

T.C.
MUNZUR ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



**PYROXSULFONE HERBİSİTİNİN BAZI TOPRAK BAKTERİLERİYLE
BİYOREMEDİASYONUNUN KARŞILAŞTIRILMASI VE *Daphnia magna*
ÜZERİNDEKİ MORTALİTE ETKİSİ**

Duygu TEKİN

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**DANIŞMAN
Doç. Dr. Gökhan Önder ERGÜVEN
Dr. Öğr. Üyesi Volkan KORKMAZ**

TUNCELİ – 2022

T.C.
MUNZUR ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**PYROXSULFONE HERBİSİTİNİN BAZI TOPRAK BAKTERİLERİYLE
BİYOREMEDİASYONUNUN KARŞILAŞTIRILMASI VE *Daphnia magna*
ÜZERİNDEKİ MORTALİTE ETKİSİ**

Duygu TEKİN
(190040014)

YÜKSEK LİSANS TEZİ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN
Doç. Dr. Gökhan Önder ERGÜVEN
Dr. Öğr. Üyesi Volkan KORKMAZ

TUNCELİ-2022

T.C.
MUNZUR ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**PYROXSULFONE HERBİSİTİNİN BAZI TOPRAK BAKTERİLERİYLE
BİYOREMEDİASYONUNUN KARŞILAŞTIRILMASI VE *Daphnia magna*
ÜZERİNDEKİ MORTALİTE ETKİSİ**

Duygu TEKİN
YÜKSEK LİSANS TEZ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu tez 26/ 05/ 2022 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından **oybirliği** ile kabul edilmiştir.

İmza:.....

Doç. Dr. Gökhan Önder
ERGÜVEN
(Munzur Üniversitesi)

DANIŞMAN

İmza:.....

Doç. Dr. Şule TATAR
YOLCULAR
(Munzur Üniversitesi)

ÜYE

İmza:.....

Doç. Dr. Emel KOÇAK
KIYAN
(Yıldız Teknik Üniversitesi)

ÜYE

Bu tez, Enstitümüz Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı'nda hazırlanmıştır.

Enstitü Müdürü

Bu çalışma, Munzur Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenmiştir.

Proje No: YLMUB021-15

NOT: Bu dönem projesinde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bilfirilerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı 5846 sayılı “Fikir ve Sanat Eserleri” Kanunu’nda hükümlere tabidir.

26/05/2022

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 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.

İmza
Duygu TEKİN

Doç. Dr. Gökhan Önder ERGÜVEN
Dr. Öğr. Üyesi Volkan KORKMAZ

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Munzur Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır. Bu çalışmanın planlanması, hayata geçirilmesi, deneylerinin yapılması, tezimin yazımı ve diğer bütün aşamalarında her daim yanımda olan maddi ve manevi desteğini benden esirgemeyen bilgi, deneyim ve tecrübesinden faydalandığım saygıdeğer danışmanım sayın Doç. Dr. Gökhan Önder ERGÜVEN'e ve Eş danışmanın sayın Dr. Öğr. Üyesi Volkan KORKMAZ' a değerli katkılarından dolayı teşekkür ederim. Bu tez Munzur Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi (MUNİBAP), tarafından YLMUB021-15 nolu proje olarak desteklenmiş olup sağlanan maddi destek için, Munzur Üniversitesi-MUNİBAP'a teşekkürlerimi sunarım. Yüksek Lisans çalışmam süresince maddi, manevi desteğini esirgemeyen sevgili aileme ve biricik oğluma sonsuz sevgilerimi ve teşekkürlerimi sunarım.

Duygu TEKİN
TUNCELİ-2022

İÇİNDEKİLER

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ.....	I
TEŞEKKÜR	II
İÇİNDEKİLER.....	III
ŞEKİLLER LİSTESİ	V
TABLolar LİSTESİ.....	VI
RESİMLER LİSTESİ.....	VII
SEMBOLLER LİSTESİ.....	VIII
KISALTMALAR LİSTESİ.....	IX
ÖZET.....	X
ABSTRACT.....	XI
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Pestisit.....	3
1.1.1. Pestisitlerin Sınıflandırılması	4
1.1.2. Pestisit kullanımın tarihi.....	6
1.1.3. Pestisit kullanımının zararları	6
1.1.4. Yabani otlar ve herbisit kullanımı.....	8
1.1.5. Küresel ölçekte herbisit kullanımı.....	10
1.1.6. Herbisitlerin hedef olmayan türler ve çevre üzerine etkisi.....	10
1.2. Biyoremediasyon.....	11
1.2.1. Biyoremediasyonun avantajları.....	13
1.2.2. Biyoremediasyonun dezavantajları.....	14
1.2.3. Biyoremediasyon teknikleri.....	14
1.2.3.1. Ex-situ (Doğal yeri dışında) temizleme yöntemi.....	15
1.2.3.1.1. Katı faz temizleme.....	15
1.2.3.1.2. Bulamaç-faz biyodegradasyonu etkileyen faktörler.....	18
1.2.3.2. In-situ (Yerinde) temizleme yöntemi.....	18
1.2.3.2.1. Arazi (toprak) tarımı.....	19
1.3. Daphnia (Su Piresi).....	20
2. MATERYAL VE METOT (YÖNTEM).....	23
2.1. Tarım Alanının, Toprak Örneklerinin Toplanması Ve Bakteri İzolasyonu.....	22
2.2. Hebisit Çözeltilerinin Hazırlanması.....	26
2.3. Pyroxsulfane'nin Biyoislah İşlemi İle Giderimi.....	27
2.4. Daphnia Magna üzerindeki mortalite.....	28
2.5. Daphnia Magna'ların ortama adaptasyonu.....	30
2.6. Mortalite çalışmaları.....	30
3. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	32
3.1. Mikrobiyal Tür Teşhis Sonuçları.....	32
3.2. Biyoislah Çalışmaları Sonuçları.....	32
3.2.1. Sisteme ait giderim verimleri.....	32
3.2.2. Gerçek giderim verimleri.....	40
3.3. Mortalite Sonuçları.....	44
4. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	49
5. KAYNAKLAR.....	50
ÖZGEÇMİŞ	
EKLER	

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. Çevre temizliği için biyoremediasyon yaklaşımları.....	14
Şekil 1.2. Biyoremediasyon teknikleri.....	15
Şekil 1.3. <i>Daphnia Sp.</i> 'Nin Lateral Görüntüsü.....	21
Şekil 2.1. Çalışma sahasını gösteren harita.....	25
Şekil 2.2. Mortalite deneyi.....	29
Şekil 3.1. Konsortianın gösterdiği konsatrasyon bazında KOİ azalışı.....	33
Şekil 3.2. Konsortianın gösterdiği KOİ azalış verimi	33
Şekil 3.3. <i>M. arthrospharea</i> ' nın gösterdiği konsantrasyon bazında KOİ azalışı	34
Şekil 3.4. <i>M. arthrospharea</i> ' nın gösterdiği KOİ azalış verimi.....	34
Şekil 3.5. <i>M. radiotolerans</i> ' ın gösterdiği konsantrasyon bazında KOİ azalışı.....	35
Şekil 3.6. <i>M. radiotolerans</i> ' ın gösterdiği KOİ azalış verimi.....	35
Şekil 3.7. Konsortianın gösterdiği konsatrasyon bazında TOK azalışı	36
Şekil 3.8. Konsortianın gösterdiği KOİ azalış verimi	36
Şekil 3.9. <i>M. arthrospharea</i> ' nın gösterdiği konsantrasyon bazında TOK azalışı	37
Şekil 3.10. <i>M. arthrospharea</i> ' nın gösterdiği TOK azalış verimi	37
Şekil 3.11. <i>M. radiotolerans</i> ' ın gösterdiği konsantrasyon bazında TOK azalışı	38
Şekil 3.12. <i>M. radiotolerans</i> ' ın gösterdiği TOK azalış verimi	38
Şekil 3.13. Konsortianın gösterdiği gerçek KOİ azalışı	41
Şekil 3.14. <i>M. arthrospharea</i> ' nın gösterdiği gerçek KOİ azalışı	41
Şekil 3.15. <i>M. radiotolerans</i> ' ın gösterdiği gerçek KOİ azalışı	42
Şekil 3.16. Konsortianın gösterdiği gerçek TOK azalışı	42
Şekil 3.17. <i>M. arthrospharea</i> ' nın gösterdiği gerçek TOK azalışı	43
Şekil 3.18. <i>M. radiotolerans</i> ' ın gösterdiği gerçek TOK azalışı	43
Şekil 3.19. Mortalite sonuçlarının arıtılmış ve arıtılmamış ortamlardaki oranları	46

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 3.1. Pyroxasulfone’ nin çalışılan konsantrasyonlardaki KOİ ve TOK değerleri	40
Tablo 3.2. Mortalite sonuçlarının artırılmış ve artırılmamış ortamlarda değişimi	45



RESİMLER LİSTESİ

Resim 2.1. Trakya ayçekirdeği ve Trakya buğday toprak örnekleri.....	23
Resim 2.2. Petri kutularının inkübatördeki bakteri gelişimi.....	24
Resim 2.3. Kelt WG85 tarım ilacı.....	26
Resim 2.4. Çözeltiler	26
Resim 2.5. KOİ kitleri	28
Resim 2.6. KOİ ölçüm cihazları	28
Resim 2.7. <i>Daphnia magna</i> bireyleri	30
Resim 2.8. Mortalite sonuçlarının arıtılmış ve arıtılmamış ortamlara ait deney grupları	31

SEMBOLLER LİSTESİ

CO₂	: Karbondioksit
H₂O	: Su
N	: Azot
NO₃	: Nitrat
O₂	: Oksijen
P	: Fosfor
PO₄	: Fosfat
SO₄	: Sülfat
°C	: Santigrat



KISALTMALAR LİSTESİ

ABD	: Amerika Birleşik Devleti
atm	: Atmosfer
BHC	: Benzen hegzaklorür
BOİ₅	: Biyolojik Oksijen İhtiyacı
DDT	: Diklordifenil Triklor Etan
DGGE	: Denature Gradyan Jel Elektroforezi
DNA	: Deoksiribo nükleik asit
EC	: Emilsiyon Konsatre İlaçlar
EM	: Emilsiyon Konsatre İlaçlar
EPA	: ABD Çevre Koruma Ajansı
FAO	: Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü
FC	: Akıcı Konsantreler
G	: Granüller
g	: Gram
HR	: Herbisite Dayanıklı
IWM	: Entegre Yabani Ot Yönetimi
KOİ	: Kimyasal Oksijen İhtiyacı
L	: Litre
mL	: Mililitre
NLW	: Doğal yaşam suyu
PCR	: Polimeraz Zincir Reaksiyonu
RNA	: Ribonükleik asit
ROS	: Serbest Oksijen Radikalleri
SC	: Solisyon Konstre İlaçlar
SDB	: Subauraud Dextrose Broth
SP	: Suda Çözünebilir Toz İlaçlar
TOK	: Toplam Organik Karbon
WP	: Islanabilir Toz İlaçlar
%	: yüzde
°C	: Santigrat

ÖZET

Bu çalışma ile tarım toprağından izole edilen *M. arthrosphorea*, *M. radiotolerans* ve bunların karışımlarıyla elde edilen zenginleştirilmiş mikrobiyal kültürlerle Pyroxasulfone etken maddeli herbisitinin kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) ve toplam organik karbon (TOK) gibi önemli bazı çevresel parametreler bazında elde edilen giderim verimleri araştırılmıştır. Çalışmada bunlara ek olarak giderim öncesi ve sonrası *Daphnia magna* (su piresi) üzerindeki mortalite (ölüm oranı) etkisi de belirlenmiştir. Kullanılan bakteriler zenginleştirilmiş ve gerekli hacimlerde alınarak Pyroxasulfone etken maddeli herbisitinin tarım alanlarında kullanımı tavsiye edilen konsantrasyonları (375, 500, 750 ve 1000 ppm) esas alınarak hazırlanan çözeltilere ilave edilmiştir. Elde edilen en yüksek giderim oranlarındaki numuneler ve tarım arazilerinde kullanımı tavsiye edilen konsantrasyonlarda hazırlanan numuneler ile *Daphnia magna* üzerindeki ölüm oranları belirlenmiştir. Elde edilen verilere göre KOİ ve TOK giderim yüzdeleri her iki bakteri türü ve bunların karışımlarında çeşitli zaman dilimlerinde %37 - 90 aralığında belirlenmiştir. Arıtılmamış ortamlarda 96 saat sonunda *Daphnia Magna* üzerinde %40 - 80 civarında, arıtılmış ortamlarda ise %75 – 100 aralığında değişen bir mortalite etkisi tespit edilmiştir. Çalışma sonuçlarına göre *M. arthrosphorea*, *M. radiotolerans* ve bunların konsorsiyumlarının pyroxasulfone etken maddeli herbisitler üzerinde tarlaya atılması tavsiye edilen konsantrasyonlarda etkili bir biyoremediasyon gerçekleştirdiği, ancak elde edilen en yüksek giderime sahip nihai KOİ ve TOK konsantrasyonlarındaki ortamların da *Daphnia magna* üzerinde toksik etki yarattığı gözlemlenmiştir. Bu durum da pyroxasulfone herbisitinin parçalanma ürünlerinin gösterdiği toksik etki ile açıklanmaktadır.

