



DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ YAYINLARI NO:153



ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİNDE FİZİKSEL - KİMYASAL TEMEL İŞLEMLER VE SÜREÇLER

(6. BASKI)



Prof. Dr. Füsun ŞENGÜL
Yrd. Doç. Dr. Enver Y. KÜÇÜKGÜL
İZMİR 2012

ÖNSÖZ

Çevre Mühendisliğinde Fiziksel-Kimyasal Temel İşlemler ve Süreçler ders notu, Çevre Mühendisliği Bölümü üçüncü sınıf öğrencilerine okutulmakta olan "Temel İşlemler-II" dersinde kullanılmak amacı ile hazırlanmıştır.

Onbir bölümden oluşan 'ders notlarında Çevre Mühendisliği uygulamalarında kullanılan reaktörler, dengeleme, nötralizasyon, kimyasal oksidasyon, dezenfeksiyon, kimyasal çöktürme, kimyasal pıhtılaştırma ve yumaklaştırma, flotasyon, adsorbsiyon, sertlik giderme ve iyon değişimi gibi konulara yer verilmiştir. Fizikokimyasal arıtma yöntemlerinden olan kimyasal çöktürme, adsorbsiyon, kimyasal oksidasyon ve iyon değişiminin teorisi ve uygulama alanları kapsamlı olarak açıklanmıştır. Notların en uzun bölümünü oluşturan kimyasal pıhtılaştırma ve yumaklaştırma, gerek içme suyu arıtımında gerekse atıksu arıtımında yaygın olarak kullanılan bir birim arıtma işlemidir. Bu kapsamı ile notların içme suyu ve atıksu arıtımında çalışan çevre mühendislerine, operatörlere, teknisyenlere ve çevre sağlığı elemanlarına da faydalı bir kaynak olacağı inancındayız.

Bu ders notlarının hazırlanmasındaki değerli yardımlarından ötürü Sayın Prof.Dr. Aysen MÜEZZİNOĞLU'na, yazıların bilgisayarda yapılan düzenlenmesi sırasındaki katkılarından ötürü Sayın Doç.Dr. Davut ÖZDAĞLAR'a, ve üçüncü basım için kullanılan yazım editörüne dönüşümleri sırasında katkılarından dolayı Ar.Gör. Erol SANER'e, Ar.Gör. Nuri AZBAR'a, Ar.Gör. S. Sertan DERELİ'ye, Ar.Gör. Gaye BOZARSLAN'a ve Çev.Müh. Coşkun Pınar'a ayrıca notların basımını gerçekleştiren Üniversitemiz Mühendislik Fakültesi Yayın Bürosu Personeline teşekkürü borç biliriz.

Fusun ŞENGÜL

Enver Y. KÜÇÜKGÜL

İ Ç İ N D E K İ L E R

ÖNSÖZ	i
İÇİNDEKİLER	ii
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	vi
TABLoların LİSTESİ	xi
BÖLÜM I REAKTÖRLER	1
1.1. Reaksiyon Kinetiği	1-1
1.1.1. Sıfırıncı dereceden reaksiyonlar	1-1
1.1.2. Birinci dereceden reaksiyonlar	1-3
1.1.3. İkinci dereceden reaksiyonlar	1-4
1.2. Reaktörler Hakkında Genel Bilgiler	1-4
1.3. Reaktör Tasarımının Ana Prensipleri	1-5
1.4. Reaktör Tipleri	1-7
1.5. Tam Karışım ve Kesikli (Batch) Reaktörler	1-9
1.6. Sürekli Akışlı Karıştırmalı Tank Reaktörler (CFSTR)	1-10
1.7. Piston Akımlı Reaktörler	1-12
1.8. Gerçek Karışım Reaktörler	1-15
1.9. Reaktörler ile ilgili Örnek Problemler:	1-16
BÖLÜM 2 DENGELEME	2
2.1. Genel	2-1
2.2. Dengelemenin Teorik Analizi	2-2
BÖLÜM 3 NÖTRALİZASYON	3
3.1. Genel	3-1
3.2. Nötralizasyon Sistemlerinin Tasarımında Gözönüne Alınacak Faktörler	3-2
3.3. Nötralizasyon Sistemlerinin Tasarımı İçin Gerekli Bilgiler.	3-2
3.4. Asitli Artıkların Nötralizasyonu	3-3
3.5. Alkali Atıkların Asitlerle Nötralizasyonu	3-7
3.6. Nötralizasyon Sistemlerinde Proses Kontrolü	3-8
3.7. Tasarım Parametrelerinin Oluşturulması	3-9
3.7.1. Kireçtaşı yataklarında nötralizasyon	3-9
3.7.2. Sönmüş kireç bulamacı ile nötralizasyon	3-9
3.8. Tasarım İşlemi	3-10
3.9. Nötralizasyon ile ilgili Örnek Problemler	3-10

