

**SUDAKİ BOYARMADDELERİN BİR
ELEKTROKİMYASAL REAKTÖRDE
RENKLERİNİN GİDERİLMESİ**

Ali Savaş KOPARAL

Yüksek Lisans

Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı

1991

**SUDAKİ BOYARMADELERİN BİR
ELEKTROKİMYASAL REAKTÖRDE
RENKLERİNİN GİDERİLMESİ**

Ali Savaş Koparal

**Anadolu Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca
Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı
Kimyasal Teknolojiler Bilim Dalında
YÜKSEK LİSANS TEZİ
Olarak Hazırlanmıştır**

Danışman: Y.Doç.Dr.Ülker Bakır Öğütveren

Eylül - 1991

ALİ SAVAŞ KOPARAL'ın YÜKSEK LİSANS tezi olarak hazırladığı **SUDAKİ BOYARMADDELERİN BİR ELEKTROKİMYASAL REAKTÖRDE RENKLERİNİN GİDERİLMESİ** başlıklı bu çalışma, jürimizce lisansüstü yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

Üye : Doç.Dr.M.Ercengiz YILDIRIM

Üye : Y.Doç.Dr.Ülker BAKIR ÖĞÜTVEREN

Üye : Y.Doç.Dr.Zakir POYRAZ

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 15.08.1991 1991
...287-I..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof.Dr.Rüstem KAYA
Enstitü Müdürü

ÖZET

Bu çalışmada, boyarmaddelerin atıksulardan anodik yükseltgeme ile uzaklaştırılması üzerinde çalışılmıştır. Bu amaçla değişik boyarmaddeler ve Eskişehir bölgesi Sümerbank Tekstil Fabrikası atıksuyu kullanılmıştır.

Yapılan deneylerde, değişik boyarmadde başlangıç derişimlerinde çalışılmış, uygulanan gerilim ve çözelti akış hızları değiştirilerek giderim ve enerji tüketimi üzerine etkileri araştırılmıştır. Ayrıca bazı boyarmaddelerde ve tekstil fabrikası atıksuyunda, destek elektrolit olarak kullanılan NaCl derişimi ile pH'ın giderime olan etkileri de incelenmiştir.

Elde edilen sonuçlar, atıksulardan boyarmaddelerin, elektrokimyasal yükseltgeme yöntemi ile başarılı bir şekilde uzaklaştırılabileceğini göstermiştir. Giderim için kullanılan elektrik enerjisi ve kimyasal madde sarfiyatının yüksek olmaması ayrıca giderim sonucunda herhangi bir artık madde bulunmaması bu yöntemin diğer yöntemlere göre üstünlükleri olarak belirtilebilir.

SUMMARY

In this work the removal of dye stuffs from waste waters has been carried out in a bipolar trickle tower electrochemical reactor. Several dye solutions of different concentrations and some waste water samples provided from Sümerbank textile plant have been examined.

The effects of the initial dye concentration, solution flow rate and applied potential on the removal rates and energy consumptions have been investigated. The effects of pH and the NaCl presence on the removal rate have also been investigated.

According to the results it can be said that the dye stuffs can be removed successfully from the wastewater electrochemically. This method has several advantages such as operating with a relatively low energy consumption, not requiring extraneous chemicals or ions. Furthermore after the treatment no sludge is formed.

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım sırasında beni yönlendiren, bu çalışmayı yapabilmem için her türlü olanağı sağlayan, yardım ve desteğini hiç bir zaman esirgemeyen hocam Y.Doç.Dr.Ülker Bakır Öğütveren'e teşekkürü bir borç bilirim.

Değerli görüşlerinden yararlandığım Doç.Dr.M.Ercengiz Yıldırım ve Y.Doç.Dr.Ö.Mete Koçkar'a, yüksek lisans arkadaşlarım Araş.Gör.H.Ferdi Gerçel ve Nuray Gönen'e de içten teşekkür ederim.

Ayrıca, her zaman yakın ilgi ve yardımlarını gördüğüm Kimya Mühendisliği Bölümü öğretim üyeleri ve elemanlarına da teşekkürü bir borç bilirim.

Ali Savaş KOPARAL

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iii
SUMMARY	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xvi
1. GİRİŞ VE AMAÇ	1
1.1. Yasal Düzenlemeler	2
2. SU KİRLİLİĞİ, İNSAN VE ÇEVRE SAĞLIĞINA ETKİLERİ	3
2.1. Su Kirliliği	3
2.2. Tekstil Atıksuları	3
2.2.1. Boyarmaddelerin su kirliliğine etkileri	6
2.2.2. Boyarmaddelerin insan ve çevre sağlığına etkileri	7
3. RENK VE BOYARMADDELER	8
3.1. Renk	8
3.2. Renk Teorileri	9
3.3. Boyarmaddeler	9
3.3.1. Boyarmaddelerin sınıflandırılması	10
3.3.1.1. <u>Boyaların yapılarına göre sınıflandırılması</u>	11
3.3.1.2. <u>Boyaların boyama özelliklerine göre sınıflandırılması</u>	15
3.3.2. Boyarmaddelerin ticarete bulunuşu	18
3.3.3. Boyarmaddelerin ticari adları	18
3.3.4. Boyarmaddelerin depolanması ve çözülmesi	19

İÇİNDEKİLER (Devam)

	<u>Sayfa</u>
4. ELEKTROKİMYA MÜHENDİSLİĞİNİN İLKELERİ VE UYGULAMALARI	20
4.1. Elektrokimya ve Elektrokimya Mühendisliği	20
4.1.1. Isı aktarımı	20
4.1.2. Hidrodinamik ve kütle aktarımı	21
4.1.3. Reaktör tasarımı ve malzeme bilimi	25
4.1.4. Ölçek büyütme	25
4.1.5. Optimizasyon ve maliyet	26
4.2. Elektrokimyasal Reaktörler	27
4.2.1. Elektrokimyasal reaktör tasarım koşulları	27
4.2.2. Elektrokimyasal reaktör çeşitleri	28
4.2.2.1. <u>Karıştırmalı tank reaktörler</u>	28
4.2.2.2. <u>Paralel plakalı reaktörler</u>	29
4.2.2.3. <u>Kapiler (kılcal) aralıklı reaktörler</u>	30
4.2.2.4. <u>Partikül elektrotlu reaktörler</u>	31
4.2.3. Elektrokimyasal reaktörlerin ekonomik açıdan incelenmesi	33
5. ATIKSULARDAN RENK KİRLİLİĞİNİN GİDERİLMESİ ...	36
5.1. Klasik Yöntemler İle Daha Önce Yapılmış Renk Giderim Çalışmaları	36
5.2. Boyarmaddelerin Elektrokimyasal Yöntem İle Renklerinin Giderilmesi	37
5.2.1. Elektrokimyasal yöntem ile daha önce yapılan arıtım ve renk giderme çalışmaları	40
6. DENEYSEL ÇALIŞMALAR	47
6.1. Yöntem	47
6.1.1. Toplam reaktör gerilimi	49
6.1.2. Kullanılan kimyasal maddeler	49

İÇİNDEKİLER (Devam)

	Sayfa
6.1.3. Kullanılan yardımcı araçlar	50
6.1.4. Çalışma doğrularının çizilmesi ve derişim hesabı	50
6.1.5. Verim hesaplarında kullanılan eşitlikler	50
6.2. Boyarmaddelerin Sulu Çözeltileri İle Yapılan Deneysel Çalışmaları	51
6.2.1. Congo red ile yapılan deneysel çalışmalar ve sonuçları	52
6.2.2. Ostazin rot H3B ile yapılan deneysel çalışmalar ve sonuçları	70
6.2.3. Xiron blau 2RHD ile yapılan deneysel çalışmalar ve sonuçları	88
6.2.4. Ostazin oliv HG ile yapılan deneysel çalışmalar ve sonuçları	106
6.2.5. Ostazin black HN ile yapılan deneysel çalışmalar ve sonuçları	122
6.3. Tekstil Fabrikası Atıksuyu İle Yapılan Deneysel Çalışmalar ve Sonuçları	138
7. BULGULARIN TARTIŞILMASI	142
7.1. Rengin Giderme Hızına Etkisi	142
7.2. pH'ın Etkisi	142
7.3. NaCl'ün Etkisi	142
7.4. Uygulanan Gerilimin Etkisi	143
7.5. Başlangıç Boya Derişiminin Etkisi	144
7.6. Akış Hızının Etkisi	144
8. SONUÇ VE ÖNERİLER	145
8.1. Genel Sonuçlar	145
8.2. Öneriler	145

İÇİNDEKİLER (Devam)

	<u>Sayfa</u>
Ek Açıklamalar - A Reaktör Hacmi ve Anot Yüzey Alanı	
Hesabı	146
Ek Açıklamalar - B Örnek Çalışma Doğrusu	149
Ek Açıklamalar - C Örnek Hesaplamalar	151
KAYNAKLAR DİZİNİ	153
EK 1 Boyarmadde Üreten Önemli Firmalar	162

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
2.1 Bir tekstil fabrikasında atıksu akış şeması	5
4.1 Paralel plakalı reaktör	29
4.2 Kapiler (kılcal) aralıklı reaktör	30
4.3 Süspansiyon yataklı reaktör	32
4.4 Akışkan yataklı reaktör	33
6.1 İki kutuplu damlamalı reaktör	47
6.2 Deney düzeneği	48
6.3 Congo red için farklı akış hızlarında, uygulanan gerilim ile % giderimin değişimi	58
6.4 Congo red için farklı derişimlerde, uygulanan gerilim ile % giderimin değişimi	60
6.5 Congo red için farklı akış hızlarında, uygulanan gerilim ile hacim-zaman veriminin değişimi	62
6.6 Congo red için farklı derişimlerde, uygulanan gerilim ile hacim-zaman veriminin değişimi	64
6.7 Congo red için farklı akış hızlarında, uygulanan gerilim ile enerji tüketiminin değişimi	66
6.8 Congo red için farklı derişimlerde, uygulanan gerilim ile enerji tüketiminin değişimi	68
6.9 Congo red için farklı pH'lerde, uygulanan gerilim ile % giderimin değişimi	69
6.10 Congo red için farklı akış hızlarında, uygulanan gerilim ile hacim-zaman veriminin değişimi	69
6.11 Ostazin rot H3B için farklı akış hızlarında, uygulanan gerilim ile % giderim değişimi	76

ŞEKİLLER DİZİNİ (Devam)

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
6.12 Ostazin rot H3B için farklı derişimlerde, uygulanan gerilim ile % giderimin değişimi	78
6.13 Ostazin rot H3B için farklı akış hızlarında, uygulanan gerilim ile hacim-zaman veriminin değişimi	80
6.14 Ostazin rot H3B için farklı derişimlerde, uygulanan gerilim ile hacim-zaman veriminin değişimi	82
6.15 Ostazin rot H3B için farklı akış hızlarında, uygulanan gerilim ile enerji tüketiminin değişimi	84
6.16 Ostazin rot H3B için farklı derişimlerde, uygulanan gerilim ile enerji tüketiminin değişimi	86
6.17 Ostazin rot H3B için farklı NaCl derişimlerinde, uygulanan gerilim ile % giderimin değişimi	87
6.18 Xiron blau 2RHD için farklı akış hızlarında, uygulanan gerilim ile % giderimin değişimi	94
6.19 Xiron blau 2RHD için farklı derişimlerde, uygulanan gerilim ile % giderimin değişimi	96
6.20 Xiron blau 2RHD için farklı akış hızlarında, uygulanan gerilim ile hacim-zaman veriminin değişimi	98
6.21 Xiron blau 2RHD için farklı derişimlerde, uygulanan gerilim ile hacim-zaman veriminin değişimi	100
6.22 Xiron blau 2RHD için farklı akış hızlarında, uygulanan gerilim ile enerji tüketiminin değişimi	102
6.23 Xiron blau 2RHD için farklı derişimlerde, uygulanan gerilim ile enerji tüketiminin değişimi	104
6.24 Xiron blau 2RHD için farklı pH'larda, uygulanan gerilim ile % giderimin değişimi	105
6.25 Ostazin oliv HG için farklı akış hızlarında, uygulanan gerilim ile % giderimin değişimi	111

ŞEKİLLER DİZİNİ (Devam)

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
6.26 Ostazin oliv HG için farklı derişimlerde, uygulanan gerilim ile % giderimin değişimi	113
6.27 Ostazin oliv HG için farklı akış hızlarında, uygulanan gerilim ile hacim-zaman veriminin değişimi	115
6.28 Ostazin oliv HG için farklı derişimlerde, uygulanan gerilim ile hacim-zaman veriminin değişimi	117
6.29 Ostazin oliv HG için farklı akış hızlarında, uygulanan gerilim ile enerji tüketiminin değişimi	119
6.30 Ostazin oliv HG için farklı derişimlerde, uygulanan gerilim ile enerji tüketiminin değişimi	121
6.31 Ostazin black HN için farklı akış hızlarında, uygulanan gerilim ile % giderimin değişimi	127
6.32 Ostazin black HN için farklı derişimlerde, uygulanan gerilim ile % giderimin değişimi	129
6.33 Ostazin black HN için farklı akış hızlarında, uygulanan gerilim ile hacim-zaman veriminin değişimi	131
6.34 Ostazin black HN için farklı derişimlerde, uygulanan gerilim ile hacim-zaman veriminin değişimi	133
6.35 Ostazin black HN için farklı akış hızlarında, uygulanan gerilim ile enerji tüketiminin değişimi	135
6.36 Ostazin black HN için farklı derişimlerde, uygulanan gerilim ile enerji tüketiminin değişimi	137
6.37 Tekstil fabrikası atıksuyu için farklı akış hızlarında, uygulanan gerilim ile % giderimin değişimi	140
6.38 Tekstil fabrikası atıksuyu için farklı akış hızlarında, uygulanan gerilim ile enerji tüketiminin değişimi	140
6.39 Tekstil fabrikası atıksuyu için farklı pH'lerde, uygulanan gerilim ile % giderimin değişimi	141

ŞEKİLLER DİZİNİ (Devam)

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
6.40 Tekstil fabrikası atıksuyu için farklı NaCl derişimlerinde, uygulanan gerilim ile % giderimin değişimi	141
A.1 Elektrot yerleşim düzeni	146
A.2 Elektrot	147
B.1 Ostazin black HN için örnek çalışma doğrusu	149

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Cizelge</u>	<u>Sayfa</u>
3.1. Boyaların kullanışlarına göre sınıflandırılması	13
3.2. Bazı boyaların boyama özellikleri	17
4.1. Bazı reaktörlerde kütle aktarım bağıntıları	24
6.1. Congo red'in 10 mg/l derişimdeki deneysel sonuçları	53
6.2. Congo red'in 20 mg/l derişimdeki deneysel sonuçları	54
6.3. Congo red'in 30 mg/l derişimdeki deneysel sonuçları	55
6.4. Congo red'in 20 mg/l derişimve $3,12 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{h}$ çözelti akış hızındaki pH ve NaCl derişiminin giderime olan etkisinin deneysel sonuçları	56
6.5. Ostazin rot H3B'nin 20 mg/l derişimdeki deneysel sonuçları	71
6.6. Ostazin rot H3B'nin 30 mg/l derişimdeki deneysel sonuçları	72
6.7. Ostazin rot H3B'nin 40 mg/l derişimdeki deneysel sonuçları	73
6.8. Ostazin rot 20 mg/l derişimve $1,38 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{h}$ çözelti akış hızındaki NaCl derişiminin giderime olan etkisinin deneysel sonuçları	74
6.9. Xiron blau 2RHD'nin 20 mg/l derişimdeki deneysel sonuçları	89
6.10. Xiron blau 2RHD'nin 30 mg/l derişimdeki deneysel sonuçları	90
6.11. Xiron blau 2RHD'nin 40 mg/l derişimdeki deneysel sonuçları	91
6.12. Xiron blau 2RHD'nin 20 mg/l derişimve $2,28 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{h}$ çözelti akış hızındaki pH değişiminin giderime olan etkisinin deneysel sonuçları	92
6.13. Ostazin oliv HG'nin 10 mg/l derişimdeki deneysel sonuçları	107
6.14. Ostazin oliv HG'nin 20 mg/l derişimdeki deneysel sonuçları	108
6.15. Ostazin oliv 30 mg/l derişimdeki deneysel sonuçları	109
6.16. Ostazin black HN'nin 10 mg/l derişimdeki deneysel sonuçları	133

ÇİZELGELER DİZİNİ (Devam)

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
6.17. Ostazin black HN'nin 20 mg/l derişimdeki deneysel sonuçları	124
6.18. Ostazin black HN'nin 30 mg/l derişimdeki deneysel sonuçları	125
6.19. Tekstil fabrikası atıksuyu ile yapılan deney sonuçları	139
6.20. Atıksu için $1,38 \cdot 10^{-4}$ m ³ /h akış hızında, nötr pH ve destek elektrolizsiz ortamda yapılan deneysel çalışmanın sonuçları	139

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
A	Elektrot alanı (m^2)
Az	Elektrot hacmi (m^3)
a	Kütle aktarımında deneysel sabit
b	Kütle aktarımında deneysel sabit
BOİ	Biyolojik oksijen ihtiyacı (mg/l)
C	Derişim (mg/l)
Co	Başlangıç derişimi (mg/l)
ΔC_i	i maddesinin derişim değişimi
c	Kütle aktarımında deneysel sabit
Di	Kütle yayınlılığı (cm^2/sn)
Dd	Elektrot dış çapı (cm)
De	Elektrot iç çapı (cm)
DL	Elektrot boyu (cm)
d	Enerji birim fiyatı
I	Akım (amper)
K	Toplam maliyet
K_E	Toplam enerji maliyeti
K_I	Özgün maliyet
K_O	Hammadde maliyeti
KOİ	Kimyasal oksijen ihtiyacı (mg/l)
L	Akış uzunluğu (m)
m	Çalışma doğrusunun eğimi
n	Çalışma doğrusunun sabiti
n_i	Molar akı ($mol/cm^2 sn$)
Q	Tepkime için gerekli elektrik enerjisi (kW)
Re	Reynolds sayısı
r	Spesifik karıştırma maliyeti
Sc	Schmidt sayısı
Sh	Sherwood sayısı
s	Birim elektrot alanı fiyatı
t	Ürün oluştuğu süre (kg/h)
V	Çözelti akış hızı (m^3/h)
V_R	Reaktör hacmi (m^3)
W_s	Karıştırma için gerekli enerji (kW)
u	Kinematik viskozite (cm^2/sn)

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Günümüzde çevre kirliliğinin insan yaşamına ve tüm canlı çevreye zarar verecek boyutlara ulaştığı bilinen bir gerçektir.

Gelişmiş ülkelerde çevre kirliliğine yaklaşım daha sağlıklı ve bilinçli olmaktadır. Bu ise toplumsal yapının, bilim ve teknolojinin ayrıca denetim mekanizmalarının belirli bir düzeye erişmiş olmasından kaynaklanmaktadır. Gerçekte çevre kirliliğinin oluşum nedenleri sadece bilim ve teknolojiye bağlı olmayıp, sosyo-ekonomik yapıdaki olumsuzluklara ve çeşitli disiplinlerdeki iletişimsizliklere de bağlıdır.

Çevre kirliliğine katkıda bulunan temel faktörlerden birisi de su kirliliğidir. Uygarlığın gelişmesi ile suyun dünya üzerindeki doğal çevrimi orjinal durumunu kaybetmekte ve kalitesi istenmeyen yönde bozulmaktadır. Gelişen teknolojiye paralel olarak su ihtiyacının artması ve kullanım alanlarının çoğalması, doğal hidrolojik çevrime insanların dışarıdan yaptığı müdahaleleri de beraberinde getirecektir. Çevre kirliliğinin bir parçası olan su kirliliği terimi ise bu müdahaleler sonucu suyun içinde kullanılmasını bozacak veya zarar verecek derecede organik, inorganik, radyoaktif veya biyolojik herhangi bir maddenin bulunması olarak tanımlanabilir. Özellikle yirminci yüzyılın ortalarından itibaren mevcut su kaynaklarının hızla kirlenerek kullanılmaz duruma gelmeye başlaması bu konudaki çalışmaların önemini bir kat daha arttırmıştır. Bu çalışmalarla ön plana çıkan atıksu arıtımı terimi ise Resmi Gazete (1988)'de şu şekilde tanımlanmaktadır: Suların çeşitli kullanımlar sonucu kirlenerek kaybettikleri fiziksel, kimyasal, bakteriyolojik ve ekolojik özelliklerinin bir kısmını veya tamamını tekrar kazandırabilmek ve boşaldıkları alıcı ortamın doğal fiziksel, kimyasal, bakteriyolojik ve ekolojik özelliklerini değiştirmeyecek hale getirebilmek için uygulanan fiziksel, kimyasal ve biyolojik arıtım işlemlerinin birini veya birkaçını kapsayan süreçlerdir.

Günümüzde atıksu arıtım çalışmaları değişik yöntemler kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Bu yöntemlerden birisi de atıksuların elektrokimyasal arıtımıdır. Son zamanlarda hızla artan elektrokimyasal arıtım çalışmaları, bu yöntemi atıksu

arıtımında başarı ile kullanılabileceğini ispatlamaktadır (Edyus'kin, et al., 1983; Ding and Weimin, 1984; Strokoch, et al., 1981).

Bu çalışmada da bir iki kutuplu damlamalı reaktör kullanarak, boyar maddelerin elektrokimyasal yöntemle sulardan giderilmesi amaçlanmıştır.

1.1. Yasal Düzenlemeler

Ülkemizde su kirliliğinin önlenmesi amacıyla yapılan ilk yasal düzenleme 1971 tarih ve 1380 sayılı su ürünleri kanunudur. Bu kanunda su ürünleri üretimi ve üretim yerlerinin sınırlandırılmasına dair hükümler ile uygulanacak cezai yaptırımlar belirtilmiştir (Resmi Gazete, 1971).

Ağustos 1983 tarihli Resmi Gazete'de 2872 nolu çevre kanunu yayımlanarak çevrenin korunması ile ilgili yasal düzenlemeler getirilmiştir (Resmi Gazete, 1983).

İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi tarafından çıkarılan "Atıksuların kanalizasyona deşarj yönetmeliği", kendi yetki sınırları dahilinde bulunan endüstriyel kuruluşların atıksularını kanalizasyona vermeden önce ön arıtım yapmalarını zorunlu kılmakta, şartları yerine getirmeyenler için cezai hükümler öngörmektedir (Resmi Gazete, 1984).

4 Eylül 1988 tarihinde "Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği" yayımlanmıştır. Bu yönetmeliğin amacı ülkenin yeraltı ve yerüstü su kaynakları potansiyelinin her türlü kullanım amacı ile korunmasını, en iyi şekilde kullanımını ve su kirlenmesinin önlenmesinin hukuki ve teknik esaslarını ortaya koymaktadır. Yönetmelikte farklı endüstrilerin ölçülmesi gereken parametreleri ve bunların öngörülen sınır değerleri çizelgeler halinde verilmiştir (Resmi Gazete, 1988).

"Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği"nin öngördüğü "İdari Usuller Tebliği" ile "Suda Tehlikeli ve Zararlı Maddeler Tebliği" 12 Mart 1989 tarihinde yayımlanmıştır. Bu tebliğlerin amacı; idari usullerin ve sudaki zararlı maddeler ile ilgili hükümlerin düzenlenmesidir (Resmi Gazete, 1989).

Son olarak, atıksu arıtma metodlarını içeren "Teknik Usuller Tebliği" çıkarılmıştır (Resmi Gazete, 1991).

2.SU KİRLİLİĞİ, İNSAN VE ÇEVRE SAĞLIĞINA ETKİLERİ

2.1. Su Kirliliği

Su kirliliği, alıcı su ortamlarının çeşitli fiziksel, kimyasal ve biyolojik etkilerle doğal niteliğinin ve görünümünün bozulması olarak tanımlanabilir. Bu tanım çerçevesinde su kirliliği değişik gruplara ayrılır.

Kimyasal kirlilik; sularda organik ve inorganik maddelerin bulunmasıyla meydana gelen kirliliktir. En çok karşılaşılan tipi ise proteinler, yağlar, gıda maddeleri ve karbonhidratlar nedeni ile oluşandır (organik kirlilik). Deterjanlar da kimyasal kirletici bileşenlerdir. Deterjanlar kirliliğe sebebiyet vermelerinin dışında, köpürerek suyun havalanmasını engeller ve arıtma sistemlerinde verim düşüşüne de neden olurlar. Diğer kirletici bileşenler, etkileri ve sınır değerleri Yıldırım (1991), kaynağından bulunabilir.

Fiziksel kirlilik; suyun rengi, bulanıklığı, sıcaklığı gibi özelliklerinin bozulmasından kaynaklanan kirliliktir. Fiziksel kirlilik kapsamında suyun tadı ve kokusundan kaynaklanan "fizyolojik kirlilik" de incelenebilir.

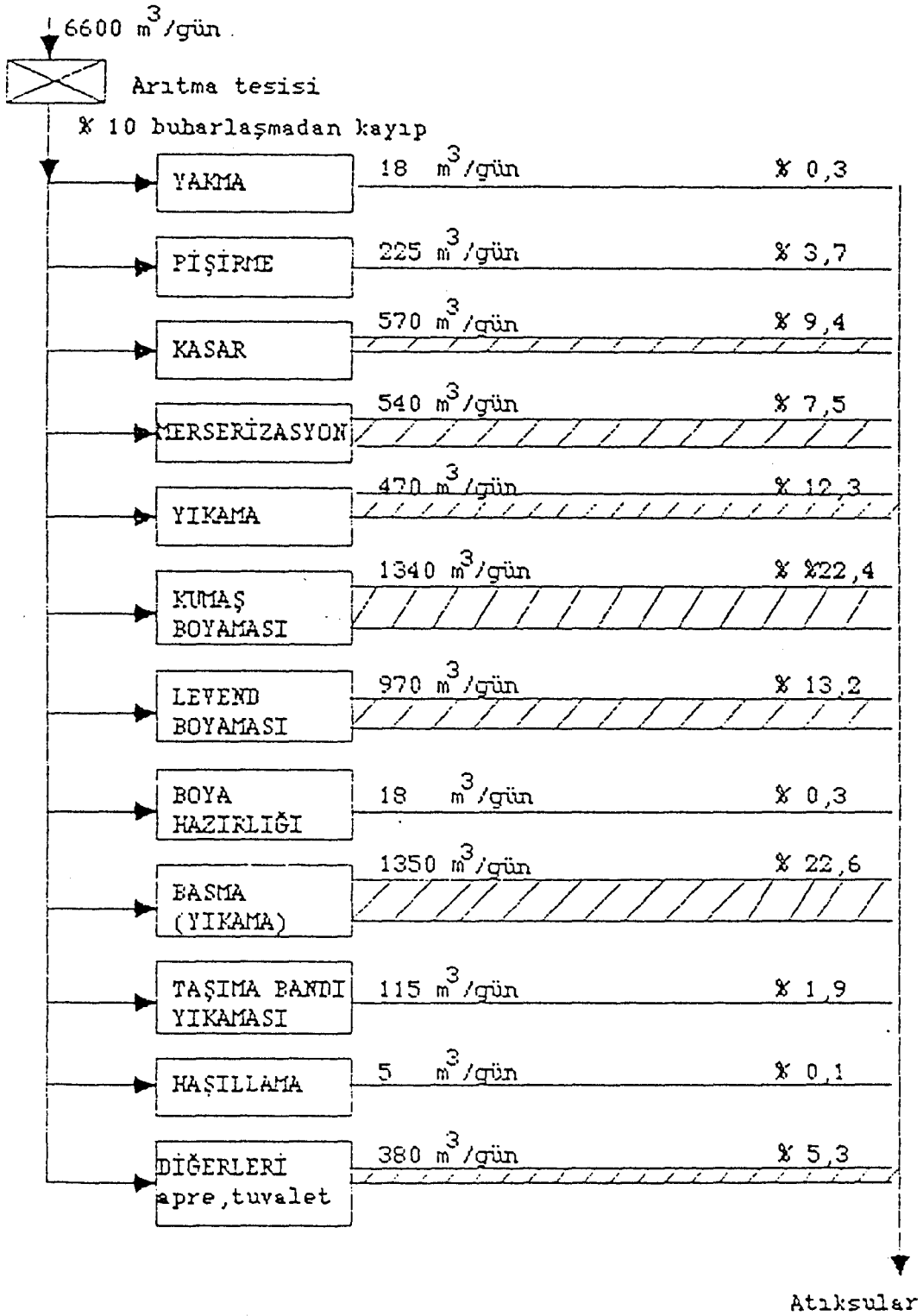
Biyolojik kirlilik; sularda patojenik bakteri, mantar, alg ve benzerlerinin bulunmasıyla meydana gelen kirlilik tipidir. Diğer bir deyişle suların tifo, kolera, dizanteri ve benzeri çeşitte hastalıkları yapan organizmalarla kirlenmesidir (Şamkar ve Şimşek, 1988).

2.2. Tekstil Atıksuları

Tekstil atıksularındaki boya, nişasta ve deterjanlar gibi organik maddelerin, döküldüğü suda uğrayacağı kimyasal ve biyolojik değişmeler, o suyun çözünmüş oksijen miktarını azaltır. Bundan dolayı ortamdaki balıkların, benzeri canlıların yaşama şansları azalır (Doğan, 1989). Suda çözünmüş inorganik tuzların derişimleri de artabileceğinden bu suyun endüstriyel veya diğer amaçlarla kullanılabilmesi de güçleşecektir (Kor, 1975).

Tekstil atıklarının alıcı suya yaptığı zarar, içerdiği kirletici bileşiğin türüne bağlıdır. Bir tekstil fabrikasında üretim aşamalarına bağlı olarak birbirinden az da olsa farklı türde atıksular oluşur (Samsunlu, 1978 b). Günde 6600 m³ su kullanan bir pamuklu tekstil fabrikasının üretim basamaklarına göre ürettiği atıksu şeması Şekil 2.1'de verilmiştir. Tekstil atıksularında incelenmesi gereken kirlilik parametreleri su kirliliği kontrolü yönetmeliğinde (Resmi Gazete, 1988) verilmiştir. Renk, yönetmelikte parametre olarak bulunmama ile birlikte çevresel yönü açısından, parametre olmayan diğerleri ile (koku, tat gibi) birlikte açıklanmıştır.

Tekstil atıksuyu parametrelerinin tayin yöntemleri Standart Methods (1985) kaynağından bulunabilir.



Şekil 2.1. Tekstil fabrikalarında atıksuyun akış şeması
(Samsunlu, 1978 a).

2.2.1. Boyarmaddelerin su kirliliğine etkileri

Boyarmaddelerin sebebiyet verdiği koyu renkli sular, güneş ışınlarının geçişini engellemektedir. Yeterince güneş ışığının olmaması fotosentezi yavaşlatacak, buna bağlı olarak oksijen seviyesi düşecektir. Bu ise suda yaşamlarını sürdüren canlılar arasındaki dengenin bozulmasına yol açar (Göknil, 1978). Ayrıca boyarmaddeler, köpük ve görünür parçacıklar ile bir araya gelerek estetik kirliliğe neden olacaktır (Billings and De Hass, 1984). Dinlenme amacıyla yararlanılan ve içme suyunun sağlandığı sularda renk, özellikle estetik açıdan istenmez. Sular, içinde bulunan çözülmüş veya askıda maddelerin çeşidine bağlı olarak da renk alabilirler. Örneğin humik asit ve humatlar, tanen, lignin ve bunun gibi maddeler ile ferrik humatlar halinde suda bulunan demir bileşikleri de suya renk verirler. Bu yüzden atıksuların çoğu renk giderme işlemi yapılmadan önce endüstriyel kullanımlar için uygun değildir.

Sulardaki doğal renkler çoğunlukla negatif yüklü kolloidal partiküllerden ileri gelmektedir. Süspansiyon haldeki maddelerden dolayı yüzeysel sular oldukça renkli olabilir. Kırmızı killi topraklardan geçen nehirler, renkli kil partiküllerinin sürüklenmesi sonucu renkli hale gelirler. Süspansiyon katı maddeler nedeni ile meydana gelen renk, gerçek olmayan (zahiri) renk adını alır. Bitkisel veya organik çözülmüş maddeler nedeni ile kolloidal haldeki maddelerden ileri gelen renk ise gerçek renk olarak isimlendirilir. Genellikle renk yoğunluğu pH'nın artmasıyla artar.

Yüzeysel sular, oldukça renkli pis sularla kirlenme neticesinde renkli hale gelirler. Alıcı kaynağı renklendirebilecek derecede renkli atıksuların en önemli kaynakları boya, tekstil ve kağıt endüstrileridir. Tekstil ve boya endüstrilerinde boya artıkları kolayca fark edilebilecek düzeylerde renkli atıksu oluştururlar. Kağıt endüstrilerinde, kağıt hamuru yapılması esnasında çok miktarda lignin türevleri ve diğer maddeler çözülmüş halde yüzeysel sulara karışırlar. Lignin ve türevleri sarımsı renklidir ve biyolojik ayrışmaya karşı çok dayanıklıdır. Bu tip maddeler doğal sulara verildikten sonra uzak mesafelere kadar etkili olabilen bir renklenmeye neden olurlar.

Doğal bileşiklerden dolayı sularda oluşan renk suya zararlı veya toksik özellikler vermez. Doğal renk verici maddeler suya sarı-kahvemsimsi bir görünüm verirler.

2.2.2. Boyarmaddelerin insan ve çevre sağlığına etkileri

Günümüzde, boyaların zehirli özellikler taşıdığı, bazı boyaların çalışma ortamlarında önceden belirlenen miktarlarda tutulması gerekliliği, az miktarlarda fakat uzun süreli maruz kalmalarda kronik etkilerinin göz önünde tutulması zorunluluğu boya ile çalışan işçiler üzerinde incelenmiştir. Bu incelemeler sonucunda, boyaların metabolizmalar üzerinde kanserojenik etkileri ortaya çıkarılmıştır. Boyarmaddelerin içerdiği kanserojenik maddelerin ise nitro bileşikleri, polisiklik hidrokarbonlar ve benzeri diğer bileşikler olduğu anlaşılmıştır (Kirk-Othmer, 1978). Boyalar özellikle mesane kanserine yol açmaktadır. Boyalar, direkt temaslar halinde deri hastalıkları ve allerjik durumlar oluşturabilir. Solunmalarının ve gözle temaslarının tehlikeli olduğu bilhassa alkali boyaların göz kayıplarına dahi neden olabileceği belirtilmiştir (Parmeggiani, 1983). Boyalar ayrıca yapılarındaki bileşenlere göre de tehlike oluşturmaktadırlar. Örneğin kurşun içeren boyalarla uzun süreli temas halinde kurşun zehirlenmeleri görülmektedir.

Boyaların genel zehirlilik özelliği, deşarj edildiği alıcı ortamdaki canlılar için de tehlike yaratmaktadır. Boyaların pek çoğu su canlıları bilhassa balıklar için öldürücü etkiye sahip değildir. Bununla birlikte, alıcı su kaynağının yeterince yüksek seyrelme faktörüne sahip olmaması durumunda gerek zehirlilik özelliği gerek güneş ışınlarını tutması gerekse fotosentezin yavaşlamasına bağlı olarak çözünmüş oksijen miktarını düşürerek hem yaşamı tehdit eder hem de ekolojik dengeyi bozar (Kirk-Othmer, 1978).

Boyarmaddeler taşıyabilecekleri bazik veya asidik karakterden dolayı alıcı ortamdaki metalik aksama zarar verecek, sandal ve benzerlerinde korozif etkiler yapacaktır. Ayrıca boyarmaddeler estetik yönden de çevre kirliliğine katkıda bulunurlar. Özellikle yerleşim bölgelerinde ve mesire yerlerinde bu tür kirlilik çevre insanı için çok önem taşımaktadır.

3. RENK ve BOYARMADELER

3.1. Renk

Renk kelimesi birkaç anlamda kullanılmaktadır. Psikolojik renk; gözleri ve beyni normal olan herkesin aynı tür ışık tarafından uyarıldığında aynı tür duyguları hissetmesini tanımlamak için kullanılır. Fizyolojik renk; değişik ışık türleri tarafından göz retinasında ve görme sinirlerinde oluşturulan fizyolojik olaydır. Beyinde psikolojik renk duygusunu doğurur. Fiziksel renk; fiziksel bir olay olup belirli bir ışığın hangi dalga uzunluklarını hangi oranda içerdiğinin kesin ve rakamsal olarak belirlenmesidir (Arndt, 1991). Fiziksel renk, spektroskopik yöntemle söz konusu olan ışığın her dalga uzunluğuna düşen enerji payını ölçmek suretiyle incelenebilir. Psikolojik renk; fiziksel renk hakkında kesin bir fikir veremez. Göze görünen dalga uzunlukları arasında daima birer çifti birbirlerinin uyandırdığı izlenimi yok ederek (kompanse ederek) renksiz duyumu verirler. Böyle bir çift oluşturabilecek dalga uzunluğundaki renklere komplementer renk adı verilir. Psikolojik olarak renkli denilen bir ışık, ya yalnız bir dalga boyunu içerir ki, bunlar saf spektral renklerdir (kırmızı lityum ışığı, sarı sodyum ışığı gibi) veya renksiz ışığı oluşturan bütün dalga boyları arasından birinin eksik olmasından ileri gelebilir. Renksiz ışıktan bir dalga boyu çıkarılırsa, göze gelen diğer dalga boylarının beraberce uyandırdığı psikolojik renk, eksik olan rengin komplementer rengidir.

3.2. Renk Teorileri

Maddelerin kimyasal bileşimi ile renkliliği, kokusu, tadı, fizyolojik etkisi ve diğer bazı özellikleri arasındaki ilişkilerden özellikle renklilik ve bileşim arasındaki bağlantı 1860 yılından beri araştırılmaktadır.

Grobe ve Leibermann 1869'da indirgen maddelerin hemen her zaman organik maddelerin renklerini giderdiğini görerek renkliliğin doymamışlıkla ilişkisi olduğu sonucunu çıkarmışlardır. Hâla bugün, diğer nedenler arasında renklilik en çok

doymamışlığa atfedilmektedir. 1876'da Witt; nitro, nitrazo, azo, karbonil, etilenik çifte bağ, tiyokarbonil gibi grupların maddeye renklilik sağladığını ileri sürmüştü ve bu gruplara kromofor yani renk verici gruplar adını vermiştir. Bu grupları taşıyan bileşiklere ise kromojen denilmiştir. Molekülde kromofor grup sayısının artması rengin koyulaşmasına neden olmaktadır. Bununla beraber, kromofor içeren her madde örneğin azobenzen teknik olarak bir boyarmadde değildir. Witt'e göre bir kromojenin, boyarmadde karakterini alabilmesi için molekülde kromofor'dan başka oksokrom denilen amino, hidroksil, metoksil, sülfonik ve karboksil gruplarının da bulunması gerekir. Witt'in kromofor-oksokrom teorisi bütün renk olaylarını açıklayamaz; çünkü bu teori bir grubun kromofor özellik gösterebilmesi için yapısında aranan koşulların ve kromofor gruplarla oksokrom gruplar arasındaki kimyasal etki ve ilişkilerin neler olduğunu açıklayamamaktadır.

Daha sonraki gelişmeler birbirinden tamamen farklı iki yoldan yürümüştür. Birinci yol Willstattler'in merkinoid teorisi, ikinci yol ise Dilthey ve Wizinger'in koordinatif doymamışlık ve iyonlaşma teorisidir. 1888'de ise H.E. Armstrong renklilik hakkında kinonoid teorisini geliştirmiştir. Bu teorilerin hatalı yanlarının olduğu araştırmalar sonucunda ortaya çıkmıştır. Bunun üzerine merkinoid teorisi ile koordinatif doymamışlık teorilerinin doğru tarafları mezomeri prensibinde birleştirilmiştir. İlk olarak 1931'de F.Arndt tarafından ortaya atılan hal teorisi fiziksel olarak da kanıtlanarak, mezomeri veya rezonans denilen ve günümüzde de geçerliliği olan renk teorisi geliştirilmiş oldu. Bu teoriler ile ilgili ayrıntılı açıklama Özcan (1978) kaynağında verilmektedir.

3.3. Boyarmaddeler

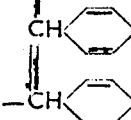
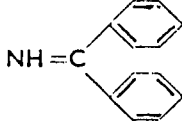
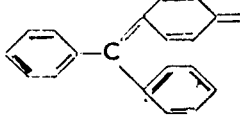
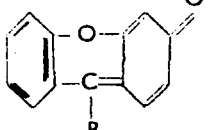
Boya veya boyarmadde; ışığı yansıtarak veya seçici geçirerek, uygulandığı cisme renk veren maddelere denilmektedir. Boya ve pigment arasında ayırım yapılmıştır. Boya çözüldüğünde renk, boyanmak amacıyla boyalı çözeltiye daldırılmış maddeye kendiliğinden yönelerek onu sarar. Pigmentler ise çözünmezler, maddeye dağılarak renk verirler (Parmeggioni, 1983).

Bilinen en eski boyarmaddeler, İndigofero bitkilerinden elde edilen indigo, Rubio tinctorium'dan elde edilen alizarin ve bir tür salyangozdan elde edilen karmin asiti'dir (Schweppe, 1977). Ayrıca, topraktan elde edilen krom sarısı, zencefre (HgS) ve schweifurt yeşili (Cu_3AsO_4) de ilk doğal boyarmaddelerdendir (Çiftçi ve Çiftçi, 1975). Perkin'in 1856 yılında ilk sentetik boyarmadde olan Mauvein'i sentezlemesi ile boyarmaddelerin endüstriyel üretimi başlamış oldu. Günümüz endüstrisinde boyamacılıkta kullanılan boyarmaddelerin hemen hepsi sentetik olarak üretilmektedir (Çırak, 1991).

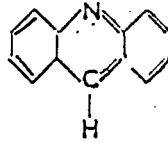
3.3.1. Boyarmaddelerin sınıflandırılması

Boyarmaddeler ya kimyasal yapılarına ya da boyama özelliklerine göre sınıflandırılırlar. Bu iki sınıflandırma şekli arasında çok az ilişki vardır. Ayrıca pratikte, kullanılış özelliklerine göre de sınıflandırılabilir. Boyaların kullanılış sınıflaması Çizelge 3.3'de verilmiştir.

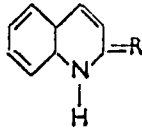
3.3.1.1. Boyaların yapılarına göre sınıflandırılması

<u>Grup</u>	
Nitrozo	$\text{R.NOH} \rightleftharpoons \text{R} \begin{array}{l} \text{N.OH} \\ \text{=} \\ \text{O} \end{array}$
Nitro	R.NO_2
Monazo	$\text{R.N}=\text{N.R}'$
Disazo	$\text{R.N}=\text{N.R}'\text{.N}=\text{N.R}''$
Trisazo	$\text{R.N}=\text{N.R}'\text{.N}=\text{N.R}''\text{.N}=\text{N.R}'''$
Poliazo	$\text{R.N}=\text{N.R}'\text{.N}=\text{N.R}''\text{.N}=\text{N.R}'''\text{.N}=\text{N.R}''''$
Stilben	
Difenil metan	
Triaril metan	
Ksanten	

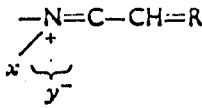
Akridin



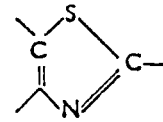
Kinolin



Metin



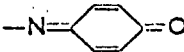
Tiazol



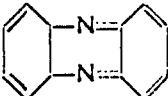
Indamin



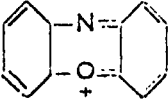
Indofenol



Azin



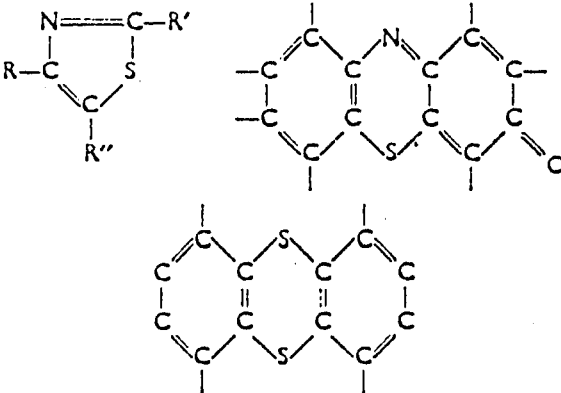
Oksazin

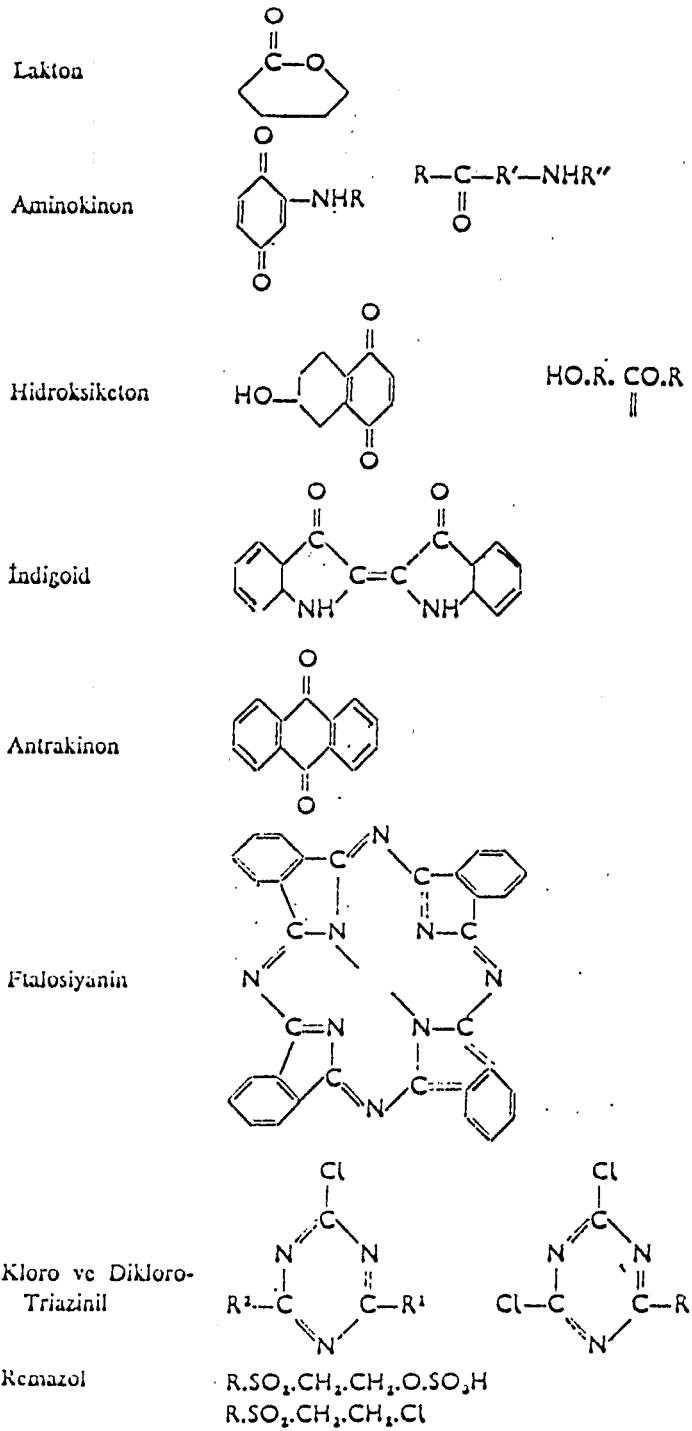


Tiazin



Kükürt





Renk	Renk alıcı Kısımları	Uygulama Metodu	Kimyasal Çeşitler	Boya yapısı
Asit	Naylon, Yün, İpek Kağıt, mürekkepler ve deri	Genellikle Notralden asidik ortama değişen boya banyolarında uygulanır.	Azo, On metalleş-tirilmiş boyalar, tripentilmetan	Azo boyalar
Azoik Bileşikler	Pamuk, Suni ipekli kumaş, selüloz, asetat polyester	İki bileşenli doğranmış fiber, kararlı diazan-yum tuzu çözeltisi ile işlem görür.	Azo	Azo boyaları
Temel	akrilik, modifiye naylon, polyester kağıt ve boyalar	Asidik boya banyolarında	Methin, difenilmetan triarilmetan, azo, azin, xanthene, thiazole, aridin Oxazine ve antrokinon	Azin boyalar Azo boyalar
Direkt	pamuk, suni ipekli kumaş, kağıt, deri ve naylon	ilave elektrolit içeren hafif alkali veya ni trat banyolarda	Azo, phthalos yerine stilbene, otozine ve thiozole	Azin boyalar Azo boyalar
Dağılan	Polyester, polyamit selüloz, asetat, akrilik ve plastikler.	Saf, sulu dağılımlar genellikle yüksek sic.-basınc veya düşük sıcaklıklarda gerekli olan metodlarla uygulanır. Boya elbise üzerine emdirilerek sabit sıcaklıkta ya da fırında işlem görür.	Azo, antrokinon nitra ve metin	Azo boyalar Boyalar, Antrokinonlar
Işık yayabilen ve parlayan	Sabunlar, deterjanlar tüm fiberler, yağlar boyalar ve plastikler	Çözeltilerden, yığında dağılmada ya da oskido almada.	Stibone azoles Coumarin pyruzine ve nophthalimines	Parlayan ışık yayan
Gıda ilaç ve kozmetik	Gıdalar, ilaçlar ve kozmetik	-----	Azo, antrokinon, corotonic ve triarilmetan	Gıdalar, ilaçlar ve kozmetikler için renklendirilirler

Mordan	Yün, deri ve anodite edilmiş alüminyum	Cr tuzlarının birleşmesiyle uygular	Azo ve antrakinin	Azo boyalar, boyalar.
Doğal	---	Mordan da ki gibi vat, çözücü yada dirik ve asidik boyalardaki gibi	Antrokinon, polymelhine leton, flouvenes, indigoids, quinones	Boyalar, doğal
Oksidasyon bazları	Saç, kükürt ve pamuk	Alt tabakada oksitlenmiş fenoller ve orumatik aminler	Siyah anilin ve bilinmeyen yapılar.	Azin boyaları
Renk maddesi toz boyası	Boyalar, mürekkepler ve toksitler	Kütlerde reçine bağı ile veya dağılımlı baskı	Azo, temel, phthalocyonine quinacsidone, azozine, antrakinin ve indigoine	Toz boyalar
Reaktif	Pamuk, suni ipekli kumaş, yün ipek ve naylon	Boyanın reaktif yeri uygun PH ve ısının etkisi altında kovalent olarak boya bağlarına iplikteki fonksiyonel grubla reaksiyona girer.	Azo, antrakinin phthalosiyanın	Azo
Çözücü	Gazolin vernik (cila) sarı vernik, boya mürekkepler, yağlar ve mumlar	Alt tabakada çözündürmeyerek	Azo, tripenilmetan antrakinin ve phthalosiyanın	Azo boyalar; boyalar antrakinin phthalosiyanın bileşikler
Sülfür	Pamuk ve suni ipekli kumaş	Sodyum sülfid ile boyanmış alt kısımlar fiberlerde çözünmeyen sülfür bileşikleri eldesi için oksidasyon	Bilinmeyen yapılar	Sülfür boyalar
Vat	Pamuk, suni ipekli kumaş ve yün	Tekrar oksitlenmiş ve tükenmiş iplikteki sodyum hidrosülfitle indirgenmeyle eritilebilir boyalar suda çözünmez	Antrakinin ve indigoidler	Boyalar antrakinin

3.3.1.2. Boyaların boyama özelliklerine göre sınıflandırılması

Bazı grup boyaların boyama özellikleri Çizelge 3.4'de verilmiştir. Boyama özelliklerine göre sınıflandırılan başlıca boyalar ise aşağıda belirtilmiştir (Özcan, 1978; Erdik vd., 1987).

a. Direkt boyarmaddeler; genellikle sülfonik asitlerin, bazen de karboksilli asitlerin sodyum tuzlarıdır. Renkli kısmı oluşturan iyon anyon şeklindedir. Bu nedenle $[B.M.SO_3]^-Na^+$ genel formülüyle gösterilebilirler (B.M.=boyarmadde). Pek çoğu konstitüsyon bakımından azo boyarmaddeleri grubuna girer. Bunlara substantif boyarmaddeler de denilir.

b. Küpe boyarmaddeleri; suda çözünmezler fakat sodyumhidroksit ve sodyum hidrosülfid ($Na_2S_2O_4$) gibi bir indirgenin etkisiyle suda çözünebilen leuko bileşiklerine dönüşürler. Leuko bileşiği, boyanacak materyal, örneğin elyaf tarafından adsorplandıktan sonra derhal yükseltgenerek suda çözünmeyen pigmente dönüşür. Tekstil boyamacılığı için çok iyi, fiyat olarak ise pahalı boyarmaddelerdir.

c. Kükürt boyarmaddeler; bu grubun üyeleri kükürt içeren karmaşık yapılu organik bileşiklerdir. Selülozik elyafın boyanmasında kullanılırlar. Renkleri parlak, yaş haslıkları yüksek ve fiyatları düşüktür.

ç. Azoik (naftal AS) boyarmaddeler; suda çözünmeyen pigmentlerdir. Suda çözünen kenetleme (naftal) bileşenin fularlanmasından sonra, diazolanmış bir bazla muamele sonucu, elyaf içinde oluşturulurlar. Renkleri parlaktır.

d. Reaktif boyarmaddeler; son yıllarda keşfedilen bu boyarmaddeler, selüloz ile kimyasal reaksiyon vererek kovalent bağ oluşturdıklarından çok etkilidirler. Bir çok durumda soğuk çözeltide boyama kabiliyetleri bulunmakta ve ısı tasarrufu sağlamaktadırlar. Bu boyarmaddeler kontinü boyama metodları için de elverişlidirler.

e. Ingrain boyarmaddeleri; selülozik elyafın boyanmasına yarayan ftalosiyanın boyarmaddeleridir. Ftalodinitril türevleriyle bakır, nikel gibi bazı metal tuzlarının elyaf içinde birleştirilmesiyle meydana gelmişlerdir.

f. Oksidasyon boyarmaddeleri; bu gruba anilin hidroklorürün yükseltgenmesiyle oluşturulan boyalar (anilin siyahı gibi) girer. Bu boyarmaddelerin haslıkları çok

yüksektir.

g. Asit boyarmaddeler; bunlar da direkt boyarmaddeler gibi sülfonik asitlerin veya çok ender olarak karboksilli asitlerin sodyum tuzları şeklindedir.

h. Bazik boyarmaddeler; genellikle organik bazların hidroklorürü şeklinde bulunurlar. Renkli kısım katyon halinde olup $[B.M.NH_3]^+Cl^-$ genel formülü ile gösterilebilirler. Bu tip boyarmaddelere son zamanlarda katyonik boyarmaddeler de denilmektedir.

ı. Mordan boyarmaddeleri; bu grup doğal ve sentetik birçok boyarmaddeyi içerir. Sentetik olanlar genellikle antrasenden türemişlerdir. Tekstil materyaline karşı direkt afiniteye sahip değildirler. Boyanacak elyaf bir metal tuzuyla mordanlandıktan sonra bu boyalarla işlem yapılabilmektedir.

j. Krom boyarmaddeleri; asit mordan boyarmaddeleri de denilen bu grup, yün ve poliamid elyafın boyanmasında kullanılır. Önce bir asit boyarmaddesi gibi elyaf üzerine çektirilir, sonra kromlama yapılarak boyama tamamlanır.

k. Metal-kompleks boyarmaddeler; metal kompleksleri şeklinde üretilen, yüksek haslıkta yün ve poliamid elyafın boyanmasında kullanılan boyarmaddelerdir.

l. Dispers boyarmaddeler; hidrofob özelliğe sahip primer, sekonder asetat ve sentetik elyaf boyanmasında kullanılırlar. Bu organik bileşiklerin suda çözünürlükleri çok az olduğundan ince öğütülmüş süspansiyonlar halinde uygulanırlar.

m. Pigment boyarmaddeler; boyarmaddelerin özel bir grubudur. Direkt afinitesi yoktur. Bu nedenle reçine gibi bağlayıcı bir madde yardımıyla elyafa fikse edilir.

Çizelge 3.4 Bazı boyaların boyama özellikleri

Boyarmadde Grupları (alfabetik)	Selülozik Elyaf				Protein Elyaf O rej.Prot	PVC	PA Bazık boyanan	Sentetik Elyaf PAC	MOD Bazık boyanan
	CO	CV,CC	CA	CT					
1) Asit Boyarmaddeler	0	0	0	0	+	0	0	0	!
2) Bazık Boyarmaddeler	+	+	0	0	+	0	0	!0	!
3) Çözünür küpe Boyarmadde.	+	+	0	0	!	0	0	0	!
4) Direkt Boyarmaddeler	+	+	0	0	!	0	0	0	!
5) Dispers Boyarmaddeler	0	0	+	+	0	+	+	+	+
6) Ftalosiyenin (elyaf üzerinde oluşturulan) Boyarmaddeler	+	+	0	0	0	0	0	0	0
7) Katyonik Boyarmaddeler	0	0	0	0	0	!	!	+	!
8) Kükürt Boyarmaddeleri	+	+	0	0	0	+	0	0	0
9) Küpe Boyarmaddeleri	+	+	0	0	!	0	0	0	!
10) Metal Kompleks Boyarmaddeleri (1: 1'lik)	0	0	0	0	+	0	0	0	+
11) Metal Kompleks Boyarmaddeleri (1: 2'lik)	0	0	0	0	+	0	0	0	!
12) Mineral Hakî Boyarmaddesi	+	0	0	0	0	0	0	0	0
13) Mordan Boyarmaddeler	!	0	0	0	+	0	0	0	0
14) Naftol-As Boyarmaddeleri	+	+	!	!	!	0	0	0	!
15) Oksidasyon Boyarmaddeleri	+	+	0	0	0	0	0	0	0
16) Pigment Boyarmaddeleri	+	+	!	!	0	+	0	+	+
17) Reaktif Boyarmad.(Pamuk için)+	+	+	0	0	!	0	0	0	!
18) Reaktif Boyarmad. (Yün için) 0	0	0	0	0	+	0	0	0	0

0 = Kullanılamaz veya pratik önemi yok.