Anahtar kelimeler: Pyroxasulfone, Biyoremediasyon, *Daphnia magna*, Kimyasal Oksijen İhtiyacı, Toplam organik karbon

ABSTRACT

In this study, the removal efficiencies of *M. arthrosphorea*, *M. radiotolerans* isolated from agricultural soil and enriched microbial cultures obtained with their mixtures, on the basis of some important environmental parameters such as chemical oxygen demand (COD) and total organic carbon (TOC) of the herbicide with Pyroxasulfone active ingredient were investigated. In addition to these, the mortality (death rate) effect on *Daphnia magna* (water flea) before and after removal was also determined in the study. The bacteria used were enriched and taken in required volumes and added to the solutions prepared based on the recommended concentrations (375, 500, 750 and 1000 ppm) of the herbicide with active Pyroxasulfone ingredient for use in agricultural areas. Mortality rates on *Daphnia magna* were determined with the samples with the highest removal rates and the samples prepared at the concentrations recommended for use in agricultural lands. According to the data obtained, the percentages of COD and TOC removal were determined in the range of 37 - 90% in both bacteria species and their mixtures at various times. At the end of 96 hours in untreated media, a mortality effect of around 40 - 80% on *Daphnia magna* was detected, while in treated media it was between 75 - 100%. According to the results of the study, it was observed that *M. arthrosphorea*, *M. radiotolerans* and their consortiums performed an effective bioremediation on the herbicides with pyroxasulfone active ingredient at the concentrations recommended to be used into the field, but the media at the final COD and TOC concentrations with the highest removal achieved also had a toxic effect on *Daphnia magna*. This is explained by the toxic effect of the degradation products of the pyroxasulfone herbicide.

Keywords: Pyroxasulfone, Bioremediation, *Daphnia magna*, Chemical Oxygen Demand, Total organic carbon

1. GİRİŞ

Yabani otlar, ekin kültürleri tarafından kullanılmayan sayısız ekolojik nişten başarılı bir şekilde yararlanmalarını sağlayan birçok büyüme özelliğine ve adaptasyona sahiptir. Yabani otlar kendileriyle ve ekin bitkisi ile rekabet eder. Rekabet avantajı ile ilgili daha önemli adaptasyonlar arasında, uygun şekilde senkronize çimlenme, fidelerin hızlı kurulması ve büyümesi, kuruluş sırasında mahsulün veya diğer yabani otların gölgeleme etkilerine tolerans, mevcut toprak nemi ve besinlere hızlı tepki, adaptasyon yer alır.

Pestisitleri sıvı ortamdan uzaklaştırma yöntemlerinden biri biyolojik iyileştirmedir ve biyolojik iyileştirme doğal bir süreçtir. Bu süreçte, mikroorganizmalar bir herbisiti parçalayarak hayatta kalabilir. Bakteri ve mantarların çoğu toprak, hava ve su ortamlarında yaşar, ancak bu durum onları herbisitleri artan hızla bozacak şekilde değiştirmek mümkündür. Bakteri ve mantarların bu özellikleri, herbisitleri parçalamak için ucuz ve kullanışlı bir teknoloji olarak kullanılabilir. Son yıllarda herbisitlerin biyobozunma süreci ile ilgili çalışmaların çoğu bu herbisitlerin uygulandığı alanlarda gerçekleştirilmiştir. Toprak, su ve havadaki pestisitleri parçalama yeteneğine sahip kirleticileri ve mikroorganizmaları belirlemek için dünya çapında araştırmalar yapılmıştır (Ergüven, 2017).

Farklı herbisitler, hedef olmayan çeşitli türlere farklı tepki verir. Bunlar, bitkilerde daha düşük büyüme ve üretkenliğe neden olduğu bilinen yabani otların büyümesini yönetmede çok etkilidir, ancak diğer yandan bu herbisitlerin, hedef olmayan organizmalarda kötü etkilere ve ciddi bozulmalara neden olduğu bilinmektedir. Çevresel, ekolojik ve insan sağlığı risklerine yol açan mekanizmalardan biri ROS dengesizliğidir. Herbisit etki şekline yanıt olarak üretilen antioksidan değişiklikler, hücresel ve doku hasarının önemli bir kısmından sorumludur. Bu derlemede, hedef olmayan çeşitli türlerde farklı herbisitlerin neden olduğu oksidatif seviyeleri veya antioksidan değişiklikleri özetlemeye çalıştım. Çalışmaların çoğunda herbisitlerin aşırı dozda veya düzensiz uygulanmasının oksidatif hasara ve antioksidan parametrelerde değişikliklere yol açtığı belirtilmektedir.

Bu nedenle bu derlemenin ilk kısmı, laboratuvar kültürlerinden elde edilen veya uykuda olan yumurtalardan çıkan *D. magna* test organizmaları ile yapılan testler için bilimsel literatürü ve çeşitli laboratuvarlardan elde edilen verileri kapsamlı bir şekilde gözden geçirmektedir (Persoone ve ark. 2009).

Maruz kalan ekolojik alanların yabani otlar tarafından istilasının ilk aşamalarında, mahsul ve yabani ot tarafından kaynaklar için sadece çok sınırlı bir rekabet meydana

gelebilir, ancak mahsul-yabani ot birliğinin kurulması tamamlandığında, mevcut kaynaklar için rekabet daha belirgindir. Bitki rekabeti, mahsul ve yabani ot bitkilerinin maksimum birleşik büyüme ve verim elde etme eğiliminde olduğu ve her türün gelişiminin bir dereceye kadar diğlerinin pahasına olduğu doğal bir güçtür. Bitkilerin nem, besin, ışık ve muhtemelen karbondioksit talepleri mevcut arzı aştığında ortaya çıkar. Mahsul ve yabancı ot bitkileri arasında ve ayrıca her birinin ayrı bitkileri arasında rekabet gelişebilir. Rekabetin nihai sonucu genellikle karakteristik bir mahsul-yabani birliğinin gelişmesiyle sonuçlanır. Mahsul bitkileri ve yabani otlar, yabani otları kontrol etmek için uygun hiçbir herbisit bulunmadığı mahsullerde sıklıkla bulunan karşılıklı baskılama durumunda büyüyebilir ve olgunlaşabilir. Yabani ot mahsulü baskılar ve verimin düşmesine neden olur. Mahsul ayrıca, sıra mahsul kültürlerinde sıklıkla bulunan bir durum olan yabani otları da bastırır. Bu, hem kültürel hem de herbisit yöntemlerinin etkili kontrol sağladığı bir mahsul habitatında mantıklı bir sıralamadır. Bitki rekabetinin bir ilkesi, bir alanı işgal eden ilk bitkilerin geç kalanlara göre bir avantaja sahip olmasıdır. Bu ilke, kırpma uygulamalarının her zaman mahsulün yabani otlardan önce kurulmasına yönelik olduğu pratik yabani ot kontrolünde en önemli husustur. Herbisit keşfinden sonra, morfolojiye dayalı sınıflandırma, geniş yapraklı yabani otları kontrol ettiği için güçlü bir kabul görmüştür. Morfolojik sınıflandırma, yabancı ot kontrolünde en önemli ve yararlıdır. Bitkinin morfolojik karakterleri, herbisidal absorpsiyon, alıkonma ve translokasyona yakından tepki verir.

Aynı gruba ait olan yabani otların, belirli herbisitlere veya kültürel veya mekanik yöntemlere karşı aynı türden tepki vermesi muhtemeldir. Bu, yabani ot bilim adamları tarafından en yaygın kullanılan sınıflandırmadır. Bu nedenle, yabani otlar genellikle üç gruba ayrılır.

- Çimenler
- Sazlar
- Geniş yapraklı yabani otlar (ABD Çevre koruma ajansı, 2017).

Bugün dünyamızda, kimyasal pestisitlerin sorunsuz olmadığı anlaşılmıştır, bu nedenle bilim adamları, olası tüm haşere kontrol yöntemlerini bir araya getiren entegre haşere yönetimi üzerinde çalışmaktadır (Ergüven, 2017).

Endüstriyel tarım sistemimiz büyük ölçüde yabani otları kontrol eden, böcekleri öldüren ve mantarları yok eden pestisitlere dayanmaktadır (Atwood ve ark., 2017). Pestisit kullanımının temel amacının tarımsal üretimdeki verimi arttırmaya yönelik olmasının yanında tarım endüstrisinde sahip olduğu payının artışı da bu maddelerin gereğinden fazla

kullanımını mecbur kılmıştır (Oliveira-Silva ve ark., 2001). Bu maddelerin faydalarına ilave olarak toksik etkileri aynı zamanda çevresel risk taşırlar (Golfinopoulos ve ark., 2003).

Endüstriyel tarım iki tür kimyasala dayanmaktadır: gübreler ve böcek ilaçları. İlki, toprak verimliliğini artırarak mahsulleri daha verimli hale getirirken, ikincisi yabancı otları (herbisitler), böcek ve hayvan istilasını (böcek öldürücüler ve kemirgen öldürücüler) ve mantar/küf hastalıklarını (mantar öldürücüler) kontrol ederek mahsulleri korumaktadır (ABD Çevre Koruma Ajansı (EPA), 2017). Pestisitler, hedeflerine ve amaçlarına bağlı olarak çeşitlilik göstermektedir.

Pestisit, zararlıları caydıran, etkisiz hale getiren veya öldüren herhangi bir madde veya madde karışımı (kimyasal veya biyolojik) olarak tanımlanır (Kaur, 2019).

Pestisitler genellikle mahsullere, hayvanlara zarar verebilecek ve çiftlik verimliliğini azaltabilecek çeşitli tarımsal zararlıların büyümesini engellemek veya ortadan kaldırmak için kullanılır. Her biri belirli zararlılara karşı etkili olması ve kayıpları en aza indirmesi amaçlanan birçok farklı pestisit türü vardır. Bu tarımsal pestisitler, yaygın kullanımlarının ve çiftçi dostu olmalarının yanı sıra, ekosistemde bir dengesizlik yaratır ve buna ek olarak, pestisitlerin çoğunun geniş spektrumlu olması, insanlar dahil diğer organizmaları doğrudan veya dolaylı olarak etkilemesine neden olur (Kumar ve ark, 2013).

1.1. Pestisit

Pestisitler için Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) tarafından yapılan tanım şu şekildedir; “insan veya hayvanlarda oluşabilecek hastalıkları taşıyıcı; gıdaların, tarımsal ürünlerin, ahşap ve ahşap ürünlerinin veya hayvan yemlerinin üretimi, işlenmesi, taşınması, depolanması ve/veya pazarlanması sırasında bu uygulamaları olumsuz etkileyecek her türlü zararlının önlenmesi, yok edilmesi veya kontrol altına alınması amacıyla veya hayvanlar üzerinde veya vücutlarında bulunabilecek zararlıların kontrol altına alınması amacıyla kullanılan maddelerdir (Altıkat ve ark., 2009).

1.1.1. Pestisitlerin sınıflandırılması

Pestisitleri zirai faaliyetlerde istenmeyen canlılarla mücadele ve zirai ürünleri koruma maksadı ile çeşitli şekillerde sınıflandırabiliriz.

