol/ L)	Hesaplanan $q$ (mol/g aktif karbon)	$1/C_e$	$1/q$	$\text{Log } C_e$	$\text{Log } q$

Metilen mavisinin veya fenol konsantrasyonu $C_e$ (mol/ L)	Hesaplanan q (mol/g aktif karbon)	$1/C_e$	$1/q$	Log $C_e$	Log q
$10^{-4}$					
$10^{-5}$					
$10^{-6}$					
$5 \cdot 10^{-7}$					