+ = Normal olarak kullanılabilir.

! = Seçimi bazı boyarmaddeler ile çoğu kez özel reçetelere göre boyanabilir

PA = Poliamid, PAC = Poliakrilonitril, PVC = Polivinilklorür

MOD = (Modal) Polinozik elyaf, CC = Bakır ipeği, CV = Viskoz ipeği, CA = Asetat elyaf

CT = Triasetat elyaf, rej.Prot = Rejenere selülozik elyaf, CO = Opelon elyaf

3.3.2. Boyarmaddelerin ticarete bulunuşu

Ticarete bulunan boyarmaddeler tek bir maddeden ibaret olmayıp çoğu kez, belirli bir renk tonunun elde edilmesi için farklı boyarmaddelerin karıştırılmasıyla elde edilmiştir. Bu karışıma aynı zamanda sodyum sülfat, sodyum klorür, dekstrin gibi boyama ortamındaki maddelerle reaksiyon vermeyen bileşikler ilave edilmiştir. Böylece farklı partilerde elde edilen boyarmaddelerin renk standardı sağlanmış olur. Bazı durumlarda boyarmaddenin vaktinden önce bozulmasını önlemek amacıyla karışıma stabilize edici maddeler konulur. Ayrıca boyarmaddeler üretim esnasında oluşan değişik miktarlardaki yan ürünleri de içerir.

3.3.3. Boyarmaddelerin ticari adları

Boyarmaddelerin ticari adlandırılmalarında firmaların verdiği özel adlar kullanılır. Boyarmadde üreten bazı önemli firmalar Ek 1 de verilmiştir. Boyarmaddelerin adları boyama özelliği bakımından hangi gruba veya türe ait olduğunu, bazı ender durumlarda ise boyarmaddenin konstitüsyonunu gösterir. İsmi yanına önce boyarmaddenin, renk tonu sonra haslığı veya boyama metodunu belirtmeye yarayan harf ve rakamlar konur. Örneğin mavi bir renk, kırmızı veya sarıya kaçabilir. Bunu göstermek için mavi (blau) kelimesinin yanına R (rot) veya G (gelb) harfleri yazılır. G harfi sarıya kaçışı simgeler. Sarı bir boyada kullanılan G harfi ise maviye kaçışı gösterir. Rot 6B yazılışında 6 rakamı maviye kaçışın, Rot B'dekine oranla 6 kat fazla olduğunu belirtir.

Harfler diğer bazı özellikleri de gösterebilirler. L; yüksek ışık haslığı, F; incelik, N; yenilik, Pdr; toz, Pst; hamur, Conc; derişik, Ex veya X; çok derişik, S; standart gibi anlamlar taşır. CL harfleri, klor ve depolama haslığı yüksekliğini, IK harfleri, bir küpe boyarmaddesinin soğuk boyama metodu ile işlem göreceğini, P harfi ise fularlama veya baskı tekniği için uygunluğu göstermektedir.

3.3.4. Boyarmaddelerin depolanması ve çözülmesi

Boyarmaddeler, nem etkisiyle bozulmamaları ve topaklaşmamaları için kuru yerlerde saklanmalıdırlar. Nem ve ışıktan korumak için kutulama işlemine önem verilmelidir. Reaktif boyarmaddeler ise ışık, hava ve asit buharlarına karşı çok duyarlı olup bunların etkisi ile vaktinden önce hidroliz olur ve yükseltgenirler.

Suda çözünmeyen bazı boyarmaddeler, ticarete hamur (teig) şeklinde bulunur. Bunlar uygulama kolaylığı açısından, sulu ortamda ince dispers hale getirilmişlerdir. Seyreltme, kuruma veya mevcut suyun donması renk şiddetlerine etki eder.

Boyarmaddeleri çözmek için mümkünse yumuşak su kullanılmalıdır. Boyarmaddelerin bir çoğu suya sertlik veren iyonlarla reaksiyona girerek, suda çözünmeyen maddeler oluştururlar. Bu maddeler renk tonunda değişiklikler meydana getirebilir. Kaliteli su kullanılsa dahi, boyarmaddeler tam olarak çözünmeyip topaklaşabilir. Çözünmemiş partiküllerin kalmaması için bronz bir elekten veya pamuklu bir bezden süzme yapılmalıdır (Özcan, 1978).

4.ELEKTROKİMYA MÜHENDİSLİĞİNİN İLKELERİ VE UYGULAMALARI

4.1. Elektrokimya ve Elektrokimya Mühendisliği

Elektrokimya, elektrik enerjisi ile oluşan kimyasal tepkimeler veya kimyasal tepkimeler sonucu üretilen elektrik enerjisi ile ilgilenen bir bilim dalıdır. Endüstride uygulanmak istenen elektrokimyasal prosesler, ilk önce laboratuvar boyutundaki reaktörlerde yapılmaktadır. Bu boyuttan endüstri boyutuna geçilirken ortaya çıkan sorunların çözümünde, yalnızca elektrokimyanın ilkeleri yeterli olmamaktadır. Elektrokimya mühendisliği bu aşamada devreye girerek, proseslerin endüstriye uygulanmaları esnasında ortaya çıkan problemleri çözmeye çalışır. Elektrokimyanın prensipleri dört grupta toplanabilir (Öztabak, 1987).

1. Elektrokimyasal termodinamik
2. Elektrot kinetiği
3. Elektrolitik kütle aktarımı
4. Reaktör gerilimi ve akım dağılımları

Elektrokimya mühendisliğinin prensipleri ise, elektrokimyanın prensipleri ile birlikte şunlardır (Güvenç, 1989).

1. Isı aktarımı
2. Hidrodinamik ve kütle aktarımı
3. Reaktör tasarımı ve malzeme bilimi
4. Ölçek büyütme
5. Optimizasyon ve maliyet

4.1.1. Isı aktarımı

Elektrokimyasal reaktör tasarımında göz önünde tutulması gereken önemli etkenlerden biri, reaktörde oluşan ısıdır. Reaktörde oluşan ısı uzaklaştırılmazsa, reaktörün sıcaklığının artması sonucu akım verimi düşecektir.

Isı kontrolü, reaktör yapısına uygun olarak değişik sistemlerle sağlanır. Laboratuvarında ısı kontrolü, elektrokimyasal reaktörün bir soğutma banyosuna daldırılmasıyla veya reaktörün dışındaki bir ceketten soğutma suyu geçirilerek sağlanabilir. Büyük boyutlu reaktörlerde ısıyı uzaklaştırmak için ise şunlar uygulanmaktadır (Öztabak, 1987).

1. Elektrolit, reaktör dışında bir ısı değiştiriciden geçirilir.
2. Plakalar arası soğutmalı reaktör kullanılır.
3. İçten soğutma sarımları veya reaktör soğutma ceketleri kullanılır.
4. Dıştan veya içten buharlaştırmalı soğutma yapılır.

4.1.2. Hidrodinamik ve kütle aktarımı

Bir elektrokimyasal prosesin hızı;

- a. Tepkimeye girenlerin elektrot yüzeyine ulaşma hızı
- b. Ara veya son ürünlerin uzaklaştırılma hızı
- c. Ara yüzey tepkime hızı

tarafından belirlenir. Ayrıca hız belirleyen basamak, kütle aktarımı ile aynı zamanda yer alan ara yüzey tepkimelerinin bir bileşimi olabilir. Bu "mixed kontrol" olarak bilinir (Öğütveren, 1991). Bu kontrol endüstriyel elektrokimyasal prosesler için tipiktir. Genelde, proses ve tepkime mühendisliğinin amacı kütle aktarımını kontrol edebilmektir. Çünkü bu, belli hidrodinamik koşullarda en büyük dönüşüm hızı demektir. Konvektif difüzyonun sınır akımı bu basamağı karakterize eder. Sınır akımı aynı zamanda etkin elektrot yüzeyi ve elektrokimyasal hücrenin boyutlarını da belirler.

Elektrokimyasal reaktörde kütle aktarımında konvektif difüzyon bir diferansiyel eşitlik sistemi ile gösterilebilir. Tepkimeye giren bileşenin molar kütle akışı n_i göç terimi ihmal edilerek şöyle yazılır:

$$n_i = -D_i \text{grad } C_i + UC_i \quad (4.1)$$

Endüstriyel boyutta, çalışılan çözeltiler çoğunlukla destek elektrolit içerdiği için (düşük çözelti direnci sağlamak üzere) göç teriminin ihmal edilmesi geçerli olmaktadır. Bu eşitlik I.Fick yasasının bir şeklidir ve konveksiyon terimi (UC_i) eklenmiştir. Yani toplam akış, difüzyonel ve konvektif kütle aktarımının toplamına eşittir. Kimyasal tepkimelerin elektrot yüzeyi ile sınırlı olduğu kabulüyle, bu eşitlik bir elementin kütle denkliği şeklinde ifade edilebilir.

$$\frac{dC_i}{dt} = - \text{div } N_i \quad (4.2)$$

$$\frac{dC_i}{dt} = - \text{div } C_i - U \text{ grad } C_i \quad (4.3)$$

Bu ifade ise II.Fick yasasının genişletilmiş şeklidir. Newton yasasına uyan akışkanlar için (bir çok elektrolitik çözelti gibi) hız V , Navier-Stokes eşitliği ile (momentumun korunumunu gösteren) verilir ve sıkıştırılmayan bir akışkan için vektörel gösterim ile şu şekilde ifade edilir.

$$\frac{dV}{dt} + U (\text{grad } U) = - \frac{1}{g} \text{grad } P + \nu \Delta U + \rho \quad (4.4)$$

Buna göre, birim hacimde, kütle ve ivmenin çarpımı, tüm kuvvetlerin (hidrostatik kuvvetler, $\text{grad } P +$ iç sürtünme kuvvetleri $\nu \Delta U +$ yoğunluk ρ gibi dış kuvvetler) toplamına eşittir. Sıkıştırılmayan sıvılar için kütle korunumu ile

$$\text{div } U = 0 \quad (4.5)$$

eşitliğide yazılabilir. Bu diferansiyel eşitlikler, konvektif kütle aktarımının tüm faktörlerini belirler (Heiltz and Kreysa, 1986).

Geometrik olarak karmaşık sistemlerde ve özellikle türbülent akışın bazı durumlarında, bu eşitlikler analitik olarak çözülemez. Bu durumlarda, kütle aktarım

katsayısı veya difüzyon tabakası kalınlığının parametre bağıntıları, genel boyutsuz eşitliklerle açıklanır. Bu eşitlikler benzerlik teorisinden alınabilir, sabitler ve üstleri ise deneysel olarak hesaplanır.

Boyutsuz eşitlikler ve genel denklem şu şekildedir;

$$Sh = \frac{kL}{D} \quad (4.6)$$

Sherwood sayısı : $\left(\frac{\text{Etkin kütle aktarımı}}{\text{Moleküler difüzyon}}\right)$,

$$Re = \frac{U L}{\nu} \quad (4.7)$$

Reynolds sayısı,

$$Sc = \frac{\nu}{D} \quad (4.8)$$

Schmidt sayısı : $\left(\frac{\text{momentum taşınımı}}{\text{moleküler difüzyon ile kütle taşınımı}}\right)$

$$Sh = aSc^b Re^c \quad (4.9)$$

a,b,c deneysel olarak hesaplanır.

Çizelge 4.1 de bazı reaktörlerde akış hızlarına göre kütle aktarım bağıntıları verilmiştir (Coeuret and Starck, 1981).

Kimyasal reaktörlerin hidrodinamiği, elektrokimyasal reaktörlere, bazı durumlarda doğrudan uygulanabilir. Fakat çoğu durumlarda elektrik alanının kütle aktarımına etkisi ihmal edilemez. Laminer ve türbülent akımlarda girişe yakın ve uzak yerleştirilmiş değişik tip ve boyuttaki elektrotların dinamiği Pickett (1977)'çe incelenmiştir.

ÇİZELGE 4.1 BAZI REAKTÖRLERDE KÜTLE AKTARIM BAĞINTILARI

Reaktör	Parametre	İlişki	Kullanım Sahası
Plaka Laminer Akım Paralel Türbülent Akım	de : eşdeğer çap $Re = \frac{U \cdot de}{\nu} Sc - \frac{\nu}{D}$ $Sh = k \cdot de / D$	$Sh = 1,85 \left(Re \cdot Sc \frac{De}{L} \right)^{1/3}$ $Sh = 0,023 Re^{0,8} Sc^{1/3}$	75 < Re < 7000 600 < Sc 12000 > Sc 0.05 < de / 5 20 > de / L 2100 < Re 30000 > Re
Sabit Yataklı Küresel Partikül	ν : Porozite dp : Partikül çap $Re_p = U \frac{dp}{\nu}$ $J_D = \frac{k}{U} Sc^{2/3}$	$\epsilon J_D = 1,1 Re_p^{-0,72}$ $\epsilon J_D = 1,1 Re_p^{-0,72}$	$Re_p < 10$ $Re_p < 10$
Döner Plaka	ω : Açısal hız r : Plaka yarı ç. $Re = \frac{r^2}{\nu}$, $Sh = \frac{kr}{D}$	$Sh = 0,62 Re^{1/2} Sc^{1/3}$	$Re < 2,7 \times 10^5$
Pompa Tipi	ω : Açısal hız h : Elkt. arası açıklık r : Diskin dış yarı çapı r _i : Diskin iç yarı çapı Qv : Hacımsal debi $Re = \frac{Qv}{h \nu}$, $Re = \frac{\omega r^2}{\nu}$	$Sh = \left(\frac{h}{r} \right)^{1/2} \left(\frac{h^2}{r^2 - r_i^2} \right) \times$ $(Re \times Re)^{1/2}$	$Re < 0,75$
Kapiler Aralıklı	h : Elkt. arası mesafe r : Dış yarı çap r _i : İç yarı çap Qv : Hacımsal debi $Re = \frac{Qv}{h \nu}$, $Re = \frac{k h}{D}$	$Sh = 2 \left(\frac{h^2}{r^2 - r_i^2} \right)^{1/3} X$ $Sh = \left(\frac{h^2}{r^2 - r_i^2} \right)^{0,8} Re^{0,8}$	$Re < 2 \times 10^4$ $Re > 4 \times 10^5$

4.1.3. Reaktör tasarımı ve malzeme bilimi

Reaktör tasarımı ve malzeme bilimi elektrokimya mühendisliğinin önemli konularından birisidir. Prosesin kritik etkenlerinin pek çoğu reaktörün yapım özelliklerine bağlıdır. Örneğin ürün seçimliliği ve akım verimi, büyük ölçüde elektrot geriliminin düzgün dağılmasına; dolaylı olarak da reaktör geometrisine bağlıdır.

Reaktörde kullanılan elektrotların tasarımı için, elektrot malzemesinin bileşiminin ve elektrotların yapısı ile, elektrot tepkimelerinin hızı arasındaki ilişkilerin bilinmesi gereklidir. Örneğin çözelti iletkenliği düşük olan durumlarda çift kutuplu elektrotu olan reaktörler tercih edilmelidir (Googridge, et al., 1977).

Elektrot malzemelerinin seçimi, özel durumlar içerebilmesi ve çok faktörlü olmasına karşın, pratik genellemeler ile kolaylaştırılmıştır (Rifin and Covitz, 1974). Hemen hemen tüm metaller kimyasal dayanımlı ortamlarda katot malzemesi olarak kullanılabilir. Anot malzemesi ise korozyon nedeni ile daha sınırlıdır. Platin ve soy metaller anot malzemesi olarak laboratuvar çalışmalarında tercih edilmesine rağmen, endüstride ucuz olmaları nedeni ile kurşun dioksit ve grafit anotlar tercih edilmektedir (Weinberg and Tilak, 1982).

Elektrokimyasal reaktörlerin tasarımı ile ilgili gerekli koşullar, kimyasal reaktörler bölümünde incelenecektir.

4.1.4. Ölçek büyütme

Ölçek büyütme işlemindeki amaç, laboratuvar ölçüsündeki reaktörün, daha önce belirlenen optimum çalışma koşullarını koruyarak, endüstriyel ölçüdeki boyutlara ulaştırılmasıdır. Bunun olanaksız olduğu durumlarda, ölçek büyütme işlemi, boyutların büyütülmesi yerine, optimize edilmiş pilot birimlerin sayılarının artırılmasıyla yapılır. Endüstriyel ölçüye geçirme sırasında elektrotların fiziksel ve kimyasal dayanımları, elektrot ile diyafram ara yüzeylerindeki uygun kütle aktarım hızları göz önünde tutulmalıdır. Elektrolitlerin bozunma ve elektrotların kirlenme eğilimleri, diyafram karakteristikleri ve ürün ayırma yöntemi ile enerji, reaktör ve yardımcı birim maliyetleri

arasındaki optimum denge ayrıca dikkate alınmalıdır.

4.1.5. Optimizasyon ve maliyet

Elektrokimyasal prosesler bir çok değişkene bağlı olduğundan teorik olarak en iyi çalışma koşulunu bulmak oldukça zordur. Bu yüzden optimizasyon elektrokimya mühendisliğinde önemli bir yer tutmaktadır.

Alkire (1981)'e göre, ampirik olarak ve daha önceki iyi bilinen bir sistemin verileri kullanılarak, optimizasyon modeli çıkarılabilir. Ayrıca deneysel çalışma ile optimizasyon da bir diğer metoddur (Alkire, et al., 1985).

Ibl ve Adam (1965 a) tarafından bir elektrokimyasal ürünün toplam maliyeti şu Şekilde verilmiştir.

$$C_t = C_e + C_v + C_f + C_s \quad (4.10)$$

Bu değerlerin yerine, elektrot alanı (A), tepkime için gerekli elektrik (Q), birim elektrot alanı için gerekli karıştırma gücü (Ws) ve toplam gerilim (V) değerleri yazılırsa eşitlik,

$$C_t = dQv + \frac{sQ}{I} + C_f + \frac{rWsQ}{I} \quad (4.11)$$

şeklini alır. Burada s, birim elektrot alanı için spesifik yatırımı; d, birim elektrik fiyatını; r, spesifik karıştırma fiyatını; i, akım yoğunluğunu göstermektedir (Öztabak, 1987).

4.2. Elektrokimyasal Reaktörler

Elektrokimyasal proseslerin en önemli bölümü reaktörleridir. Reaktörlerin tasarımında karşılaşılan güçlükler, öncelikle reaktör tasarım koşullarının araştırılmasını zorunlu kılmıştır.

4.2.1. Elektrokimyasal reaktör tasarım koşulları

Laboratuvar koşullarında, elektrokimyasal deneyler için kullanılacak reaktörlerin tasarımında, aşağıdaki etkenlerin göz önünde tutulması gereklidir (Pletcher, 1975).

1. Çalışma elektrotunun gerilimi doğru ölçülebilmelidir.
2. Çalışma elektrotunun bütün yüzeyi boyunca akım yoğunluğu ve dolayısıyla gerilim düzgün dağılmış olmalıdır.
3. Çalışma elektrotu ve yardımcı elektrot, hücre direncini azaltmak için mümkün olduğu kadar birbirine yakın olmalıdır. Bu hem akımı artırır, hem de reaktörün dirençten dolayı ısınmasını azaltır.

Endüstride ise elektrokimyasal prosesler için daha büyük reaktör ve değişik tasarım kavramları gerekliliği ortaya çıkar. İdeal bir endüstriyel reaktör için tasarım koşulları Goodridge (1968), tarafından araştırılmıştır.

1. Elektrot yüzey alanının reaktör hacmine oranı büyük olmalıdır. Eğer elektrot yüzey alanının, reaktörün hacmine oranı büyükse, daha küçük boyutlu reaktörlerin kullanımı ile daha iyi hacim-zaman verimi elde edilmiş olur. Ayrıca akım yoğunluğu bir elektrokimyasal reaktörün birim hacmindeki elektrotun toplam yüzey alanı ile doğru orantılı olacağından, elektrot yüzey alanının reaktör hacmine oranının yükseltilmesinin, endüstriyel elektro sentezler için daha uygun olacağı Weinberg (1974) tarafından belirtilmiştir.

2. Elektrot gerilimi her yerde aynı olmalıdır. Reaktördeki elektron akımının verimliliği, elektrot gerilimine bağlıdır. Elektrot potansiyeli tepkime seçimliliğini belirler. Bu nedenle hem kimyasal verim hem enerji verimi hem de hacim-zaman verimi elektrot potansiyelinden etkilenmektedir (Goodridge, 1982).

3. Isı ve kütle aktarımı iyi olmalıdır. Kütle aktarım hızı kimyasal verim ve hacim-zaman veriminde etkindir. Uzaklaştırılması gereken ısı ise akım verimini etkileyeceğinden uygun ısı ve kütle aktarımının sağlanması, reaktör tasarımında çok önemli yer tutar (Şener, 1988).

4. Sürekli prosese uygun olmalıdır. Proses sürekli ise, ürünler başka bir tepkime vermeden ortamdan alınabilir. Reaktif derişimi zamanla değişmediğinden kararlı hal elde edilebilir. Aynı zamanda sürekli kalite kontrol imkanı sağlanır.

5. Yapı basit olmalıdır; elektrotlar kolay çıkarılıp takılabilmelidir. Bakım, onarım işlemleri kolaylaşacağı gibi basit yapı her zaman maliyetin düşük olmasını sağlar.

6. Gaz halindeki reaktiflerle veya ürünlerle çalışılabilmelidir.
7. Yüksek basınç ve sıcaklık koşullarında çalışmaya uygun olmalıdır.
8. İlk yatırım maliyeti düşük olmalıdır.
9. Hücre gerilimi düşük, yani hücre direnci küçük olmalıdır.
10. Tüm parçaların ömrü uzun olmalı ve kolay temin edilebilmelidir.
11. Değişik fazlar arasında iyi bir temas sağlanabilmelidir.
12. Diğer proseslerle birleştirilebilmelidir.

4..2.2 Elektrokimyasal reaktör çeşitleri

Genel olarak elektrokimyasal reaktörler şu şekilde gruplandırılabilir.

1. Karıştırmalı tank reaktörler
2. Paralel plakalı reaktörler
3. Kapiler (kılcal) aralıklı reaktörler
4. Partikül elektrotlu reaktörler
 - a. Sabit yataklı partikül elektrotlu reaktörler
 - b. Süspansiyon yataklı partikül elektrotlu reaktörler
 - c. Akışkan yataklı partikül elektrotlu reaktörler

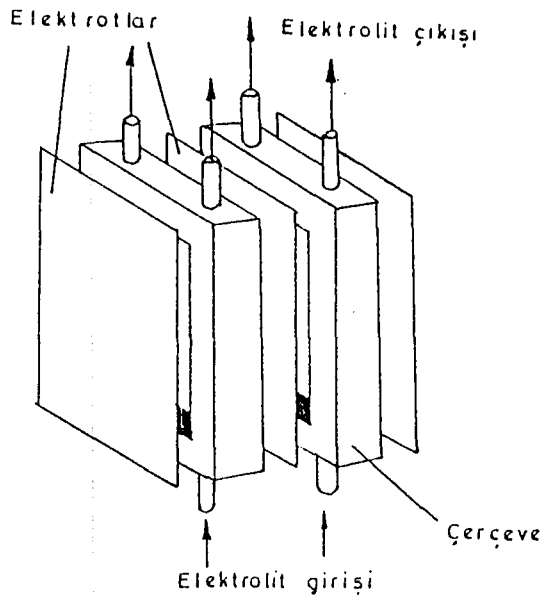
4.2.2.1. Karıştırmalı tank reaktörler

Bu tip reaktörler alıkonma süresinin uzun olduğu kesikli prosesler için kullanılmaktadır. Karıştırmalı tank reaktörlerde ısı kontrolü dıştaki ceketten yapılabileceği gibi, reaktör içine yerleştirilecek olan spirallerden soğuk su geçirilerek de yapılabilir. Reaktör malzemesi olarak genelde tepkimeye girmeyecek katı malzemeler seçilir. Bazen reaktörün iç duvarı, elektrotlardan biri olacak şekilde iletken bir malzemedir de yapılabilir. Anottaki yükseltgenme ürününün katotdaki indirgenme

tepkimesi ile (veya tersi) etkileşmediği durumlar dışında diyafram gereklidir. Elektrotlar tel, yuvarlak veya yassı çubuk, plaka veya tel kafes biçiminde olabilir. Elektrotlar arasındaki uzaklık, hücre direncini ve oluşacak ısıyı azaltmak için mümkün olduğu kadar küçük tutulmalıdır.

4.2.2.2. Paralel plakalı reaktörler

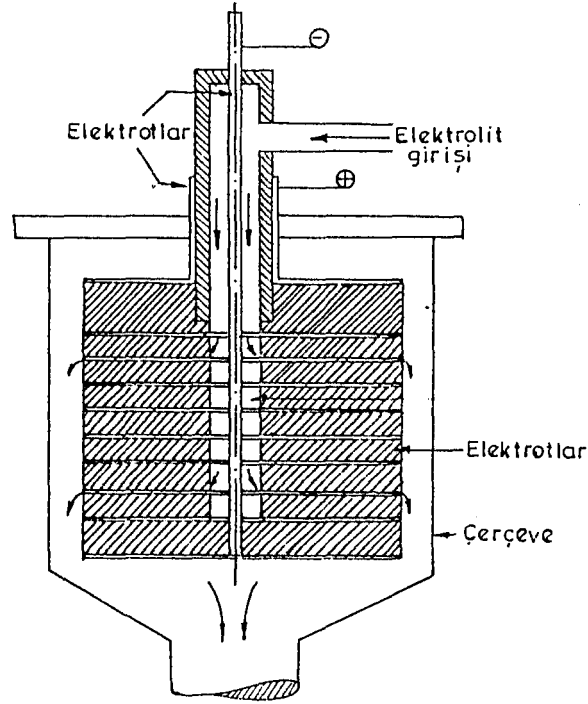
Endüstride büyük ölçekli sentezlerde yaygın olarak kullanılan bu reaktörler, filtre pres reaktörler olarak da bilinirler (Fleischmann and Pletcher, 1975). Yalıtkan çerçevelerle birbirlerinden ayrılmış ve elektrolit için bölmeler oluşturacak şekilde yanyana konulmuş plaka elektrotlardan meydana gelmiştir. Şekil 4.1 bu tip reaktörlerde kullanılan düzlemsel plakalar sabit elektrot gerilimi sağlamaktadır (White, 1984). Paralel plakalı reaktörlerde sürekli işlem kolay, fakat reaktör içindeki sıcaklık kontrolü zordur. Bu reaktörler yüksek basınç ile çalışabilme imkanı da sağlamaktadırlar. Bu tip reaktörlerin en önemli dezavantajları ise bakım ve tamir güçlüğüdür. Ayrıca iyi bir ısı aktarımı için akışkan hızlarının yüksek tutulması gerekmekte bu ise pompalama maliyetlerini arttırmaktadır.



Şekil 4.1 Paralel plakalı reaktörler

4.2.2.3. Kapiler (kılcal) aralıklı reaktörler

Beck and Guthke (1969), anot ile katot arasındaki uzaklığı azaltarak yeni bir reaktör geliştirmişlerdir (Şekil 4.2). Bu tip reaktörlerde elektrotlar arası mesafenin küçültülmesi çözeltideki gerilim düşüşlerini en aza indirmektedir. bu sayede daha az enerji tüketimi ile daha iyi hacim-zaman verimi elde edilebilmektedir. Diyaframsız çift kutuplu olan bu reaktörler özellikle iletkenliği düşük olan çözeltilerde kullanılmaktadır. Bu reaktörlerde çözelti pompalama maliyetinin yüksek olmasına karşın, genel enerji tüketiminin içerisindeki payının az olması, ekonomik açıdan prosese yük getirmemektedir (Olaman, 1983).



Şekil 4.2 Kapiler (kılcal) aralıklı reaktörler

4.2.2.4. Partikül elektrotlu reaktörler

Üç temel grupta incelenen bu reaktörlerin en büyük özelliği elektrot olarak partiküllerin kullanılması ve böylece daha uygun ısı ve kütle aktarımının sağlanabilmesidir.

1. Sabit yataklı, partikül elektrotlu reaktörler

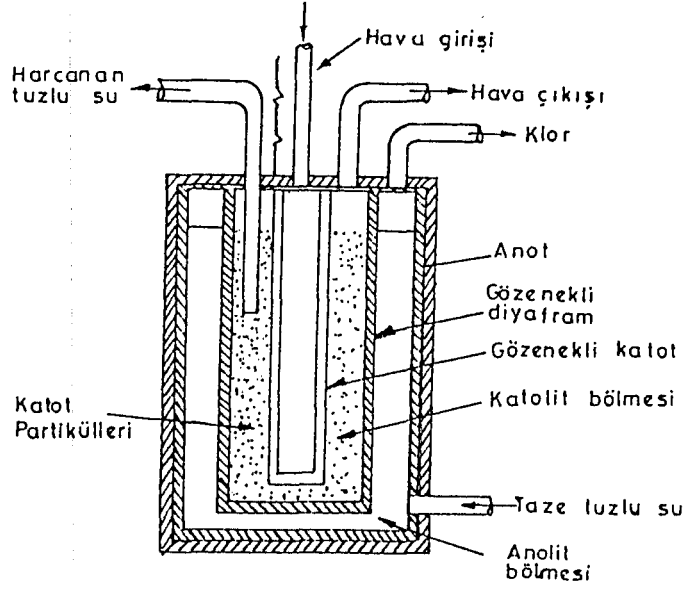
Reaktörler, yalıtkan malzemelerle birbirinden ayrılmış iki kutuplu taneciklerden ve her iki uçta bulunan elektrot bağlantılarından oluşmuştur. Bu tip reaktörler, özellikle çözelti iletkenliğinin düşük fakat anolit ve katolitin birbirleriyle karışmasının sakıncalı olmadığı durumlarda tercih edilmektedir. Çok fazlı proseslere uygun olması ve yüksek kütle aktarım özelliğine sahip olması avantajlarıdır. Diğer taraftan bu tip reaktörlerde oluşabilecek bypass elektrolit geçişleri, akımın düşmesine neden olmaktadır (Burnett and Danly, 1979; Kusabeke et al., 1982). Bu dezavantajı gidermek amacıyla King (1981), tarafından elektrolit giriş ve çıkış noktaları arasına koruyucu bir akım uygulanabileceği belirtilmiştir.

Bu tip reaktörlerde elektrolit, akış hızı düşürülerek reaktöre üstten verilirse ve elektrotlara ulaşmadan bir dağıtıcıdan geçirilerek ince bir film oluşturulması sağlanırsa, iki kutuplu damlamalı reaktör elde edilmiş olur. Bu reaktörler için akış hızının yanısıra, reaktörün ve elektrotların boyutları da değişken olarak incelenmiş, reaktör performansı üzerindeki etkileri araştırılmıştır (Fleischmann and Ibrisagic, 1980).

2. Süspansiyon yataklı, partikül elektrotlu reaktörler

Elektrot bölmelerinin birinde veya ikisinde süspansiyon halinde iletken partiküller bulunan reaktörlerdir. Bu tip reaktörler Buttler and Fawcett (1964) tarafından klor elde etmek amacıyla sodyum klorürün elektrolizi için önerilmiştir (Şekil 4.3). Reaktör, bir cam veya polipropilen silindirden oluşmaktadır. Katot ve anot, bir sinter cam veya asbest diyaframla ayrılmıştır. Katolit bölmesine, eş merkezli, gözenekli grafit katot yerleştirilmiştir. Hücrenin iç duvarı, anot görevini yapan, karbon veya platinlenmiş grafitle kaplanmıştır. Katotun içine oksijen veya hava verilir. Katot ve

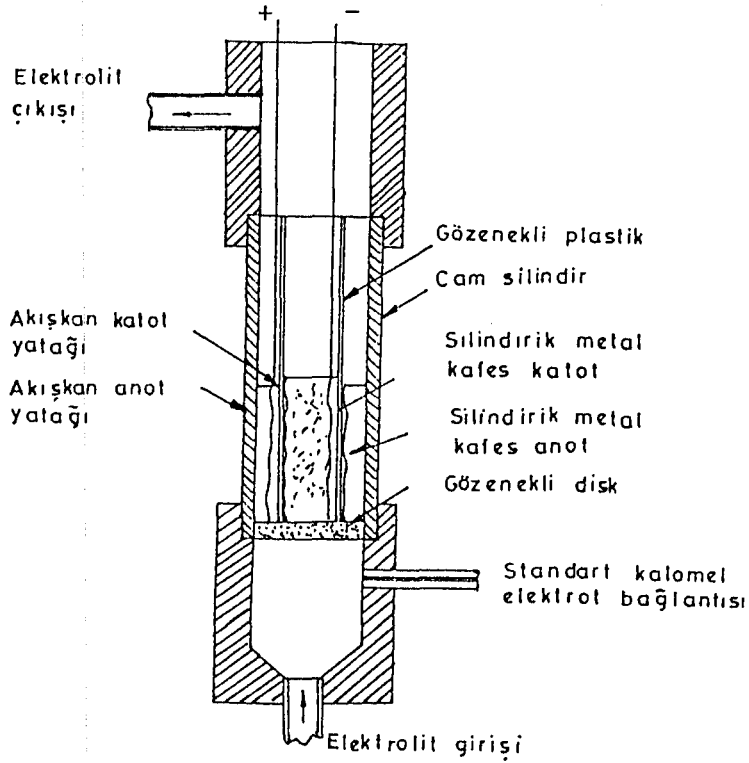
diyafram arasına grafit partiküller yerleştirilmiştir. Bu partiküller çözelti ile süspansiyon oluştururlar.



Şekil 4.3 Süspansiyon yataklı reaktör

3. Akışkan yataklı partikül elektrotlu reaktörler

Bu reaktörler, bir veya iki elektrot ve elektrolitin yukarı doğru akışıyla akışkan hale getirilmiş (%10-20 genleşme), metal veya metal kaplanmış partiküllerin yatağından oluşmuştur (Şekil 4.4). Bu tip reaktörler süspansiyon yataklı reaktörlerin geliştirilmiş şeklidir (Backhurst, et al., 1969). Akışkan yatak, elektrot alanının hücre hacmine oranının yüksek olmasını sağlar. Bu reaktörde derişik çözeltilerle yapılan çalışmalarda, partiküllerin prosesi durduracak kadar birikmemelerine dikkat edilmelidir.



Şekil 4.4 Akışkan yataklı reaktör

4.2.3. Elektrokimyasal reaktörlerin ekonomik açıdan incelenmesi

Ibl (1965 a, 1977 b), ürün maliyetini hesaplamak için oldukça basit bir model önermiştir. Bu modele göre toplam ürün maliyeti üç kısımdan oluşmaktadır.

$$K = K_E + K_I + K_O \quad (4.12)$$

Enerji maliyeti K_E , akım yoğunluğuyla doğrusal olarak değişir. Yatırım maliyeti K_I , akım yoğunluğuyla ters orantılıdır. K_O ise akım yoğunluğuna bağlı değildir.

Enerji maliyeti K_E , şu eşitlikle verilir:

$$K_E = dQV = dQ(V^0 + RI) \quad (4.13)$$

Elektrokimyasal reaktör için yatırımla doğrudan bağıntılı olan özgül maliyet K_I ise şu şekilde ifade edilir.

$$K_I = s^{(At)} = Qs/I \quad (4.14)$$

Aşınmayı ve kapital üzerindeki faizi içeren s terimi sabit oranda kabul edilir. Diğer işletme maliyetleri ve reaktörün içinde bulunduğu binanın yatırımıyla ilgili harcamaları da K_I içine alır.

Akım yoğunluğuna bağlı olmayan K_O , hammaddelerin fiyatını (stokiyometrik olarak tüketilen elektrotlar da dahil olmak üzere), ürünün ve hammaddelerin işleme alınmasıyla ilgili iş gücü ve yatırım maliyetlerini içermektedir.

5. ATIKSULARDAN RENK KİRLİLİĞİNİN GİDERİLMESİ

Günümüzde su kaynakları, akarsular ve hatta denizler çeşitli kirleticilerden etkilenmekte, su kirliliği insan ve çevre sağlığını tehdit eder boyutlara ulaşmaktadır. Gelişen teknoloji, sınırsız insan isteklerini karşılamak için çok çeşitli etkenler ile su kirliliğine katkıda bulunmaktadır. Yapılan bir inceleme 1 ton renk maddesinin yanında 150-350 m³ su sarf edildiğini ortaya koymuştur (Kharlamova and Mitashova, 1986).

Boyarmaddeleri ve yüzeysel aktif maddeleri içeren renkli atıksuların temizlenmesi için çok çeşitli yöntemler uygulanmaktadır. Bu yöntemlerden birisi de kimyasal koagülantlar ile çöktürme işlemidir. Soda, Al ve Fe tuzları ile çöktürme yapılarak arıtım gerçekleştirilmektedir. Bu yöntem ile başarılı sonuçlar elde edilmesine karşın işlem sonu çok miktarda ıslak tortu oluşmakta ve kullanılan kimyasal maddelerin sarfiyatı çok olmaktadır.

Bir diğer yöntem olan klorlama da atıksularda renk giderimi için kullanılmakta ve tam sonuç vermektedir. Bu yöntemin en büyük dezavantajı ise çok fazla klora gereksinim olmasıdır.

Boyaların ve yüzeysel aktif maddelerin kloroform ile ekstraksiyonu veya sülfürik asit gibi çözücülerle muamelesi %99 luk bir renk giderimi sağlamaktadır. Bu yöntem ile arıtımda, on kısım suya bir kısım kloroform veya 20-30 eşdeğer gram asit gerekmektedir.

Atıksulardan renk giderimi için uygulanan yöntemlerden birisi de ozon kullanımıdır. Özellikle aktif boyalar ile kirlenmiş suların ağartılmasında ozon çok etkilidir. Bir kilo boyanın oksitlenebilmesi için gereken 9 kg ozon karşılığı 240 kw saat elektrik enerjisine gereksinim olması, bu yöntemin en büyük sorunudur.

Biyolojik oksidasyon ile arıtım yöntemi ise, renk gidermede diğer yöntemlere göre daha az etkilidir. Daha çok, genel atıksu arıtımında ve düşük derişimdeki boyarmadde gideriminde etkili olmaktadır.

Atıksulardan renk giderimi için uygulanan en yaygın yöntemlerden biri ise adsorpsiyondur. Özellikle aktif karbon ve curuf adsorpsiyonu ile renk giderniminin başarılı sonuçlar verdiği literatürde görülmektedir.

Boyarmadde içeren atıksuların elektrokimyasal yöntemle renklerinin giderilmesi ise, diğerlerine göre yeni bir tekniktir. Son yıllarda bu yöntem renk giderimi için başarı ile kullanılmaktadır (Kuhn, 1971).

5.1. Klasik Yöntemler ile Daha Önce Yapılmış Renk Giderim Çalışmaları

Pıhtılaştırıcı maddelerin ilavesi ile içme ve kullanma sularındaki koloidal bulanıklık ve renk veren maddelerin giderilmesi, Demokratik Alman Cumhuriyeti ve Sovyetler Birliği'nce yapılan ortak bir çalışmada incelenmiştir. Özellikle, metal tuzlarının yanısıra organik polielektrolitlerin kullanımı ile etkinliğin daha da artırılacağı belirlenmiştir. Aynı çalışmada, pıhtılaştırıcı maddenin filtre işleminden önce eklenmesinin filtre verimini de artıracığı açıklanmıştır (Böhler, et al., 1978).

Tekstil sanayii atıksuları ile yapılan bir çalışmada organik madde ve renk gideriminde çöktürücü olarak demir (II) sülfat, alüminyum sülfat ve uçucu kül kullanılmıştır. Ayrıca renk giderimi için aktif karbon ve sodyum hidrosülfid de ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) denenmiştir. 2 g/lit alüminyum sülfat için %85 KOİ giderme ve %35 renk giderme verimi elde edilmiştir. 6 g/lit uçucu kül ile %75 KOİ ve %36 renk, 1 g/lit demir (II) sülfat ile ise %78 KOİ ve %38 renk giderme verimleri bulunmuştur. Aktif karbon ile yapılan çalışmada renk giderme veriminin %82-94'lere çıktığı, 4 g/lit aktif karbon ile yapılan çalışmada %55 KOİ ve %77 renk gideriminin olduğu bulunmuştur (Şengül, 1983).

Başka bir çalışmada, çeşitli tekstil boyalarının, aktif çamur üzerindeki adsorpsiyonu değişik pH larda incelenmiş ve aktif karbona benzer davranışın olduğu gösterilmiştir (Nakoako, et al., 1983; Judkinj'den, 1984).

Tekstil atıksularında bulunan boyaların adsorpsiyon yöntemi ile giderilmesi üzerinde yapılan bir çalışmada adsorban olarak, aktif karbonun yanısıra linyit kömürü ve kiremit parçaları kullanılarak 100 mg/l derişimli kırmızı boya çözeltisinin renk giderimi incelenmiştir. Ayrıca, ince öğütülmüş adsorbanlar ile de çalışılarak Freundlich izotermi çizilmiş ve denklemleri elde edilmiştir (Uzunonat, 1986).

Sanatsal çalışmalar ve mesleki aktiviteler sonucu oluşmuş olan atıksulardaki boyarmaddelerin giderimi çalışmaları da yapılmıştır. Bu amaçla Ikatsu, et al., (1987) tarafından aktif karbon adsorpsiyonu yöntemi kullanılmıştır. Ayrıca $FeCl_3$ ile kirletici bileşenlerin koagülasyonu da gerçekleştirilmiştir.

Adsorpsiyon yöntemi ile atıksulardaki boyaların tutulmasında, yeni adsorban materyali olarak odun talaşının kullanıldığı bir çalışma yapılmıştır (Abo-Elela and El-Dıb, 1987). Bu çalışmada adsorban boyutunun, odun miktarının, temas zamanının ve adsorbanın yapısının etkileri incelenmiştir. Yapılan çalışmalarda elde edilen sonuçlara göre odun talaşının iyi bir adsorban olduğu, adsorplama kapasitesinin boyutuna ve boyanın yapısına göre değiştiği görülmüştür. Adsorpsiyon Freundlich izotermine uyduğu ve çalışmalarda toz aktif karbonun referans alındığı belirtilmiştir.

Tekstil fabrikası atıksularıyla yapılan başka bir çalışmada, arıtım için kimyasal pıhtılaştırma ve adsorpsiyon yöntemleri denenmiştir. Renk giderme amacıyla kullanılan adsorbanlar curuf ve aktif karbondur. Curufun aktif karbona göre daha az etkili olduğu gözlenmesine karşın, giderimde kullanılabilir iyi bir malzeme olduğu belirtilmiştir (Öztürk vd., 1989).

Eskişehir yöresi lületaşı ile Balıkesir-Bigadiç yöresinden alınan zeolitler, metilen mavisi boyasının $25^{\circ}C$ de adsorpsiyonunda denenmiştir. Adsorpsiyon izotermelerinden fiziksel ve kimyasal olarak adsorplanan metilen mavisi miktarları belirlenmiştir (Gün, 1989).

Eskişehir bölgesi Sümerbank tekstil fabrikası atıksuları ile yapılan bir çalışmada aktif karbon, curuf ve perlit kullanılmıştır. Bu üç adsorbanla yapılan renk giderme ve arıtım çalışmalarında, adsorban boyutu, sıcaklık ve pH parametre olarak incelenmiştir. Renk gideriminde aktif karbon ve curufun iyi sonuç verdiği, perlitin ise fazla etkin olmadığı, elde edilen sonuçlardan görülmektedir (Doğan, 1989).

5.2. Boyarmaddelerin Elektrokimyasal Yöntem ile Renklerinin Giderilmesi

Su kaynaklarının atıksular ile kirlenmesini önlemek üzere, atıksular için bir çok farklı teknoloji uygulanmaktadır. Tüm bu tekniklerin ana amacı atıksulardan

istenmeyen bileşiklerin uzaklaştırılmasıdır. Bu amaçla kullanılan klasik yöntemler, boyama çözeltileri ve boyalı atıksular için önceki bölümde belirtilmiştir. Diğer tekniklere göre daha yeni bir teknik olan elektrokimyasal yöntem ile atıksuların arıtılması son yıllarda bir çok araştırmanın konusu olmuştur (Skovrorek, et al., 1971).

Elektrokimyasal tepkimeler, elektrolitten göç eden iyonik bileşiklerin anotta ve katotta yükseltgendiği veya indirgendiği heterojen iyon transferi tepkimeleridir. Elektrokimyasal tepkimelerin atıksu arıtımına uygulanması sonucu, örneğin metal iyonları içeren atıksularda, metal iyonlarının katodik birikimi söz konusudur. Katot tepkimesi ile birlikte yürüyen en bilinen anot tepkimesi ise suyun yükseltgenmesiyle oluşan oksijen çıkışıdır. Anodik yükseltgenme, bir çok organik bileşiğin uzaklaştırılması için etkili bir araçtır. Bu teknik, CN⁻, fenol ve tiyosiyonat içeren atıksuların arıtılmasında başarıyla kullanılmıştır (De Sucre and Watkinson, 1981). Organik maddelerin yanısıra, ağır metallerin katodik indirgeme ile uzaklaştırılması konusunda da çalışmalar yapılmıştır (Weininger, 1983).

Elektrokimyasal atıksu arıtımı iki yöntem ile yapılabilir. Bunlardan birincisi elektrooksidasyonun yapıldığı, çözünmeyen anot kullanılan yöntemdir. İkinci yöntem ise elektrokoagülasyonun yapıldığı, çözünen anot kullanılan yöntemdir. Boyarmaddeler her iki metod ile de atıksulardan uzaklaştırılabilirler.

Çözünmeyen anot kullanılan prosesler incelendiğinde, boyarmaddeler durumunda, anotta boyarmaddelerin yükseltgenmesi gerçekleşir. Araştırmalar sonucu boyaların elektrokimyasal yükseltgenmesinin, tepkime süresine ve boyanın cinsine bağlı olduğu görülmüştür. Yapılan incelemelerde önce azo ürünlerinin yükseltgendiği ve azo sayısı arttıkça elektrokimyasal yükseltgenmenin daha etkin olduğu belirlenmiştir. Boyaların parçalanarak renksizleşmesi sonucu oluşan ürünlerin analizi tatmin edici olmamış ve yükseltgenme basamağı mekanizması tam olarak anlaşılmamıştır (Kharlamova and Mitashova, 1986). Yükseltgenme hızı öncelikle kullanılan anot materyalinden etkilenmektedir. Araştırmacılar en iyi sonuçların metal oksit anotlarla alındığını belirtmişlerdir. Rutenyum oksit, kobalt oksit ve mangan dioksitin, titanyum bazı üzerine tatbiki ile oluşturulan anotun diğer anotlara göre daha iyi katalitik aktivite gösterdiği bulunmuştur. Bununla beraber, kurşun ve grafit

anotların da çok iyi sonuçlar verdiği belirtilmiştir. Elektrokoksiasyon yönteminde, destek elektrolit olarak NaCl kullanıldığında, diyaframsız bir reaktörün anotunda, klor gazı açığa çıkar. Klor gazı ise ortamın pH'sına göre alacağı herhangi bir şekilde renk gidermede aktif rol oynar.

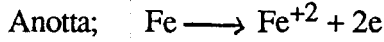
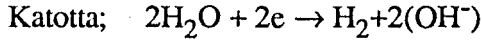
Buna göre bir elektrokoksiasyon renk giderme prosesinde, renk giderimi için üç önemli etken söz konusudur.

1. Boyaların anotta yükseltgenmesi
2. Çözeltide bulunan NaCl nedeniyle oluşan aktif klor; pH'a bağlı olarak Cl_2 (pH=1,5), HOCl (pH=4-7) ya da OCl^- (pH=10) şeklinde olabilir.
3. Anotta açığa çıkan oksijen

NaCl'siz ortamda yapılan renk giderme çalışmalarında, giderim veriminin düşük olması, prosesdeki klor oluşumunun renk gidermedeki önemini açıklamaktadır. Araştırmacılara göre en iyi renk giderim pH'ı 6-8 arasındadır. Bununla beraber, klorun en iyi yükseltgenme pH'ı ortamdaki boyarmaddelerin yapısına göre değişiklikler göstermektedir. Prosesin yükseltgenme basamağında ise en önemli rolü akım yoğunluğu oynamaktadır. Araştırmacılar çok çeşitli boyalar için 3-20 A/dm²'lik akım yoğunluklarında iyi sonuçlar elde etmişlerdir. Sıcaklığın da atıksuyun arıtım prosesinde etkin olabileceği düşünülmüş, bazı boyalar ile (azo boyaları gibi) yapılacak çalışmalar için 70-90°C arası sıcaklık önerilmiştir.

Pratikte çözünmeyen anot yöntemi ile %99-100 verim ile renk gideriminin yapılabileceği araştırmalar sonucu ortaya konulmuştur.

Çözünen anot kullanılan elektrokoagülasyon proseslerinde ise, boyarmaddeler gibi renk verici kirleticilerin yanısıra, ağır metallerin uzaklaştırılması da başarılı bir şekilde gerçekleştirilmiştir (European Patent, Publication no. 0295696 A1). Proseste anot olarak kullanılan metal, iyonu halinde çözünür. Örneğin demir anot materyali durumunda, anotta Fe^{+2} iyonları oluşacaktır. Katotta hidrojen gazı açığa çıkar. Hidrojen gazı çıkışı nedeniyle ortamda OH^- iyonları da bulunacaktır. Çözünen anot ile atıksu arıtım prosesinde katot ve anot tepkimelerinin mekanizması aşağıdaki şekilde olacaktır (Farkas and Mitchell, 1985).



Ortamda bulunan Fe^{+2} ve OH^- iyonları tepkimeye girerek $\text{Fe}(\text{OH})_2$ oluştururlar. Bu aşamada arıtılacak sudaki metaller, örneğin $\text{Cr}(\text{III})$, OH^- ile $\text{Cr}(\text{OH})_3$ gibi çözünmeyen bir bileşik oluşturur. Bu ise $\text{Fe}(\text{OH})_2$ ile bir kompleks oluşturarak veya fiziksel bir şekilde, atıksuda bulunan boyarmaddeler, metal iyonları ve diğer safsızlıklarla birlikte çökerek arıtımı sağlamış olur. $\text{Cr}(\text{VI})$ durumunda $\text{Cr}(\text{VI})$ yı $\text{Cr}(\text{III})$ e indirgemek için ortamın asitli olması gerekirken, oluşan Fe bileşiği veya kompleksi $\text{Cr}(\text{VI})$ yı pH 4-11 arasında indirgeyebilmekte ve birlikte çökmektedirler. Buna göre herhangi bir pH ayarlaması yapmadan $\text{Cr}_2\text{O}_7^{=}$ iyonları da, boyarmaddeler ve diğer safsızlıkların yanında uzaklaştırılmış olur. Oluşan çökelek bilinen yöntemler ile ayrıldıktan sonra, arıtılmış atıksu alıcı kaynağına verilir. Çözünen anot ile ilgili ayrıntılı çalışma Gönen (1991), kaynağında bulunabilir.

Genel olarak, elektrokimyasal arıtım proseslerinde, katotta (çoğunlukla metallerin elementel şekline) indirgenme, anotta ise çıkan O_2 ile doğrudan ya da üretilen herhangi bir diğer yükseltgen ile indirekt yükseltgenme gerçekleşir. Çözünen anot yönteminde ise ortamda bulunabilecek kirletici bileşenler metaller de dahil olmak üzere çökerek uzaklaşır.

5.2.1. Elektrokimyasal yöntem ile daha önce yapılan arıtım ve renk giderme çalışmaları

Sodyum siyanür, kadmiyum, bakır ve çinko siyanür komplekslerini içeren bir çözeltinin elektrokimyasal yöntem ile arıtılabilirliği çalışılmıştır. Bu çalışmada anot olarak grafit ve pilatinlenmiş titanyum kullanılmıştır. $1-88 \text{ A/ft}^2$ lik akım yoğunluğunda ve $50-90^\circ\text{C}$ arasında değişen sıcaklıklar da siyanürün $14,0-15,9 \text{ gr HCN/faraday}$ ($0,5-0,6 \text{ mol/faraday}$) hızında bozunduğu tesbit edilmiştir. Aynı çalışmada 1 kWh elektrik enerjisi ile $146-201 \text{ g HCN}$ bozundurulabileceği bulunmuştur. Bozunma ana ürünü ise amonyum karbonattır (Dast, et al., 1969).

Kağıt endüstrisinden kaynaklanan renk, 40-100 m boyutlu aktif karbon parçacıklarından oluşan yardımcı anot ile elektrokimyasal olarak giderilmiştir. Bu çalışmada, %90 oranında elde edilen renk giderimi için tüketilen enerji 10 kwsha/kg olarak verilmiştir (Lumbroso, 1981).

Kükürt içeren boyalar ile içerisinde kükürt bulunan organik kirleticilerin atıksulardan elektrokimyasal metot ile uzaklaştırılması da araştırılmıştır. Bu çalışmada, grafit elektrotlu reaktör kullanılmış olup her plaka elektrodun yüzeyi 143 cm², her biri arasındaki uzaklık 10 mm olarak verilmiştir. Bu proseste kullanılan atıksu çözeltisi 200 mg/l sülfid, 100 mg/l kükürtlü boyarmadde içermektedir. Bez fabrikası atıksuyunda ayrıca, 1 g/l NaOH ve NaCl bulunmaktadır. Ortamdaki NaCl'nin etkisi araştırılmış, NaCl'nin bulunmasının olumlu etki yapmasına karşın NaOH'un giderimi yavaşlattığı belirlenmiştir. Araştırmacılar sonuç olarak 1,4-5,6 A/dm² akım yoğunluğu ve 10 ile 30 dk işlem süresinde sodyum sülfid için tamamen giderimin sağlandığını, buna karşın boyarmadde ve sülfidli kirleticilerin birlikte bulunması halinde, ayrıca ardarda uygulanacak bir kaç yöntem ihtiyacı duyulduğunu belirtmişlerdir (Popova, et al., 1982).

Ortalama %40 organik madde, %40 azoik boya, %15 ftalasiyonik boya ve %5'i de antrokino, organik, metalik ve katyonik boyalardan oluşan bir boya fabrikası atıksuyunun elektrokimyasal metod ile arıtılabileceği incelenmiştir. Reaktörde paslanmaz çelik katot ve grafit anot kullanılmıştır. Membransız olarak yapılan çalışmada destek elektrolit olarak 20 g/l NaCl kullanılmıştır. Proses 2 A/dm² lik akım yoğunluğunda 1 saat sürdürülmüş, 46 kwsha/m³ enerji tüketimi ile tamamen renksiz atıksu elde edilmiştir. Ayrıca, arıtım öncesi ve sonrası diğer bazı kirlilik parametreleri ölçülmüş, bunlarda da iyileşme olduğu gözlenmiştir (Corheci and Storon, 1984). Bu parametreler ve ölçülen değerleri şöyledir.

- | | |
|--|-----------------------------|
| 1. pH, elektrokimyasal arıtım öncesi | : 2 ; sonrası : 7 |
| 2. COD _{Mn} , elektrokimyasal arıtım öncesi | : 476 ; sonrası : 95,2 mg/l |
| 3. Org.C, elektrokimyasal arıtım öncesi | : 250 ; sonrası : 120 mg/l |
| 4. İnorg.C, elektrokimyasal arıtım öncesi | : Yok ; sonrası : 130 mg/l |

- | | |
|--|---|
| 5. Sabit kalıntılar, elektrokim. arıt. öncesi | : 20,202;sonrası :4444,4 mg/l |
| 6. NH_4^+ elektrokimyasal arıtım öncesi | : 16 ; sonrası : 0,5 mg/l |
| 7. NO_3^- , elektrokimyasal arıtım öncesi | : 25 ; sonrası : 2 mg/l |
| 8. Azot türevleri, elektrokim.ar.öncesi | : 276 ; sonrası : 4,4 mg NO_2 /l |
| 9. Aminler, elektrokimyasal arıtım öncesi | : 100 ; sonrası : 20,25 mg NH_2 /l |
| 10. PO_4^{-3} elektrokimyasal arıtım öncesi | : 32,4 mg/l; sonrası : Yok |
| 11. Fe, elektrokimyasal arıtım öncesi | : Mevcut; sonrası :Yok |
| 12. S^{-2} , elektrokimyasal arıtım öncesi | : 0,98 mg/l; sonrası : Yok |
| 13. Suda çözülmüş oksijen elektrokim. ar.ön.: | Yok ; sonrası: 8,2 mg/l |

Aktif, direk ve asit boyaların, NaCl ve Na_2SO_4 lü çözeltilerinde membranlı veya membransız olarak elektrokimyasal renk giderme çalışması yapılmıştır. NaCl 'li arıtımda oluşan aktif Cl 'nin etkisi ile renksizliğin sağlanabileceği belirtilmiştir (Endyus'kin, et al., 1983).