- **Kullanıldıkları zararlı grubuna göre**

- insektisit : böcek öldürücü
- fungusit : mantar öldürücü
- herbisit : yabancı ot öldürücü
- akarisit : örümcek öldürücü
- bakterisit : bakteri öldürücü
- afisit : yaprak biti öldürücü
- rodentisit : kemirici öldürücü
- nematisit : nematod öldürücü
- molluskisit : salyangoz öldürücü
- algisit : algleri öldürmek öldürücü
- fungustatik : mantar faaliyetlerini durdurmak
- avenisit : kuşları öldürmek veya kaçırmak
- repellent : böcek ve tavşan gibi zarar veren hayvanları kaçırmak
- aktraktan :zararlı hayvanları kendine çekmek (Worting ve ark., 1991 , Dindar

ve ark., 2010).

- **Formülasyon şekillerine göre**

- Toz ilaçlar (Dust) ,
- Islanabilir toz ilaçlar (WP) ,
- Emülsiyon konsantre ilaçlar (E.C veya E.M.),
- Solüsyon konsantre ilaçlar (SC),
- Suda çözünebilir toz ilaçlar (SP)
- Yazlık ve kışlık yağlar
- Granüller (G)
- Peletler
- Tabletler
- Toz tohum ilaçları
- Sıvı tohum ilaçları
- Aerosoller
- Zehirli yemler

- Kapsül şekli verilmiş formülasyonlar
- Akıcı konsantreler (FC)
- Kuru akışkanlar (Worting ve ark., 1991 , Dindar ve ark., 2010).

- **Zararlıının biyolojik dönemine göre**

- Larvalar, yumurtalar, hem larva hem yumurta üzerine etkili olanlar ve ergin bireyleri öldürenler (Worting ve ark., 1991 , Dindar ve ark., 2010).

- **Kontrol ettiği zararlı canlıların bulundukları yere göre**

- Zirai ilaçlar, kültür bitkilerindeki, orman gibi ahşap ürünlerin korunması için, depodaki ürüne zarar vericilere karşı, ev böceklerine karşı, karasinek ve sivrisinek gibi hastalık yayıcılara karşı, hayvan ve insanlardaki dış parazitlere karşı kullanımlarına göre sınıflandırılırlar (Worting ve ark., 1991 , Dindar ve ark., 2010).

- **İçerdikleri etkili maddenin yapısına göre**

- Organik klorlu bileşikler

- *Diklordifenil triklor etan (DDT)

- *Benzen heksaklorür (BHC)

- *Siklodien grubu bileşikler: Chlordane, Heptachlor, Aldrin, Dieldrin, İsoodrin, Endrin, Endosülfan ve Toxaphene bu gruba dahil pestisitlerdir.

- Organik fosforlu bileşikler

- Karbamatlar

- Sentetik pyrethroidler (Worting ve ark., 1991).

Pestisitler eşit sınıflandırılmamıştır. Bazıları çok çeşitli hedef olmayan türlere zarar verebilmekte ve bazı uygulama yöntemlerinin hedeften sapma potansiyeli yüksek olabilmektedir. Bu, pestisitlerin yalnızca amaçlanan hedefleri yerine daha geniş ekosisteme zarar verebileceği anlamına gelmektedir. Yani biyolojik çeşitlilik ve çevre sağlığı için gerçek bir risk oluşturmaktadır.

1.1.2. Pestisit kullanımı tarihi

Pestisit kullanımının kısa tarihine bakıldığında: Pestisitler modern bir buluş değildir. Eski Sümerler, bitkileri böceklerden korumak için elementel kükürt kullanılmıştır ve ortaçağ çiftçileri ve bilim adamları arsenik gibi kimyasallarla deneyler yapmışlardır. 19. yy araştırmaları, Kasımpatı çiçeği de dahil olmak üzere bitkilerden yapılan bileşiklere odaklanılmıştır. 1939'da, daha çok DDT (diklorodifeniltrikloroetan) olarak bilinen diklorodifeniltrikloroetan'ın hem tarımsal hem de hastalık taşıyan böceklere karşı son derece etkili olduğu keşfedilmiştir. Hızla dünyada en yaygın kullanılan böcek ilacı haline gelmiştir. 20 yıl sonra, Rachel Carson'ın *Silent Spring*'inden kısa bir süre sonra DDT'nin çevre üzerindeki yıkıcı etkilerine ışık tutması, insan ve hayvan sağlığı üzerindeki etkisine ilişkin ciddi endişeler ABD'yi ve 80 ülkenin daha kullanımını yasaklamasına neden olmuştur (EPA, 1975).

Pestisitlerin aşırı kullanımının zararlı çevresel etkilerini belgeleyen 1962 tarihli *Silent Spring* kitabının yayınlanmasının ardından çıkan isyan, DDT'nin ABD'de yasaklanmasıyla sonuçlanmıştır ve pestisitlerin daha geniş çevreyi nasıl etkileyebileceği konusunda bir farkındalık yaratmıştır. Ekinlere püskürtülen pestisitler, ölü bitki materyali üzerinde toprağa yerleşen ve su yollarına akabilen veya yeraltı suyuna sızabilen bir kalıntı bırakmaktadır (Battaglin ve ark., 2014).

Öte yandan, birçok mahsul çiftçisi için düzenli pestisit kullanımı, tohum ekmek kadar çiftçiliğin bir parçası haline gelmiştir. Kimyasala dayanacak şekilde genetik olarak tasarlanmış bir buğday ya da ayçekirdeği tarlasına KELT WG85 vermek, buğdayı ya da ayçekirdeğini etkilemeden yabancı otları öldürebilmektedir. Yüzlerce veya binlerce dönümlük arazilerdeki yabancı otları mekanik ya da beden gücüyle ayıklamakla karşılaştırıldığında, böcek ilacı kullanmak oldukça avantajlı olmaktadır.

1.1.3. Pestisit kullanımının zararları

Yabancı ot öldürücü uygulamaları, sürdürebilir tarımın gerçekleştiği alanlarda insanların ihtiyacı olan zirai bitkilerde, verimin azalmasına sebep olan yabancı otlara karşı yapılan mücadele yöntemleridir. Bu mücadelede kullanılan kimyasal maddelere 'Herbisit' adı verilir. Kısaca bu yabancı ot öldürücüler, kültür bitkileri içerisinde ekonomik anlamda verim kaybına neden olan bitkilerin ve bu istenmeyen yerde yetişen yabancı otların zarar

görmesi ve öldürülmesi için tatbik edilirler. Zirai faaliyetlerde en çok tercih edilen pestisit grubuna giren herbisitler, yabancı otlardan meydana gelen zararları minimize veya yok etmek için seçicidirler. İçerdikleri kimyasal bileşiklerden dolayı bazı herbisitler bazı yabancı otlarda yüksek seviyede zarar meydana getirirken bazılarında düşük derecede zararlar oluşturabilirler (Torun, 2011).

Herbisitler, yabancı otları önlemek veya ortadan kaldırmak için kullanılan bir pestisit sınıfıdır. Herbisitler genel olarak iki tip, temaslı ve sistemik herbisitler olarak sınıflandırılabilir. Temaslı herbisitler sadece öldürür, sistemik herbisitler ise kökler veya yapraklar tarafından emilir ve bitki boyunca yer değiştirir (Kaur, 2019).

Pestisitlerin gelişigüzel kullanımı, çevresel kalitenin bozulmasına katkıda bulunmakla birlikte, bu ürünlere mesleki maruziyeti artırmakta ve kırsal alanlarda ciddi bir halk sağlığı sorunu ortaya çıkarmaktadır. İşçilerin eğitim düzeyi gibi sosyal ve ekonomik faktörler bu durumu güçlü bir şekilde etkilemektedir. Bu nedenle bazı sosyo-ekonomik göstergelerin ve pestisit kullanım uygulamalarının kırsal alanlar için insan üzerine etkisi değerlendirilmelidir. Araştırmalar sosyo-ekonomik ve pestisit kullanım faktörleri ile karşılaştırıldığında zehirlenmeler eğitim düzeyinin önemi ortaya koymaktadır (Oliveira-Silva ve ark., 2001). Çiftçilerin çoğunun pestisit kullandığını, ilaçlama yaparken talimatlara uymadığını ve pestisit kullanırken bazı güvensiz uygulamalar yapılmaktadır. Bu nedenle, çiftçilerin pestisit kullanımıyla ilişkili riskler ve bu tür risklerin nasıl önleneceği konusunda eğitilmesi zorunludur (Okafoagu ve ark., 2017).

Dünyadaki toplam 200.000 civarındaki bitki türünün yaklaşık 250 tanesi uluslararası düzeyde ciddi sorun olan yabancı otlardır (Radosevich ve Holt, 1984).

Belirli bir herbisit ne zaman, nerede ve nasıl en etkili şekilde kullanılabileceğini birçok faktör belirler. Herbisitleri sınıflandırmanın yaygın bir yöntemi, etki biçimlerine ve hedef bölgeye göre (Kaur, 2019).

Pestisitlerin geniş bir sınıfını oluşturan herbisitler, son yıllarda sürdürülebilir tarım alanlarında kullanılan en fazla zirai amaçlı kimyasal ilaçlardır ve etkili madde miktarına göre tüm pestisitlerin % 37' lik bir bölümünü kapsamaktadır (Kiely ve ark., 2004).

Bu olumsuz etkilerin temel sebebi ise herbisitlerin fıskiye tarzında püskürtülmesi sırasında etki göstermesi istenen hedefin kaçırılması, yanlış uygulama yöntemi ve ekipmanların tercihi, uygulama öncesi kullanılacak olan teçhizatın kalibrasyonlarının yapılmaması, hedef alınan etki mekanizmasından farklı herbisitlerin seçimi, herbisitlerin

önerilen zirai ilaçlama döneminde uygulanmaması ve uygulama sırasında çevresel koşulların uygunsuzluğu şeklinde gösterilebilir (Torun, 2011).

Caverzan ve ark. 2019' da, aktif herbisit hedef bölgeye ulaşması ve engellenmesinden sonra, bitki savunma sistemlerinin bozulmalara karşı sinyal vermesiyle bir dizi stres olayının başlatıldığını bildirmektedir.

Bitkilerde herbisit uygulamasının neden olduğu bozulmaların çoğu ROS (serbest oksijen radikalleri) üretimi ile ilgilidir (Kaur,2019).

1.1.4. Yabani otlar ve herbisit kullanımı

Yabani otlar, evcilleştirildiklerinden beri ekin bitkilerine sürekli olarak müdahale ederek, yabancı ot kontrol önlemlerinin uygulanmasını gerektiren hastalık ve zararlılara kıyasla daha fazla verim kaybına yol açmıştır. Yabani otların kontrolü, hızla artan insan nüfusu için yeterli gıdanın mevcudiyetini sağlamak için çok önemlidir. Entegre yabancı ot yönetimi (IWM) uygulamaları ile birlikte kimyasal yabancı ot kontrolü (herbisitler), yabancı ot yönetimi programlarının en etkili ve güvenilir yöntemi olabilir. Yabani ot kontrol uygulamaları için herbisitlerin uygulanması, herbisite dayanıklı (HR) mahsullerin acilen geliştirilmesini gerektirmektedir (Hussain ve ark., 2021).

Dünya çapındaki insan nüfusunun 2050 yılına kadar 10 milyara kadar artması bekleniyor ve bu da artan nüfusun beslenme ihtiyaçlarını karşılamak için mevcut tarım üzerinde %25-70 daha fazla gıda üretimi sağlamak için muazzam bir baskı oluşturuyor (Ganie ve ark., 2020; Hickey ve ark., 2019). İnsan gıda gereksinimlerini karşılamak için küresel gıda üretimi %70'ten %100'e çıkarılması gerekmektedir.

Yabani otlar, her yıl ekin alanlarını istila eden, tüm ürün zararlılarının oldukça yaygın bir grubudur. Her ürün sisteminde, yabancı otlar su, alan, besin maddeleri ve güneş ışığı için rekabet eden ve mahsul üretimini olumsuz etkileyen çok boyutlu problemler sunar (Adetunji ve ark., 2019). Hepsi arasında en şiddetli etki, nihai ürünün nitelik ve nicelik kaybıdır (Matloob ve ark., 2019). Yabani otlar sadece ekin bitkilerini enfekte eden patojenleri ve böcekleri barındırmakla kalmaz, aynı zamanda doğal yaşam alanlarına da zarar vererek sonunda yerli hayvanları ve bitkileri tehdit eder (Chauhan, 2020).

