



**MODEL ATIK SULARDAN ELEKTROKİMYASAL
YÖNTEMLERLE DELTAMETHRİN
İNSEKTİSİTİNİN GİDERİMİ**

Yüksek Lisans Tezi

Elvin SÜLEYMANOV

Eskişehir-2019

**MODEL ATIK SULARDAN ELEKTROKİMYASAL YÖNTEMLERLE
DELTAMETHRİN İNSEKTİSİTİNİN GİDERİMİ**

Elvin SÜLEYMANOV

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Çevre Mühendisliği Anabilim dalı

Danışman: Prof.Dr.Yusuf YAVUZ

Eskişehir

Eskişehir Teknik Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Mayıs 2019

JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI

Elvin SÜLEYMANOV’ un “**Model Atıksulardan Elektrokimyasal yöntemlerle Deltamethrin insektisitinin giderimi**” başlıklı **Çevre Mühendisliği** Anabilim dalındaki Yüksek lisans tezi 31.05.2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından değerlendirilerek “Eskişehir Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliği”nin ilgili maddeleri uyarınca, **Çevre Mühendisliği** Anabilim dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

<u>Adı-Soyadı</u>	<u>İmza</u>
Üye (Tez Danışmanı): Prof.Dr.Yusuf YAVUZ	
Üye:Prof.Dr.A Savaş KOPARAL	
Üye:Dr.Öğr.Üyesi Filiz BAYRAKÇI KAREL	

Müdürü

.....
Lisansüstü Eğitim Enstitü

Prof.Dr. Murat TANIŞLI

ÖZET

MODEL ATIK SULARDAN ELEKTROKİMYASAL YÖNTEMLERLE

DELTAMETHRİN İNSEKTİSİDİNİN GİDERİMİ

Elvin SÜLEYMANOV

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Eskişehir Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Mayıs 2019

Danışman: Prof.Dr.Yusuf YAVUZ

Dünya genelinde tarım alanlarında pestisit tüketimi durmadan artmaktadır. Bu kadar pestisit kullanımının doğada birçok yan etkisi ortaya çıkıyor. Su kaynaklarının kirlenmesi bu yan etkilerden sadece biridir. Tarımsal alanlarda kullanılmış pestisit nehirlerle, denizlere ulaşıyor. En önemlisi hedef olmayan organizmaların zarar görmesidir.

Yaptığımız bu çalışmada hazırlanmış örnek atık sudan Deltamethrin pestisitinin Elektrokuagülasyon yöntemiyle arıtılması incelenmiştir. Çalışmalarda demir elektrotlar kullanılarak sisteme akım yoğunluğunun, destek elektrolit miktarının, hidrojen peroksit (H_2O_2) miktarının KOİ giderim verimi ve enerji kullanımı üzerindeki etkileri incelenmiştir.

Deltamethrin pestisitinin kullanılarak hazırlandığı örnek atıksuyunun kullanıldığı deneylerde KOİ değeri 316,8 mg/L' den 48 mg/L' ye düşürülerek %84,84 arıtım sağlanmıştır.

Anahtar Kelimeler : Elektrokuagülasyon, pestisit, KOİ, demir

ABSTRACT

REMOVAL OF DELTAMETHRIN INSECTICIDE BY ELECTROCHEMICAL METHODS FROM MODEL WASTEWATER

Elvin SULEYMANOV

Department of Environmental Engineering

Eskishehir Technical University, Institute of Graduate Programs, May 2019

Supervisor: Prof.Dr.Yusuf YAVUZ

Pesticide consumption in agricultural areas worldwide is steadily increasing. There are many side effects of pesticide use in nature. Contamination of water resources is only one of these reactions. Used in agricultural areas, pesticides reach rivers and seas. Most importantly, damage to non-target organisms.

In this study, Deltamethrin pesticide treatment of sample wastewater was investigated by the electrocoagulation method. In the studies, the effects of current density, amount of support electrolyte, amount of hydrostatic peroxide (H_2O_2) on COD removal efficiency and energy use were investigated by using iron electrodes.

In the experiments where sample wastewater was prepared by using deltamethrin pesticide, COD value was decreased from 316,8 mg / L to 48 mg / L and 84,84% treatment was achieved.

Keywords: Electro-coagulation, pesticide, COD, iron

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans tezimin hazırlanması esnasında ve deneysel çalışmalarımda benimle bilimsel tecrübelerini paylaşan, her konuda ilgi, alaka ve samimiyetle destek olan saygı değer hocam sayın Prof. Dr. Yusuf Yavuz'a en içten saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Başta Babam olmak üzere eğitim hayatım boyunca üzerimde emeği olan tüm hocalarıma derin teşekkürlerimi sunarım.

Burada olmamı sağlayan ve eğitim hayatım boyunca benden maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen, ömrüm boyunca minnettar kalacağım aileme; merhum anneme, babama, ağabeyime sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Eğitim hayatımın bu noktasına kadar toplam 7 yıl hem ev, hem sınıf arkadaşım olan Kuzenime bu çalışmamda gösterdiği destekten dolayı içten teşekkürlerimi sunarım.

Elvin SÜLEYMANOV

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Bu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı; bu çalışma kapsamında elde edilen tüm veri ve bilgiler için kaynak gösterdiğimi ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi; bu çalışmanın Eskişehir Teknik Üniversitesi tarafından kullanılan “bilimsel intihal tespit programı”yla tarandığını ve hiçbir şekilde “intihal içermediğini” beyan ederim. Herhangi bir zamanda, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçları kabul ettiğimi bildiririm.

.....
Elvin SÜLEYMANOV

31/05/2019

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜRLER.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xiv
GİRİŞ.....	1
2. PESTİSİT.....	2
2.1. Pestisitlerin Tarihçesi.....	2
2.2. Pestisit Üretimi.....	3
2.3. Pestisit Tüketimi.....	3
2.4. Pestisitlerin Sınıflandırılması.....	3
2.4.1. Etki ettiği organizmaya göre sıralama.....	3
2.4.2. Etkili içeriklerine göre sıralama.....	4
2.4.3. Etkilediği zararlının biyolojik dönemine göre.....	4
2.5. Pestisitlerin İnsana Etkisi.....	4
2.5.1. Kronik etkileri.....	5
2.5.2. Pestisitlerin akut etkileri.....	5
2.5.3. Pestisitlerin kanserojen etkisi.....	6
2.6. Pestisitlerin Çevreye Etkisi	7
2.6.1. Pestisitler ve hava.....	7
2.6.2. Pestisitler ve su.....	7
2.6.3. Pestisitler ve toprak.....	8
2.7. Deltamethrin.....	8
2.7.1. Deltamethrinin insana etkisi.....	9
2.8. Konu ile İlgili Yapılan Çalışmalar.....	9
3. ELEKTROKİMYASAL ARITIM.....	12

3.1. Elektrokimyasal Prosesin Esasları.....	12
3.1.1. Elektrokimyanın kullanım alanları.....	12
3.1.2. Kullanım avantajları.....	13
3.2. Elektrooksidasyon (EOx) Prosesi.....	13
3.3. Elektroflatasyon Prosesi ve Uygulanmaları.....	14
3.4. Elektrokuagülasyon.....	14
3.4.1. Elektrokuagülasyonun avantajları.....	15
3.4.2. Elektrokuagülasyonun dezavantajları.....	16
3.4.3. Elektrokuagülasyon metoduyla yapılan çalışmalar.....	16
3.4.4. Elektrokuagülasyon teknolojisi.....	17
4. MATERYAL VE METOT.....	19
4.1. Deney Düzenegi.....	19
4.2. Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ).....	20
4.2.1. Kullanılan reaktifler.....	20
4.2.2. Deney süreci.....	21
4.2.3. Hesaplamalar.....	23
5. DENEYSEL ÇALIŞMALAR.....	25
6. BULGU VE TARTIŞMALAR.....	65
6.1. Destek Elektrolit Miktarının Etkisi.....	65
6.2. Akım Yoğunluğunun Etkisi.....	67
6.3. Peroksit Miktarının Etkisi.....	69
7. TARTIŞMA, SONUÇ VE ÖNERİLER.....	71
7.1. Hidrojen peroksit (H ₂ O ₂) Derişiminin Etkisi.....	71
7.2. En İyi Koşulların Belirlenmesiyle Gerçekleşen Deney.....	71
KAYNAKLAR.....	73
ÖZGEÇMİŞ.....	78

ÇİZELGE DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 5.1. $I=1$ A, $i=10$ mA/cm ² , 5 mM Na ₂ SO ₄ , V= 400 mL.....	25
Çizelge 5.2. $I=1,5$ A, $i=15$ mA/cm ² , 5 mM Na ₂ SO ₄ , V= 400 mL.....	27
Çizelge 5.3. $I=2$ A, $i=20$ mA/cm ² , 10 mM Na ₂ SO ₄ , V= 400mL.....	29
Çizelge 5.4. $I=2,5$ A, $i=25$ mA/cm ² , 10 mM Na ₂ SO ₄ , V= 400mL.....	31
Çizelge 5.5. $I=2,5$ A, $i=25$ mA/cm ² , 10 mM Na ₂ SO ₄ , V= 400mL.....	34
Çizelge 5.6. $I=2,5$ A, $i=25$ mA/cm ² , 10 mM Na ₂ SO ₄ , V= 400mL.....	36
Çizelge 5.7. $I=3$ A, $i=30$ mA/cm ² , 5 mM Na ₂ SO ₄ , V= 400mL.....	38
Çizelge 5.8. $I=3,5$ A, $i=35$ mA/cm ² , 5 mM Na ₂ SO ₄ , V= 400mL.....	40
Çizelge 5.9. $I=3$ A, $i=30$ mA/cm ² , 10 mM Na ₂ SO ₄ , V= 400mL.....	42
Çizelge 5.10. $I=3,5$ A, $i=35$ mA/cm ² , 10 mM Na ₂ SO ₄ , V= 400mL.....	44
Çizelge 5.11. $I=3,5$ A, $i=35$ mA/cm ² , 10 mM Na ₂ SO ₄ , 1mg/L H ₂ O ₂ , V= 400mL.....	46
Çizelge 5.12. $I=2,5$ A, $i=25$ mA/cm ² , 10 mM Na ₂ SO ₄ , 1,5mg/L H ₂ O ₂ , V= 400mL.....	48
Çizelge 5.13. $I=2,5$ A, $i=25$ mA/cm ² , 10 mM Na ₂ SO ₄ , 2mg/L H ₂ O ₂ , V= 400mL.....	50
Çizelge 5.14. $I=2,5$ A, $i=25$ mA/cm ² , 10 mM Na ₂ SO ₄ , 3mg/L H ₂ O ₂ , V= 400mL.....	52
Çizelge 5.15. $I=2,5$ A, $i=25$ mA/cm ² , 10 mM Na ₂ SO ₄ , 2mg/L H ₂ O ₂ (1-1mg/L), V= 400mL..	54
Çizelge 5.16. $I=2,5$ A, $i=25$ mA/cm ² , 10 mM Na ₂ SO ₄ , 3 mg/L H ₂ O ₂ (1,5-1,5mg/L), 0,05 g MnO ₂ V= 400ML.....	56
Çizelge 5.17. $I=2,5$ A, $i=25$ mA/cm ² , 10 mM Na ₂ SO ₄ , 3 mg/L H ₂ O ₂ (1,5-1,5mg/L), 0,07 g MnO ₂ V= 400mL	58
Çizelge 5.18. $I=2$ A, $i=20$ mA/cm ² , 10 mM Na ₂ SO ₄ , 2 mg/L H ₂ O ₂ (1-1mg/L), 0,07 g MnO ₂ V= 400mL	60
Çizelge 5.19. $I=2$ A, $i=20$ mA/cm ² , 10 mM Na ₂ SO ₄ , 3 mg/L H ₂ O ₂ (1,5-1,5mg/L), 0,07 g MnO ₂ V= 400mL	63

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil.3.1. Paralel Bağlı Monopolar Elektrokuagülasyon Reaktörü.....	17
Şekil.4.1. Denek düzeneği.....	19
Şekil 4.2. Santirfüj cihazı.....	22
Şekil 4.3. Termoreaktör.....	22
Şekil 5.1. KOİ - zaman ilişkisi ($I=1$ A, $i= 10$ mA/cm ² ve 5 mM Na ₂ SO ₄).....	25
Şekil 5.2. KOİ %- zaman ilişkisi ($I=1$ A, $i= 10$ mA/cm ² ve 5 mM Na ₂ SO ₄).....	26
Şekil 5.3. Enerji tüketimi- zaman ilişkisi ($I=1$ A, $i= 10$ mA/cm ² ve 5 mM Na ₂ SO ₄).....	26
Şekil 5.4. KOİ - zaman ilişkisi ($I=1,5$ A, $i= 15$ mA/cm ² ve 5 mM Na ₂ SO ₄).....	27
Şekil 5.5. KOİ %- zaman ilişkisi ($I=1,5$ A, $i= 15$ mA/cm ² ve 5 mM Na ₂ SO ₄).....	28
Şekil 5.6. Enerji tüketimi- zaman ilişkisi ($I=1,5$ A, $i= 15$ mA/cm ² ve 5 mM Na ₂ SO ₄).....	28
Şekil 5.7. KOİ - zaman ilişkisi ($I=2$ A, $i= 20$ mA/cm ² ve 5 mM Na ₂ SO ₄).....	30
Şekil 5.8. KOİ %- zaman ilişkisi ($I=2$ A, $i= 20$ mA/cm ² ve 5 mM Na ₂ SO ₄).....	30
Şekil 5.9. Enerji tüketimi- zaman ilişkisi ($I=2$ A, $i= 20$ mA/cm ² ve 5 mM Na ₂ SO ₄).....	31
Şekil 5.10. KOİ - zaman ilişkisi ($I=2,5$ A, $i= 25$ mA/cm ² ve 5 mM Na ₂ SO ₄).....	32
Şekil 5.11. KOİ %- zaman ilişkisi ($I=2,5$ A, $i= 25$ mA/cm ² ve 5 mM Na ₂ SO ₄).....	32
Şekil 5.12. Enerji tüketimi- zaman ilişkisi ($I=2,5$ A, $i= 25$ mA/cm ² ve 5 mM Na ₂ SO ₄).....	33
Şekil 5.13. KOİ - zaman ilişkisi ($I=2$ A, $i= 20$ mA/cm ² ve 10 mM Na ₂ SO ₄).....	34
Şekil 5.14. KOİ %- zaman ilişkisi ($I=2$ A, $i= 20$ mA/cm ² ve 10 mM Na ₂ SO ₄).....	35
Şekil 5.15. Enerji tüketimi- zaman ilişkisi ($I=2$ A, $i= 20$ mA/cm ² ve 10 mM Na ₂ SO ₄).....	35
Şekil 5.16. KOİ - zaman ilişkisi ($I=2,5$ A, $i= 25$ mA/cm ² ve 10 mM Na ₂ SO ₄).....	36
Şekil 5.17. KOİ %- zaman ilişkisi ($I=2,5$ A, $i= 25$ mA/cm ² ve 10 mM Na ₂ SO ₄).....	37
Şekil 5.18. Enerji tüketimi- zaman ilişkisi ($I=2,5$ A, $i= 25$ mA/cm ² ve 10 mM Na ₂ SO ₄).....	37
Şekil 5.19. KOİ - zaman ilişkisi ($I=3$ A, $i= 30$ mA/cm ² ve 5 mM Na ₂ SO ₄).....	38
Şekil 5.20. KOİ %- zaman ilişkisi ($I=3$ A, $i= 30$ mA/cm ² ve 5 mM Na ₂ SO ₄).....	39

Şekil 5.21. Enerji tüketimi- zaman ilişkisi ($I=3$ A, $i= 30$ mA/cm ² ve 5 mM Na ₂ SO ₄).....	39
Şekil 5.22. Enerji tüketimi- zaman ilişkisi ($I=3$ A, $i= 30$ mA/cm ² ve 5 mM Na ₂ SO ₄).....	40
Şekil 5.23. KOİ %- zaman ilişkisi ($I=3,5$ A, $i= 35$ mA/cm ² ve 5 mM Na ₂ SO ₄).....	41
Şekil 5.24. Enerji tüketimi- zaman ilişkisi ($I=3,5$ A, $i= 35$ mA/cm ² ve 5 mM Na ₂ SO ₄).....	41
Şekil 5.25. KOİ - zaman ilişkisi ($I=3$ A, $i= 30$ mA/cm ² ve 10 mM Na ₂ SO ₄).....	42
Şekil 5.26. KOİ %- zaman ilişkisi ($I=3$ A, $i= 30$ mA/cm ² ve 10 mM Na ₂ SO ₄).....	43
Şekil 5.27. Enerji tüketimi- zaman ilişkisi ($I=3$ A, $i= 30$ mA/cm ² ve 10 mM Na ₂ SO ₄).....	43
Şekil.5.28. KOİ - zaman ilişkisi ($I=3,5$ A, $i= 35$ mA/cm ² ve 10 mM Na ₂ SO ₄).....	44
Şekil 5.29. KOİ %- zaman ilişkisi ($I=3,5$ A, $i= 35$ mA/cm ² ve 10 mM Na ₂ SO ₄).....	45
Şekil 5.30. Enerji tüketimi- zaman ilişkisi ($I=3,5$ A, $i= 35$ mA/cm ² ve 10 mM Na ₂ SO ₄).....	45
Şekil 5.31. KOİ – zaman ilişkisi ($I=2$ A, $i=20$ mA/cm ² , 10 mM Na ₂ SO ₄ , 1mg/L H ₂ O ₂).....	46
Şekil 5.32. KOİ % -zaman ilişkisi ($I=20$ A, $i=20$ mA/cm ² , 10 mM Na ₂ SO ₄ , 1mg/L H ₂ O ₂).....	47
Şekil 5.33. Enerji tüketimi – zaman ilişkisi ($I=20$ A, $i=20$ mA/cm ² , 10 mM Na ₂ SO ₄ , 1mg/L H ₂ O ₂).....	47
Şekil 5.34. KOİ – zaman ilişkisi ($I=2,5$ A, $i=25$ mA/cm ² , 10 mM Na ₂ SO ₄ , 1,5 mg/L H ₂ O ₂ .).....	48
Şekil 5.35. KOİ % -zaman ilişkisi ($I=2,5$ A, $i=25$ mA/cm ² , 10 mM Na ₂ SO ₄ , 1,5mg/L H ₂ O ₂).....	49
Şekil 5.36. Enerji tüketimi – zaman ilişkisi ($I=2,5$ A, $i=25$ mA/cm ² , 10 mM Na ₂ SO ₄ , 1,5mg/L H ₂ O ₂).....	49
Şekil 5.37. KOİ – zaman ilişkisi ($I=2,5$ A, $i=25$ mA/cm ² , 10 mM Na ₂ SO ₄ , 2 mg/ L H ₂ O ₂ , 0,05g MnO ₂)	50

Şekil 5.38. KOİ % -zaman ilişkisi ($I=2,5A$, $i=25 \text{ mA/cm}^2$, $10 \text{ mM Na}_2\text{SO}_4$, $2 \text{ mg/L H}_2\text{O}_2$, $0,05\text{g MnO}_2$).....	51
Şekil 5.39. Enerji tüketimi – zaman ilişkisi ($I=2,5 A$, $i=25 \text{ mA/cm}^2$, $10 \text{ mM Na}_2\text{SO}_4$, $1,5\text{mg/L H}_2\text{O}_2$).....	51
Şekil 5.40. KOİ – zaman ilişkisi ($I=2,5A$, $i=25 \text{ mA/cm}^2$, $10 \text{ mM Na}_2\text{SO}_4$, $3 \text{ mg/L H}_2\text{O}_2$, $0,05\text{g MnO}_2$).....	52
Şekil 5.41. KOİ % -zaman ilişkisi ($I=2,5A$, $i=25 \text{ mA/cm}^2$, $10 \text{ mM Na}_2\text{SO}_4$, $3\text{mg/L H}_2\text{O}_2$, $0,05\text{g MnO}_2$).....	53
Şekil 5.42. Enerji tüketimi – zaman ilişkisi ($I=2,5 A$, $i=25 \text{ mA/cm}^2$, $10 \text{ mM Na}_2\text{SO}_4$, $3\text{mg/L H}_2\text{O}_2$, $0,05\text{g MnO}_2$).....	53
Şekil 5.43. KOİ – zaman ilişkisi ($I=2,5A$, $i=25 \text{ mA/cm}^2$, $10 \text{ mM Na}_2\text{SO}_4$, $2 \text{ mg/L H}_2\text{O}_2(1-1\text{mg/L})$, $0,05\text{g MnO}_2$).....	54
Şekil 5.44. KOİ % -zaman ilişkisi ($I=2,5A$, $i=25 \text{ mA/cm}^2$, $10 \text{ mM Na}_2\text{SO}_4$, $2\text{mg/L H}_2\text{O}_2(1-1\text{mg/L})$, $0,05\text{g MnO}_2$).....	55
Şekil 5.45. Enerji tüketimi – zaman ilişkisi ($I=2,5 A$, $i=25 \text{ mA/cm}^2$, $10 \text{ mM Na}_2\text{SO}_4$, $2 \text{ mg/L H}_2\text{O}_2(1-1\text{mg/L})$).....	55
Şekil 5.46. KOİ – zaman ilişkisi ($I=2,5A$, $i=25 \text{ mA/cm}^2$, $10 \text{ mM Na}_2\text{SO}_4$, $3 \text{ mg/L H}_2\text{O}_2(1,5-1,5\text{mg/L})$, $0,05\text{g MnO}_2$).....	56
Şekil 5.47. KOİ % -zaman ilişkisi ($I=2,5A$, $i=25 \text{ mA/cm}^2$, $10 \text{ mM Na}_2\text{SO}_4$, $3\text{mg/L H}_2\text{O}_2(1,5-1,5\text{mg/L})$, $0,05\text{g MnO}_2$).....	57
Şekil 5.48. Enerji tüketimi – zaman ilişkisi ($I=2,5 A$, $i=25 \text{ mA/cm}^2$, $10 \text{ mM Na}_2\text{SO}_4$, $3\text{mg/L H}_2\text{O}_2(1,5-1,5\text{mg/L})$, $0,05 \text{ g MnO}_2$).....	57
Şekil 5.49. KOİ – zaman ilişkisi ($I=2,5A$, $i=25 \text{ mA/cm}^2$, $10 \text{ mM Na}_2\text{SO}_4$, $3 \text{ mg/L H}_2\text{O}_2(1,5-1,5\text{mg/L})$, $0,07\text{g MnO}_2$).....	59
Şekil 5.50. KOİ % -zaman ilişkisi ($I=2,5A$, $i=25 \text{ mA/cm}^2$, $10 \text{ mM Na}_2\text{SO}_4$, $3\text{mg/L H}_2\text{O}_2(1,5-1,5\text{mg/L})$, $0,07\text{g MnO}_2$).....	59

Şekil 5.51. Enerji tüketimi – zaman ilişkisi ($I=2,5$ A, $i=25$ mA/cm ² , 10 mM Na ₂ SO ₄ , 3 mg/L H ₂ O ₂ (1,5-1,5mg/L), 0,07 g MnO ₂).....	60
Şekil 5.52. KOİ – zaman ilişkisi ($I=2$ A, $i=20$ mA/cm ² , 10 mM Na ₂ SO ₄ , 2 mg/L H ₂ O ₂ (1- 1mg/L), 0,07 g MnO ₂).....	61
Şekil 5.53. KOİ % -zaman ilişkisi ($I=2$ A, $i=20$ mA/cm ² , 10 mM Na ₂ SO ₄ , 2mg/L H ₂ O ₂ (1-1mg/L), 0,07g MnO ₂).....	61
Şekil 5.54. Enerji tüketimi – zaman ilişkisi ($I=2$ A, $i=20$ mA/cm ² , 10 mM Na ₂ SO ₄ , 2 mg/L H ₂ O ₂ (1-1mg/L), 0,07 g MnO ₂).....	62
Şekil 5.55. KOİ – zaman ilişkisi ($I=2$ A, $i=20$ mA/cm ² , 10 mM Na ₂ SO ₄ , 3 mg/L H ₂ O ₂ (1,5-1,5mg/L), 0,07g MnO ₂).....	63
Şekil 5.56. KOİ % -zaman ilişkisi ($I=2$ A, $i=20$ mA/cm ² , 10 mM Na ₂ SO ₄ , 3mg/L H ₂ O ₂ (1,5-1,5mg/L), 0,07g MnO ₂).....	64
Şekil 5.57. Enerji tüketimi – zaman ilişkisi ($I=2$ A, $i=20$ mA/cm ² , 10 mM Na ₂ SO ₄ , 3 mg/L H ₂ O ₂ (1,5-1,5mg/L), 0,07 g MnO ₂).....	64
Şekil 6.1. Destek elektrolit miktarının KOİ değişimine etkisi.....	65
Şekil 6.2. Destek elektrolit miktarının KOİ % değişimine etkisi.....	66
Şekil 6.3. Destek elektrolit miktarının enerji tüketimine etkisi.....	66
Şekil 6.4. Akım yoğunluğunun KOİ değişimine etkisi.....	67
Şekil 6.5. Akım yoğunluğunun KOİ % değişimine etkisi.....	67
Şekil 6.6. Akım yoğunluğunun enerji tüketimine etkisi.....	68
Şekil 6.7. Peroksit miktarının KOİ değişimine etkisi.....	69
Şekil 6.8. Peroksit miktarının KOİ % değişimine etkisi.....	70
Şekil 6.9. Peroksit miktarının enerji tüketimine etkisi.....	70

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

KOİ	: Kimyasal Oksijen İhtiyacı
%	: Yüzde
pH	: Power of Hydrogen
mg/L	: Miligram/Litre
EC	: Elektrokoagülasyon
EOx	: Elektroosidasyon
DDT	: Diklorodifeniltrikloroetamin

1. GİRİŞ

Günümüzde insan sayısı durmadan artmaktadır. Buda beraberinde bazı problemlerin ortaya çıkmasına neden oluyor. En önemli problemlerden biri de gıda yetmezliğidir. Buna rağmen ekine yararlı tarım arazileri oldukça azdır. Bu sebepten bu tarım arazilerinden maksimum verim elde etmek gerekiyor. Ve bu durumda devreye pestisitler giriyor. Bu ilaçların kullanılması tarımda daha çok verim elde edilmesini sağlıyor. Pestisitlerin kullanılmaması durumunda bazı mahsullerde %65 daha az verim elde edilmesine sebep oluyor. Örneğin daneli bitki üretiminde yabancı otlara karşı tarım ilaçlarının kullanılmaması milyarlarca dolar zarara sebep olabilir. Ama çok daha az bir maliyetle bu zararlar asgari düzeye kadar azaltılabilir. Hayvan ve bitkileri korumak için kullanılan bütün bu ilaçların tümüne pestisit adı verilmiştir. Kısacası pestisitler gıda maddelerinin üretiminden depolama ve tüketim aşamasına kadar olan süre zarfında onlara zarar verebilecek tüm böcek, mikroorganizma ve diğer haşerelere karşı kullanılan kimyasal maddelerdir [1].

Tüm bunlara rağmen pestisitlerin bilinçsiz kullanımı doğada bir sıra problemlerin ortaya çıkmasına neden olmaktadır. En etkin parametrelerden birisi de zamanla birikme özelliğidir. Hayvan ve insanlarda çeşitli hastalıklara neden ola biliyor. Aynı zamanda toprakta birikerek yeraltı sulara, nehirlere denizlere karışıyor. İnsan yaşamayan yerlerde- kutuplarda bile pestisite rastlanmıştır. Bu da pestisitlerin hatta rüzgarla bile taşına bildiğini gösteriyor [2].

Sular da pestisitlerin en çok kirlettiği noktalardandır. Bu durum bazı önlemlerin alınmasını gerektiriyor. Bunun için farklı yöntemler vardır. Elektrokimyasal arıtım da bu yöntemlerden biridir. Farklı pestisit çeşitlerine karşı kullanılmaktadır.

Bu çalışmada Deltamethrin kimyasalının demir elektrodu kullanılarak elektrokimyasal arıtımı amaçlanmıştır.

2. PESTİSİT

Pestisitler zarar verici organizmaları engellemek, aynı zamanda onları kontrol altına almak ve verdikleri zararı en aza indirmek için kullanılan bileşenlerin bir araya gelmesiyle oluşuyor. Genellikle kimyasal maddelerden oluşsalar da bakteri, fungus gibi canlı mikroorganizmalar da ola bilirler. Araştırmalara göre, 2004 yılında kullanılmış herbisitlerin ve insektisitlerin %98'i hedefine ulaşmamıştır [3].

Doğada kalma süresine bağlı olarak ta pestisitler değişkenlik gösteriyor.

- | | |
|--|---|
| 1.kalıcı olmayan: doğada 1-2 hafta kalır | “glyphosate” (12 gün) |
| 2.orta derece kalıcı: 1-18 ay kalır | “atrazine ve chlorpyrifos” (75 ve 50 gün) |
| 3.kalıcı pestisitler: 2-5 yıl | “imidacloprid” (191 gün) |
| 4.devamlı kalıcı: neredeyse hiç bozulmayan | “DDT” (6200 gün) [4]. |

2.1. Pestisitlerin Tarihçesi.

Pestisit kullanımı milattan önceye dayanıyor. Şöyle ki, M.Ö. 1500'lere ait papirusta pire, bit ve arılara karşı insektisit kullanılmasına dair bilgiler elde edilmiştir. Zaman geçtikçe bu maddelerin kullanımında doğrudan artmaya başlamıştır. 1800'lü yıllarda zarar vericilere karşı inorganik pestisitler geniş şekilde kullanılıyordu. 20'inci yüzyılın ortalarından itibaren ise artık pestisit yapımında organik kimyadan faydalanmaya başlandı. Şu ana kadar 6000 bine kadar sentetik kimyasal patent almıştır. Ama bunlardan sadece 600 kimyasal geniş ticari kullanıma sahiptir [5].

Pestisit devrinin en önemli örneği ise DDT'dir. Zeidler tarafından 1874 yılında kimyasal sentezi yapılmıştır. Bu kimyasalın insektisit özelliğinin belirlenmesi ise 1939 yılında İsviçreli bilim adamı P.Müllerin yürüttüğü araştırmalara dayanıyor. Buluşundan dolayı 1948 yılında Nobel ödülü almıştır. Sonralar sırasıyla Orgonoklorlu bileşiklerden Benzenhexachlorid, chlordan, heptachlor, Toxaphene, Aldrin, Dieldrin ve Endosulfan sentezleri yapılmıştır. Yarandıkları zamandan itibaren çok geniş şekilde kullanılmışlar [6]. Fakat geçen süre zarfında sebep oldukları çevre kirliliği, İnsan, hayvan ve bitkiler üzerindeki

birçok karşısı alınamayacak kötü etkilerinden dolayı son zamanlarda kullanımına kısıtlamalar getirilmiştir.

2.2. Pestisit Üretimi

Dünyada her sene yaklaşık 30 milyon ton pestisit üretimi yapıyorki, bununda parasal değeri ortalama 30 milyar Eurodur [7]. Türkiye'de bu rakam 33 bin ton ve yaklaşık 230-250 milyon dolardır. Bu miktarın %47'si insektisit, % 24'ü herbisit, %16'sı fungusit, %13'ü ise diğer pestisitlerin payına düşüyor [8]. Dünyada üretilen pestisitlerin %80'ini gelişmiş ülkeler üretirken, sadece %0.6'sını Türkiye üretiyor [9].