Yapılan bir diğer çalışmada, suni olarak oluşturulmuş ve boya içeren atıksudan ozonlama ve elektrokimyasal yöntem ile renk giderimi etkin bir şekilde başarılmıştır. Uzaklaşma etkinliğinin Renk > KOİ > Organik C sırasıyla olduğu gözlenmiştir. Ozonlama için en uygun işlem şartları: 5 l/dak ve 100 V olduğu saptanmıştır. Elektrokimyasal arıtım için ise 4,25 A/dm^2 dC ve % 0,25 NaCl dür. Ozonlamada renk ve Org.C uzaklaşma hızı, elektrokimyasal arıtıma göre daha yüksek, KOİ giderimi ise aynıdır (Takahashi and Katsuki, 1982).

Yine yapılan bir araştırmada, Abdo ve Rasher (1987) direkt bir boyanın (C.I. direct blue 21) anodik yükseltgenmesini çalışmışlardır. Kullandıkları reaktör camı plastikten yapılmış olup, gözenekli bir PVC diyafram ile iki bölüme ayrılmıştır. Anot bölümünde 0,5 M Na_2SO_4 destek elektrolitli boya çözeltisi bulunmaktadır. Anot bölümünün tabanında bulunan paslanmaz çelik bir elek uygulanacak gerilim ile anot olarak görev yapacak olan kurşun küreleri desteklemektedir. Katot bölümü ise 0,5 M Na_2SO_4 içermekte olup, katot olarak paslanmaz çelik kullanılmıştır. Anot bölümü ile boya çözeltisinin stok tankı arasında, bir pompa vasıtasıyla devamlı bir sirkülasyon sağlanmıştır. Kararlı bir akış hızına ulaşıldığı zaman, elektrotlara akım uygulanarak

0,2-1,5 amp. arası akım geçmesi sağlanır. Araştırmacılar bu çalışmalarında başlangıç boya derişimini, çözelti akış hızını, anot alanını ve işlem süresini değişken olarak incelemişlerdir.

İki kutuplu parçacık elektrot kullanılan bir elektrokimyasal reaktörde (direk, reaktif, katyonik ve asit boyları gibi) çözünebilir çeşitli boyların derişik çözeltileri ile çalışılmıştır. Bu çalışmada, renk gideriminde %100'e yakın başarı elde edilmiştir. KOİ ve BOİ değerlerinde ise %80'in üstünde verime ulaşılmıştır. Proseste 8:1:2 oranlarında aktif karbon, mika ve SiO₂ içeren reaktörde 12 voltluk bir gerilim altında çalışılmıştır. Elde edilen giderim sonuçlarının yüksekliğinin yanısıra, işlem ömrünün yalnızca aktif C kullanıldığı prosesten daha uzun, enerji tüketiminin ise klasik yöntemlerden daha düşük olduğu da belirtilmiştir (Zhov, et al., 1987).

Direct bordeaux, acid bordeaux, acid black S ve visol D boylarından oluşan 0,5-30 g/l derişimdeki çözelti, grafit elektrot kullanılarak 2 A/dm² lik değerinde akımda elektroliz edilmiştir. Araştırma sonuçlarına göre, kromoforik grupların ve benzen halkalarının parçalanmasının aynı anda olduğu ve boyların karboksilik aside yükseltendiği görülmüştür. Aynı araştırmacılar demir elektrot kullanılarak yapılan çalışmalarda kromoforik grupların benzen halkasından daha hızlı parçalandığını tesbit etmişlerdir (Kharlamova, et al., 1989).

Yapılan bir çalışmada boya içeren atıksuların elektrokimyasal metot ile temizlenmesinde oluşan yükseltgenme ürünleri incelenmiştir. Çalışmalarda Congo red, acid blue 2K, acid-bright orange boyları kullanılmıştır. Aynı çalışmada, en yüksek boya uzaklaşma hızında optimum işlem parametreleri tesbit edilmiştir. İşlem sonucunda boya gideriminin %60-70, oluşan küçük parçacıkların başlangıç boya derişiminin %5-6 sı olduğu bulunmuş ve ağırtılmış suyun toksik olmadığı bildirilmiştir (Yokovlev, et al., 1988).

Ozonizasyon ve elektrokimyasal arıtmadan oluşan kombine metot, sodyum dedoksil benzen (DDS) de, atık yağlarda ve boyama fabrikalarının atıksularında denenmiştir. Çalışmada DDS etkin bir biçimde uzaklaşırken, yağ damlaları ozon tarafından dağıtılmıştır. Bu yüzden iki işlem farklı reaktörlerde birbiri ardına uygulanmış ve olumlu sonuçlar elde edilmiştir. Bu sistemde %85-95 arasında KOİ

giderimi elde edilmiştir. Direct yellow 2P, reactive blue 2 ve basic violet 7 gibi farklı boyalar için, farklı uzaklaşma hızlarının olduğu ifade edilmiştir (Tokohoshi and Kotsuki, 1987).

Organik boyaları içeren atıksu örnekleri ile yapılan çalışmalarda, matematiksel ilişkilerden yararlanılarak proses parametreleri (elektrot boyutu, çözelti akış hızı, enerji tüketimi ve arıtım etkinliği) bulunmuştur. Ayrıca, çalışmalarda kullanılan direct blue ve acid brilant blue boya türlerinin yükseltgenme kinetiği, çalışılmıştır (Yokolev, et al., 1986).

Boyarmaddeler ile ilgili bir başka çalışma da, suda çözünebilen leuco boya türlerinin 2-4 sülfonik asit içeren diamino-triphenyl metan grupları elektrokimyasal metotla yükseltgenmiştir. %20 CI 42090 leuco boya içeren, %5 H₂SO₄ katkılı elektrolit ile Ti yüzeyli, Ir, Pt grubu metal elektrotlarda çalışılmıştır. Çalışma şartları 35 V, 0,6 kA/m² ve 25-32°C dır (Bruder, et al., 1985).

Aktif karbon parçacıkları ve yalıtkan malzeme ile hazırlanmış, multipolar karbon elektrotlu bir reaktör ile renk giderimi çalışması Ding, et al., (1984) tarafından yapılmıştır. Çalışmada %79,9 renk giderimi, %78 KOİ uzaklaştırma etkinliği olduğu bulunmuştur.

Boyalı atıksulardan renk giderimi için yapılan bir diğer çalışmada ise; keçe karbon elektrotlu ve kararlı akışlı, elektrokimyasal reaktör kullanılmıştır. Renk gideriminin yanısıra, sürecin iki kademeli uygulanmasıyla %80'in üzerinde KOİ giderimi elde edilebileceği belirtilmiştir. Ayrıca, aynı çalışmada; partiküller, bulanıklık, NH₄⁺-N ve toplam Fe derişimlerinin de önemli ölçüde azaldığı tesbit edilmiştir. Süreç esnasında keçe karbon elektrot harcanmakla beraber, seyreltik HCl'e ve NaOH çözeltisine daldırılarak rejenere edilebilme imkanı olduğu belirtilmiştir (Shen, et al., 1987).

Çin'de yapılan bir elektrokimyasal arıtım çalışmasında, metal anot kullanılarak tekstil atıksularında renk giderimi üzerinde başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Aynı teknik ile Cr(VI) ve Fe uzaklaştırma çalışmaları da yapılmış, ayrıca 1666,7 A/m² akım yoğunluğunda %95 e yaklaşan KOİ giderim verimi de elde edilmiştir (Kongning, et

al., 1986).

İki ana elektrot arasına, karbon parçaları doldurularak hazırlanan üç boyutlu elektrokimyasal reaktörün, organik atıksulardaki pepton'u uzaklaştırma hızı, yalnızca aktif C kullanılarak yapılan adsorpsiyon ile karşılaştırılmıştır. Yapılan deneyler, elektroliz ile elde edilen pepton uzaklaştırma hızınının 9 kat fazla olduğunu göstermiştir. Aynı teknik ile mürekkep sanayii atıksularında çalışmalar yapılmış ve %79,99 luk bir renk gideriminin sağlandığı belirtilmiştir (Zhu and Wong, 1985).

Crystal violet (I) ve aluminon (II) boya ları MnO_2 nin varlığında elektrokimyasal renk giderme işlemine tabi tutulmuştur. I ve II çözeltilerinin renkleri, MnO_2 yanında daha iyi giderilmektedir. MnO_2 li ve MnO_2 siz ortamda, Cl^- ve SO_4^{-2} nin de giderime etkisi incelenmiştir. Bu çalışmada Cl^- ve SO_4^{-2} nin de giderimi artırıcı rol oynadığı, özellikle Cl^- nin daha etkin olduğu gösterilmiştir (Mumina and Motskevich, 1985).

Atıksuların elektrokimyasal yöntemle arıtımı için bir pilot tesis çalışması Krosnoborodko ve Nikisorov (1984) tarafından gerçekleştirilmiştir. Pilot tesiste, Ru, Mn, Co oksitleri ile kaplanmış titanyum esaslı elektrotlar kullanılmıştır. Boyalı ve deterjanlı atıksulardan, boya ve deterjan uzaklaştırılması ile birlikte $KOİ$ nin de önemli ölçüde giderimi gerçekleştirilmiştir. Araştırmacılar, bu pilot tesisin arıtım etkinliğinin, biyolojik arıtım tesislerine göre daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir.

Boya ve boya yardımcı endüstrisinin atıklarını gidermek amacıyla yapılan bir araştırmada, çözünmeyen anot olarak grafit kullanılmıştır. Taşıyıcı metal iyonlarının (10-3000 mg/l Fe) ve Cl^- un varlığında, 400-800 A/m² lik doğru akım uygulanarak renk giderimi ve sürfaktanların bozundurulmasında başarılı sonuçlar elde edilmiştir (Coskov, et al., 1981).

Çözünmez anot olarak PbO_2 in kullanıldığı bir elektrokimyasal reaktörde, boya içeren kentsel atıklarda renk ve $KOİ$ giderimi üzerinde çalışmalar yapılmıştır. Çalışmalarda katot olarak Al ve alaşımları kullanılmıştır. Arıtım işleminde yükseltgenme tepkimesi ile koagülasyon eş anlı yürümektedir. Çalışmada renk giderimi %81,5, $KOİ$ giderimi ise %62,8 olarak bulunmuştur (Patent 200083).

Chrome yellow Z ve chrome yellow K gibi asidik mono azo boya ların 25 ve 100 mg/l derişimdeki çözeltileri, elektrokimyasal metotla arıtıma tabi tutulmuştur.

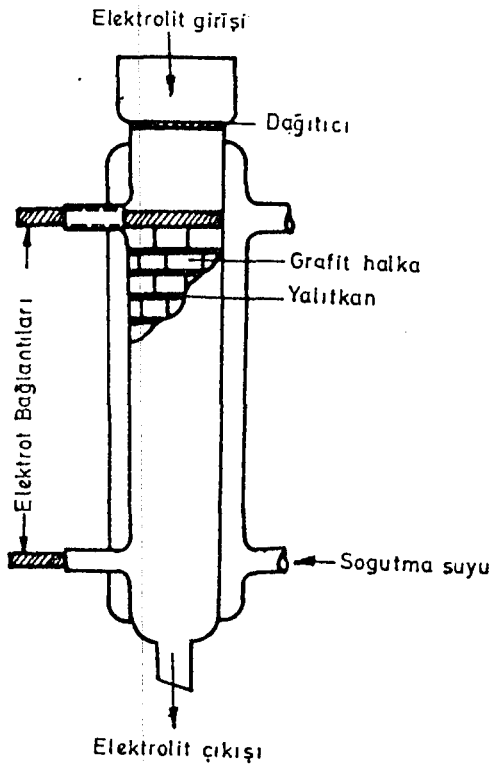
Arıtımda, ilk boyanın %86,8-96, ikincisinin ise %50,4-58,-4 arasında elektrokimyasal olarak parçalandığı gözlenmiştir. Araştırmacılar, parçalanma ürünlerini belirlemek için arıtım sonrası elektrolit çözeltisini incelemişler, çözeltinin sodyum salisilat, sodyum sülfanilat ve sodyum methalinat içerdiğini ayrıca birikmiş halde aminlerin olduğunu bulmuşlardır (Popova et al., 1981).

Atıksuların elektrokimyasal arıtımı ile ilgili prosesler ve modern kavramlar Kreysa (1981) tarafından incelenmiştir. Çalışma sonucu yapılan derleme 81 referans ile birlikte yayımlanmıştır.

6. DENEYSEL ÇALIŞMA

6.1. Yöntem

Yapılan deneysel çalışmada "iki kutuplu damlamalı" bir elektrokimyasal reaktör kullanılmıştır (Şekil 6.1). Reaktör; 4 cm dış ve 2,5 cm iç çapında iç içe iki pyrex cam borudan oluşmuştur. İçteki cam boruya iki kutuplu elektrot olarak ucuz ve inert olan, kolay bulunabilen grafit Raschiğ halkaları yerleştirilmiştir. Elektrotlar ile doldurulmuş kolonun iki ucunda, gerilimin uygulandığı, iki grafit çubuktan oluşan anot ve katot bağlantıları bulunmaktadır. İki bağlantı arasındaki dolgulu kolon boyu 22,5 cm dir. Dolgulu kısım, her biri dört Raschiğ halkasından oluşan ve birbirlerinden yalıtkan polyester mesh'le ayrılarak iki kutupluluk sağlanan 27 tabaka içermektedir. Reaktör hacmi ve anot yüzey alanı hesabı ek açıklamalar A'da verilmiştir. Bu reaktörle çözünmeyen anotta elektrokimyasal yükseltgeme yöntemi uygulanmıştır. Bu yöntem ile ilgili bilgi 5. Bölümde verilmiştir.



Şekil 6.1 İki kutuplu damlamalı reaktör

Deneysel çalışma çözeltisinin konulduğu stok kabı, üzerinde teflon milimetrik musluk bulunan PVC boru ile bir rotametreye bağlanmış ve çalışma çözeltisinin akış hızı ölçülerek reaktör girişine verilmesi sağlanmıştır. Sabit akış hızı elde edildiğinde reaktöre gerilim uygulanarak dengeye gelmesi için beklenilmiştir. İşlem görmüş çözelti, reaktör çıkışındaki toplama kaplarına alınarak 2 saat süre ile bekletildikten sonra tayin edilmiştir. Deney düzeneği Şekil 6.2 de görülmektedir.

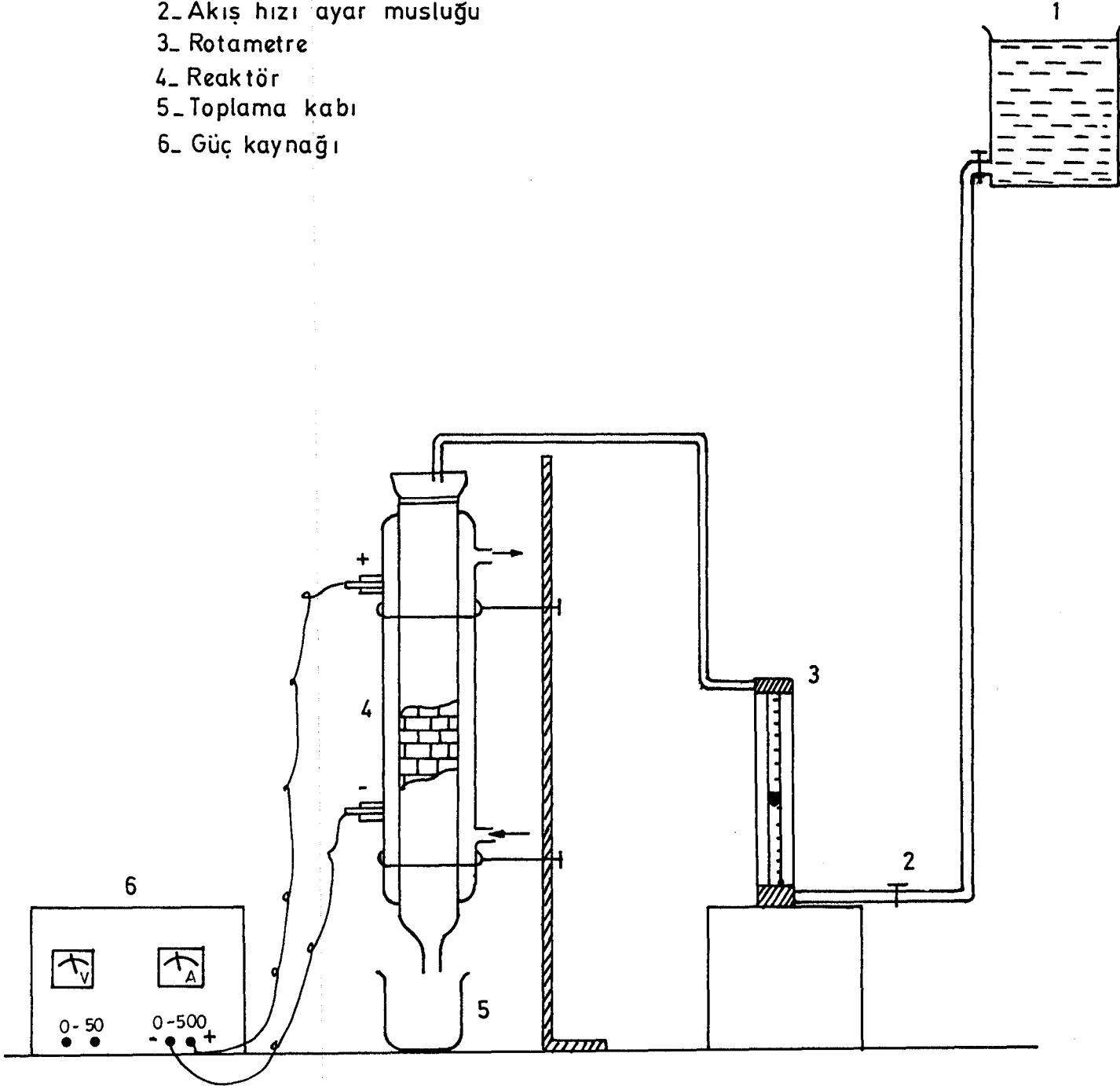
6.1.1. Toplam reaktör gerilimi

Elektrokimyasal reaktörlerin tasarım koşulları bölümünde incelendiği üzere reaktör gerilimi, verimi ve enerji tüketimini doğrudan etkilemektedir. Bu nedenle uygulanan gerilim değeri yöntemin başarısı açısından önemlidir. İki kutupluluk nedeniyle reaktöre uygulanan toplam gerilim, her bir tabakaya uygulanan gerilimin toplamına eşittir. Her bir tabakadan geçen akım ise toplam akım kadardır. Bir tabakadaki akım, tabakayı oluşturan 4 elektrotun toplam akım değerine eşittir. Bu çalışmada 35-55 V arasında değişen gerilimler uygulanmıştır. 35 voltan küçük değerlerde iyi sonuçlar alınamadığı için en düşük reaktör gerilimi 35 V olarak sınırlandırılmıştır. 55 voltun üzerindeki gerilimlerde ise grafit elektrotların anot kısımları çok ince partiküller halinde parçalanmaktadır. Bu parçalanma gerilim ile olduğu kadar geçen akımın büyüklüğü ile de ilgilidir.

6.1.2. Kullanılan kimyasal maddeler

Tekstil boyarmaddeleri ve tekstil fabrikası atıksuyu ile yapılan çalışmalarda destek elektrolit maddesi olarak NaCl, pH ile ilgili çalışmalarda, pH düzenlemek için ise HCl ve Na₂CO₃ kullanılmıştır.

- 1_ Çalışma çözeltisi deposu
- 2_ Akış hızı ayar musluğu
- 3_ Rotametre
- 4_ Reaktör
- 5_ Toplama kabı
- 6_ Güç kaynağı



Şekil 6.2 Deney düzeneği

6.1.3. Kullanılan yardımcı araçlar

Deneyde 220 volt girişli ve 0-500 volt ile 0-50 volt çıkışlı, maksimum 100 mA doğru akım veren Daym marka güç kaynağı kullanılmıştır. Çalışma çözeltisi akış hızları rota 870909-3601 rotametre ile ölçülmüştür. Yapılan tayinler için shimadzu UV-120=01 marka spektrofotometre, pH ölçümleri için ise Wiss.Techn.Werkstätten-D812 Weilheilm pH 39 marka pH metre kullanılmıştır.

6.1.4. Çalışma doğrularının çizilmesi ve derişim hesabı

Derişimleri bilinen bir seri çözelti hazırlanarak, çözeltinin maksimum absorbans verdiği dalga boyunda, absorbans değerleri ölçülmüştür. Derişim-absorbans değerleri grafiğe geçirilerek hazırlanan örnek çalışma doğrusu Ek Açıklamalar B'de verilmiştir. Giderim sonunda çözeltide kalan boya miktarının tayini için, hazırlanan çalışma doğrularının denklemlerinden yararlanılmıştır. Örnek hesaplama Ek Açıklamalar B de verilmiştir.

$$y = mc + n \quad (6.1)$$

y : Absorbans

m : Eğim

c : Derişim

n : Sabit

6.1.5. Verim hesaplarında kullanılan eşitlikler

1. Yüzde giderim

$$\% \text{ Giderim} = \frac{(C_0 - C)}{C_0} \times 100 \quad (6.2)$$

Co : Başlangıç derişimi (mg/l)

C : Son derişim (mg/l)

2. Hacim-zaman verimi

$$\text{Hacim-zaman verimi (kg/m}^3 \text{ h)} = \frac{(\text{Co} - \text{C}) \cdot \text{V}}{\text{V}_R \cdot 10^3} \quad (6.3)$$

V_R : Reaktör hacmi (m^3)

V : Çözelti akış hızı (m^3/h)

3. Enerji tüketimi

$$\text{Enerji tüketimi, a (kwh/g)} = \frac{\text{I} \cdot \text{V}}{(\text{Co} - \text{C}) \text{V} 10^3} \quad (6.4a)$$

$$\text{Enerji tüketimi, b (kwh/m}^3 \text{)} = \frac{\text{I} \cdot \text{V}}{\text{V} 10^3} \quad (6.4b)$$

V : Reaktördeki toplam gerilim (Volt)

I : Reaktörden geçen akım (Amper)

Yukarıdaki eşitlikler ile ilgili örnek hesaplamalar Ek Açıklamalar C'de verilmiştir.

6.2. Boyarmaddelerin Sulu Çözeltileri İle Yapılan Deneysel Çalışmalar

Congo red boyarmaddesinin ve Eskişehir bölgesi Sümerbank Tekstil Fabrikasından alınan 4 farklı boyarmaddenin (ostozin rot H3B, xiron blau 2RHD, ostozin oliv HG, ostozin black HN) sulu çözeltilerinden anodik yükseltgeme ile giderilebilirliği araştırılmıştır. Yapılan çalışmalarda başlangıç boya derişimi, uygulanan gerilim ve çözelti akış hızı değiştirilerek, boyanın renginin giderilmesine etkileri incelenmiştir. Bu amaçla hazırlanan çalışma çözeltileri ile yapılan ön denemelerde

destek elektrolit olarak sodyum asetat ve NaCl kullanılmıştır. NaCl kullanılarak yapılan ön denemelerin sodyum asetat ile yapılanlara göre daha iyi sonuçlar verdiği görülmüş ve deneysel çalışmalarda destek elektrolit olarak 0,5 M NaCl kullanılmıştır.

6.2.1. Congo red ile yapılan deneysel çalışmalar ve sonuçları

Congo red boyarmaddesinin 10, 20 ve 30 mg/l derişimlerde hazırlanan ve 0,5 M NaCl içeren sulu çözeltileri ile değişik çözelti akış hızı ve gerilimlerde çalışılmıştır. Boyarmaddenin orjinal pH'ında (~ 7) elde edilen sonuçlar Çizelge 6.1, 6.2, 6.3 de verilmiştir. 20 mg/l derişimli çözeltide NaCl miktarları ve pH değerleri değiştirilerek giderime olan etkisi araştırılmıştır. Sonuçlar Çizelge 6.4 te verilmiştir. Uygulanan gerilim ile % giderimin değişimi Şekil 6.3, 6.4 te hacim-zaman veriminin değişimi şekil 6.5, 6.6 da enerji tüketiminin değişimi ise Şekil 6.7, 6.8 de gösterilmiştir. Ayrıca uygulanan gerilim ile % giderimin değişimine, pH ve NaCl nin etkileri Şekil 6.9 ve 6.10 da verilmiştir.

Çizelge 6. 1 Congo Red'in 10 mg / lt derişimindeki deneysel sonuçları

	Gerilim (V)	Ger. / Tab. (V)	Akım ³ (A) 10 ³	Akım Şiddeti (A / m ²)	Son Derişim (mg l)	% Giderim	Hac. Zam. Ver. (kg / m ³ h)	Enerji Tük. (K.W h / g)
1,38 x 10 ⁻⁴ m ³ / h Çöz. Ak. Hız.	40	1,4815	4,5	6,633	1,358	86,42	0,0248	0,1509
	45	1,6667	5,5	8,107	1,190	88,10	0,0253	0,2036
	50	1,8518	6,5	9,581	1,118	88,82	0,0255	0,2652
	55	2,0370	7,0	10,318	1,022	89,78	0,0258	0,3107
2,28 x 10 ⁻⁴ m ³ / h Çöz. Ak. Hız.	40	1,4815	5,0	7,370	0,950	90,50	0,0429	0,0969
	45	1,6667	6,0	8,844	0,878	91,22	0,0443	0,1298
	50	1,8518	6,5	9,581	0,854	91,46	0,0434	0,1559
	55	2,0370	8,0	11,792	0,806	91,94	0,0436	0,2099
3,12 x 10 ⁻⁴ m ³ / h Çöz. Ak. Hız.	40	1,4815	6,0	8,844	0,854	91,46	0,0594	0,0841
	45	1,6667	7,0	10,318	0,830	91,70	0,0595	0,1101
	50	1,8518	8,0	11,055	0,806	91,94	0,0596	0,1307
	55	2,0370	8,5	12,529	0,806	91,94	0,0596	0,1630
3,96 x 10 ⁻⁴ m ³ / h Çöz. Ak. Hız.	40	1,4815	6,5	9,581	0,950	90,50	0,0746	0,0725
	45	1,6667	7,0	10,318	0,878	91,22	0,0752	0,0872
	50	1,8518	8,0	11,792	0,830	91,70	0,0756	0,1099
	55	2,0370	9,5	14,003	0,806	91,94	0,0758	0,1435

Çizelge 6. 2 Congo Red'in 20 mg / lt derişimindeki deneysel sonuçları

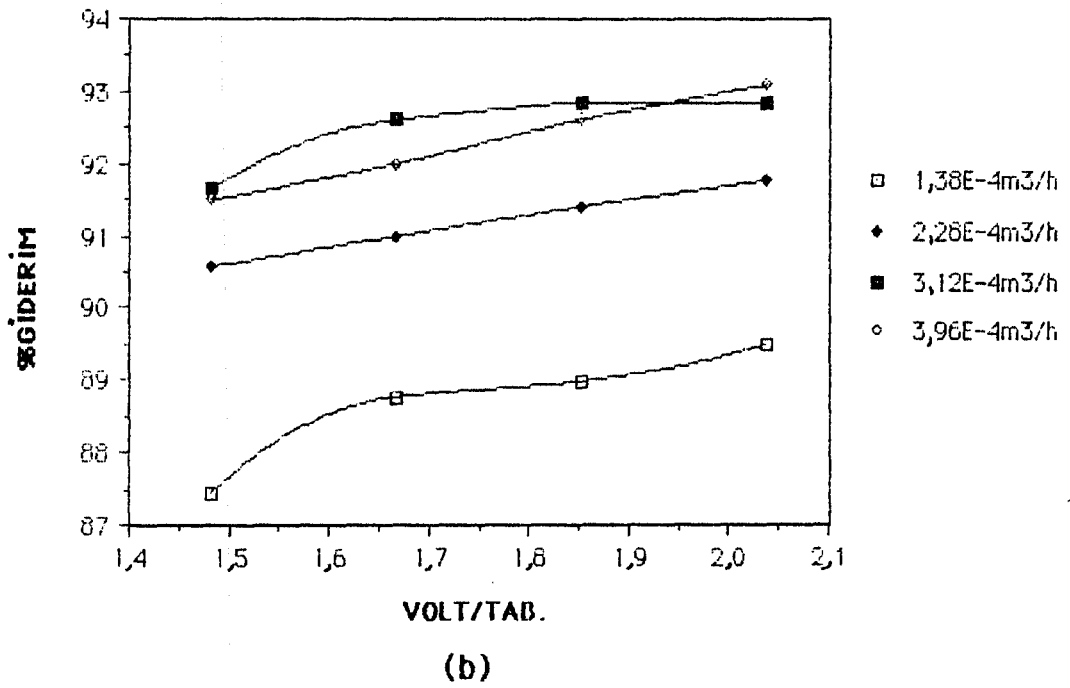
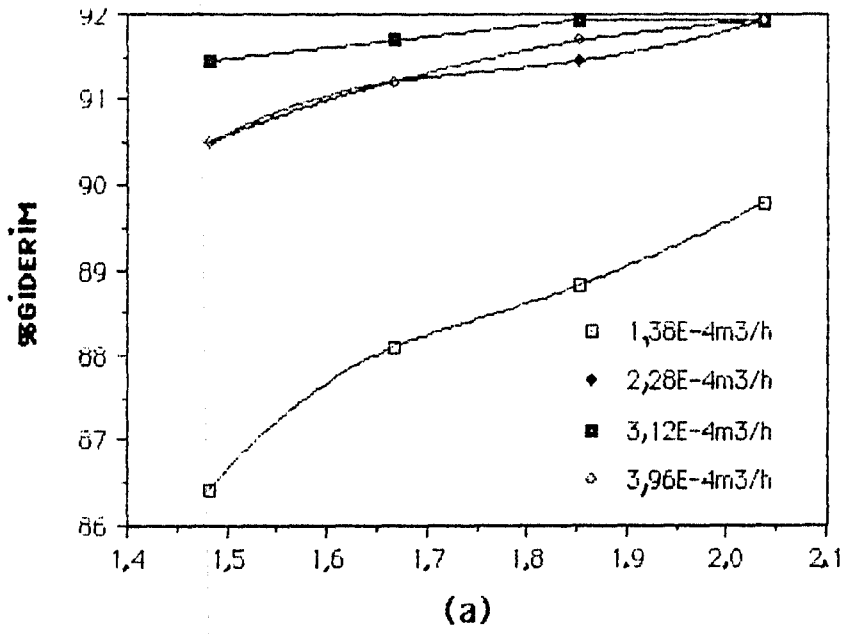
	Gerilim (V)	Ger. / Tab. (V)	Akım ³ (A) 10 ³	Akım Şiddeti (A / m ²)	Son Derişim (mg l)	% Giderim	Hac. Zam. Ver. (kg / m ³ h)	Enerji Tük. (K.W h / g)
1,38 x 10 ⁻⁴ m ³ / h Çöz. Ak. Hiz.	40	1,4815	5,0	7,370	2,511	87,45	0,0502	0,0829
	45	1,6667	6,0	8,844	2,247	88,77	0,0510	0,1102
	50	1,8518	6,5	9,581	2,205	88,98	0,0511	0,1323
	55	2,0370	7,5	11,05	2,102	89,49	0,0514	0,1670
2,28 x 10 ⁻⁴ m ³ / h Çöz. Ak. Hiz.	40	1,4815	5,0	7,370	1,886	90,57	0,0860	0,0484
	45	1,6667	6,5	9,581	1,800	91,00	0,0863	0,0705
	50	1,8518	7,5	11,055	1,720	91,40	0,0867	0,0900
	55	2,0370	9,0	13,267	1,646	91,77	0,0871	0,1183
3,12 x 10 ⁻⁴ m ³ / h Çöz. Ak. Hiz.	40	1,4815	6,5	9,581	1,670	91,65	0,1190	0,0455
	45	1,6667	7,0	10,318	1,478	92,61	0,1200	0,0545
	50	1,8518	8,0	11,972	1,430	92,85	0,1206	0,0690
	55	2,0370	9,0	13,267	1,430	92,85	0,1206	0,0854
3,96 x 10 ⁻⁴ m ³ / h Çöz. Ak. Hiz.	40	1,4815	6,5	9,581	1,790	91,50	0,1500	0,0361
	45	1,6667	7,5	11,055	1,600	92,00	0,1516	0,0463
	50	1,8518	8,5	12,529	1,478	92,61	0,1526	0,0579
	55	2,0370	10	14,741	1,382	93,09	0,1534	0,0746

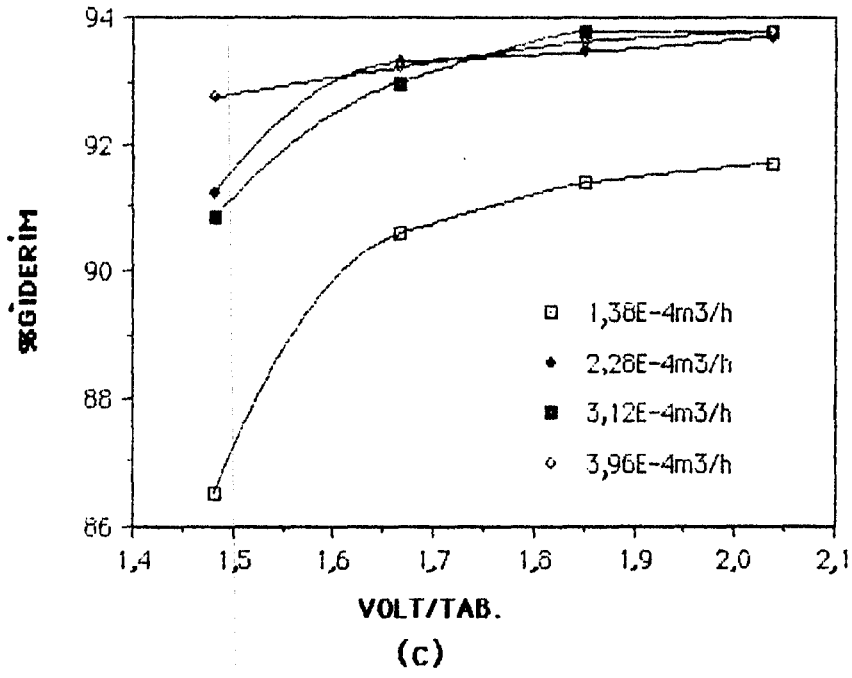
Çizelge 6. 3 Congo Red'in 30 mg / lt derişimindeki deneysel sonuçları

	Gerilim (V)	Ger. / Tab. (V)	Akım ₃ (A) 10 ³	Akım Şiddeti (A / m ²)	Son Derişim (mg l)	% Giderim	Hac. Zam. Ver. (kg / m ³ h)	Enerji Tük. (K.W h / g)
1,38 x 10 ⁻⁴ m ³ / h Çöz. Ak. Hız.	40	1,4815	4,5	6,633	4,047	86,51	0,0745	0,0503
	45	1,6667	5,5	8,107	2,823	90,59	0,0780	0,0660
	50	1,8518	7,0	10,318	2,583	91,39	0,0787	0,0925
	55	2,0370	9,5	14,004	2,487	91,71	0,0790	0,1376
2,28 x 10 ⁻⁴ m ³ / h Çöz. Ak. Hız.	40	1,4815	6,0	8,844	2,631	91,23	0,1298	0,0385
	45	1,6667	7,5	11,055	2,006	93,31	0,1328	0,0529
	50	1,8518	8,0	11,792	1,998	93,47	0,1330	0,0626
	55	2,0370	10	14,741	1,886	93,71	0,1334	0,0858
3,12 x 10 ⁻⁴ m ³ / h Çöz. Ak. Hız.	40	1,4815	6,5	9,581	2,791	90,83	0,1769	0,0306
	45	1,6667	7,5	11,055	2,1100	93,00	0,1811	0,0388
	50	1,8518	9,0	13,267	1,867	93,78	0,1826	0,05127
	55	2,0370	10,0	14,741	1,867	93,78	0,1826	0,0627
3,96 x 10 ⁻⁴ m ³ / h Çöz. Ak. Hız.	40	1,4815	7,5	11,055	2,174	92,75	0,2293	0,0272
	45	1,6667	8,0	11,792	2,030	93,23	0,2305	0,0325
	50	1,8518	10,5	15,478	1,910	93,63	0,2314	0,0472
	55	2,0370	11,5	16,952	1,867	93,78	0,2314	0,0568

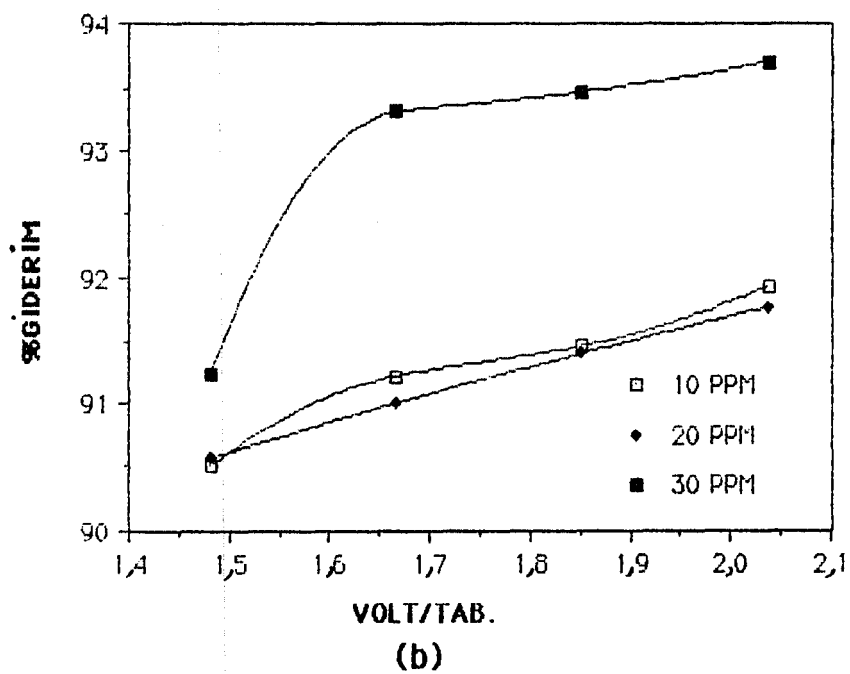
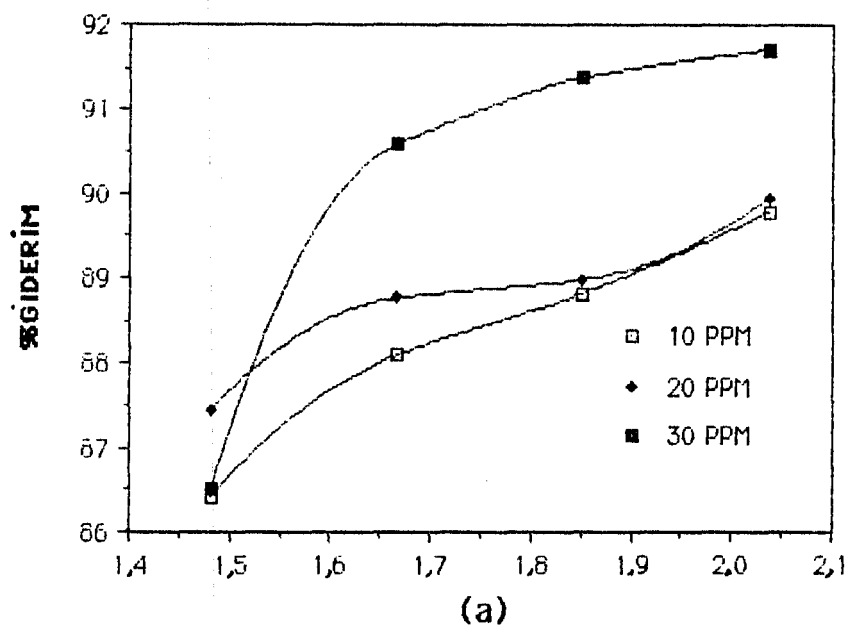
Çizelge 6. 4 Congo Red'in 20 mg / lt derişimin ve $3,12 \times 10^4 \text{ m}^3 / \text{h}$ çözelti akış hızındaki, pH ve NaCl derişiminin gideri olan etkisinin deneysel sonuçları

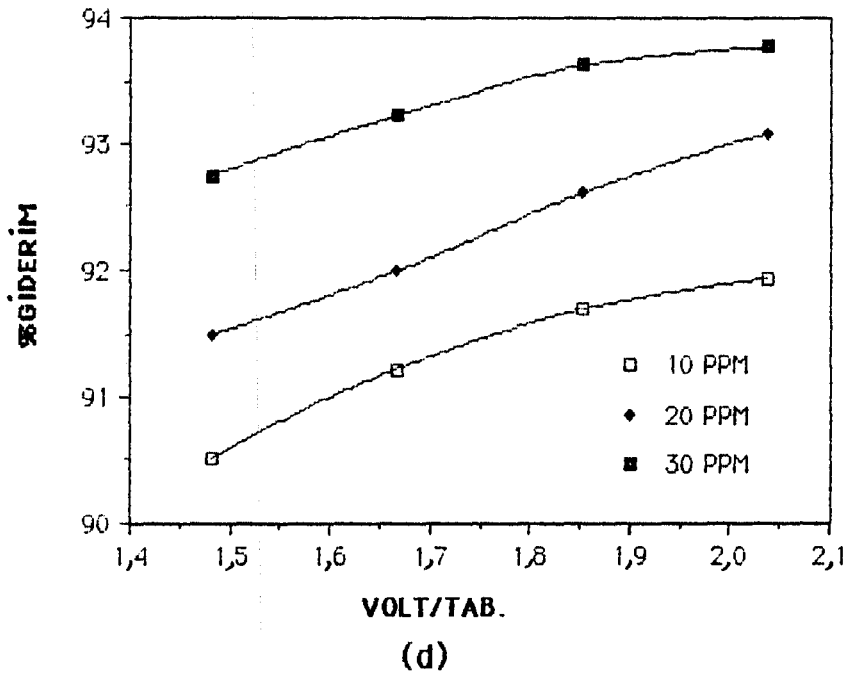
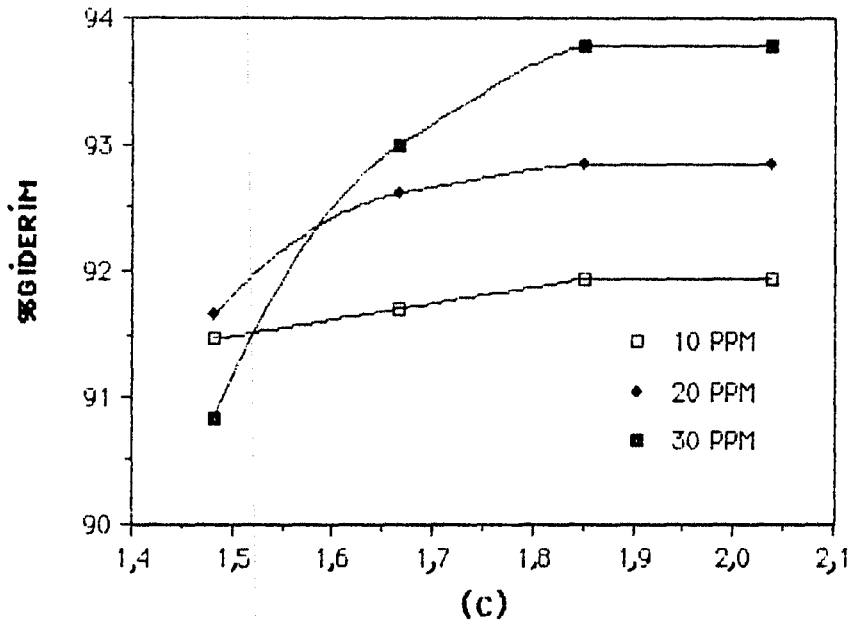
	Gerilim (V)	Ger. / Tab. (V)	Akım 3 (A) 10^3	Akım Şiddeti (A / m^2)	Son Derişim (mg l)	% Giderim	Hac. Zam. Ver. ($\text{kg} / \text{m}^3 \text{ h}$)	Enerji Tük. (K.W h / g)
pH 10,2	40	1,4815	6,5	9,581	10,500	47,50	0,0617	0,0877
	45	1,6667	7,5	11,055	4,815	75,93	0,0986	0,0712
	50	1,8518	8,0	11,792	4,623	76,89	0,0998	0,0834
	55	2,0370	9,0	13,267	4,527	77,37	0,1004	0,1025
pH 5,2	40	1,4815	6,5	9,581	3,711	81,45	0,1057	0,0512
	45	1,6667	7,5	11,055	2,583	87,09	0,1131	0,0621
	50	1,8518	8,0	11,792	2,295	88,525	0,1149	0,0724
	55	2,0370	9,5	14,004	2,247	88,770	0,1153	0,0943
0,1 M NaCl	40	1,4815	1,0	1,474	17,501	12,50	0,0162	0,0513
	45	1,6667	1,0	1,474	17,201	14,00	0,0181	0,0513
	50	1,8518	1,5	2,211	16,845	15,78	0,0205	0,0762
	55	2,0370	1,5	2,211	16,641	16,80	0,0218	0,0787
Na Cl' siz	40	1,4815	-	-	19,287	3,57	-	-
	45	1,6667	-	-	19,287	3,57	-	-
	50	1,8518	-	-	19,287	3,57	-	-
	55	2,0370	-	-	19,287	3,57	-	-



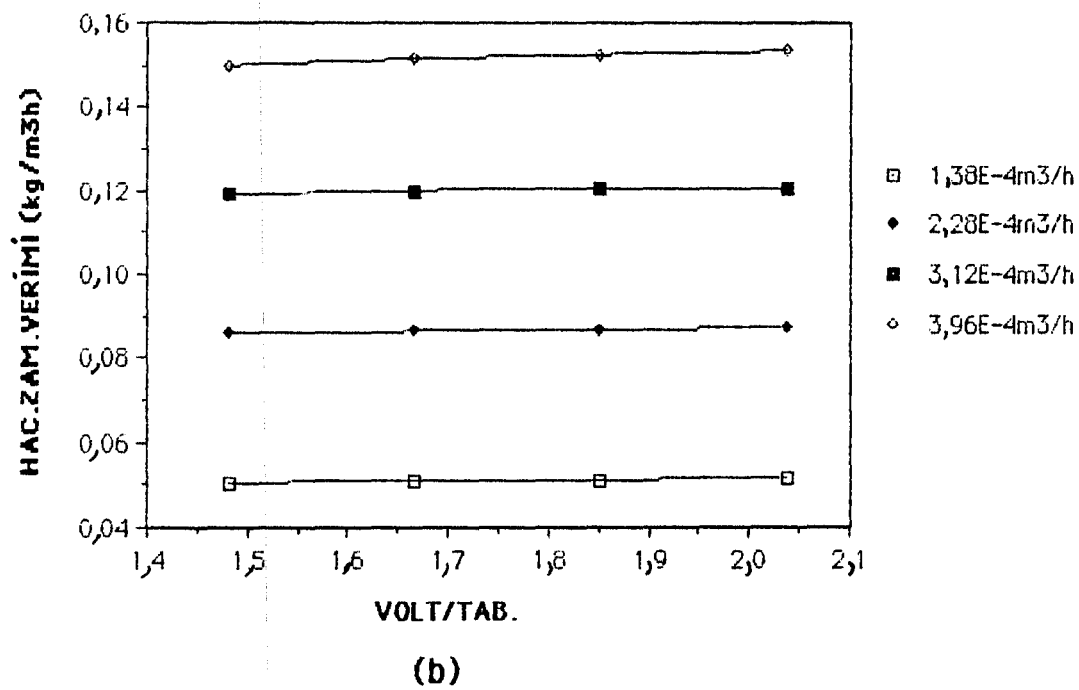
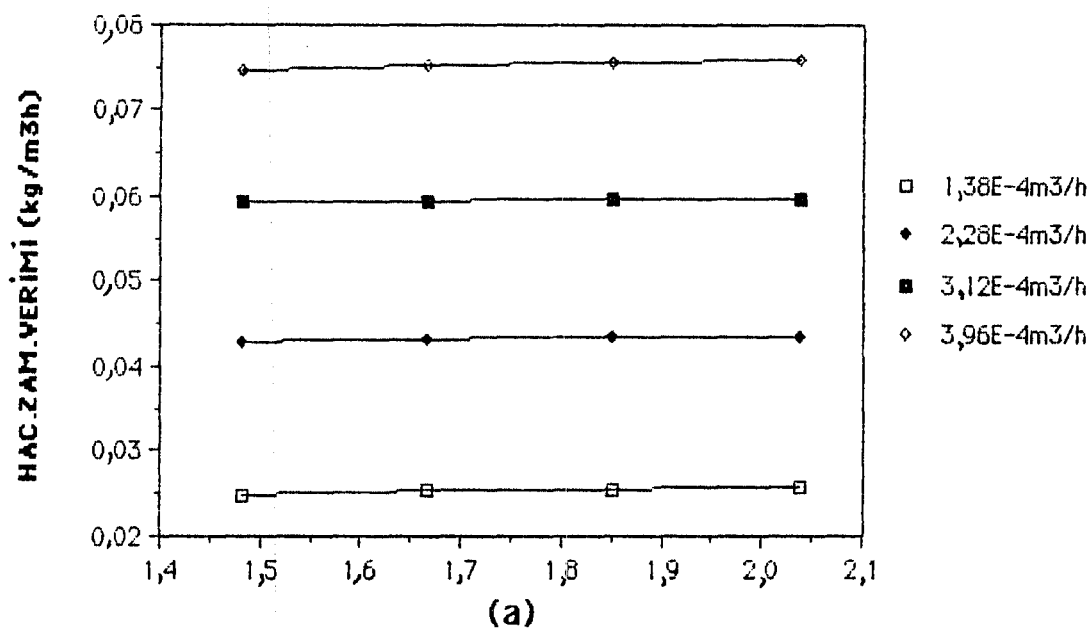


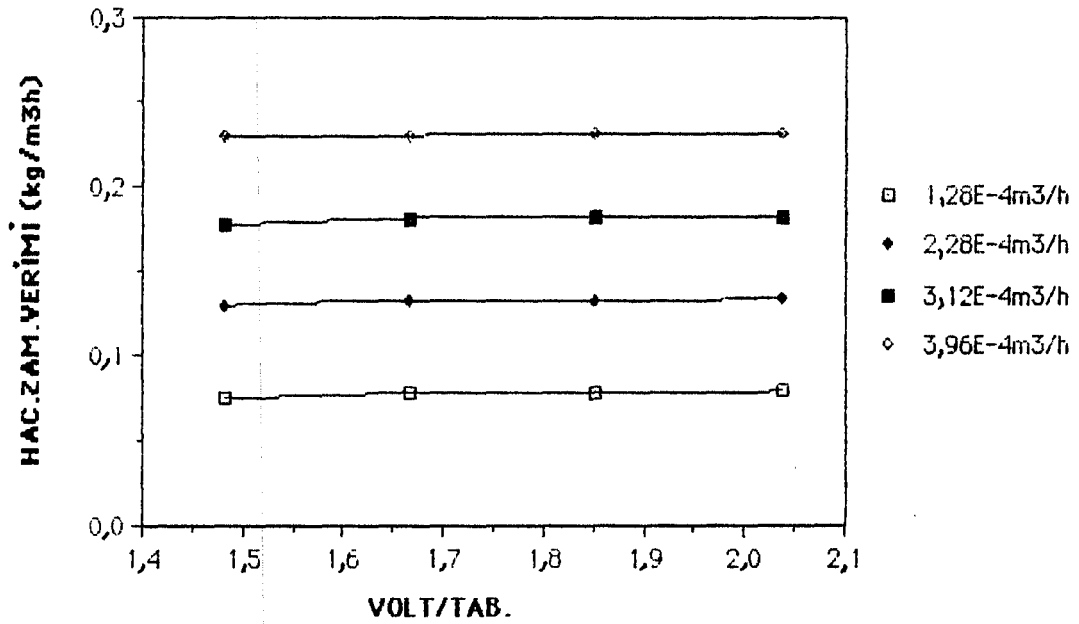
Şekil 6.3 Congo red için farklı akış hızlarında, uygulanan gerilim ile % giderimin değişimi, (a) 10 mg/l, (b) 20 mg/l, (c) 30 mg/l derişimlerinde.





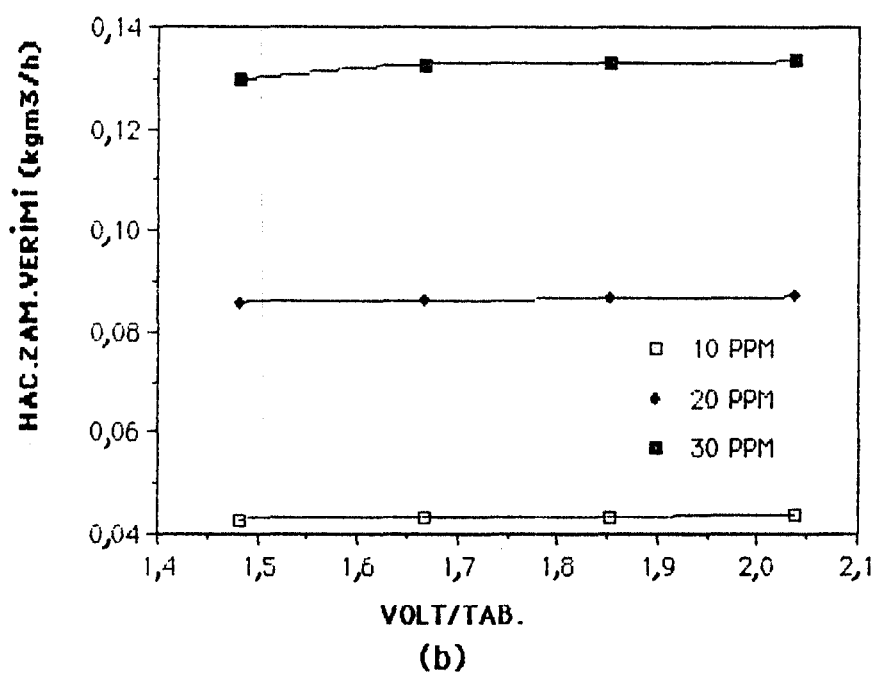
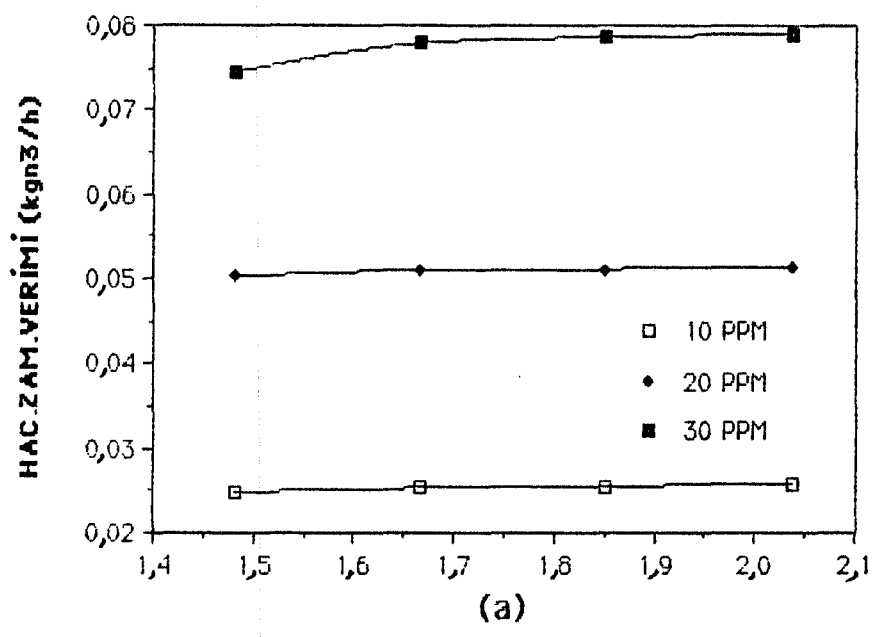
Şekil 6.4 Congo red için farklı derişimlerde, uygulanan gerilim ile % giderimin değişimi, (a) $1,38 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{h}$, (b) $2,28 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{h}$, (c) $3,12 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{h}$, (d) $3,96 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{h}$ akış hızlarında.