Doğrudan ve dolaylı kayıpların yanı sıra girdi kullanım verimliliğini de düşürmekte, yüksek verimli arazilerin kaybına neden olmakta ve ekim maliyetlerini artırmaktadır (Bahadur ve ark., 2015).

Esas olarak, yabancı otların büyümesinde 1 kilogramlık bir artış, mahsulün büyümesinde 1 kilogramlık bir azalmaya karşılık gelmektedir (Abouziena ve ark., 2016). Bu nedenle, eski çağlardan beri yabancı otlar ciddi bitki zararlıları olarak kabul edilmiştir (Jabran ve ark., 2015).

Tarımda yabancı ot sorunlarının başlangıcında, yabancı otları yönetmek için toprağı işlemek için fiziksel ve elle ayıklama araçları benimsenmiştir. Daha sonra biyolojik ve kültürel yaklaşımlar gibi diğer bazı yöntemler tanıtıldı. Bu yaklaşımlar, mahsul verimliliğini artırmaya ve yabancı ot istilasını düşük tutmaya yardımcı olsa da, bu yöntemlerin, yabancı otların tutarsız kontrolünün yanı sıra azalan kullanılabilirlik ve artan işçilik maliyeti gibi belirli sınırlamaları vardır (Jabran ve ark., 2015; Del Rey ve ark., 2013). Bu yöntemler her zaman etkili değildir, dayanıklılıktan yoksundur ve pahalı olabilir (Bond ve ark., 2001).

Modern tarım sistemlerinde, yabancı otların yönetimi, bol ürün verimi sağlamak için önemlidir ve asıl amacı, maliyeti en aza indirirken maksimum verimi elde etmektir (Guo ve ark., 2021). Bu nedenle, önceki yöntemlerin yetersiz yabancı ot kontrol kabiliyeti nedeniyle, herbisit uygulaması tarımda yabancı ot yönetim programlarının önemli bir parçası haline geldi. Herbisit teknolojisi, etkili ve nispeten ucuz bir yabancı ot kontrolü aracı sağlar, ağır mali yükü önemli ölçüde azaltır ve benimsendiği zamandan bu yana ortalama verimi artırmaya katkıda bulunur (Andrew ve ark., 2015). Şu anda, herbisitler, tarımsal ürünler için birincil yabancı ot kontrol stratejisi olarak geniş çapta uygulanmaktadır (Duke, 2015).

Herbisitler sadece yabancı otlara zarar vermekle kalmaz, aynı zamanda mahsul bitkilerini de etkiler (Zhang ve ark., 2019). Bu nedenle, mahsul çeşitlerinde herbisit direncinin (HR) geliştirilmesine ve diğer önemli tarımsal özelliklerin iyileştirilmesine ihtiyaç vardır, bu da mahsul üretimini arttırabilir ve çiftçilerin yabancı otları yönetmesine yardımcı olabilir.

Kimyasal yabancı ot kontrolü şu anda modern tarım sistemlerinde en verimli, güvenilir ve yaygın olarak kullanılan yabancı ot yönetimi yöntemidir (Guo ve ark., 2020 ; Ahmadi ve ark., 2016). Şu anda, herbisitler, küresel olarak kullanılan pestisitlerin yaklaşık %60'ını oluşturmaktadır ve mahsul sistemlerinin çoğu, yabancı otları kontrol etmek için ağırlıklı olarak sentetik herbisitlere dayanmaktadır (Dayan, 2019). Günümüzde, araştırma çabaları ve finansman, biyolojik kontrol, herbisit uygulaması, otlatma ve nadas gibi tamamlayıcı yabancı ot kontrol yöntemlerinin uygulanmasını içeren yabancı otların kontrolüne yönelik bütünsel bir yaklaşım olan entegre yabancı ot yönetimine (IWM) yönlendirilmiştir.

1.1.5. Küresel ölçekte herbisit kullanımı

Herbisitler yabancı otları yok etmek için kullanılır ve küresel pestisit satışlarının %47,6'sını oluşturan en büyük ürün türüdür (Vats 2015), ardından %29,4 böcek ilacı, %17,5 mantar ilacı ve %5,5 diğerleri. Wenjun Zhang 2018'e göre, Global böcek öldürücüler, herbisitler ve mantar öldürücüler ve bakteri öldürücüler kullanımı ve maliyet/fayda 2007'den beri zamanla azaldı. Küresel pestisit kullanımının lineer regresyonlarına ve projeksiyonuna göre, herbisitlerin aktif bileşenlerinin tonlarının 2014 yılına kadar arttığını gösteriyor (Kaur, 2019).

1.1.6. Herbisitlerin hedef olmayan türler ve çevre üzerine etkisi

Herbisitler, tarımda uygulanan tüm pestisitlerin %60'ından fazlasını oluşturan en yaygın kullanılan pestisit sınıfıdır (Kniss, 2017). Artan sayıda epidemiyolojik çalışma, mevcut maruz kalma düzeylerinin kronik hastalıklar, kanserler, nörolojik bozukluklar, doğum kusurları ve üreme bozuklukları dahil olmak üzere insan sağlığına yönelik risklerle ilişkili olduğunu ileri sürmektedir. Pestisitler moleküler, hücresel veya doku düzeyinde çeşitli biyokimyasal değişikliklerle birlikte olumsuz fizyolojik veya biyolojik etkiler üretebilir. McCauley ve ark. 2006, pestisit etkilerini değerlendirmek için kullanılan en yaygın biyobelirteçlerin DNA ve RNA hasarı, gen ekspresyonunun modülasyonu ve oksidatif stres ile ilgili olduğunu belirtmektedir. Benbrook, 2016 tarafından yapılan bir araştırma, glifosatın ekinlere yaygın şekilde uygulanmasının, ABD'de ve dünya çapında toleranslı ve dirençli yabancı otların yayılmasını teşvik ettiğini ve bunun da daha yüksek konsantrasyonlarda daha sık uygulamalara ihtiyaç yarattığını bildirmektedir (Kaur, 2019).

1.2. Biyoremediasyon

İnsan faaliyetleri çok çeşitli yan ürünler üretir. Tarım, madencilik, imalat ve diğer endüstriyel süreçler, organik ve inorganik kalıntı bileşiklerini geride bırakırlar. Bazıları inert ve zararsızdır, ancak çoğu toksiktir ve çevreye, özellikle de toprak ve yeraltı suyuna son derece zararlıdır. Biyoremediasyon teknolojisi, kirlenmiş toprak ve suyun geri kazanılması için paha biçilmezdir. En basit ifadeyle, biyoremediasyon, kontamine alanlardan zararlı

kirleticileri nötralize etmek veya uzaklaştırmak için canlı organizmaları kullanan bir atık yönetim sürecidir (ABD Çevre Koruma Ajansı, 2017) .

Biyoremediasyon, pestisit kontrolü için en yararlı yöntemlerden biridir. Biyoremediasyon, pestisitlerin tedavisinde bakteri ve mantarların kullanımını içeren uygun maliyetli ve etkili bir yöntemdir. Bununla birlikte, biyoremediasyonun etkinlik testi için zayıf mikrobiyal kapasiteler, mekansal ve zamansal ölçeklerde pestisitlerin daha az biyoyararlanımı gibi biyoremediasyon tekniklerinin kullanılmasında haşere kontrolü için bazı sınırlamalar vardır (Megharaj ve ark., 2011).

Kirlenmiş bir sahadaki tehlikeli atıkların konsantrasyonunu azaltmak veya yok etmek için mikroorganizmaların kullanılmasına biyoremediasyon denir. Böyle bir biyolojik arıtma sistemi, su, toprak, çamur ve atık akışları gibi kirlenmiş alanların temizlenmesi dahil olmak üzere çeşitli uygulamalara sahiptir (Boopathy, 2000).

Biyoremediasyon, kirlenmiş yeraltı sularını ve kirlenmiş toprağı iyileştirmek veya iyileştirmek için doğal biyolojik eylemleri güçlendiren bir çevre bilimidir. Biyoremediasyon teknikleri, arıtılmamış toksik maddeleri uzaklaştırmak ve bunları başka bir yere atmak için pahalı çevresel iyileştirme ekipmanı kullanmak yerine, temizleme işini yapmak için biyolojik mikropları kullanır (Korkmaz ve ark., 2021).

Biyoremediasyon, mikroorganizmalar (genellikle bakteri veya mantarlar) yardımıyla pestisitlerin zararlı maddelerini toksik olmayan ya da daha az toksik bileşiklere dönüştüren bir proses olmakla beraber, kimyasal sıvıların ve tehlikeli atıkların arıtılması için de son yıllarda sıklıkla kullanılan yöntemlerden biridir (Alexander, 1999).

Bakteriler bu faaliyetler sırasında zararlı atıkları, zararsız yan ürünlere dönüştürdükten sonra ya ölürler ya da sayıları normal populasyon düzeyine gelir. Böylelikle de ekolojik denge korunmuş olur. Bunlara ilave olarak toprakta bulunan mikroorganizmaların tespiti ile toprak rehabilitasyonu için en uygun kompozisyon meyfana getirilmektedir (Ceyhan ve ark., 2012).

Biyoremediasyon yöntemleri birçok kimyasal ve fiziksel arıtım yöntemleri gibi diğer geleneksel metotlardan daha ucuzdur. ABD Çevre Koruma Kurumunun (EPA) araştırmalarına göre, zararlı maddelerle kirlenmiş alanlarda, geleneksel yöntemlere göre 10 kat daha ekonomik olduğundan biyoremediasyon kullanımı tavsiye edilmiştir (Dindar ve ark., 2010).

Dünyadaki yaşam kalitesi, ayrılmaz bir şekilde çevrenin genel kalitesiyle bağlantılıdır. İlk zamanlarda sınırsız toprak ve kaynak bolluğumuz olduğuna inanılırdı;

Ancak bugün dünyadaki kaynaklar, bizim onları kullanma konusundaki dikkatsizliğimizi ve ihmalimizi az çok göstermektedir. Kirlenmiş arazilerle ilgili problemler artık birçok ülkede artan bir önem kazanıyor. Kirlenmiş araziler genellikle, tehlikeli maddelerin üretimi, kullanımı ve bertarafı ile bağlantılı sağlık ve çevresel etkilere ilişkin farkındalığın günümüze göre daha az iyi bilindiği geçmişteki endüstriyel faaliyetlerden kaynaklanmaktadır. Sorun dünya çapındadır ve kontamine alanların tahmini sayısı önemlidir (Cairney, 1993).

Biyoremediasyon/biyobozunma yöntemleri, kirleticileri uzaklaştırmak için esas olarak mikroorganizmanın bozunma etkisini kullanıyordu. Güvenli, düşük maliyetli ve hızlı avantajları olduğu için çevre dostu alternatif teknoloji olarak adlandırılmaktadır (Brian ve ark., 2002). Çevresel zorluklarla başa çıkmak için verimli, düşük maliyetli ve güvenli çevresel atık arıtma teknolojilerine ihtiyaç vardır (Kelly ve Zhen 2014). Bunun için, yüksek performanslı arıtma verimliliklerini başarmak için pestisitler gibi her tür organik atık için uyarlanmış biyomühendislik teknolojileri gereklidir.

1989'da Exxon Valdez'in petrol sızıntısından sonra Prince Williams Sound'un Alaska kıyı şeridinin tedavisi, biyoremediasyon yöntemlerinin kamuoyunun dikkatini çektiği yaygın bir örnektir. Biyoremediasyonun kimyasal döküntüleri temizlemede, sızdıran yeraltı benzin depolama tanklarında ve birçok toksik endüstriyel atıkta çok sayıda başka başarı öyküsü vardır. Bu makale, biyoremediasyon teknolojilerinin kullanımını sınırlayan bilimsel, bilimsel olmayan ve düzenleyici faktörler dahil olmak üzere çeşitli faktörleri özetlemektedir (Boopathy, 2000).

Biyoremediasyon en sürdürülebilir ve en ekonomik seçenektir (Shah ve ark., 2020). Ayrıca biyoremediasyon, atıksuların geleneksel arıtma proseslerine kıyasla ekonomik ve sürdürülebilir bir şekilde arıtılabilmesi için uygulanabilir bir alternatif teknoloji sonucuna varılmaktadır (Chalivendra, 2014).