2.3. Pestisit Tüketimi

Türkiye'de pestisit kullanımı şuan AB ülkelerinden çok geride. Şöyleki, 1990'lı yıllarda her hektar için sadece 400-500 gram pestisit kullanılıyordu [10]. 2000'li yıllarda bu rakam 705 grama ulaşmıştır [7]. Türkiyeyle kıyaslayacak olursak Hollanda her hektara 13.8kg Yunanistan ise 13.5 kg pestisit kullanımıyla Türkiyeden açık ara ileridedir [11]. Ancak Türkiye'de heterojen bir pestisit tüketimi vardır. Mesela Ege ve Akdeniz bölgelerinde entansif tarım yapılmakta. Bu yüzden Ege ve Akdenizde Türkiye genelinde kullanılan pestisitlerin %34'ü kullanılmakta. Hatta bazı senelerde %50'ye ulaşabiliyor. Ekstansif tarım yapılan Doğu Anadolu ve Güney Doğu Anadolu'da bu rakam %10'u geçmiyor [10].

2.4. Pestisitlerin Sınıflandırılması

Pestisitler farklı şekillerde gruplandırılıyor.

2.4.1. Etki ettiği organizmaya göre sıralama

1. İnsektisitler (böceklerle karşı kullanılan pestisitler)
2. Fungusitler (mantarlara karşı kullanılan pestisitler)

3. Akarisitler (akarlara karşı kullanılan pestisitler)
4. Nematisitler (nematotlara karşı kullanılan pestisitler)
5. Rodentisitler (fare gibi kemirgenlere karşı kullanılan pestisitler)

2.4.2. Etkili içeriklerine göre sıralama

1. İnorganik bileşikler
2. Organik bileşikler
 - bitkisel bileşenler
 - petrol yağları
3. Sentetik organik bileşikler
 - organik fosforlu bileşikler
 - organik klörlü bileşikler
 - ve diğer sentetik bileşikler [12].

2.4.3. Etkilediği zararlının biyolojik dönemine göre

- 1- Larva öldüren (Larvisit)
- 2- Yumurta öldüren (Ovisit)
- 3- Hem yumurta hem larva öldürenler (Ovalarvisit)
- 4- Erginleri öldürenlerdir [12].

2.5. Pestisitlerin İnsana Etkisi

Pestisitler üretilirken sadece belli organizmalara karşı etkili olması hedeflenir. Fakat son zamanlarda bu pestisitlerin geniş ve aynı zamanda bilinçsiz kullanımı doğada toplanmakta ve tüm biosisteme zarar vermektedir. İnsanda bu zarardan nasibini alıyor. Pestisitle zehirlenme daha çok deri, solunum veya sindirim yoluyla oluyor. En çok tokisk

etki gösterenler ise doğada kalıcılığı yüksek olan DDT, Endrin, Aldrin, heptaklor gibi kimyasallardır [13].

2.5.1. Kronik etkileri

bu tür durum daha çok toksikolojik açıdan önemli olmayan düşük miktar ve dozda olan pestisitlere uzun zaman boyunca maruz kalındığında ortaya çıkıyor. Akut zehirlenme özelliğini taşımaz, fakat kronik hastalıkların görülme riskinde artışa sebep oluyor [14].

Sinir sistemi-Vejetatif sendrom, polinöropati, radikülopati, ensefalopati, retrobulbernevrit, distoni ve retinal anjiyopati

Solunum yolları-bronşial astım, akciğer enfizimi, kronik trakeit

Karaciğer-Kronik hepatit, kolesistit, hepatokolesistit, detoksifikasyon ve diğer fonksiyonlarda bozulma

Kardiyovasküler sistem-Kronik miyokard toksisitesi, kronik koroner yetmezlik, hipertoni ve hipotoni

deri- Dermatit, egzama

Gözler-Konjuktivit, blefarit [13].

2.5.2. Pestisitlerin akut etkileri

Buraya tek bir doz alındığında bile etkisi ortaya çıkan ve belirtileriyle tanımlana bilen kimyasallar dahildir. Ölçüsü ise LD50'dir. Bu değer canlı grubunda ölüm oranının %50 olduğunu gösteriyor. LD50 değerinin küçük olması kimyasalın toksik değerinin daha yüksek olduğunu gösteriyor [15]. Dünya Sağlık Örgütü tagistiklerine göre dünyada her sene yaklaşık 3 milyon insan akut zehirlenmeye maruz kalıyor. Ve yaklaşık 300 bin insan bu yüzden hayatını kaybediyor. Zehirlenme dolayısıyla dermatit ve irritasyon gibi etkiler sonucu sakatlık ve hatta ölüme sebep olan sağlık sorunlarının ortaya çıkmasına neden oluyor. Bu sakatlanma ve ölümlerin neredeyse tamamına az gelire sahip gelişmemiş yada gelişmekte

olan ülkelerde rastlanıyor [16]. Dünyadaki pestisitlerin sadece %25'inin az gelişmiş ülkelerde kullanılmasına rağmen ölümlerin çoğunun bu ülkelerde yaşanmasına sebep pestisitlerin doğru şart ve miktarlarda kullanılmamasıdır [17]. Türkiyede yapılmış bir araştırmada hastanelere başvuran zehirlenme vakalarının %20'sinin pestisit zehirlenmesi olduğu belirlenmiştir [18]. Kaza sonucu oluşan zehirlenmeler sayca daha çok olsa da ölüm halleri daha azdır. Aksine intihar vakaları az olmasına rağmen daha çok ölümle sonuçlanıyor. Bu durum zehirlenme zamanı çok kısa sürede ilk yardımın ne derecede önemli olduğunu gösteriyor [19]. Bu tür zehirlenmelerden korunmak için; kullanılan pestisit hakkında gerekli bilgiler ilacın üzerinde yazılmalı, eğitilmiş kişiler tarafından kullanılmalı, kullanım yer ve şartlarında gerekli önlemler alınmalıdır [20].

2.5.3. Pestisitlerin kanserojen etkisi

Pestisitlerin kanserojen özelliklerinin olmasına neden kimyasal yapılarında birçok kansere sebep olabilecek bileşenleri barındırmalarıdır. Trikloretan, vinil klorit, polisiklik hidrokarbonlar, arsenik, aromatik aminler gibi kimyasallar bu gruba aittir. Bu tür özelliklerinden dolayı kanserojen etkileri ispatlanmış bazı pestisitler yasaklanmıştır [21]. kanserojen etkisinin olmaması o pestisitın herhangi bir başka hastalığa sebep olmayacağı anlamına gelmez. Çünkü kanserojen olmadığı halde birçok endokrin ya da sinir sistemi hastalıklarına neden olabilen pestisitler vardır. Şimdiye kadar ABD'de Çevresel koruma ajansı (EPA) 165 pestisiti kanserojen etkisi olan ve olabilecek kategorilerine ayırmıştır. Kanseröjen etkisi olanlar yasaklanmıştır. Dibromo chloro propane (DBCP) ve Etilen Di Bromür (EDB) hayvanlarda yapılan araştırmalar sonucu kanserojen oldukları belirlenmiş ve ikisi de şu anda yasak olan kimyasallar sırasındadır [22].

2.6. Pestisitlerin Çevreye Etkisi.

Tarım alanlarında kullanılan pestisitler havaya, suya, toprağa oradan da bu ortamlarda bulunan diğer organizmalara geçiyor. Herhangi bir pestisit in doğadaki hareketi onun fiziksel ve kimyasal özelliklerinden, aynı zamanda kullanım koşullarına bağlıdır [23].

2.6.1. Pestisitler ve hava

Pestisitlerin kullanımı sırasında bir kısmı evaporasyon ve dağılma sebebiyle kaybolurken, geriye kalan kısmı bitki ve toprak yüzeyinde kalmaktadır. Böylece rüzgarla uzak mesafelere taşınan pestisit sis ve yağmurlar nedeniyle yeniden yeryüzüne döne biliyor. Ve bu yüzden hedef olmayan diğer organizmaların da, toksikolojik etkilenmesine neden oluyor. Havada kontrol edilemeyen pestisitler su kaynaklarına, yaşam arazilerine, ormanlara ulaşarak; insanlara, hayvanlara, yaban hayatına, hassas bitkilere zarar vermektedir. Bu durumların karşısını alabilmek için uçucu olmayan pestisitleri kullanmak gerekir. Aynı zamanda kullanım şartları da büyük etkindir. En düşük basınçta, en büyük damla çapı ayarlandığında, hedefe en uygun yakınlıkta uygulandığında ve gerekli hava koşullarında ilaçlama yapılması bu kimyasalların çevreye etkisini minimuma indiriyor [24].

2.6.2. Pestisitler ve su

Sularda pestisit menşeli kirlenmeler daha çok pestisitlerin tarım yerlerinden taşınarak ve yeraltı sularına karışması sonucu oluşuyor. Getirilen kullanım kısıtlamalarına rağmen güçlü lipofilik özellikleri sayesinde daha uzun süre kirletici özelliğini koruyacaktır. Aynı zamanda sulak alanların pestisitle kirlenmesi atmosferdeki pestisit partiküllerinin gravitasyon yada yağmurla sulak alanlara inmesi sayesinde, direkt sulak alanlardaki herhangi bir zararlı bitki veya mikroorganizmaya karşı kullanıldığında oluyor. yeraltı sularının pestisitle kirlenmesi ise tarım veya yağmur sularının dikey şekilde aşağıya doğru inmesi sonucu da oluşuyor. Bu tür kirlenmeler pestisit in moleküler yapısına, ortamdaki karalılığına, ve aynı zamanda toprağın ve alttaki katmanların humik ve kil yapılarına bağlıdır [25].

2.6.3. Pestisitler ve toprak

Toprak insan, bitki ve hayvanlar için başlıca yaşam kaynağıdır. Aynı zamanda makroplanda ilk üretici olan bitki örtüsü için üretim alanıdır. Bitkiler toprak sayesinde insan ve hayvanlar için gerekli olan karbohidrat, protein ve yağları üretiyor. Mikroorganizmalarda aynı zamanda ölmüş bitki ve hayvan kütesini parçalıyor. Bu şekilde başlıca besin kaynaklarının yeniden ekosfere dönmesini sağlar [23]. 1 gram toprakta yaklaşık 1 milyon civarında bakteri yaşamaktadır. Ayrıca, 100.000 maya hücresi, 50.000 mantar parçacığı vardır. Verimli arazilerde ise bu rakamlar daha yüksektir. Pestisit kullanımı saydığımız örenkerlin zamanla azalmasına neden olmakla bu toprakların verimini minimuma indiriyor. Toprak veriminin artımında önemli rolü olan solucanların da, ölümüne neden oluyor. Ve toprağın kimyasal yapısını büyük ölçekte etkiliyor. Sık sık ve büyük miktarlarda kullanım daha büyük etkilere neden oluyor. Pestisit tehlikesi orman arazileri için daha büyüttür. Çünkü bu alanlarda çoğu zaman bilinçsiz şekilde topraklar işlenip hazırlanmadan pestisit uygulanıyor. Sonuç olarak sinek, solucan ve akarların popülasyonu önemli şekilde etkileniyor [23].

2.7. Deltamethrin

Kimyasal ismi: (s)-alfa-siyano-3-fenoksibenzilcis-(1R,2R)-3-(2,2-dibromovinil)-2,2-dimetilsiklopropankarboksilat

Formül: $C_{22}H_{19}Br_2NO_3$

Molar kütle: 505,21 g/mol

Yoğunluk: 1,5 g/cm³

Kaynama noktası: 300 °C

PubChem Bileşik Kimlik Numarası: 40585

ChEBI Kimliği: 4388

ChEMBL Kimliği: 1593566 [26].

Deltamethrin dünya çapında kullanılan en güçlü insektisitlerden biridir. Karasal ve su ürünleri yetiştiriciliği endüstrisindeki bitkileri, meyveleri, sebzeleri ve balıkları zararlı böceklerden ve parazitlerden korumak için, geniş bir ektoparazit yelpazesini kontrol altında tutmak için kullanılıyorlar. Hedef ektoparazitler içinde keneler, sinekler ve bitler ön sıradadır [27]. Ayrıca Hindistan ve gelişmekte olan ülkelerde Zika ve Dank virüsü taşıyıcıları olan sivrisineklere karşı geniş şekilde kullanılmakta [28]. Orgonofosfor (OP) içerikli ilaçlara getirilen kısıtlamalardan sonra Deltamethrin kullanımı durmadan artmış ve son 20 senede tarıma dayalı ülkelerde tercih edilen seçenek haline gelmiştir [29]. Polonya gibi Avrupa ülkelerinde bu pestisitlerin kullanımı 2005 ve 2010 seneleri arasında 2 katına çıkmıştır. Ve diğer ilaçlarla oranda 87.000 kg daha fazla kullanılıyor [30]. Deltametrin, böcek ilacı ürünlerinde aerosoller, spreylar, tozlar, granüller ve ıslanabilir tozlar halinde formüle edilebilir. Gerek sineklerde gerekse memelilerde ilk olarak sinir sistemine etki ediyor. Bunların çevreye etkilerdi de az değildir. “Çin Tebeşiri” veya “Mucizevi Tebeşir” olarak bilinen ve genellikle etken maddesi deltamethrin olan kimyasallar ABD’de kullanım dışındadır [31].

2.7.1. Deltamethrinin insana etkisi

Deltamethrin cilde temas ettiğinde karıncalanmaya neden olabiliyor. Aynı zamanda uyuşukluk, kaşıntı, yanma gibi hallerde yaşanıyor. Bu durum genellikle 2 gün sonra ortadan kalkıyor. Göze düştüyünde tahrişedici hisler yaşıyor. Solunma zamanı baş ağrısı ve baş dönmesine neden olur. Yaygın olmasa da, büyük miktarda deltamethrine maruz kalmış kişilerde kusma, karın ağrısı ve kaslarda seirme gibi haller başveriyor [31].

2.8. Konu ile ilgili yapılan çalışmalar.

Gullon ve Fond(2001), aktif karbon fiberle pestisit giderimi üzerine çalışma yapmışlar(atrazin). Yapılan çalışmada aktif karbon fiber (ACF) ile ticari granüler ticari aktif karbon karşılaştırılması yapılmıştır. Çalışmalar sonucu yüksek aktivasyona sahip karbonfiberlerin ticari karbon fiberlere kıyasla 7 kat daha iyi adsorban olduğu ispatlanmıştır.

Çalışmalar sırasında ACF'nin yüzey alanı 1700 m²/g olarak bulunmuştur. GAC'da ise bu rakam 1100 m²/g'dır [32].

Salimon (2001) yıkama, soyma ve pişirme esnasında patates bitkisinde pestisit konsantrasyonundaki değişimi izlemek için deney yapmıştır. Deney sonuçları patates yıkanıp soyulduktan sonra patatesteki organik pestisit miktarının %75 azaldığını göstermiştir. Asidik ortamda yıkama sonucunun daha etkili olduğu gözlemlenmiştir. Şöyle ki, %10'luk bir asidik çözeltiyle yapılan yıkama zamanı pestisit miktarında %59,7 azalma görüldüğü halde, musluk suyuyla yıkama zamanı bu rakam sadece %23,7 olmuştur. Elde edilen bu sonuçlar patatesin kabuğunda da pestisitlerin varlığını ispatlamış oluyor. Kaynatılma sonucunda %28,3 bir azalma olurken, kızartma sonucunda %35,2 daha fazla pestisit giderimi görülmüştür. Yapılmış bu deney patatesin yıkanması yanı sıra pişirilme derecesinin de, içindeki pestisit giderimi açısından ne kadar önemli olduğunu göstermiş oluyor [33].

Ayrancı ve Hoda (2004) metribuzin, bromasil, 2,4-D ve atrazin kimyasallarının yüksek alana sahip karbon örtüsünde adsorbsiyon metodu ile sulu çözeltilerden giderilmesini incelemiştir. Sonuç olarak karbon yüzeyinin geniş alanının hazırlanmış çözeltiden pestisitlerin giderimi için iyi bir adsorban olduğu kanaetine varmışlardır. Adı geçen 4 pestisit adsorplanma miktarları sırasıyla metribuzin < 2,4-D < bromasil < atrazin şeklindedir [34].

Akhtar ve arkadaşları (2007) örnek atık suyundan pamuk tarlalarında kullanılan metil paration (MP) pestisitini bertaraf etmek için tarımsal atıklardan faydalanmışlar. Bu çalışma için pirinç kepeği, şeker kamışı külü ve Moringa Oleifera (ağaç türü) kabuğu kullanılmıştır. Adsorban maddeler 8 saat boyunca 383 K'de ısıtılmıştır. Analizi yapılacak numunenin 300 µm'lik kısmı alınır ve adsorbandın etkisini artırmak için farklı kimyasallar kullanılmıştır (HNO₃) gibi. Çalışmalar sırasında ısı ve kimyasal aktivasyon, numunenin çalkalanma süresi, sıcaklığı ve pH gibi farklı parametreleri gözlemlenmiştir. Çalışma sonucunda 3.8x10⁻⁴ M derişimindeki 25 ml'lik çözeltiye 0.1g adsorban madde katılıp karıştırıldığında MP'nin % 75-90 aralığında arıtımın olduğu gözlemleniyor. Giderme verimi sırayla pirinç kepeği < şeker kamışı külü < Moringa Oleifera kabuğu < pirinç kabuğu şeklindedir [35].

Viciano ve arkadaşları (2006) doğal ve amonyum kerolit kullanmakla sulu örneklerden 10, 25 ve 40 °C sıcaklıkta kesikli sistemde Klorizadon adsorpsiyonunu incelemişler. Denge verilerinin Langmuir izotermine yakını uyumda olduğu görülmüştür. Sıcaklıkta başveren artış adsorpsiyon kapasitesinin düşmesine neden olmakla beraber, amonyum kerolitin doğal kerolite oranla kloridazon adsorbsiyonunda daha iyi olduğu gözlemlenmiştir [36].



3. ELEKTROKİMYASAL ARITIM

3.1. Elektrokimyasal Prosesin Esasları

Elektrokimyasal reaksiyonlar elektrolitten kopan iyonik bileşiklerin anotta ve katotta yükseltkendiği ve indirgendiği heterojen iyon transferi reaksiyonlarıdır. Genel olarak ifade etmek gerekirse: elektrokimyanın konusu kimyasal ve elektrik enerjinin birbirlerine dönüşümünü ve aralarındaki bağlantıları inceliyor [37].

Elektrokimyasal giderme yöntemleri, kolay kontrol edilebiliyor olması, çok az sürede yüksek derecede kirlilik giderimi, çalıştırılmasının kolay olması ve buna rağmen az maliyetli ekipmanlarla yapılması, aynı zamanda belli miktarlarda kimyasal kullanımı ve bu yüzden az miktarda çamur oluşumu gibi özellikleri sayesinde şu an en çok kullanılan giderim yöntemlerinden biridir. Genellikle yüksek derişimli organik ve inorganik kirleticilerin temizlenmesinde, metal iyonlarının uzaklaştırılması veya geri kazanımı da kullanılıyor [38]. Son zamanlarda bu arıtım teknikleri farklı kirleticilere karşı yüksek verim şartları sağladığından dolayı ve aynı zamanda çok yönlü olduklarından dolayı geniş kullanılmaktalar. Bu prosesler birbirinden farklılık göstermekte. Bu fark kullanılan elektrot tipinden, sisteme verilen akım şiddetinde, elektriksel gerilimde ve prosesin tipine göre oluşuyor [39].

3.1.1. Elektrokimyanın kullanım alanları

1. Organik ve inorganik maddelerin üretimi
2. Atık su arıtma tesisleri
3. Elektronik parçaların üretiminde
4. Birincil ve ikincil pil üretiminde
5. Sensörlerin yapımında
6. Korrozyon önlenmesinde v.s [40].

3.1.2. Kullanım avantajları

Enerji verimliliği: elektrokimyasal prosesler diğer arıtma proseslerine kıyasla daha az enerjiye ihtiyaç duyar. Düşük elektriksel akım, ve enerji düşmeleri gibi aynı zamanda, oluşabilecek yan reaksiyonlardan dolayı yaşanan güç kayıplarını azaltmak için uygun elektrot ve hücre dizaynı seçmekle enerji verimini sağlamak mümkündür. Böylece diğer arıtım sistemlerine göre daha az enerji tüketmiş oluyor.

Çevreye uyum: bu sistemlerde ana reaktif elektrottur. Sistem için genellikle ekstra reaktifler gerekmez. Diğer taraftan bu sistemlerin çoğundaki yüksek seçicilikten dolayı ikincil ürünler oluşmaz.

Maliyeti: diğer sistemlere oranla ekipmanlarının üretilmesi ve işletilmesi basit ve ucuzdur. Bunun yanı sıra çok az yer kaplar. Elektrokimyasal kimyasal arıtım metotlarından su arıtımında en çok kullanılan elektroflotasyon, elektrokoagülasyon ve elektrooksidasyondur. Bu prosesler hem ayrılıkta hemde birlikte sistem içerisinde ola bilir. Atıksuda oluşan kirleticiler bu proseslerle adsorbe, okside ya da, reaktör yüzeyinde birikerek bertaraf ediliyor. Flotasyon ve oksidasyon yöntemlerinde ortama dayanıklı ve inert metallerden yapılmış elektrotlar kullanılıyor [41].

3.2. Elektrooksidasyon (EOx) Prosesi

Çözünmeyen metal ve metal oksit elektrotlar (Pt/Ti, Ti/Ru/Ir, Ni/Ti/Ga, çelik gibi) ile yapılan arıtım prosesi elektrooksidasyon prosesidir Eox'da maksimum arıtım sonucu metal oksit anotlarla alınmıştır [43]. Buna rağmen kurşun ve grafit anotlarından da çok iyi sonuçlar elde edilmiştir. Elektrotların bulunduğu ortamın büyük önemi vardır. 2 tip oksidasyon vardır. Bunlar dolaylı (indirekt) ve anodik (direkt) oksidasyondur. Elektrokimyasal arıtım toksik ve parçalanmayan bileşikleri biyolojik olarak parçalanabilir duruma getirmek için kullanılır. Bu o demektir ki, elektrooksidasyondan sonra biyolojik arıtım gerektirir.

Anodik oksidasyon ile bazen organik kirleticilerin tam oksidasyonu gerçekleşmez. Kirleticilerin oksidasyonu doğrudan elektrotlarda baş veren yükseltgenme reaksiyonları ile

gerçekleşir. Yüksek molekül ağırlıklı kirleticilerin tam oksidasyonu için fazladan enerji gerekiyor. Bu yüzden sistemin çalışma maliyeti artmış oluyor [45].

3.3. Elektroflotasyon Prosesi ve Uygulanmaları

Atık su arıtımında yaygın kullanılan elektrokimyasal arıtım yöntemlerinden biri de, elektroflotasyondur. Bu arıtım çeşidi elektrolitik duruma göre oluşan gaz kabarcıkları (H_2 , O_2 gibi) tarafından koloidal partiküllerin adsorplanıp su yüzeyine çıkıp toplanmasıdır. Yüksek dispersiyona sahip olan bu kabarcıklar yaklaşık 5-100 μm çapındadır. İşlemin gerçekleştiği elektrodun yüzey alanına bağlı olarak oluşan kabarcıkların sayısı yaklaşık 10-20 milyon/ cm^2 aralığında değişiyor. Bu işlemin gerçekleştiği reaktörlere elektroflotatör adı verilmiştir. Elektroflotatörde toplanan yumaklar köpük sıyrıcılar yardımıyla sıyrılarak filtrasyona gönderiliyor. Bu işlemin verimi: oluşmuş kabarcıkların hacmine ve sayısına, kabarcıkların boyutu ise: akım yoğunluğu, elektrot cinsi ve şekline bağlıdır [46]. Elektroflotasyon daha çok: yağ-su emulsiyonları, mandıra, konserve, yemek üretim, çiflik, kağıt, resturant ve başka alanların atık suları için kullanılıyor [47].

3.4. Elektrokoagülasyon.

1900'li yıllarda atık suların arıtımında elektrokoagülasyon prosesinin kullanım düşüncesi yaygın değildi. Ama son 20 yılda tanınması ve etkinliği özellikle Avrupa ve Güney Amerika ülkelerinde durmadan artmaya başlamıştır. Metal endüstrisinde ve kağıt ve kağıt hamuru endüstrisinde daha fazla kullanılmıştır. Ayrıca maden sanayi atıksuları, yağ, boya [48], Organik madde içeren sızıntı suları [49] ve saire alanlarda kullanılıyor.

Elektrokoagülasyonda anot olarak çözünen demir veya alüminyum kullanılan zaman bu elektrotlar çözünür. Çözeltiye Al^{3+} ve Fe^{2+} , Fe^{3+} iyonlarını veriyor. Sonuç olarak bu iyonlar sudaki hidroksil iyonlarıyla birleşerek suda az çözünen $Fe(OH)_2$, $Fe(OH)_3$ ve $Al(OH)_3$ gibi metal hidroksitlerin oluşmasına sebep oluyor. Bu hidroksitlerin adsorpsiyon özellikleri çok yüksektir [50].

Kimyasal koagülasyon, kolloidal suspensiyon içerisindeki yüklü partiküllerin zıt yüklü iyonlarla karşılıklı çarpışması sonucu nötrale edilip bir araya toplanarak çökmelerinin sağlanması olayıdır. Bu proses için uygun kimyasal maddeler ilave edilir. Mesela Alum kimyasalı atık suların arıtımı için uzun zamandan beri kullanılıyor.

Kimyasal kuagülasyondan farklı olarak elektrokuagülasyon prosesinde kuagülant uygun anot materyalinin elektrolitik oksidasyonu sonucu oluşuyor. Bu zaman yüklü iyon türleri ile anottan çözünmüş metal iyonları metal hidroksit floklarını oluşturur [49].

3.4.1. Elektrokoagülasyonun avantajları

1. Basit ekipmanlar ve işletme şartları gerektirir.
2. Arıtım çıkışı renksiz, kokusuz ve berraktır.
3. Oluşan çamur, metal oksit ve metal hidroksitlerden oluştuğu için kolayca stabil duruma getirilebilir ve susuzlaştırılabilir. Çamur oluşumu azdır.
4. Çalışma sonucu oluşan floklar kimyasal floklara benzer fakat, daha büyük floklar oluşturmakla birlikte daha az su içerirler. Asitli ortama direnci yüksek olur ve stabil olurlar. Filtirasyonla hızlıca ayrılabilirler.
5. Kimyasal arıtma ile kıyaslandığında elektrokoagülasyon çıkış suyu daha az toplam çözünmüş katılar içermektedir.
6. Elektrokuagülasyonda kimyasal madde kullanmamaya üstünlük verilir. Böylece kimyasal kuagülasyonda kullanılan kimyasalların yarattığı ikincil kirlenmeden ve aşırı kimyasal nötralizasyonundan kaçınılmış olur.
7. Elektroliz sırasında oluşan gaz kabarcıkları kirleticileri su yüzeyine taşıyabilir, böylece daha kolay ayrılması sağlanır.
8. Elektrokuagülasyonda hücre içindeki elektrotlar sabit durur. Bu da, onun elektriksel olarak kontrolünü ve bakımını daha kolay hale getiriyor.
9. Bu proses için gerekli olan elektrik enerjisi kırsal alanlarda güneş panellerinden elde edilebilir.

3.4.2. Elektrokoagülasyonun dezavantajları.

Yukarıda saydıklarımızın yanısıra elektrokoagülasyonun bazı dezavantajları da vardır.

1. Çalışma sırasında çözünmüş elektrotların belli zamanlarda değiştirilmesi gerekiyor.
2. Bazı yerlerde elektrik kullanımı pahalı olabilir.
3. Katot üzerinde oluşabilecek herhangi bir geçirimsiz tabaka sistemin verimliliğini azaltabilir.
4. Üzerinde çalışılan atık suyun yüksek iletkenliğe sahip olması gerekir.
5. Bazı durumlarda jelatinli hidroksit çözünme yönüne meyledebilir [51].

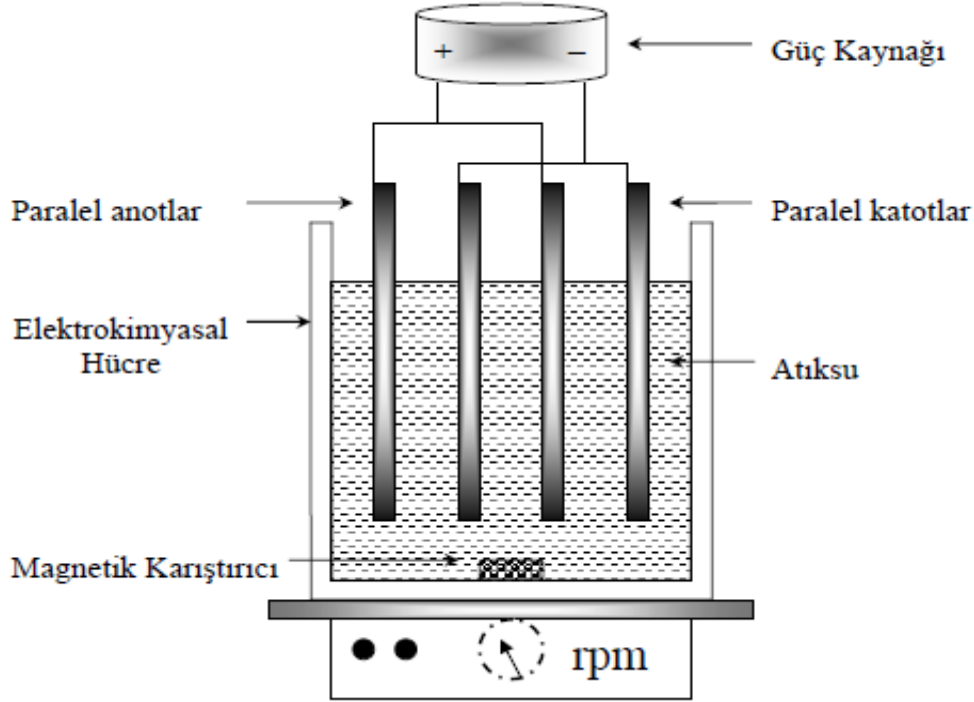
3.4.3. Elektrokoagülasyon metoduyla yapılan çalışmalar

Bu çalışmada elektrokoagülasyon metodu kullanılarak reaktif tekstil boyası çözeltilerinden (Levafix Orange E3 GA) boya giderimi, renk giderimi ve türbidite giderimi araştırması yapılmıştır. Bu amaçla monopolar paralel bağlı alüminyum ve demir elektrotların kullanıldığı bir elektrokimyasal reaktör hazırlanmıştır. Boya giderimi, renk giderimi ve türbidite giderimi üzerine pH, iletkenlik, akım yoğunluğu, karıştırma hızı, zaman, konsantrasyon , polielektrolit ilavesi gibi parametrelerin etkisi araştırılmıştır. Ayrıca enerji tüketimi ve çözünmüş elektrotun giderme kapasiteleri incelenmiştir [52].