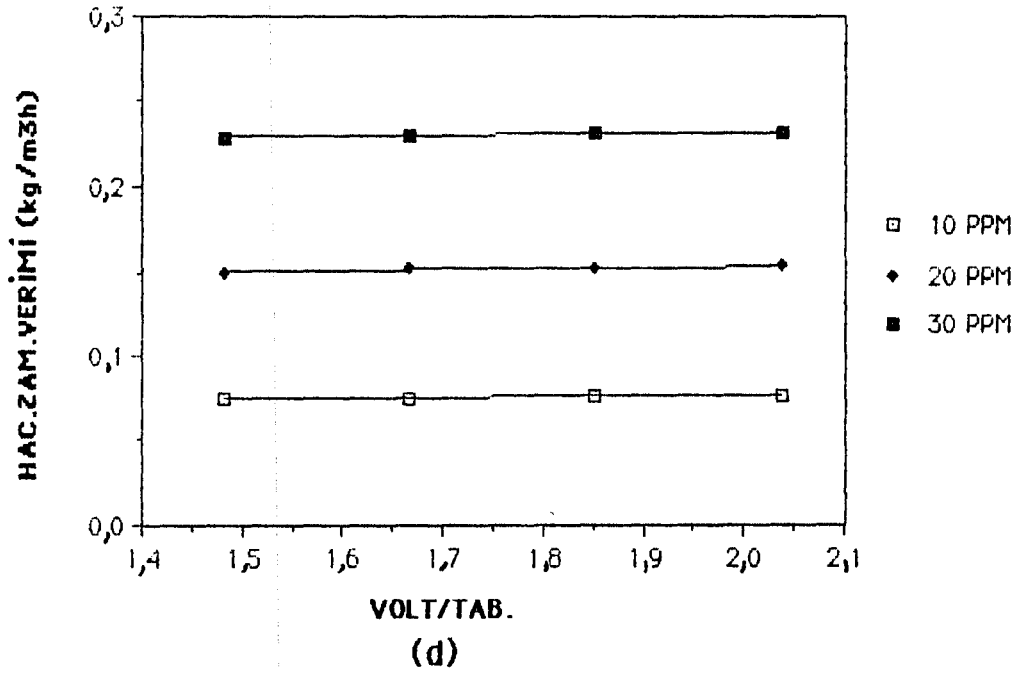
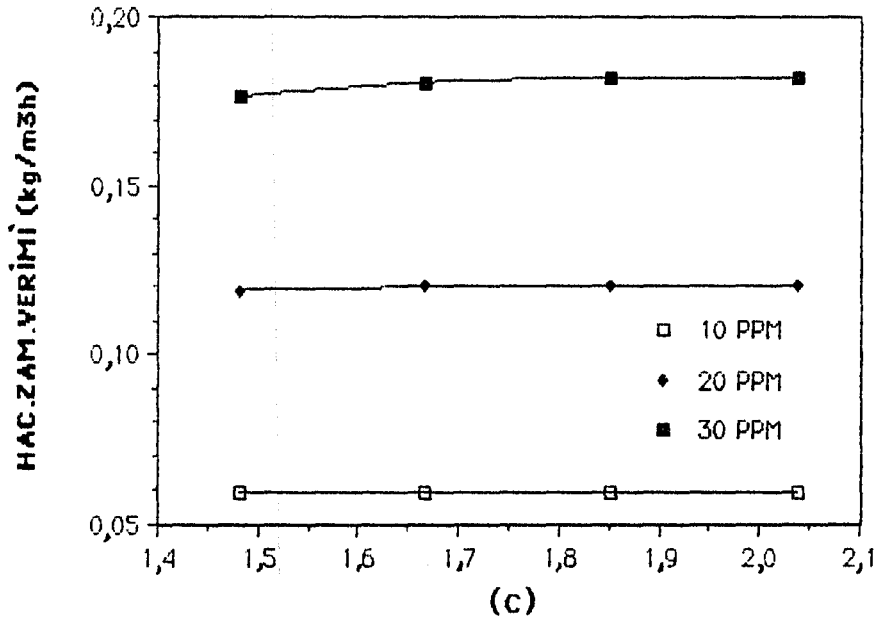




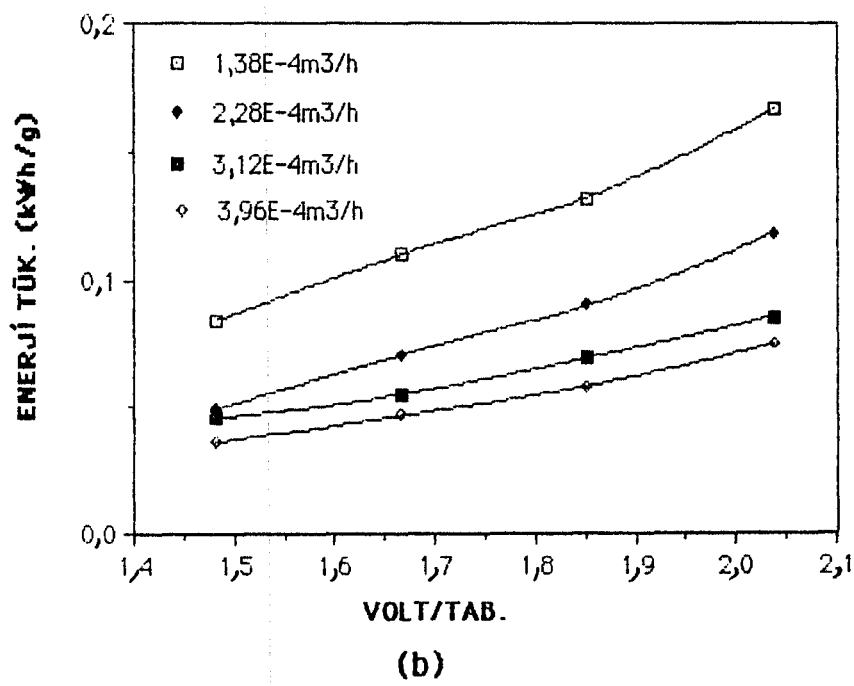
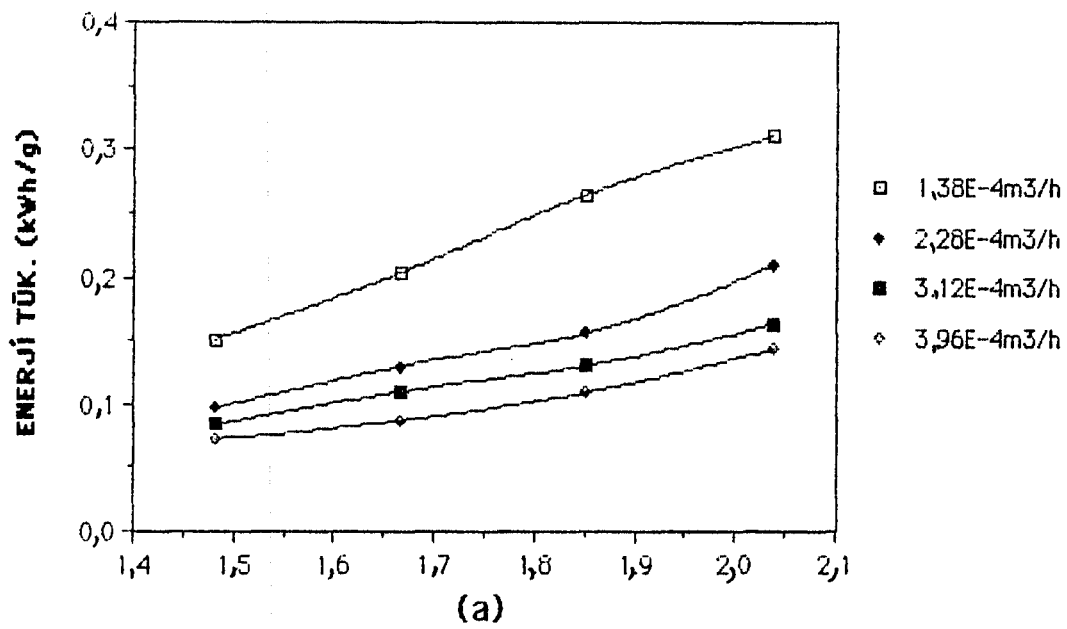
(c)

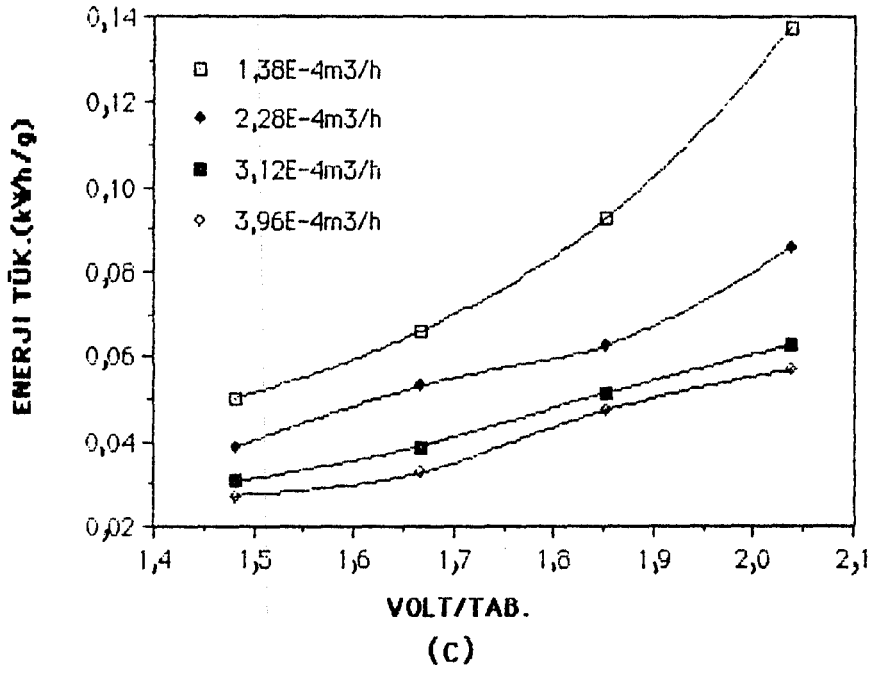
Şekil 6.5 Congo red için farklı akış hızlarında, uygulanan gerilim ile hacim-zaman veriminin değişimi, (a) 10 mg/l, (b) 20 mg/l, (c) 30 mg/l derişimlerinde.



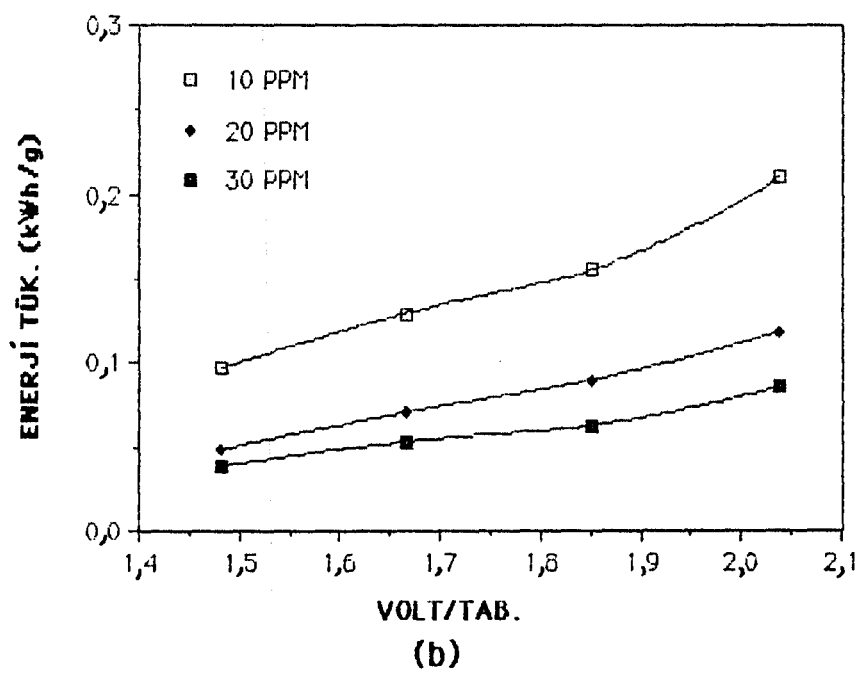
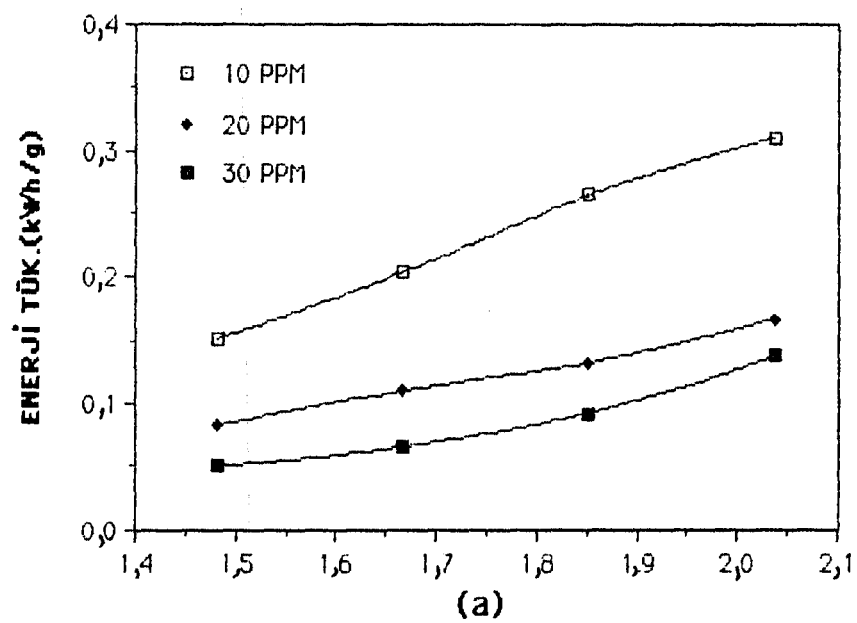


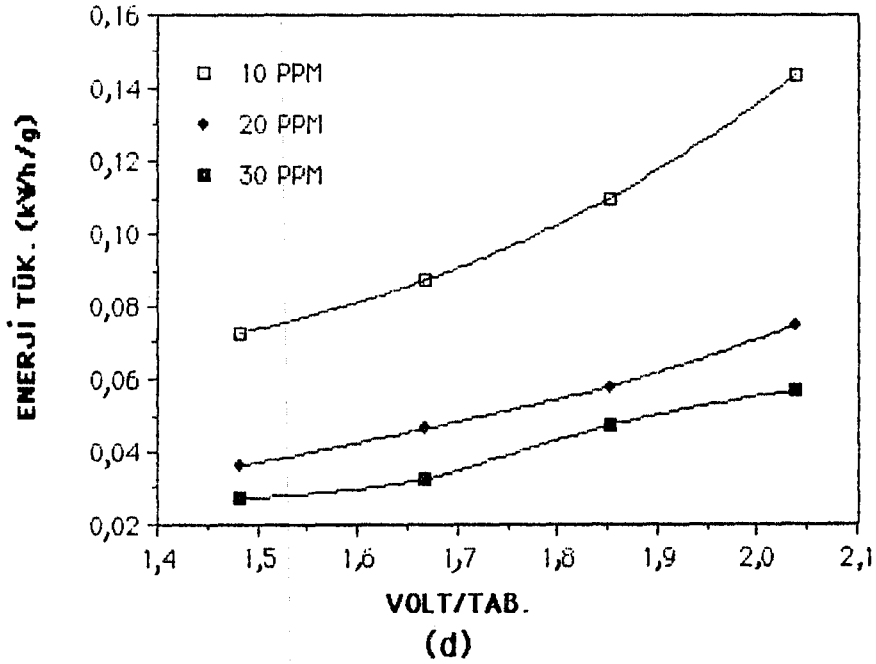
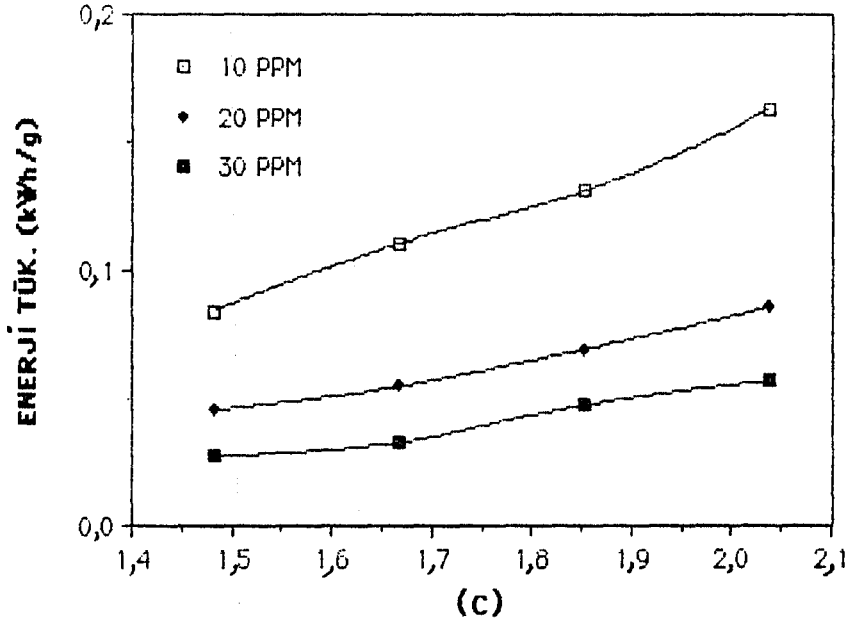
Şekil 6.6 Congo red için farklı derisimlerde , uygulanan gerilim ile hacim-zaman veriminin değişimi, (a) $1,38 \cdot 10^{-4}$ m^3/h , (b) $2,28 \cdot 10^{-4}$ m^3/h , (c) $3,12 \cdot 10^{-4}$ m^3/h , (d) $3,96 \cdot 10^{-4}$ m^3/h akış hızlarında.



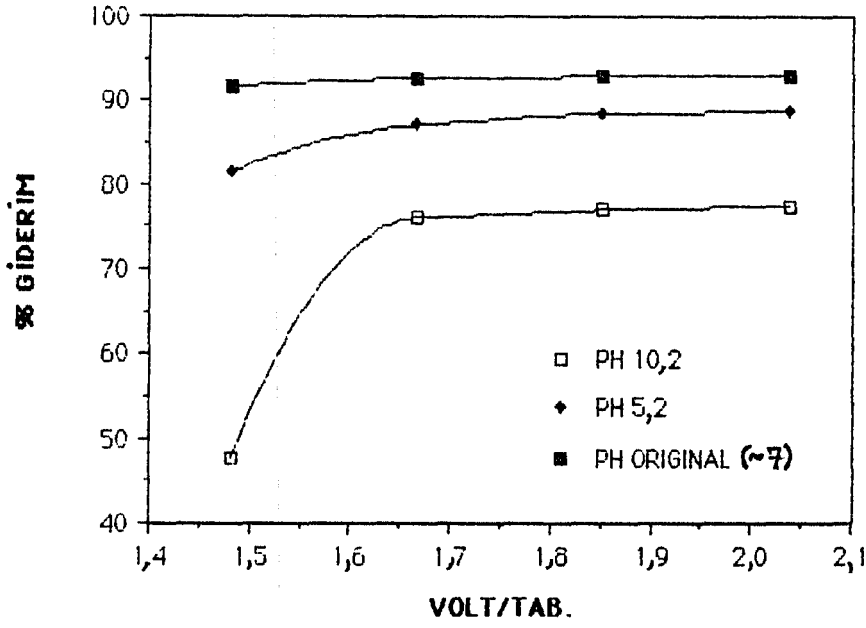


Şekil 6.7 Congo red için farklı akış hızlarında, uygulanan gerilim ile enerji tüketiminin değişimi, (a) 10 mg/l, (b) 20 mg/l, (c) 30 mg/l derişimlerinde.

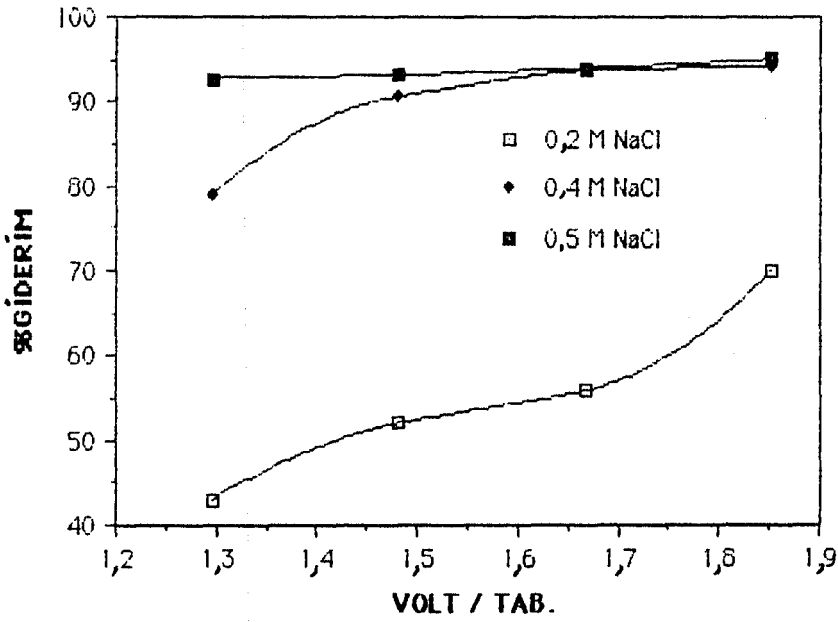




Şekil 6.8 Congo red için farklı derişimlerde , uygulanan gerilim ile enerji tüketiminin değişimi, (a) $1,38 \cdot 10^4 \text{ m}^3/\text{h}$, (b) $2,28 \cdot 10^4 \text{ m}^3/\text{h}$, (c) $3,12 \cdot 10^4 \text{ m}^3/\text{h}$, (d) $3,96 \cdot 10^4 \text{ m}^3/\text{h}$ akış hızlarında.



Şekil 6.9 Congo red için farklı pH larda, uygulanan gerilim ile % giderimin değişimi



Şekil 6.10 Congo red için farklı NaCl derişimlerinde, uygulanan gerilim ile %giderimin değişimi.

6.2.2. Ostazin rot H3B ile yapılan deneysel çalışmalar ve sonuçları

Ostazin rot H3B'nin 20,30 ve 40 mg/l derişimlerinde hazırlanan 0,5 M NaCl içeren sulu çözeltileri ile çalışılmıştır. Bu çalışmalarda çözelti akış hızı ve uygulanan gerilim parametre olarak incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar Çizelge 6.5, 6.6 ve 6.7 de verilmiştir. 20 mg/l derişim ve $1,38 \times 10^{-4}$ m³/h çözelti akış hızında, NaCl miktarı değiştirilerek giderime olan etkileri araştırılmış, sonuçlar Çizelge 6.8 de verilmiştir. Uygulanan gerilim ile % giderimin değişimi Şekil 6.11, 6.12 de, hacim-zaman veriminin değişimi Şekil 6.13, 6.14 de, enerji tüketiminin değişimi ise Şekil 6.15, 6.16 da gösterilmiştir. Ayrıca uygulanan gerilim ile % giderimin değişimine NaCl'nın etkisi Şekil 6.17 de verilmiştir.

Çizelge 6. 5 Ostazin rot H3B'nin 20 mg / lt derişimindeki deneysel sonuçları

	Gerilim (V)	Ger. / Tab. (V)	Akım ³ (A) 10 ³	Akım Şiddeti (A / m ²)	Son Derişim (mg l)	% Giderim	Hac. Zam. Ver. (kg / m ³ h)	Enerji Tük. (K.W h / g)
1,38 x 10 ⁻⁴ m ³ / h Çöz. Ak. Hız.	30	1,2963	4,5	6,633	1,441	92,80	0,0533	0,0615
	40	1,4815	5,5	8,107	1,338	93,31	0,0536	0,0854
	45	1,6667	6,0	9,581	1,185	94,08	0,0540	0,1127
	50	1,8518	7,0	9,691	0,979	95,11	0,0546	0,1333
2,28 x 10 ⁻⁴ m ³ / h Çöz. Ak. Hız.	30	1,2963	5,0	7,370	1,492	92,54	0,0878	0,0415
	40	1,4815	6,0	8,844	0,672	96,64	0,0917	0,0545
	45	1,6667	7,0	10,318	0,621	96,90	0,0919	0,0713
	50	1,8518	8,0	11,792	0,518	97,41	0,0924	0,0901
3,12 x 10 ⁻⁴ m ³ / h Çöz. Ak. Hız.	30	1,2963	5,5	8,107	1,236	93,82	0,1218	0,0329
	40	1,4815	6,5	9,581	0,621	96,90	0,1258	0,0430
	45	1,6667	7,0	10,318	0,569	97,16	0,1261	0,5120
	50	1,8518	8,5	12,529	0,518	97,41	0,1265	0,0700
3,96 x 10 ⁻⁴ m ³ / h Çöz. Ak. Hız.	30	1,2963	5,5	8,107	1,338	93,31	0,1538	0,0260
	40	1,4815	6,5	9,581	0,621	96,90	0,1597	0,0339
	45	1,6667	7,0	10,318	0,569	97,16	0,1601	0,0410
	50	1,8518	8,5	12,529	0,518	97,41	0,1605	0,0551

Çizelge 6. 6 Ostazin rot H3B'nin 30 mg / lt derişimindeki deneysel sonuçları

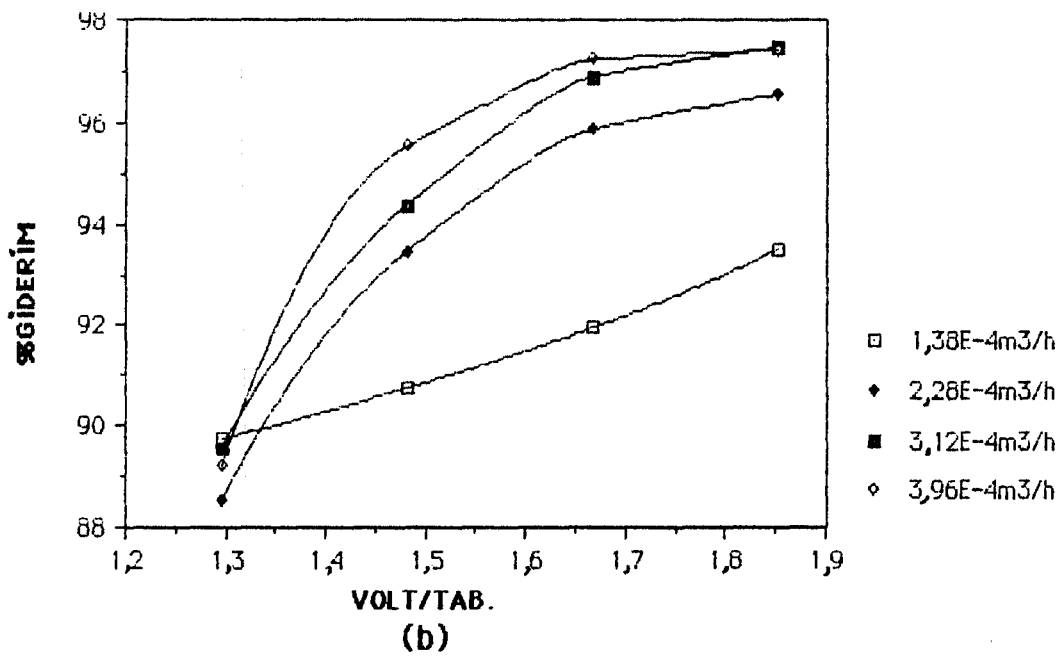
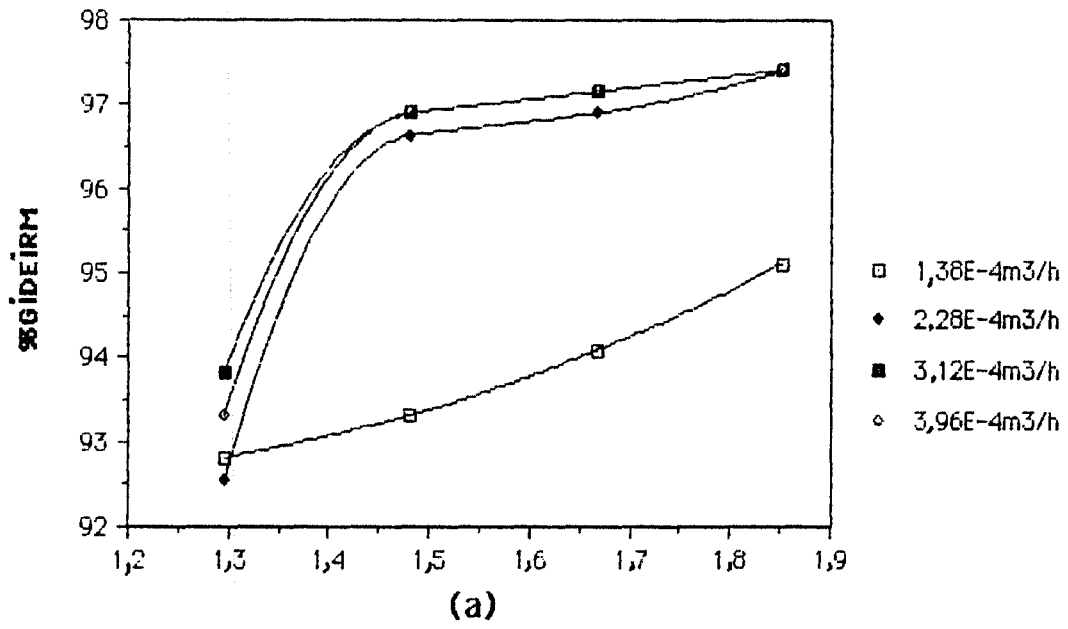
	Gerilim (V)	Ger. / Tab. (V)	Akım ³ (A) 10 ³	Akım Şiddeti (A / m ²)	Son Derişim (mg l)	% Giderim	Hac. Zam. Ver. (kg / m ³ h)	Enerji Tük. (K.W h / g)
1,38 x 10 ⁻⁴ m ³ / h Çöz. Ak. Hız.	30	1,2963	4,5	6,633	3,082	89,73	0,0773	0,0424
	40	1,4815	5,5	8,107	2,774	90,75	0,0782	0,0585
	45	1,6667	6,5	9,581	2,415	91,95	0,0792	0,0768
	50	1,8518	7,5	11,055	1,954	93,49	0,0805	0,0978
2,28 x 10 ⁻⁴ m ³ / h Çöz. Ak. Hız.	30	1,2963	5,0	7,370	3,441	88,53	0,1260	0,0289
	40	1,4815	6,5	9,581	1,954	93,47	0,1331	0,0407
	45	1,6667	7,0	10,318	1,236	95,88 96,56	0,1365	0,0480
	50	1,8518	8,0	11,792	1,031		0,1374	0,0606
3,12 x 10 ⁻⁴ m ³ / h Çöz. Ak. Hız.	30	1,2963	5,0	7,370	3,133	89,56	0,1744	0,0209
	40	1,4815	6,5	9,581	1,690	94,37	0,1838	0,0294
	45	1,6667	7,0	10,318	0,928	96,91	0,1887	0,0347
	50	1,8518	8,0	11,792	0,774	97,47	0,1900	0,0439
3,96 x 10 ⁻⁴ m ³ / h Çöz. Ak. Hız.	30	1,2963	5,5	8,102	3,236	89,21	0,2205	0,0182
	40	1,4815	6,5	9,581	1,338	95,54	0,2362	0,0229
	45	1,6667	7,5	11,055	0,826	97,24	0,2403	0,0292
	50	1,8518	8,5	12,529	0,774	97,42	0,2408	0,0367

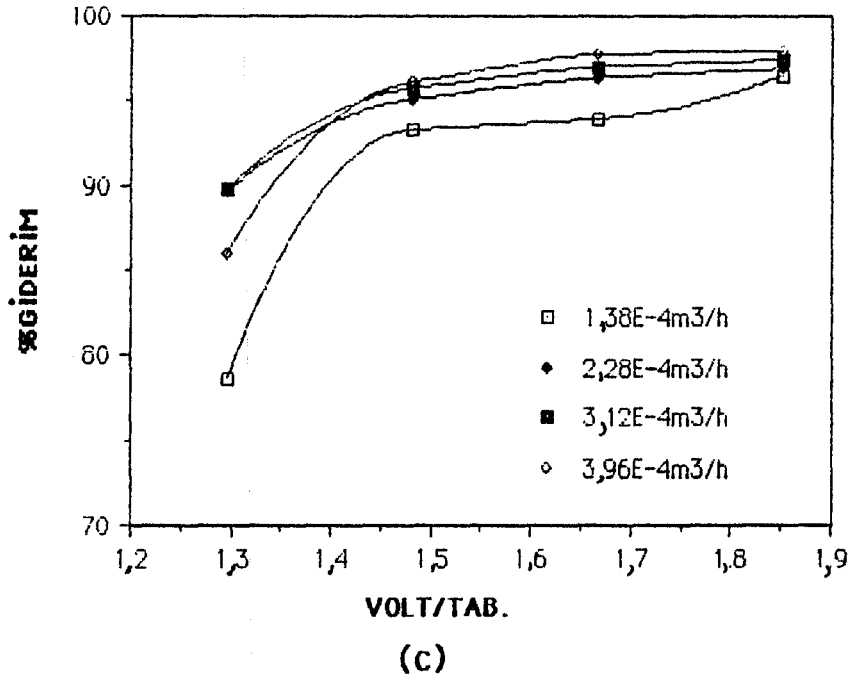
Çizelge 6. 7 Ostazin rot H3B'nin 40 mg / lt derişimindeki deneysel sonuçları

	Gerilim (V)	Ger. / Tab. (V)	Akım ³ (A) 10 ³	Akım Şiddeti (A / m ²)	Son Derişim (mg l)	% Giderim	Hac.Zam. Ver. (kg / m ³ h)	Enerji Tük. (K.W h / g)
1,38 x 10 ⁻⁴ m ³ / h Çöz. Ak. Hiz.	30	1,2963	5,0	7,370	8,570	78,58	0,0902	0,0403
	40	1,4815	6,0	8,844	2,774	93,30	0,1069	0,0467
	45	1,6667	6,5	9,581	2,419	93,95	0,1080	0,0563
	50	1,8518	7,5	11,055	1,390	96,53	0,1109	0,0704
2,28 x 10 ⁻⁴ m ³ / h Çöz. Ak. Hiz.	30	1,2963	5,5	8,107	4,159	89,60	0,1700	0,0236
	40	1,4815	6,5	9,581	1,954	95,12	0,1805	0,0300
	45	1,6667	7,0	10,318	1,441	96,40	0,1830	0,0358
	50	1,8518	8,5	12,529	1,236	96,91	0,1839	0,0481
3,12 x 10 ⁻⁴ m ³ / h Çöz. Ak. Hiz.	30	1,2963	5,5	8,107	4,108	89,73	0,2330	0,0172
	40	1,4815	6,5	9,581	1,697	95,76	0,2487	0,0218
	45	1,6667	7,5	11,055	1,185	97,04	0,2520	0,0279
	50	1,8518	8,5	12,529	1,031	97,42	0,2530	0,0350
3,96 x 10 ⁻⁴ m ³ / h Çöz. Ak. Hiz.	30	1,2963	5,5	8,107	5,595	86,01	0,2835	0,0141
	40	1,4815	7,0	10,318	1,544	96,14	0,3169	0,0184
	45	1,6667	8,0	11,792	0,877	97,80	0,3224	0,0232
	50	1,8518	9,0	13,267	0,826	97,93	0,3228	0,0290

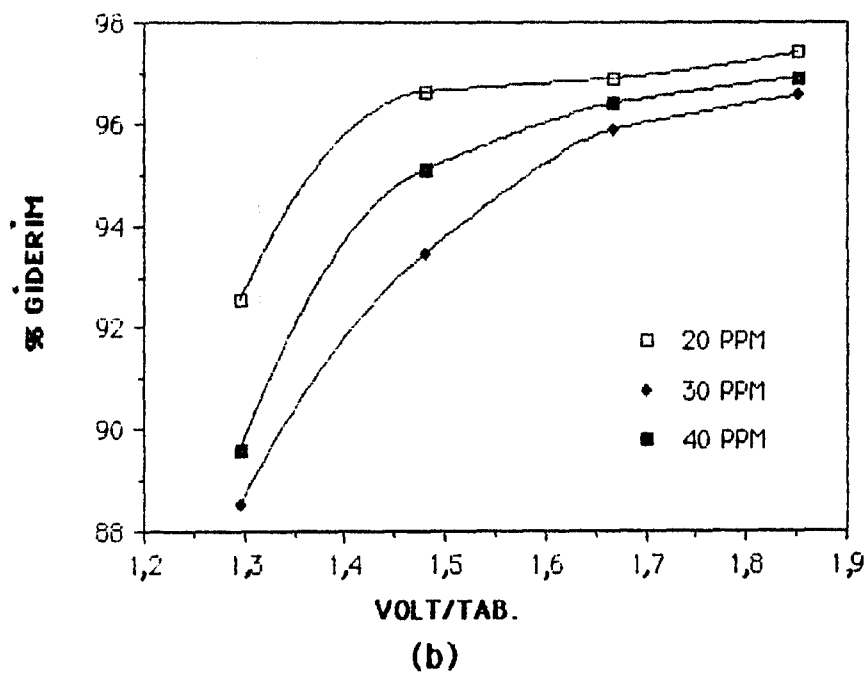
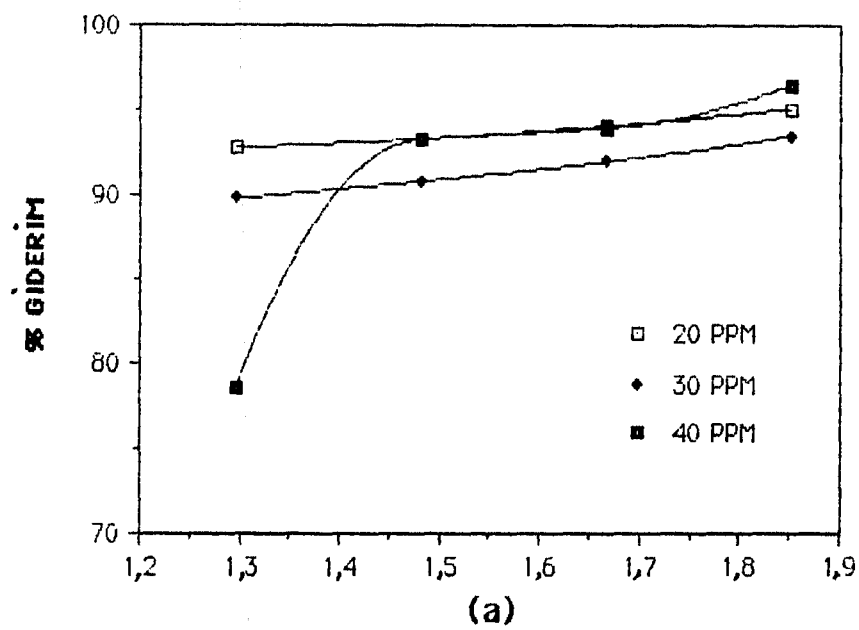
Çizelge 6. 8 Ostazin rot H3B'nin 20 mg / lt derişimin ve $1,38 \times 10^{-4} \text{ m}^3 / \text{h}$ çözelti akış hızındaki, NaCl derişiminin gideri olan etkisinin deneysel sonuçları

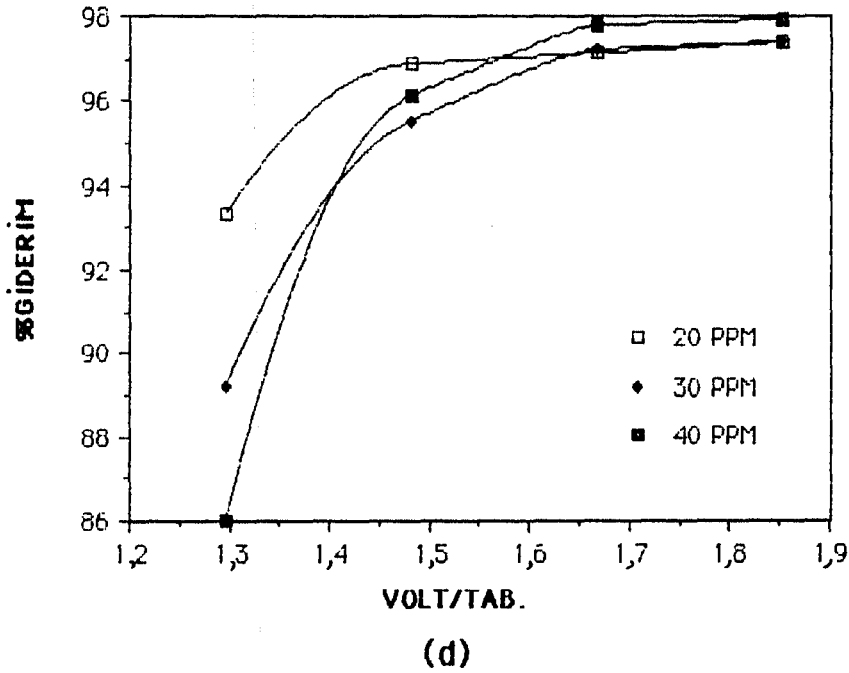
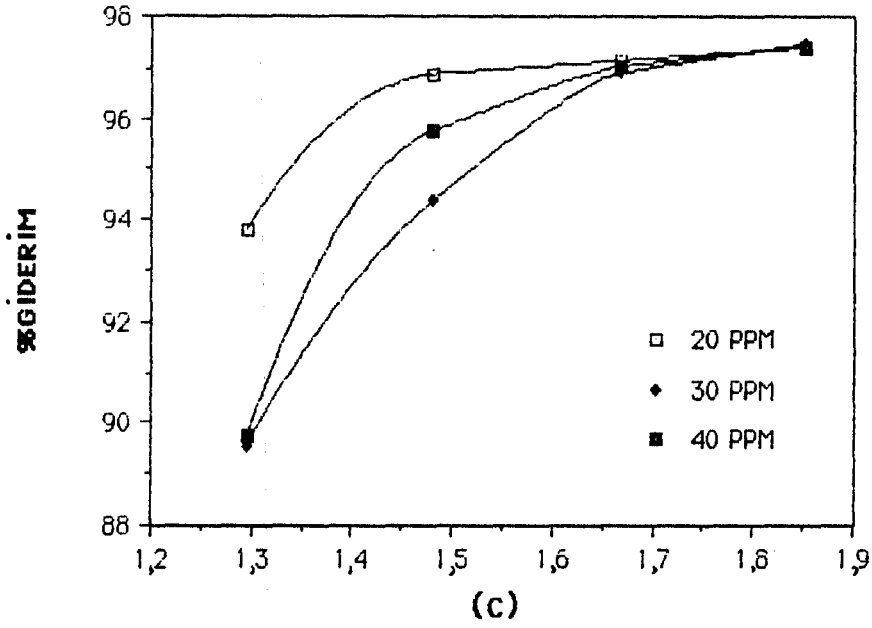
	Gerilim (V)	Ger. / Tab. (V)	Akım 3 (A) 10^3	Akım Şiddeti (A / m^2)	Son Derişim (mg l)	% Giderim	Hac. Zam. Ver. ($\text{kg} / \text{m}^3 \text{ h}$)	Enerji Tük. (K.W h / g)
0,2 M NaCl	3,5	1,2963	2,5	3,685	4,210	11,384	0,0247	0,0736
	4,0	1,4815	3,0	4,422	1,851	9,560	0,0300	0,0833
	4,5	1,6667	3,5	5,160	1,234	8,826	0,0321	0,1021
	5,0	1,8518	4,0	5,896	1,133	6,000	0,0402	0,1035
0,4 M NaCl	3,5	1,2963	3,0	4,422	4,210	78,99	0,0453	0,0482
	4,0	1,4815	3,5	5,160	1,851	90,74	0,0521	0,0560
	4,5	1,6667	4,0	5,896	1,234	93,83	0,0539	0,0670
	5,0	1,8518	5,0	7,370	1,133	94,34	0,0542	0,9960



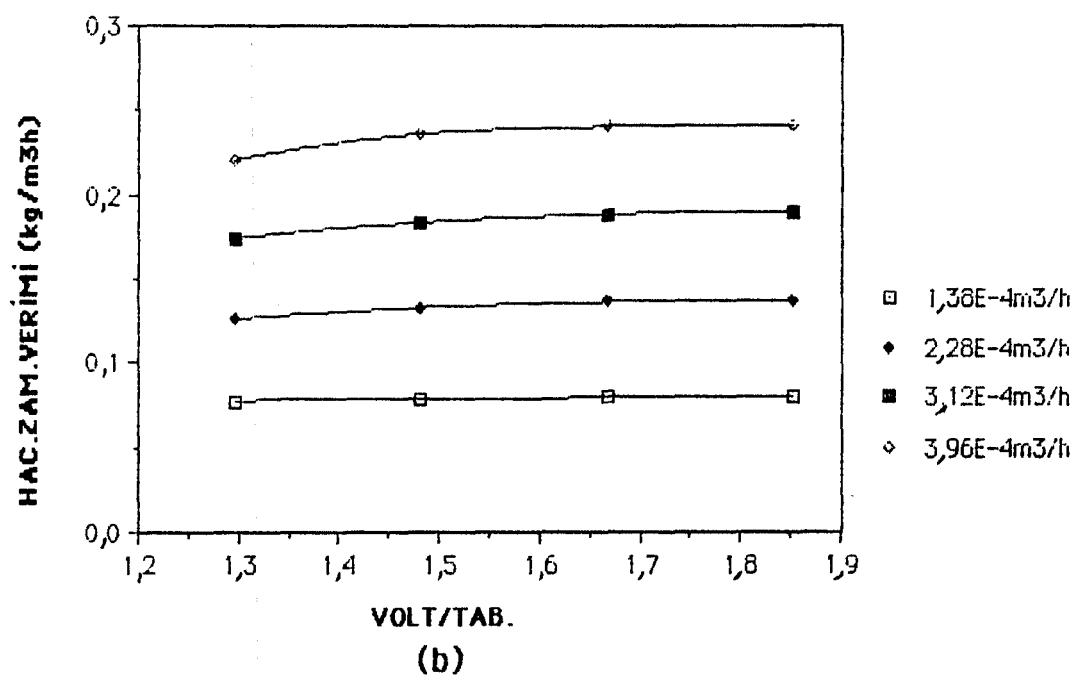
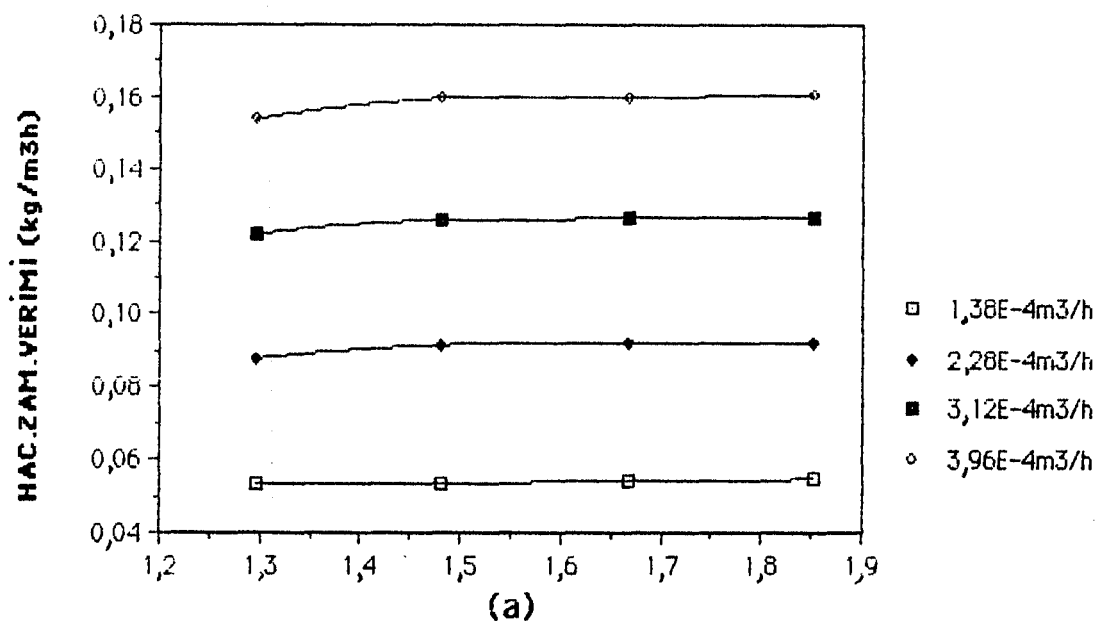


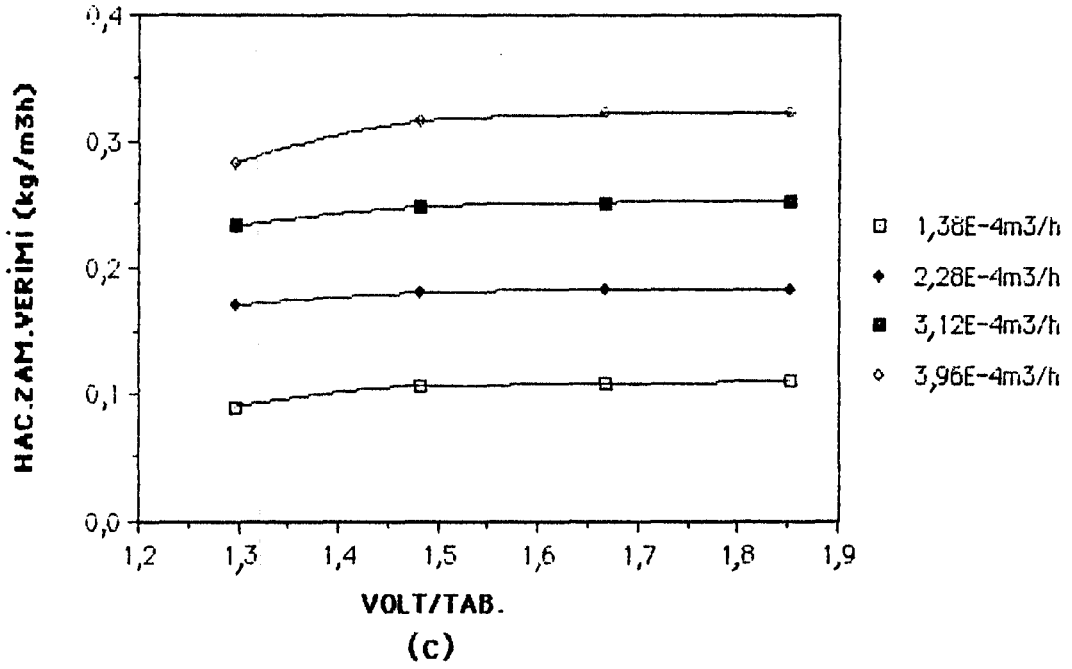
Şekil 6.11 Ostazin rot H3B için farklı akış hızlarında, uygulanan gerilim ile % giderimin değişimi, (a) 20 mg/l, (b) 30 mg/l, (c) 40 mg/l derişimlerinde.



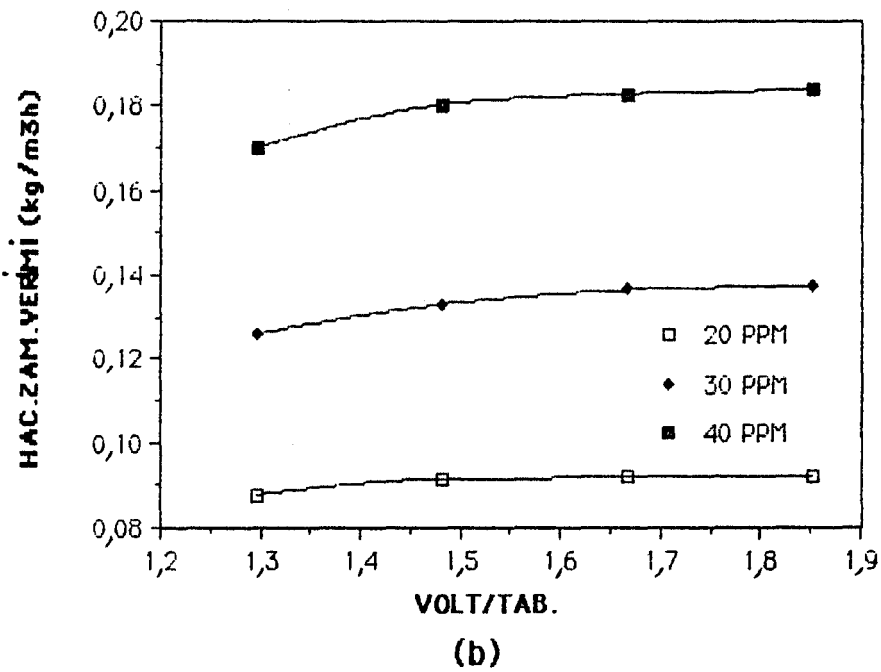
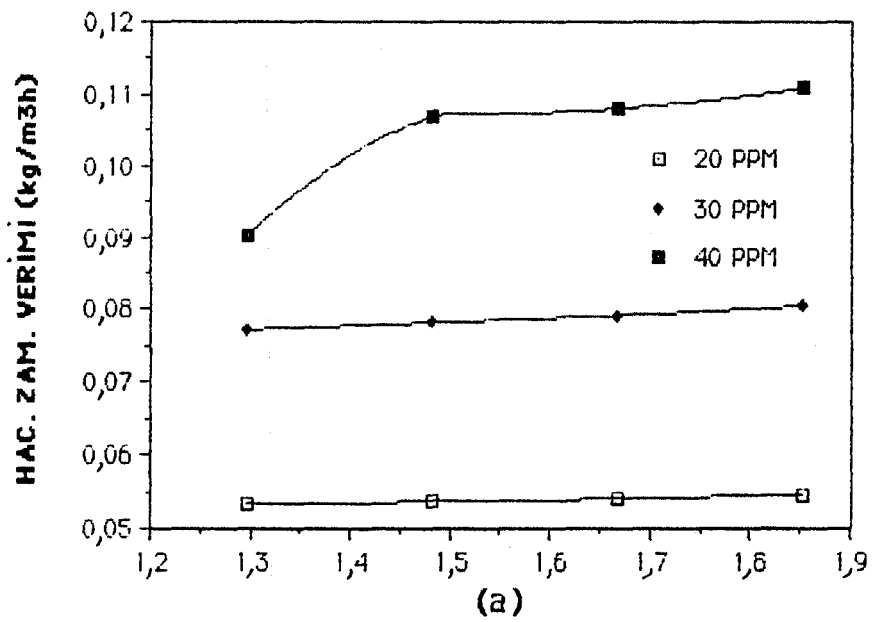


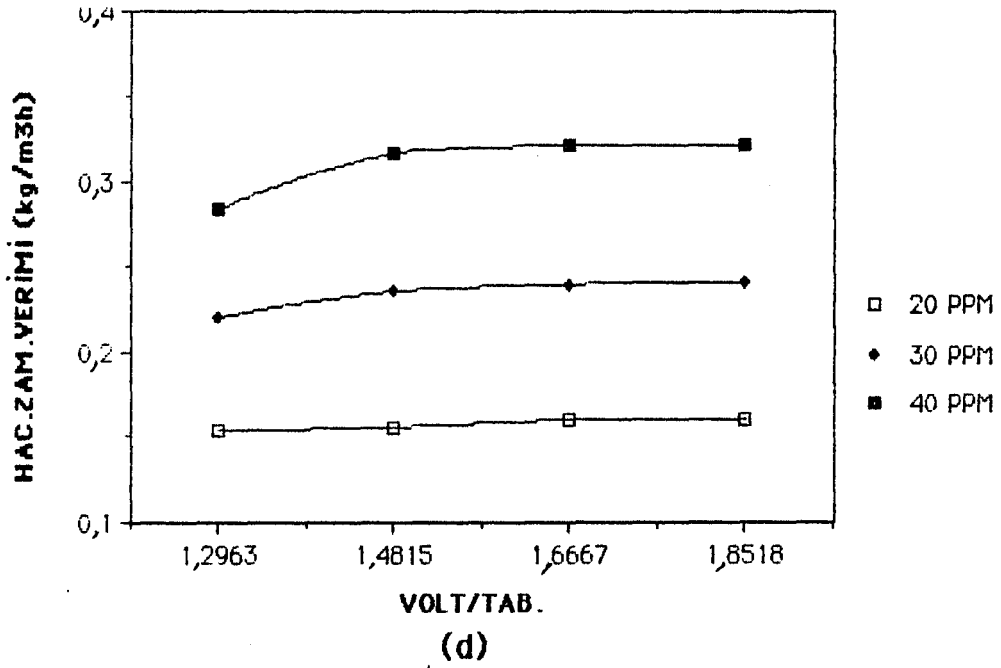
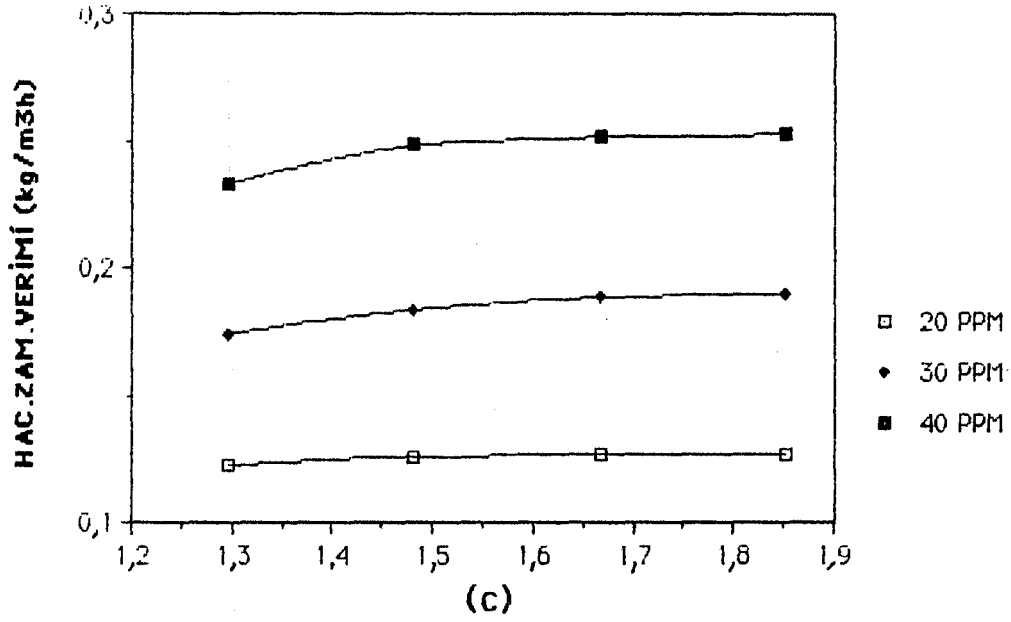
Şekil 6.12 Ostazin rot H3B için farklı derişimlerde, uygulanan gerilim ile % giderimin değişimi, (a) $1,38 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{h}$, (b) $2,28 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{h}$, (c) $3,12 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{h}$, (d) $3,96 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{h}$ akış hızlarında.