Kısaca biyoremediasyon, kirleticilerin metabolik süreçlerle parçalanması için canlı mikroorganizmaların ve bitkinin kullanılmasından oluşan su, toprak veya çamurun dekontaminasyonunda kullanılan bir tekniktir. Atık su, su kaynağının sınırlı mevcudiyeti nedeniyle, ancak aynı zamanda atık su, mahsuller için besin sağladığı ve bazı tarım bölgeleri için üretim maliyetini azalttığı için tarımda sıklıkla kullanılmaktadır. Bununla birlikte, tarımda bir sulama kaynağı olarak yeniden kullanımı, öncelikle biyoremediasyon tekniklerinin kullanımını içermelidir (Mora-Ravelo ve ark., 2017).

1.2.1. Biyoremediasyonun avantajları

Çevre Dostu: Özünde, biyoremediasyon zararlı çevresel etkileri ortadan kaldırmanın bir yoludur. Bu durum, bireysel insan sağlığına ve ayrıca genel çevre ekosistemlerine fayda sağlar. Biyoremediasyon, su kaynaklarını temizlemeye, daha sağlıklı toprak oluşturmaya ve dünya çapında hava kalitesini iyileştirmeye yardımcı olur. Ancak yıkıcı olabilen kazı tabanlı iyileştirme süreçlerinden farklı olarak, biyoremediasyon daha az müdahalecidir ve hassas ekosistemlere zarar vermeden çevresel etkilerin iyileştirilmesini kolaylaştırabilir (Shah ve ark., 2020, Chalivendra, 2014).

Uygun Maliyetli: İyileştirilmesi gereken bir alandan sorumluysanız, çevresel müdahalelerin ucuza gelmediğini bilirsiniz. Neyse ki, biyoremediasyon oldukça uygun maliyetli bir teknoloji olabilir. Tipik olarak, biyoremediasyon kullanılarak tehlikeli bir atık sahasının arıtılmasının maliyeti, geleneksel arıtma yöntemlerini kullanmanın maliyetinden oldukça düşüktür (Shah ve ark., 2020, Chalivendra, 2014).

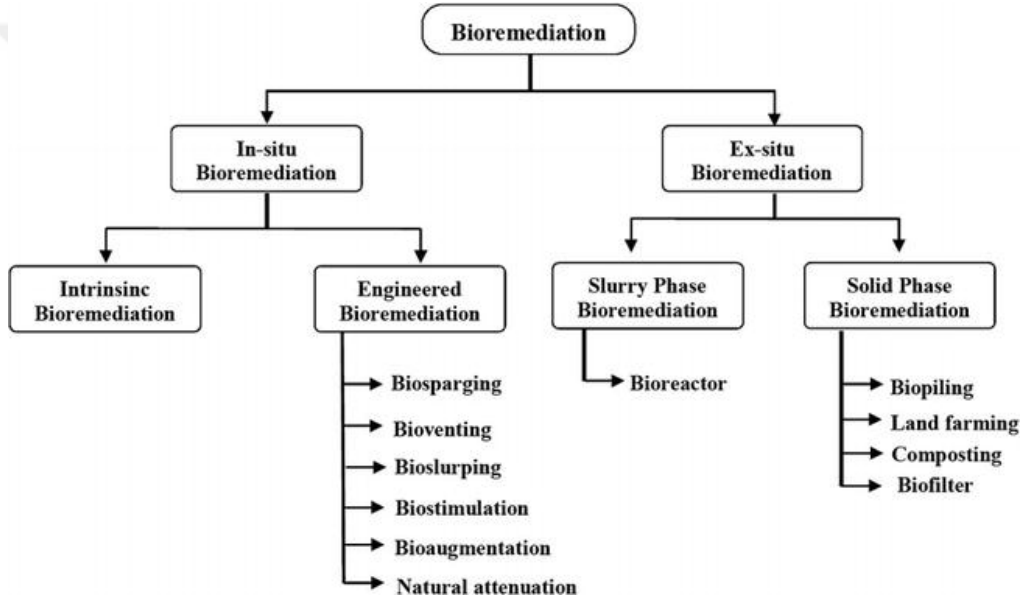
Ölçeklenebilir: Biyoremediasyon teknolojisi, küçük çöplüklerden büyük su arıtma tesislerine kadar çeşitli alanları tedavi ederek kolayca ölçeklenebilir. Örneğin, kanalizasyon arıtma tesisleri, yalnızca Amerika Birleşik Devletleri'nde her gün toplanan ve arıtılan yaklaşık 34 milyar galon atık su ile dünyanın en büyük biyoremediasyon kuruluşudur. Bu girişimin büyük ölçeği, biyoremediasyonun gerçekte ne kadar esnek olduğunu doğrulamaktadır (Chalivendra, 2014).

1.2.2. Biyoremediasyonun Dezavantajları

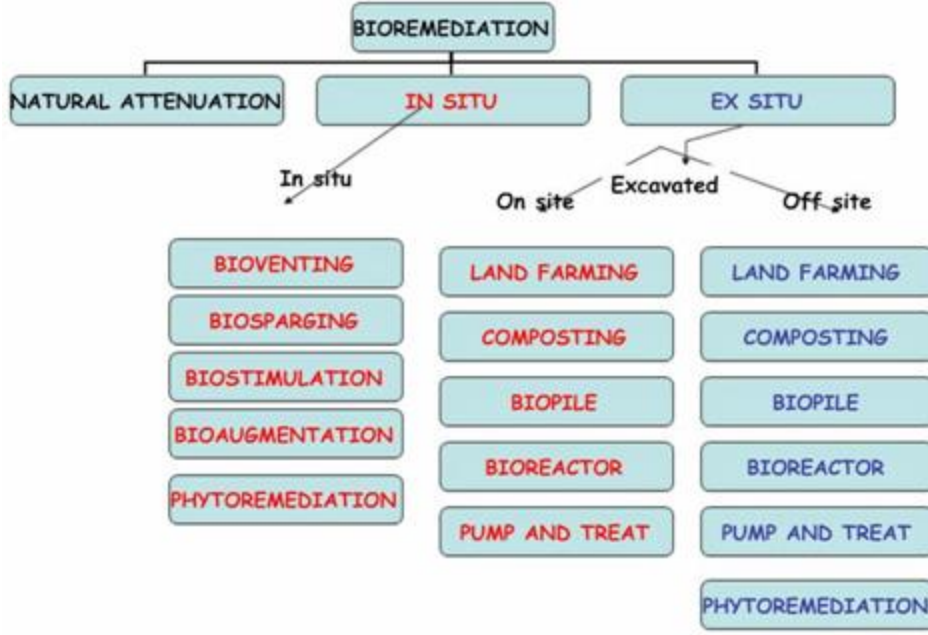
Biyoremediasyon teknolojisinin ana dezavantajı, biyolojik olarak parçalanabilen bileşiklerle sınırlı olmasıdır. Ayrıca araştırmacılar, bazen biyolojik bozunmadan sonra geliştirilen yeni ürünün çevre için ilk bileşikten daha toksik olabileceğini ortaya çıkardılar. Son olarak, süreç, özellikle kazı ve pompalama gerektiren ex-situ biyoremediasyon için zaman alıcıdır. (Ali ve ark., 2020)

1.2.3. Biyoremediasyon teknikleri

Yüzeysel olarak, biyoremediasyon teknikleri ex-situ ve in-situ uygulama yerinde gerçekleştirilebilir. Biyoremediasyon için yaklaşımları Şekil 1.1’ de sunulmuştur. Kirleticisi yapısı, kirliliğin derinliği ve miktarı, çevrenin türü, konumu, maliyeti ve çevre politikaları, herhangi bir biyoremediasyon tekniğinin seçiminde dikkate alınan seçim standartlarıdır. Oksijen ve besin konsantrasyonları, sıcaklık, pH ve biyoremediasyon işlemlerinin başarısını belirleyen diğer abiyotik faktörlere dayalı performans kriterleridir (Frutoz ve ark., 2012; Smith ve ark., 2015). Şekil 1.2’ de ise biyoremediasyon teknikleri vermiştir.



Şekil 1.1. Çevre temizliği için biyoremediasyon yaklaşımları.



Şekil 1.2. Biyoremediasyon teknikleri

1.2.3.1. Ex-Situ (doğal yeri dışında) temizleme yöntemi

Ex situ biyoremediasyon, atık maddelerin uzaklaştırılmasını ve mikrobiyal bozunmayı kolaylaştırmak için bir yerde toplanmasını içerir. Ex-situ biyoremediasyon teknolojisi, dezavantajların ve sınırlamaların çoğunu içerir. Aynı zamanda katı işleme süreciyle ilişkili maliyetlerden de zarar görür; kazı, eleme ve fraksiyonlama, karıştırma, homojenleştirme ve nihai bertaraf. Arıtma altındaki kontamine materyallerin fazları temelinde ex situ biyoremediasyon ikiye ayrılır: (i) katı fazlı sistem (arazi arıtma ve toprak yığınları dahil), yani kompostlaştırma ve (ii) bulamaç fazlı sistemler (katı- biyoreaktörlerde sıvı süspansiyonlar).

1.2.3.1.1. Katı faz temizleme

Katı faz sistemi, organik atıkları (örneğin yapraklar, hayvan gübreleri ve tarımsal atıklar) ve sorunlu atıkları (örneğin evsel ve endüstriyel atıklar, kanalizasyon çamuru ve belediye katı atıkları) içerir. Geleneksel temizleme uygulaması, organik maddelerin gayri resmi olarak işlenmesini ve toprak ıslahı olarak kullanılabilecek kompostların üretimini içerir.

(i) Kompostlama. Kompostlama, kendi kendine ısınan, substrat yoğun, yönetilen bir mikrobiyal sistem ve büyük miktarda kontamine katı materyalin işlenmesine uygun tek katı fazlı biyolojik arıtma teknolojisidir. Bununla birlikte, birçok tehlikeli bileşik, karmaşık kimyasal yapı, toksisite ve büyümeyi pek desteklemeyen bileşik konsantrasyonu nedeniyle mikrobiyal bozulmaya karşı dirençlidir. Mikrobiyal büyüme ayrıca nem, pH, inorganik besinler ve parçacık boyutundan da etkilenir. Tehlikeli atıkların kompostlanması tipik olarak kontamine substrat-seyrek toprakların biyoremediasyonunu içerdiğinden, mikrobiyal kendi kendine ısınmanın desteklenmesi uygun miktarda takviyenin dahil edilmesini gerektirir. Kompostlama yoluyla kaybolduğu bildirilen tehlikeli bileşikler, alifatik ve aromatik hidrokarbonları ve belirli halojenli bileşikler içerir. Tehlikeli bileşiklerin kaybolmasına yol açan olası yollar arasında buharlaşma, asimilasyon, adsorpsiyon, polimerizasyon ve liç yer alır (Hogan, 1998).

Kompostlama, açık sistemde yani arazi arıtmada ve kapalı sistemde yapılabilir. Açık arazi sistemi ucuz bir arıtma yöntemi olabilir, ancak sıcaklık yazdan kışa dalgalanır. Bu nedenle, atık malzemelerin biyolojik olarak parçalanma hızı azalmaktadır. İkinci olarak, arazi arıtma sistemi substrat miktarına, atık derinliğine, uygulamaya vb. bağlı olarak oksijen sınırlı hale gelebilir. Ancak açık arıtma sisteminin verimi hava geçirilerek arttırılabilir (Şekil 21.2). Bu yaklaşım, mühendislik ürünü zemin yığınları ve zorunlu havalandırma işlemi olarak adlandırılır. Mikrobiyal aktiviteyi sürdürmek için kontrollü hava sağlandığından, açık arazi arıtma sistemine göre kapalı arıtma sistemi tercih edilir. Mikrobiyal büyüme ve tehlikeli bileşiklerin buharlaşması sonucunda iç sıcaklık giderek yükselir. Bu nedenle hava sirkülasyonu için üfleyiciler ve toksik uçucuların uzaklaştırılması için egzoz kullanımı kapalı arıtma sisteminde kurulur. Vantilatörler oksijen sağlar ve suyun buharlaşması yoluyla ısıyı uzaklaştırır.