Bir başka çalışmada elektrokoagülasyon (EC) metodu kullanılarak dispers tekstil boyalarının (Dianix Navy 2S-G 200 ve Disperse Red 50) temizlenmesi üzerine zamana bağlı olarak pH, akım yoğunluğu, iletkenlik ve konsantrasyon parametrelerinin etkileri araştırılmıştır. Aynı zamanda enerji ve elektrot tüketimi, yaş ve kuru halde çamur miktarları belirlenmiştir. Verilmiş her bir parametre için bulunan deneysel veriler lineerleştirilmiş birinci mertebe kinetik modeline bağlı olarak analiz edilmiştir. Yapılmış kinetik modellemelerde korelasyon katsayıları çok yüksek çıkmıştır.

3.4.4. Elektrokoagülasyon teknolojisi

En basit bir elektrokoagülasyon reaktörü, elektrolit içine daldırılmış bir anot ve bir katottan ibarettir. Çözünebilen katot ve anot elektrotlar güç kaynağına bağlanır. Bu zaman anotta oksidasyon olacağından dolayı anot materyali elektrokimyasal olarak çözünmeye başlayacaktır. Katot ise pasivasyona maruz kalacaktır. Bu durum atık su arıtımı için yol verilebilen değildir. Çünkü metal elektrotların yeteri kadar çözünebilmesi için kullanılan elektrotların geniş yüzey alanına sahip olmaları gerekir. Katot ve anot elektrotlar seri veya paralel bağlanarak tek kutuplu (monopolar) elektrokimyasal reaktör oluştura bilirler.



Şekil.3.1. Paralel Bağlı Monopolar Elektrokoagülasyon Reaktörü

Yukardaki şekilden görüldüğü üzere 4 adet iletken pilaka paralel şekilde elektrotları oluşturuyor. Bu elektrotlar bir güç kaynağına bağlanıyor, güç kaynağı üzerinden reaktördeki gerginlik (voltaj) ve akım değeri ayarlanarak dijital olarak okunuyor. Reaktörlerde kullanılan iletken metal pilaklar ‘tükenen elektrotlar’ olarak biliniyor. Anot elektrotların çözünmesi ve

azalması sonucunda anodun çözünme oranı düşüyor ve sonuç olarak katodun pasivizasyonunu minimize olmuş hale geliyor. Çözünen anotlar daha çok Fe ve Al'dan yapılıyor.

Sonuç olarak elektrokimyasal arıtım sırasında elektrotların pozitif tarafında anodik negatif tarafında ise katodik tepkimeler oluşuyor. Çözünmüş elektrotların iyon oluşturmuş olduğu sistemde demir ve alüminyum gibi çözünebilen metal iletken pilakalar kullanılabilir. Sisteme verilen bu iyonlar, yüklenmiş partikülleri nötralize etmekle koagülasyon işleminin başlamasına sebep oluyor [43].

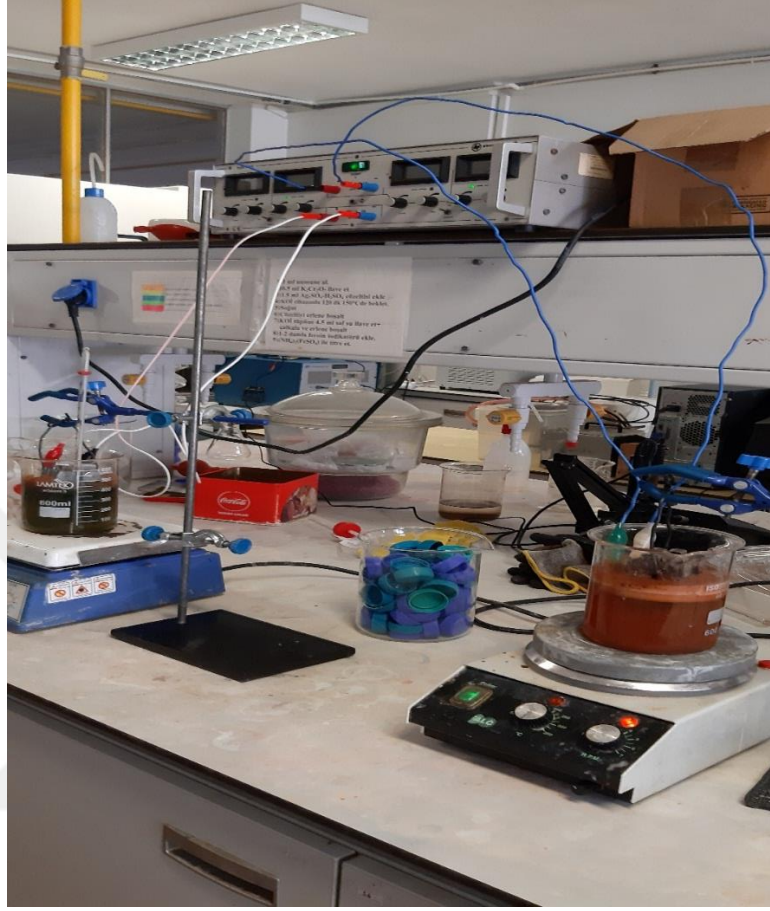
4. MATERYAL VE METOT

Çalışmada kullanılan örnek atık su pestisit in saf suyla karışımından elde edilmiştir. Kirletici olarak Deltamethrin pestisiti içeren Dekagard kimyasal ilacı kullanılmıştır. Örnek atık su Dekagard ilacından 1ml alınarak 999 ml saf suya ilave edilerek karıştırılmasından elde edilmiştir. Oluşan örnek atıksudan 400 ml alınarak 1000'lik balonjoje ye ilave edilmiş ve daha sonra balonjojenin gösterge çizgisine kadar saf suyla tamamlanmıştır. Oluşan atık suyun başlangıç KOİ'si yaklaşık olarak 300 mg/L, başlangıç pH 6,5-7,2 elektriksel iletkenliği ise yaklaşık olarak 65 μ S/cm olmuştur.

4.1 Deney Düzen e ğ i

Deney düzen e ğ i 1 adet güç kayna ğ ı, 1 adet 600 ml 'lik beher, 1 adet manyetik karıştırıcı, yüzeysel alanı 100 cm² olan 6 tane demir elektrottan oluşmaktadır.

100 mg/L'e kadar seyreltilmiş örnek atıksudan 400ml alınarak 600 ml'lik behere aktarılıyor. Elektriksel iletkenlik düşük olduğundan dolayı belirlenmiş miktarda destek elektrolit ilave edilir. Ardından kullanılan kutup de ğ iştiricinin bir ucu güç kayna ğ ına di ğ er ucu elektrota bağlanır. Güç kayna ğ ı çalıştırılıp akım yoğunluğu belli bir değere ayarlandıktan sonra deney başlanmış oluyor. Başlangıç gerilim ve sıcaklık not ediliyor. Belirlenmiş zaman aralıklarında (5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60) reaktörden herbiri 5 ml olmakla numune alınır. Alınmış nnumuneler 5 dakika süre boyunca 7000 devir/dakika hızında olan santrifüje konulur. Daha sonra KOİ analizleri yapılır. Deney düzeneyi şekil 4.1'de gösterilmiştir.



Şekil.4.1. Denek düzeneği

4.2. Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)

4.2.1. Kullanılan reaktifler

Potasyum dikromat çözeltisi

($K_2Cr_2O_7 = 0,040 \text{ mol/L}$): Cıva (II) sülfatın ($HgSO_4$) 80 g 'ı 800 mL saf suda karıştırılarak çözülür. Dikkatli şekilde 100 mL sülfürikasit ($\rho = 1,84 \text{ g/mL}$) çözeltiye ilave edilir. Soğuması için beklenir. 105 °C sıcaklıkta 2 saat kurutulmuş 11,768 g $K_2Cr_2O_7$ çözeltiye eklenir ve yeniden karıştırıcıda çözülür. Bu çözelti 1000 mL'lik balonjöjeye aktarılır ve ölçü çizgisine kadar su ile doldurulur. Bu çözelti en az 1 ay kullanıma yararlıdır.

Gümüş sülfat çözeltisi

Gümüş sülfatdan (Ag_2SO_4) 10 g alınır ve 35 mL saf suya eklenir. Üzerine 965 ml H_2SO_4 ($\rho = 1,84 \text{ g/mL}$) eklenir. Bir veya iki gün çözünmesi için beklenir. Çözünme karıştırılarak hızlandırılır.

Ferroin indiktor çözeltisi

Demir (II) sülfat heptahidrattan ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) 0,7 g veya amonyum demir (II) sülfat heksahidratdan 1 g alınarak suda karıştırılır. 1,10 – fenantrolin monohidrat ($\text{C}_{12}\text{H}_8\text{N}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$)’dan 1,50 g’lık bir kısım bu çözeltiye ilave edilir ve çözülene kadar karıştırılır. Suyla 1000 mL ‘e tamamlanır. Karanlıkta tutulması şartıyla birkaç ay kullanıma yararlıdır.

Amonyum demir (II) sülfat, standart çözeltisi $c[(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO})_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}] \approx 0,12 \text{ mol/L}$

$(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO})_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ’tan 47 g alınır ve suda çözülür. Sonra üzerine 20 mL sülfürik asit ($\rho = 1,84 \text{ g/mL}$) eklenir. Soğutulduktan sonra su ile 1000 mL ‘e tamamlanır.

Standart potasyum hidrojen fitalat çözeltisi

Potasyum hidrojen fitalatın 105°C ‘de kurutulmuş 0,4251 g’ı suda karıştırılarak çözünür ve 1000 mL suya tamamlanır. Bu çözeltinin teorik KOİ değeri 500 mg/L dir. Bu çözelti yaklaşık 4°C ’de korunduğunda 1 hafta kararlıdır.

4.2.2 Deney süreci

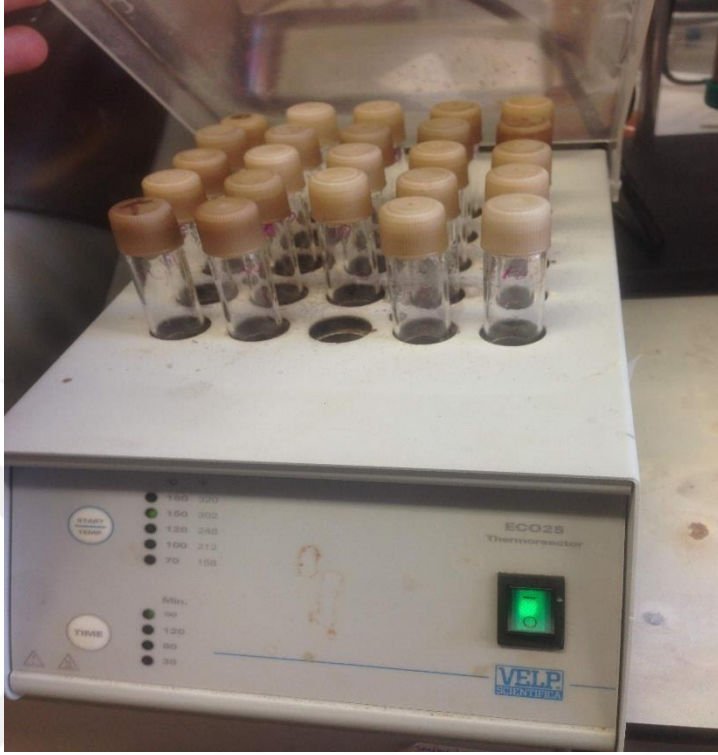
Kullandığımız güç kaynağında belli bir akım yoğunluğunu ayarladıktan sonra deney çalışması başlanmış oluyor. Önceden belirlenen zaman aralıklarında (0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60) reaktörden 5 mL miktarında örnekler alınır. Alınmış numuneler santrifüj cihazından geçiriliyor ve her bir numuneden 1 mL miktarında KOİ tüplerine aktarılır. Alınmış tüm numunelerin üzerine 0,5 mL miktarında potasyum dikromat çözeltisi ilave edilir. Bu işlemin ardından 1,5 mL gümüş sülfat- sülfürik asit çözeltisi dikkatlice her bir tüpe eklenir. Saydığımız bu işlemler aynı şekilde kör ve standart çözelti için de yapılır. Bu işlemlerden sonra KOİ tüpleri termoreaktöre yerleştirilir ve termoreaktörün ısısı 150°C ’e,

zamanı ise 2 saat ayarlanır. 2 saatlik beklemeden sonra KOİ tüpleri termoreaktörden alınır ve soğutulmaya bırakılır. Soğuttuktan sonra tüpteki numuneler erlenlere boşaltılır ve hepsinin üzerine 4,5 mL saf su eklenir. En sonda her bir numunenin üzerine 1-2 damla ferroin indikatör çözeltisi eklenerek amonyum demir (II) sülfat çözeltisi kullanılarak numunelerin rengi mavi-yeşilden, kırmızı-kahverengine dönene kadar titre edilir.

Çalışmada kullanılan santrifüj ve termoreaktör sırasıyla şekil 4.2’de ve 4.3’te verilmiştir sırasıyla şekil 4.2’de ve 4.3’te verilmiştir.



Şekil 4.2 Santrifüj cihazı



Şekil 4.3 Termoreaktör

4.2.3. Hesaplamalar

C değerinin hesaplanması;

Potasyum dikromat çözeltisinin 10 mL 'si H_2SO_4 çözeltisi ile 100 mL 'e kadar seyreltilir. Bu çözelti Amonyum demir (II) sülfatla, üzerine iki veya üç damla ferroin indiktorü eklenerek ayarlanır. Amonyum demir (II) sülfatın derişimi c, mol/L aşağıdaki bağlantıyla bulunur.

$$C = \frac{10,0 \times 0,040 \times 6}{V} = \frac{2,4}{v} \quad (4.1)$$

KOİ değerinin hesaplanması

Aşağıdaki ifadeyle hesaplanır;

$$KOİ \text{ (mg O}_2\text{/L)} = \frac{8000 \times c(V_1 - V_2)}{V} \quad (4.2)$$

Burada:

C-Amonyum demir (II) sülfatın derişimi, (mol/L) (günlük olarak kontrol edilmelidir)

V_0 – deney numunesinin hacmi

V_1 – tanık deney titrasyonunda harcanan amonyum demir (II) sülfatın hacmidir (mL)

V_2 - deney çözeltisinin titrasyonu zamanı harcanan amonyum demir (II) sülfatın hacmi (mL)

8000- sonucu mg/L cinsinden kullanabilmek için dönüştürme faktörüdür.

KOİ giderimi

$$\text{Giderim (\%)} = \frac{(KOİ_0) - (KOİ_{60})}{KOİ_0} \times 100 \quad (4.3)$$

Burada:

$(KOİ)_0$ – başlangıç derişim (mg/L)

$(KOİ)_t$ – son derişim (mg/L)

Enerji tüketimi

$$\text{Enerji tüketimi} = \frac{U \times I \times t}{V \times 60} \quad (4.4)$$

I= akım (A)

U=gerilim(volt)

t= zaman (saat)

V= çözelti hacmi (L)

5. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

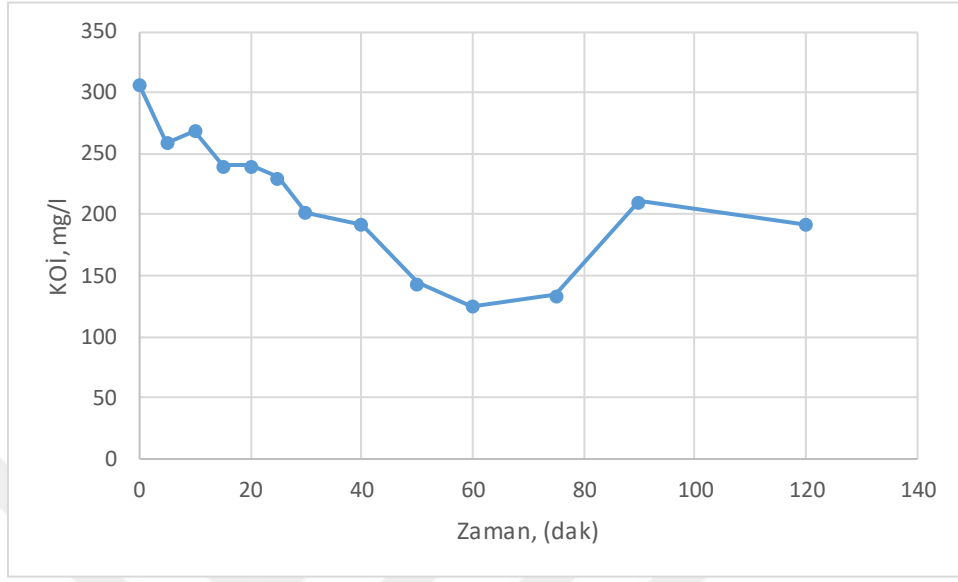
Deneysel çalışmalarda farklı akım yoğunlukları, (10,15, 20, 25, 30,35 mA/cm²), farklı destek elektrolit miktarları (5, 10mM Na₂SO₄) , farklı H₂O₂ derişimleri (1000, 1500, 2000, 2500 ve 300 mg/L H₂O₂) ile çalışılmıştır.

Doğal pH'ta I=1 A, i= 10 mA/cm² ve 5 mM Na₂SO₄ parametreleri ile yapılan çalışmanın sonuçları Çizelge 5.1'de verilmiştir. Çalışmada en iyi verim yaklaşık olarak % 59 olmuştur.

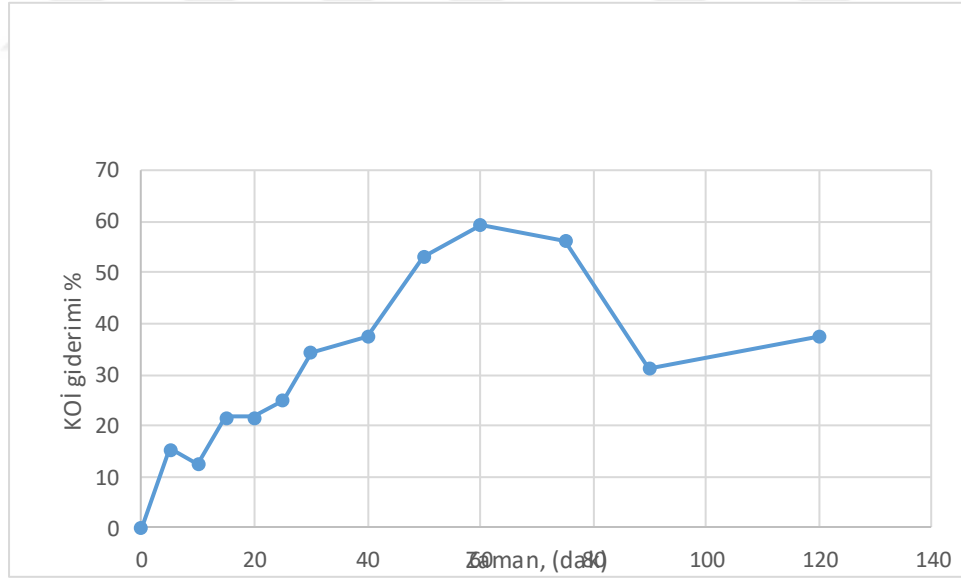
Çizelge 5.1 I=1 A, i= 10 mA/cm² , 5 mM Na₂SO₄, V= 400 mL

Zaman, (dak)	Gerilim, V	Sıcaklık, °C	KOİ, mg/l	KOİ giderimi, %	Enerji tüketimi, kWh/m ³
0	6,7	19	307,2	0	0
5	6,7	20	259	16	2,811
10	6,8	21	268,8	12,5	4,206
15	6,7	22,5	240	21,8	5,601
20	6,6	23,5	240	21,8	6,976
25	6,2	24,5	230,4	25	8,267
30	6	25,1	201,6	34	9,518
40	5,8	27	192	37,5	11,934
50	5,9	28	144	53	14,35
60	5,9	29,9	124,8	59	16,766
75	6,2	31	134	56,38	20,641
90	7,6	33	211	31,31	25,391
120	8,2	36	192	37,5	35,641

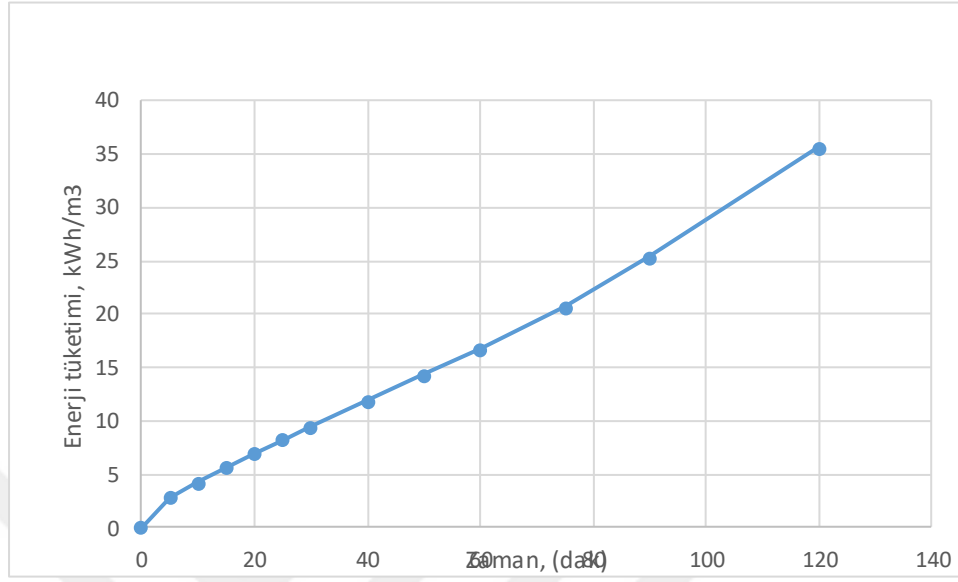
Doğal pH'ta I=1 A, i= 10 mA/cm² ve 5 mM Na₂SO₄, V=400 mL parametreleri ile yapılan çalışmada zamana göre KOİ değişimi Şekil 5.1'de, zamana göre %KOİ değişimi ise Şekil 5.2'de verilmiştir. Şekil 5.3'de zaman ve enerji tüketimi arasında ilişki gösterilmiştir.



Şekil 5.1. KOİ - zaman ilişkisi ($I=1$ A, $i= 10$ mA/cm² ve 5 mM Na₂SO₄)



Şekil 5.2. KOİ %- zaman ilişkisi ($I=1$ A, $i= 10$ mA/cm² ve 5 mM Na₂SO₄)



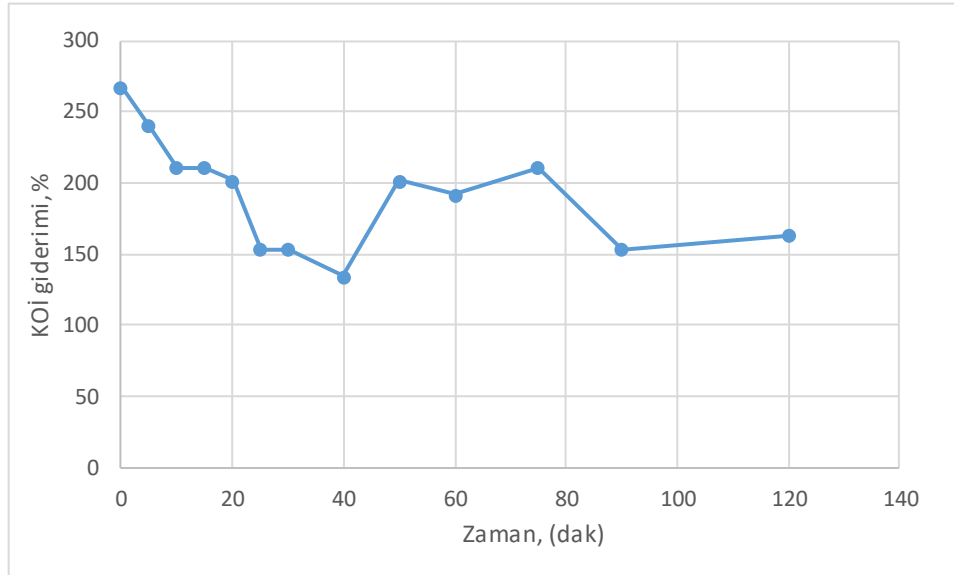
Şekil 5.3. Enerji tüketimi- zaman ilişkisi ($I=1$ A, $i= 10$ mA/cm² ve 5 mM Na₂SO₄)

Doğal pH'ta $I=1,5$ A, $i= 15$ mA/cm² ve 5 mM Na₂SO₄ parametreleri ile yapılan çalışmanın sonuçları Çizelge 5.2'de verilmiştir. Çalışmada en iyi verim yaklaşık olarak % 50 olmuştur

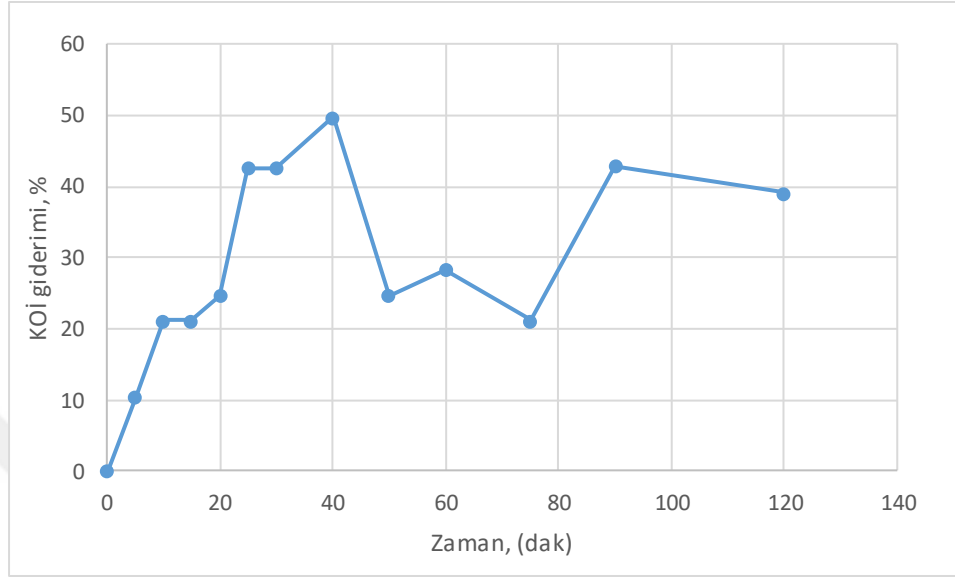
Çizelge 5.2 $I=1,5$ A, $i= 15$ mA/cm², 5 mM Na₂SO₄, V= 400 mL

Zaman, (dak)	Gerilim, V	Sıcaklık, °C	KOİ, mg/l	KOİ giderimi, %	Enerji tüketimi, kWh/m ³
0	8,3	20	268	0	0
5	8,8	22	240	10,44	2,75
10	9	25	211,2	21,19	5,562
15	8,8	26,5	211,2	21,19	8,312
20	8,7	28	201,6	24,77	11,03
25	7,9	31	153,6	42,68	13,498
30	8,5	32	153,6	42,68	16,154
40	8,5	33	134,4	49,85	21,466
50	8,2	35	201,6	24,77	26,591
60	9,8	36,5	192	28,35	32,716
75	10,5	39,5	211,2	21,19	42,559
90	12,5	42	153,6	42,91	54,277
120	10,7	46	163,2	39,1	74,339

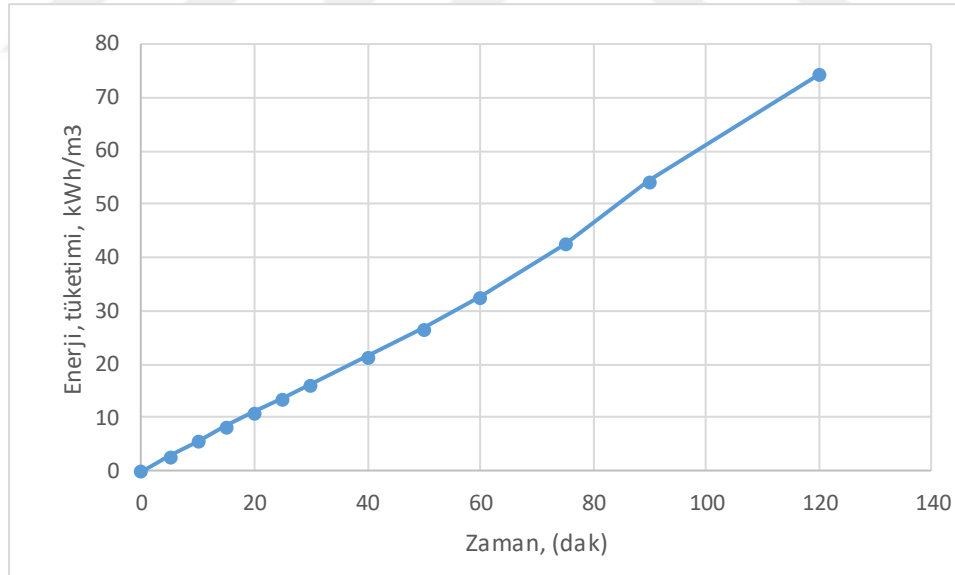
Doğal pH'ta $I=1,5$ A, $i= 15$ mA/cm² ve 5 mM Na₂SO₄, V=400 mL parametreleri ile yapılan çalışmada zamana göre KOİ değişimi Şekil 5.4'de, zamana göre %KOİ değişimi ise Şekil 5.5'de verilmiştir. Şekil 5.6'da zaman ve enerji tüketimi arasında ilişki gösterilmiştir.



Şekil 5.4. KOİ - zaman ilişkisi ($I=1,5$ A, $i= 15$ mA/cm² ve 5 mM Na₂SO₄)



Şekil 5.5. KOİ %- zaman ilişkisi ($I=1,5$ A, $i=15$ mA/cm² ve 5 mM Na₂SO₄)



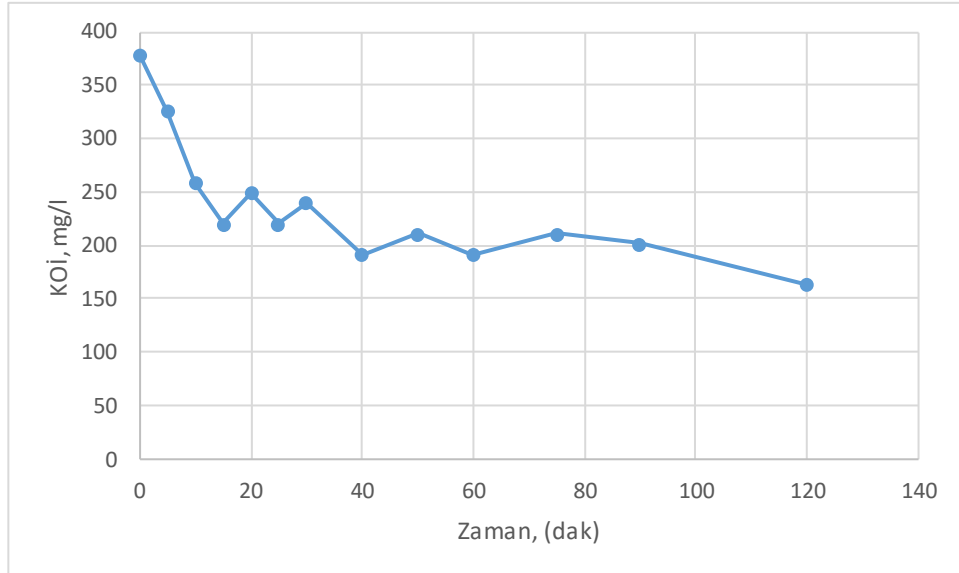
Şekil 5.6. Enerji tüketimi- zaman ilişkisi ($I=1,5$ A, $i=15$ mA/cm² ve 5 mM Na₂SO₄)

Doğal pH'ta $I=2$ A, $i=20$ mA/cm² ve 5 mM Na₂SO₄ parametreleri ile yapılan çalışmanın sonuçları Çizelge 5.3'te verilmiştir. Çalışmada en iyi verim yaklaşık olarak % 57 olmuştur.