BÖLÜM 4 KİMYASAL OKSİDASYON

4

4.1. Giriş	4-1
4.2. Su ve Atıksu Arıtımında Kullanılan Oksidasyon Maddeleri ve Oksidasyon Proseslerinin Kısıtları	4-2
4.3. Kimyasal Oksidasyonunun Prensipleri	4-3
4.4. Kimyasal Oksidasyona Katalizörlerin Etkisi	4-4
4.5. Kimyasal Oksidasyona pH'nın Etkisi	4-5
4.6. Oksijen ile Kimyasal Oksidasyon	4-6
4.7. Ozon ile Kimyasal Oksidasyon	4-7
4.8. Permanganat ile Kimyasal Oksidasyon	4-9
4.9. Klor ile Kimyasal Oksidasyon	4-12

BÖLÜM 5 DEZENFEKSİYON

5

5.1. Dezenfeksiyon ve Sterilizasyonun Tanımı	5-1
5.2. Dezenfeksiyonun Amacı	5-1
5.3. İdeal Bir Dezenfektan Maddenin Özellikleri	5-3
5.4. Chick Kanunu	5-3
5.5. Dezenfeksiyonun Mekanizması	5-6
5.6. Dezenfeksiyon Yöntemleri	5-6
5.6.1. Isı ile dezenfeksiyon	5-7
5.6.2. Ultraviyole (UV) ışın ile dezenfeksiyon	5-9
5.6.3. Kimyasal dezenfeksiyon maddeleri ile dezenfeksiyon	5-10
5.6.4. Ozon üretimi	5-13
5.6.5. Suyu ozonlu hava ile temasa getirerek dezenfekte etmek	5-13
5.6.6. Ozonizör (ozon elde etme cihazları) tipleri	5-14
5.6.7. Ozon-su temas kolonları	5-14
5.6.8. Potasyum permanganat ile dezenfeksiyon	5-15
5.7. Klor ve Klor Bileşikleriyle Dezenfeksiyon	5-15
5.7.1. Klor kimyası	5-15
5.7.2. Klorun hidroliz reaksiyonları	5-18
5.7.3. Toplam serbest kullanılabilir klor miktarı	5-19
5.7.4. Bağlı kullanılabilir klor miktarı	5-21
5.7.5. Toplam kullanılabilir (yararlanılabilir) klor miktarı	5-21
5.7.6. Klorun amonyak ile verdiği reaksiyonlar	5-21
5.7.7. Kırılma Noktası klorlaması	5-24
5.7.8. Klor ihtiyacı	5-26
5.7.9. Klorlama ile ilgili terimler ve tanımlar	5-26
5.7.10. İçme sularının klorlanmasında tavsiye edilen klor dozları	5-28
5.7.11. Ticari klor bileşikleri	5-29
5.7.12. Klor ve klor bileşiklerini kullanan dezenfeksiyon ekipmanları	5-30
5.7.13. Klor ile dezenfeksiyonda verime etki eden faktörler	5-32
5.8. Örnek Problemler	5-36