(ii) Kompostlama Süreci: Kompostlama katı fazlı bir biyolojik arıtma olduğundan, hedef bileşikler ya katı ya da katı matris ile bağlantılı bir sıvı olmalıdır. Tehlikeli bileşikler biyolojik olarak dönüştürülmelidir. Bu amaca ulaşmak için atık materyal, biyolojik arıtma potansiyelini en üst düzeye çıkaracak şekilde uygun şekilde hazırlanmalıdır. Bu, çeşitli fiziksel, kimyasal ve biyolojik faktörlerin ayarlanmasıyla yapılır. Tehlikeli atıkların biyolojik olarak kullanılabilir olmaları için iyi çözündürülmeleri gerekir. Tehlikeli bileşikler ve toprak organik maddeleri, mikroorganizmalar için karbon ve enerji kaynağına hizmet eder. Büyüme fazı sırasında salgılanan mikrobiyal enzimler toksik bileşikler bozar.

Ancak suyun, O₂'nin, inorganik besinlerin ve pH'ın uygun şekilde bakımı bozunma hızını artırır.

Düşük substrat yoğunluğu veya sahaya özgü koşullar varsa, kompostta mikrobiyal büyümeyi ve enzim üretimini uyarabilen analog veya analog olmayan, tehlikesiz karbon kaynakları eklenebilir. Organik değişiklik ayrıca, engelleyici ortamda mikrobiyal popülasyonu stabilize eder. İkinci olarak, yeterli miktarda su bulunması mikrobiyal büyümeyi artırır. İnorganik besinlerin eklenmesi, mikrobiyal büyümeyi ve tehlikeli atıkların bozunma hızını etkiler. Azot sınırlayıcı koşullar altında, *Phanerochaete chrysosporium*, benzopiren ve 2,4,6-trinitrotolueni parçalayan hücre dışı lignin peroksidaz üretir.

5.0-7.8 pH aralığının, tehlikeli atıkların en yüksek bozunma oranlarını desteklediği de kaydedilmiştir. Ancak lignin bozunması en hızlı 3.0-6.5 pH'da bulunmuştur. Bu, optimum pH seviyelerinin türe, sahaya ve atığa özgü olabileceğini gösterir.

Organik materyallerin kademeli kolonizasyonu, yerli mikroflora tarafından yapılır, ancak tehlikeli kimyasallar mikrobiyal büyümeyi engelleyebilir. Bu nedenle, atıkların biyolojik olarak büyütülmesi (yani ticari veya GEM'lerin kullanılması) da tavsiye edilir.

Kompostlama sırasında biyolojik bozunmanın deneysel kanıtını sağlamak için, yaygın bir tehlikeli kirletici pestisit olan 14C etiketli Carbaryl, kanalizasyon çamuru-odun yongası karışımına 1,3 - 2,2 ppm konsantrasyonda eklenmiştir. Laboratuvar kompostlama aparatında 18-20 gün sonra, Carbaryl'in yüzde 1,6 - 4,9'u 14CO₂ olarak geri kazanıldı ve toprak organik maddesine bağlı kaldı.

Kirlenmiş katı maddeler (toprak, bozulmuş tortular, vb.), mikroorganizmalar ve bulamaç halinde formüle edilen su, bir biyoreaktör, yani fermenter içine getirilir. Bu nedenle, bulamaç fazlı arıtma, üç ana bileşeni içeren üç fazlı bir sistemdir: su, asılı partikül madde ve hava. Burada su, besinlerin, eser elementlerin, pH ayarlama kimyasallarının ve desorbe edilmiş kirleticilerin çözülmesi için bir süspansiyon ortamı görevi görür.

Askıda kalan partikül madde, kirletici maddelerden (toprak partikülleri) ve toprak matrisine bağlı veya süspansiyon ortamında serbest biyokütleden oluşan biyolojik olarak atıl bir alt tabakayı içerir. Hava, bakteri üremesi için oksijen sağlar. Bulamaç fazlı reaktörler, biyoremediasyonda yeni tasarımıdır. Biyoreaktör tasarımının amaçları, (i) substrat, besin maddeleri ve oksijen mevcudiyeti gibi toprak ortamındaki mikrobiyal büyümeyi sınırlayan faktörleri hafifletmek, (ii) nem, pH, sıcaklık gibi bakteri üremesi için uygun çevresel koşulları teşvik etmek ve (iii) en aza indirmektir. kütle transferi sınırlamaları ve organik

materyalin toprak matrisinden desorpsiyonunu kolaylaştırır (Christodoulτος ve Kotsospyros, 1998).

Biyolojik olarak üç tip bulamaç fazlı biyoreaktör vardır: havalandırılmalı lagünler, düşük kesmeli hava kaldırma reaktörü ve akışkan yataklı toprak reaktörü. İlk iki tür, tam ölçekli biyoremediasyon kullanımındayken, üçüncüsü gelişim aşamasındadır.

1.2.3.1.2. Bulamaç-faz biyodegradasyonu etkileyen faktörler

Bulamaç fazlı biyolojik bozunmayı etkileyen faktörler şunlardır:

- pH (optimum 5.5-8.5),
- Nemli içerik,
- Sıcaklık (20-30°C), oksijen (aerobik metabolizma tercih edilir),
- Yaşlanma
- Karıştırma (mekanik ve hava karıştırma),
- Besinler (N, P ve mikro besinler),
- Mikrobiyal popülasyon (doğal olarak oluşan mikroorganizmalar tatmin edicidir, katman bileşimi için genetik olarak tasarlanmış mikroorganizmalar eklenebilir) ve
- Reaktör işletimi (parti ve sürekli kültürler).

1.2.3.2. In-Situ (yerinde) temizleme yöntemi

Yerinde biyoremediasyon, çevrede bulunan tehlikeli bileşikleri temizlemek için biyolojik bir arıtmanın uygulanmasıdır. Organik kirleticilerin mikrobiyal dönüşümlerinin optimizasyonu ve kontrolü, birçok bilimsel ve mühendislik disiplininin entegrasyonunu gerektirir. Yerinde biyoremediasyon uygulamalarından bazıları aşağıda tartışılmıştır.

Biosparging: Bu, yeraltı suyu oksijen konsantrasyonlarını arttırmak ve kirleticilerin doğal olarak oluşan bakteriler tarafından biyolojik bozunma oranını arttırmak için su tablasının altına basınç altında hava enjeksiyonunu içerir. Biosparging, doymuş bölgedeki karışımı artırır ve böylece toprak ve yeraltı suyu arasındaki teması artırır. Küçük çaplı hava enjeksiyon noktalarının kurulumunun kolaylığı ve düşük maliyeti, sistemin tasarımında ve yapımında önemli ölçüde esneklik sağlar.

Bioventing: Bioventing, mevcut toprak mikroorganizmalarına oksijen sağlayarak aerobik olarak bozunabilen bileşiklerin doğal yerinde biyolojik bozunmasını uyaran umut verici yeni bir teknolojidir. Mikrobiyal aktiviteyi sürdürmek için yalnızca yeterli oksijeni sağlamak için düşük hava akış hızları kullanır. Oksijen en yaygın olarak, kuyular aracılığıyla topraktaki kalıntı kontaminasyona doğrudan hava enjeksiyonu yoluyla sağlanır. Bundan böyle, adsorbe edilen yakıt artıkları biyolojik olarak parçalanır ve buharlar biyolojik olarak aktif toprakta yavaşça hareket ettikçe uçucu bileşikler de biyolojik olarak parçalanır.

Biyobüyütme: Biyobüyütme, kirlenmiş toprak veya suyu tedavi etmek için bir grup doğal mikrobiyal suşun veya genetik olarak tasarlanmış bir suşun tanıtılmasıdır. En yaygın olarak, aktif çamur biyoreaktörlerini yeniden başlatmak için belediye atık su arıtımında kullanılır. Toprak ve yeraltı suyunun tetrakloroetilen ve trikloroetilen gibi klorlu etanlarla kirlendiği yerlerde, yerinde mikroorganizmaların bu kirleticileri doğal gereği toksik olmayan etilen ve klorüre tamamen parçalayabilmesini sağlamak için biyo-büyütme kullanılır.

Biyo kazıklama: Bu, hafriyat toprağının toprak iyileştirmeleri ile karıştırıldığı, bir arıtma alanına yerleştirildiği ve ayrıca zorunlu havalandırma kullanılarak biyolojik olarak arıtıldığı tam ölçekli bir teknolojidir. Kirleticiler karbondioksit ve suya indirgenir. Temel bir biyolojik yığın sistemi, bir arıtma yatağı, bir havalandırma sistemi, bir sulama/besin sistemi ve bir sızıntı suyu toplama sistemi içerir. Nem, ısı, besinler, oksijen ve pH da biyolojik bozunmayı artırmak için kontrol edilir. Sulama/besin sistemi, hava ve besin maddelerini vakum veya pozitif basınçla geçirmek için toprağın altına gömülür.

1.2.3.2.1. Arazi (toprak) tarımı

Arazi tarımı, düşük maliyeti ve işletme için daha az ekipman gereksinimi nedeniyle en basit ve en başarılı biyoremediasyon teknikleridir. Çoğunlukla ex-situ biyoremediasyonda, bazı durumlarda ise in-situ biyoremediasyon tekniğinde görülür. Bu değerlendirme, biyoremediasyon bölgesinden kaynaklanmaktadır. Yerinde veya yerinde yapılabilen arazi tarımında kirletici derinliği önemlidir. Arazi tarımında, kirlenmiş topraklar düzenli olarak kazılır ve işlenir ve arıtma yeri, biyoremediasyonun türünü açıkça düzenler. Kazılan kirli toprak yerinde işlendiğinde, diğer ex-situ biyoremediasyon tekniklerinden daha fazla ortak noktası olduğu için ex-situ'dur. Genel olarak, kazılan kirli topraklar, kirleticinin mikroorganizmalar tarafından aerobik biyolojik bozunmasına izin vermek için zemin

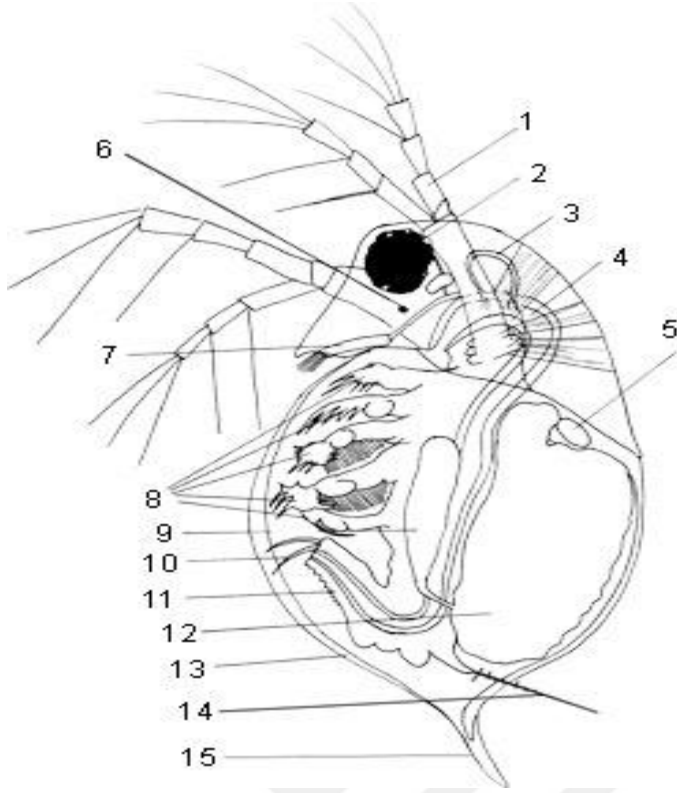
yüzeyinin üzerinde sabit bir tabaka desteği üzerine dikkatlice uygulanır (Silva-Castro ve ark., 2012). Genel olarak, arazi tarımında biyoremediasyon tekniğinin tasarlanması ve uygulanması çok basittir, düşük sermaye girdisi gerektirir ve büyük hacimli kirli toprağı minimum çevresel etki ve enerji gereksinimi ile arıtmak için kullanılabilir (Maila ve colete, 2004).

1.3. Daphnia (Su Piresi)

Su pireleri sucul ekosistemin besin zincirinin önemli yaşayanlarıdır ve bu sebeple, hızlı büyüme oranı, yüksek üreyebilme potansiyeli, kısa yaşam döngüsü ve indikatör olma özelliğıyle ekotoksikolojik çalışmalarda yaygın olarak kullanılmaktadır (Martins ve ark., 2007, Altındağ ve ark., 2008).

Daphnia magna (Şekil 1.3) bazı balıklar ve omurgasızlar için bir besin kaynağıdır. *Daphnia*, bu özelliklerinden dolayı dünya çapında enerji transferini hazırlayarak önemli bir rol oynamaktadır (Korkmaz ve ark., 2021).