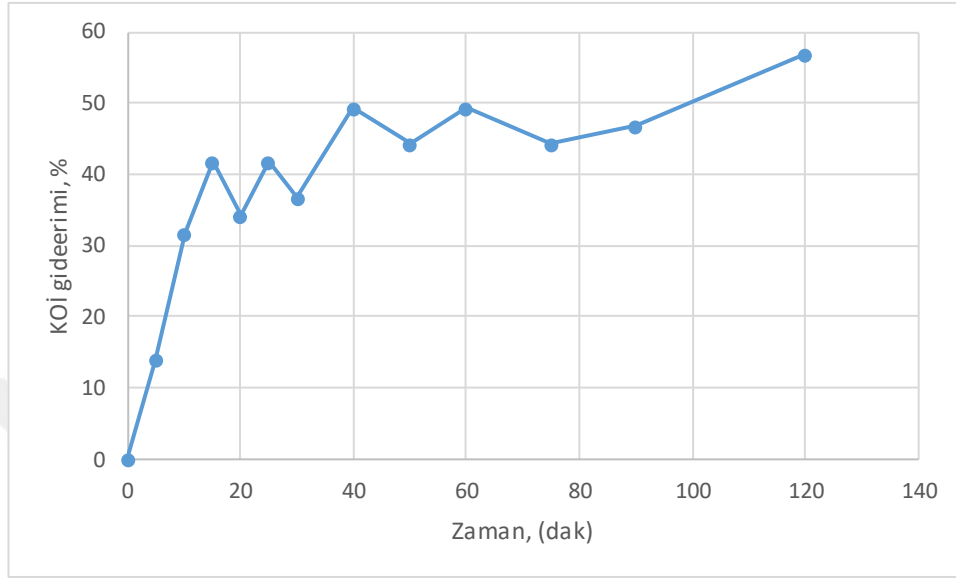
Çizelge 5.3. $I=2$ A, $i=20$ mA/cm², 10 mM Na₂SO₄, V= 400mL

Zaman, (dak)	Gerilim, V	Sıcaklık, °C	KOİ, mg/l	KOİ giderimi, %	Enerji tüketimi, kWh/m ³
0	14	20	379,2	0	0
5	14,2	23,5	326,4	13,92	5,916
10	14,1	26	259,2	31,64	11,791
15	10,8	27,5	220,8	41,77	16,291
20	10,5	30,5	249,6	34,17	20,666
25	10,2	35	220,8	41,77	24,691
30	9,9	37	240	36,7	28,811
40	8,7	40	192	49,36	36,061
50	8,8	42	211,2	44,3	43,391
60	9,3	43,5	192	49,36	51,141
75	11	46	211,2	44,3	64,891
90	13,2	50	201,6	46,83	81,391
120	11,2	54,5	163,2	56,96	108,41

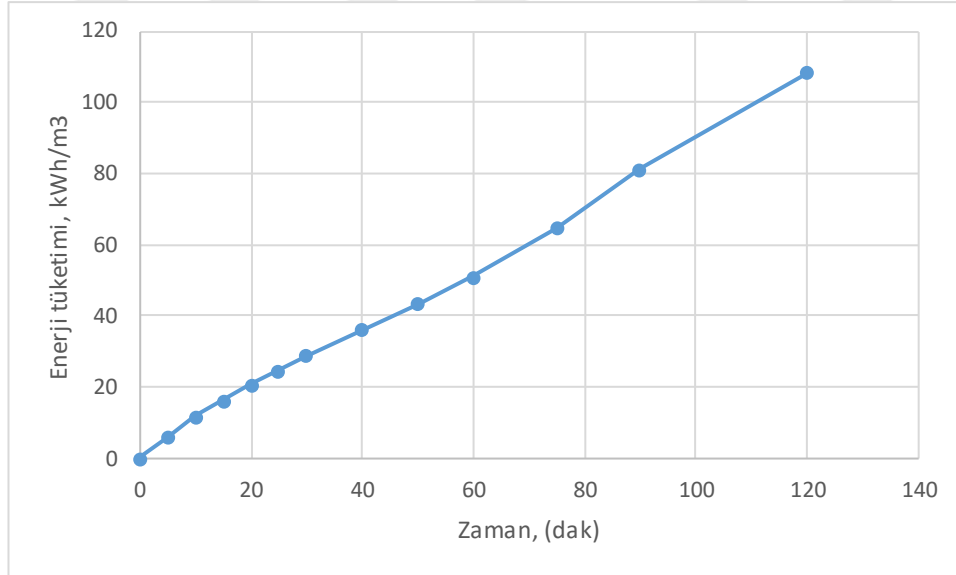
Doğal pH'ta $I=2$ A, $i= 20$ mA/cm² ve 5 mM Na₂SO₄, V=400 mL parametreleri ile yapılan çalışmada zamana göre KOİ değişimi Şekil 5.7'de, zamana göre %KOİ değişimi ise Şekil 5.8'de verilmiştir. Şekil 5.9'da zaman ve enerji tüketimi arasında ilişki gösterilmiştir.



Şekil 5.7. KOİ - zaman ilişkisi ($I=2$ A, $i= 20$ mA/cm² ve 5 mM Na₂SO₄)



Şekil 5.8. KOİ %- zaman ilişkisi ($I=2$ A, $i= 20$ mA/cm² ve 5 mM Na₂SO₄)



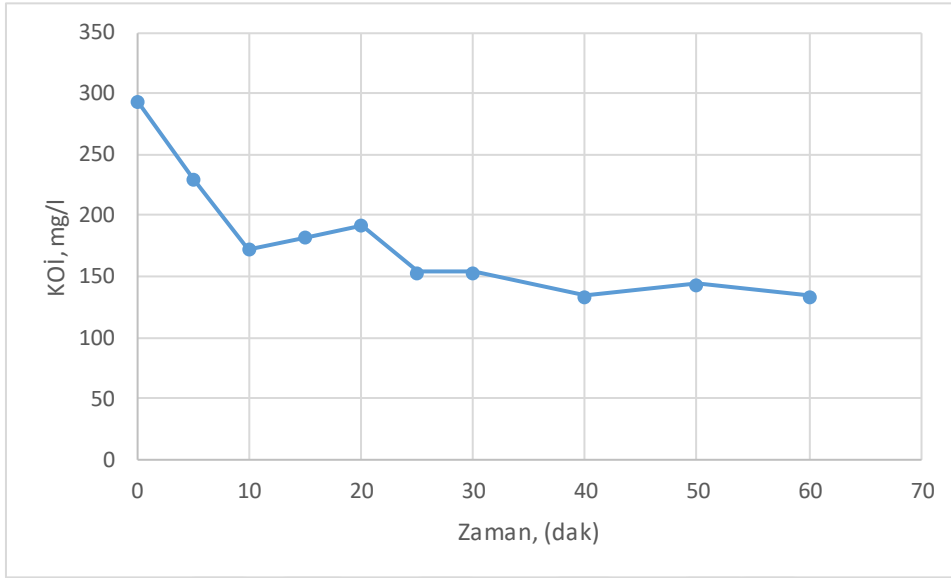
Şekil 5.9. Enerji tüketimi- zaman ilişkisi ($I=2$ A, $i= 20$ mA/cm² ve 5 mM Na₂SO₄)

Doğal pH'ta $I=2,5$ A, $i= 25$ mA/cm² ve 5 mM Na₂SO₄ parametreleri ile yapılan çalışmanın sonuçları Çizelge 5.4'de verilmiştir. Çalışmada en iyi verim yaklaşık olarak % 54 olmuştur

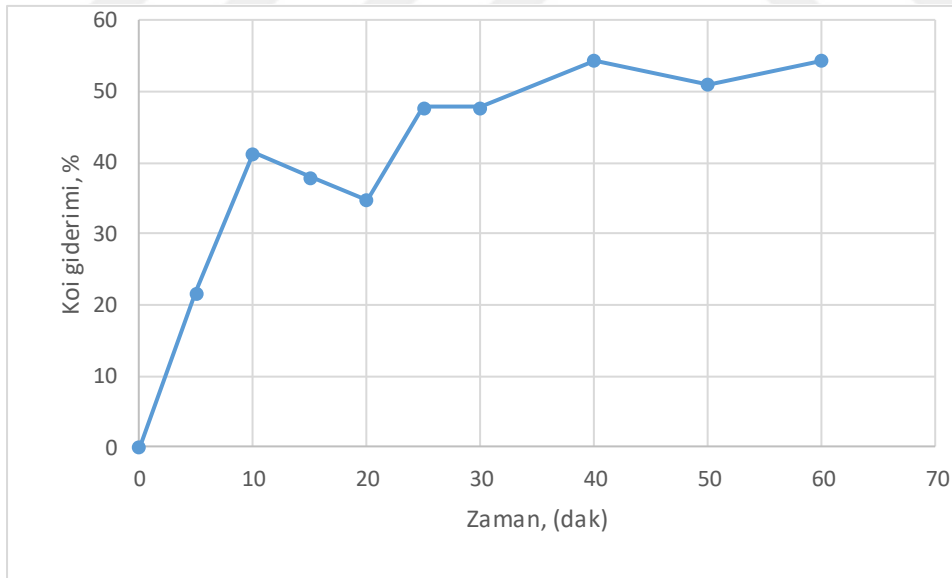
Çizelge 5.4. $I=2,5$ A, $i=25$ mA/cm², 10 mM Na₂SO₄, V= 400mL

Zaman, (dak)	Gerilim, V	Sıcaklık, °C	KOİ, mg/l	Koi giderimi, %	Enerji tüketimi, kWh/m ³
0	13	21	294,6	0	0
5	12,7	15	230,4	21,79	6,77
10	12,5	30	172,8	41,34	13,38
15	12,2	33,5	182,4	38,08	19,89
20	11	36,5	192	34,82	25,61
25	10,7	39,5	153,6	47,86	31,18
30	10,9	42	153,6	47,86	36,85
40	12,2	46,5	134,4	54,37	49,55
50	13,2	51	144	51,12	63,3
60	13,5	55	134,4	54,37	77,36

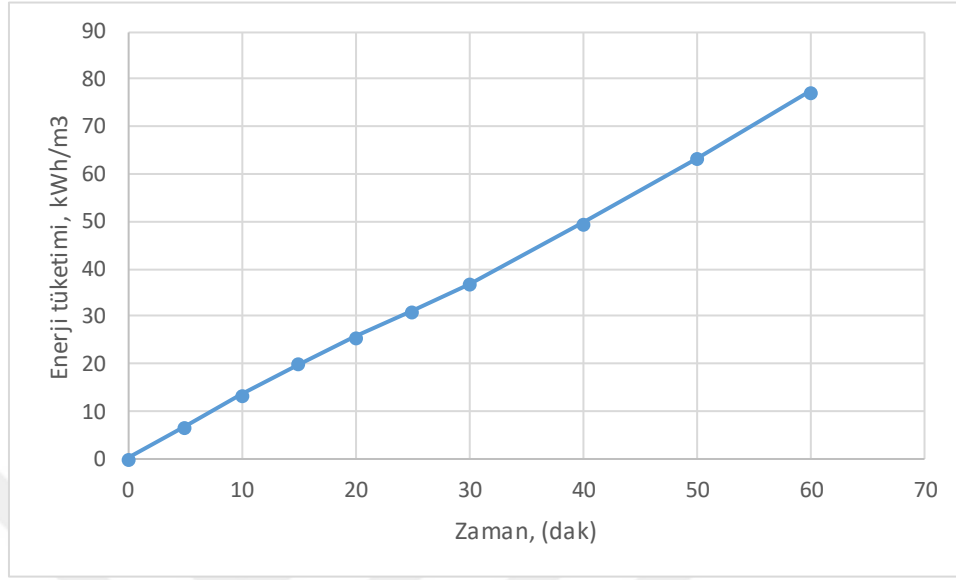
Doğal pH'ta $I=2,5$ A, $i= 25$ mA/cm² ve 5 mM Na₂SO₄, V=400 mL parametreleri ile yapılan çalışmada zamana göre KOİ değişimi Şekil 5.10'da, zamana göre %KOİ değişimi ise Şekil 5.11'de verilmiştir. Şekil 5.12'de zaman ve enerji tüketimi arasında ilişki gösterilmiştir.



Şekil 5.10. KOİ - zaman ilişkisi ($I=2,5$ A, $i= 25$ mA/cm² ve 5 mM Na₂SO₄)



Şekil 5.11. KOİ %- zaman ilişkisi ($I=2,5$ A, $i= 25$ mA/cm² ve 5 mM Na₂SO₄)



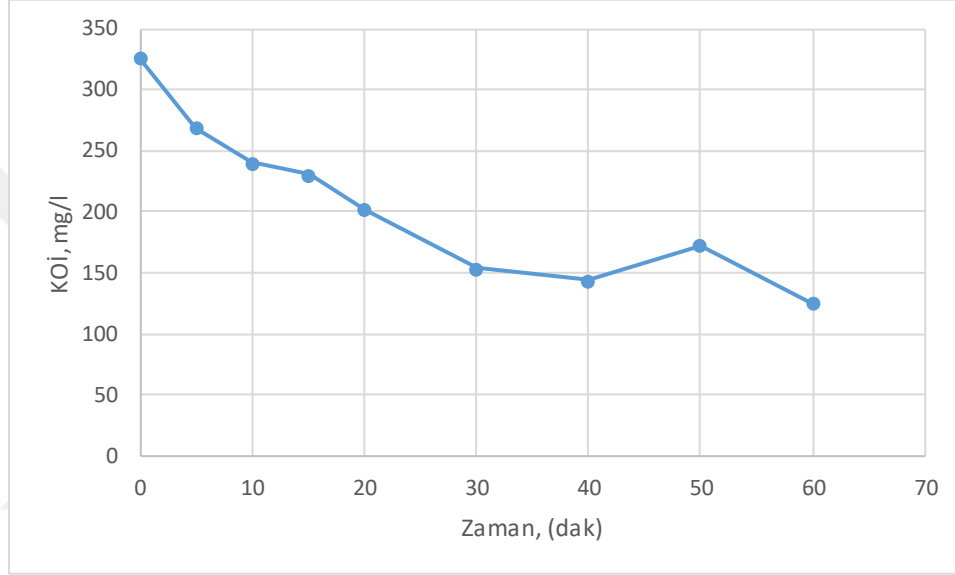
Şekil 5.12. Enerji tüketimi- zaman ilişkisi ($I=2,5$ A, $i= 25$ mA/cm² ve 5 mM Na₂SO₄)

Doğal pH'ta $I=2$ A, $i= 20$ mA/cm² ve 5 mM Na₂SO₄ parametreleri ile yapılan çalışmanın sonuçları Çizelge 5.5'te verilmiştir. Çalışmada en iyi verim yaklaşık olarak % 61,5 olmuştur

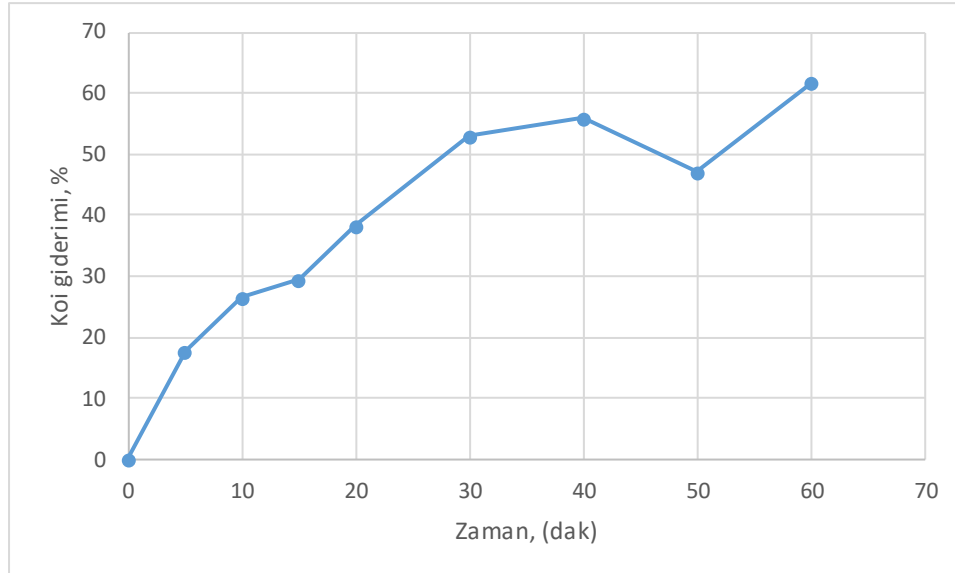
Çizelge 5.5. $I=2,5$ A, $i=25$ mA/cm², 10 mM Na₂SO₄, V= 400mL

Zaman, (dak)	Gerilim, V	Sıcaklık, °C	KOİ, mg/l	Koi giderimi, %	Enerji tüketimi, kWh/m3
0	14,7	20	326,4	0	0
5	13,2	25	268,8	17,64	5,5
10	13	28,5	240	26,47	10,916
15	12,9	31	230,4	29,41	19,291
20	12,6	34	201,6	38,23	24,541
30	10,8	38	153,6	52,94	33,541
40	10,3	41,5	144	55,88	42,124
50	10,3	44	172,8	47,05	50,707
60	11	46	124,8	61,64	59,873

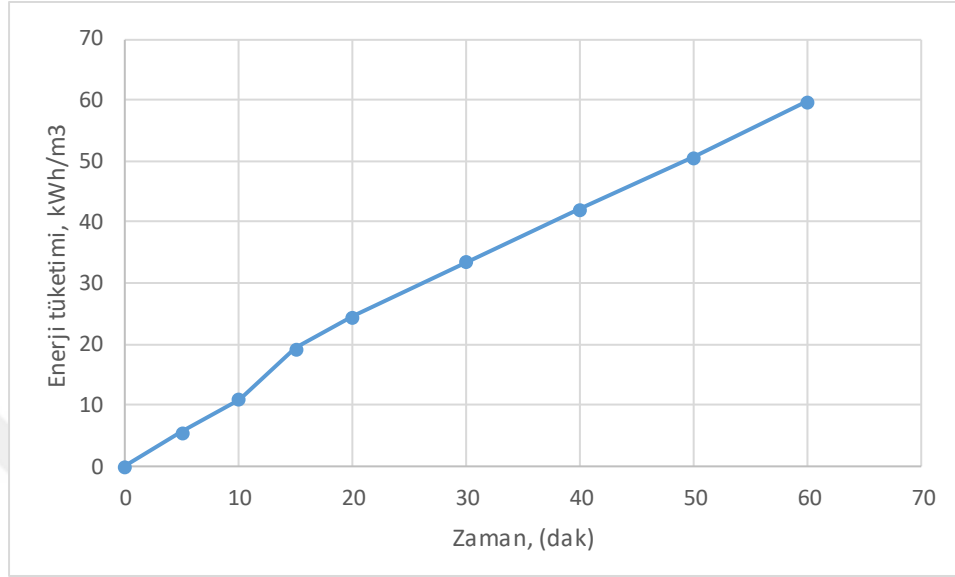
Doğal pH'ta $I=2$ A, $i= 20$ mA/cm² ve 10 mM Na₂SO₄, V=400 mL parametreleri ile yapılan çalışmada zamana göre KOİ değişimi Şekil 5.13'te, zamana göre %KOİ değişimi ise Şekil 5.14'de verilmiştir. Şekil 5.15'de zaman ve enerji tüketimi arasında ilişki gösterilmiştir.



Şekil 5.13. KOİ - zaman ilişkisi ($I=2$ A, $i= 20$ mA/cm² ve 10 mM Na₂SO₄)



Şekil 5.14. KOİ %- zaman ilişkisi ($I=2$ A, $i= 20$ mA/cm² ve 10 mM Na₂SO₄)



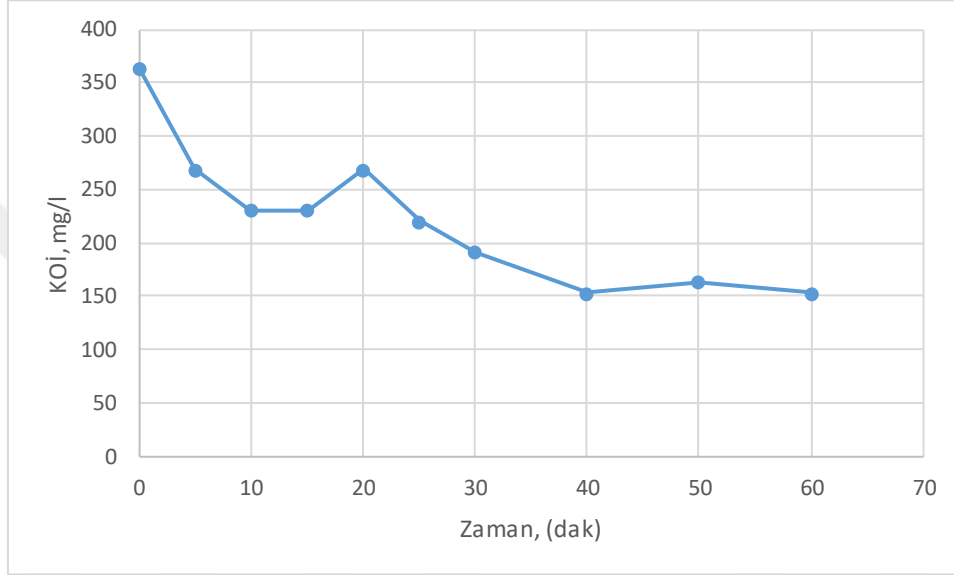
Şekil 5.15. Enerji tüketimi- zaman ilişkisi ($I=2$ A, $i= 20$ mA/cm² ve 10 mM Na₂SO₄)

Doğal pH'ta $I=2,5$ A, $i= 25$ mA/cm² ve 10 mM Na₂SO₄ parametreleri ile yapılan çalışmanın sonuçları Çizelge 5.6'da verilmiştir. Çalışmada en iyi verim yaklaşık olarak % 58 olmuştur

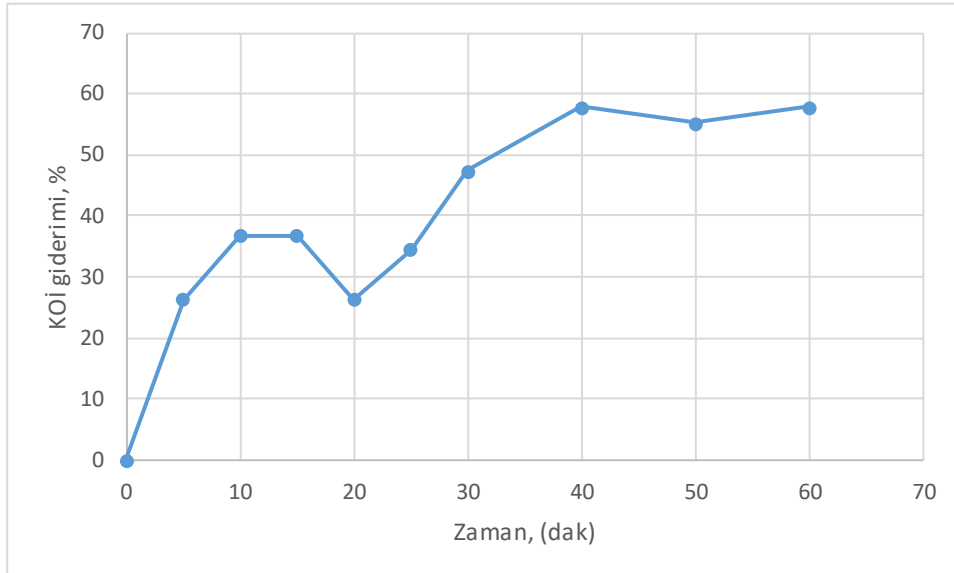
Çizelge 5.6. $I=2,5$ A, $i=25$ mA/cm², 10 mM Na₂SO₄, V= 400mL

Zaman, (dak)	Gerilim, V	Sıcaklık, °C	KOİ, mg/l	KOİ giderimi, %	Enerji tüketimi, kWh/m³
0	12,3	20	364,8	0	0
5	11,9	26	268,8	26,31	6,19
10	12,1	30	230,4	36,84	12,49
15	12	33	230,4	36,84	18,74
20	11,8	36	268,8	26,31	24,88
25	10,3	39	220,8	34,47	30,24
30	9,8	41	192	47,36	35,34
40	10,3	45	153,6	57,89	46,06
50	10,6	48	163,2	55,26	51,1
60	10,9	50,5	153,6	57,89	62,45

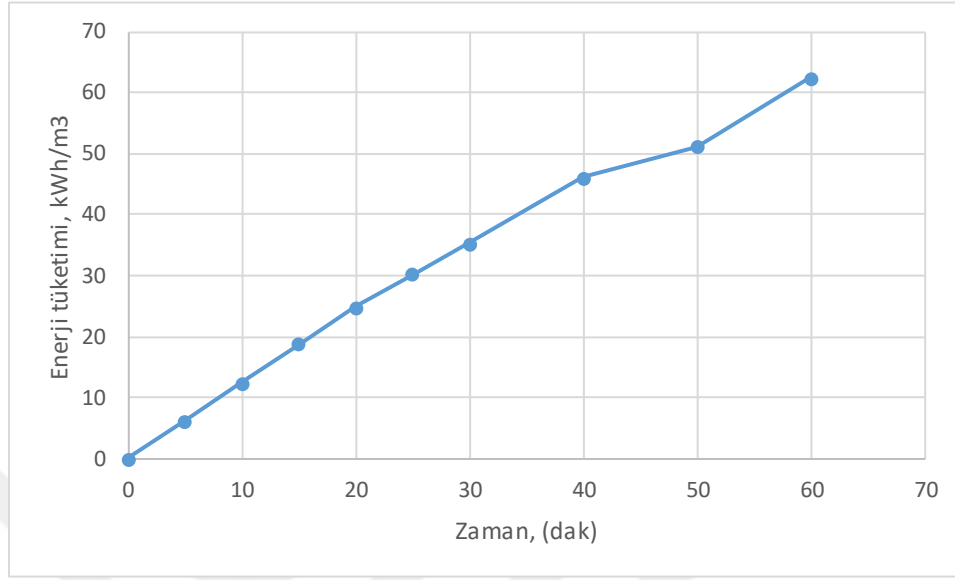
Doğal pH'ta $I=2,5$ A, $i= 25$ mA/cm² ve 10 mM Na₂SO₄, V=400 mL parametreleri ile yapılan çalışmada zamana göre KOİ değişimi Şekil 5.16'da, zamana göre %KOİ değişimi ise Şekil 5.17'de verilmiştir. Şekil 5.18'de zaman ve enerji tüketimi arasında ilişki gösterilmiştir.



Şekil 5.16. KOİ - zaman ilişkisi ($I=2,5$ A, $i= 25$ mA/cm² ve 10 mM Na₂SO₄)



Şekil 5.17. KOİ %- zaman ilişkisi ($I=2,5$ A, $i= 25$ mA/cm² ve 10 mM Na₂SO₄)



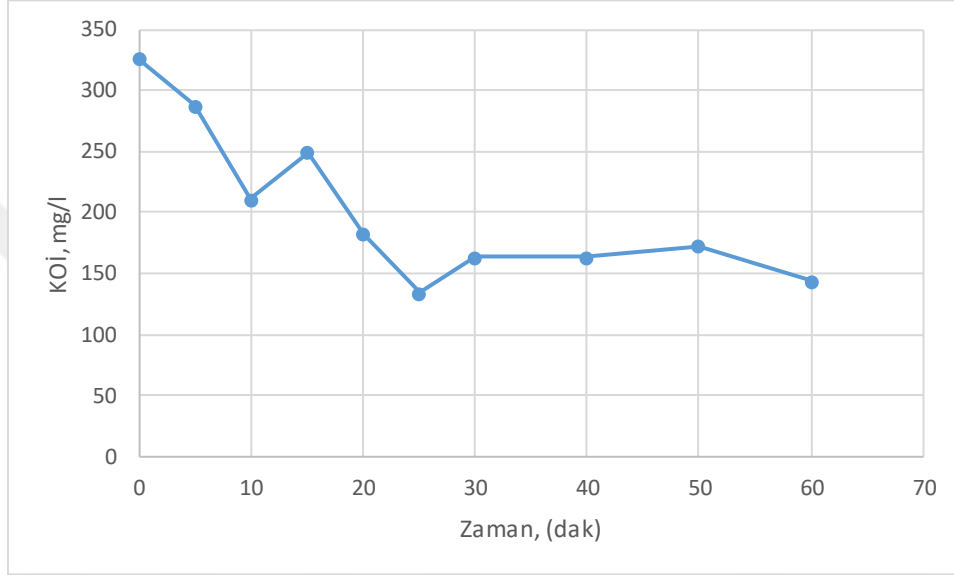
Şekil 5.18. Enerji tüketimi- zaman ilişkisi ($I=2,5$ A, $i= 25$ mA/cm² ve 10 mM Na₂SO₄)

Doğal pH'ta $I=3$ A, $i= 30$ mA/cm² ve 5 mM Na₂SO₄ parametreleri ile yapılan çalışmanın sonuçları Çizelge 5.7'de verilmiştir. Çalışmada en iyi verim yaklaşık olarak % 59 olmuştur

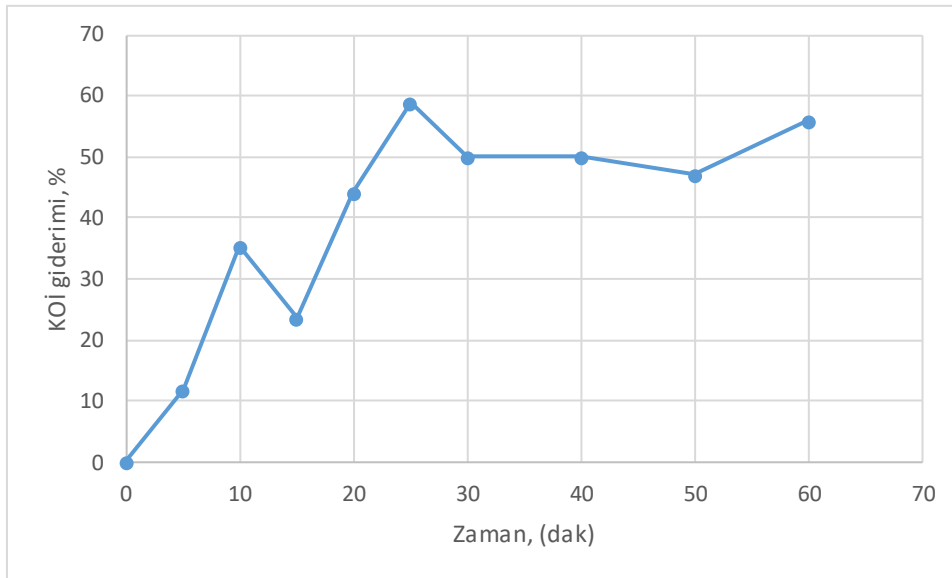
Çizelge 5.7. $I=3$ A, $i=30$ mA/cm², 5 mM Na₂SO₄, V= 400mL

Zaman, (dak)	Gerilim, V	Sıcaklık, °C	KOİ, mg/l	KOİ giderimi, %	Enerji tüketimi, kWh/m ³
0	16	22	326,4	0	0
5	15,4	31	288	11,76	9,62
10	14,6	36	211,2	35,29	18,74
15	13,4	40	249,6	23,52	27,11
20	12,8	44	182,4	44,17	35,11
25	11,6	47	134,4	58,82	42,36
30	11	50	163,2	50	49,23
40	10,9	54	163,2	50	62,85
50	10,5	56,5	172,8	47,05	75,97
60	10	58	144	55,88	88,44

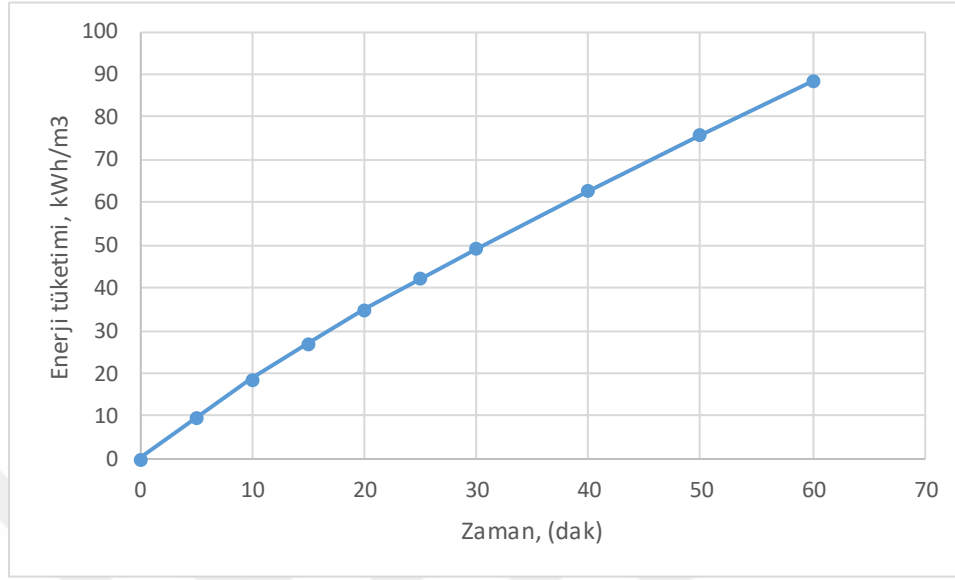
Doğal pH'ta $I=3$ A, $i= 30$ mA/cm² ve 5 mM Na₂SO₄, V=400 mL parametreleri ile yapılan çalışmada zamana göre KOİ değişimi Şekil 5.19'da, zamana göre %KOİ değişimi ise Şekil 5.20'de verilmiştir. Şekil 5.21'de zaman ve enerji tüketimi arasında ilişki gösterilmiştir.