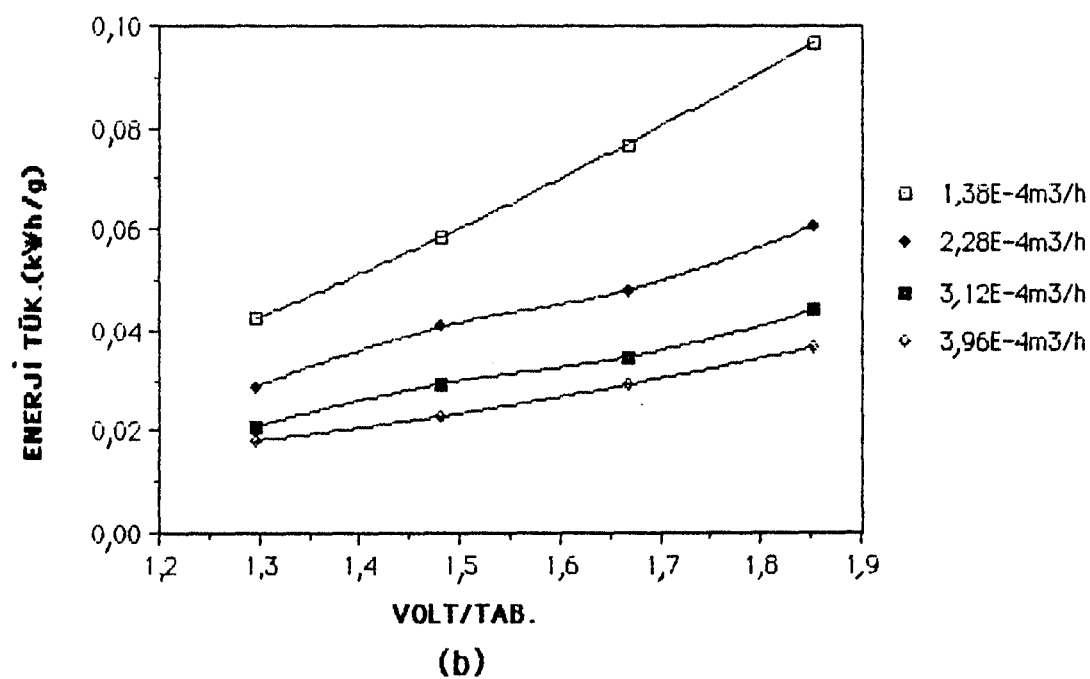
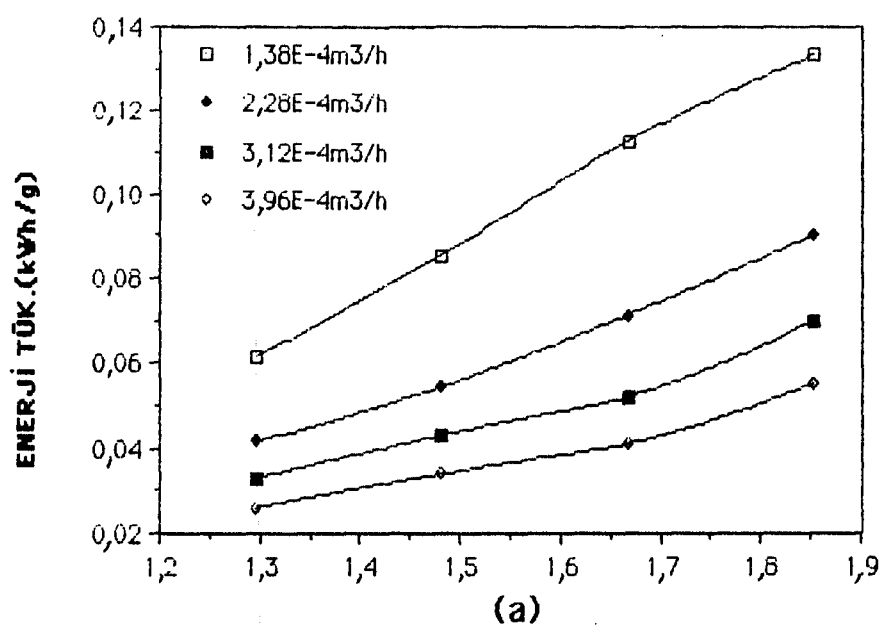


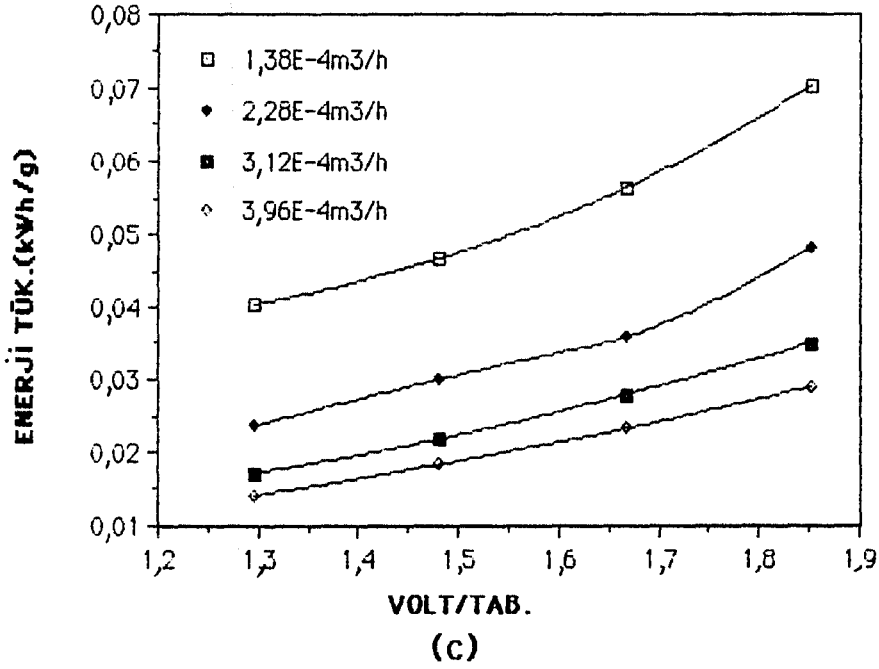
Şekil 6.13 Ostazin rot H3B için farklı akış hızlarında, uygulanan gerilim ile hacim-zaman veriminin değişimi (a) 20 mg/l, (b) 30 mg/l, (c) 40 mg/l derişimlerinde.



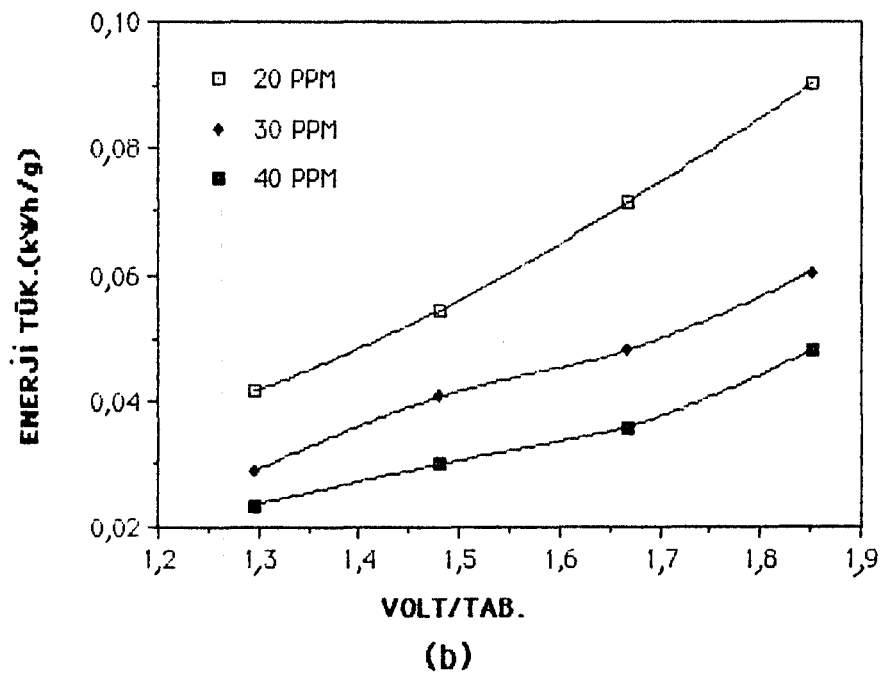
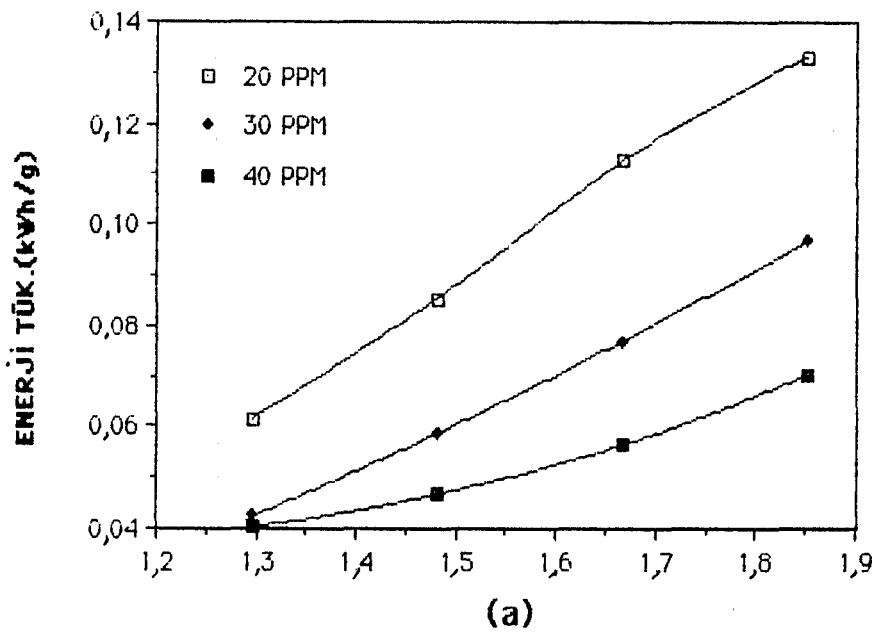


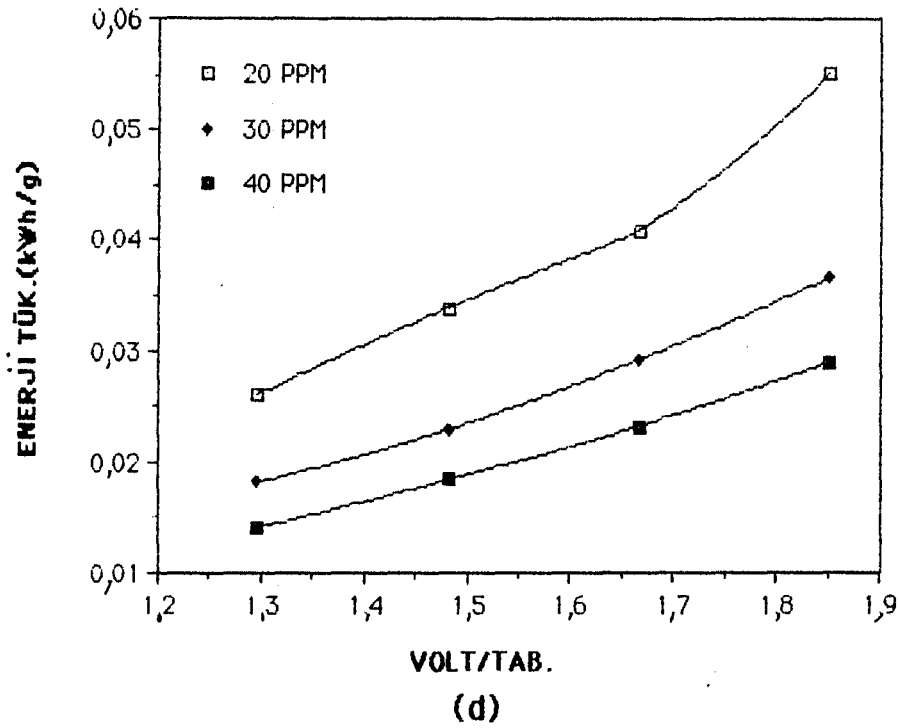
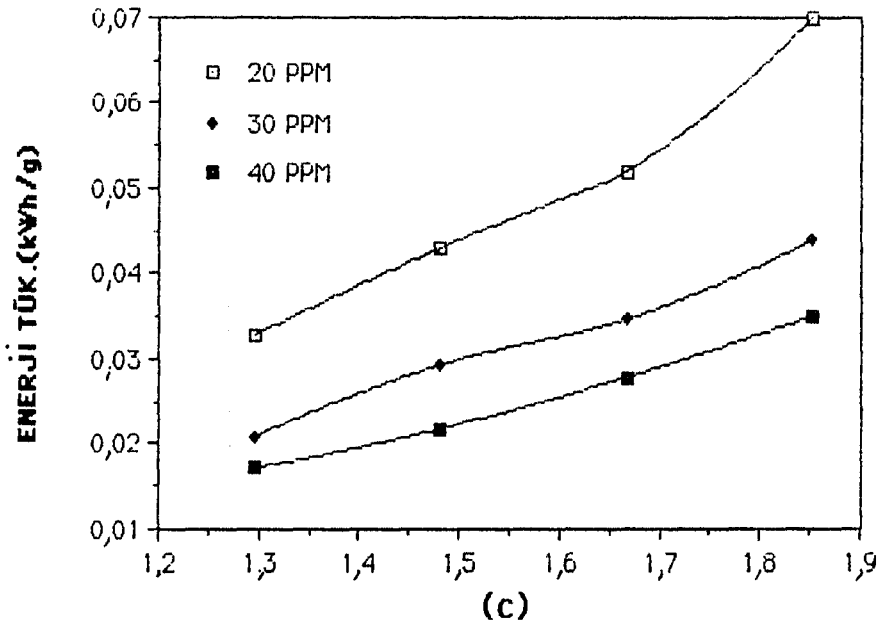
Şekil 6.14 Ostazin rot H3B için farklı derişimlerde, uygulanan gerilim ile hacim-zaman veriminin değişimi (a) $1,38 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{h}$, (b) $2,28 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{h}$, (c) $3,12 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{h}$, (d) $3,96 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{h}$ akış hızlarında.



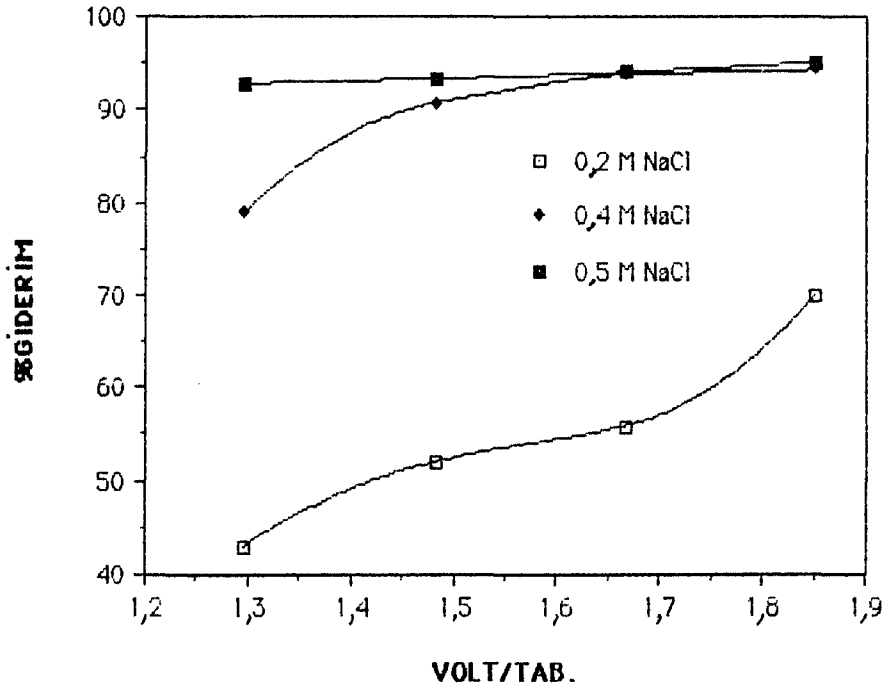


Şekil 6.15 Ostazin rot H3B için farklı akış hızlarında, uygulanan gerilim ile enerji tüketiminin değişimi (a) 20 mg/l, (b) 30 mg/l, (c) 40 mg/l derişimlerinde.





Şekil 6.16 Ostazin rot H3B için farklı derişimlerde, uygulanan gerilim ile enerji tüketiminin değişimi (a) $1,38 \cdot 10^{-4}$ m³/h, (b) $2,28 \cdot 10^{-4}$ m³/h, (c) $3,12 \cdot 10^{-4}$ m³/h, (d) $3,96 \cdot 10^{-4}$ m³/h akış hızlarında.



Şekil 6.17 Ostazin rot H3B için farklı NaCl derişimlerinde, uygulanan gerilim ile % giderimin değişimi.

6.2.3. Xiron blau 2RHD ile yapılan deneysel çalışmalar ve sonuçları

Xiron blau 2RHD'nin 20,30 ve 40 mg/l derişimlerinde hazırlanan 0,5 M NaCl içeren sulu çözeltileri ile çalışılmıştır. Bu çalışmalarda çözelti akış hızı ve uygulanan gerilim parametre olarak incelenmiştir. Orjinal pH 5.5 de elde edilen sonuçlar Çizelge 6.9, 6.10, 6.11 de verilmiştir. 20 mg/l derişim, $2,28 \times 10^{-4}$ m³/h çözelti akış hızı ve 0,5 M NaCl yanında pH değerleri değiştirilerek giderime olan etkileri araştırılmış, sonuçlar Çizelge 6.12 de verilmiştir. Uygulanan gerilim ile % giderimin değişimi Şekil 6.18, 6.19 da, hacim-zaman veriminin değişimi Şekil 6.20, 6.21 de, enerji tüketiminin değişimi ise Şekil 6.22, 6.23 de gösterilmiştir. Ayrıca uygulanan gerilim ile % giderimin değişimine pH'nın etkisi Şekil 6.24 de verilmiştir.

Çizelge 6. 9 Xiron blau 2RUD'nın 20 mg / l derişimdeki deneysel sonuçları

	Gerilim (V)	Ger. / Tab. (V)	Akım ₃ (A) 10 ³	Akım Şiddeti (A / m ²)	Son Derişim (mg l)	% Giderim	Hac. Zam. Ver. (kg / m ³ h)	Enerji Tük. (K.W h / g)
1,38 x 10 ⁻⁴ m ³ / h Çöz. Ak. Hiz.	35	1,2963	5,0	7,370	3,561	82,20	0,0472	0,0771
	40	1,4815	6,5	9,581	2,257	88,72	0,0509	0,1062
	45	1,6667	8,0	11,792	1,460	92,70	0,0532	0,1407
	50	1,8518	9,5	14,004	1,388	93,06	0,0534	0,1849
2,28 x 10 ⁻⁴ m ³ / h Çöz. Ak. Hiz.	35	1,2963	6,5	9,858	2,330	88,35	0,0838	0,0565
	40	1,4815	7,5	11,055	1,460	92,70	0,0880	0,0710
	45	1,6667	8,5	12,529	1,315	93,43	0,0886	0,0898
	50	1,8518	10	14,741	1,170	94,15	0,0893	0,1165
3,12 x 10 ⁻⁴ m ³ / h Çöz. Ak. Hiz.	35	1,2963	6,5	9,581	1,533	92,34	0,1199	0,0395
	40	1,4815	8,0	11,792	1,170	94,15	0,1222	0,0545
	45	1,6667	9,0	13,267	0,881	95,60	0,1241	0,0679
	50	1,8518	10,5	15,476	0,808	95,96	0,1246	0,0877
3,96 x 10 ⁻⁴ m ³ / h Çöz. Ak. Hiz.	35	1,2963	6,5	9,581	1,677	91,62	0,1510	0,0314
	40	1,4815	8,0	11,792	1,025	94,88	0,1563	0,0426
	45	1,6667	9,5	14,004	0,881	95,60	0,1575	0,565
	50	1,8518	11	16,215	0,736	96,32	0,1587	0,6721

Çizelge 6. 10 Xiron blau 2RUD'nın 30 mg / l derişimdeki deneysel sonuçları

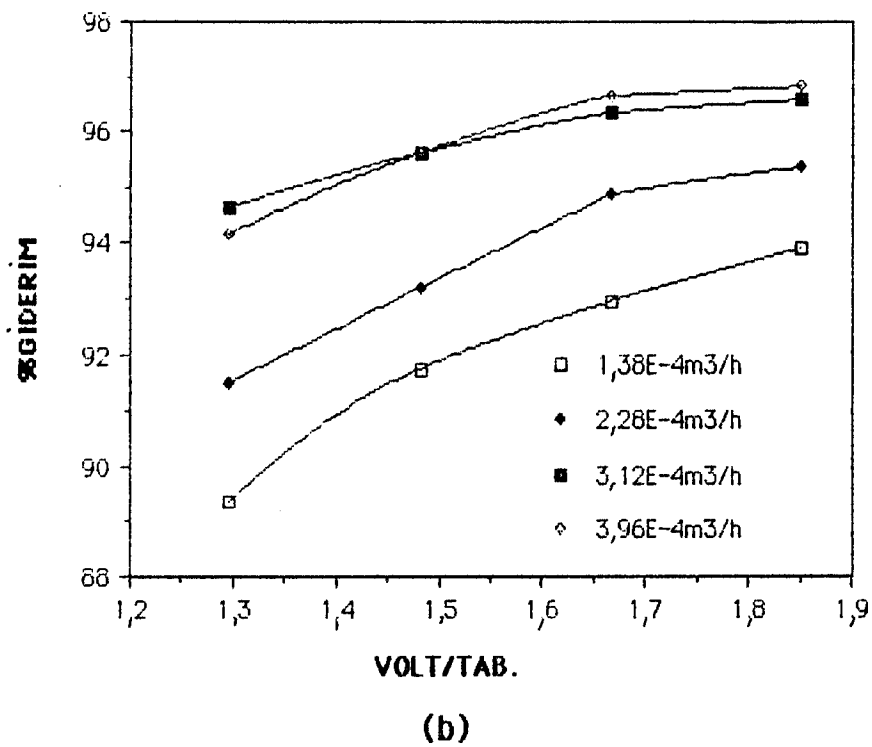
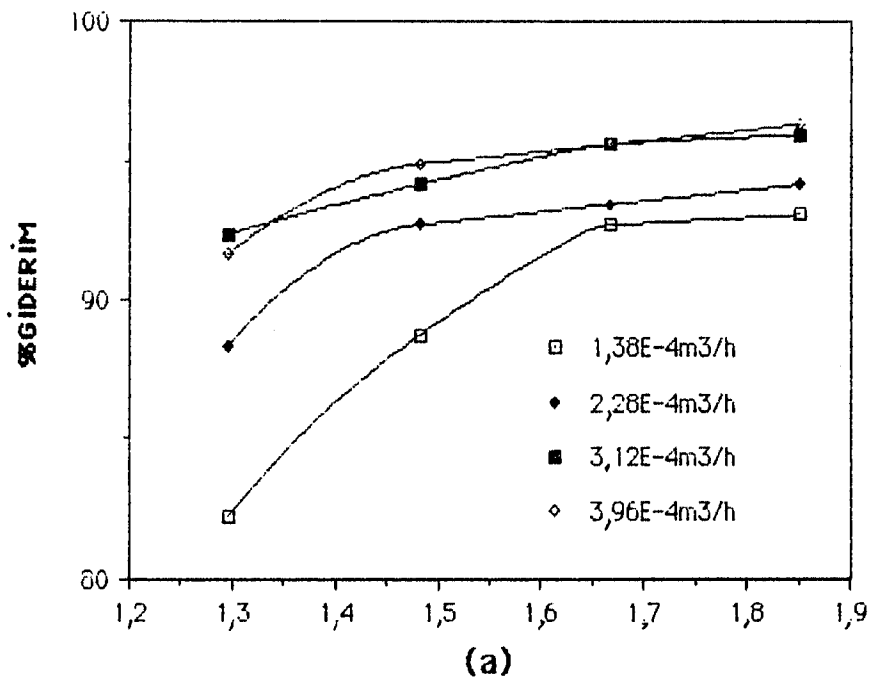
	Gerilim (V)	Ger. / Tab. (V)	Akım ³ (A) 10 ³	Akım Şiddeti (A / m ²)	Son Derişim (mg l)	% Giderim	Hac. Zam. Ver. (kg / m ³ h)	Enerji Tük. (K.W h / g)
1,38 x 10 ⁻⁴ m ³ / h Çöz. Ak. Hız.	35	1,2963	5,0	7,370	3,199	89,34	0,0780	0,0430
	40	1,4815	6,5	9,581	2,475	91,79	0,0790	0,0680
	45	1,6667	8,0	11,792	2,112	92,96	0,0801	0,0935
	50	1,8518	9,5	14,004	1,823	93,92	0,0809	0,1220
2,28 x 10 ⁻⁴ m ³ / h Çöz. Ak. Hız.	35	1,2963	6,0	8,844	2,547	91,51	0,1302	0,0336
	40	1,4815	7,0	10,318	2,040	93,2	0,1326	0,0439
	45	1,6667	8,0	11,792	1,533	94,89	0,1350	0,0555
	50	1,8518	9,5	14,004	1,388	95,35	0,1357	0,0728
3,12 x 10 ⁻⁴ m ³ / h Çöz. Ak. Hız.	35	1,2963	6,5	9,581	1,605	94,65	0,1840	0,0258
	40	1,4815	7,5	11,055	1,315	95,62	0,1862	0,0335
	45	1,6667	8,5	12,529	1,098	96,34	0,1876	0,0424
	50	1,8518	10,0	14,741	1,025	96,58	0,1881	0,0553
3,96 x 10 ⁻⁴ m ³ / h Çöz. Ak. Hız.	35	1,2963	7,0	10,318	1,750	94,16	0,2328	0,0219
	40	1,4815	8,0	11,792	1,315	95,62	0,2364	0,0282
	45	1,6667	9,0	13,267	1,098	96,64	0,2381	0,0754
	50	1,8518	10,5	15,476	0,953	96,82	0,2393	0,0456

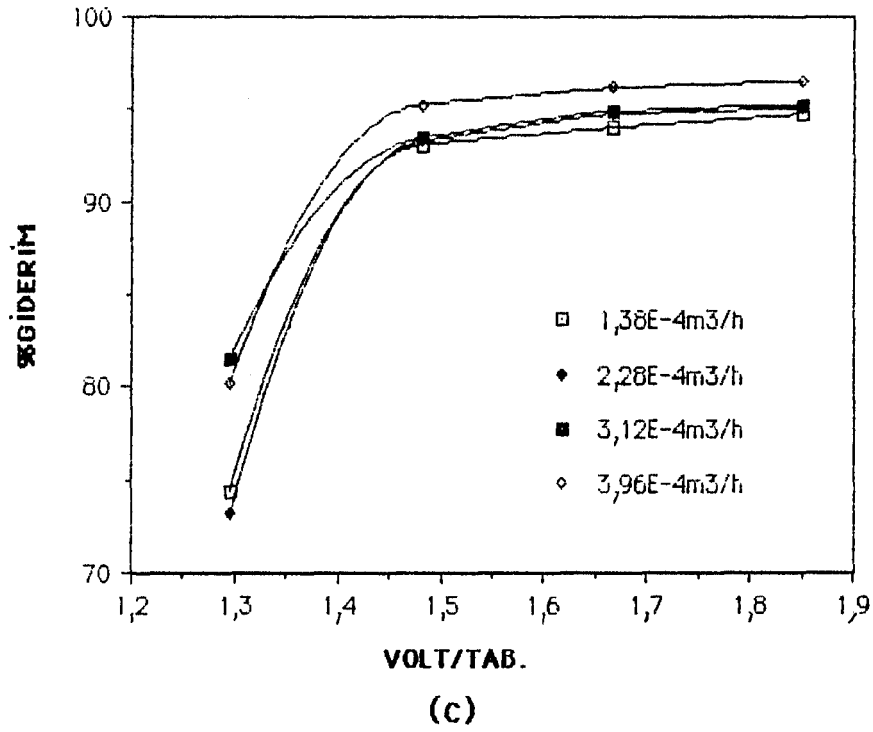
Çizelge 6. 11 Xiron blau 2RHD'nin 40 mg / l derişimdeki deneysel sonuçları

	Gerilim (V)	Ger. / Tab. (V)	Akım ₃ (A) 10 ³	Akım Şiddeti (A / m ²)	Son Derişim (mg l)	% Giderim	Hac. Zam. Ver. (kg / m ³ h)	Enerji Tük. (K.W h / g)
1,38 x 10 ⁻⁴ m ³ / h Çöz. Ak. Hiz.	35	1,2963	5,5	8,107	10,228	74,43	0,0855	0,0469
	40	1,4815	6,5	9,581	2,765	93,08	0,1070	0,0506
	45	1,6667	7,5	11,055	2,402	94,00	0,1080	0,0650
	50	1,8518	9,0	13,267	2,112	94,72	0,1088	0,0861
2,28 x 10 ⁻⁴ m ³ / h Çöz. Ak. Hiz.	35	1,2963	5,5	8,107	10,736	73,16	0,1388	0,0289
	40	1,4815	6,5	9,581	2,692	93,27	0,1770	0,0306
	45	1,6667	8,0	11,792	2,112	94,72	0,1797	0,0417
	50	1,8518	9,0	13,267	1,967	95,08	0,1804	0,0519
3,12 x 10 ⁻⁴ m ³ / h Çöz. Ak. Hiz.	35	1,2963	5,5	8,107	7,402	81,50	0,2116	0,0189
	40	1,4815	6,5	9,581	2,620	93,45	0,2427	0,0223
	45	1,6667	8,0	11,792	2,040	94,90	0,2464	0,0304
	50	1,8518	9,5	14,004	1,895	95,26	0,2474	0,0400
3,96 x 10 ⁻⁴ m ³ / h Çöz. Ak. Hiz.	35	1,2963	6	8,844	7,909	80,23	0,2644	0,0165
	40	1,4815	7	10,318	1,895	95,26	0,3140	0,0186
	45	1,6667	8,5	12,529	1,533	96,17	0,3170	0,0291
	50	1,8518	9,5	14,004	1,388	96,53	0,3182	0,0311

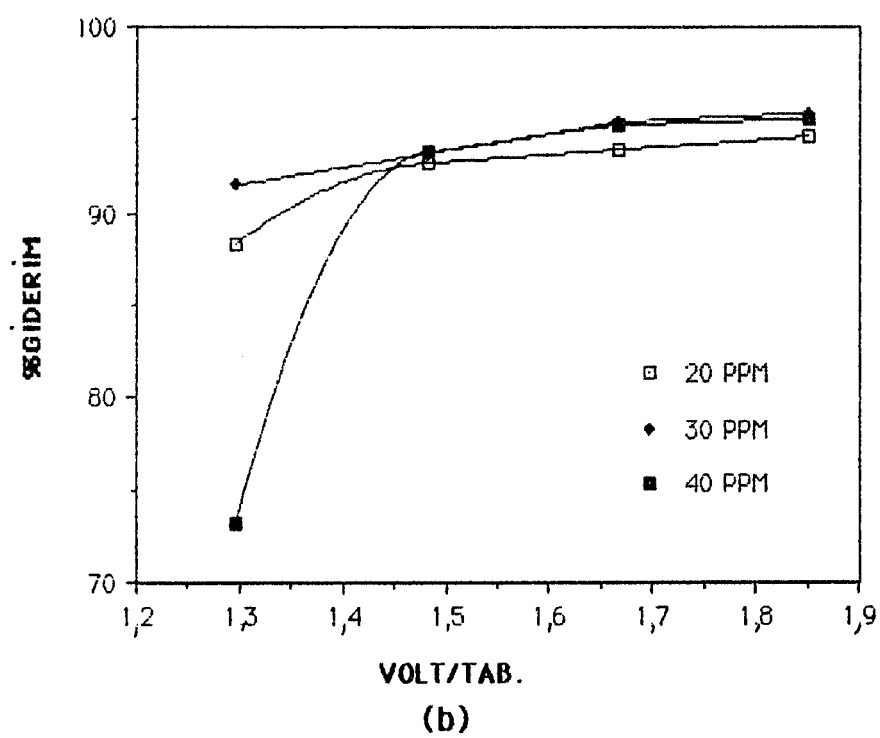
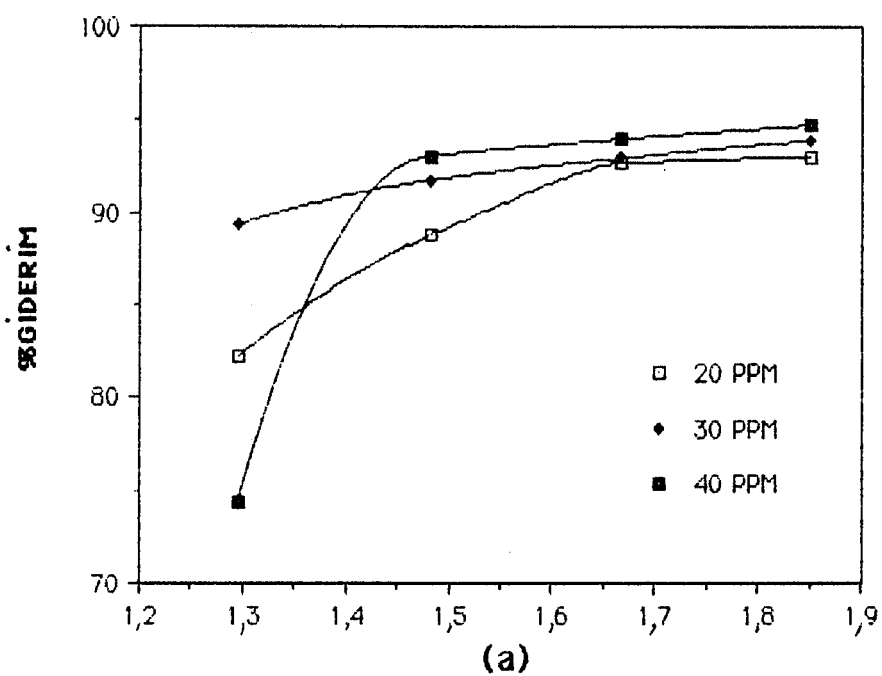
Çizelge 6. 12 X iron blou 2RHD'nin 20 mg/l derişim ve $2,28 \times 10^{-4} \text{ m}^3 / \text{h}$ çözelti akış hızındaki PH değişiminin giderime olan etkisinin deneysel sonuçları

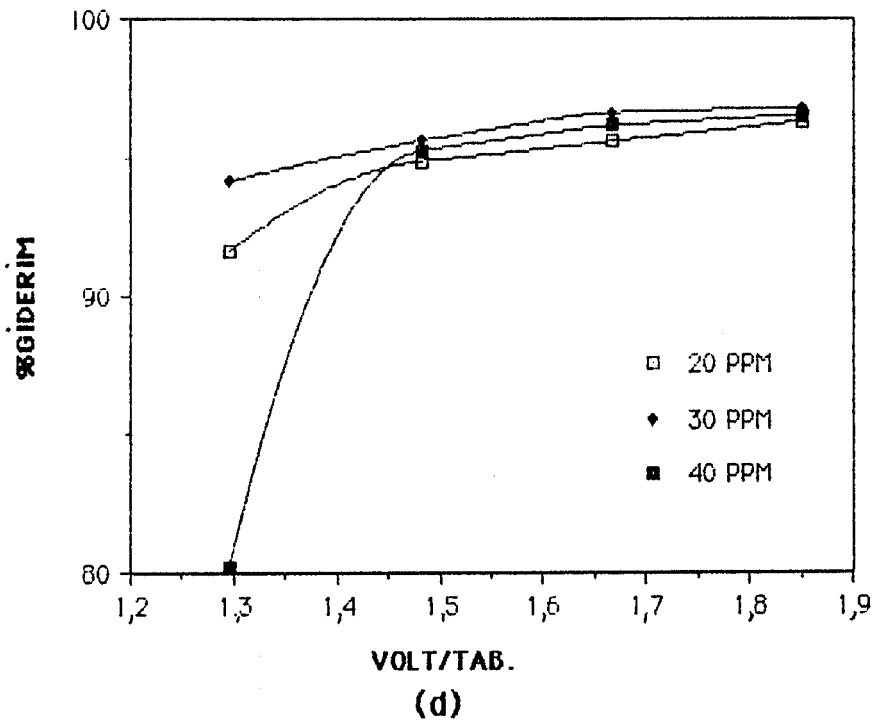
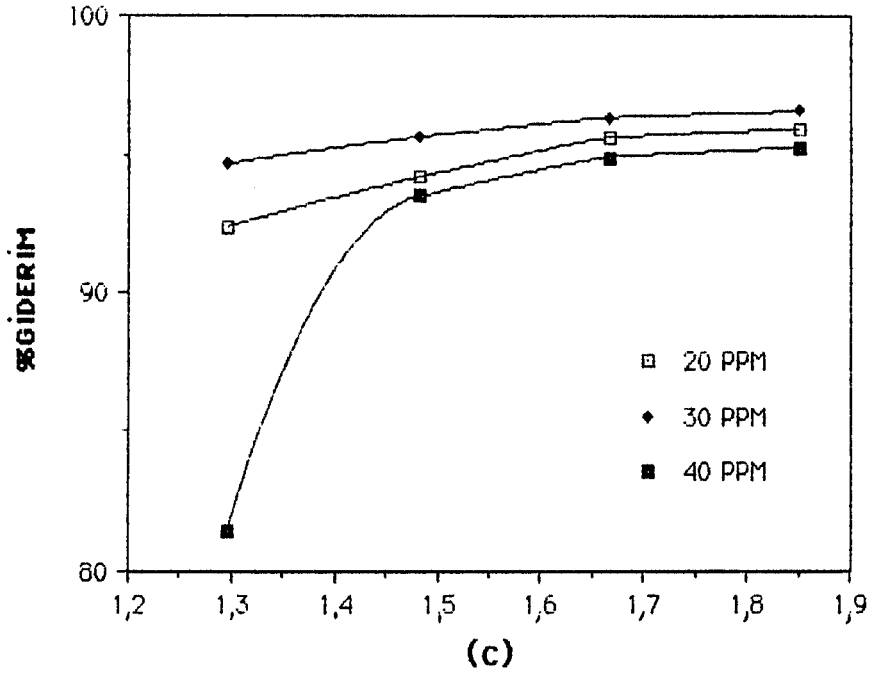
	Gerilim (V)	Ger. / Tab. (V)	Akım (A) 10^3	Akım Şiddeti (A / m^2)	Son Derişim (mg l)	% Giderim	Hac. Zam. Ver. (kg / m^3 h)	Enerji Tük. (K.W h / g)
pH 7,0	35	1,2963	3,0	4,422	0,300	98,50	0,0935	0,0234
	40	1,4815	3,5	5,159	0,156	99,22	0,0941	0,0309
	45	1,6667	4,0	5,896	0,156	99,22	0,0941	0,0398
	50	1,8518	5,0	7,370	0,228	98,86	0,0938	0,0555
pH 9,4	35	1,2963	3,5	5,159	11,533	42,335	0,0402	0,0634
	40	1,4815	4,0	5,896	1,243	93,78	0,0880	0,0374
	45	1,6667	4,5	6,633	1,025	94,88	0,0900	0,0468
	50	1,8518	5,5	8,107	0,736	96,32	0,0914	0,0626



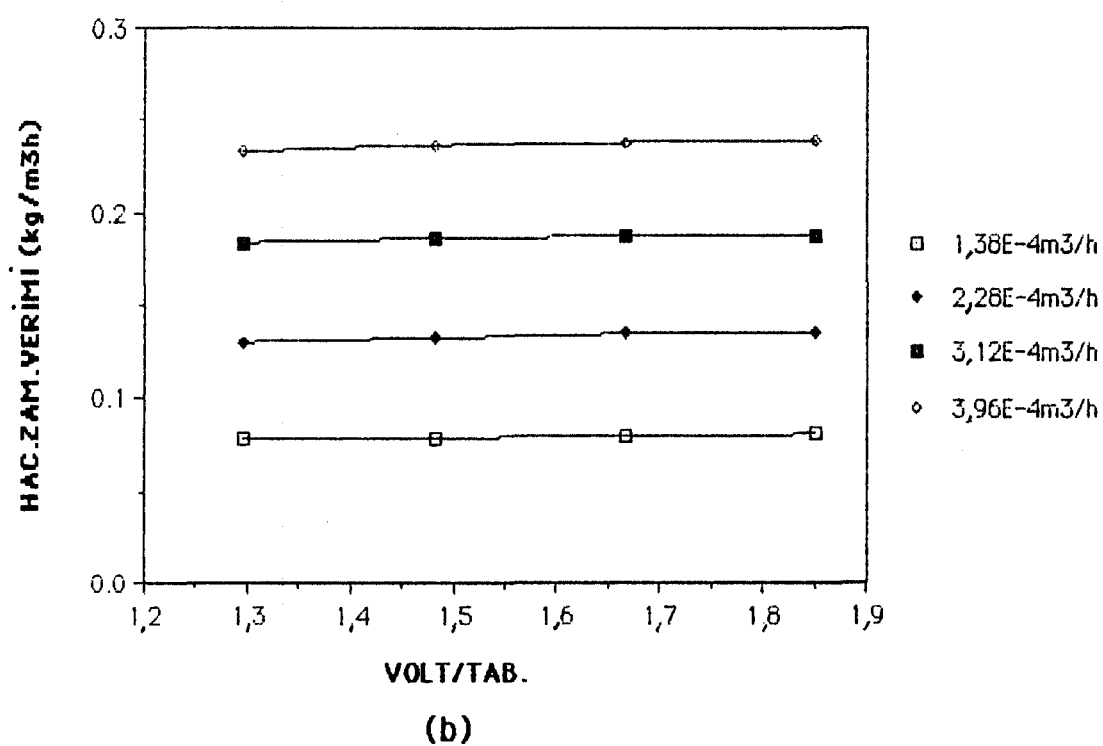
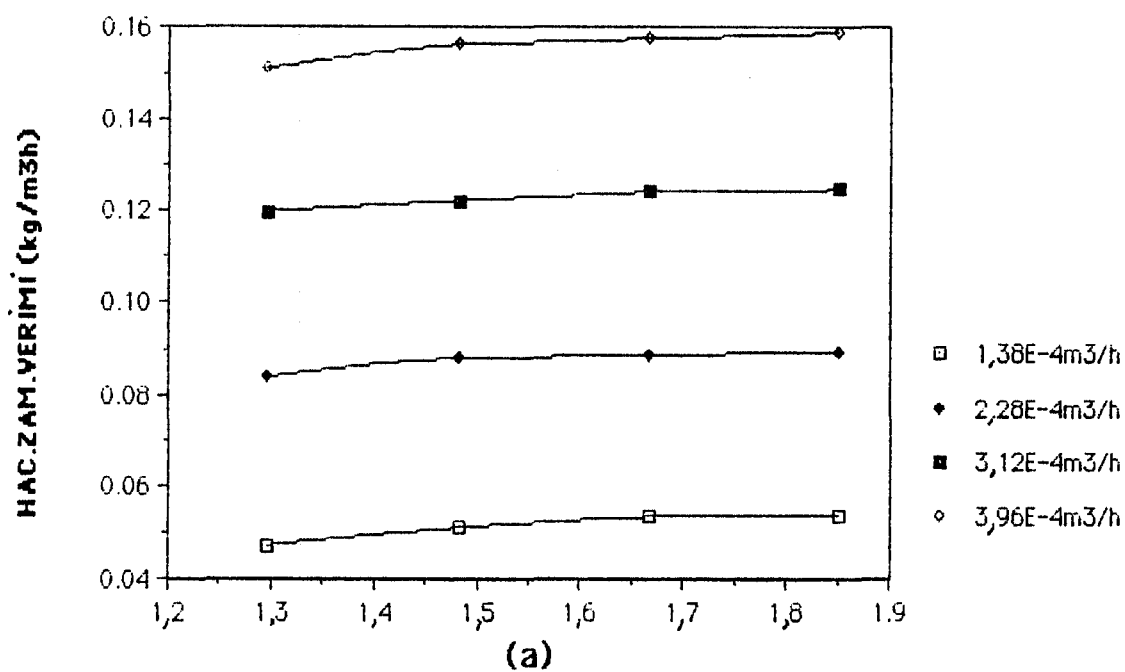


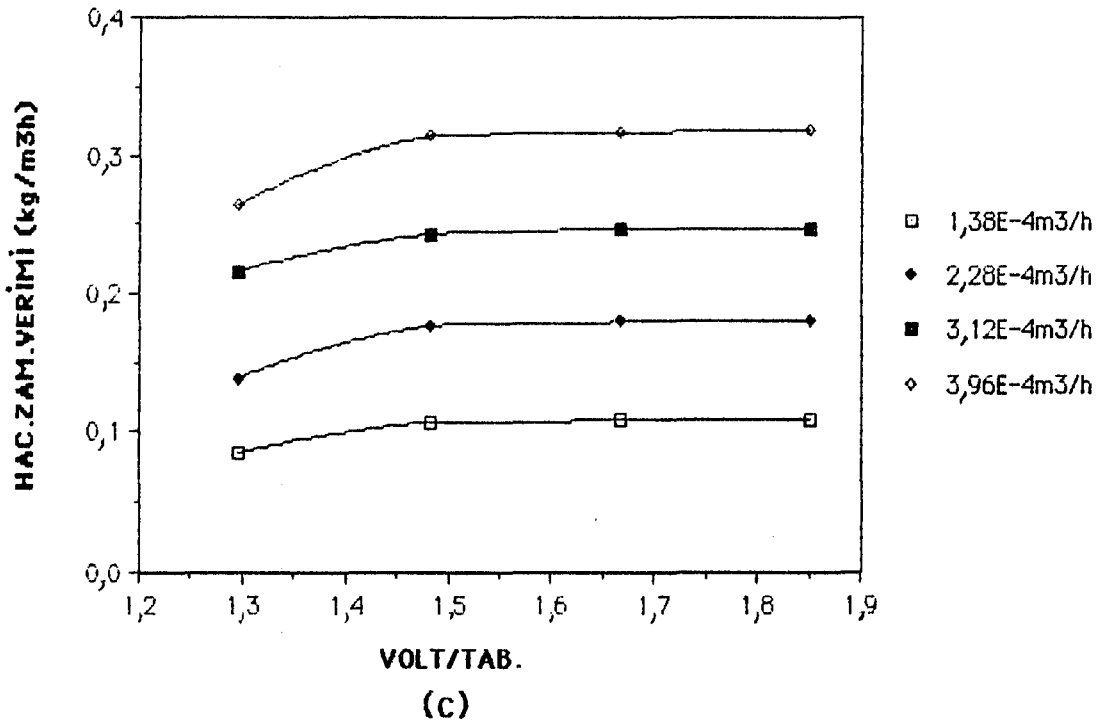
Şekil 6.18 Xiron blau 2RHD için farklı akış hızlarında, uygulanan gerilim ile % giderimin değişimi (a) 20 mg/l, (b) 30 mg/l, (c) 40 mg/l derişimlerinde.



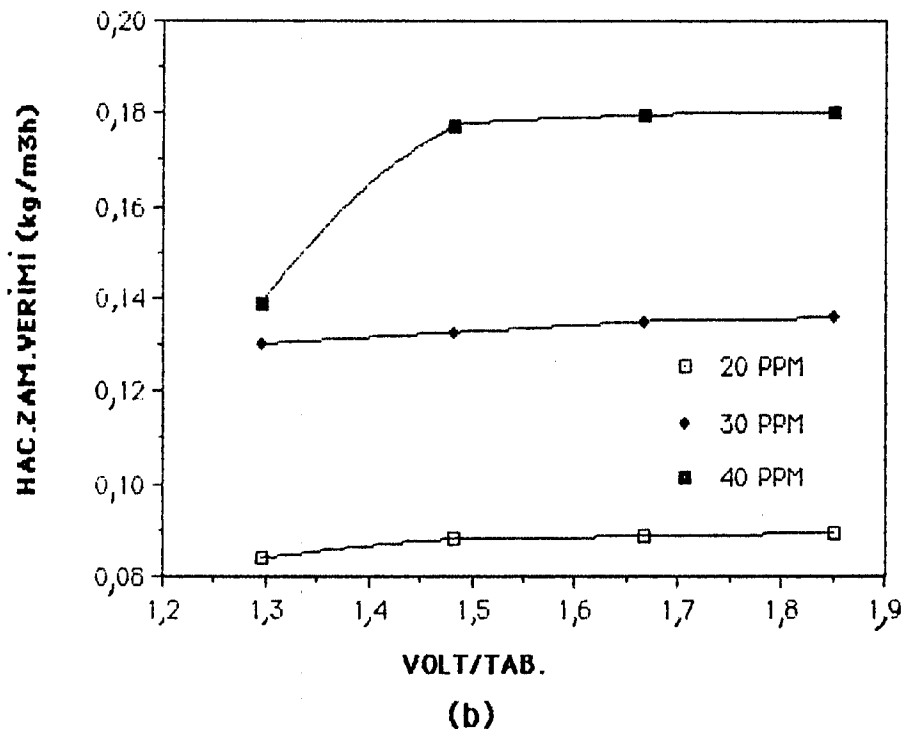
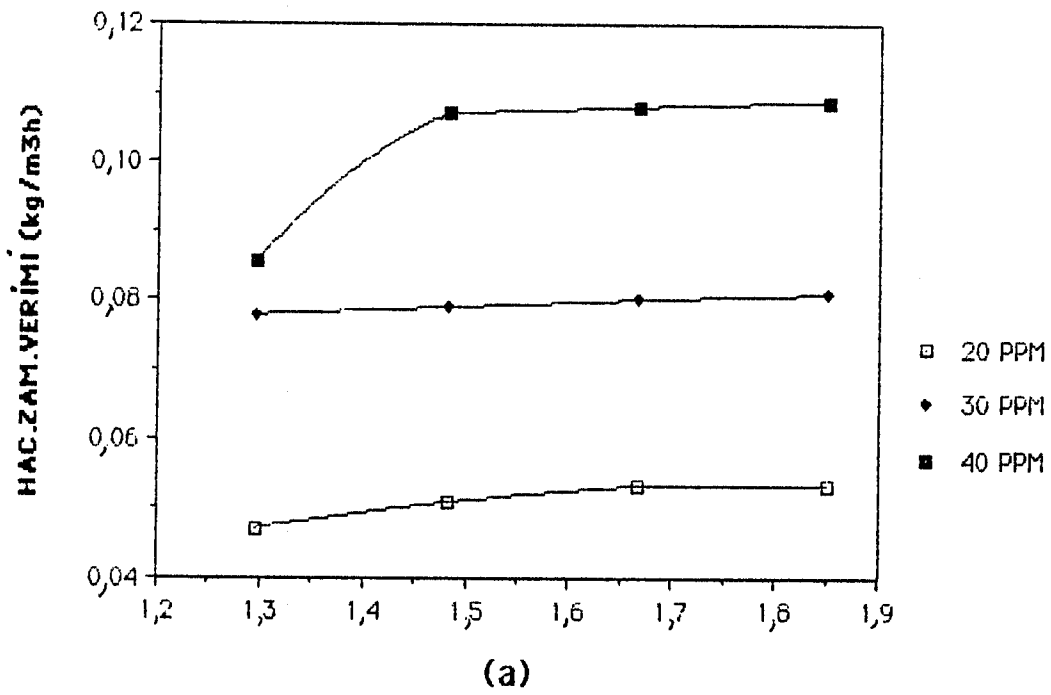


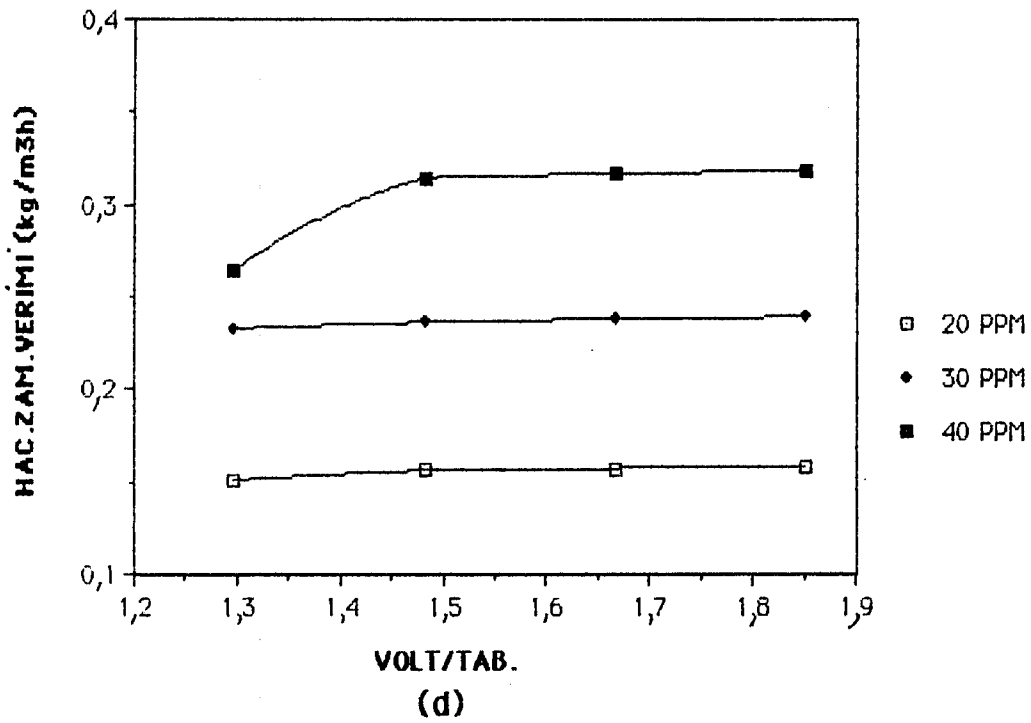
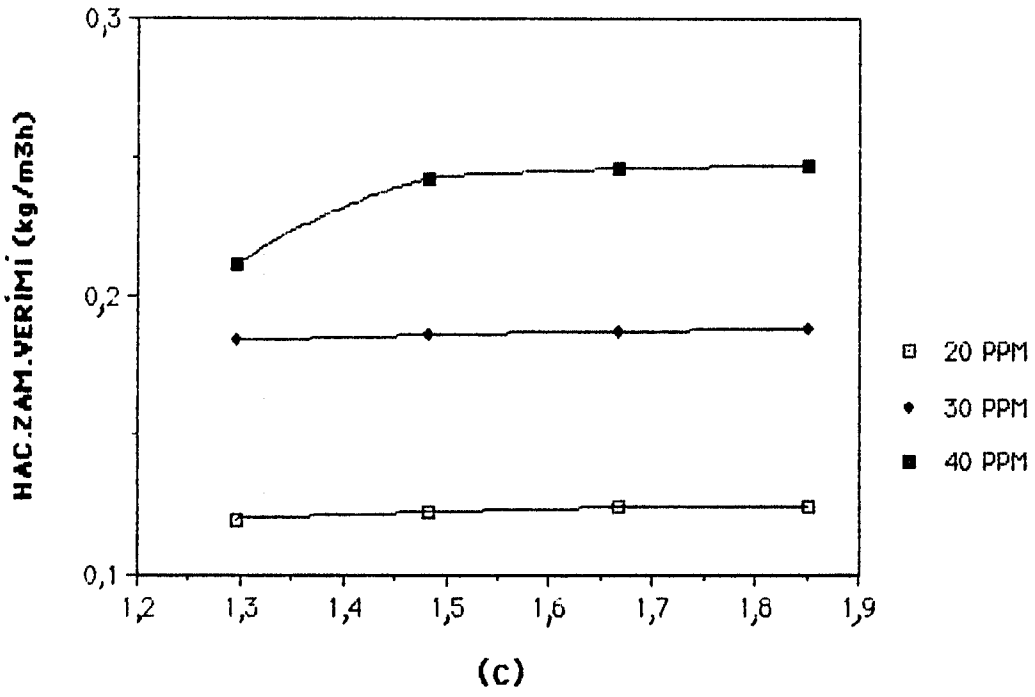
Şekil 6.19 Xiron blau 2RHD için farklı derişimlerde, uygulanan gerilim ile % giderimin değişimi (a) $1,38 \cdot 10^{-4}$ m³/h, (b) $2,28 \cdot 10^{-4}$ m³/h, (c) $3,12 \cdot 10^{-4}$ m³/h, (d) $3,96 \cdot 10^{-4}$ m³/h akış hızlarında.