Kimyasalların toksisite taraması ve atık suların ve kirlenmiş suların toksisitesinin izlenmesi için uluslararası olarak en çok kullanılan biyo-tahlillerden biri daphnid kabuklularla ve özellikle *Daphnia magna* ile yapılan akut toksisite testidir (Persoone ve ark. 2009).



Şekil 1.3. *Daphnia sp.*'nin lateral görüntüsü

1-Anten, 2- Birlesik göz, 3- Enzim bezi, 4- Özafagus, 5- Kalp, 6- Nauplius gözü, 7- Antenül, 8- Yüzme bacakları, 9- Ovaryum, 10- Postabdominal tırnak, 11- Postabdomen, 12- Kuluçka odacığı, 13-Karapaks,14- Postabdominal seta , 15- Spin (Sarı, 2011).

Su pireleri daha çok tatlı sularda yaşarken, az bir bölümü ise tuzluluğu ‰4-20 arasında değişim gösteren iç sularda ve deniz kıyılarında yaşarlar. Bu yaşam koşullarına uyumlu olmalarının yanında deniz sularında yaşayamazlar (Demirsoy 2001). *Daphnia magna*'ların ömürleri ortalama 8 °C'de 108, 10 °C'de 88, 18 °C'de 42 ve 28 °C'de 26 gün olarak bilinmektedir (Sarı, 2011). *Daphnia* türlerinin en uygyn gelişmeleri için gerekli olan su sıcaklığı da türden türe göre değişmektedir. Bu sıcaklık aralığı *Daphnia magna* için 20-24 °C olarak tespit edilmiştir (Önalın, 1996).

Daphnia magna'nın maruz kaldığı toksik etkilerin izlenmesi amacıyla tercih edilen avantajlar;

- Laboratuvar alt yapısının ve buradan doğacak olan işletme giderlerinin düşük maliyeti,
- Kısa sürede akut zehirlilik sonucunu (24 saat) verebilmesi

•Laboratuvar koşullarında rahatlıkla yetiştirilebilmeleri ve genetik özellikleri bakımından tüm organizmaların aynı olması sebebiyle kirletici maddelere karşı verdikleri yanıtın yorumlanmasını kolaylaştırmaktadır.

Daphnia türlerinin kullanımının sakıncaları ise,

• pH, çözülmüş oksijen, sıcaklık, iletkenlik gibi çevresel parametrelere oldukça duyarlıdırlar.

• Sadece ölüm oranı ile ilgili netice verirler (İleri ve ark., 2011)

Daphnia magna ile üreme toksisite deneyleri üç hafta içinde kolaylıkla yapılabilmektedir (Canton ve ark., 1978).

Daphnia, biyolojik araştırmalarda yaşayan en yaygın ve en eski kullanılan test organizmalarından biridir. Partenogenetik üremeleri, yüksek doğurganlık düzeyleri, kısa yaşam döngüleri ve vücut ölçüleri bilimsel çalışmalarda kullanımlarında büyük avantaj sağlamaktadır (Ebert, 2005). Daphnia, bazı balıklar ve omurgasızlar için bir besin kaynağıdır. Daphnia bu özelliklerinden dolayı dünya çapında enerji transferi hazırlayarak önemli bir rol oynamaktadır (Miner vd., 2012). Daphnia türlerinin laboratuvar çalışmaları için oldukça uygun olması ekotoksikoloji ve değerlendirme gibi farklı disiplinlerde de kullanılmasına olanak sağlamıştır (Wu vd., 2019). Su piresi olarak da adlandırılan Daphnia türleri, su sistemindeki çok sayıda kimyasalın toksik etkilerini araştırmak için sıklıkla kullanılan test organizmalarıdır (Edition, 2002). Su pirelerinin yüzme davranışları ve ölüm oranları incelendiğinde, bu parametreler toksisite çalışmalarında etkili biyobelirteçler haline gelmektedir (Bownik, 2017). *D. magna* sucul ekosistemlerde önemli bir role sahiptir; kirleticilerin toksik etkilerini değerlendirmek için kullanılan birçok çalışma bulunmaktadır (Bao ve diğerleri, 2020).

Bu çalışmanın ilk basamağında, pyroxasulfone herbisitinin tarımsal alanlarda kullanımı tavsiye edilen konsantrasyonlarda (375, 500, 750 ve 1000 ppm) hazırlanan çözeltilerinde *M. arthrophorea*, *M. radiotolerans* ve bu bakterilerin konsorsiyumlarıyla gösterdikleri biyoremediasyon oranları KOİ ve TOK azalımlarıyla takip edildi. İkinci basamağında ise biyoremediasyon öncesi hazırlanan çözeltilerde ve biyoremediasyon sonrası elde edilen nihai numunede *D. Magna* üzerinde gösterilen toksisite 96 saat boyunca analiz edilmiştir.

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Tarım Alanının Belirlenmesi, Toprak Örneklerinin Toplanması ve Bakteri İzolasyonu

Çalışmada, bakteri izolasyonu için Edirne ili İpsala İlçesi Ayçiçeği ve Buğday tarımı yapılan zirai alanlardan 0-20 cm derinliklerden alınan toprak örnekleri (Şekil 2.1), Zelles ark., (1991)' de belirtildiği şekilde steril cam kavanozlara alınmıştır ve izolasyon işlemlerine başlanmıştır (Resim 2.1).



Resim 2.1. Trakya Ayçiçeği ve Trakya Buğday toprak örnekleri

Tarım arazisinden alınan yaklaşık 10 g toprak örneği, 10^6 ' ya kadar seyreltilmiştir. Seyreltme için kullanılan %0.8' lik izotonik su serum fizyolojik adı altında yerel eczaneden temin edilmiştir. Bu seyreltiden daha sonra 0,1 ml'lik örnekler alınıp steril haldeki plate count agar besiyerine aseptik şartlara sahip ekim kabininde Travers ve ark., (1987)' de belirtilen yöntemlere göre ekimler yapılmıştır. Ekim sonrası petri kutuları 27°C'lik inkübatöre alınarak çalışmada biyoremediasyon faaliyetini yürütecek olan bakterilerin gelişimi tamamlanmıştır (Resim 2.2). Petri kutuları üzerinde gelişen bakteriler Ayçiçeği tarlası için A, buğday tarlası için B olarak kodlanmış ve ekim kabininde steril şartlarda öze

kullanılarak bakteri kolonileri için subaraud dextrose brotha alınıp inkübe edilerek zenginleştirilmiştir (Cruikshank, 1972).



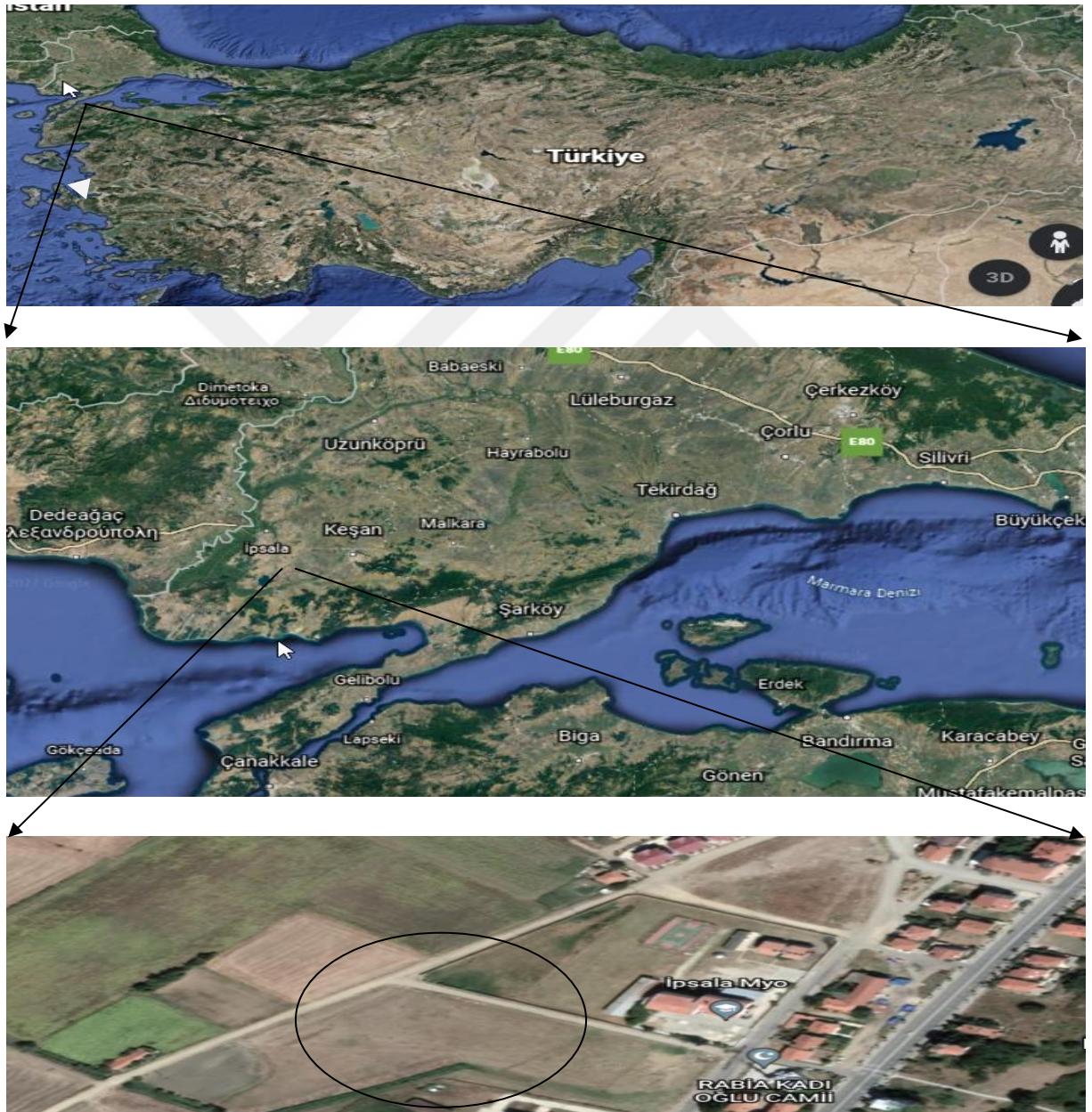
Resim 2.2. Petri kutularının inkübatördeki bakteri gelişimi

İzole edilen bakterilere ait tür teşhis çalışmaları Ankara’da bulunan oligonükleotid ve primerler, moleküler DNA problemleri, sentetik genler ve klonlama, DNA dizilimi, protein sentezi, protein ve gen ekspresyonu analizleri ve hücre kültürü analizleri alanlarında ürün ve hizmetler sunan SENTEBİOLAB BIOTECH firmasına yaptırılmıştır. PCR işlemleri için, elektroforez cihazı, mycycler thermal cycler system, jel görüntüleme sistemi, (ORTE), genetik analiz sistemi (Beckman Coulter CEQ 8000) yöntemlerinden faydalanılmıştır.

Moleküler karakterizasyon çalışmaları için, Wizard Genomic DNA Purification kit kullanım kılavuzunda ifade edildiği şekilde, Isolating “Genomic DNA from Gram Positive and Gram Negative Bacteria” metodları kullanılmıştır (Beutler ark. 1990). Mikrobiyal tür teşhisinin basamakları sırasıyla nükleik asit ekstraksiyonu, PCR (Polimeraz Zincir Reaksiyonu), DGGE (Denatüre Gradyan Jel Elektroforezi) ve nükleik asit dizisinin belirlenmesi aşamalarından oluşmuştur. Alınan izolat numuneler öncelikle moleküler tekniklerde kullanılmak üzere hazır hale getirilmiştir. Bu bakteri suşlarından ilk olarak nükleik asit ekstraksiyonu yapılmıştır. Ekstre edilen DNA’lar, -20°C’de korunup bu DNA karışımlarının 16S rRNA genleri, PCR yöntemiyle ısı döngüleme (Thermal Cycler) aleti ile çoğaltılmış ve bu işlem sonrası metanojenik tür çeşitliliği, DGGE ve DNA dizi analiziyle identifiye edilmiştir. Bakteri suşlarının sekansları SnapGene programında identifiye

edilmiştir. Bakterilerin sekansını gösteren kromatogram görüntüsünün (sekans dizisi) tamamı seçilerek bu ekranda kullanılmıştır.