Şekil 5.19. KOİ - zaman ilişkisi ($I=3$ A, $i= 30$ mA/cm² ve 5 mM Na₂SO₄)



Şekil 5.20. KOİ %- zaman ilişkisi ($I=3$ A, $i= 30$ mA/cm² ve 5 mM Na₂SO₄)



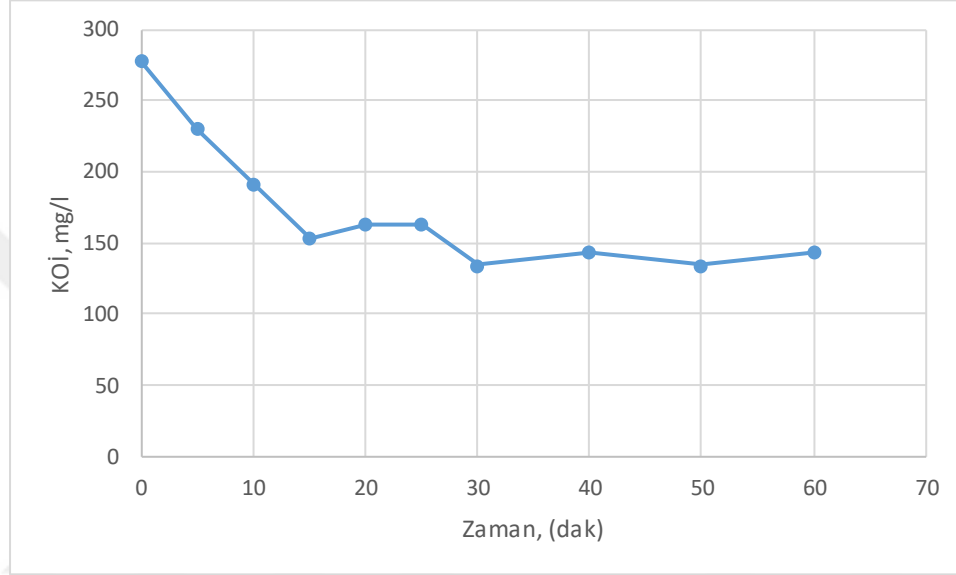
Şekil 5.21. Enerji tüketimi- zaman ilişkisi ($I=3\text{ A}$, $i=30\text{ mA/cm}^2$ ve $5\text{ mM Na}_2\text{SO}_4$)

Doğal pH'ta $I=3,5\text{ A}$, $i=35\text{ mA/cm}^2$ ve $5\text{ mM Na}_2\text{SO}_4$ parametreleri ile yapılan çalışmanın sonuçları Çizelge 5.8'de verilmiştir. Çalışmada en iyi verim yaklaşık olarak % 58 olmuştur

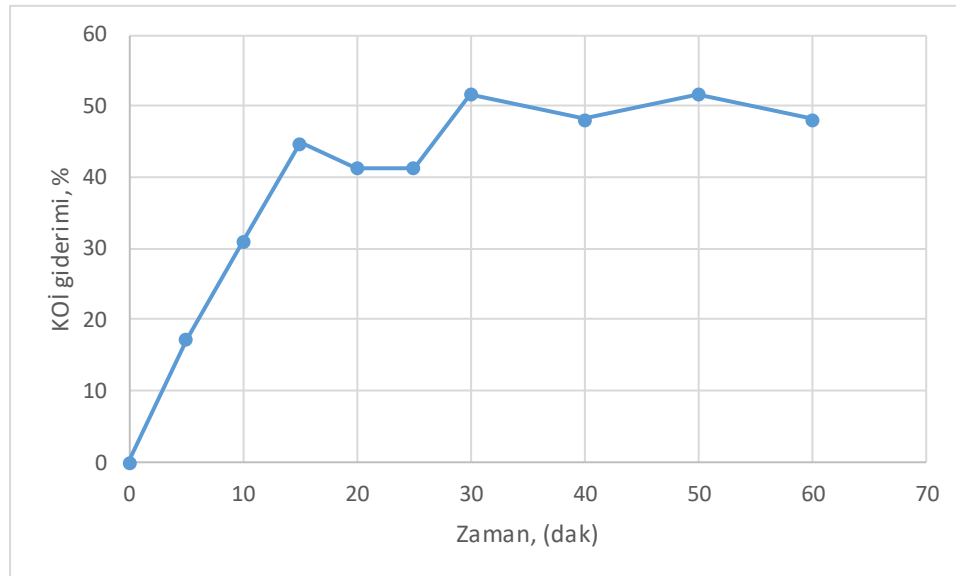
Çizelge 5.8. $I=3,5\text{ A}$, $i=35\text{ mA/cm}^2$, $5\text{ mM Na}_2\text{SO}_4$, $V=400\text{ mL}$

Zaman, (dak)	Gerilim, V	Sıcaklık, °C	KOİ, mg/l	KOİ giderimi, %	Enerji tüketimi, kWh/m3
0	17,6	22	278,4	0	0
5	15,9	30	230,4	17,24	11,59
10	15,2	36,5	192	31,03	22,67
15	14	42,5	153,6	44,82	32,87
20	13,5	47,5	163,2	41,37	42,71
25	13,8	52	163,2	41,37	52,77
30	14,5	56,5	134,4	51,72	63,34
40	14,5	64	144	48,27	84,485
50	13,9	67	134,4	51,72	104,755
60	13,7	70	144	48,27	124,734

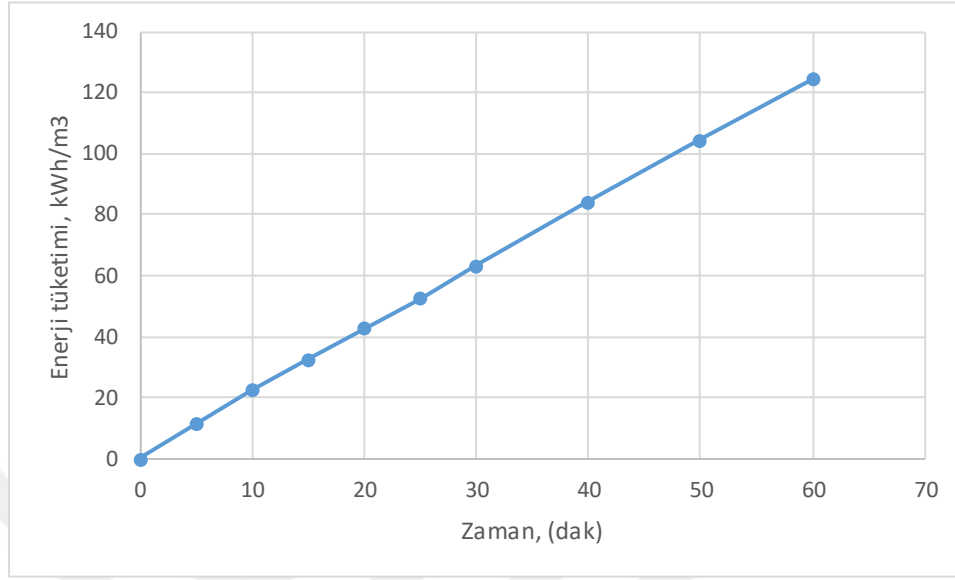
Doğal pH'ta $I=3,5$ A, $i= 35$ mA/cm² ve 5 mM Na₂SO₄, V=400 mL parametreleri ile yapılan çalışmada zamana göre KOİ değişimi Şekil 5.22'de, zamana göre %KOİ değişimi ise Şekil 5.23'te verilmiştir. Şekil 5.24'de zaman ve enerji tüketimi arasında ilişki gösterilmiştir.



Şekil 5.22. Enerji tüketimi- zaman ilişkisi ($I=3$ A, $i= 30$ mA/cm² ve 5 mM Na₂SO₄)



Şekil 5.23. KOİ %- zaman ilişkisi ($I=3,5$ A, $i= 35$ mA/cm² ve 5 mM Na₂SO₄)



Şekil 5.24. Enerji tüketimi- zaman ilişkisi ($I=3,5$ A, $i= 35$ mA/cm² ve 5 mM

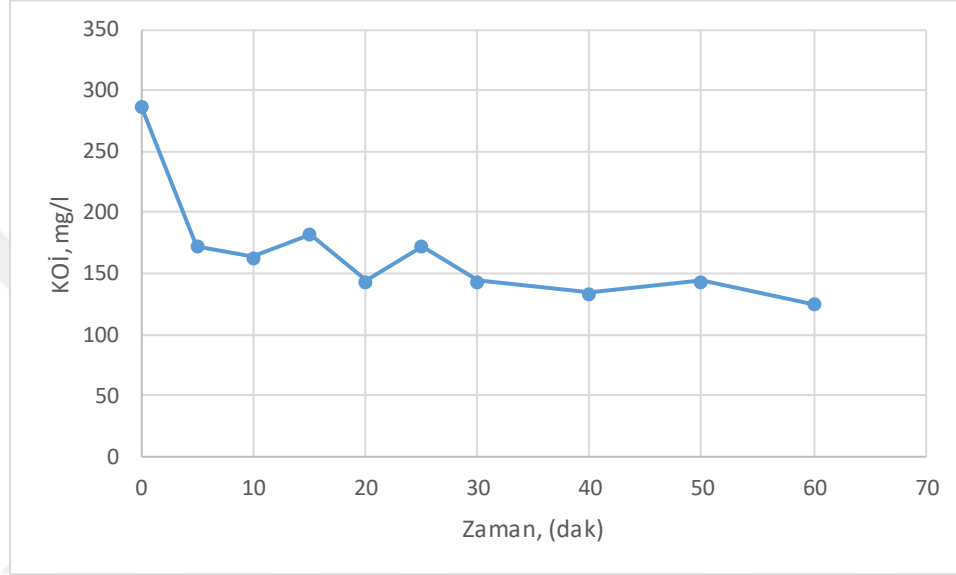
Na₂SO₄)

Doğal pH'ta $I=3$ A, $i= 30$ mA/cm² ve 10 mM Na₂SO₄ parametreleri ile yapılan çalışmanın sonuçları Çizelge 5.9'da verilmiştir. Çalışmada en iyi verim yaklaşık olarak % 57 olmuştur.

Çizelge 5.9. $I=3$ A, $i=30$ mA/cm², 10 mM Na₂SO₄, V= 400mL

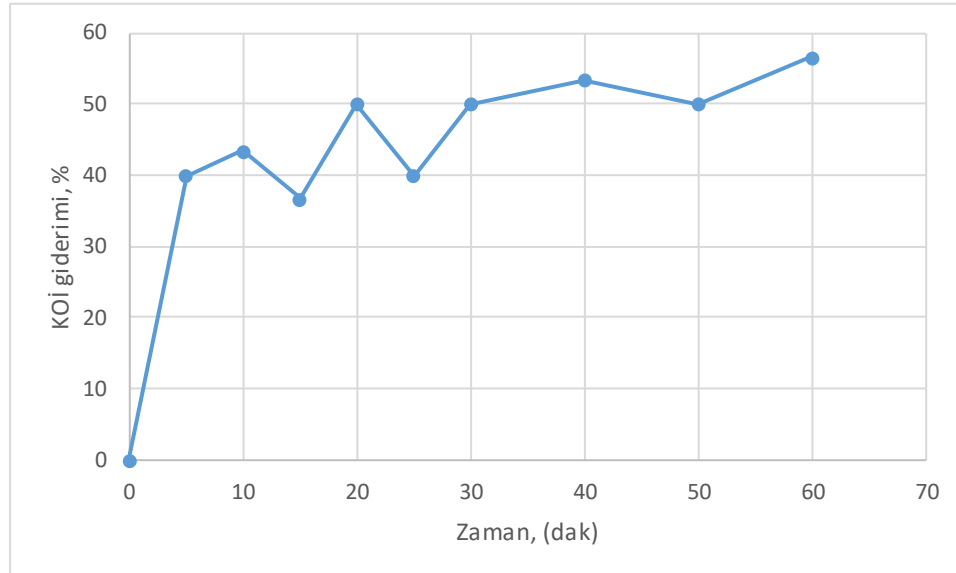
Zaman, (dak)	Gerilim, V	Sıcaklık, °C	KOİ, mg/l	KOİ giderim, %	Enerji tüketimi, kWh/m ³
0	17,1	21	288	0	0
5	13,5	27	172,8	40	8,43
10	13,1	32	163,2	43,4	16,617
15	12,5	36,5	182,4	36,66	24,429
20	11,8	40	144	50	31,804
25	9,9	43,5	172,8	40	37,991
30	10	46	144	50	44,241
40	10,7	50,2	134,4	53,33	57,616
50	11,2	54,5	144	50	71,616
60	11,2	57,5	124,8	56,66	85,616

Doğal pH'ta $I=3$ A, $i=30$ mA/cm² ve 10 mM Na₂SO₄, V=400 mL parametreleri ile yapılan çalışmada zamana göre KOİ değişimi Şekil 5.25'de, zamana göre %KOİ değişimi ise Şekil 5.26'da verilmiştir. Şekil 5.27'de zaman ve enerji tüketimi arasında ilişki gösterilmiştir.

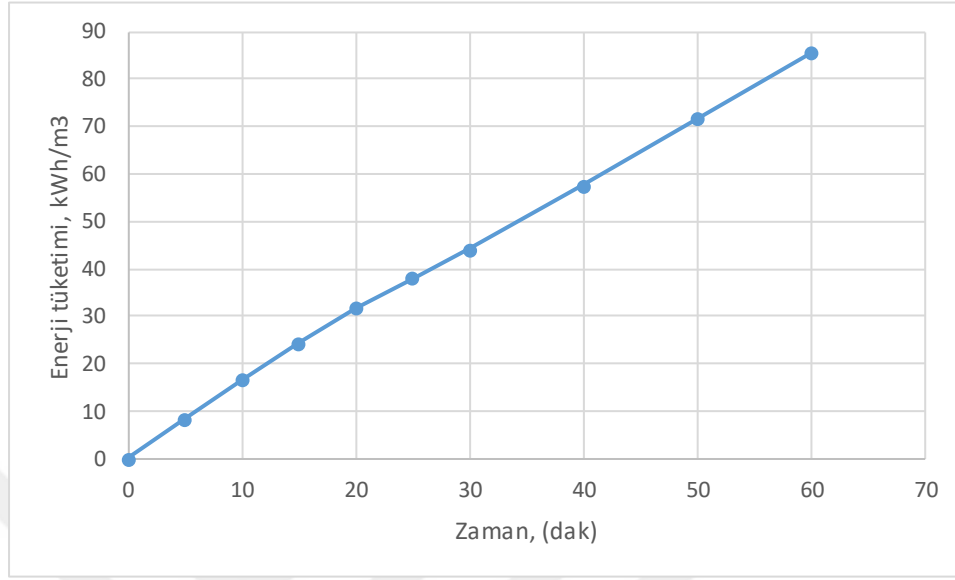


Şekil 5.25. KOİ - zaman ilişkisi ($I=3$ A, $i=30$ mA/cm² ve 10 mM Na₂SO₄)

0



Şekil 5.26. KOİ %- zaman ilişkisi ($I=3$ A, $i=30$ mA/cm² ve 10 mM Na₂SO₄)



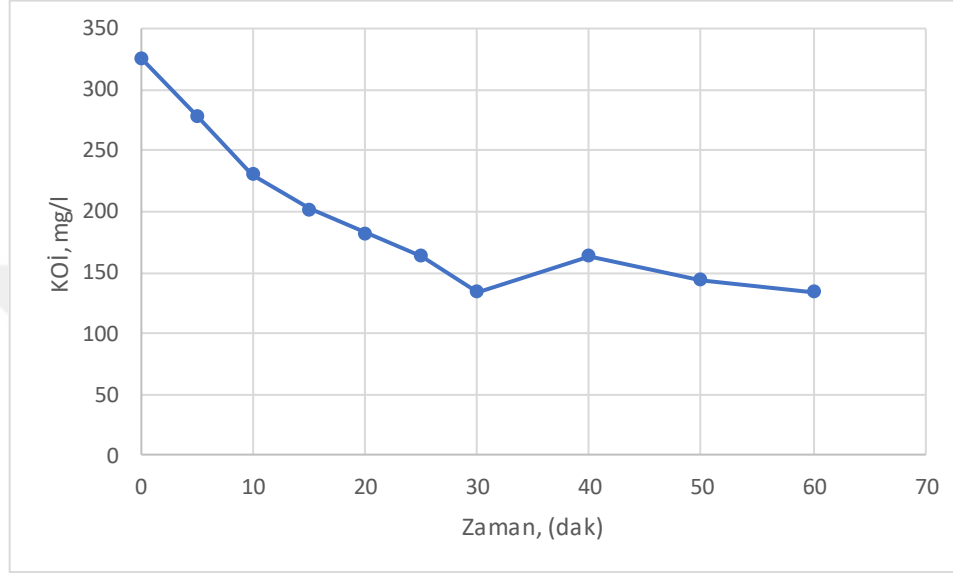
Şekil 5.27. Enerji tüketimi- zaman ilişkisi ($I=3$ A, $i= 30$ mA/cm² ve 10 mM Na₂SO₄)

Doğal pH'ta $I=3,5$ A, $i= 35$ mA/cm² ve 10 mM Na₂SO₄ parametreleri ile yapılan çalışmanın sonuçları Çizelge 5.10'da verilmiştir. Çalışmada en iyi verim yaklaşık olarak % 59 olmuştur.

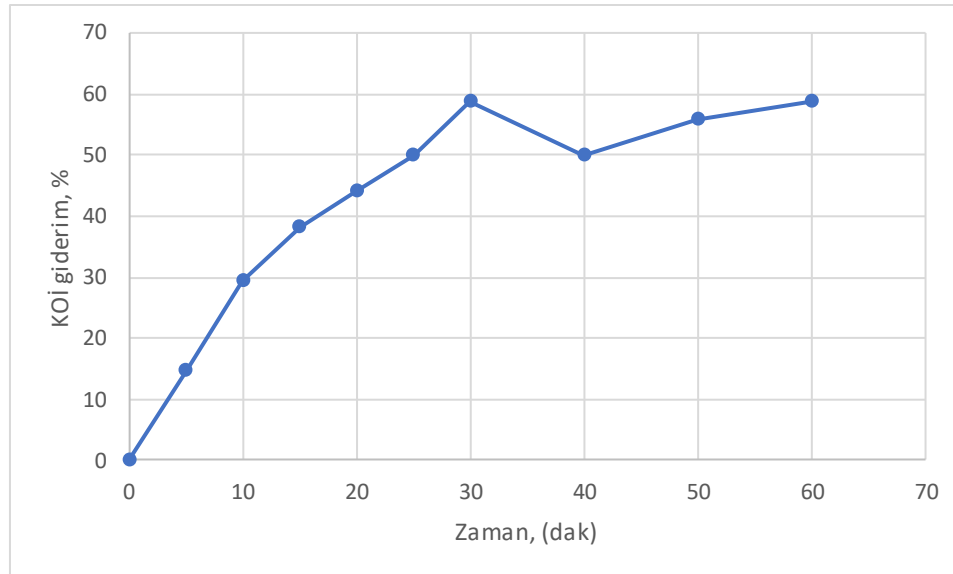
Çizelge 5.10. $I=3,5$ A, $i=35$ mA/cm², 10 mM Na₂SO₄, V= 400mL

Zaman, (dak)	Gerilim, V	Sıcaklık, °C	KOİ, mg/l	KOİ giderim, %	Enerji tüketimi, kWh/m ³
0	16,2	21	326,4	0	0
5	14,4	30	278,4	14,7	10,5
10	13,9	36	230,4	29,41	20,635
15	13,3	42	201,6	38,23	30,332
20	12,1	45	182,4	44,11	39,154
25	11,9	48	163,2	50	47,831
30	13,5	52	134,4	58,82	57,674
40	14	59	163,2	50	78,09
50	13,7	62	144	55,88	97,34
60	13	65	134,4	58,82	116,152

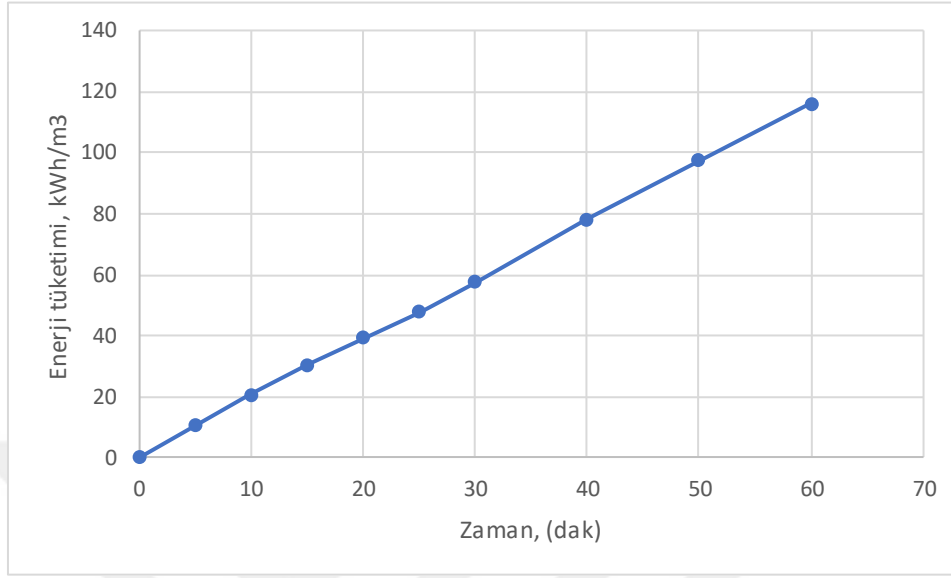
Doğal pH'ta $I=3,5$ A, $i= 35$ mA/cm² ve 10 mM Na₂SO₄, V=400 mL parametreleri ile yapılan çalışmada zamana göre KOİ değişimi Şekil 5.28'de, zamana göre %KOİ değişimi ise Şekil 5.29'da verilmiştir. Şekil 5.30'da zaman ve enerji tüketimi arasında ilişki gösterilmiştir.



Şekil 5.28. KOİ - zaman ilişkisi ($I=3,5$ A, $i= 35$ mA/cm² ve 10 mM Na₂SO₄)



Şekil 5.29. KOİ %- zaman ilişkisi ($I=3,5$ A, $i= 35$ mA/cm² ve 10 mM Na₂SO₄)



Şekil 5.30. Enerji tüketimi- zaman ilişkisi ($I=3,5$ A, $i= 35$ mA/cm² ve 10 mM Na₂SO₄)

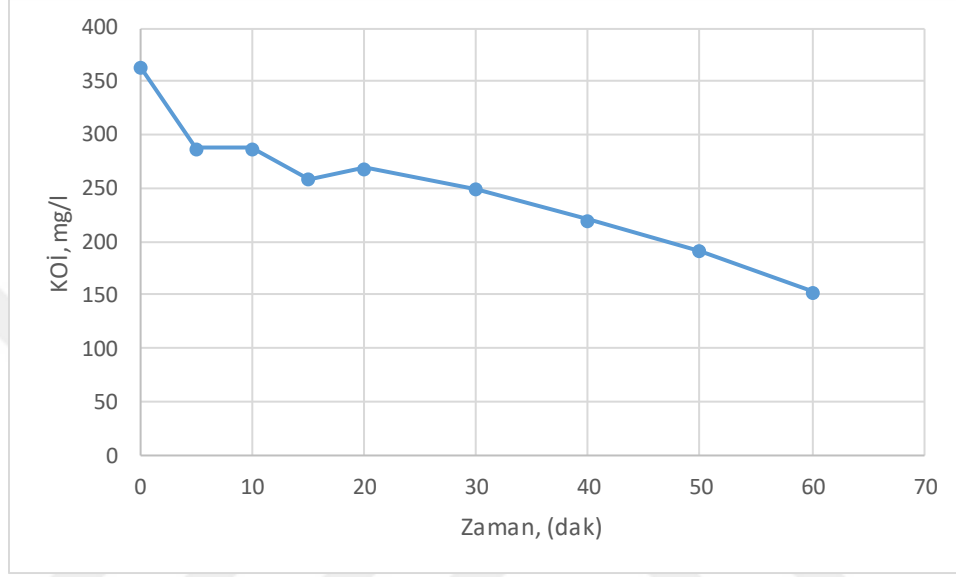
Doğal pH'ta $I=2$ A, $i=20$ mA/cm², 10 mM Na₂SO₄, 1mg/L hidrojen peroksit (H₂O₂), $V= 400$ mL parametreleri ile yapılan çalışmanın sonuçları Çizelge 11'de verilmiştir. Çalışmada en iyi verim yaklaşık %58 olmuştur.