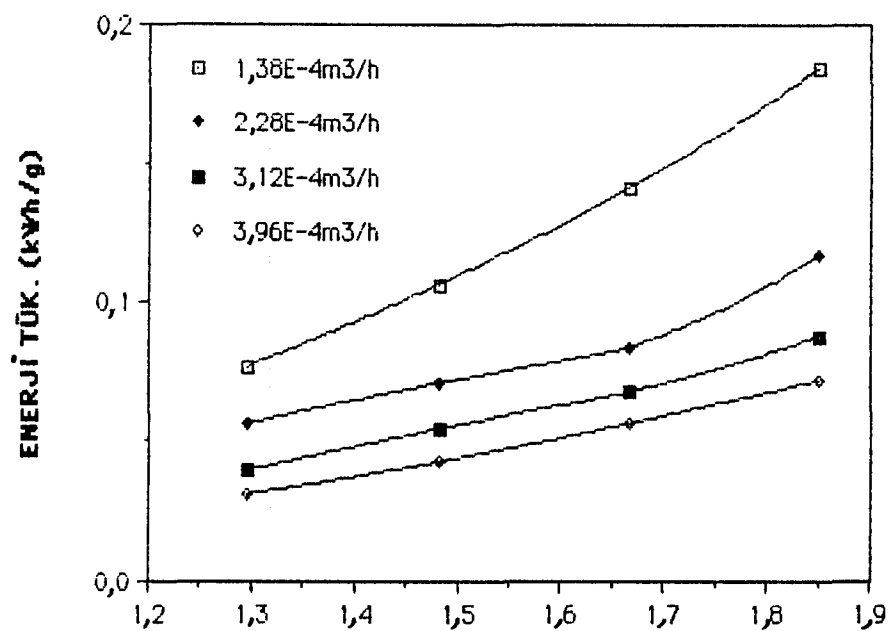


Şekil 6.20 Xiron blau 2RHD için farklı akış hızlarında, uygulanan gerilim ile hacim-zaman veriminin değişimi (a) 20 mg/l, (b) 30 mg/l, (c) 40 mg/l derişimlerinde.

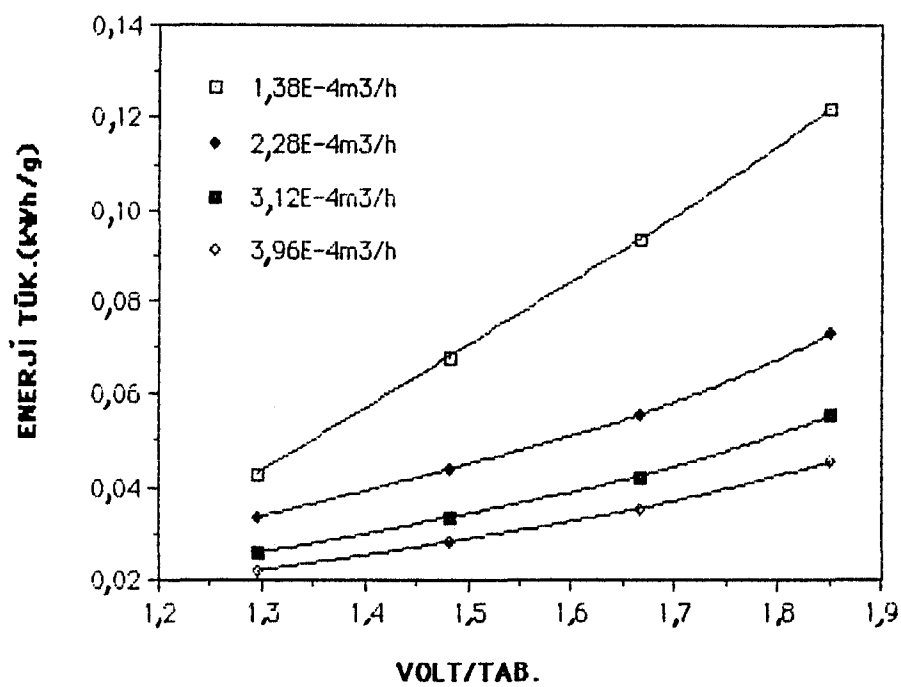




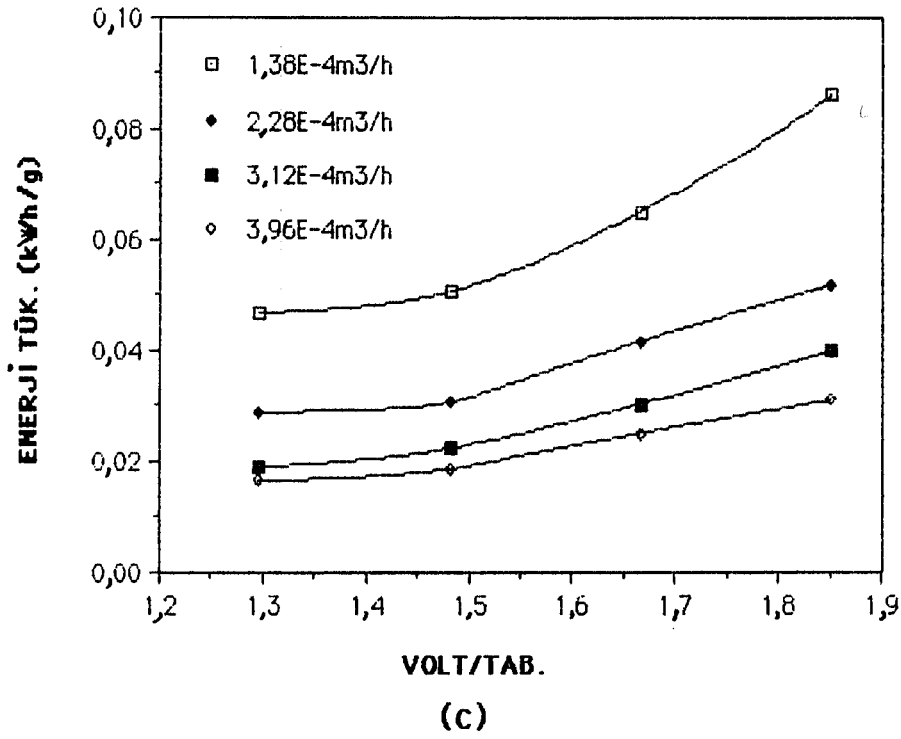
Şekil 6.21 Xiron blau 2RHD için farklı derişimlerde, uygulanan gerilim ile hacim-zaman veriminin değişimi (a) $1,38 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{h}$, (b) $2,28 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{h}$, (c) $3,12 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{h}$, (d) $3,96 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{h}$ akış hızlarında.



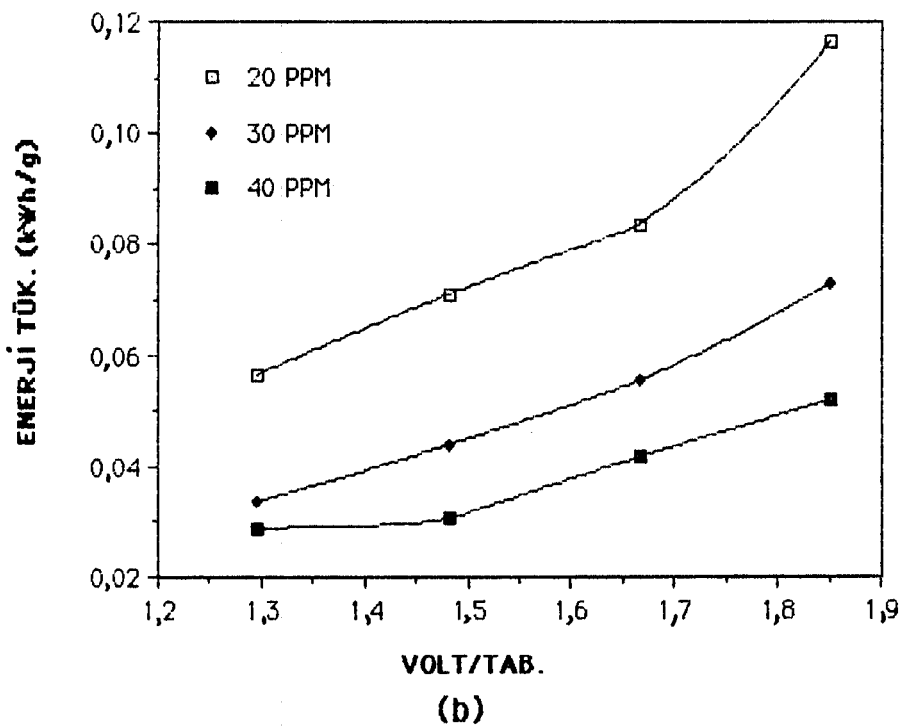
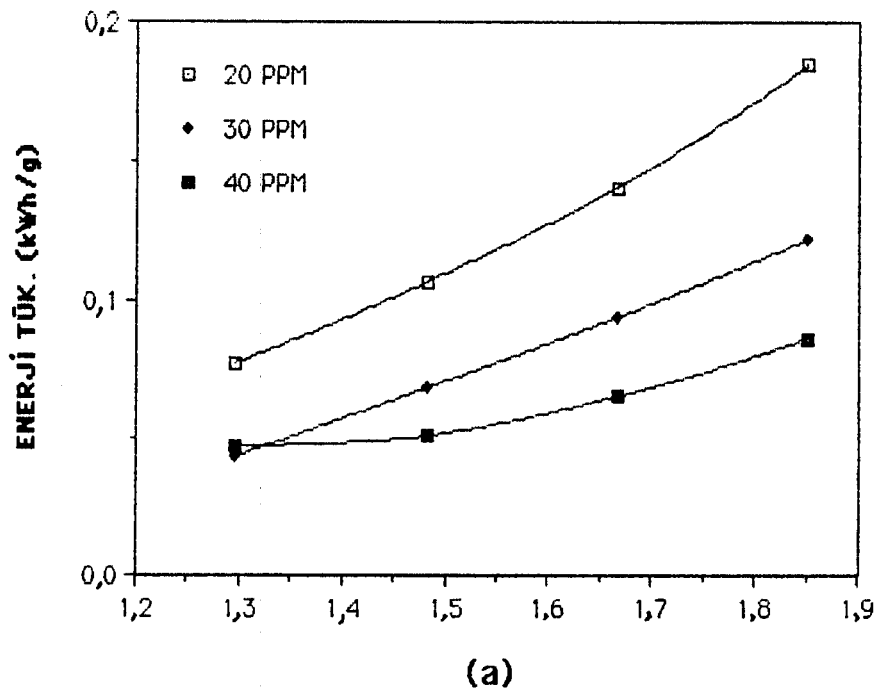
(a)

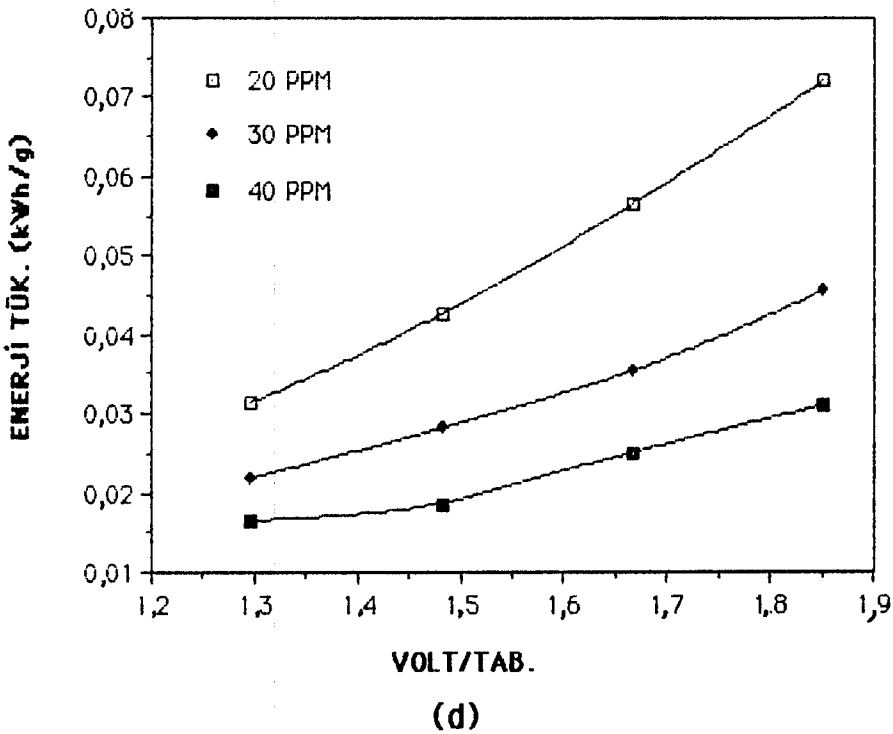
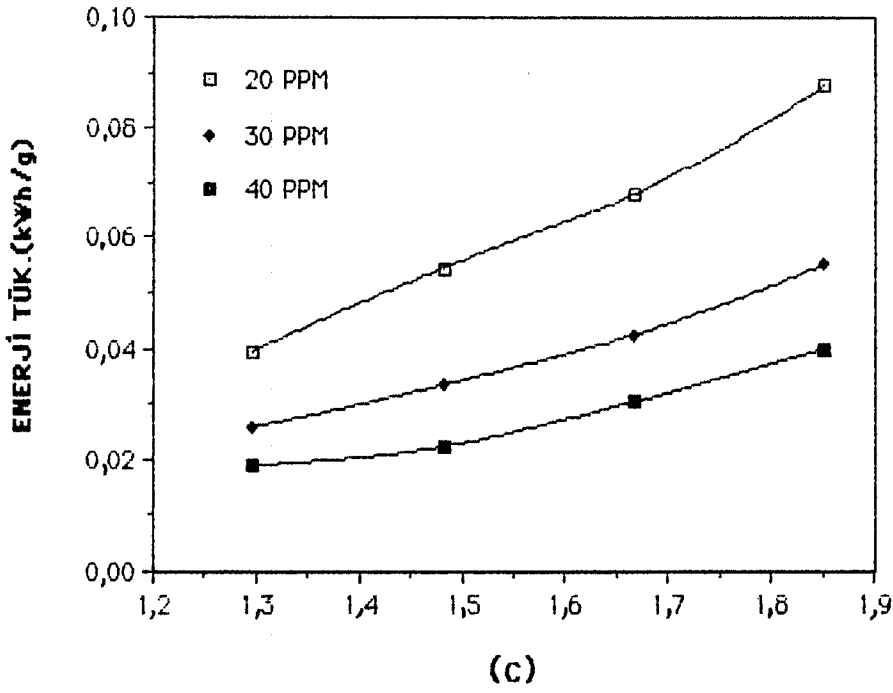


(b)

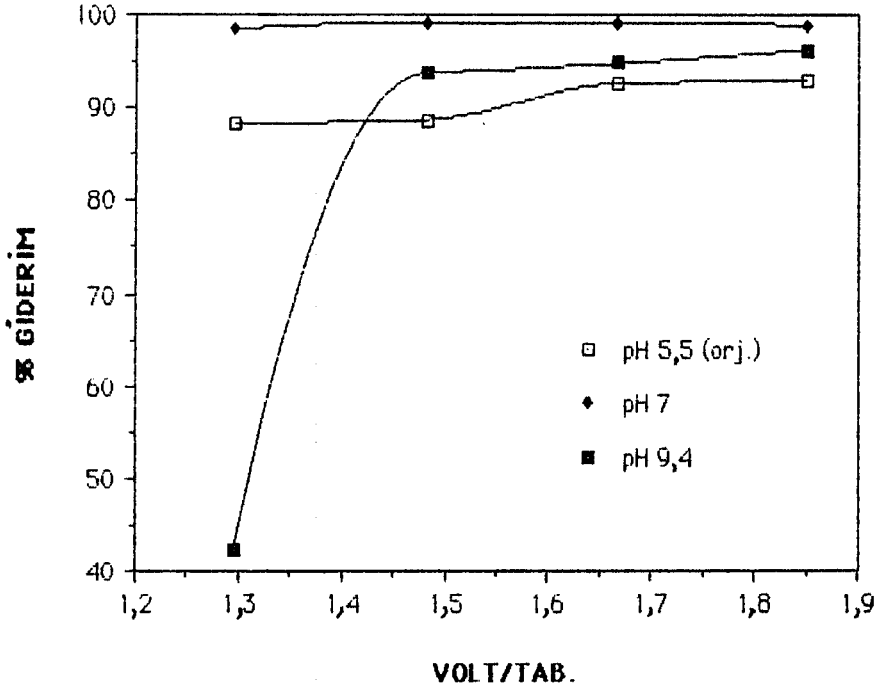


Şekil 6.22 Xiron blau 2RHD için farklı akış hızlarında, uygulanan gerilim ile enerji tüketiminin değişimi (a) 20 mg/l, (b) 30 mg/l, (c) 40 mg/l derişimlerinde.





Şekil 6.23 Xiron blau 2RHD için farklı derişimlerde, uygulanan gerilim ile enerji tüketiminin değişimi (a) $1,38 \cdot 10^{-4}$ m³/h, (b) $2,28 \cdot 10^{-4}$ m³/h, (c) $3,12 \cdot 10^{-4}$ m³/h, (d) $3,96 \cdot 10^{-4}$ m³/h akış hızlarında.



Şekil 6.24 Xiron blau 2RH için farklı pH larda, uygulanan gerilim ile %giderimin değişimi.

6.2.4. Ostazin oliv HG ile yapılan deneysel çalışmalar ve sonuçları

Ostazin oliv HG'nin 0,20 ve 30 mg/l derişimlerinde hazırlanan 0,5 M NaCl içeren sulu çözeltileri ile çalışılmıştır. Bu çalışmalarda çözelti akış hızı ve uygulanan gerilim parametre olarak incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar Çizelge 6.13, 6.14 ve 6.15 de verilmiştir. Uygulanan gerilim ile % giderimin değişimi Şekil 6.25, 6.26 da, hacim-zaman veriminin değişimi Şekil 6.27, 6.28 de, enerji tüketiminin değişimi ise Şekil 6.29, 6.30 da gösterilmiştir.

Çizelge 6. 13 Ostazin oliv HG'nin 10 mg / l derişimdeki deney sonuçları

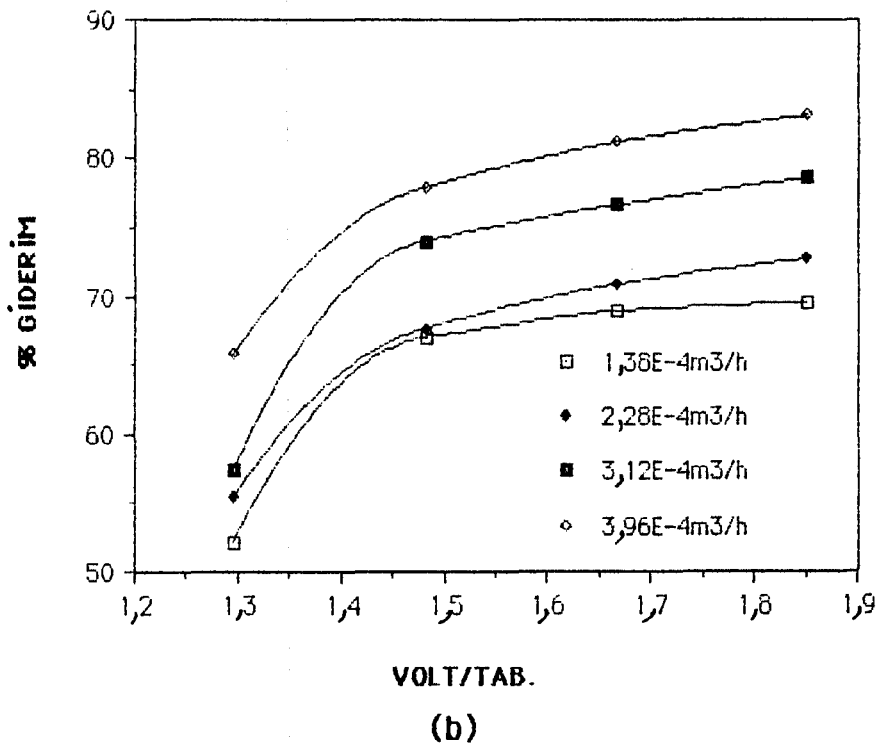
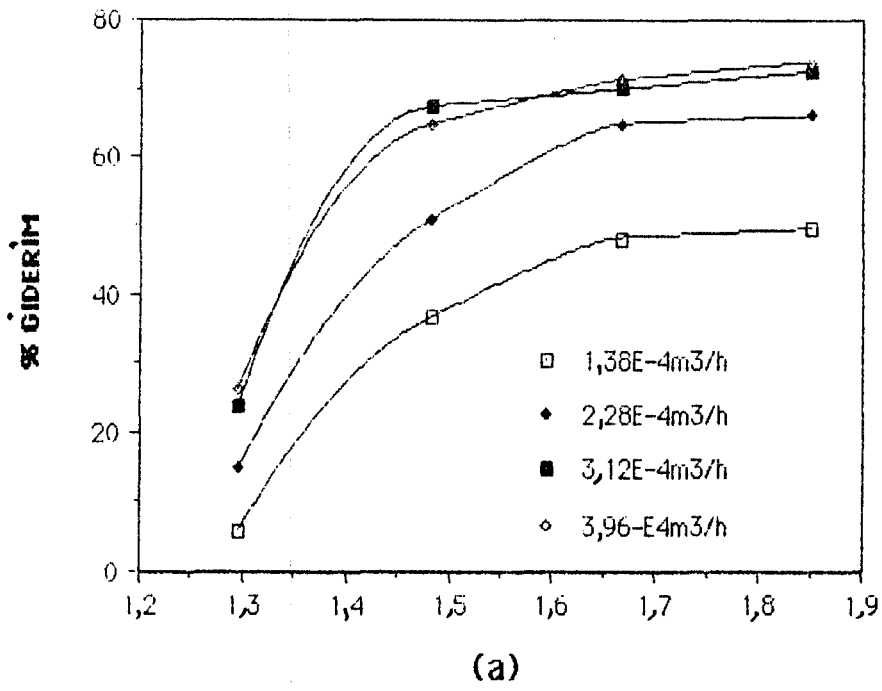
	Gerilim (V)	Ger. / Tab. (V)	Akım ³ (A) 10 ³	Akım Şiddeti (A / m ²)	Son Derişim (mg l)	% Giderim	Hac. Zam. Ver. (kg / m ³ h)	Enerji Tük. (K.W h / g)
1,38 x 10 ⁻⁴ m ³ / h Çöz. Ak. Hiz.	35	1,2963	4,0	5,896	9,431	5,69	0,0016	1,7829
	40	1,4815	5,0	7,370	6,341	36,59	0,0105	0,3961
	45	1,6667	7,0	10,318	5,182	48,18	0,0139	0,4738
	50	1,8518	8,0	11,792	5,054	49,46	0,0142	0,5860
2,28 x 10 ⁻⁴ m ³ / h Çöz. Ak. Hiz.	35	1,2963	4,5	6,633	8,530	14,70	0,007	0,4699
	40	1,4815	5,5	8,107	4,925	50,75	0,0241	0,1901
	45	1,6667	7,0	10,318	3,509	64,91	0,0308	0,2128
	50	1,8518	8,0	11,792	3,380	66,2	0,0314	0,2650
3,12 x 10 ⁻⁴ m ³ / h Çöz. Ak. Hiz.	35	1,2963	4,5	6,633	7,629	23,71	0,0154	0,2129
	40	1,4815	5,5	8,107	3,251	67,49	0,0438	0,1045
	45	1,6667	7,5	11,055	2,994	70,06	0,0455	0,1544
	50	1,8518	8,0	11,792	2,736	72,64	0,0432	0,1765
3,96 x 10 ⁻⁴ m ³ / h Çöz. Ak. Hiz.	35	1,2963	5,0	7,370	7,371	26,29	0,0217	0,1681
	40	1,4815	6,0	8,844	3,509	64,91	0,0535	0,0934
	45	1,6667	7,5	11,055	2,865	71,35	0,0588	0,1194
	50	1,8518	9,5	14,004	2,607	73,93	0,0609	0,1622

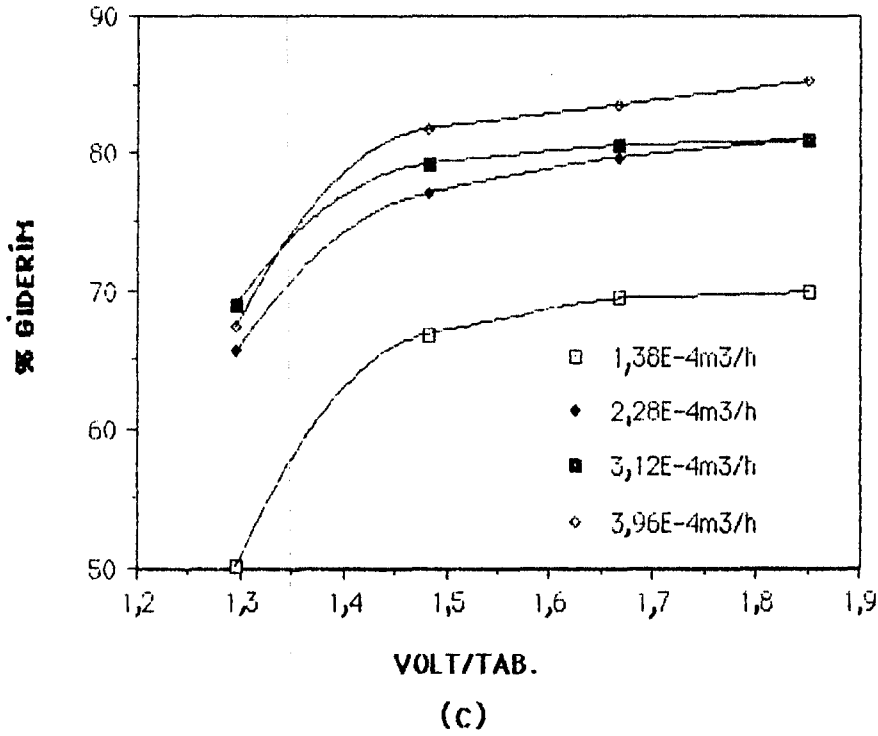
Çizelge 6. 14 Ostazin oliv HG'nin 20 mg / l derişimdeki deney sonuçları

	Gerilim (V)	Ger. / Tab. (V)	Akım ³ (A) 10 ³	Akım Şiddeti (A / m ²)	Son Derişim (mg l)	% Giderim	Hac. Zam. Ver. (kg / m ³ h)	Enerji Tük. (K.W h / g)
1,38 x 10 ⁻⁴ m ³ / h Çöz. Ak. Hız.	35	1,2963	5,0	7,370	9,560	52,2	0,0300	0,1215
	40	1,4815	6,5	9,581	6,599	67,01	0,0385	0,1406
	45	1,6667	7,0	10,318	6,212	68,94	0,0396	0,1656
	50	1,8518	9,0	13,267	6,084	69,58	0,0400	0,2343
2,28 x 10 ⁻⁴ m ³ / h Çöz. Ak. Hız.	35	1,2963	6,0	8,844	8,916	55,42	0,0526	0,0831
	40	1,4815	7,0	10,318	6,470	67,65	0,0642	0,0908
	45	1,6667	8,0	11,792	5,826	70,87	0,0672	0,1114
	50	1,8518	9,0	13,267	5,440	72,8	0,0691	0,1356
3,12 x 10 ⁻⁴ m ³ / h Çöz. Ak. Hız.	35	1,2963	6,5	9,581	8,530	57,35	0,0745	0,0636
	40	1,4815	7,5	11,055	5,182	74,09	0,0962	0,0649
	45	1,6667	8,5	12,529	4,667	76,67	0,0995	0,0800
	50	1,8518	10	14,741	4,281	78,60	0,1020	0,1020
3,96 x 10 ⁻⁴ m ³ / h Çöz. Ak. Hız.	35	1,2963	6,5	9,581	6,856	65,72	0,1083	0,0437
	40	1,4815	7,5	11,055	4,410	77,95	0,1285	0,0486
	45	1,6667	8,5	12,529	3,766	81,17	0,1338	0,0595
	50	1,8518	10,5	15,478	3,380	83,1	0,1369	0,0798

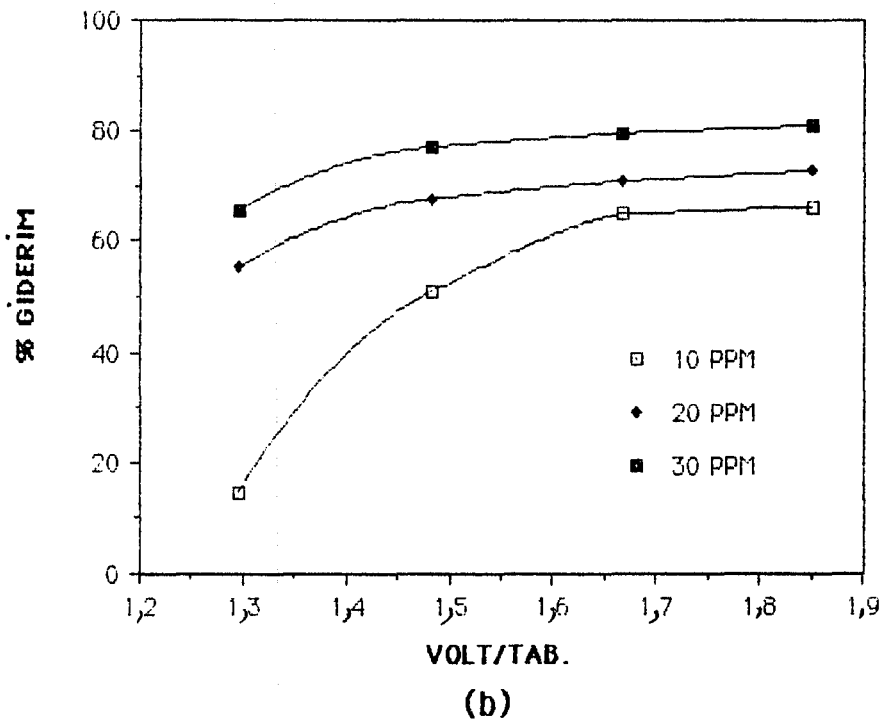
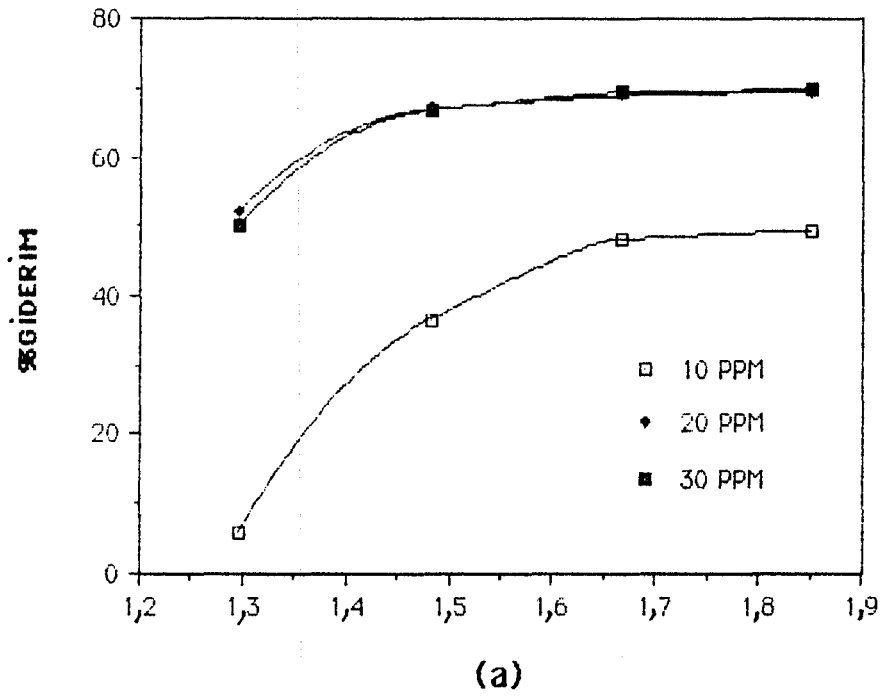
Çizelge 6. 15 Ostazin oliv 30 mg / l derişimdeki deney sonuçları

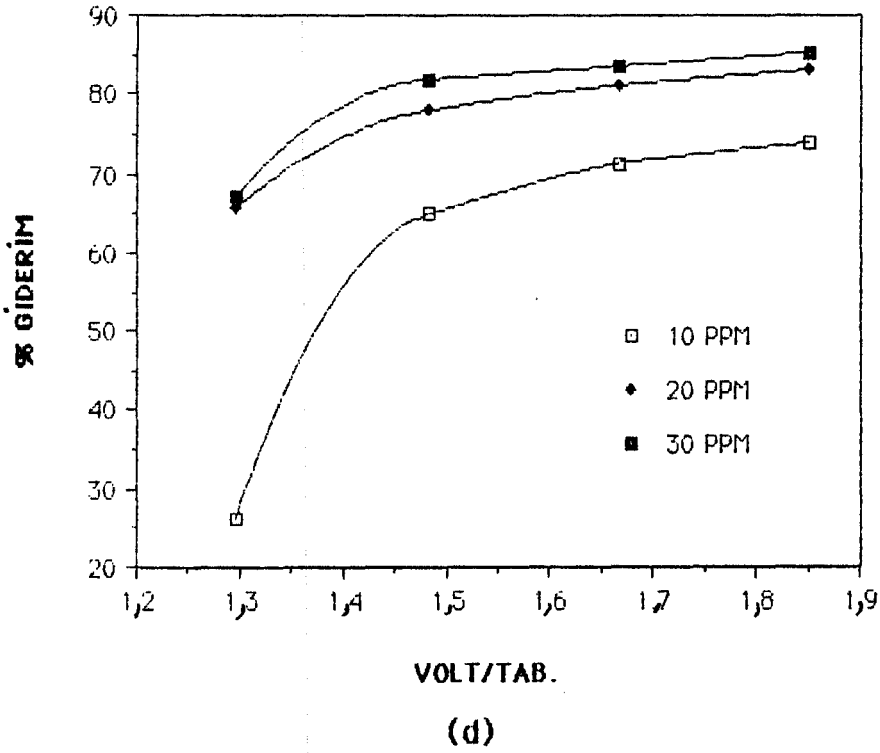
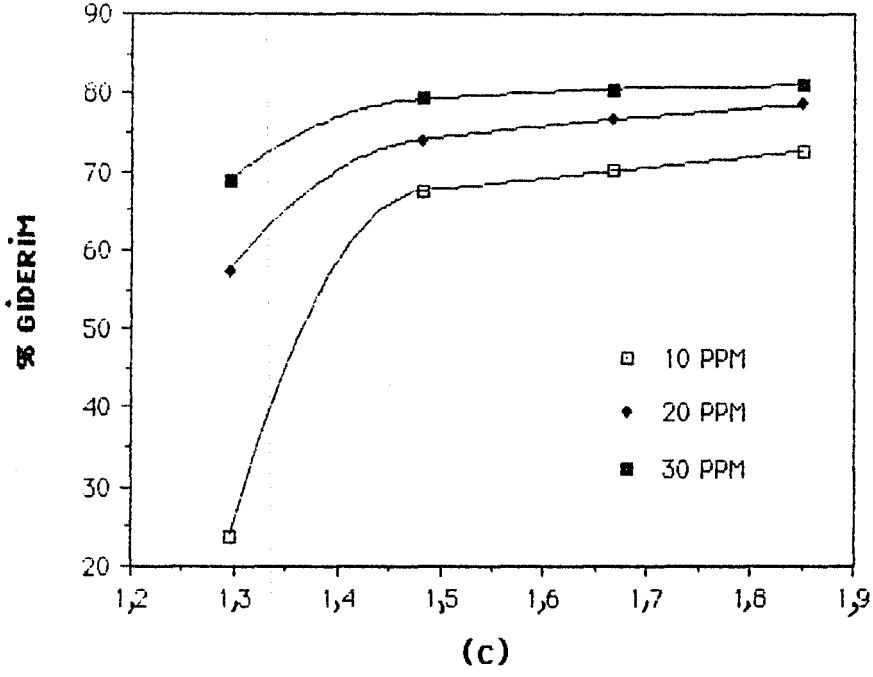
	Gerilim (V)	Ger. / Tab. (V)	Akım ³ (A) 10 ³	Akım Şiddeti (A / m ²)	Son Derişim (mg l)	% Giderim	Hac. Zam. Ver. (kg / m ³ h)	Enerji Tük. (K.W h / g)
1,38 x 10 ⁻⁴ m ³ / h Çöz. Ak. Hiz.	35	1,2963	5,5	8,107	14,968	50,11	0,0432	0,0928
	40	1,4815	6,5	9,581	9,946	66,85	0,0576	0,0939
	45	1,6667	8,0	11,792	9,174	69,42	0,0598	0,1253
	50	1,8518	9,5	14,003	9,045	69,85	0,0602	0,1643
2,28 x 10 ⁻⁴ m ³ / h Çöz. Ak. Hiz.	35	1,2963	6,0	8,844	10,332	65,55	0,0933	0,0468
	40	1,4815	7,0	10,318	6,856	77,15	0,1098	0,0531
	45	1,6667	8,5	12,529	6,084	79,72	0,1139	0,0701
	50	1,8518	9,5	14,003	5,697	81,01	0,1153	0,0857
3,12 x 10 ⁻⁴ m ³ / h Çöz. Ak. Hiz.	35	1,2963	6,0	8,844	9,303	68,99	0,1344	0,0325
	40	1,4815	6,5	9,581	6,212	79,29	0,1544	0,0350
	45	1,6667	7,5	11,055	5,826	80,58	0,1569	0,0447
	50	1,8518	9,0	13,267	5,697	81,01	0,1578	0,0593
3,96 x 10 ⁻⁴ m ³ / h Çöz. Ak. Hiz.	35	1,2963	6,0	8,844	9,818	67,27	0,1669	0,0263
	40	1,4815	7,0	10,318	5,440	81,87	0,2024	0,0288
	45	1,6667	7,5	11,055	4,925	83,58	0,2066	0,0340
	50	1,8518	9,0	13,267	4,410	85,30	0,2109	0,0444



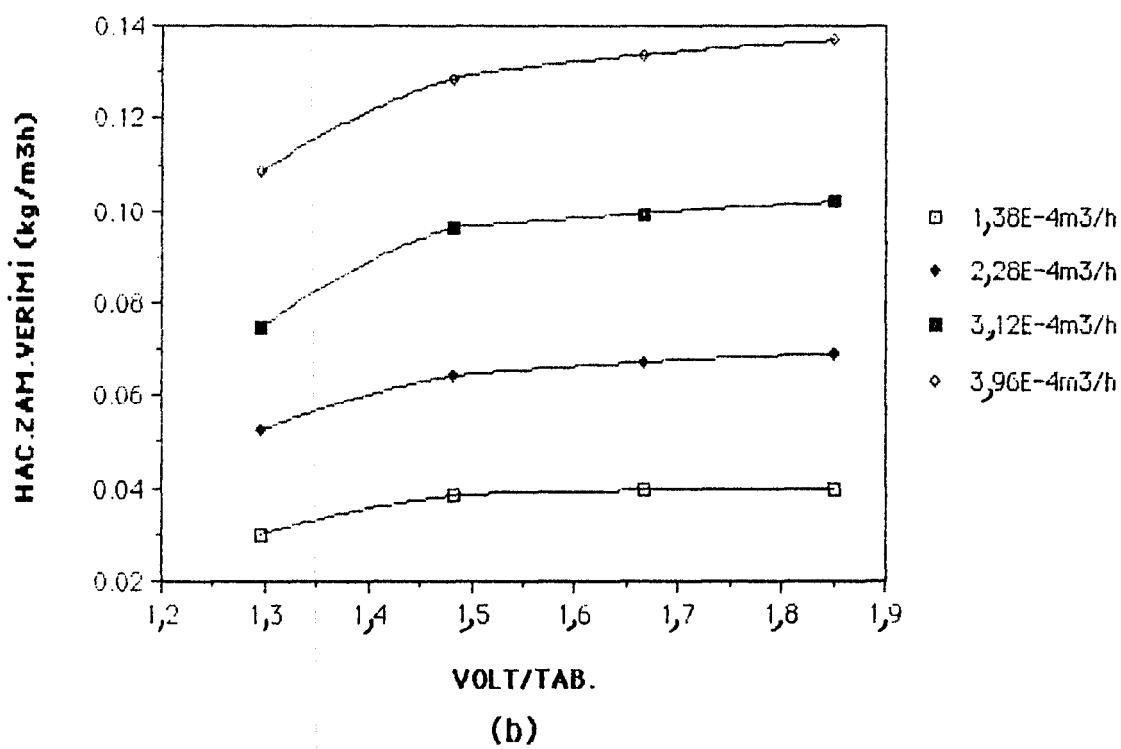
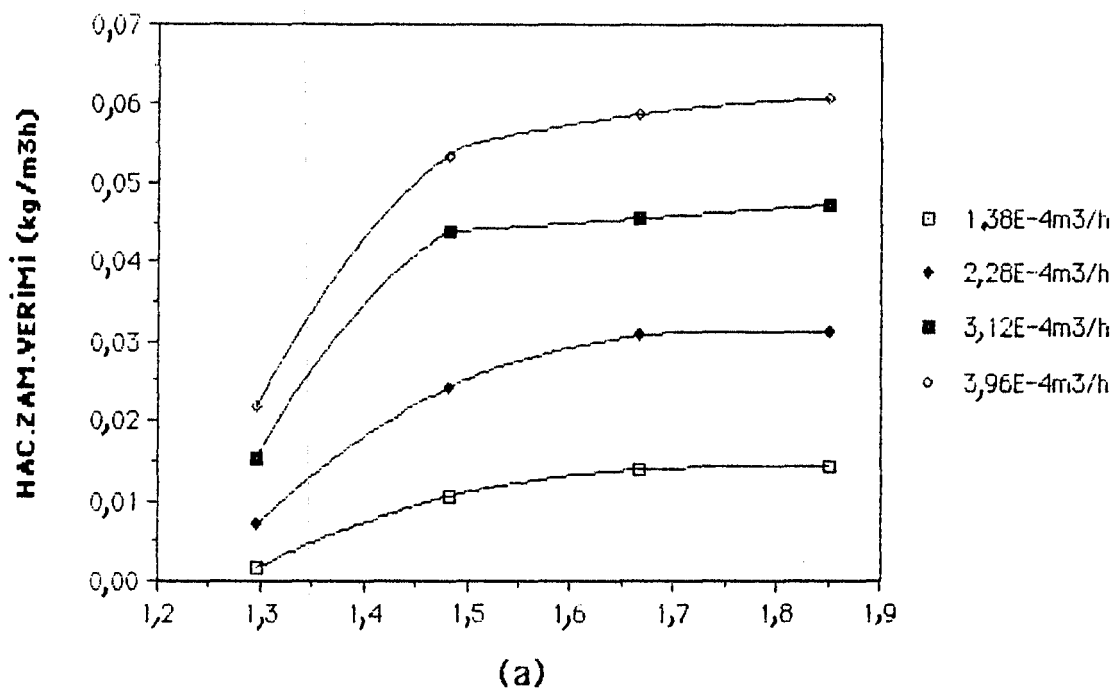


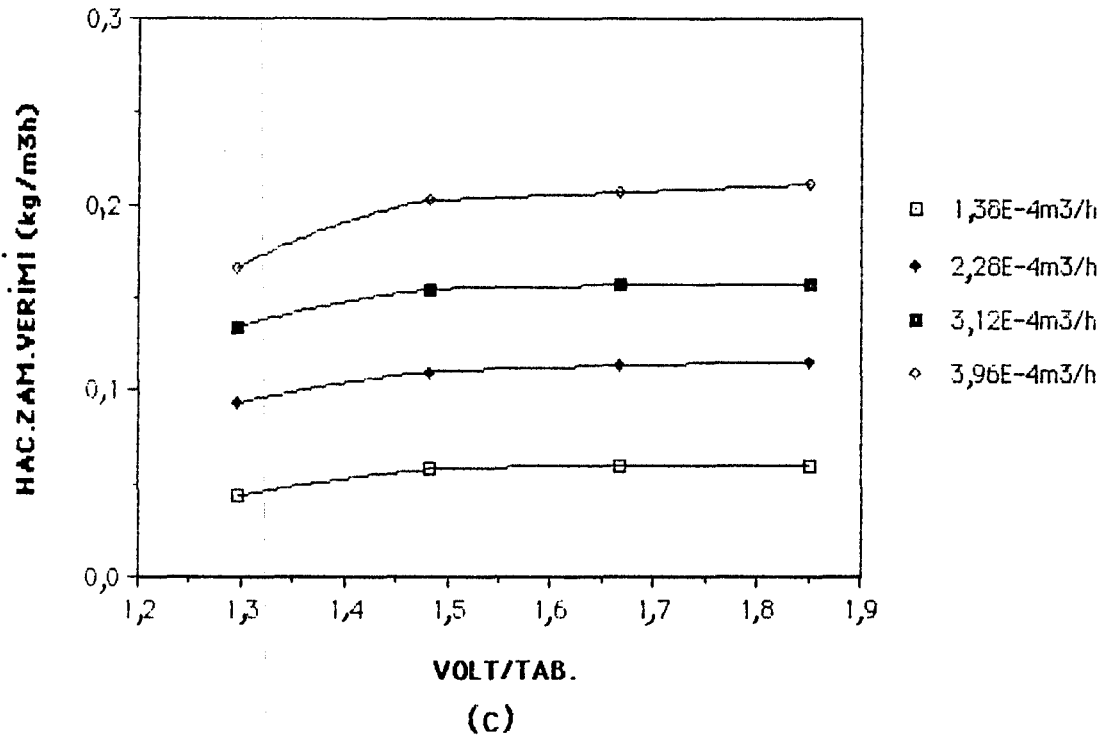
Şekil 6.25 Ostazin oliu HG için farklı akış hızlarında, uygulanan gerilim ile % giderimin değişimi (a) 10 mg/l, (b) 20 mg/l, (c) 30 mg/l derişimlerinde.



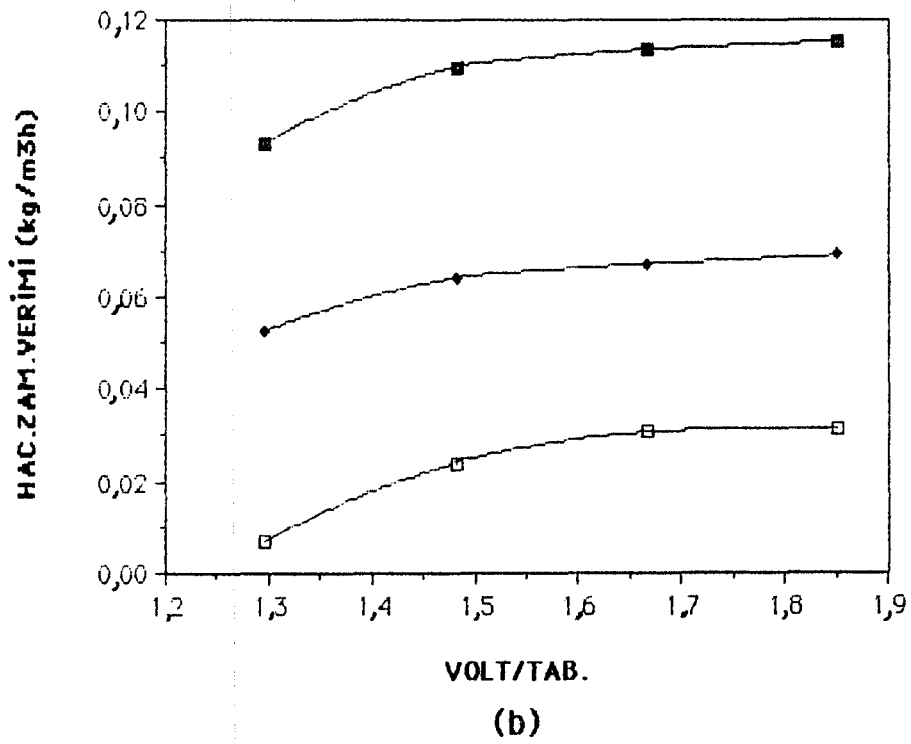
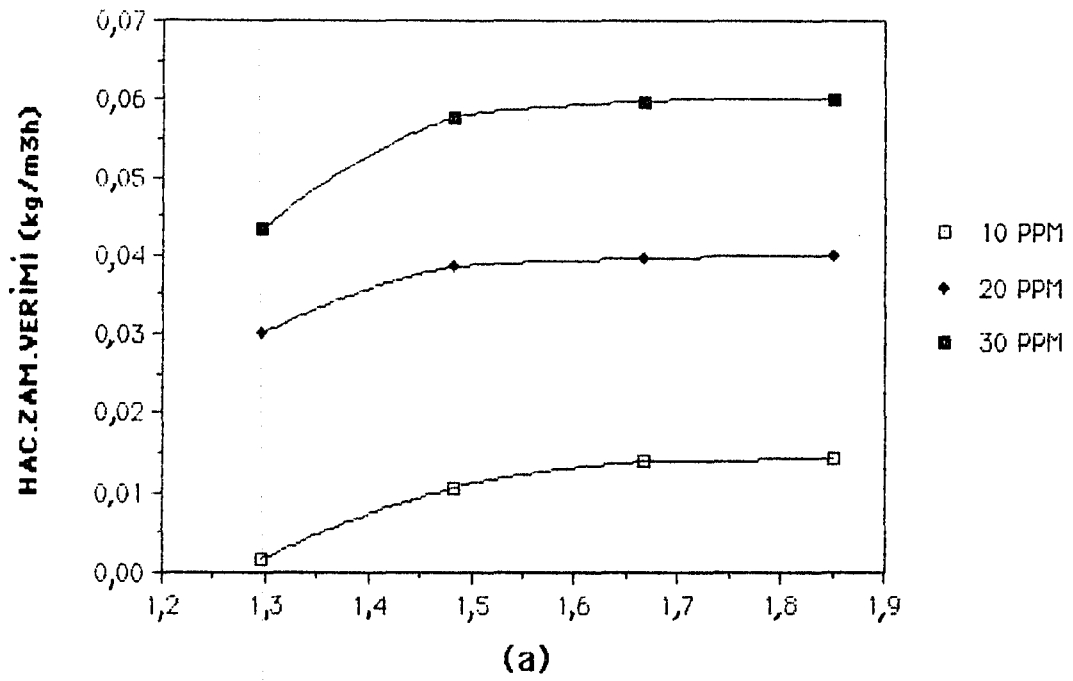


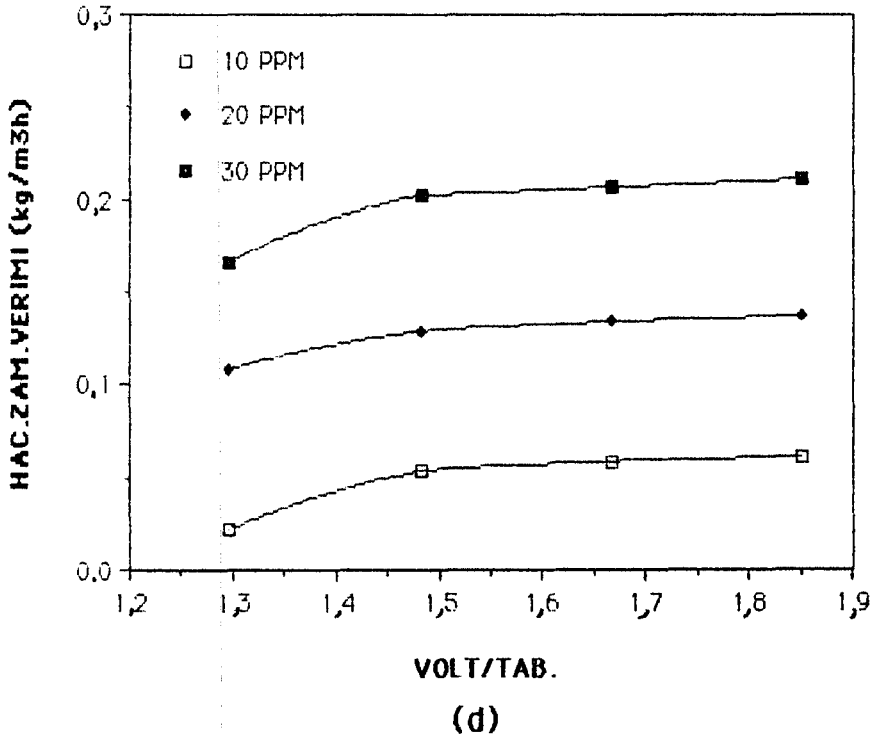
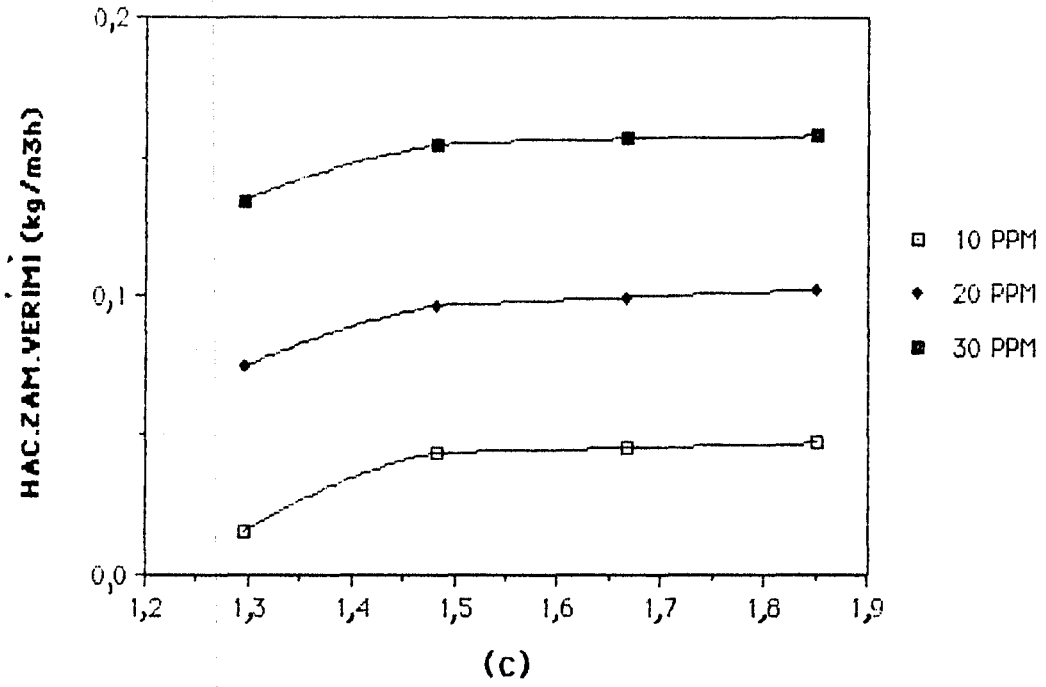
Şekil 6.26 Ostazin oliv HG için farklı derişimlerde, uygulanan gerilim ile % giderimin değişimi, (a) $1,38 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{h}$, (b) $2,28 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{h}$, (c) $3,12 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{h}$, (d) $3,96 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{h}$ akış hızlarında.



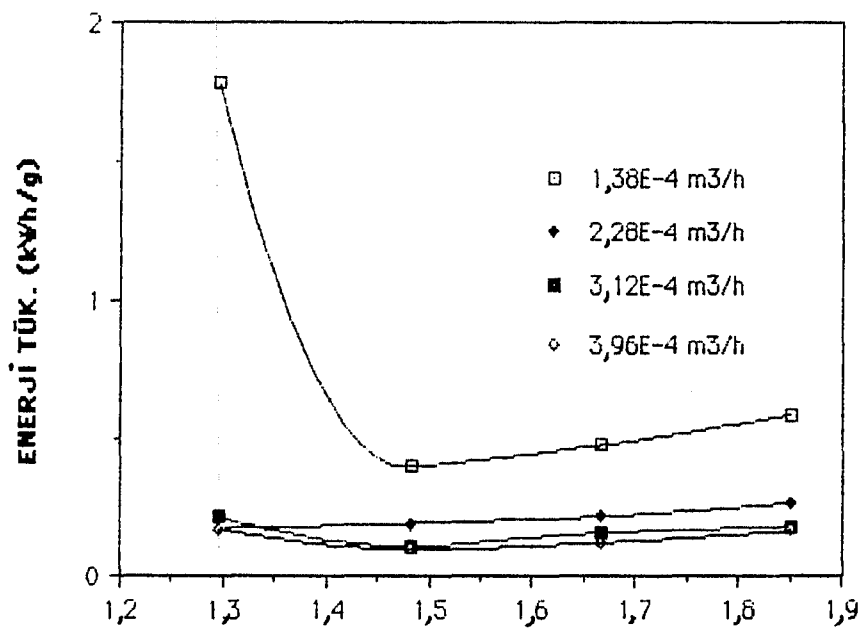


Şekil 6.27 Ostazin oliv HG için farklı akış hızlarında, uygulanan gerilim ile hacim-zaman veriminin değişimi, (a) 10 mg/l, (b) 20 mg/l, (c) 30 mg/l derişimlerinde.