BÖLÜM 6	
KİMYASAL ÇÖKTÜRME	6
6.1. Genel	6-1
6.2. Kimyasal Çöktürmenin Mekanizması	6-1
6.3. Kimyasal Çöktürmenin Kimyası	6-3
6.3.1. Alüm ile olan kimyasal reaksiyonlar	6-4
6.3.2. Kireç ile olan kimyasal reaksiyon	6-4
6.3.3. Ferro sülfat ve kireç ile olan reaksiyonlar	6-5
6.3.4. Ferri klorür ile olan kimyasal reaksiyonlar	6-5
6.3.5. Ferri klorür ve kireç ile olan kimyasal reaksiyonlar	6-6
6.3.6. Ferri sülfat ve kireç ile olan kimyasal reaksiyonlar	6-6
6.4. Kimyasal Çöktürme ile Fosfor Giderme	6-6
6.5. Kimyasal Çöktürme ile ilgili Uygulama Örnekleri	6-7
BÖLÜM 7	
KİMYASAL PIHTILAŞTIRMA VE YUMAKLAŞTIRMA	7
7.1. Tanımlar	7-1
7.2. Kolloidal Sistemler	7-2
7.3. Kolloidlerde İtme ve Çekme Potansiyeli	7-3
7.4. Kolloidlerin Stabillığının Bozulması,	7-5
7.4.1. Çift tabakanın sıkıştırılması	7-5
7.4.2. Adsorbsiyon ve yük nötralizasyonu	7-8
7.4.3. Çökelek içinde hapsedme, çökelek teşkili ile uzaklaştırma	7-9
7.4.4. Adsorbsiyon ve tanecikler arası köprü teşkili	7-10
7.5. Su ve Atıksu Arıtımında Destabilizasyon	7-12
7.6. Pıhtılaştırma ve Yumaklaştırma İşlemlerinde Kullanılan Kimyasal Maddeler	7-17
7.7. Pıhtılaştırma Maddelerinin Hidroliz Reaksiyonları	7-18
7.8. Yumaklaştırmada Kullanılan Yardımcı Maddeler	7-20
7.8.1. Aktif Silika	7-21
7.8.2. Sentetik organik polimerler	7-22
7.9. Pıhtılaştırma ve Yumaklaştırma İşlemlerinde Karıştırma	7-24
7.10. Hız Gradyanı	7-27
7.11. Pıhtılaştırma ve Yumaklaştırma İşlemlerindeki Karıştırma ile ilgili Mekanik Aksam.	7-28
7.12. Jar (Kavanoz) Testi	7-31
7.13. Pıhtılaştırma ve Yumaklaştırma ile ilgili Örnekler	7-32
BÖLÜM 8	
FLOTASYON	8
8.1. Flotasyon Tanımı	8-1
8.2. Flotasyonun Tarihçesi	8-1
8.3. Flotasyonun Çevre Mühendisliğindeki Uygulama Alanları	8-2
8.4. Flotasyon Teorisi	8-2
8.5. Flotasyon Çeşitleri	8-3
8.6. Çözünmüş Hava Flotasyonunun Mekanizması	8-5
8.7. Flotasyon Sistemlerinin Tasarımı	8-10
8.8. Flotasyon Ünitelerinin Tasarımına İlişkin Örnekler	8-16

BÖLÜM 9
ADSORPSİYON

9

9.1. Genel Esaslar	9-1
9.2. Adsorpsiyon Prosesinin Kullanıldığı Yerler	9-2
9.3. Adsorban Maddeler	9-2
9.4. Yüzey Gerilimleri ile Adsorbsiyon ilişkisi	9-2
9.5. Adsorpsiyon Türleri	9-4
9.6. Adsorpsiyon İzotermleri	9-4
9.7. Granül Aktif Karbon İçeren Filtrelerde Arıtma	9-7
9.8. Aktif Karbon Filtreleri ile ilgili Teknik Hususlar	9-8
9.9. Toz Aktif Karbon ile Adsorbsiyon	9-12
9.10. Hareketli Yatak Tekniği	9-13
9.11. Basıçlı Karbon Filtreleri	9-14
9.12. Filtre Yataklarının Boşaltılması	9-14
9.13. Granül Aktif Karbonun Rejenerasyonu	9-15
9.14. Aktif Karbonun Çevre Mühendisliğindeki Uygulamaları	9-17
9.15. Adsorpsiyon ile ilgili Uygulama Örnekleri	9-21

BÖLÜM 10
SERTLİK GİDERME

10

10.1. Tanımlar	10-1
10.2. Sertlik Gidermenin (Yumuşatmanın) Amacı	10-2
10.3. Sertlik Giderme (Yumuşatma) İşlemleri	10-4
10.3.1. Kireç-soda prosesi	10-4
10.3.2. Kostik soda prosesi	10-5
10.3.3. Sodyum fosfat ile yumuşatma	10-6
10.3.4. Kireç ile yumuşatmanın teknik uygulaması	10-6
10.3.5. Kireç ile yumuşatma proseslerinde oluşan çamurun uzaklaştırılması	10-8
10.4. Sertlik Giderme ile ilgili Örnek Problemler	10-9

BÖLÜM 11
İYON DEĞİŞİMİ

11

11.1. İyon Değiştirici Maddelerin Özellikleri	11-1
11.2. İyon Değişimi Uygulamalarında Kullanılan Bazı Teknik Terimler	11-2
11.3. İyon Değiştirici Tipleri:	11-2
11.4. İyon Değiştiricilerin Kullanımı	11-6
11.5. İyon Değiştiriciler ile Yumuşatma İşlemi	11-7
11.6. İyon Değiştiriciler ile Karbonat Giderme	11-9
11.7. Toplam Deiyonizasyon	11-10
11.8. İyon Değiştiricilerin Tasarımı	11-11
11.9. Katyon Değiştiriciler Üzerinden Tek Geçişli Sistemlere Örnekler	11-12
11.10. Katyon Değiştiriciler Üzerinden İki Defa Geçişli Sistemlere Örnekler	11-14
11.11. Karışık Yatak Uygulaması	11-15

KAYNAKLAR