Çizelge 5.11. $I=3,5$ A, $i=35$ mA/cm², 10 mM Na₂SO₄, 1mg/L H₂O₂, $V= 400$ mL

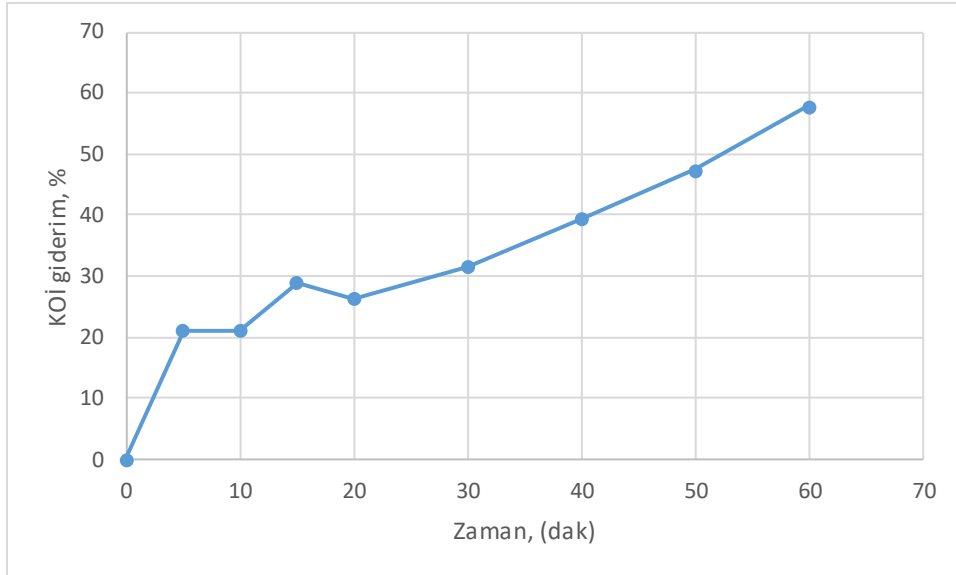
Zaman, (dak)	Gerilim, V	Sıcaklık, °C	KOİ, mg/l	KOİ giderim, %	Enerji tüketimi, kWh/m ³
0	15,6	221	364,8	0	0
5	13,5	27,5	288	21,05	5,625
10	12,9	30,5	288	21,05	11
15	11,8	34,5	259,2	28,94	15,916
20	11,5	37	268,8	26,31	20,707
30	9,6	41	249,6	31,57	28,707
40	8,9	43,5	220,8	39,47	36,123
50	9	45	192	47,36	43,623
60	9,3	47	153,6	57,89	53,373

Doğal pH'ta $I=2$ A, $i= 20$ mA/cm² ve 10 mM Na₂SO₄, $V= 400$ mL, 1mg/L H₂O₂ parametreleri ile yapılan çalışmada zamana göre KOİ değişimi Şekil 5.31'de, zamana göre

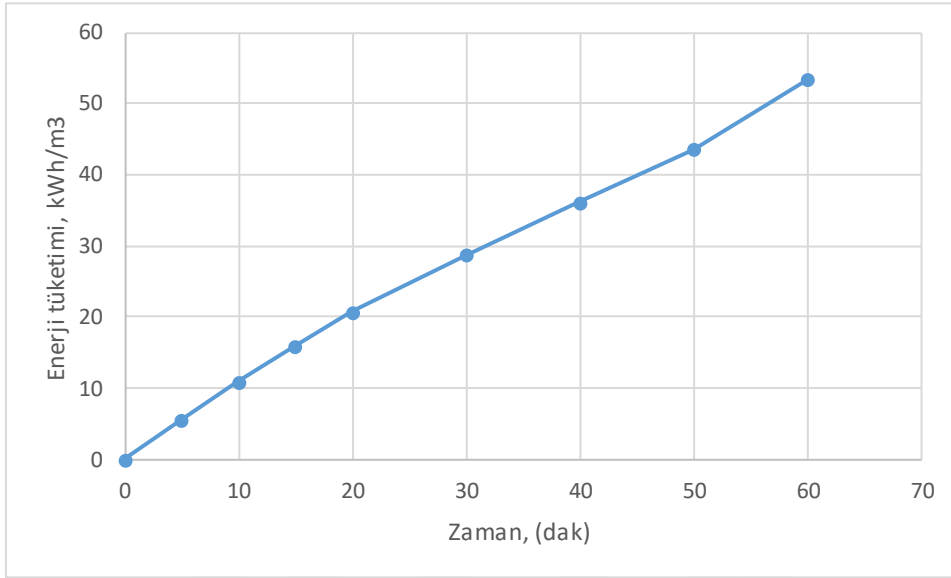
%KOİ değişimi ise Şekil 5.32’de verilmiştir. Şekil 5.33’de zaman ve enerji tüketimi arasında ilişki gösterilmiştir



Şekil 5.31. KOİ – zaman ilişkisi ($I=2$ A, $i=20$ mA/cm², 10 mM Na₂SO₄, 1mg/L H₂O₂)



Şekil 5.32. KOİ % -zaman ilişkisi ($I=20$ A, $i=20$ mA/cm², 10 mM Na₂SO₄, 1mg/L H₂O₂)



Şekil 5.33. Enerji tüketimi – zaman ilişkisi ($I=20$ A, $i=20$ mA/cm², 10 mM Na₂SO₄, 1mg/L H₂O₂)

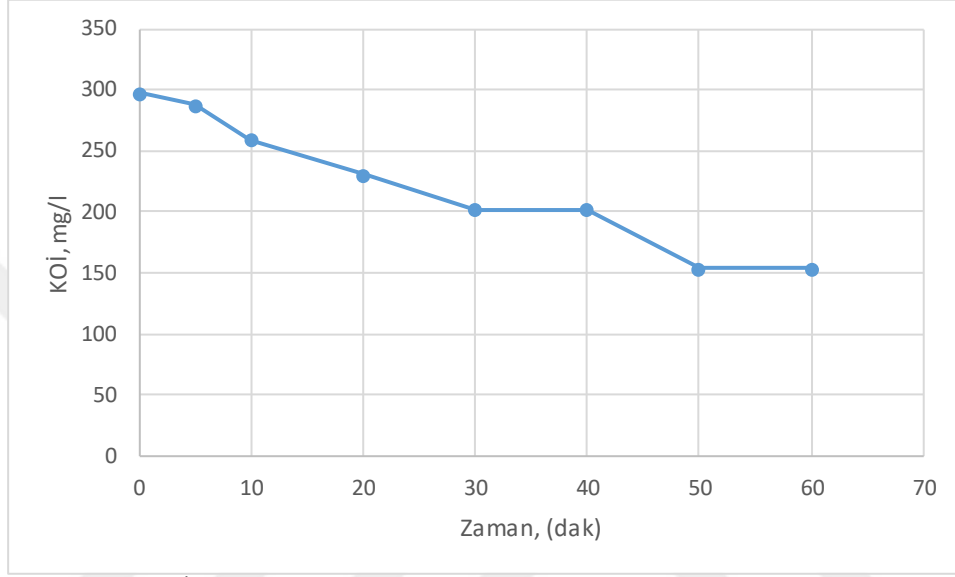
Doğal pH'ta $I=2,5$ A, $i=25$ mA/cm², 10 mM Na₂SO₄, 1,5mg/L hidrojen peroksit (H₂O₂), V= 400mL parametreleri ile yapılan çalışmanın sonuçları Çizelge 12'de verilmiştir. Çalışmada en iyi verim yaklaşık %48 olmuştur.

Çizelge 5.12. $I=2,5$ A, $i=25$ mA/cm², 10 mM Na₂SO₄, 1,5mg/L H₂O₂, V= 400mL

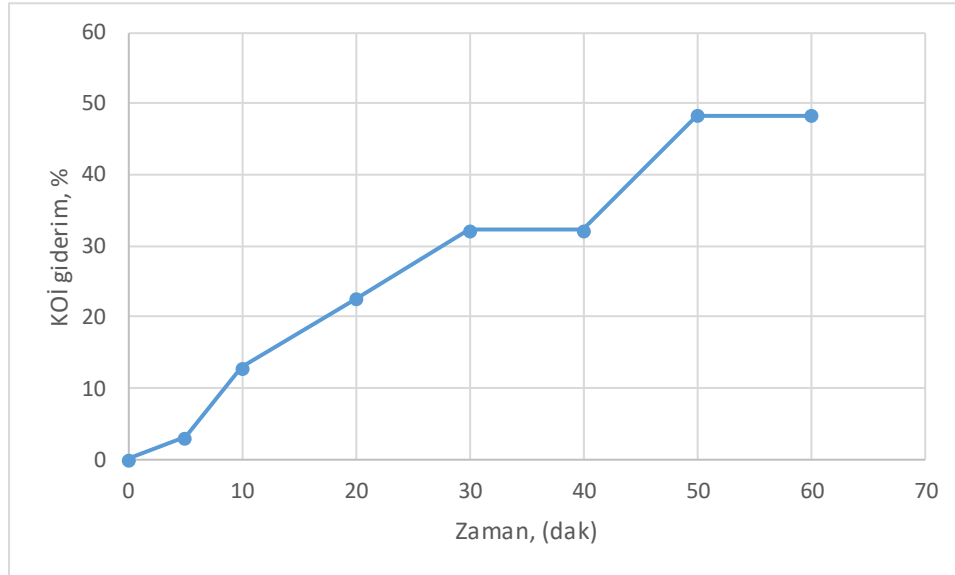
Zaman, (dak)	Gerilim, V	Sıcaklık, °C	KOİ, mg/l	KOİ giderim, %	Enerji tüketimi, kWh/m ³
0	15,1	21	297,6	0	0
5	12,5	28,5	288	3,03	6,51
10	11,2	34	259,2	12,9	12,343
20	10,8	39	230,4	22,58	23,593
30	12,3	44	201,6	32,25	36,405
40	12	48,5	201,6	32,25	48,905
50	12,5	51	153,6	48,38	61,925
60	12,9	53,5	153,6	48,38	75,362

Doğal pH'ta $I=2,5$ A, $i= 25$ mA/cm² ve 10 mM Na₂SO₄, V= 400mL, 1,5mg/L H₂O₂ parametreleri ile yapılan çalışmada zamana göre KOİ değişimi Şekil 5.34'de, zamana göre

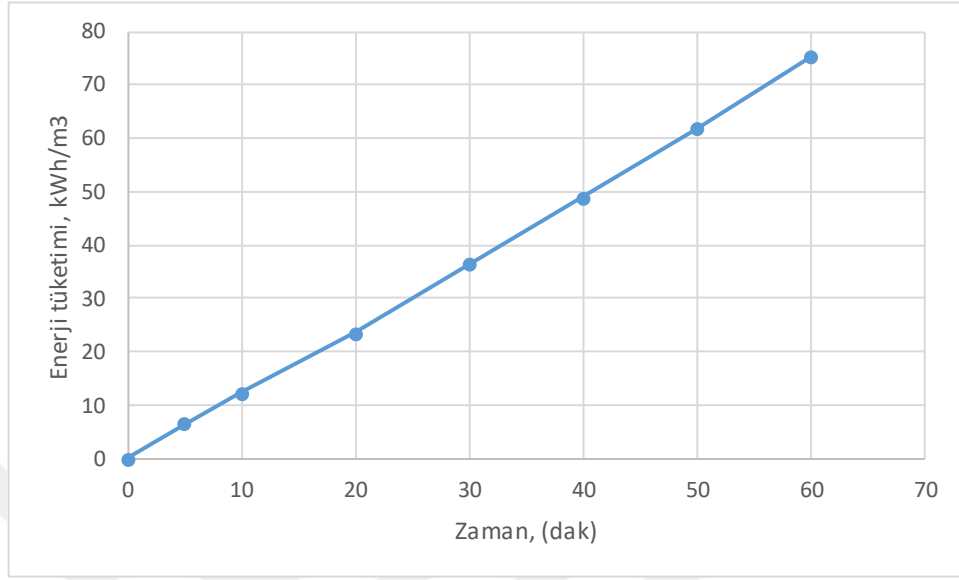
%KOİ değişimi ise Şekil 5.35’de verilmiştir. Şekil 5.36’da zaman ve enerji tüketimi arasında ilişki gösterilmiştir



Şekil 5.34. KOİ – zaman ilişkisi ($I=2,5A$, $i=25 \text{ mA/cm}^2$, $10 \text{ mM Na}_2\text{SO}_4$, $1,5 \text{ mg/L H}_2\text{O}_2$)



Şekil 5.35. KOİ % -zaman ilişkisi ($I=2,5A$, $i=25 \text{ mA/cm}^2$, $10 \text{ mM Na}_2\text{SO}_4$, $1,5 \text{ mg/L H}_2\text{O}_2$)



Şekil 5.36. Enerji tüketimi – zaman ilişkisi ($I=2,5$ A, $i=25$ mA/cm², 10 mM Na₂SO₄, 1,5mg/L H₂O₂)

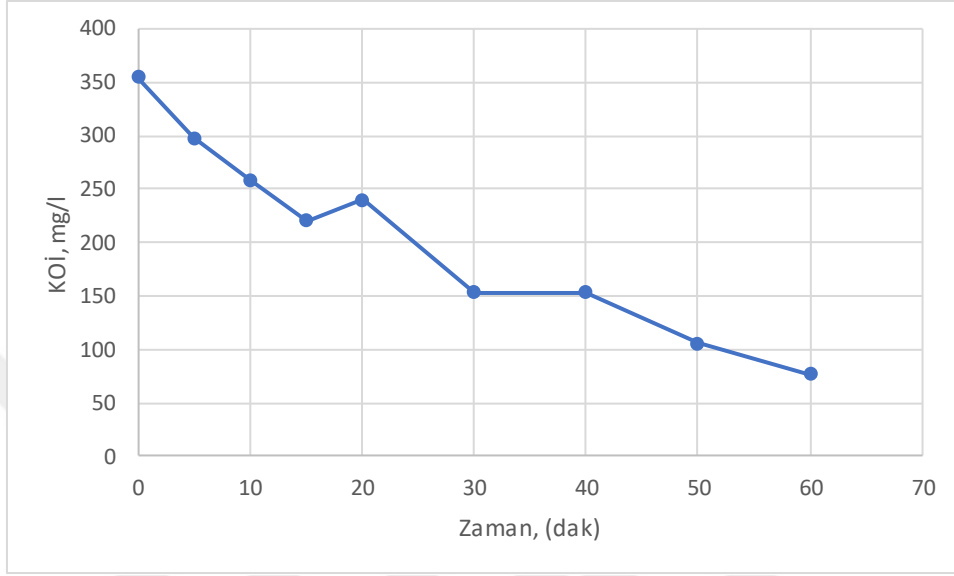
Doğal pH'ta $I=2,5$ A, $i=25$ mA/cm², 10 mM Na₂SO₄, 2mg/L hidrojen peroksit (H₂O₂), 0,05g MnO₂, V= 400mL parametreleri ile yapılan çalışmanın sonuçları Çizelge 13'te verilmiştir. Çalışmada en iyi verim yaklaşık %78 olmuştur.

Çizelge 5.13. $I=2,5$ A, $i=25$ mA/cm², 10 mM Na₂SO₄, 2mg/L H₂O₂, V= 400mL

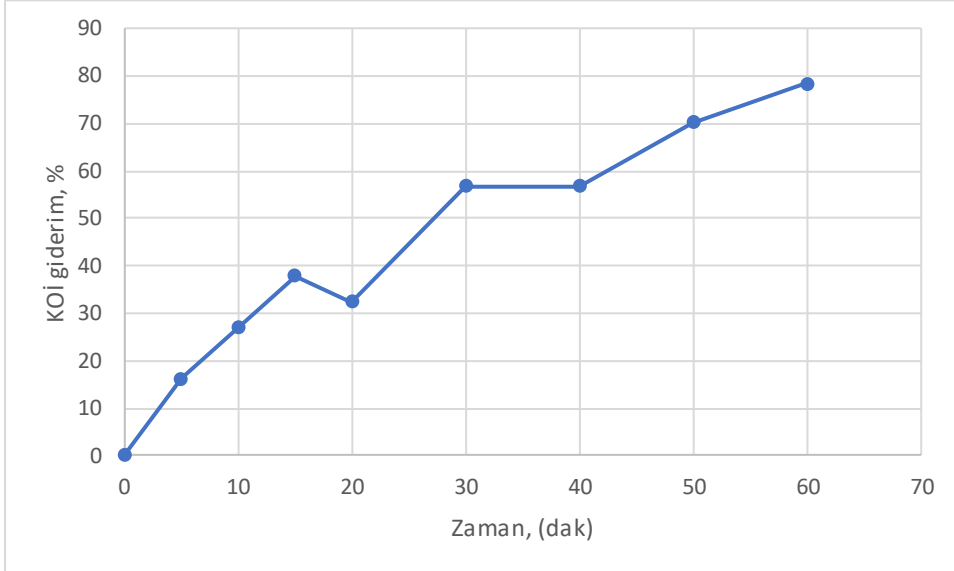
Zaman, (dak)	Gerilim, V	Sıcaklık, °C	KOİ, mg/l	KOİ giderim, %	Enerji tüketimi, kWh/m3
0	15,7	22,5	355,2	0	0
5	13,9	28	297,6	16,21	7,239
10	14,0	33,5	259,2	27,02	14,53
15	12,9	37	220,8	37,83	21,248
20	11,7	40,5	240	32,43	27,341
30	12,1	45,5	153,6	56,75	39,945
40	11,7	49,5	153,6	56,75	52,132
50	11,9	52,5	105,6	70,27	64,527
60	11,7	54,5	76,8	78,37	76,714

Doğal pH'ta $I=2,5$ A, $i= 25$ mA/cm² ve 10 mM Na₂SO₄, V= 400mL, 2mg/L H₂O₂ ve 0,05 g MnO₂ parametreleri ile yapılan çalışmada zamana göre KOİ değişimi Şekil 5.37'de,

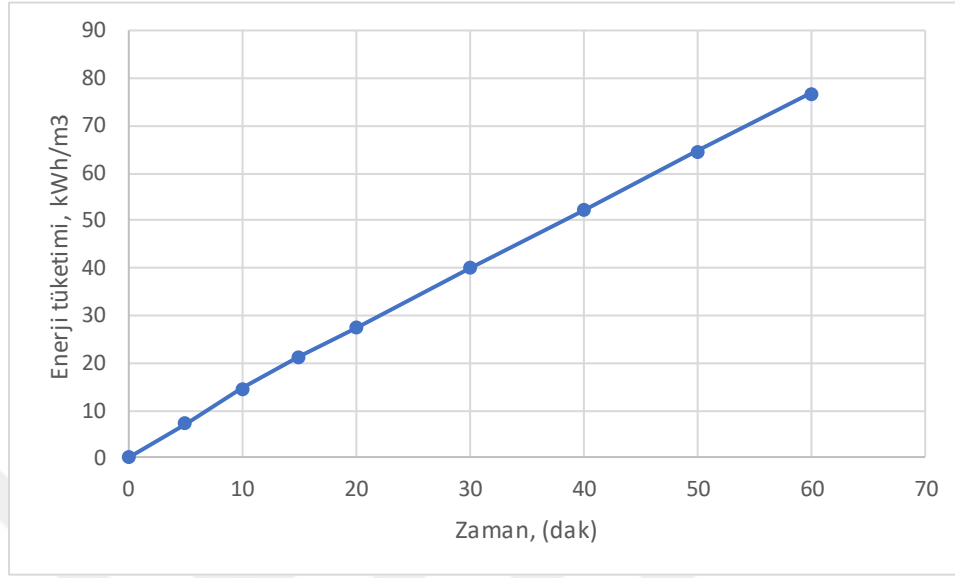
zamana göre %KOİ değışimi ise Şekil 5.38’de verilmiştir. Şekil 5.39’da zaman ve enerji tüketimi arasında ilişki gösterilmiştir



Şekil 5.37. KOİ – zaman ilişkisi ($I=2,5A$, $i=25 \text{ mA/cm}^2$, $10 \text{ mM Na}_2\text{SO}_4$, $2 \text{ mg/L H}_2\text{O}_2$, $0,05\text{g MnO}_2$)



Şekil 5.38. KOİ % -zaman ilişkisi ($I=2,5A$, $i=25 \text{ mA/cm}^2$, $10 \text{ mM Na}_2\text{SO}_4$, $2 \text{ mg/L H}_2\text{O}_2$, $0,05\text{g MnO}_2$)



Şekil 5.39. Enerji tüketimi – zaman ilişkisi ($I=2,5$ A, $i=25$ mA/cm², 10 mM Na₂SO₄, 1,5mg/L H₂O₂)

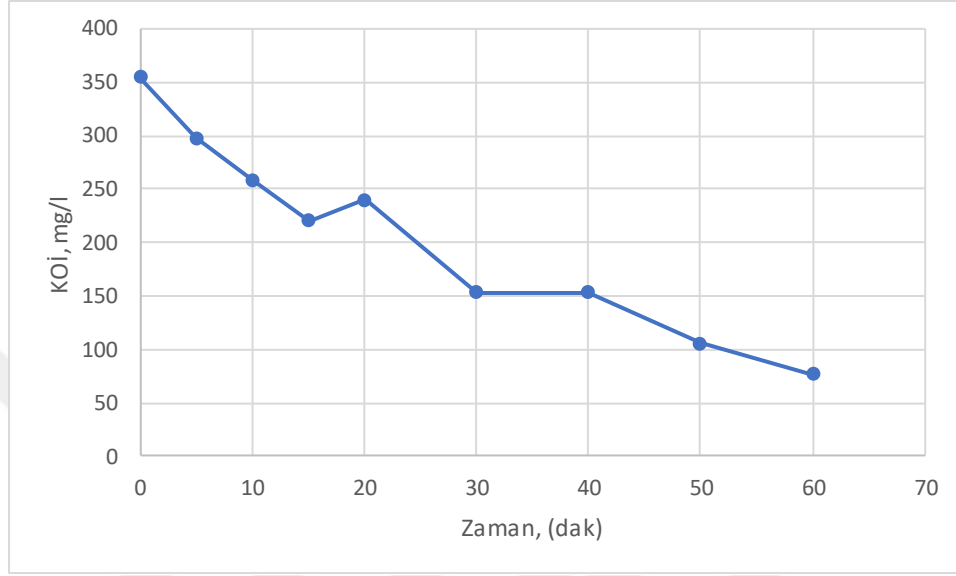
Doğal pH'ta $I=2,5$ A, $i=25$ mA/cm², 10 mM Na₂SO₄, 3mg/L hidrojen peroksit (H₂O₂), 0,05g MnO₂, V= 400mL parametreleri ile yapılan çalışmanın sonuçları Çizelge 14'te verilmiştir. Çalışmada en iyi verim yaklaşık %59 olmuştur.

Çizelge 5.14. $I=2,5$ A, $i=25$ mA/cm², 10 mM Na₂SO₄, 3mg/L H₂O₂, V= 400mL

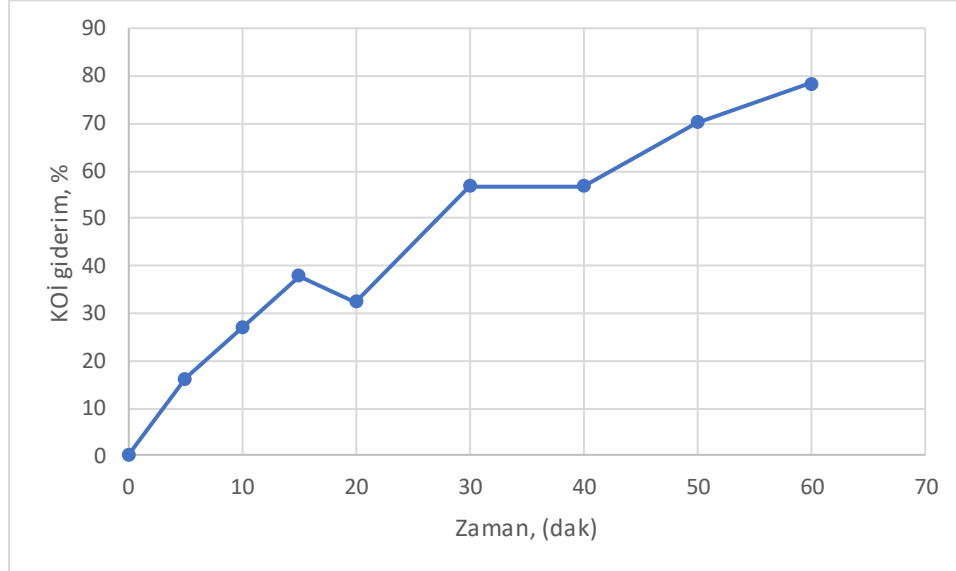
Zaman, (dak)	Gerilim, V	Sıcaklık, °C	KOİ, mg/l	KOİ giderim, %	Enerji tüketimi, kWh/m ³
0	17	22	326,4	0	0
5	13,7	28	259,2	20,46	7,031
10	12,8	32,5	182,4	44,11	13,697
15	12,1	36,5	211,2	35,29	19,999
20	11,1	40	192	41,17	25,78
30	10,6	45	153,6	52,94	36,821
40	12	48	153,6	52,94	49,321
50	12,6	51,5	144	55,88	62,446
60	13,2	54	134,4	58,82	76,196

Doğal pH'ta $I=2,5$ A, $i= 25$ mA/cm² ve 10 mM Na₂SO₄, V= 400mL, 3mg/L H₂O₂ ve 0,05 g MnO₂ parametreleri ile yapılan çalışmada zamana göre KOİ değişimi Şekil 5.40'ta,

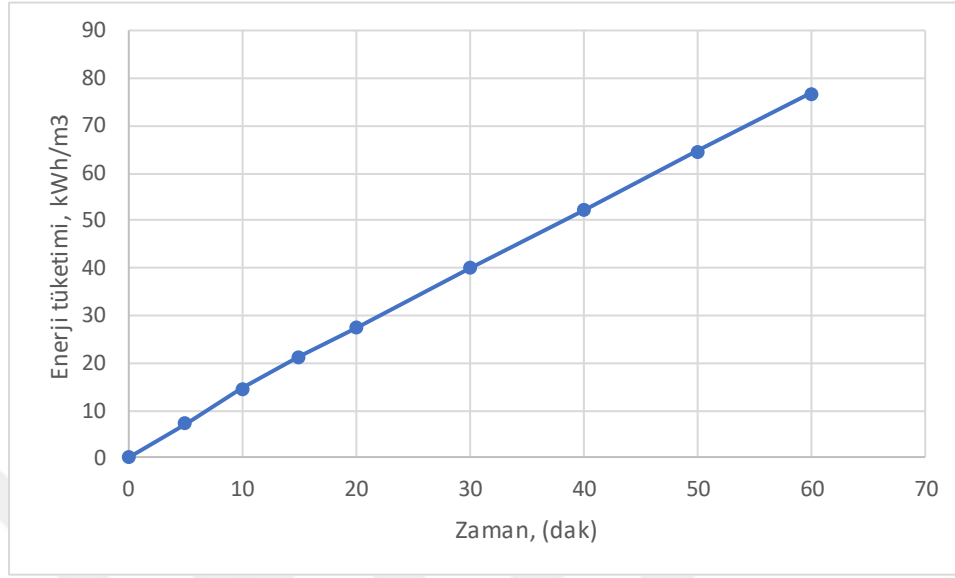
zamana göre %KOİ değışimi ise Şekil 5.41’de verilmiştir. Şekil 5.42’de zaman ve enerji tüketimi arasında ilişki gösterilmiştir



Şekil 5.40. KOİ – zaman ilişkisi ($I=2,5A$, $i=25 \text{ mA/cm}^2$, $10 \text{ mM Na}_2\text{SO}_4$, $3 \text{ mg/L H}_2\text{O}_2$, $0,05\text{g MnO}_2$)



Şekil 5.41. KOİ % -zaman ilişkisi ($I=2,5A$, $i=25 \text{ mA/cm}^2$, $10 \text{ mM Na}_2\text{SO}_4$, $3\text{mg/L H}_2\text{O}_2$, $0,05\text{g MnO}_2$)



Şekil 5.42. Enerji tüketimi – zaman ilişkisi ($I=2,5$ A, $i=25$ mA/cm², 10 mM Na₂SO₄, 3mg/L H₂O₂ 0,05g MnO₂)

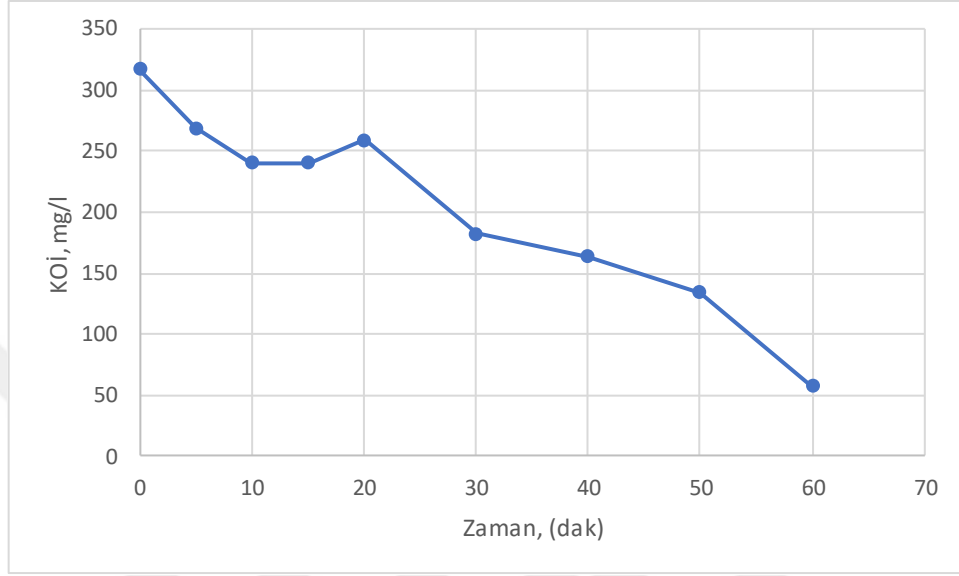
Doğal pH'ta $I=2,5$ A, $i=25$ mA/cm², 10 mM Na₂SO₄, 2 mg/L hidrojen peroksit (H₂O₂) (1-1mg/L), 0,05g MnO₂, V= 400mL parametreleri ile yapılan çalışmanın sonuçları Çizelge 15'te verilmiştir. Çalışmada en iyi verim yaklaşık %82 olmuştur.

Çizelge 5.15. $I=2,5$ A, $i=25$ mA/cm², 10 mM Na₂SO₄, 2mg/L H₂O₂ (1-1mg/L), V= 400mL

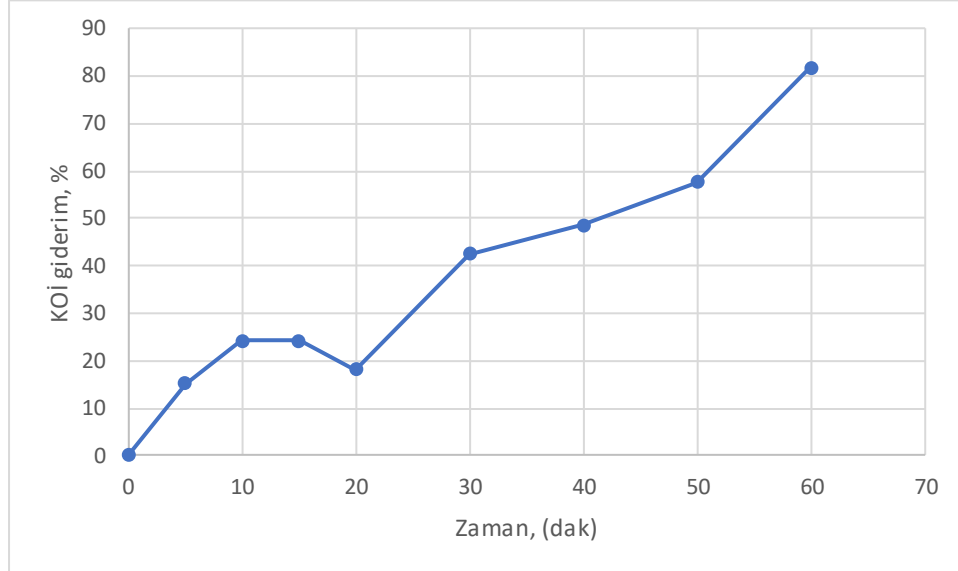
Zaman, (dak)	Gerilim, V	Sıcaklık, °C	KOİ, mg/l	KOİ giderim, %	Enerji tüketimi, kWh/m ³
0	16,60	21	316,8	0	0
5	13,5	26	268,8	15,15	7,031
10	13,1	30,5	240	24,24	13,853
15	12,2	35	240	24,24	20,207
20	12,1	39	259,2	18,18	26,509
30	14,1	46	182,4	42,42	41,196
40	13,1	50	163,2	48,48	54,841
50	14	55	134,4	57,57	69,424
60	14,1	58	57,6	81,81	84,111

Doğal pH'ta $I=2,5$ A, $i= 25$ mA/cm² ve 10 mM Na₂SO₄, V= 400mL, 2mg/L H₂O₂ (1-1mg/L) ve 0,05 g MnO₂ parametreleri ile yapılan çalışmada zamana göre KOİ değişimi Şekil

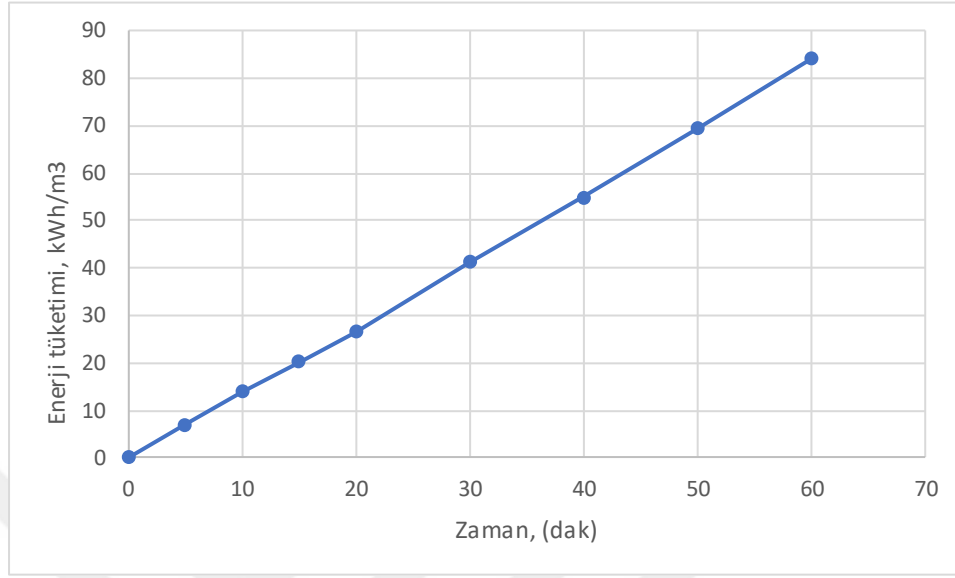
5.43'te, zamana göre %KOİ değişimi ise Şekil 5.44'de verilmiştir. Şekil 5.45'de zaman ve enerji tüketimi arasında ilişki gösterilmiştir



Şekil 5.43. KOİ – zaman ilişkisi ($I=2,5A$, $i=25 \text{ mA/cm}^2$, $10 \text{ mM Na}_2\text{SO}_4$, $2 \text{ mg/L H}_2\text{O}_2$ (1-1mg/L), $0,05\text{g MnO}_2$)



Şekil 5.44. KOİ % -zaman ilişkisi ($I=2,5A$, $i=25 \text{ mA/cm}^2$, $10 \text{ mM Na}_2\text{SO}_4$, $2 \text{ mg/L H}_2\text{O}_2$ (1-1mg/L), $0,05\text{g MnO}_2$)



Şekil 5.45. Enerji tüketimi – zaman ilişkisi ($I=2,5$ A, $i=25$ mA/cm², 10 mM Na₂SO₄, 2 mg/L H₂O₂(1-1mg/L))

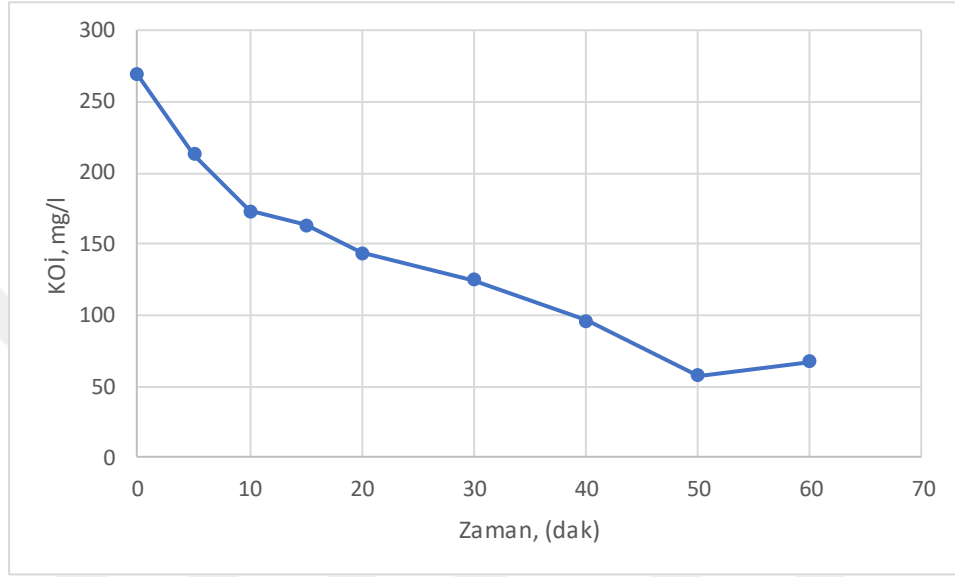
Doğal pH'ta $I=2,5$ A, $i=25$ mA/cm², 10 mM Na₂SO₄, 3 mg/L hidrojen peroksit (H₂O₂) (1,5-1,5mg/L), 0,05g MnO₂, V= 400mL parametreleri ile yapılan çalışmanın sonuçları Çizelge 16'da verilmiştir. Çalışmada en iyi verim yaklaşık %79 olmuştur.