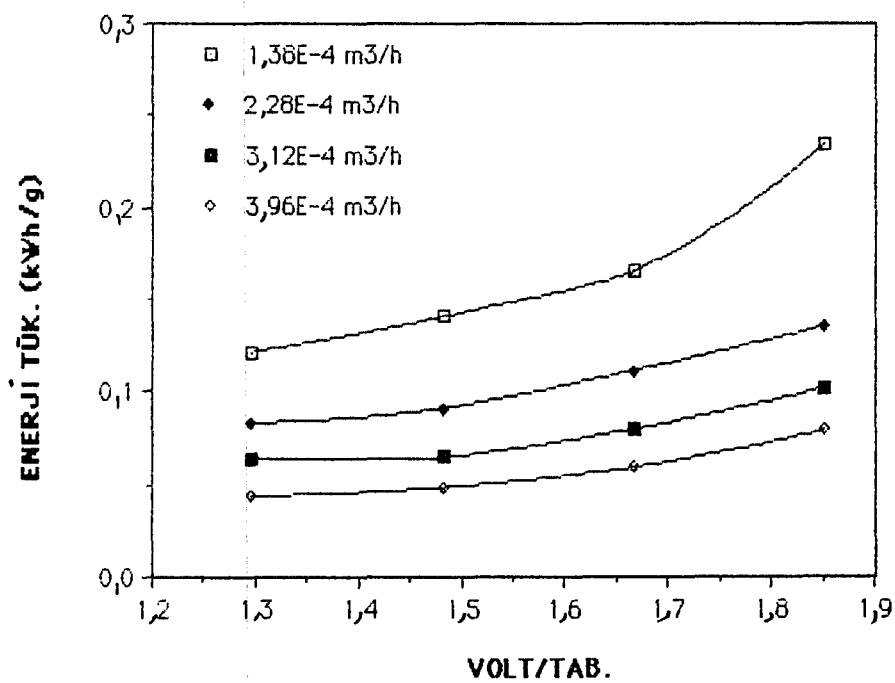




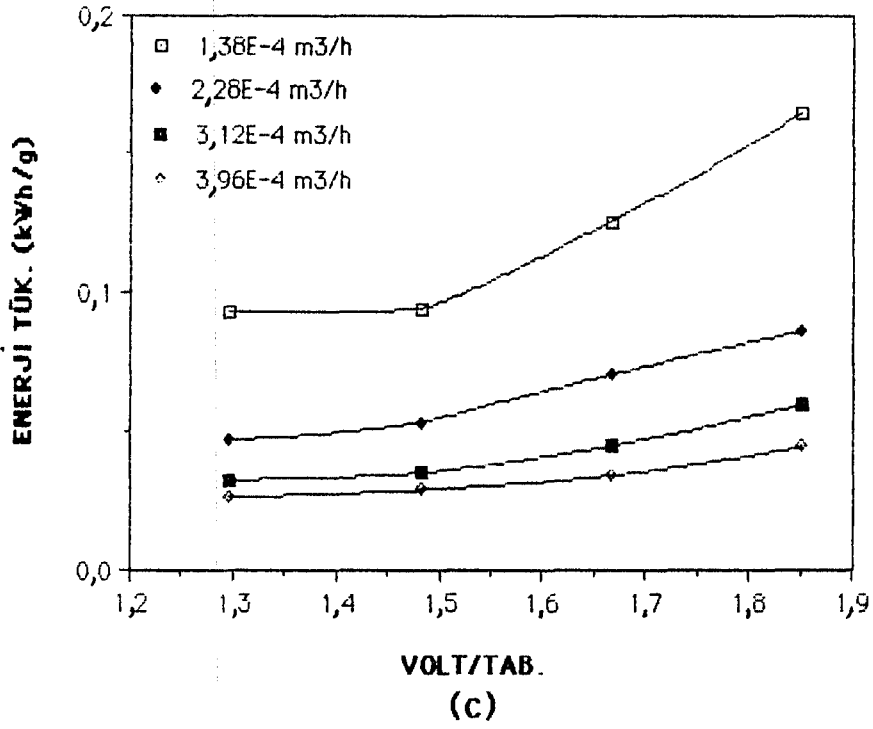
Şekil 6.28 Ostazin oliv HG için farklı derişimlerde, uygulanan gerilim ile hacim-zaman veriminin değişimi, (a) $1,38 \cdot 10^{-4}$ m³/h, (b) $2,28 \cdot 10^{-4}$ m³/h, (c) $3,12 \cdot 10^{-4}$ m³/h, (d) $3,96 \cdot 10^{-4}$ m³/h akış hızlarında.



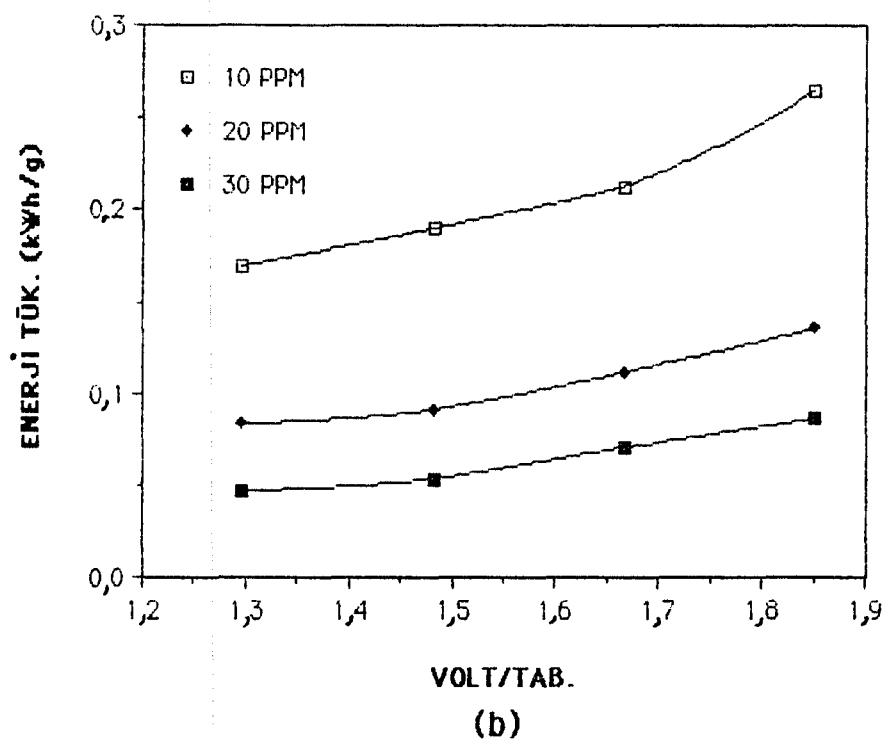
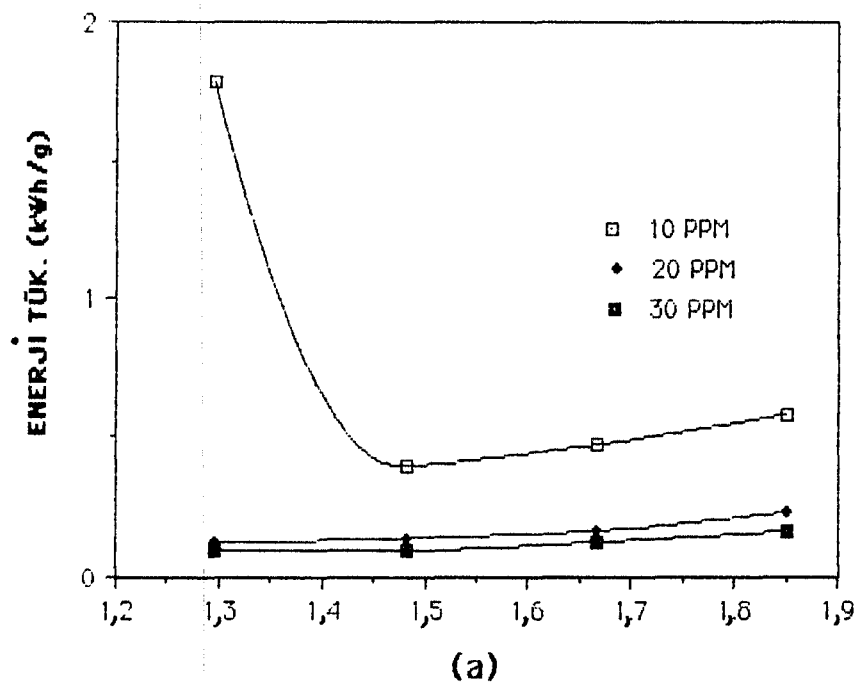
(a)

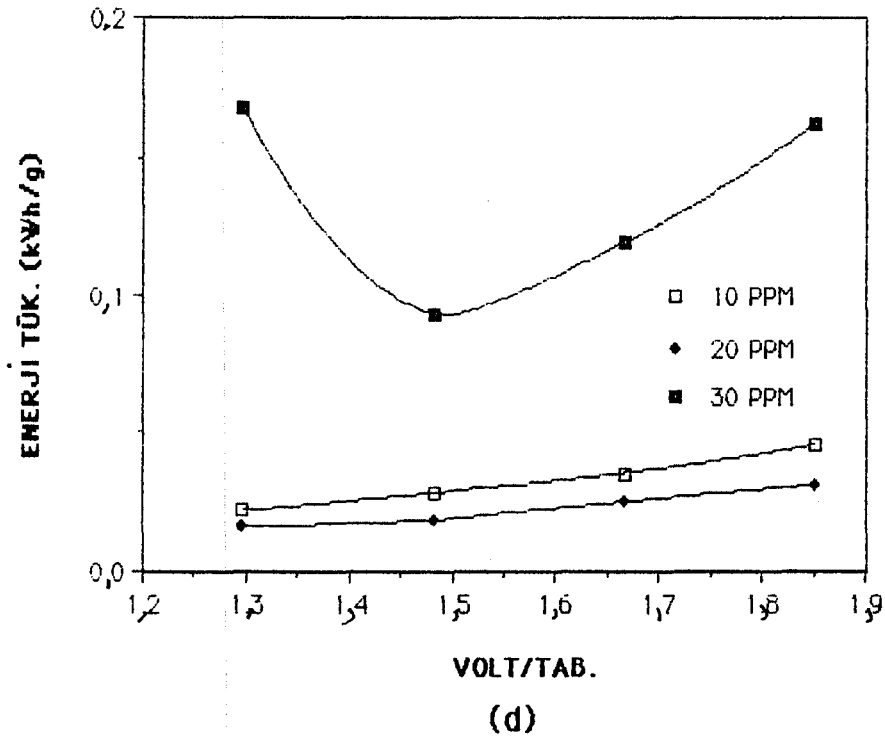
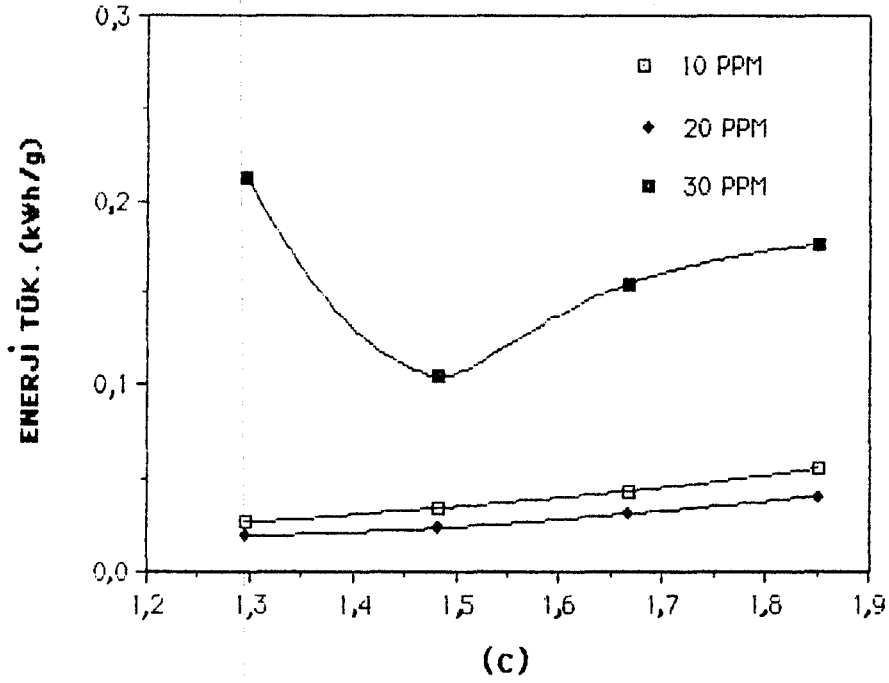


(b)



Şekil 6.29 Ostazin olive HG için farklı akış hızlarında, uygulanan gerilim ile enerji tüketiminin değişimi, (a) 10 mg/l, (b) 20 mg/l, (c) 30 mg/l derişimlerinde.





Şekil 6.30 Ostazin oliu HG için farklı derişimlerde, uygulanan gerilim ile enerji tüketiminin değişimi, (a) $1,38 \cdot 10^{-4}$ m^3/h , (b) $2,28 \cdot 10^{-4}$ m^3/h , (c) $3,12 \cdot 10^{-4}$ m^3/h , (d) $3,96 \cdot 10^{-4}$ m^3/h akış hızlarında.

6.2.5. Ostazin black HN ile yapılan deneysel çalışmalar ve sonuçları

Ostazin black HN'nin 10, 20 ve 30 mg/l derişimlerinde hazırlanan 0,5 M NaCl içeren sulu çözeltileri ile çalışılmıştır. Bu çalışmalarda çözelti akış hızı ve uygulanan gerilim parametre olarak incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar Çizelge 6.16, 6.17, 6.18 de verilmiştir. Uygulanan gerilim ile % giderimin değişimi Şekil 6.31, 6.32 de, hacim-zaman veriminin değişimi Şekil 6.33, 6.34 de, enerji tüketiminin değişimi ise Şekil 6.35, 6.36 da gösterilmiştir.

Çizelge 6. 16 Ostazin black HN'nin 10 mg / l derişimdeki deney sonuçları

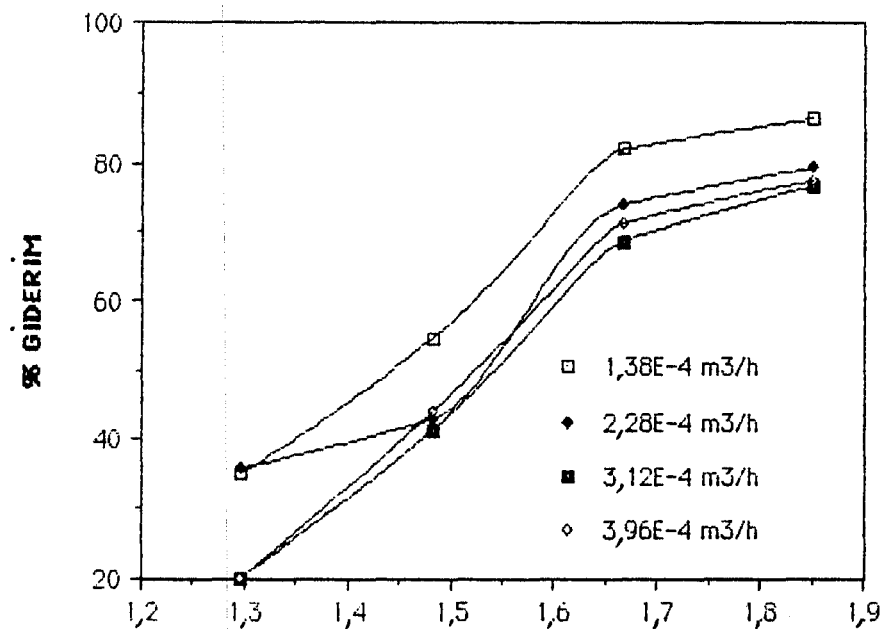
	Gerilim (V)	Ger. / Tab. (V)	Akım ³ (A) 10 ³	Akım Şiddeti (A / m ²)	Son Derişim (mg l)	% Giderim	Hac. Zam. Ver. (kg / m ³ h)	Enerji Tük. (K.W h / g)
1,38 x 10 ⁻⁴ m ³ / h Çöz. Ak. Hız.	35	1,2963	4,5	6,633	6,494	35,06	0,0101	0,3255
	40	1,4815	5,0	7,370	4,547	54,53	0,0157	0,2658
	45	1,6667	6,0	8,844	1,804	81,96	0,0235	0,2387
	50	1,8518	7,5	11,055	1,362	86,38	0,0248	0,3146
2,28 x 10 ⁻⁴ m ³ / h Çöz. Ak. Hız.	35	1,2963	4,5	6,633	6,406	35,94	0,0170	0,1922
	40	1,4815	5,5	8,107	5,698	43,02	0,0204	0,2243
	45	1,6667	6,5	9,581	2,601	73,99	0,0351	0,2223
	50	1,8518	7,5	11,055	2,069	79,31	0,0376	0,2074
3,12 x 10 ⁻⁴ m ³ / h Çöz. Ak. Hız.	35	1,2963	4,5	6,633	7,910	20,09	0,0136	0,2415
	40	1,4815	6,0	8,844	8,844	41,25	0,0268	0,1865
	45	1,6667	6,5	9,581	3,132	68,68	0,0446	0,1365
	50	1,8518	8,5	12,529	2,335	76,65	0,0498	0,1777
3,96 x 10 ⁻⁴ m ³ / h Çöz. Ak. Hız.	35	1,2963	5,0	7,370	7,999	20,01	0,0165	0,2208
	40	1,4815	6,0	8,844	5,609	43,91	0,0362	0,1380
	45	1,6667	7,0	10,318	2,866	71,34	0,0588	0,1115
	50	1,8518	8,5	12,529	2,247	77,53	0,0639	0,1384

Çizelge 6. 17 Ostazin black HN'nin 20 mg / l derişimdeki deney sonuçları

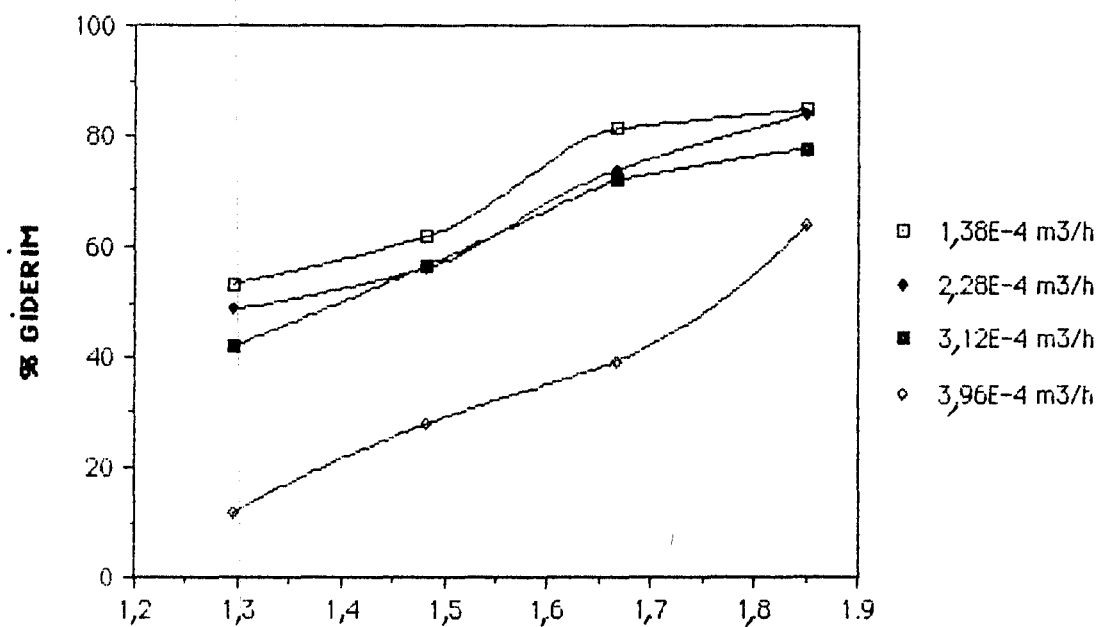
	Gerilim (V)	Ger. / Tab. (V)	Akım ³ (A) 10 ³	Akım Şiddeti (A / m ²)	Son Derişim (mg l)	% Giderim	Hac. Zam. Ver. (kg / m ³ h)	Enerji Tük. (K.W h / g)
1,38 x 10 ⁻⁴ m ³ / h Çöz. Ak. Hiz.	35	1,2963	4,5	6,633	9,326	53,37	0,0306	0,1069
	40	1,4815	5,0	7,370	7,645	61,78	0,0355	0,1173
	45	1,6667	6,5	8,581	3,751	81,25	0,0473	0,1304
	50	1,8518	8,0	11,792	3,043	84,79	0,0493	0,1709
2,28 x 10 ⁻⁴ m ³ / h Çöz. Ak. Hiz.	35	1,2963	4,5	6,633	10,290	48,55	0,0461	0,0711
	40	1,4815	5,0	7,370	8,795	56,03	0,0532	0,0783
	45	1,6667	6,5	8,581	5,255	73,73	0,0700	0,0870
	50	1,8518	8,0	11,792	3,220	83,90	0,0796	0,1046
3,12 x 10 ⁻⁴ m ³ / h Çöz. Ak. Hiz.	35	1,2963	5,0	7,370	11,627	41,87	0,0544	0,0670
	40	1,4815	6,0	8,844	8,708	56,46	0,0733	0,0681
	45	1,6667	6,5	9,581	5,609	71,96	0,0934	0,0651
	50	1,8518	8,0	11,792	4,459	77,71	0,1009	0,0825
3,96 x 10 ⁻⁴ m ³ / h Çöz. Ak. Hiz.	35	1,2963	4,5	6,633	17,645	11,78	0,0194	0,1689
	40	1,4815	6,0	8,844	14,459	27,71	0,0457	0,1094
	45	1,6667	7,0	10,318	12,158	39,21	0,0646	0,1014
	50	1,8518	8,0	11,792	7,202	63,99	0,1055	0,0789

Çizelge 6. 18 Ostazin black HN'nin 30 mg / l derişimdeki deney sonuçları

	Gerilim (V)	Ger. / Tab. (V)	Akım ³ (A) 10 ³	Akım Şiddeti (A / m ²)	Son Derişim (mg l)	% Giderim	Hac. Zam. Ver. (kg / m ³ h)	Enerji Tük. (K.W h / g)
1,38 x 10 ⁻⁴ m ³ / h Çöz. Ak. Hiz.	35	1,2963	4,5	6,633	14,901	50,33	0,0434	0,0756
	40	1,4815	5,0	7,370	11,716	60,95	0,0525	0,0793
	45	1,6667	6,5	9,581	6,317	78,94	0,0680	0,0895
	50	1,8518	7,5	11,055	4,370	85,43	0,0736	0,1060
2,28 x 10 ⁻⁴ m ³ / h Çöz. Ak. Hiz.	35	1,2963	4,5	6,633	17,114	42,95	0,0611	0,0536
	40	1,4815	5,0	7,370	13,397	55,34	0,0788	0,0528
	45	1,6667	6,5	9,581	10,123	66,26	0,0943	0,0645
	50	1,8518	8,0	11,792	5,698	81,01	0,1153	0,0722
3,12 x 10 ⁻⁴ m ³ / h Çöz. Ak. Hiz.	35	1,2963	4,5	6,633	18,260	39,13	0,0762	0,0430
	40	1,4815	6,0	8,844	14,720	50,93	0,0992	0,0503
	45	1,6667	6,5	9,581	9,061	69,80	0,1360	0,0448
	50	1,8518	8,0	11,792	7,556	74,81	0,1457	0,0571
3,96 x 10 ⁻⁴ m ³ / h Çöz. Ak. Hiz.	35	1,2963	5,0	7,370	22,335	25,55	0,0632	0,0577
	40	1,4815	6,5	9,581	19,59	35,70	0,0858	0,0631
	45	1,6667	7,5	11,055	13,309	55,64	0,1375	0,0511
	50	1,8518	8,0	11,792	8,884	70,79	0,1740	0,0478

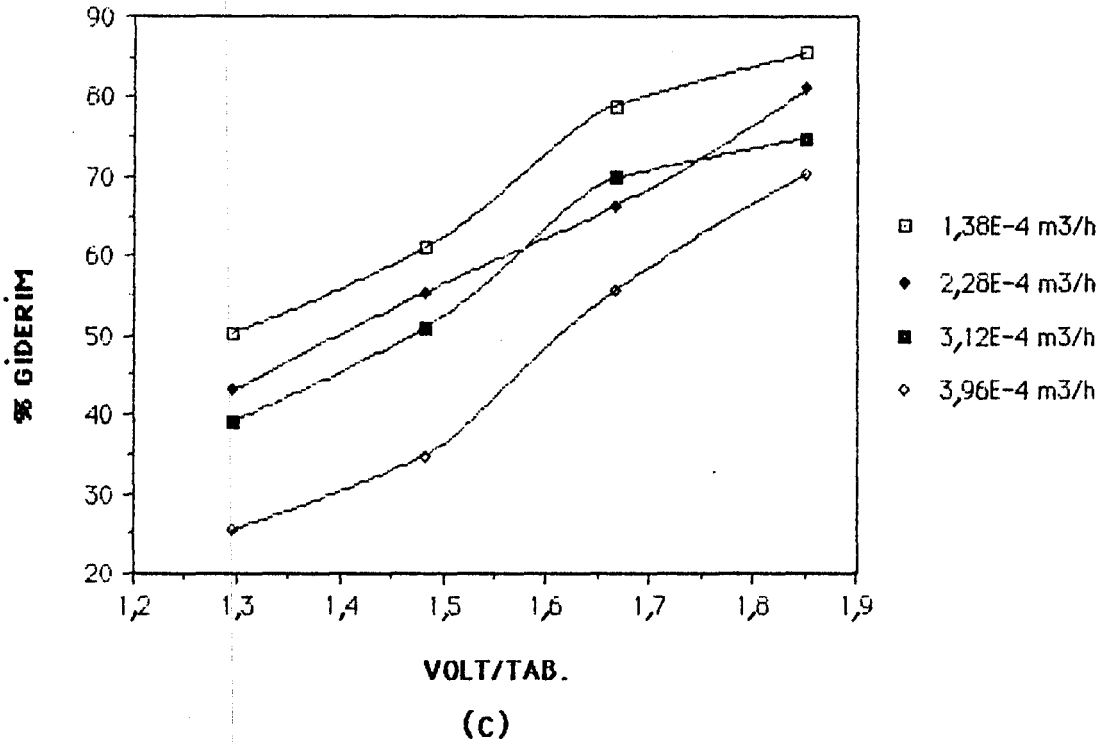


(a)

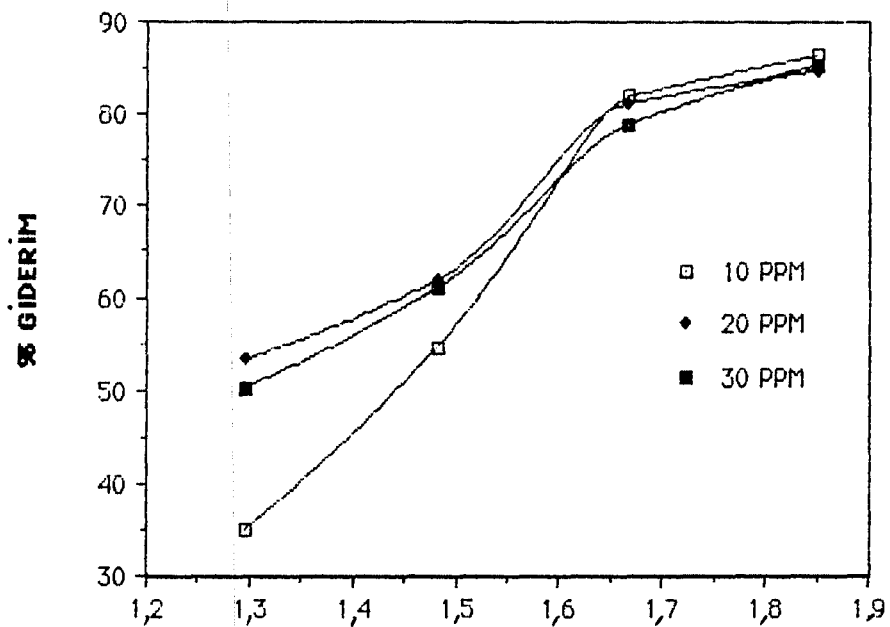


VOLT/TAB.

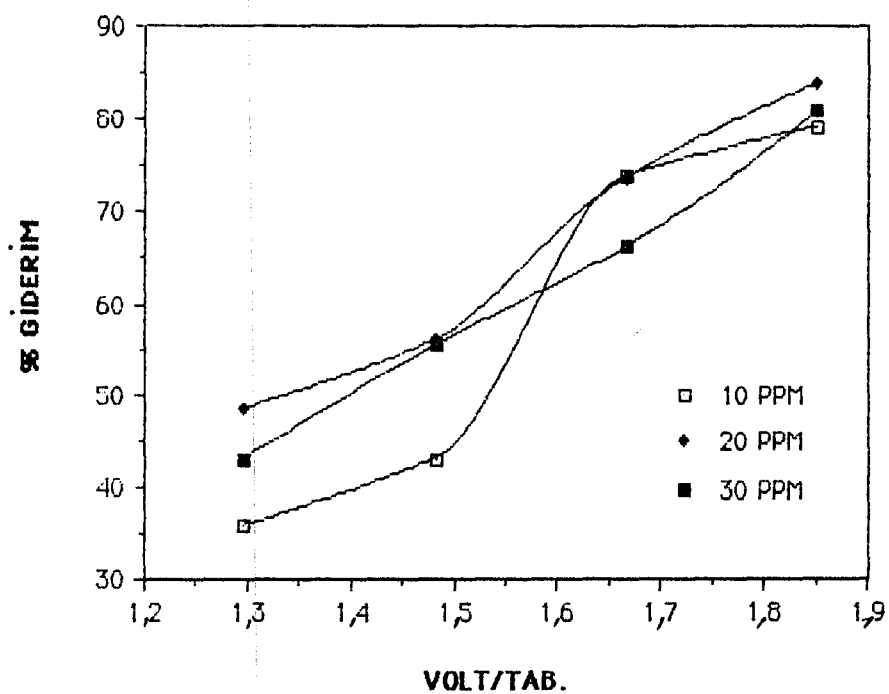
(b)



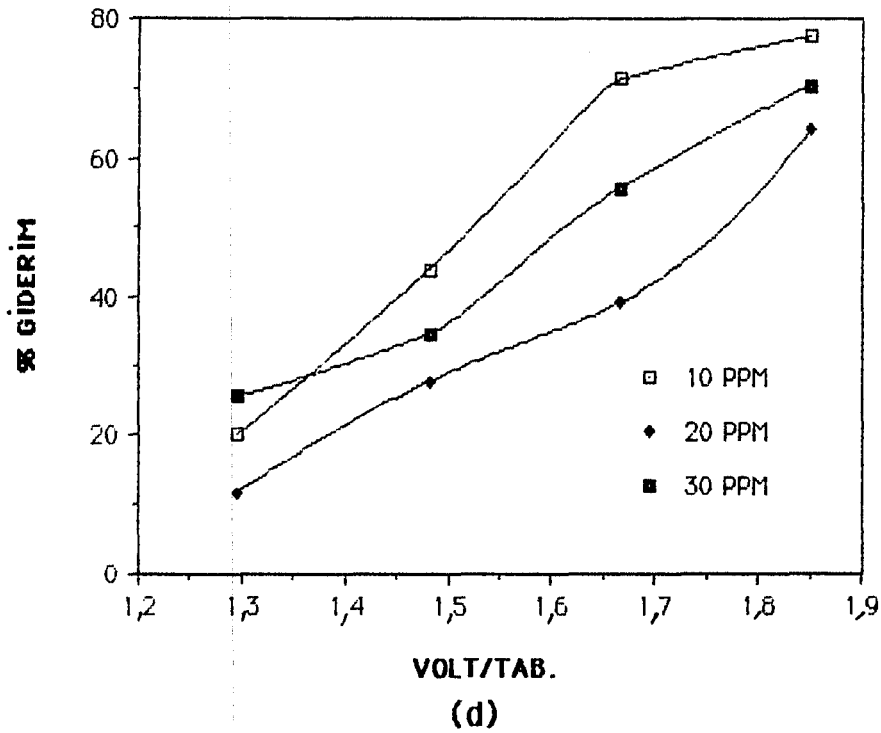
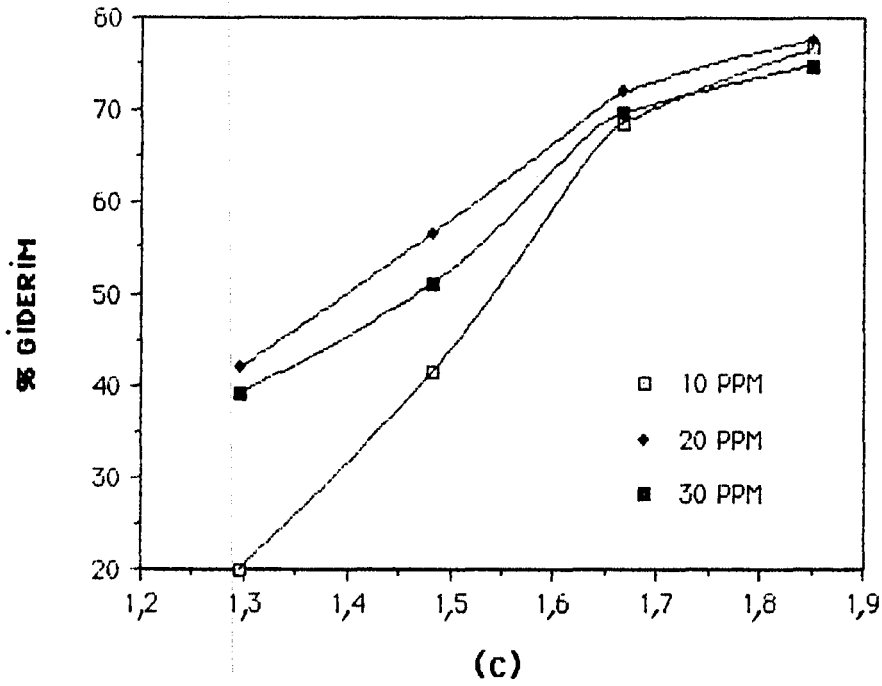
Şekil 6.31 Ostazin black HN için farklı akış hızlarında, uygulanan gerilim % giderimin değişimi, (a) 10 mg/l, (b) 20 mg/l, (c) 30 mg/l derişimlerinde.



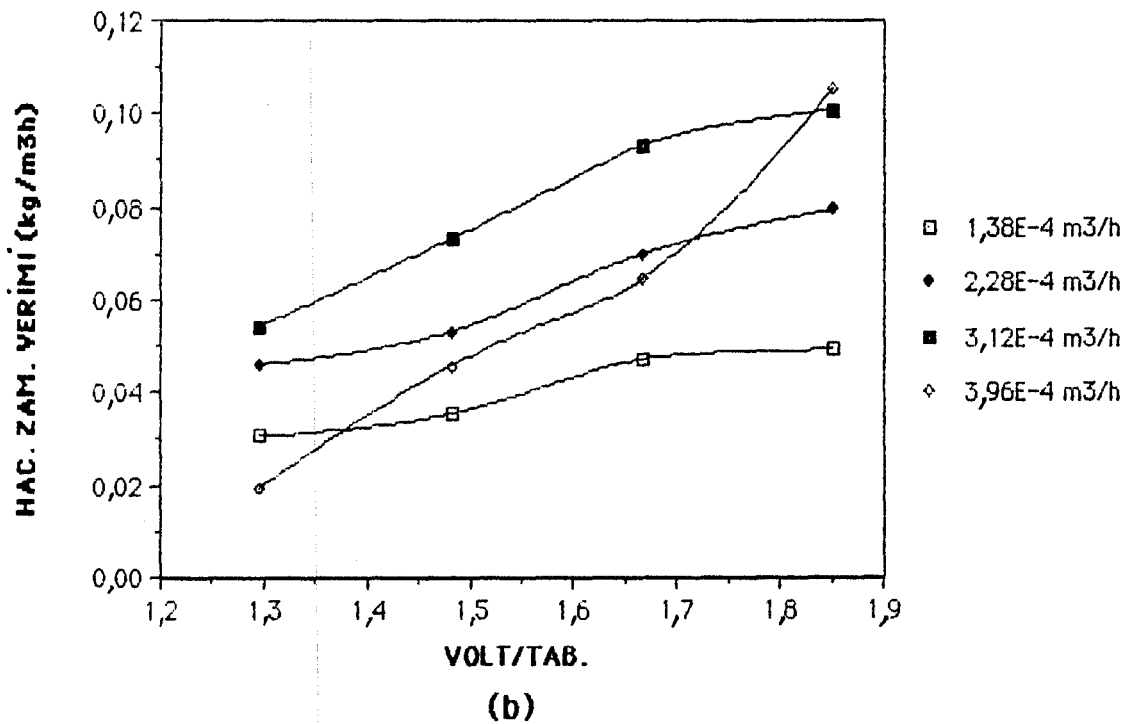
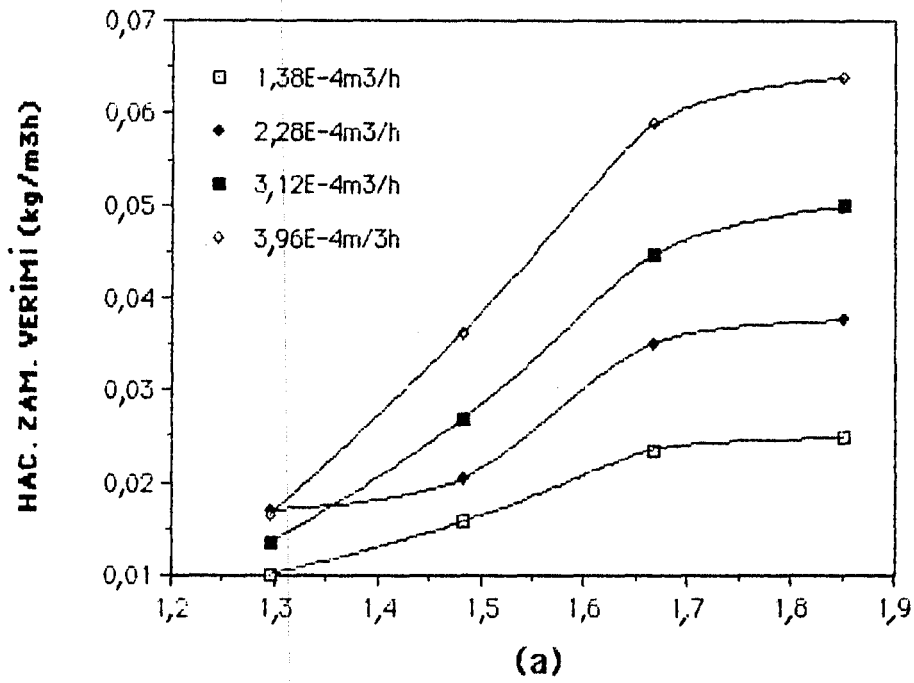
(a)

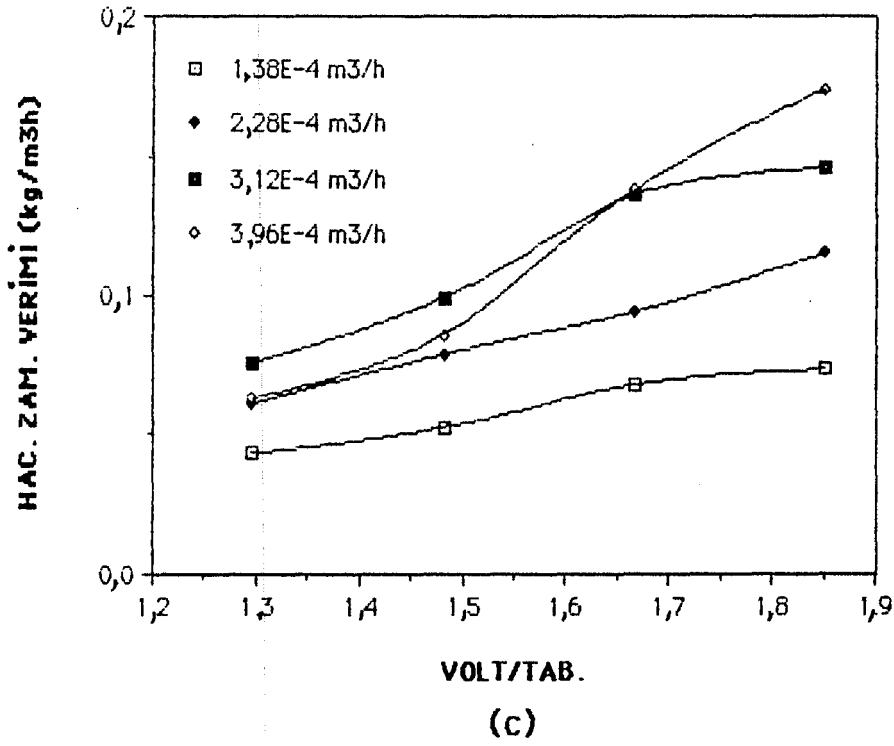


(b)

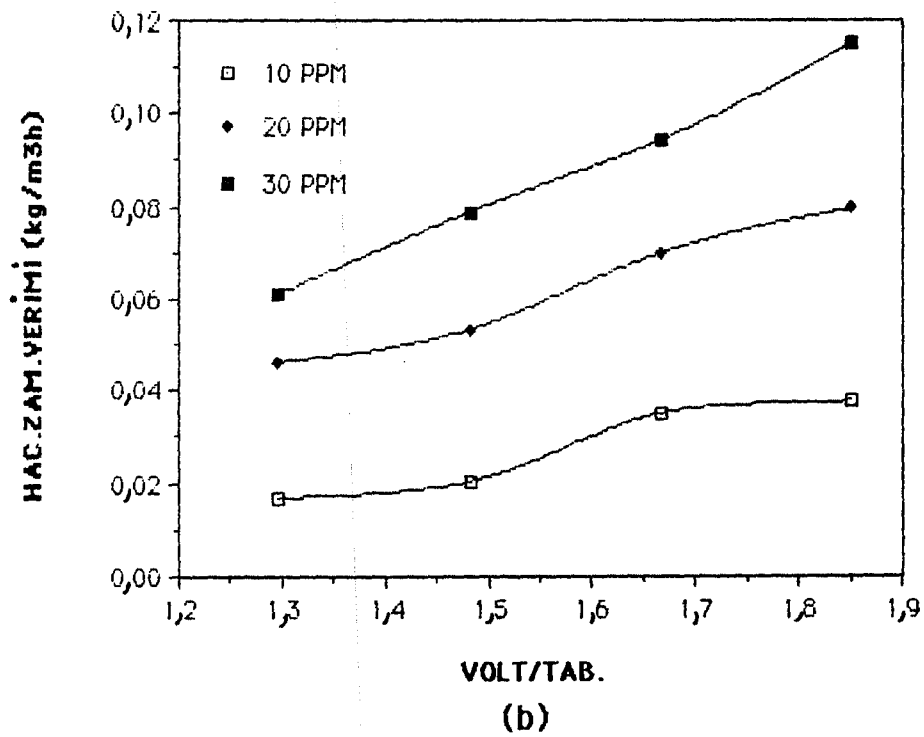
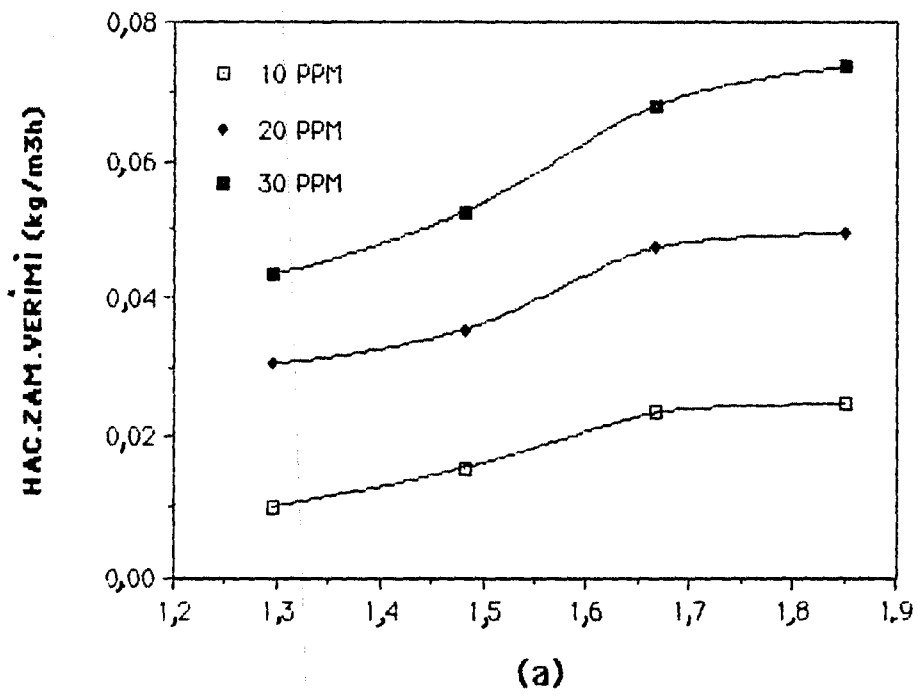


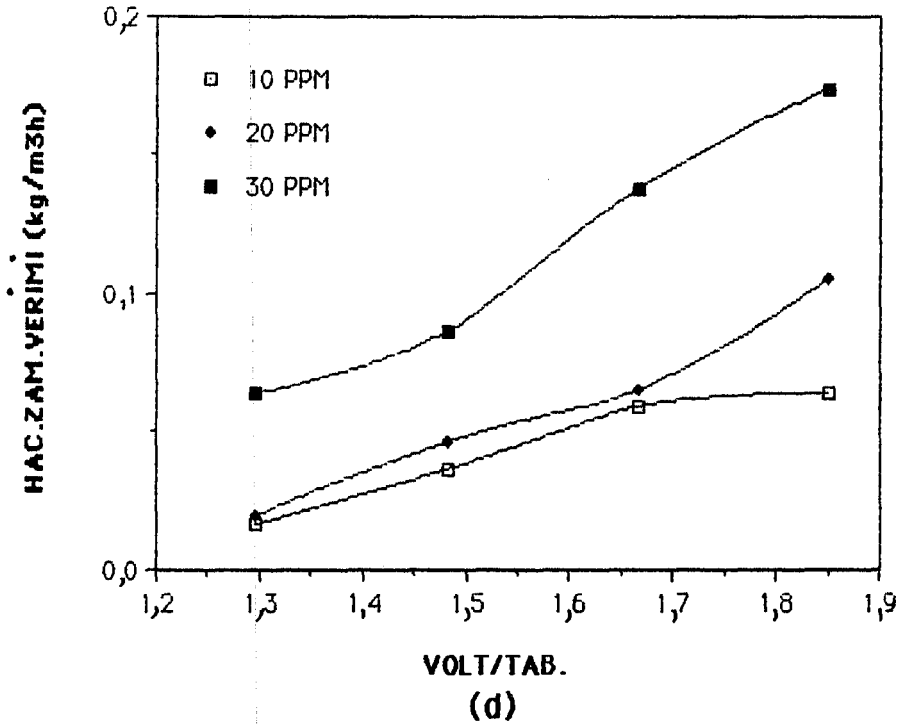
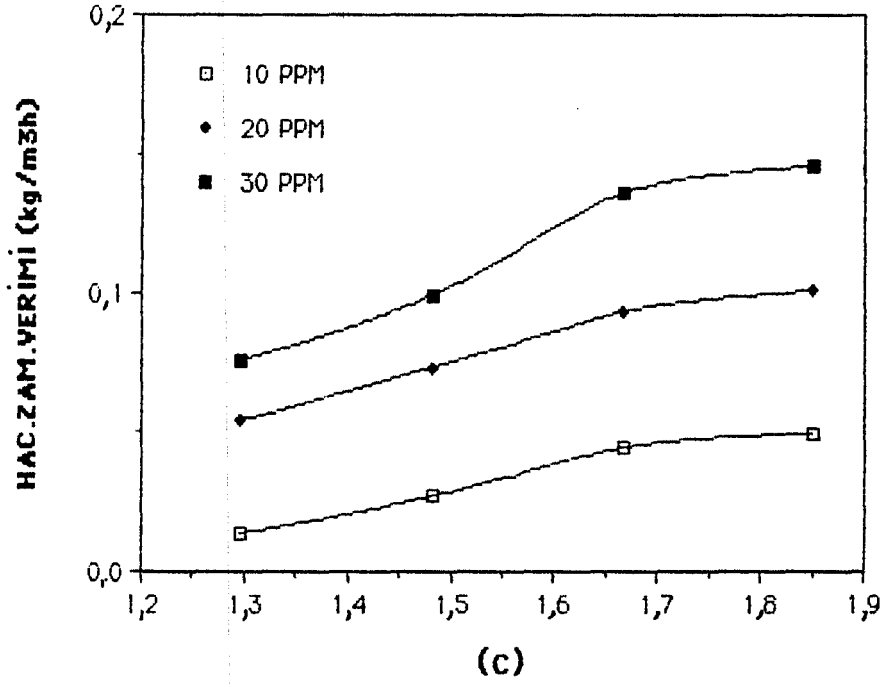
Şekil 6.32 Ostazin black HN için farklı derişimlerde, uygulanan gerilim % giderimin değişimi, (a) $1,38 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{h}$, (b) $2,28 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{h}$, (c) $3,12 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{h}$, (d) $3,96 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{h}$ akış hızlarında.



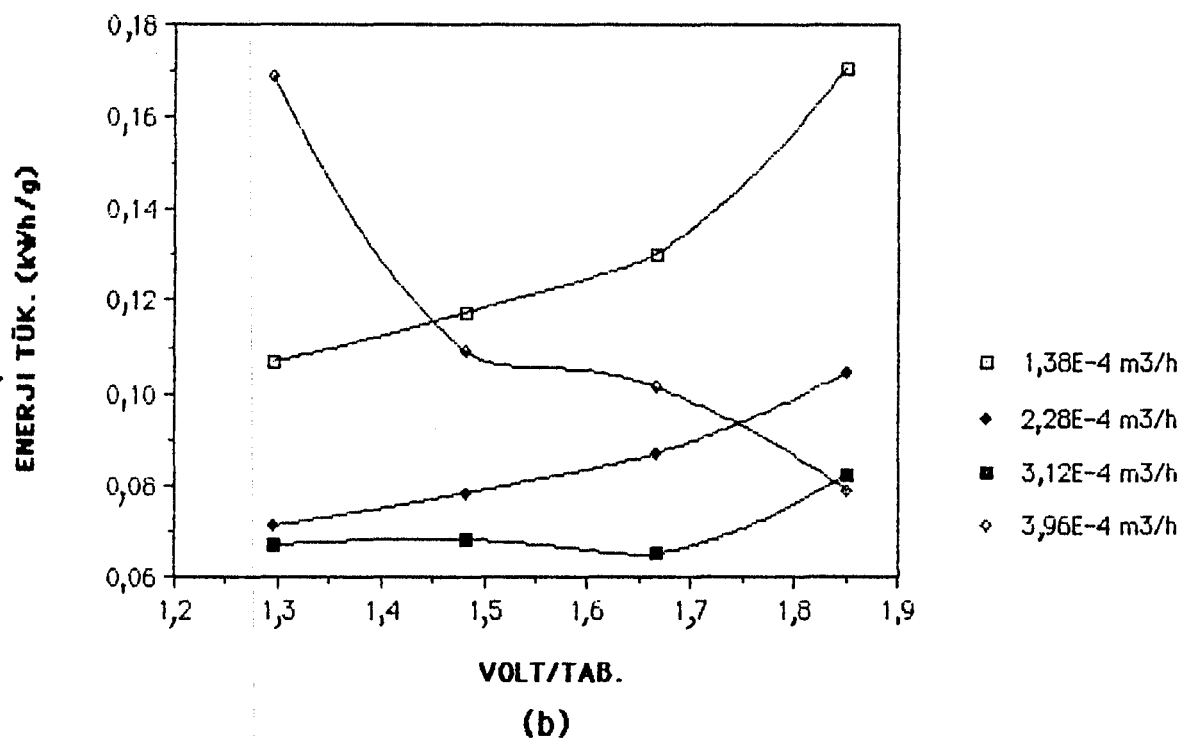
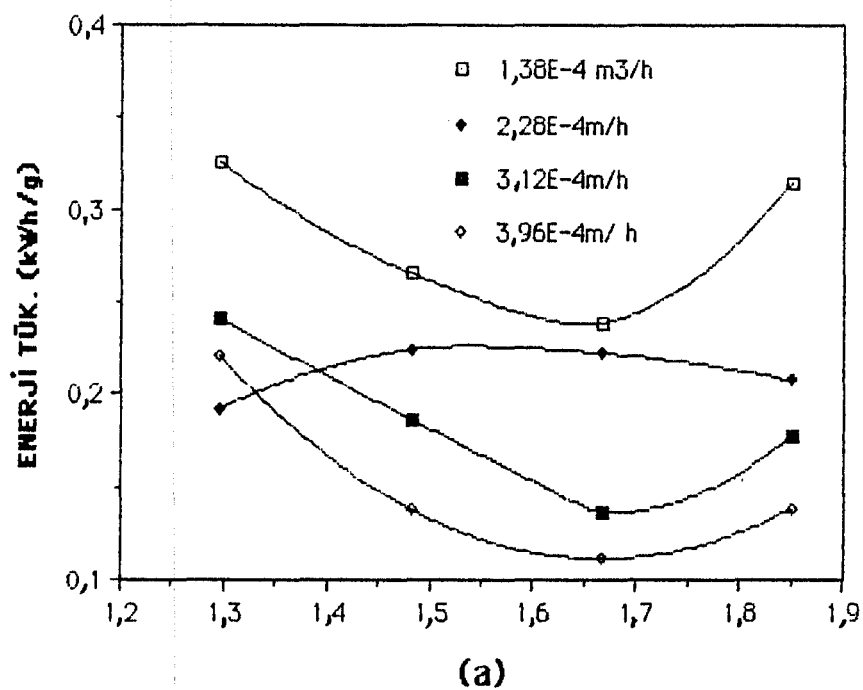


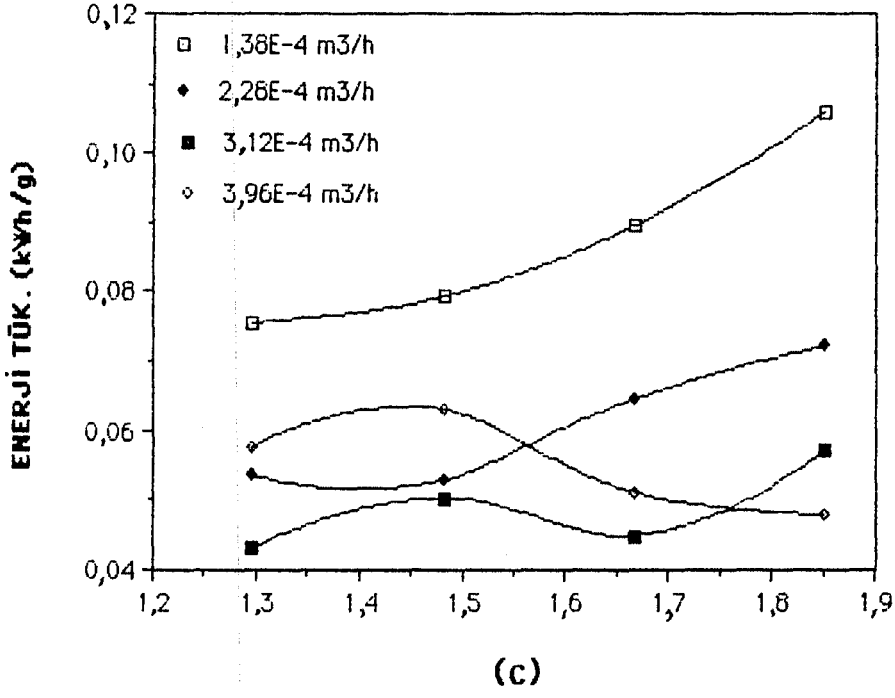
Şekil 6.33 Ostazin black HN için farklı akış hızlarında, uygulanan gerilim ile hacim-zaman veriminin değişimi, (a) 10 mg/l, (b) 20 mg/l, (c) 30 mg/l derişimlerinde.