Çizelge 5.16. $I=2,5$ A, $i=25$ mA/cm², 10 mM Na₂SO₄, 3 mg/L H₂O₂ (1,5-1,5mg/L), 0,05 g MnO₂ V= 400mL

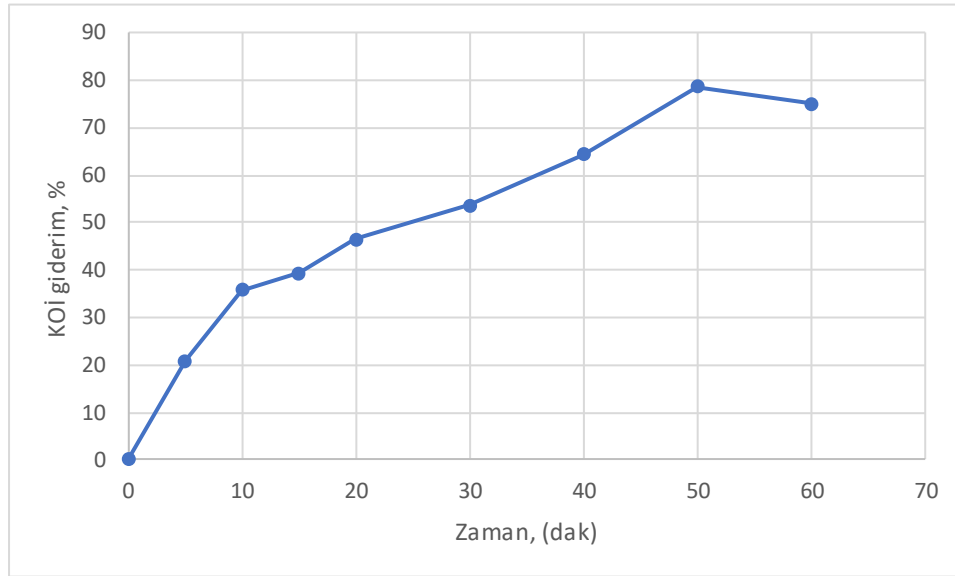
Zaman, (dak)	Gerilim, V	Sıcaklık, °C	KOİ, mg/l	KOİ giderim, %	Enerji tüketimi, kWh/m3
0	17	21,5	268,8	0	0
5	14	27	212,96	20,77	7,291
10	13,1	33,5	172,8	35,71	13,295
15	12,1	36	163,2	39,28	19,597
20	11,4	40	144	46,42	25,534
30	12,6	45	124,8	53,57	38,659
40	11,7	50	96	64,28	50,846
50	12,7	53	57,6	78,57	64,075
60	14,7	57	67,2	75	79,387

Doğal pH'ta $I=2,5$ A, $i= 25$ mA/cm² ve 10 mM Na₂SO₄, V= 400mL, 3mg/L H₂O₂ (1,5-1,5mg/L) ve 0,05 g MnO₂ parametreleri ile yapılan çalışmada zamana göre KOİ değişimi

Şekil 5.46’da, zamana göre %KOİ değişimi ise Şekil 5.47’de verilmiştir. Şekil 5.48’de zaman ve enerji tüketimi arasında ilişki gösterilmiştir



Şekil 5.46. KOİ – zaman ilişkisi ($I=2,5A$, $i=25 \text{ mA/cm}^2$, $10 \text{ mM Na}_2\text{SO}_4$, $3 \text{ mg/L H}_2\text{O}_2$ (1,5-1,5mg/L), $0,05\text{g MnO}_2$)



Şekil 5.47. KOİ % -zaman ilişkisi ($I=2,5A$, $i=25 \text{ mA/cm}^2$, $10 \text{ mM Na}_2\text{SO}_4$, $3 \text{ mg/L H}_2\text{O}_2$ (1,5-1,5mg/L), $0,05\text{g MnO}_2$)



Şekil 5.48. Enerji tüketimi – zaman ilişkisi ($I=2,5$ A, $i=25$ mA/cm², 10 mM Na₂SO₄, 3 mg/L H₂O₂(1,5-1,5mg/L), 0,05 g MnO₂)

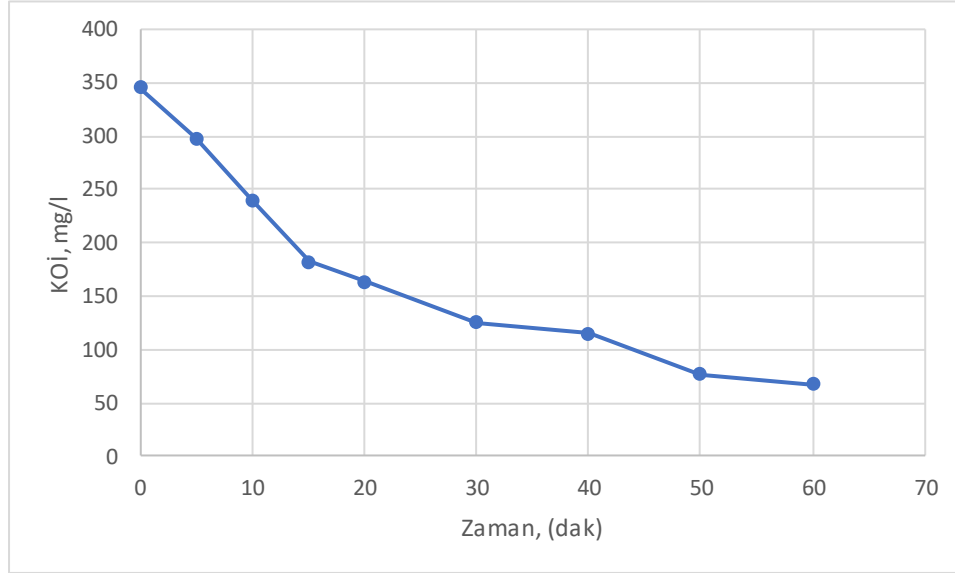
Doğal pH’ta $I=2,5$ A, $i=25$ mA/cm², 10 mM Na₂SO₄, 3 mg/L hidrojen peroksit (H₂O₂) (1,5-1,5mg/L), 0,07g MnO₂, V= 400mL parametreleri ile yapılan çalışmanın sonuçları Çizelge 17’de verilmiştir. Çalışmada en iyi verim yaklaşık %81 olmuştur

Çizelge 5.17. $I=2,5$ A, $i=25$ mA/cm², 10 mM Na₂SO₄, 3 mg/L H₂O₂ (1,5-1,5mg/L), 0,07 g MnO₂

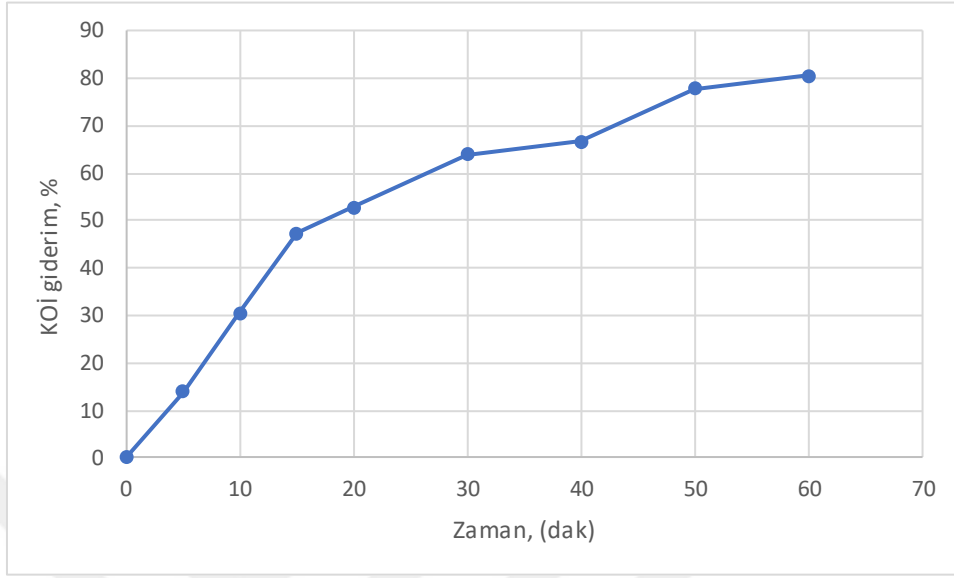
V= 400mL

Zaman, (dak)	Gerilim, V	Sıcaklık, °C	KOİ, mg/l	KOİ giderim, %	Enerji tüketimi, kWh/m ³
0	12,7	20	345,6	0	0
5	11,9	24	297,6	13,88	6,197
10	11,9	28	240,5	30,41	12,394
15	11,3	31,5	182,4	47,22	18,279
20	10,9	35	163,2	52,77	23,956
30	10,3	40,5	124,8	63,88	34,685
40	10,5	45,5	115,2	66,66	45,622
50	11,5	49	76,8	77,77	57,602
60	12,8	52	67,2	80,55	70,934

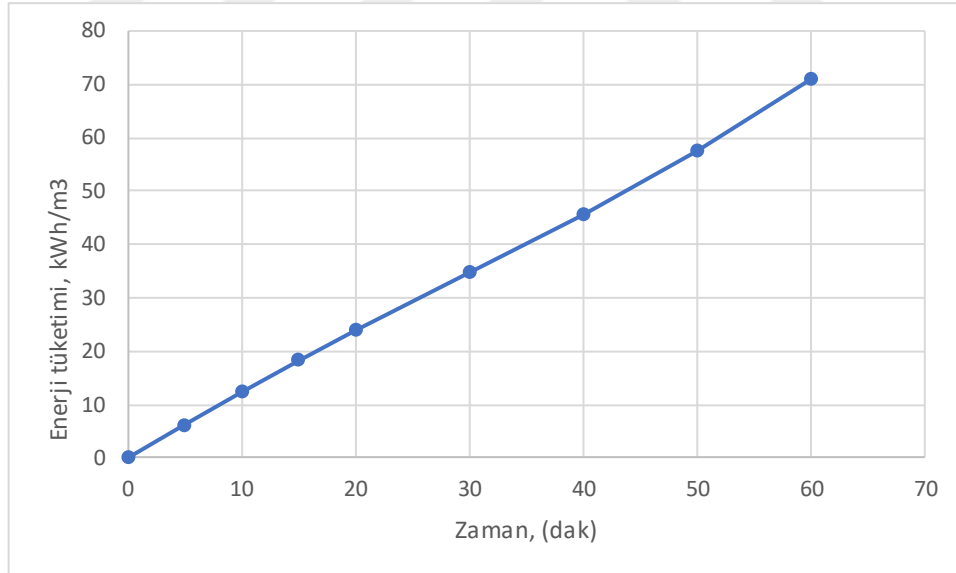
Doğal pH'ta $I=2,5$ A, $i= 25$ mA/cm² ve 10 mM Na₂SO₄, V= 400mL, 3mg/L H₂O₂ (1,5-1,5mg/L) ve 0,07 g MnO₂ parametreleri ile yapılan çalışmada zamana göre KOİ değişimi Şekil 5.49'da, zamana göre %KOİ değişimi ise Şekil 5.50'de verilmiştir. Şekil 5.51'de zaman ve enerji tüketimi arasında ilişki gösterilmiştir



Şekil 5.49. KOİ – zaman ilişkisi ($I=2,5$ A, $i=25$ mA/cm², 10 mM Na₂SO₄, 3 mg/L H₂O₂(1,5-1,5mg/L), 0,07g MnO₂)



Şekil 5.50. KOİ % -zaman ilişkisi ($I=2,5A$, $i=25 \text{ mA/cm}^2$, $10 \text{ mM Na}_2\text{SO}_4$, $3 \text{ mg/L H}_2\text{O}_2$ (1,5-1,5mg/L), $0,07 \text{ g MnO}_2$)



Şekil 5.51. Enerji tüketimi – zaman ilişkisi ($I=2,5 A$, $i=25 \text{ mA/cm}^2$, $10 \text{ mM Na}_2\text{SO}_4$, $3 \text{ mg/L H}_2\text{O}_2$ (1,5-1,5mg/L), $0,07 \text{ g MnO}_2$)

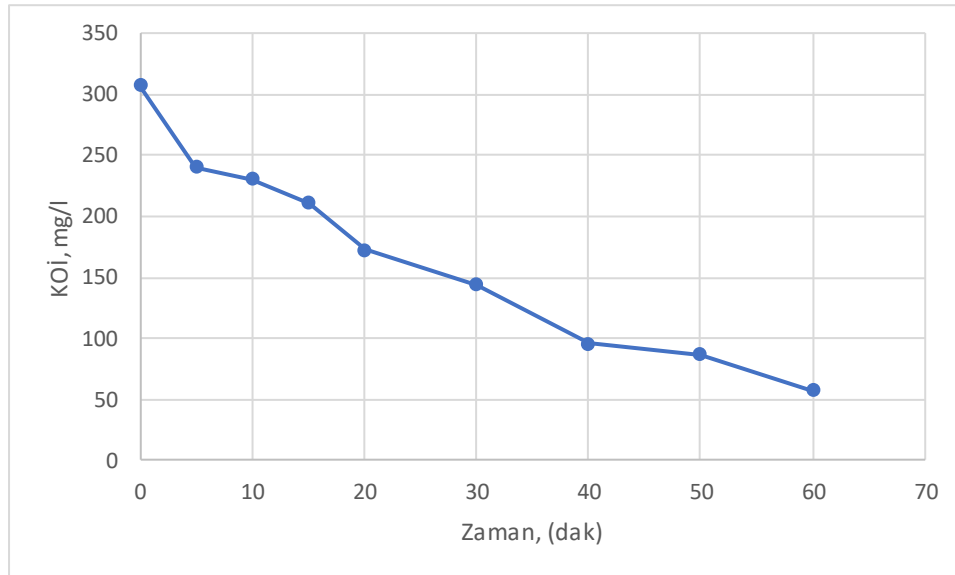
Doğal pH'ta $I=2 A$, $i=20 \text{ mA/cm}^2$, $10 \text{ mM Na}_2\text{SO}_4$, 2 mg/L hidrojen peroksit (H_2O_2) (1-1mg/L), $0,07 \text{ g MnO}_2$, $V= 400 \text{ mL}$ parametreleri ile yapılan çalışmanın sonuçları Çizelge 18'de verilmiştir. Çalışmada en iyi verim yaklaşık %81 olmuştur.

Çizelge 5.18. $I=2$ A, $i=20$ mA/cm², 10 mM Na₂SO₄, 2 mg/L H₂O₂ (1-1mg/L), 0,07 g MnO₂

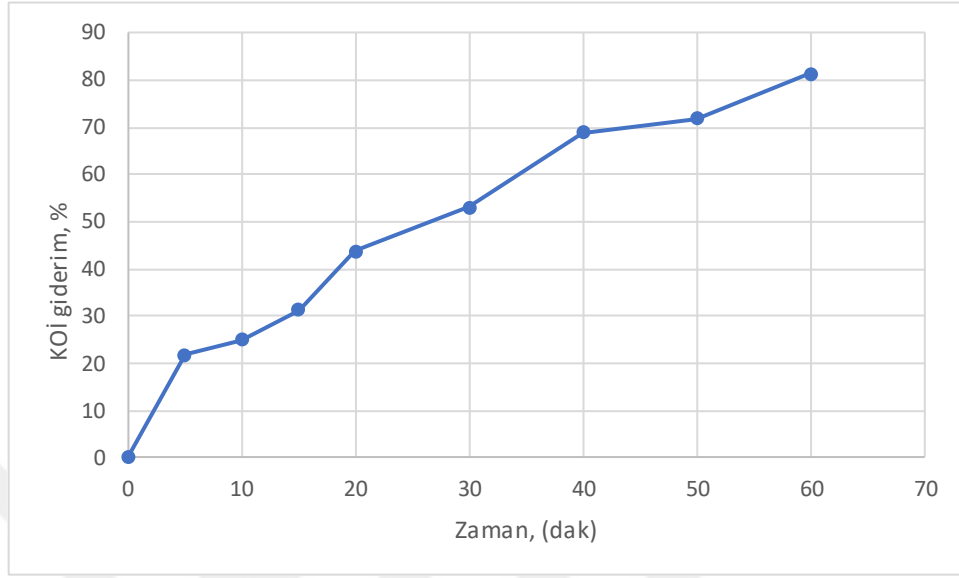
V= 400mL

Zaman, (dak)	Gerilim, V	Sıcaklık, °C	KOİ, mg/l	KOİ giderim, %	Enerji tüketimi, kWh/m ³
0	12,2	20,5	307,2	0	0
5	11	24	240	21,87	4,583
10	10,7	27	230,4	25	9,041
15	10,6	30	211,2	31,25	13,457
20	10,2	32,5	172,8	43,75	17,707
30	9,8	36,5	144	53,12	25,873
40	8,6	40,5	96	68,75	33,039
50	9	43	86,4	71,87	40,622
60	9,6	45	57,6	81,25	48,622

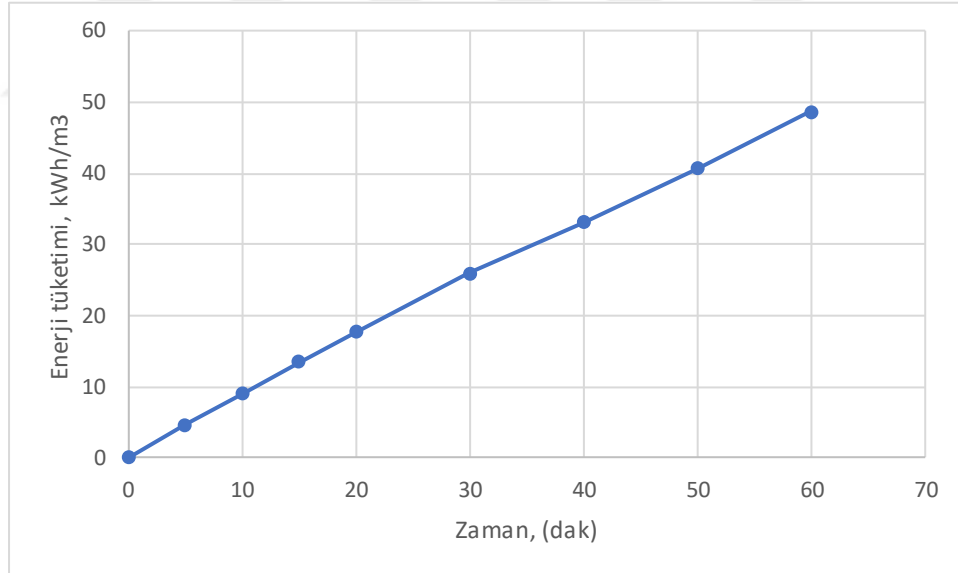
Doğal pH'ta $I=2$ A, $i= 20$ mA/cm² ve 10 mM Na₂SO₄, V= 400mL, 3mg/L H₂O₂ (1-1mg/L) ve 0,07 g MnO₂ parametreleri ile yapılan çalışmada zamana göre KOİ değişimi Şekil 5.52'de, zamana göre %KOİ değişimi ise Şekil 5.53'te verilmiştir. Şekil 5.54'de zaman ve enerji tüketimi arasında ilişki gösterilmiştir



Şekil 5.52. KOİ – zaman ilişkisi ($I=2$ A, $i=20$ mA/cm², 10 mM Na₂SO₄, 2 mg/L H₂O₂(1-1mg/L), 0,07g MnO₂)



Şekil 5.53. KOİ % -zaman ilişkisi ($I=2$ A, $i=20$ mA/cm², 10 mM Na₂SO₄, 2mg/L H₂O₂(1-1mg/L), 0,07g MnO₂)



Şekil 5.54. Enerji tüketimi – zaman ilişkisi ($I=2$ A, $i=20$ mA/cm², 10 mM Na₂SO₄, 2 mg/L H₂O₂(1-1mg/L), 0,07 g MnO₂)

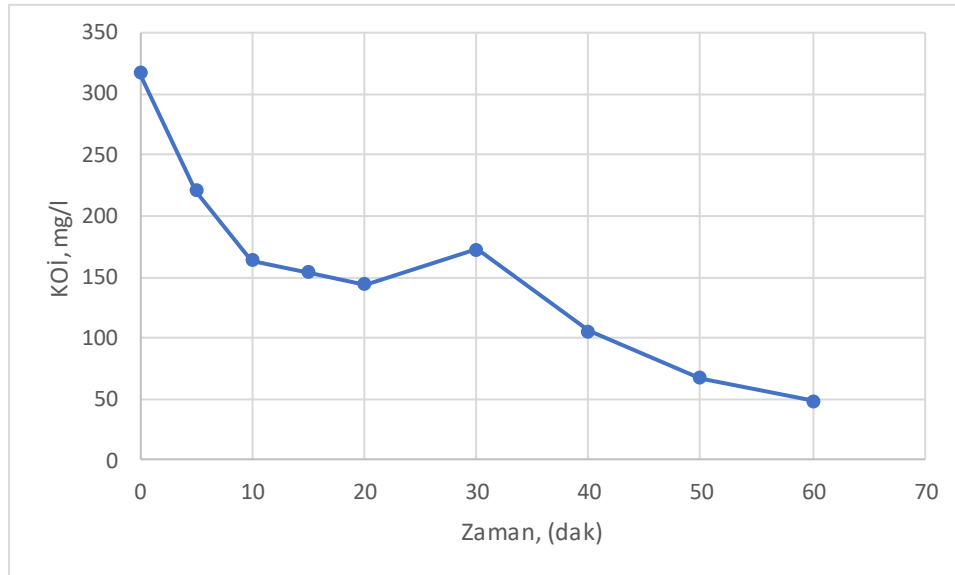
Doğal pH'ta $I=2$ A, $i=20$ mA/cm², 10 mM Na₂SO₄, 3 mg/L hidrojen peroksit (H₂O₂) (1,5-1,5mg/L), 0,07g MnO₂, V= 400mL parametreleri ile yapılan çalışmanın sonuçları Çizelge 19'da verilmiştir. Çalışmada en iyi verim yaklaşık %85 olmuştur

Çizelge 5.19. $I=2$ A, $i=20$ mA/cm², 10 mM Na₂SO₄, 3 mg/L H₂O₂ (1,5-1,5mg/L), 0,07 g MnO₂

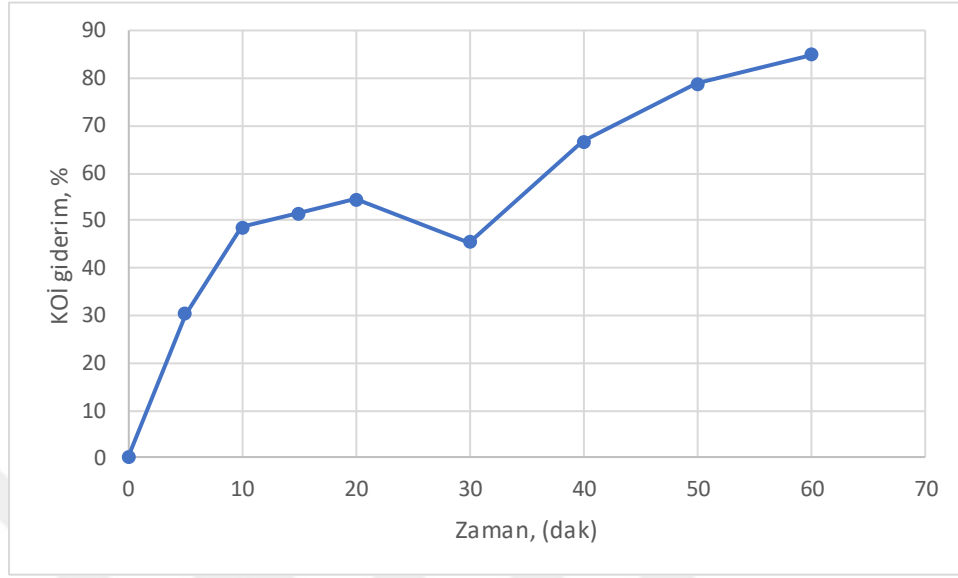
V= 400mL

Zaman, (dak)	Gerilim, V	Sıcaklık, °C	KOİ, mg/l	KOİ giderim, %	Enerji tüketimi, kWh/m ³
0	12,7	20,9	316,8	0	0
5	11	25	220,8	30,3	4,583
10	10,9	29	163,2	48,48	9,124
15	10,6	31,5	153,6	51,51	13,54
20	10,4	34	144	54,54	17,873
30	10,3	37,5	172,8	45,45	26,456
40	11,2	42	105,6	66,66	35,789
50	13,6	46	67,2	78,78	47,122
60	13	49	48	84,84	57,955

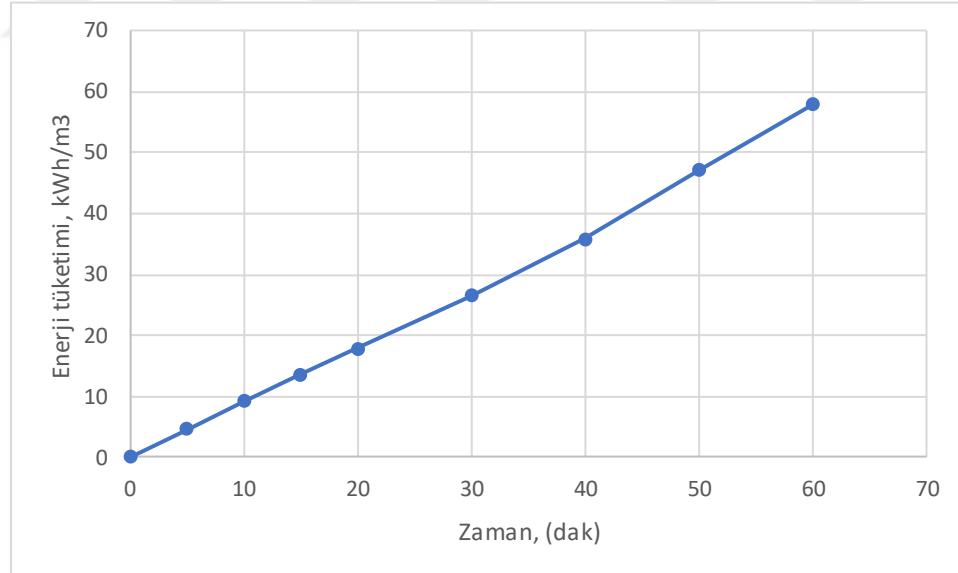
Doğal pH'ta $I=2$ A, $i= 20$ mA/cm² ve 10 mM Na₂SO₄, V= 400mL, 3mg/L H₂O₂ (1,5-1,5mg/L) ve 0,07 g MnO₂ parametreleri ile yapılan çalışmada zamana göre KOİ değişimi Şekil 5.55'te, zamana göre %KOİ değişimi ise Şekil 5.56'da verilmiştir. Şekil 5.57'de zaman ve enerji tüketimi arasında ilişki gösterilmiştir.