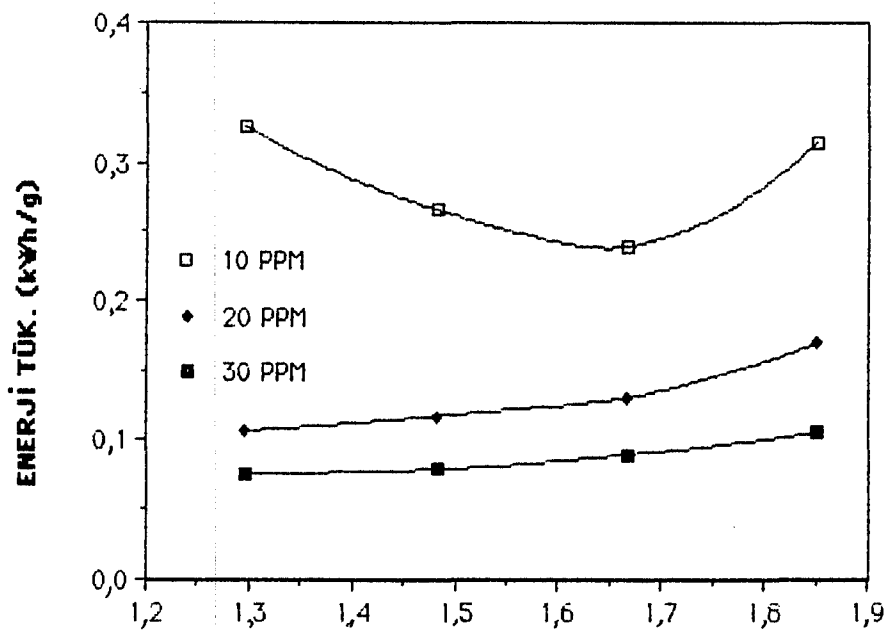


Şekil 6.34 Ostazin black HN için farklı derişimlerde, uygulanan gerilim ile hacim-zaman veriminin değişimi, (a) $1,38 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{h}$, (b) $2,28 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{h}$, (c) $3,12 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{h}$, (d) $3,96 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{h}$ akış hızlarında .

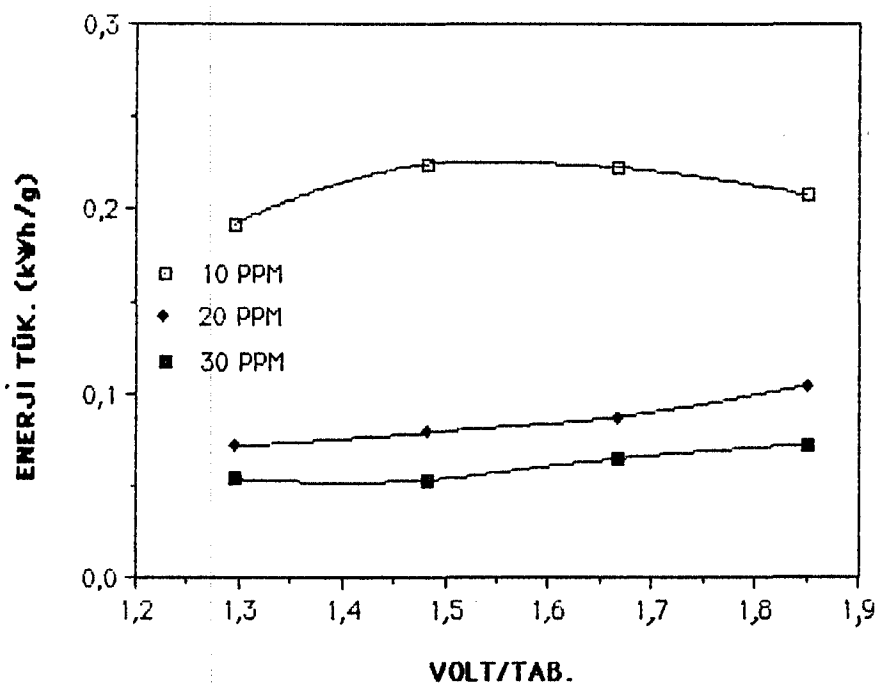




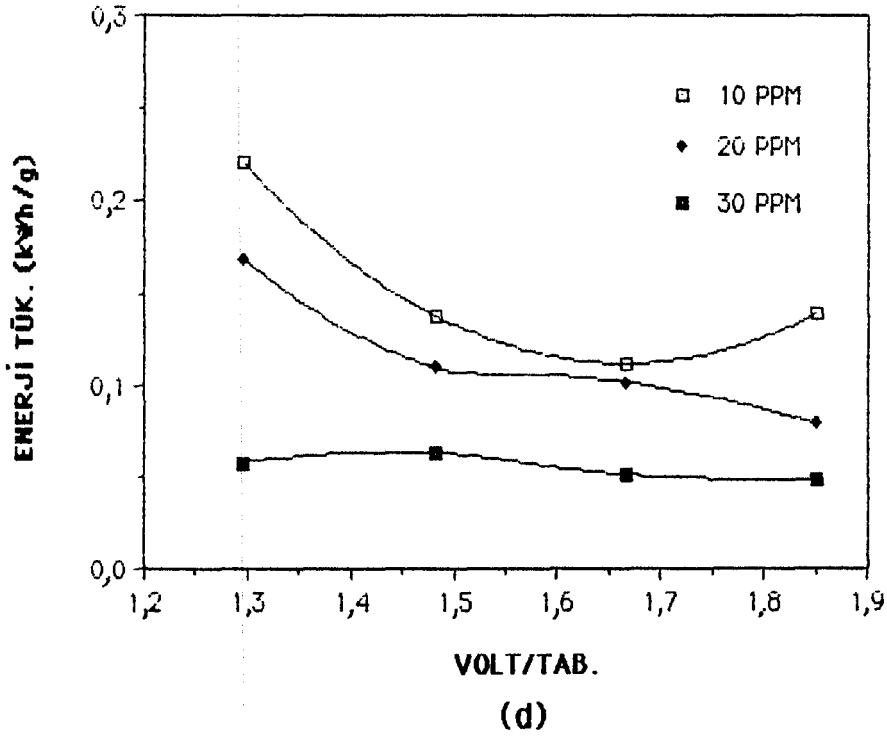
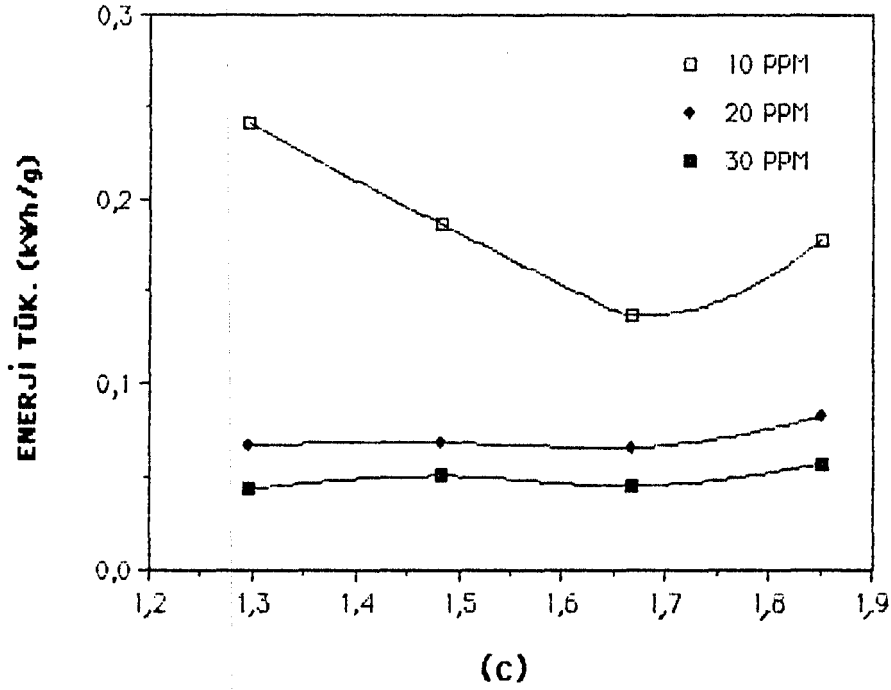
Şekil 6.35 Ostazin black HN için farklı akış hızlarında, uygulanan gerilim ile enerji tüketiminin değişimi, (a) 10 mg/l, (b) 20 mg/l, (c) 30 mg/l derişimlerinde.



(a)



(b)



Şekil 6.36 Ostazin black HN için farklı derişimlerde, uygulanan gerilim ile enerji tüketiminin değişimi, (a) $1,38 \cdot 10^{-4}$ m^3/h , (b) $2,28 \cdot 10^{-4}$ m^3/h , (c) $3,12 \cdot 10^{-4}$ m^3/h , (d) $3,96 \cdot 10^{-4}$ m^3/h akış hızlarında.

6.3. Tekstil Fabrikası Atıksuyu İle Yapılan Deneysel Çalışmalar ve Sonuçları

Yapılan çalışmada, Eskişehir bölgesi Sümerbank Tekstil Fabrikasının 19.06.1991 tarihli atıksuyu kullanılmıştır. Ham atıksu bulanık görünüme sahip olup pH'sı 9,5 civarındadır. Ham atıksu elektrokimyasal yükseltgeme işlemine tabi tutulmadan önce kaba süzgeç kağıdından süzülerek berrak çözelti elde edilmiş ve içerisine 0,5 M derişimde olacak şekilde NaCl ilave edilmiştir. Bu şekilde hazırlanan çalışma çözeltilisinin maksimum absorbans verdiği dalga boyu bulunmuş ve bu dalga boyunda absorbans değeri okunmuştur. Aynı çözeltilinin giderim sonu absorbans değerleri de okunarak giderim etkinliği hesabında kullanılmıştır.

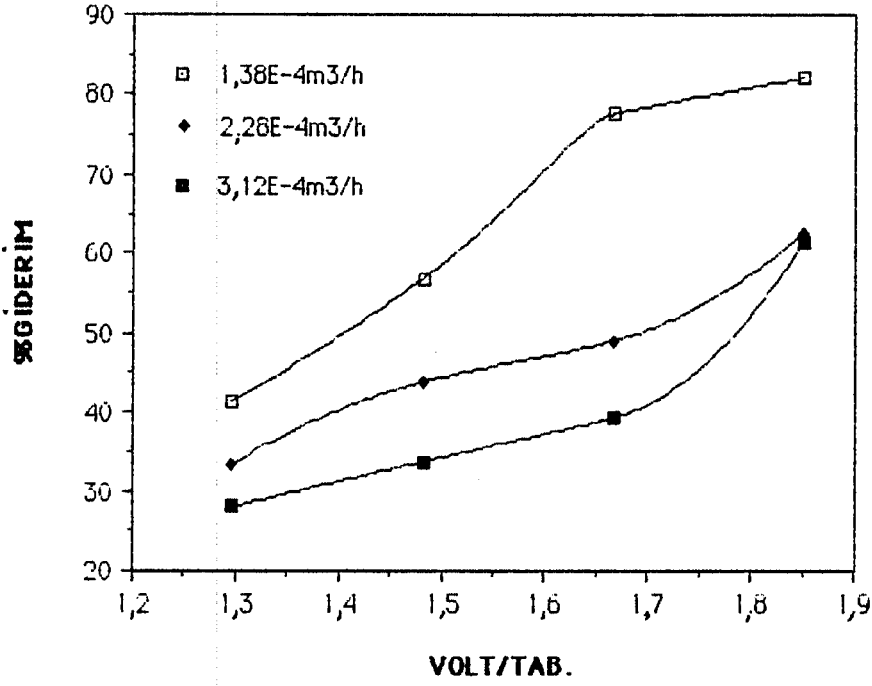
0,5 M NaCl içeren atıksu ile, değişik akış hızları ve gerilimlerde yapılan deneysel çalışmanın sonuçları Çizelge 6.19 da verilmiştir. Ham atıksuyun destek elektrolitsiz deney sonuçları ile pH'sı 6,7 ye düşürülerek elde edilen sonuçlar ise Çizelge 6.20 de verilmiştir. Uygulanan gerilim ile % giderimin değişimi Şekil 6.37 de, enerji tüketiminin değişimi Şekil 6.38 de gösterilmiştir. Ayrıca, uygulanan gerilim ile % giderimin değişimine pH ve NaCl'nin etkisi sırası ile Şekil 6.39 ve 6.40 da gösterilmiştir.

Çizelge 6.19 Tekstil fabrikası atıksuyu ile yapılan deney sonuçları

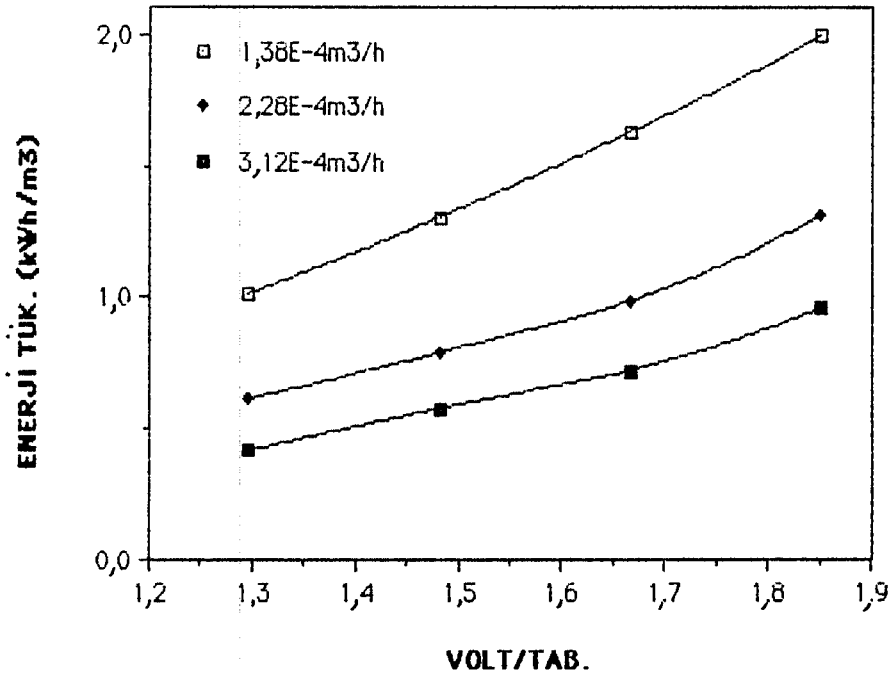
	Gerilim (V)	Ger. / Tab. (V)	Akım ³ (A) 10 ³	Akım Şiddeti (A / m ²)	% Giderim	Enerji Tük. (k w h / m ³)
1,38 x 10 ⁴ m ³ / h Çöz. Ak. hız.	35	1,2963	4,0	5,896	41,40	1,0145
	40	1,4815	4,5	6,633	56,47	0,3043
	45	1,6667	5,0	7,370	77,63	1,6300
	50	1,8518	5,5	8,107	82,04	1,9930
2,28 x 10 ⁴ m ³ / h Çöz. Ak. hız.	35	1,2963	4,0	5,896	33,33	0,614
	40	1,4815	4,5	6,633	43,84	0,7895
	45	1,6667	5,0	7,370	49,01	0,9868
	50	1,8518	6,0	8,844	62,56	1,3158
3,12 x 10 ⁴ m ³ / h Çöz. Ak. hız.,	35	1,2963	4,0	5,896	28,01	0,4187
	40	1,4815	4,5	6,633	33,64	0,5769
	45	1,6667	5,0	7,370	39,01	0,7212
	50	1,8510	6,0	8,844	61,34	1,9615

Çizelge 6.20 Atıksu için 1,38x 10⁴ m³ / h akış hızında, nötr PH'da ve destek elektrolitsiz ortamda yapılan deneysel çalışmanın sonuçları

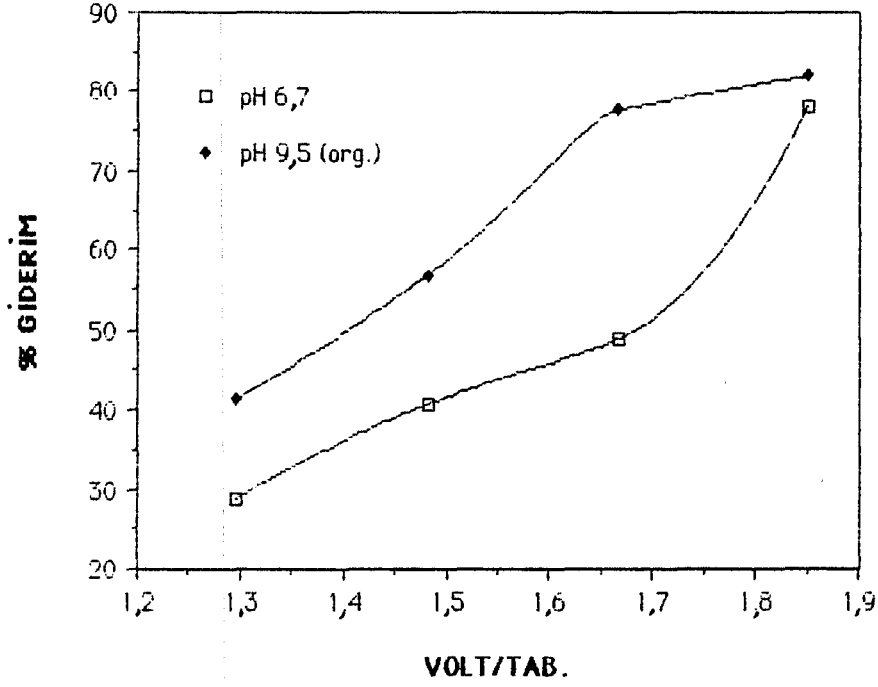
	Gerilim (V)	Ger. / Tab. (V)	Akım ³ (A) 10 ³	Akım Şiddeti (A / m ²)	% Giderim	Enerji Tük. (k w h / m ³)
pH 6,7	35	1,2963	4,0	5,896	28,75	1,0145
	40	1,4815	4,5	6,633	40,69	0,3043
	45	1,6667	5,0	7,370	48,82	1,6304
	50	1,8518	6,0	8,844	78,12	2,179
NaCl'siz	35	1,2963	1,0	0,147	14,00	0,2536
	40	1,4815	1,0	0,147	18,26	0,2899
	45	1,6667	1,0	0,147	22,37	0,3261
	50	1,8518	1,0	0,147	22,53	1,3623



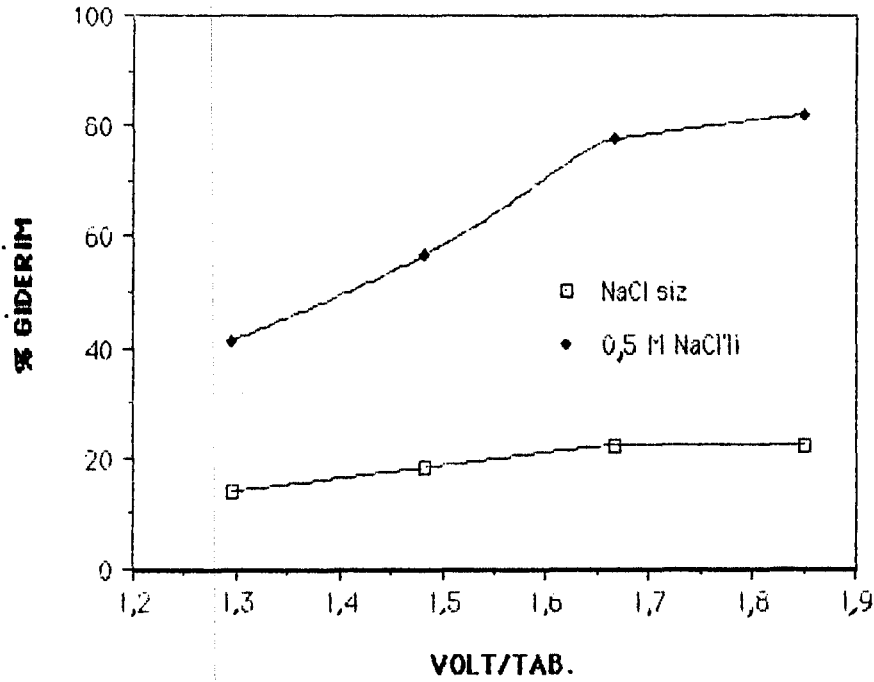
Şekil 6.37 Tekstil fabrikası atık suyu için farklı akış hızlarında, uygulanan gerilim ile % giderimin değişimi



Şekil 6.38 Tekstil fabrikası atıksuyu için farklı akış hızlarında, uygulanan gerilim ile enerji tüketiminin değişimi



Şekil 6.39 tekstil fabrikası atıksuyu için farklı pH'lerde, uygulanan gerilim ile % giderimin değişimi



Şekil 6.40 Tekstil fabrikası atıksuyu için farklı NaCl derişimlerinde uygulanan gerilim ile %giderimin değişimi

7. BULGULARIN TARTIŞILMASI

7.1. Rengin Giderme Hızına Etkisi

Beş farklı boya ile yapılan çalışmalar sonucunda, boyanın renginin giderme hızı üzerinde çok fazla etkin olmadığı gözlemlendi. Öyleyse hemen her tür boyanın elektrokimyasal yöntemle başarılı bir şekilde giderilebileceği söylenebilir. Literatür de bunu doğrulamaktadır.

7.2. pH'ın Etkisi

Congo Red ve Xiron Blau 2RHD ile farklı pH'larda yapılan çalışmalar Şekil 6.9 ve Şekil 6.24 de gösterilmiştir. Her iki boyada da en yüksek giderim orjinal pH (~ 7) da gözlemlendi. Yine de Xiron Blau 2 RHD'de 1,8 volt/tabakadan sonra pH'ın giderim üzerinde çok fazla etkin olmadığı gözlemlendi. Bu nedenle çalışmalarda pH ayarlaması yapılmadı. Sümerbank atıksuyunda orjinal pH da yapılan çalışma sonucu en yüksek %82 giderime ulaşılırken, pH ~ 7 de giderim aynı koşullarda %78 oldu. Fakat 1,8 V/tabakadan sonra pH'ın çok etkin olmadığı gözlemlendi. İşlemden sonra alınan çözeltilerin pH'ı ise 7-8 olarak belirlendi.

7.3. NaCl'in Etkisi

Elektrokimyasal proseslerde işleme tabi tutulacak çözeltinin iletkenliği önemli bir etkidir. Çünkü elektrokimyasal prosesler çözeltideki iyonların elektrot yüzeyine taşındığı heterojen iyon aktarımı tepkimelerinden oluşur. Bu nedenle, çözeltilerin iletkenliğini artırmak ve kütle akış teriminde göç ifadesini elimine etmek için genellikle destek elektrolitler kullanılır. Bu çalışmada çeşitli destek elektrolitler denendi ve akım verimi ve giderim üzerinde en etkin olan NaCl seçildi. Congo red ve Ostazin rot H3B ile yapılan deney sonuçları Şekil 6.10 ve 6.17 de gösterildi. Şekilden NaCl'in giderim üzerindeki olumlu etkisi açıkça görülebilir. Aynı etki atıksu örneğinde de gözlemlendi ve Şekil 6.40 da gösterildi.

7.4. Uygulanan Gerilimin Etkisi

Uygulanan gerilimin giderime etkisi denenilen her bir boya çözeltisi için gözlemlendi. "Congo Red" de uygulanan gerilim arttıkça düşük akış hızlarında 1,7-1,8 volt/tabakaya kadar hızlı bu değerlerden sonra yavaş bir artış gözlemlendi. Bu da boyanın yükseltgenme geriliminin bu değerlerde olduğunu göstermektedir. Akış hızı arttıkça, bu artış da doğrusal bir şekil aldı. Bu da akış hızının, elektrokimyasal tepkimeye girecek maddelerin elektrot yüzeylerine taşınmasında etkin olduğunu gösterir. Düşük akış hızlarında belli bir gerilim değerinden sonra, elektrotlara taşınan madde miktarının düşük olması nedeniyle dönüşüm de azalmaktadır. Akış hızının artmasıyla bu olumsuzluk giderilmekte ve doğrusal artış gözlenmektedir. Bu sonuç Şekil 6.3 ve 6.4 de gözlenebilir. Çok yüksek akış hızlarında da by-pass akış çoğaldığından giderim hızı azalmaktadır. Benzer sonuçlar diğer boya çözeltilerinde de gözlemlendi (Şekil 6.3-40).

Uygulanan gerilim arttıkça enerji tüketiminin de artması beklenen bir sonuçtur. Ancak, gerilim arttıkça giderimin artması enerji tüketiminin artış hızını düşürecektir. Giderim hızı, akış hızı ve başlangıç derişimine bağlı olduğundan, bu değerler arttıkça enerji tüketimi de azalacaktır. Bu sonuç, çalışılan boya çözeltileri için çizilen enerji tüketimi-V/tabaka grafiklerinde açıkça gözlenebilir. Örneğin "Congo Red" ile yapılan deneylerde 10 mg/l derişimdeki boya çözeltisi ile en düşük akış hızında ($1,38 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{h}$) çalışıldığında enerji tüketimi 1,65 V/tabakada yaklaşık 0,075 kWh/g olurken, 30 mg/l derişimde en yüksek akış hızında, ($3,96 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{h}$) aynı gerilimde enerji tüketimi 0,03 kWh/g olarak belirlendi. Genelde enerji tüketimleri, başlangıç boya derişimi ve akış hızına bağlı olarak 1,5-1,8 volt/tabakada en düşük değerlerini almaktadır.

Uygulanan gerilimin tüm boya çözeltileri için, özellikle düşük derişimlerde hacim-zaman verimi üzerinde çok fazla etkin olmadığı şekillerden gözlenebilir (Şekil 6.5, 6.6, 6.13, 6.14, 6.20, 6.21, 6.27, 6.28, 6.33, 6.34). Bunun nedeni ise, çalışılan çözeltilerin çok seyreltik olması, dolayısıyla giderilen madde miktarının çok az olması şeklinde açıklanabilir. Gerilimin hacim-zaman verimi üzerine etkisi bu nedenle derişik çözeltilerde daha belirgin olmaktadır.

7.5. Başlangıç Boya Derişiminin Etkisi

Çalışılan tüm boya çözeltilerinde başlangıç boya derişimi arttıkça, beklendiği gibi % giderim ve hacim-zaman verimi artmakta, enerji tüketimi de düşmektedir. Bu da prosesin difüzyon kontrollü olduğunu doğrular. Bulgular grafikler halinde gösterilmiştir (Şekil 6.4, 6.6, 6.8, 6.12, 6.14, 6.16, 6.19, 6.21, 6.23, 6.26, 6.28, 6.30, 6.32, 6.34, 6.36).

7.6. Akış Hızının Etkisi

Akış hızı arttıkça genel olarak % giderim de artmaktadır. Fakat çok yüksek akış hızlarında daha önce belirttiğimiz nedenlerle giderimde az da olsa düşüşler gözlemlendi. Ostazin black HN ve atıksu örneği için akış hızının artmasıyla % giderimde azalma ve yüksek akış hızlarının 1,8 V/tabakadan sonra etkin olduğu görülebilir. Bu da yükseltgenme gerilimleri ile ilgilidir ve her boyanın cinsine bağlı olarak optimum akış hızının araştırılması gerektiği sonucuna ulaşılabilir. Akış hızının artması, hacim-zaman veriminde de önemli artışlara neden olmuştur. Ayrıca tüm boya çözeltileri için enerji tüketimlerinin yine daha önce belirtilen nedenle akış hızının artmasıyla azaldığı gözlemlendi. Tüm sonuçlar grafiklerde gösterilmiştir (Şekil 6.3, 6.5, 6.7, 6.11, 6.13, 6.15, 6.18, 6.20, 6.22, 6.25, 6.27, 6.29, 6.31, 6.33, 6.35).

8. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

8.1. Genel Sonuçlar

Çalışılan tüm boya çözeltilerinden elde edilen sonuçları çizelgelerde verilmiştir (Çizelge 6.1-6.20). Bu çizelgelerden, bir elektrokimyasal reaktörde anodik yükseltgeme ile boyarmaddelerin sudan verimli ve ekonomik bir şekilde uzaklaştırılabileceği sonucuna varılabilir. Bu yöntemde elektrik enerjisi tüketimi sanıldığı kadar büyük olmamaktadır. Bugün Sümerbank Basma Fabrikasında kullanılan yöntemde sadece kimyasal maddelerin tutarı, aynı miktar boyarmadde için elektrokimyasal reaktörde harcanan elektrik enerjisi değerine hemen hemen eşittir. Ayrıca elektrokimyasal proseslerde yatırım maliyetinin de düşük olacağı yapılan çalışmalarla gösterilmiştir (Kharlamova and Mitoshova, 1986). Bugün uygulanan yöntemde işletme atıksuyunun pH'nın ayarlanması söz konusudur. Bu yöntemde ise, atıksu, ucuz ve kolay bulunan yemek tuzu ilavesiyle, doğrudan elektrokimyasal reaktöre verilip %82 giderim sağlanmıştır. Ayrıca, reaktörden alınan çözelti, doğrudan su kaynaklarına verilebilecek özelliktedir. Şu anda uygulanan yöntemde ise oluşan çamurların havuzlardan uzaklaştırılmasının büyük sorun olduğu açıktır. Sonuç olarak, elektrokimyasal arıtım proseslerinin, ülkemizde de uygulanabilir verimli ve ekonomik prosesler olduğu, diğer proseslere göre bir çok üstünlük taşıdığı söylenebilir.

8.2. Öneriler

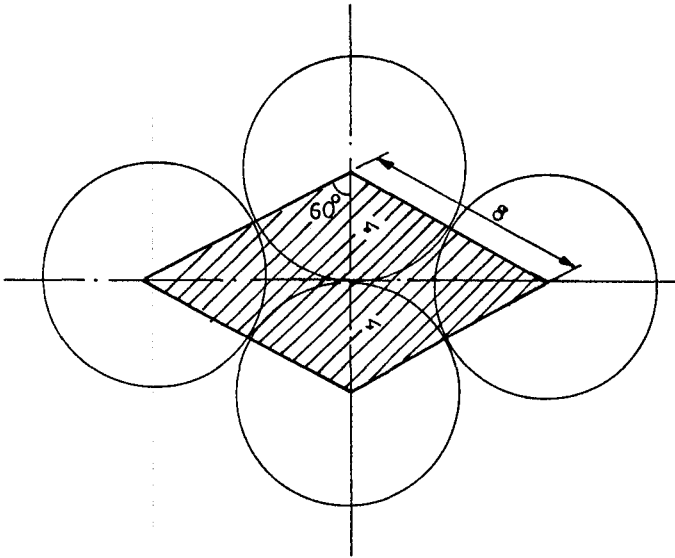
Daha kesin sonuçlara ulaşmak için bir pilot tesiste çalışmak gereği açıktır. Bu ise yapılacak kinetik çalışmalarda kullanılacak donanımın sağlanması ile gerçekleştirilebilir. Ayrıca, reaktörden alınan çözeltinin analizi yapılarak, renk ve pH dışındaki özellikleri de belirlenmelidir. Aynı reaktörde daha kararlı elektrot malzemesi, ya da farklı reaktörler denenebilir. Kesin maliyet hesapları yapıp, diğer yöntemlerle karşılaştırma da yapılabilir.

Ek Açıklamalar - A

REAKTÖR HACMİ VE ANOT YÜZEY ALANI HESABI

Ek-A.1 Reaktör Hacmi Hesabı

Her biri 4 elektrot içeren 27 tabakadan oluşan reaktörün hacmi elektrotların toplam hacmine eşittir. Reaktör hacmini bulabilmek için, dış çapı $D_d = 0,8$ cm, iç çapı $D_e = 0,55$ cm, yüksekliği $D_L = 0,8$ cm olan bir elektrotun kapladığı alanı buluruz. Şekil A.1 de görülen elektrot yerleşim düzeninde:



Şekil A.1 Elektrot yerleşim düzeni

Reaktör hacmi (V_R) = Elektrot hacmi x elektrot sayısı (Ek-A.1)

Elektrot hacmi (A_z) = Elektrot alanı x elektrot sayısı (Ek-A.2)

Elektrot alanı (A) = Eşkenar üçgen alanı x 2 (Ek-A.3)

$$\text{Üçgenin alanı} = \frac{0,8 \cdot \sin 60 \cdot 0,8}{2}$$

Ek-A.3'den,

$$\text{Elektrot alanı} = \frac{0,8 \cdot \sin 60 \cdot 0,8}{2} \times 2 = 0,557 \text{ cm}^2$$

$$\text{Ek-A.2'den, Elektrot hacmi} = 0,557 \cdot 0,8 = 0,445 \text{ cm}^3$$

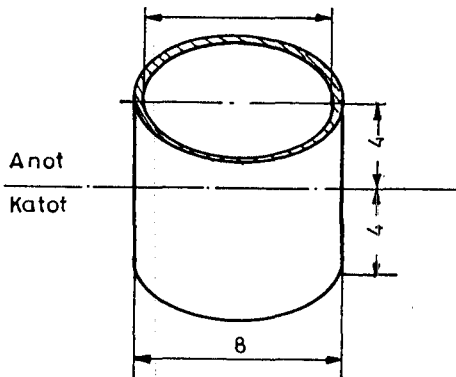
$$\text{Ek-A.1'den, Reaktör hacmi} = 0,0445 \times 27,4 = 48,06 \text{ cm}^3$$

$$\text{Reaktör hacmi} = 48,06 \times 10^{-6} \text{ m}^3$$

olarak bulunur.

Ek-A.2 Anot Yüzey Alanı Hesabı

Şekil A.2 de görüldüğü gibi anot bir elektrotun eşit yarısıdır. Üst yüzeyler yalıtılmış olduğundan elektrot yüzey alanı, yalnızca dış ve iç yasal yüzeylerin toplamına eşittir.



Şekil A.2 Elektrot

$$\text{Elektrotun dış yüzey alanı} = \frac{DL}{2} \cdot Dd \cdot \pi \quad (\text{Ek-A.4})$$

$$\text{Elektrotun iç yüzey alanı} = \frac{DL}{2} \cdot De \cdot \pi \quad (\text{Ek-A.5})$$

$$\text{Elektrotun yüzey alanı} = \frac{DL}{2} \cdot Dd \cdot \pi + \frac{DL}{2} \cdot De \cdot \pi$$

$$A = \frac{0,8}{2} \cdot 0,8 \cdot 3,14 + \frac{0,8}{2} \cdot 0,55 \cdot 3,14$$

$$A = 1,696 \text{ cm}^2$$

$$A = 1,696 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

olarak bulunur.

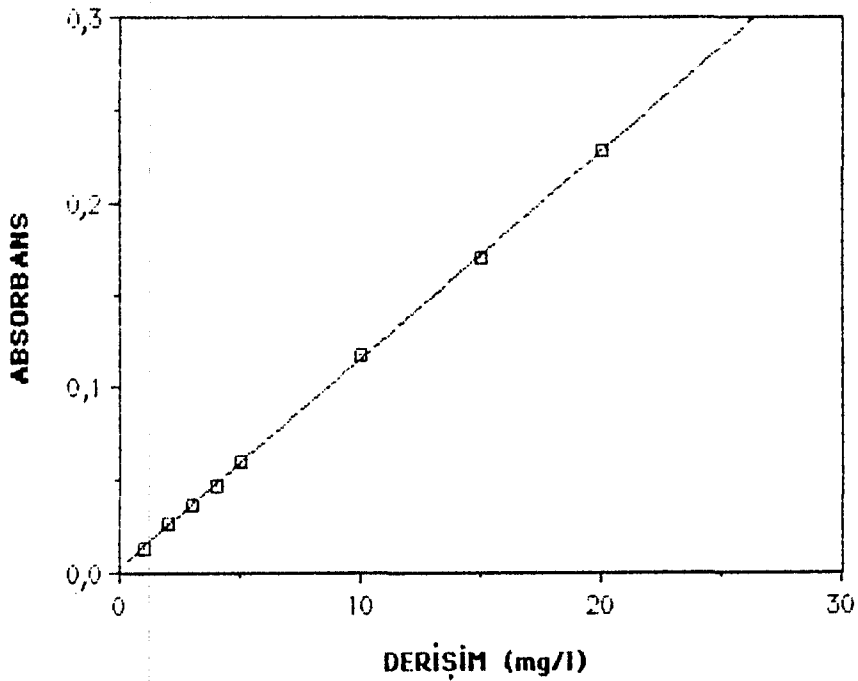
Ek Açıklamalar - B

ÖRNEK ÇALIŞMA DOĞRUSU ve DERİŞİM HESABI

Ek-B.1 Örnek Çalışma Doğrusu

Ostazin black HN için hazırlanan bir seri belirli derişimdeki çözeltinin absorbansları okunarak, absorbanslar derişime karşı grafiğe geçirilmiştir (absorbans değeri $l = 589$ nm de okunmuştur).

Derişim (mg/l)	:	1	2	3	4	5	6	7	8
Absorbans	:	0,013	0,026	0,036	0,047	0,059	0,118	0,170	0,228



B.1 Ostazin black HN için örnek çalışma doğrusu

Ek-B.2 Derişim Hesabı

Yukarıdaki çalışma doğrusunun denklemini aşağıdaki eşitlik ile verilmiştir.

$$y = 0,0113C + 2,6136 \times 10^{-3} \quad (B.1)$$

Absorbansı 0,100 ölçülen bir örnek için derişim B.1 eşitliği yardımıyla şu şekilde hesaplanmıştır.

$$0,100 = 0,0113C + 2,6136 \times 10^{-3}$$

$$C = 8,3 \text{ mg/l}$$

Ek Açıklamalar - C

ÖRNEK HESAPLAMALAR

Ek-C.1 Yüzde Giderim Hesabı

Çizelge 6.9 dan alınan Xiron blau 2RHD'nin 20 mg/l derişim, $2,28 \times 10^{-4}$ m³/h akış hızı ve 45 V gerilimdeki % giderim hesabı, eşitlik 6.2 kullanılarak aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır.

$$\% \text{ Giderim} = \frac{(C_0 - C)}{C_0} \times 100$$

$$\% \text{ Giderim} = \frac{20 - 1,315}{20} \times 100$$

$$\% \text{ Giderim} = 93,43$$

Ek-C.2 Hacim-Zaman Verimi Hesabı

Çizelge 6.10 dan alınan Xiron blau 2RHD'nin 30 mg/l derişim, $3,96 \times 10^{-4}$ m³/h akış hızı ve 50 V gerilimindeki hacim-zaman verimi hesabı, eşitlik 6.3 kullanılarak aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır.

$$\text{Hacim-zaman verimi (kg/m}^3\text{h)} = \frac{(C_0 - C) \cdot V}{VR \cdot 10^3}$$

$$\text{Hac.zam.ver.} = \frac{(30 - 0,953) \cdot 3,96 \times 10^{-4}}{48,06 \times 10^6 \cdot 10^3}$$

$$\text{Hac. zam. ver.} = 0,2393 \text{ kg/m}^3\text{h}$$

Ek-C.3 Enerji Tüketimi Hesabı

Çizelge 6.11 den alınan Xiron blau 2RHD'nin 40 mg/l derişim, $3,12 \times 10^4$ m³/h akış hızı ve 35 V gerilimindeki enerji tüketimi hesabı, eşitlik 6.4 a kullanılarak aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır.

$$\text{Enerji Tüketimi (kWh/g)} = \frac{I.V}{(C_o - C) V \cdot 10^3}$$

$$\text{Enerji Tüketimi} = \frac{5,5 \times 10^3 \cdot 35}{(40 - 7,402) \cdot 3,12 \times 10^4 \cdot 10^3}$$

$$\text{Enerji Tüketimi} = 0,0189 \text{ kWh/g}$$

KAYNAKLAR DİZİNİ

- Abdo M.S. and Al Ameer R.S., 1987, Anodic oxidation of a direct dye in an electrochemical reactor, *J.Environ.Sci.Health*, A(22), 27, 1987.
- Abo-Elela, S.I and El-Dıb, M.A., 1986, Color removal via adsorption on wood sharing, *The Science of the Total Environment*, 66(1987) 269-273 (Chemical Abstracts, 25 May 1987, Vol. 107).
- Alkire R., 1981, Modeling electrochemical systems, *AIChE Symp. Ser.*204, 121-128.
- Alkire, A., Soon, S. and Stadtherr, M., 1985, Optimization of electrolytic cells, *J.Electrochem. Soc*, 1332, 1105-1111.
- Arndt, 1991, Denel organik kimya ders notları 422 s. (Yayımlanmamış).
- Backhurst, J.R. Coulson, J.M. Goodridge, F., Plimley, R.E. and Fleischmann, M., 1969, *Journal Electrochem. Soc.*, 116, 1600.
- Beck, F. and Guthke, H., 1969, *Chem.Eng.Tech.*, 41, 943.
- Billings, M.R. and De Hass, G.G., 1984, Pollution control in the pulp and paper industry, *Industrial Pollution Control Handbook*, H.F.lund (Ed.), McGraw Hill Book Compang, New York, Chapter 18, 1-12.
- Böhler, E., Kolobova, Z.A., Vejster, V.I. und Walther, H.J., 1978, Zur Wirkung von Flockulaten bei der Wasser- und Schlammbehandlung, *Wasserwirtschas, Wassertechnik*, 28,27-33.
- Bruder, H.Habermann, W., Mayer, U.and Hammes P., 1985, Anodic oxidation of water-soluble leuco-triphenylmethane dyes. Ger.often. DE 3.513.246 (Cl.625B/02), 16 Oct. 1986, Appl. 13 Apr. 1985, 9 pp.
- Burnett, J.C. and Danly D.E., 1979, Current bypass in electrochemical cell assemblies, *AIChE Symp. Ser.* 75, 8-13.
- Butler, R.M. and Fawcett, W.R., 1964, *Canadion Pat.* 700, 933, Dec. 29.
- Coeuret, F. and Sturck, A., 1981, *Industrie Chimique et Electricite*, 11 Jan., Feb.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam)

- Corheci, V. and Stoian, D., 1984, Studier on the treatment of wastewaters containing organic dyes by anodic oxidation, Hidrotehnic, 1984, 29 (2), 51-4.
- Coskov Y.M., Alekseev, E.V., Gonichev, S.D. and Morgolin, V.G.,1983, USSR SU 1, 011,548 (Cl. CO2F1/46), 15 Apr.1983 Appl. 3,323,916, 23 Jul. 1983
- Çırak, Y., 1991, Doğal boyamacılık ve ısatis inctoria bitkisinin doğal boya, maddeleri, Yüksek lisans tezi, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, 46s. (Yayımlanmamış).
- Çiftçi, A. ve Çiftçi, F., 1975, Pamuk Basmacılığı, Şafak Matbaası, Ankara.
- Dast M.C., Gentles, J.D. and Renton D.G., 1963, electrolytic otidation of strong cyanide wastes, J.Applied Chemistry, 13, Feb, 1963, SS-64.
- Desucre, V.and Watkinson, A.P., 1981, Can.J.Chem.Eng., 59 (L), 52, 1981
- Ding, Z.and Weimin, C., 1984, A new method for decolorization or dyeing wastewater, Huang Jing Huaxue 1984, 7 (4), 35-41 (Ch).
- Ding, Z., Weimin, C. and Qunhus, W., 1987, A study on the use of bipolar-particles-electrodes in decolorization dyeing effluents and its principle. Water Pollut. Rer. Coontrol, Rrode Janeria, 1986.
- Doğan, A., 1989, Bir pamuklu tekstil fabrikası atık suyunun adsorpsiyon yöntemiyle arıtılabilirliğinin incelenmesi, Yüksek lisans tezi, Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, 99 s., (Yayımlanmamış).
- Edyus'kin, P.N., Selezenkin, S.V., Dyumaev K.M, Timofeeva, T.S., Dubok, N.M. and Theisheva, A.A., 1983, Electrochemical treatment or wastewaters from organic dye production with the preparation of sodium chloride, Khim. Telchnol. Vody, 1983, 5 (4), 349-51
- Erdik, E., Obalı, M., Yüksekışık, N., Öktemer, A., Pekel, T. ve İhsanoğlu, E., 1987, Denel organik kimya, Ankara Üniv. Fen. Fak. yayını, Ankara, 835 s.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam)

- Farkas, J. and Mitchell, G.D., 1985, An electrochemical treatment Process for heavy metal recovery from wastewaters, AIChE Symposium Series, No 243 Vol 81, 57-66, 1985.
- Fleischmann, M. and Ibrisagic, Z., 1980, Examination of flow models for bipolar trickle reactors, J. Applied Electrochem 10, 157-168.
- Fleischmann, M. and Pletcher, D., 1975, Industrial electrosyntheses, Chem. Brit. 11, 50-54.
- Goodridge, F., 1968, Chem. Process Eng., No. 2,93.
- Goodridge, F. King, C.J.H. and Wright, A.R., 1977, The behaviour of bipolar packed-bed electrodes, Electrochim. Acta, 22, 347-352.
- Goodridge, F., 1982, A Chemical engineer's perspective of cell and scale up, Electrochemistry in Industry, U. Landau, E Yeager and D. Kortan (Eds.), Plenum, New York.
- Gönen, N., 1991, Boyarmadde ve ağır metallerin atık sulardan elektrokoagülasyonla uzaklaştırılması, Yüksek lisans tezi, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, 69 s., (Yayımlanmamış).
- Gün, M., 1989, Zeolit ve sepiolitte boyarmadde adsorpsiyonu, Bitirme ödevi, A.Ü. Müh-Mim. Fak. Kimya Mühendisliği Bölümü, Eskişehir, 30 s., (Yayımlanmamış).
- Güvenç, A., 1989, İki kutuplu dolgulu kolon reaktöründe mangan (III) asetat elektrosentezinin optimizasyonu, Doktora tezi Anadolu Üniversitesi, Fen bilimleri enstitüsü, Eskişehir, 124 s., (Yayımlanmamış).
- Heiltz, E., and Kreysa. G., 1986, Principles of electrochemical engineering, Extended Version of o DECHEMA Experimental Course, Wanheim, 295 p.
- lbl, N. and Adam., 1965, Chem. Eng. Tech., 37. 577.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam)

- Ibl. N., 1977, *Electrochim. Acta*, 22, 465.
- Ikatsu, H., Kaseno, S., Korenoga, T., and Shinodo, S., 1987 Collective treatment of wastewaters containing dyes and colors from arts and croits activities at universities, 10 (s), 310, 14 (Chemical Abstracts, 28 December 1987, Vol. 107).
- Kharlamova, T.A., Mitoshovo, N.I., Filimonova, L.F., Novosadava, T.G. and Strunhkova, N.L., 1988, Dye destruction in electrochemical treatment of wastewaters, *Khim. Tekhnol. Voldy*.1988, II (4), 311-15.
- Kharlamova, T.A. and Mitashova, N.I., 1986, Electrochemical removal of dyes and surfactants from wastewater, *Khim Prom-st (Moscow)* 1986, (4), 206-10
- Kirk-Othmer, 1978, *Encyclopedia of chemical technology*, Vol.8, John Wiley and sons, New York.
- King, C.J.H.,1981, Comments on the design of electrochemical cells, *AIChE Symp. Ser.* 204, 46-59.
- Kongning, C., Zhonghuo, H., Xroorong, Z and Booke, H., 1986, Electrolytic treatment of wastewater from dyeing and finishing of woolen fabrics with metal anodes, *Huoxue Shijie*, 1986, 27 (8), 341-4.
- Kor, N, 1975, *Tekstil sanayi sıvı atıklarının zararlı etkileri ve tasviye metodları*, İTÜ Dergisi, 33,47-58.
- Kreysa, G., 1981, *Modern consepts and processes for electrochemical wastewater treatment*.
- Kuhn, T., 1971, Electrolytic Decomposition of cyanides, phends and Thiocyanides in effluent streams, *J. Applied chemistry and Biotechnology*, Vol 21, feb., (1971), 29-34
- Kusabake, K. Moroka, S. and Kato, Y., 1982, Current paths and electrolysis efficiency in bipolar packed -bed electrodes, *J. Chem. Eng. Tab.* 15, 45-50.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam)

- Lumbroso, R., 1981, An application of organic and inorganic pollution, control: the electric pollution removal devcice, Eov Ind. 1981
- Mumina, O.A and Motskevich, E.S., 1985, Electrochemical oxidation as coloring impurities in anaqueous suspension of manganese dioxide, Khim. Tekhnol. Vody. 1985, 7 (4), 35-8
- Olaman, C., 1983, Reactor design in electroorganic syntheses, AIChE Symp. Ser. 229, 13-24.
- Öğütveren, Ü.B., 1991, Elektrokimya mühendisliği, Yüksek lisans ders notları, A.Ü., Eskişehir, (Yayımlanmamış).
- Özcan, Y., 1978, Tekstil Elyaf ve Boyama Tekniği, Fatih Matbaası, İstanbul, 600 s.
- Öztabak, S.,1987, Kobalt (III) asetatın iki kutuplu damlamalı reaktörde elektrokimyasal olarak elde edilmesi ve prosesin optimizasyonu, Yüksek lisans tezi, Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, 172 s., (Yayımlanmamış).
- Öztürk, B., Akyüz, F., Diler, İ. ve Yıldız, G., 1989, Bir pamuklu tekstil fabrikası atıksuyunun arıtılabilirliğinin incelenmesi, Bitirme Ödevi, A.Ü.Müh-Mim.Fak.Kimya Mühendisliği Bölümü, Eskişehir, 45s., (Yayımlanmamış).
- Parmeggiani.L, 1983, Encyclopaedia of Occupational Health and Safety Volume L, Third Edition, Intenotional Cobour offile, Geneva.
- Patent, European patent, Method for removing dye stuffs from wastewater Publication no: 0295696 Al.
- Patent, Japon patent, Electrochemical treatment of wastewater, 58,101,785 [83,101,785] (11.CO2F1/46), 17 Jun.1983, Apol. 81/1999, 329, 09 Dec. 1984, 4 pp.
- pickett, D., 1977, Electrochemical reactor design, Elsevier scientific Publishing Co.
- Pletcher, D., 1975, lecture notes for the course, advanced Instrumental methods in electrode kinetics, University of southampton.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam)

- Popova, V.I., Krichevskil G.E. and Konovol'chuk, O.N., Study of products from degradation of azo dyes during, electrochemical purification of wastewaters, Izv. Vyssh Uchebn Zaved., Tekhnol. Tekst. Prom-Sti 1981, (4).53-5 (Russ)
- Popova, V.I., Srdorova, T.P., dymova, Z.N. and Krichevshii, G.E., 1982, Study of the removal of sulfur dyes and sulfides from wastewater models in an electrolysis cell with a graphite anode, Izv. v gssh, Vchebn, Zaved. Tekhnol. Tekst. PromSTI, 1982, (2), 64-7.
- Rifi, M.R. and Covitz, H., 1974, Introduction to organic Electrochemistry, Morrel Dekkor, New York.
- Resmi Gazete, 4 Nisan 1971, Su ürünleri kanunu, No: 1380, Sayı: 13799.
- Resmi Gazete, 11 Ağustos 1983, Çevre Kanunu, No: 2872 Sayı: 18132
- Resmi Gazete, 13 Mart 1984, Atıksuların Kanalizasyon Şebekesine Desarj Yönetmeliği, Sayı.18340.
- Resmi Gazete, 4 Eylül 1988, Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, Sayı 19919.
- Resmi Gazete, 12 Mart 1989, Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği İdari Usüller Tebliği, Sayı: 20106.
- Resmi Gazete, 12 Mart 1989, Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Suda Tehlikeli ve Zararlı Maddeler Tebliği, Sayı: 20106.
- Resmi Gazete, 1991, Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, Teknik Usuller tebliği.
- Samsunlu, A., 1978 a, Tekstil atıksularının arıtılması, Sümerbank Araştırma Merkezi Semineri Tebliği, Bursa, 19s.
- Samsunlu, A., 1978b, Tekstil fabrikalarında imalat safhaları ve imalat atıksularının özellikleri, Sümerbank Araştırma Merkezi Semineri Tebliği, Bursa, 25 s.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam)

- Schweppe, H., 1977, Mikrochimica Acta, 583-586, 30 Mai.
- Shen, H., Ye, L. and Wu J, 1987, Method for dyeing wastewater treatment by a flowing type carbon-felt electrode, Huansing Baohu (Deising) 1987, (1), 15-16.
- Skourenek, H.S. and M.K. Stinson, 1977, Advanced treatment approaches for metal finishing wastewaters (part I), Plot. Sur. Fin., 64 (10), 30-38 (1977).
- Standard Methods For the Examination of Waster and Wastewater, 1985 APHA, Inc.1740, Broodway, New York, N.Y. 10019, 770 p.
- Strokoch, P.P., Zhitenev, B.N., Grishonovich, O.A. and Motovkin, V.V., 1981, Study of the electrochemical decolorization of water, Probl. Vod. Resur sov, Minsk. 1981, 48-50.
- Şamkar, C. ve Şimşek, R., 1988, Kongo kırmızısının iki kutuplu damlamalı reaktörde elektrokimyasal parçalamayla giderilmesi ve prosesin optimizasyonu, Bitirme Ödevi, A.Ü.Müh.Mim.Fak.Kimya, Mühendisliği Bölümü, Eskişehir,
- Şener, E., 1988, Doktora Tezi, İnönü Üniversitesi Fen ve Sosyal Bilimler Enstitüleri, Malatya.
- Şengül, F., 1983, Tekstil sanayi atıksularından organik madde ve renk giderme ile ilgili laboratuvar model çalışmaları, Çevre'83, II. Ulusal çevre Mühendisliği Sempozyumu, Dokuz Eylül Üniversitesi 54-23, İzmir 4S., (Yayınlanmamış).
- Tokohoshi, N. and Katsuki, O., 1982, Removal of dye from wastewater by ozone electrolytic treatment, Kogyo Yosü 1982, 285, 10-16.
- Tokohoshi, N. and Katsuki, O., 1987, Decomposition of low moleculer organic compounds by ozonization in combination with electrolysis. Application of the combined method in treating wastewater, Yosur to Hoisvi, 1987, 29 (12), 1137-43.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam)

- Uzunonat, H., 1986, Adsorpsiyon yöntemi ile sulu çözeltilerde boyanın giderilmesi, bitirme ödevi, A.Ü.Müh-Mim. Fak. Kimya Mühendisliği Bölümü, Eskişehir, 32 s., (Yayımlanmamış).
- Weinberg, N.L., 1974, An organic chemist's approach to electro organic synthesis, chemtech. March, 184-189.
- Weinberg, N.L. and Tilak, B.V., 1982, Techniques of Electro organic Synthesis, Techniques of chemistry, vol. V., Part III, Wiley, New York.
- Weininger, J.L, 1983, AIChE symposium Series, 229, Vol. 79, 179-186, 1983
- White, R.E., 1984, Electrochemical Cell Design, Plenum, New York.
- Yakovlev, S.V. and Krosnoborad'ko, I.G., 1986, Oxidation kinetics of organic dyes in electrochemical wastewater treatment, Izv. vuzov, Stroit, Arhit, 1986, (9), 96-100.
- Yakovlev, S.V., Krosnoborodko, S.G. and Svetoshovo, E.S., Electrochemical decolorization of organic dye containing wastewaters, Khim.Tekhol.Vody., 1988, 10(37), 266-9
- Yıldırım, M.E., 1991, Endüstriyel Atıksu Arıtımı, Yüksek lisans ders notları, A.Ü, Eskişehir, (Yayımlanmamış).
- Zhov, D., Cor, W. and Wong, O., 1987, A study on the use of bipolar-particles-electrodes in decoloritation of dyeing effluents and its principle, Water Sci, Technol, 1987, 19 (3-4).
- Zhu, H. and Wong, S., 1985 Application of three dimensional electrodes in waste water treatment, Huonjing Ketve, 1985, 6(6), 36-40 (Ch).

EK 1 BOYARMADDE ÜRETEN ÖNEMLİ FİRMALAR

BOYARMADDE ÜRETEN ÖNEMLİ FİRMALAR

AAP	- American Anilin Products, Inc. (ABD)
ACNA	- Aziende Colori Nazionelle Affini A.C.N.A. (İtalya)
ATS	- Althouse Texture SA, (ABD)
BASF	- Badische Anilin and Soda Fabrik A.G. (Batı Almanya)
By*	- Farbenfabriken vorm, Friedrich Bayer Co. (Almanya)
CFM	- Cassella Farbwerke Mainkur A.G. (Batı Almanya)
CGy	- CIBA-GEICY S.A. (İsviçre)
CIBA*	- CIBA S.A. (İsviçre)
DUP	- E.I. du Pont de Nemours and Co. Inc. (ABD)
FAB	- Fabricolor Chemical Corp. (ABD)
FBy	- Farbenfabriken Bayer E.G. (Batı Almanya)
FDN	- N.V. Frado (Hollanda)
FH	- Farbwerke Hoechst A.G. (Batı Almanya)
FNC	- Fabricacion National de Colorantes S.A. (İspanya)
Fran (FMC)	- Compagnie Francoise des Matieres Colarantes (Fransa)
FW	- VEB Chemiekombinat (Doğu Almanya)
GAF	- GAF Corporation (ABD)
Gy*	- J.R. Geigy S.A. (İsviçre)
ICL	- Imperial Chemical Industries Ltd. (İngiltere)
IG*	- I.G. Farbenindustrie A.G. (Almanya)
IMP	- Imperial Color and Chemical Dept. (ABD)
JR	- James Robinson and Co. Ltd. (İngiltere)
KKK	- Kaseihin Kogyo Kyokai (Japonya)
LBH	- L.B. Hollyday and Co. Ltd. (İngiltere)
NSK	- Sumitomo Chemical Co. Ltd. (Japonya)
Quim	- Quimanil Industrias Quimicas S/A (Brezilya)
RL	- Rohner Ltd. (İsviçre)
S	- Sandoz Ltd. (İsviçre)
SDH	- Hilton - Davis Chemical Co. (ABD)
SNA	- Sun Chemical Corporation (ABD)
Vond	- N.V. Fabriek van Chemische Productien (Hollanda)
YDC	- Yorkshire Chemicals Ltd. (İngiltere)