Şekil 5.55. KOİ – zaman ilişkisi ($I=2$ A, $i=20$ mA/cm², 10 mM Na₂SO₄, 3 mg/L H₂O₂(1,5-1,5mg/L), 0,07g MnO₂)



Şekil 5.56. KOİ % -zaman ilişkisi ($I=2$ A, $i=20$ mA/cm², 10 mM Na₂SO₄, 3mg/L H₂O₂(1,5-1,5mg/L), 0,07g MnO₂)



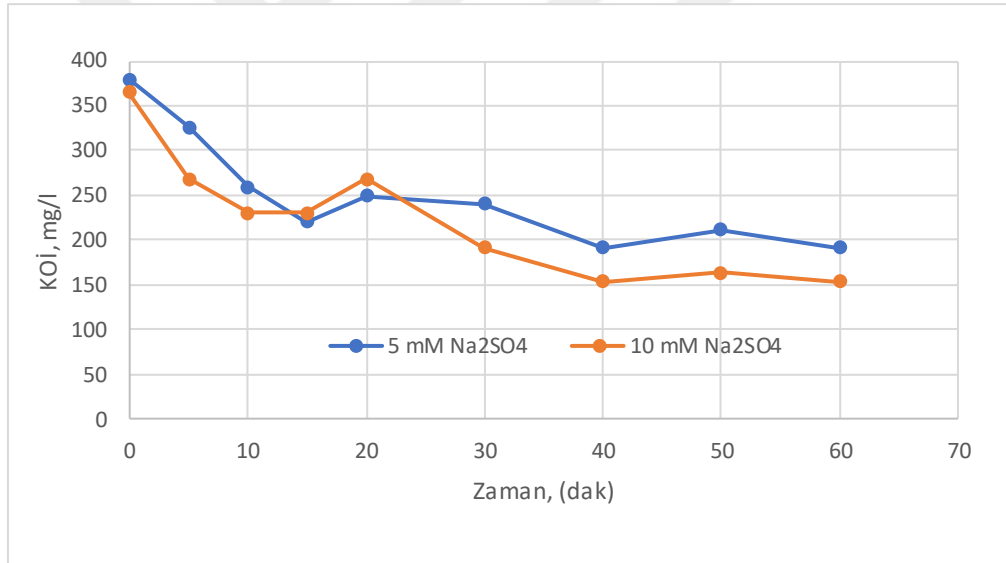
Şekil 5.57. Enerji tüketimi – zaman ilişkisi ($I=2$ A, $i=20$ mA/cm², 10 mM Na₂SO₄, 3 mg/L H₂O₂(1,5-1,5mg/L), 0,07 g MnO₂)

6. BULGU VE TARTIŞMALAR

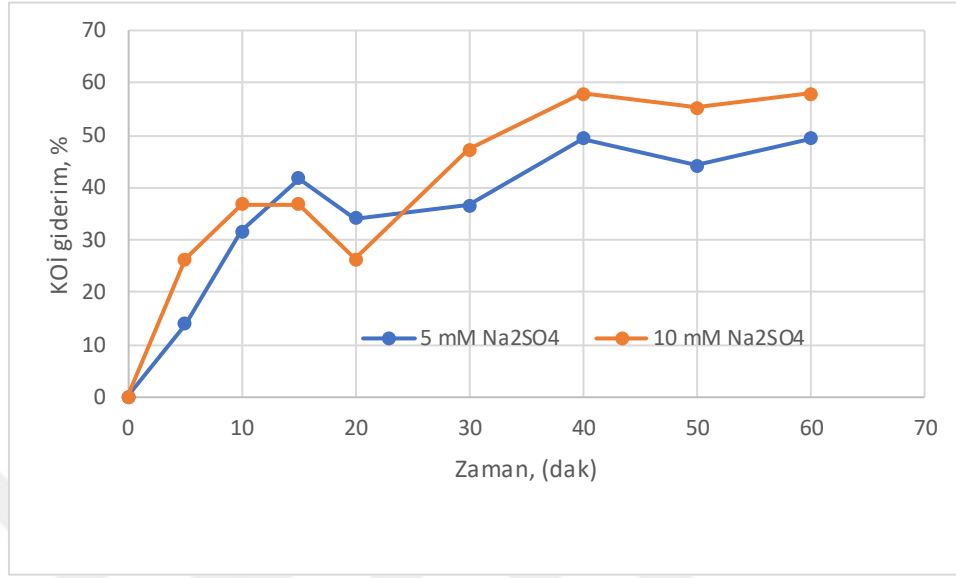
Aynı zamanda bu çalışmalarda destek elektrolit, peroksit miktarı ve akım yoğunluğunun verime etkisi incelenmiştir.

6.1 Destek Elektrolit Miktarının Etkisi

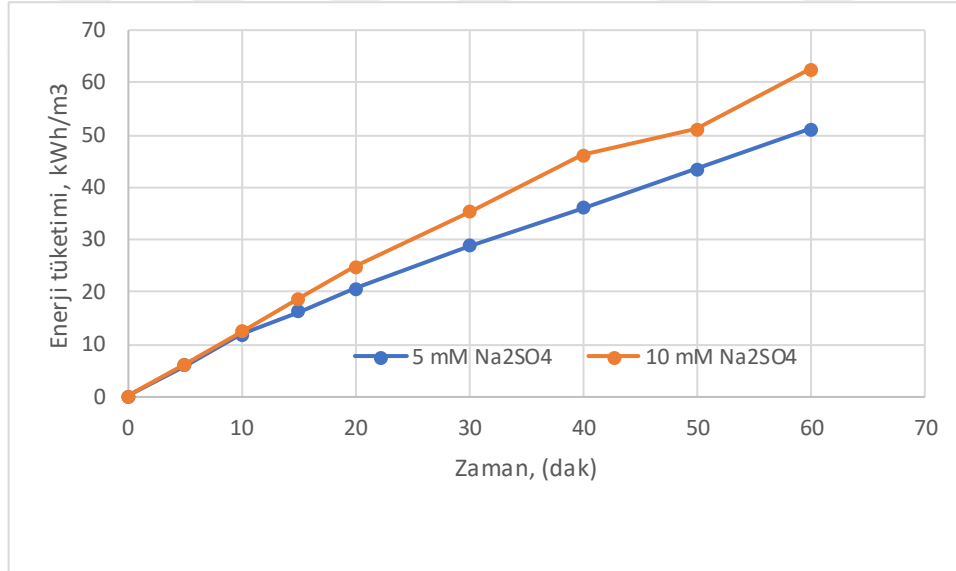
Destek elektrolit miktarının KOİ'e etkisi Şekil 6.1, %KOİ'e etkisi Şekil 6.2 ve enerji tüketimine etkisi ise Şekil 6.3'de verilmiştir.



Şekil 6.1. Destek elektrolit miktarının KOİ değişimine etkisi



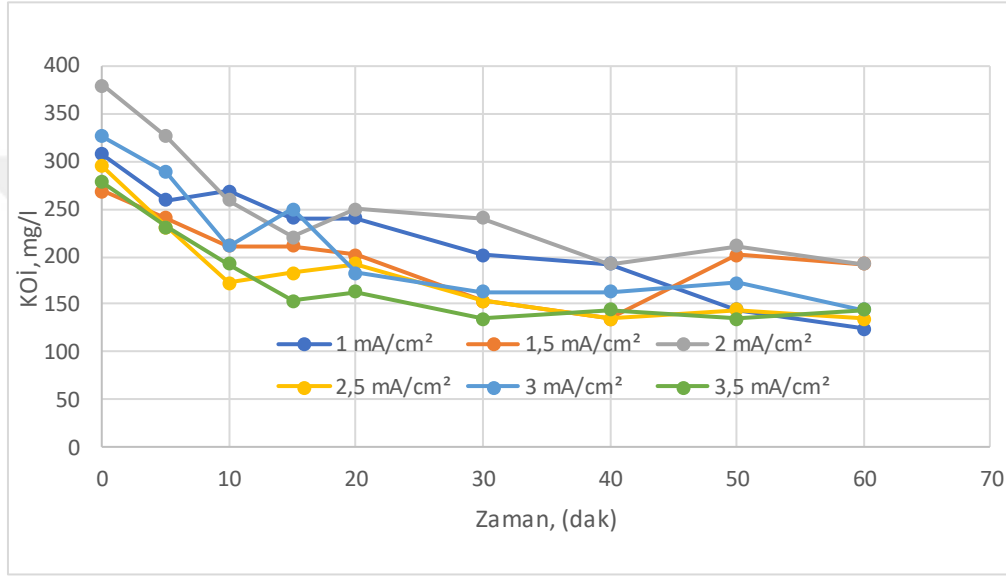
Şekil 6.2 . Destek elektrolit miktarının KOİ % değişimine etkisi



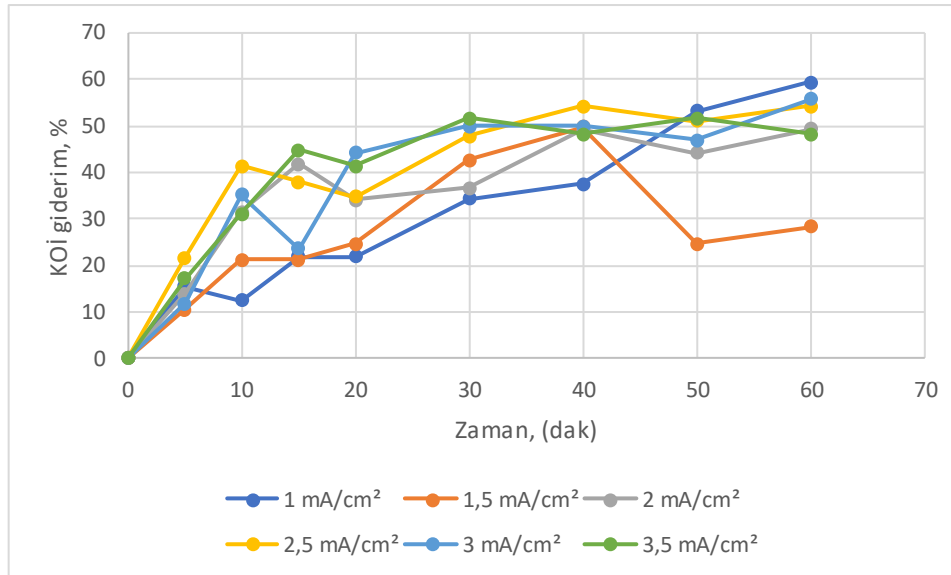
Şekil 6.3. Destek elektrolit miktarının enerji tüketimine etkisi

6.2. Akım Yoğunluğunun Etkisi

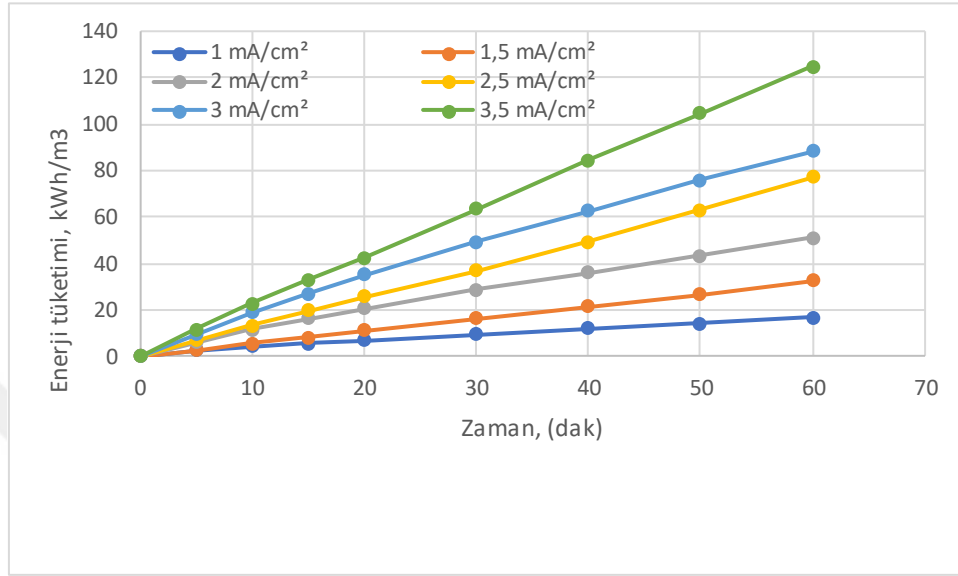
Akım yoğunluğunun etkisi KOİ'e etkisi Şekil 6.4, %KOİ'e etkisi Şekil 6.5 ve enerji tüketimine etkisi ise Şekil 6.6'da verilmiştir.



Şekil 6.4. Akım yoğunluğunun KOİ değişimine etkisi



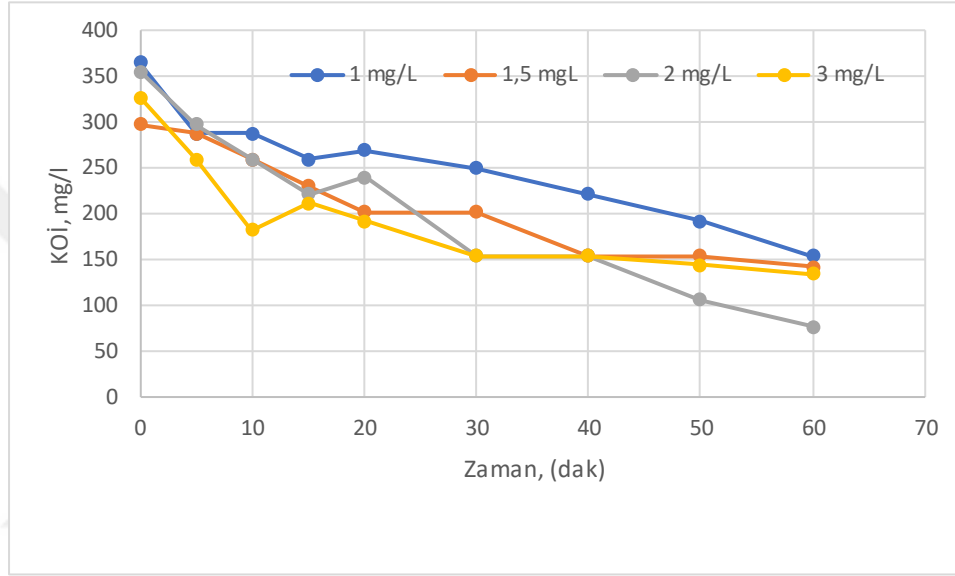
Şekil 6.5 . Akım yoğunluğunun KOİ % değişimine etkisi



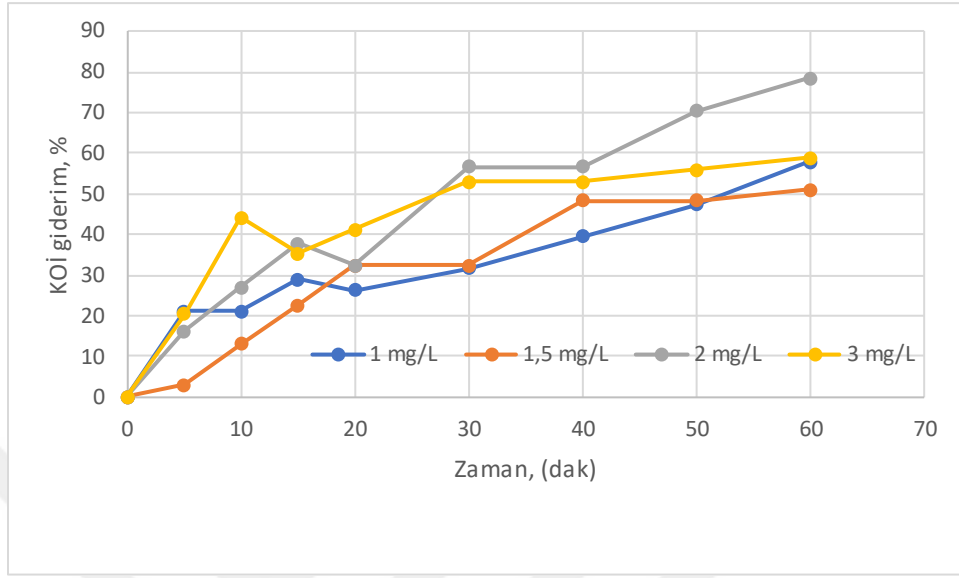
Şekil 6.6. Akım yoğunluğunun enerji tüketimine etkisi

6.3 Peroksit Miktarının Etkisi

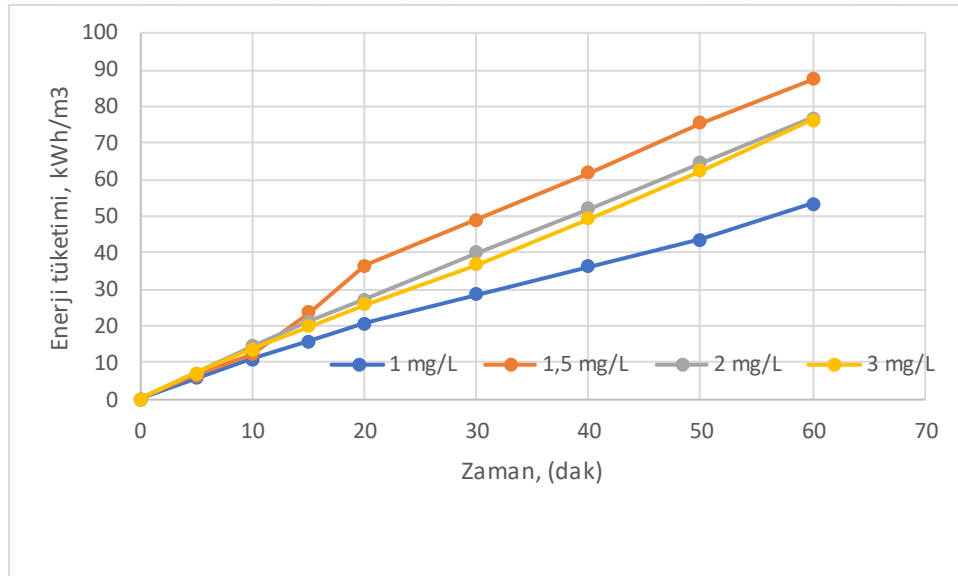
Peroksit miktarının KOİ'e etkisi Şekil 6.7, %KOİ'e etkisi Şekil 6.8 ve enerji tüketimine etkisi ise Şekil 6.9'da verilmiştir.



Şekil 6.7. Peroksit miktarının KOİ değişimine etkisi



Şekil 6.8 . Peroksit miktarının KOİ % değişimine etkisi



Şekil 6.9. Peroksit miktarının enerji tüketimine etkisi

7. TARTİŞMA, SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapılmış bu çalışmada elektrokuagölasyon yöntemi kullanılarak paralel demir elektrotlarla deltamethrin pestisitinin giderimi amaçlanmıştır. Çalışmalar süresince akım yoğunluğu, destek elektrolit ve peroksit ilavesi gibi parametreler değiştirilerek kullanılan yöntemin farklı yönlerden verimi incelenmiştir.

Yapılan çalışmalarda akım yoğunluğu ile giderimin doğru orantılı olduğu gözlemlenmiştir. Buna rağmen akım yoğunluğunun artması bazı sorunların ortaya çıkmasına sebep oluyor. Bunlar elektrik tüketiminin artması ve yüksek akım sonucu ortaya çıkan ısınmadır. Yüksek ısınma sonucu deneyde buharlaşma problemi yaşanır ki bu da, deneyin doğru şekilde ilerlemesine mani olur.

Destek elektrolit örnek atık suyun iletkenliğini artırmak için kullanılmıştır. Ve bu sayede gerilim düşer. Deney sonuçlarından görüldüğü gibi destek elektrolit miktarının artırılması verimin de yükselmesine neden olmuştur . Fakat diğer taraftan daha fazla kimyasal kullanımı artar bu da maliyetin yükselmesine sebep oluyor. En uygun miktarın seçilmesi gerekir.

7.1. Hidrojen peroksit (H₂O₂) derişiminin etkisi.

Çalışmalarda sırasıyla 1, 1,5, 2 ve 3 mg/L hidrojen peroksit (H₂O₂) kullanılarak arıtma prosesine etkisi incelendi. Belli akım yoğunluklarında peroksit miktarı artırdıkça giderim yüzdesi de artış göstermeye başladı. Fakat burda kullanılan peroksit miktarı doğru belirlenmelidir. Çünkü peroksitin fazla miktarı atık suda ilave kirlenmeye sebep oluyor ki, bu da arıtım maliyetini oluyor. Yaptığımız bu çalışmada sudaki fazla peroksitin suda kirlilik oluşturmasının karşısını almak için önceden belirlenmiş miktarlarda (0,05 ve 0,07 q) Mangan peroksit (MnO₂) kullanıldı.

7.2. En iyi koşulların belirlenmesiyle gerçekleşen deney

Bu deney doğal pH şartlarında, 20 mA/cm² akım yoğunluğunda, 10 mM sodyum sülfat (Na₂SO₄) ve deneyden alınan her 5mL'lik örneğe 0,07g mangan dioksit (MnO₂) ilave edilerek gerçekleşti Bu deney sonucunda % 84 giderim elde edildi.

Son olarak deltamethrin pestisitinin atık sulardan giderilmesinde elektrokimyasal metot olan elektrokuagölasyonun başarılı bir yöntem olduğunu söyleye biliriz.



KAYNAKLAR

- [1] Fatih Ahmet Göktürk Yüksek Lisans Tezi Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı Konya-2007
- [2] FOOTPRINT,2016.PesticidePropertiesDatabase.
<http://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/ato-z.htm>
- [3] Miller, G.T. 2004. Sustaining the Earth, 6th edition. Thompson Learning, Inc. Pacific Grove, 9, 211-216
- [4] FOOTPRINT,2016.PesticidePropertiesDatabase
<http://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/ato-z.htm> (Erişim Tarihi: 06.03.2016). Dr. Ülkü Yücel Ankara Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi, Nükleer Kimya Bölümü
- [6] Hasan Hayri Tok 1981 Çukurova bölgesinde yaygın bazı toprak serilerinde organoklorlu insektisit kalıntılarının dağılımı ve bu insektisitlerden DDT ile lindanın biyolojik mineralizasyonları üzerinde bir araştırma
- [7] Delen. N. , 2008. Fungisitler. Nobel Yayınevi, İzmir.
- [8] Turabi,M. S., 2007. Bitki Koruma Ürünlerinin Ruhsatlandırılması. Tarım İlaçları Kongre ve Sergisi Bildirileri, 25-26 Ekim 2007, Ankara, 50-61.
- [9] Kantarcı, M., 2007. Global BKÜ pazarı ve Ar-ge. Tarım ilaçları Kongre ve Sergisi, 25-26 Ekim 2007, Ankara. TMMOB Kimya ve Ziraat Mühendisleri Odaları. Bildiri Kitabı, 13-23.
- [10] Turabi, M. S., 2004. Türkiye Cumhuriyeti'nde tarımsal ilaç, teşkil ve ruhsat sistemi. Tarımsal ilaçlar ve Organik Tarım Konf., KTMMOB ZMO, 9 Haziran 2004, Lefkosa, KKTC.
- [11] Oskam, A. J., R. N. A. Vijftines and C. Graveland, 1997. Additinal E.U. Policy instrumens for plant protection, Wageningen Agricultural University, Wageningen, the Netherlands.
- [12] Toros S, Maden S: Tarımsal Savaş Yöntem ve İlaçları. Ankara: A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları, 1985.
- [13] Türkiye'nin Çevre Sorunları, Türkiye'nin Çevre Sorunları Vakfı Yayını. Ankara, 1991.

- [14] Carson R. Silent Spring. 1962 (Çev. Güler Ç.) Sessiz Bahar. Palme Yayıncılık. Ankara. 2004.
- [15] Dr. Mehmet Yıldız¹ Prof. Dr.M.Oktay Gürkan² Dr. Cafer Turgut³ Dr.Ümmühan Kaya⁴ Gültekin Ünal⁵ Tarımsal savaşımında kullanılan pestisitlerin yol açtığı çevre sorunları
- [16] Jeyaratnam J. Acute pesticide poisoning: a major global health problem. World Health Stat Q. 1990; 43:139-144
- [17] Schenker MB, Offerman S, Albertson T. Pesticides. In Environmental and Occupational Medicine. Ed.: Rom W. 4 th ed. Philadelphia: Lippincott – Williams&Wilkins; 2007. p.1158.
- [18] Satar S. Seydaoğlu G. Analysis of acute adult poisoning in a 6-year period and factors affecting te hosptal stay Adv Ther. 2005;22:137-147.
- [19] Konradsen F. Acute pesticide poisoning – a global public health problem. Danish Medical Bulletin – No. 1. February 2007. Vol. 54 Pages 58-9
- [20] TC. Sağlık Bakanlığı. Biyosidal Ürünler Yönetmeliği. 31.12.2009 tarih ve 2749-4 mükerrer sayılı Resmi Gazete.
- [21] U.S. Environmental Protection Agency Chemicals Evaluated for Carcinogenic Potential Office of Pesticide Programs. Annual Cancer Report 2015.
(http://npic.orst.edu/chemicals_evaluated.pdf) Erişim tarihi: 28.06.2016
- [22] Robson MG, Hamilton GC, Wattasit S. Pest Control and Pesticides. In:Frumkin H, ed. Environmental Health From Global to Local. 2nd editon. Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, Inc. 2010, p.592-634.
- [23] Yıldırım, E., 2008. Tarımsal Zararlılarla Mücadele Yöntemleri ve Kullanılan İlaçlar. Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Yayınları, No:219, Erzurum, 350 s.
- [24] Öden S., 2009 Pestisitler ve Pestisitlerin Çevre Etkileri
(Online).www.tutuneksper.org.tr/yayin/bulten/bulten77/pestisitler.htm(31 Aralık2009).
- [25] Erbatur NG, Erbatur O. Doğu Akdeniz bölgesinde pestisit kirliliğinin araştırılması. TÜBİTAK-YDABCAĞ Projesi; KTÇAG 134, 1995.

- [27] Abdelkhalek et al., 2015 N.K.M. Abdelkhalek, E.W. Ghazy, M.M. Abdel-Daim Pharmacodynamic interaction of *Spirulina platensis* and deltamethrin in Freshwater fish Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*: impact on lipid peroxidation and Oxidative stress Environ. Sci. Pollut. Res. Int., 22 (2015), pp. 3023-3031
- [28] R.S. Yadav, R.R. Sampath, V.P. Sharma Deltamethrin treated bednets for control of malaria transmitted by *Anopheles culicifacies* (Diptera: *Culicidae*) in India J. Med. Entomol., 38 (2001), pp. 613-622
- [29] Kumartel., 2016 A. Kumar, D. Sasmal, A. Bhaskar, K. Mukhopadhyay, A. Thakur, N.S. harma Deltamethrin-induced oxidative stress and mitochondrial caspase-dependent signaling pathways in murine splenocytes Environ. Toxicol., 31 (2016), pp. 808-819
- [30] [Nieradko-Iwanicka and Borzecki, 2015](#). Nieradko-Iwanicka, A. Borzecki Subacute poisoning of mice with deltamethrin produces memory impairment, reduced locomotor activity, liver damage and changes in blood morphology in the mechanism of oxidative stress Pharmacol. Rep., 67 (2015), pp. 535-541
- [31] <http://npic.orst.edu/factsheets/DeltaGen.pdf>
- [32] Gullón I. M. ve Font, R., (2001), “Dynamic Pesticide Removal with Activated Carbon Fibers”, Water Research, 35(2): 516-520.
- [33] Soliman, K. M., (2001), “Changes in Concentration of Pesticides Residues in Potatoes During Washing and Home Preparation”, Food and Chemical Toxicology, 39(8):887-891.
- [34] Ayrancı, E. ve Hoda, N., (2004), “Studies on Removal of Metribuzin, Bromacil, 2,4-D and Atrazine from Water by Adsorption on High Area Carbon Cloth”, Journal of Hazardous Materials, B112:(1-2)163-168.
- [35] Akhtar, M., Hasany, S. M., Bhangar, M. I. ve Iqbal, S., (2007), “Low Cost Sorbents for the Removal of Methyl Parathion Pesticide from Aqueous Solutions”, Chemosphere, 66(10):1829–1838.

- [36] Viciana, M. M. S., Fez, J. T., Amate, M. D. U., Pradas, E. G., Pérez, M. F. ve Céspedes, F. F., (2006), “Removal of Chloridazon by Natural and Ammonium Kerolite Samples”, *Applied Surface Science*, 252(17):6053-6057
- [37] Türkoğlu, B., *Bitkisel yağ üretimi teknolojileri ve rafinasyon atıksularının elektrokimyasal arıtımı*, Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Eskişehir, 2006.
- [38] Deliktaş, E., 2011. Kağıt Endüstrisi Atıksularının Elektro-Fenton Prosesi İle Arıtılması. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Selçuk Üniversitesi, Konya
- [39] İlhan, F., Kurt, U., Apaydın, Ö., Arslankaya, E. ve Gönüllü, M.T., 2007. Elektrokimyasal Arıtım ve Uygulamaları: Katı Atık Sızıntı Suyu Çalışması. AB Sürecinde Türkiye’de Katı Atık Yönetimi Ve Çevre Sorunları Sempozyumu, İstanbul
- [40] Türkoğlu, B., *Bitkisel yağ üretimi teknolojileri ve rafinasyon atıksularının elektrokimyasal arıtımı*, Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Eskişehir, 2006.
- [41] Rajeshwar K., Ibanez J.G. and Swai, G.M., *Electrochemistry and the environment*, J. Appl. Electrochem. 24(1994) 1077-1091.
- [42] Rajeshwar K., Ibanez J.G., Swai, G.M., *Electrochemistry and the environment*, J. Appl. Electrochem. 24(1994) 1077-1091
- [43] Scott, K., *Electrochemical Processes For Clean Technology*. University of Newcastle upon Tyne, (1995)
- [44] Pulgarin, J., Adler, N., Peringer, P., Comninellis, C., *Electrochemical Detoxification of A 1,4 – Benzoquinone Solution in Wastewater Treatment.*, *Wat. Res.* 28, 4, 887-93, (1994)
- [45] Vlyssides, AG., Karlis, PK., Zorpas, AA., *Electrochemical Oxidation of Noncyanide Strippers Wastes. Environmental International.*, 25, 5, 663-70, (1999)
- [46] Romanov, A., Kobya, M., Dımoğlu, A., *Atıksulardaki Kolloidal Partiküllerin Elektroflotokoagülasyonla Giderimi, İTÜ 7. Endüstriyel Kirlenme Lontrolü Sempozyumu 2000*, S. 67-74, İstanbul, (2000)

- [47] Matis, K. A. And Zouboulis, A.I., Electrolytic Flotation: An Unconventional Technique, Flotation Science and Engineering, University of Newcastle upon Tyne, (1995)
- [48] Balasubramanian, N., Madhavan, K., Arsenic Removal from Industrial Effluent Through Electrocoagulation., *Chem. Eng. Tech.*, 24, 5, 519-21, (2001)
- [49] Mollah, MYA., Schennach, R., Parga, JR., Cocke, DL., Elektrocoagulation (EC)- Science and Applications, *Journal of Hazardous Materials*, B84, 29-41, (2001)
- [50] Do,J.-S., Chen, M.-L., Decolourization of dye-containing solutions by electrocoagulation.,*Journal of Applied Electrochemistry.*, 24, 785-790. (1994)
- [51] Mustafa Kırılroğlu yüksek lisans tezi Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı
- [52] Uygun R., Demir ve alüminyum elektrotlar kullanılarak tekstil boyalarının Elektrokoagülasyon ile arıtımı, GYTE Müh. Ve Fen Bil. Ens., Yüksek Lisans Tezi, GEBZE 2002

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Süleymanov Elvin
Yabancı dil : İngilizce
Doğum Yeri ve Yılı : Azerbaycan - 1994
E-Posta : elvinslymnv@gmail.com

Eğitim ve Mesleki Geçmişi:

- 2012-2016 Lisans
*Bakü Devlet Üniversitesi, Çevre ve Tarım Fakültesi
Ekoloji Bölümü*
- 2016-2019 Yüksek Lisans
*Eskişehir Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim
Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim dalı*