Bu amaçla “blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi?PAGE_TYPE=BlastSearch” linkinde “Enter accession number(s), gi(s), or FASTA sequence(s)” kısmına kopyalanıp yapıştırılan sekans dizisi ardından database others seçilmiştir. Blast seçildikten sonra çıkan tür analiz dosyasında max skordaki tür, identifiye edilen bakteri türü olarak belirlenmiştir.



Şekil 2.1. Çalışma sahası ve istasyonları gösteren harita

2.2. Herbisit Çözeltilerinin Hazırlanması

Pyroxasulfone (Resim 2.3), kullanım tarifiinde ve çiftçilerin uygulama dozu baz alınarak yer aldığı şekilde 375, 500, 750 ve 1000 ppm olarak 250' şer ml'lik erlenler içine hazırlanmıştır (Resim 2.4). Hazırlanan bu konsantrasyonlar tarım arazilerinde tavsiye edilen konsantrasyonlardır.



Resim 2.3. Kelt WG 85 tarım ilacı



Resim 2.4. Çözeltiler

2.3. Pyroxasulfone' ın biyoremediasyon işlemi ile giderimi

Bakterilerin pyroxasulfoneli ortamlarındaki biyoremediasyon faaliyetlerini tespit etmek amacıyla bu bakterin ayrı ayrı kolonileri ve karışımları sabouraud dextrose broth ortamına alınarak burada zenginleşip çoğalmaları sağlanmıştır. %0,8'lik steril izotonik çözeltiye hazırlanan bakteri solüsyonunun içine pyroxasulfone ilave edilerek ayrı ayrı oluşturulan kültür ortamları Ttyitech marka ZHWY-2008 model çalkalayıcılı inkübatörde 27 °C sıcaklığa ayarlanmıştır. 24 saatte bir alınan numuneler üzerinde kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) ve toplam organik karbon (TOK) analizleri yapılmıştır. Çalışmada HACH DRB 200 model termoreaktör ile Hach DR 890 Colorimeter cihazı ile uyumlu 0-1500 ppm aralığında ölçüm yapabilen Cat. 23459-52 model KOİ kitleri kullanılmıştır (Resim 2.5). Çalışmada KOİ aralığı tarım arazilerinde kullanımı tavsiye edilen konsantrasyonlar olan 375, 500 ve 750 ppm olarak seçilmiştir. KOİ ölçümleri için standart method 5220B kapalı reflüks yöntemi tercih edilirken (Resim 2.6), TOK deneyi için ise Standart Method 5310B' de belirtilen yüksek sıcaklıkta yakma metodu kullanılmıştır. 24'er saat arayla takip edilen çalışmada kullanılacak olan pyroxasulfone herbisitinin tarım arazisinde kullanılan tavsiye edilen kimyasal oksijen ihtiyacı değerine eşit olması beklenmiştir. 120 saat sonunda pyroxasulfone herbisitinin tavsiye edilen kullanım KOİ değeri olan 700 ppm ye ulaştınca bu zenginleştirilmiş ortamdan alınan 1'er ml'lik kültürler pestisitinin içine aşılanmış ve ölçümler alınmaya başlanmıştır. Deneyler toplamda 8 gün sürmüştür

Pyroxasulfone' li ortamın ilk KOİ ve TOK değerlerinin belirlenmesi için, pyroxasulfoneli çözeltilerinin içerisine zenginleştirilmiş bakteri ortamından alınan kültürler agarlı ortamdaki büyümeye bağlı olarak tespit edilen konsantrasyonlarda ilave edildikten hemen sonra 0.45µm lik süzgeç kâğıdı ve steril bir huni ile süzme yapılmış ve süzüntüde KOİ ve TOK değerlerinin ölçümleri yapılmıştır. Deneyler sırasında bakteri kolonilerinin aktivitesinin önlenmesi amacıyla da süzüntülere 1' er damla 1N H₂SO₄ ilave edilmiştir.



Resim 2.5. KOİ kitleri

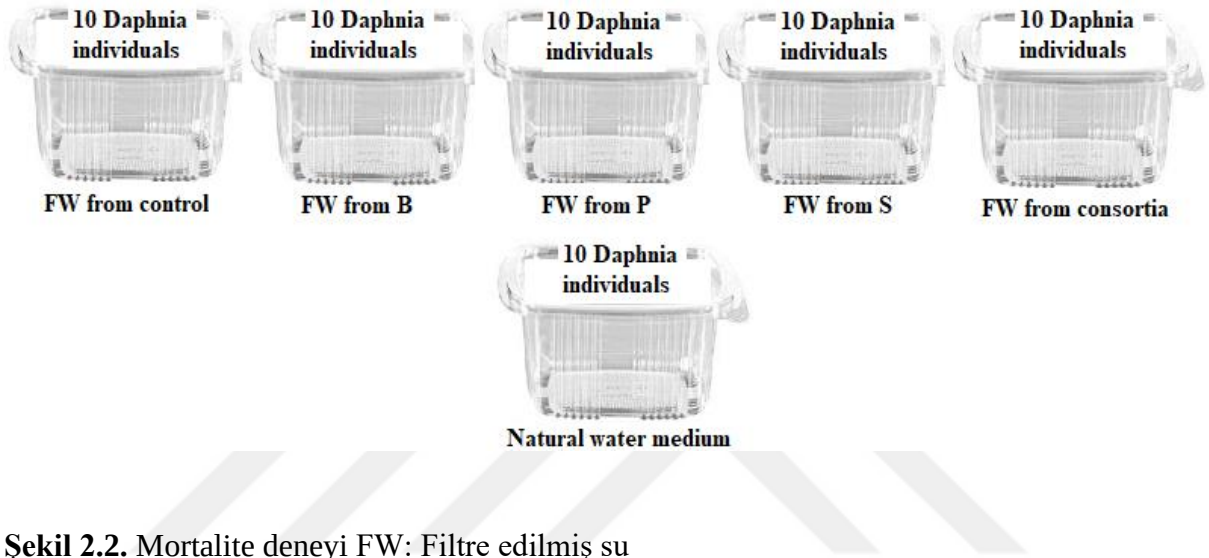


Resim 2.6. KOİ ölçüm cihazları

2.4. *Daphnia magna* üzerindeki mortalite

D. magna test organizmaları yerel pazarlardan temin edilmiş ve tür tayini morfolojik özelliklerine göre Dr. B. Kutlu tarafından daha önce yapılmıştır. *D. magna* 'lar Munzur Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü Araştırma Laboratuvarına alınmış ve 16–18°C ($\pm$ 1) sıcaklık ve 16:8 saat aydınlık: iklime alıştırılmış laboratuvar koşullarına uyum sağlamak

için bir aylık karanlık ortamda 120 L' lik akvaryumda alıkonulmuştur. *D. magna* adaptasyonu sırasında günlük ölüm oranının %10'dan az olduğu tespit edilmiştir. *D. magna* günde bir kez kuru spirulina tozu ve ekmek mayası (*Saccharomyces cerevisiae*) karışımı ile periyodik olarak beslenmiştir ve akvaryum suyu bir hava pompasıyla düzenli olarak havalandırılmıştır. Ayrıca suyun %25'i ise 1/7 oranında yenilenmiştir. Mortalite değerlendirmesi için altı adet deney grubu tasarlanmıştır (Şekil 2.2.).



Şekil 2.2. Mortalite deneyi FW: Filtre edilmiş su

Bu amaçla 350 mL süzölmüş su tüm uygulama gruplarından (kontrol, B, P, S, konsorsiyum) alınan ve 11. günde doğal yaşam suyu (NLW) doldurulmuştur. Polikarbonat kaplara ve 10 adet birinci evre juvenil daphnia bireyi pipetle toplandı ve bu kaplara nazikçe aktarıldı. Her bir polikarbonat kaptaki su sıcaklığı, 20 °C'ye (± 1) ayarlandı. Bir klima ve su sıcaklığındaki değişiklikler düzenli olarak kontrol edildi. Test organizmaları sırasında beslenmedi deney ve 16:8 saat aydınlık:karanlık fotoperiyodu korunmuştur. Her deney grubu için üç tekrar yapılmıştır. Her bir kaptaki ölü su pirelerinin sayısı 24, 48 ve 72 saat sonra sayılmıştır (Resim 2.7). Test süresinin sonunda (72 saat), ölüm oranları her deney grubunda yüzde olarak hesaplandı (Babu ve ark., 2015).



Resim 2.7. *Daphnia magna* bireyleri

2.5. *Daphnia magna*'ların ortama adaptasyonu

Deneyde kullanılan test organizmaları (*D. magna*) yerel satıcılardan temin edilmiştir. Su pireleri laboratuvara alınarak 120 L'lik bir akvaryumda stoklanmış ve laboratuvar koşullarına uyum sağlamak için 16–18°C (± 1) sıcaklıkta ve 16:8 saat aydınlık:karanlık fotoperiyodunda bir ay süreyle tutulmuştur. Adaptasyon sırasında günlük ölüm oranının %10'dan az olduğu gözlenmiştir. Su pireleri günde bir kez kuru spirulina tozu ve ekmek mayası (*Saccharomyces cerevisiae*) karışımı ile düzenli olarak beslenmiş ve akvaryum suyu bir hava pompasıyla düzenli olarak havalandırılmıştır. Ayrıca suyun %25'i her yedi günde bir yenilenmiştir.

2.6. Mortalite çalışmaları

Mortalite değerlendirmesi için dokuz deney grubu tasarlanmıştır. Bu amaçla tüm uygulama gruplarından alınan 350 mL miktarında örnek alınmış ve doğal yaşam suyu da kontrol grubu olarak kullanılmıştır. Polikarbonat kaplara doldurulmuş ve 20 adet ilk dönem yavru *Daphnia* bireyi pipetle toplanmıştır ve dikkatli bir şekilde bu kaplara aktarılmıştır. Her polikarbonat kaptaki su sıcaklığı klima ile 20 °C (± 1) olarak ayarlanmış ve su sıcaklığındaki

31

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1.Mikrobiyal tür teşhis sonuçları

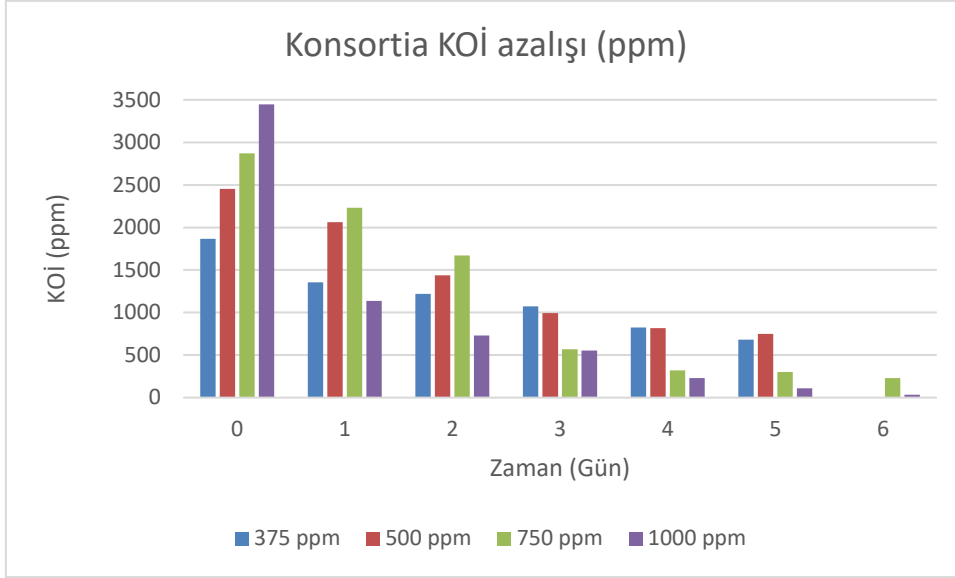
16S RBA sonuçlarına göre Ayçiçeği ekili alandan alınan örneklerde de yüzde 98 doğrulukta *Microbacterium arthrosphaerae* tespit edilirken, buğday ekili tarladan alınan örneklerde ise %98 doğrulukta *Methylobacterium radiotolerans* tespiti yapılmıştır.

3.2. Biyoislah Çalışmaları Sonuçları

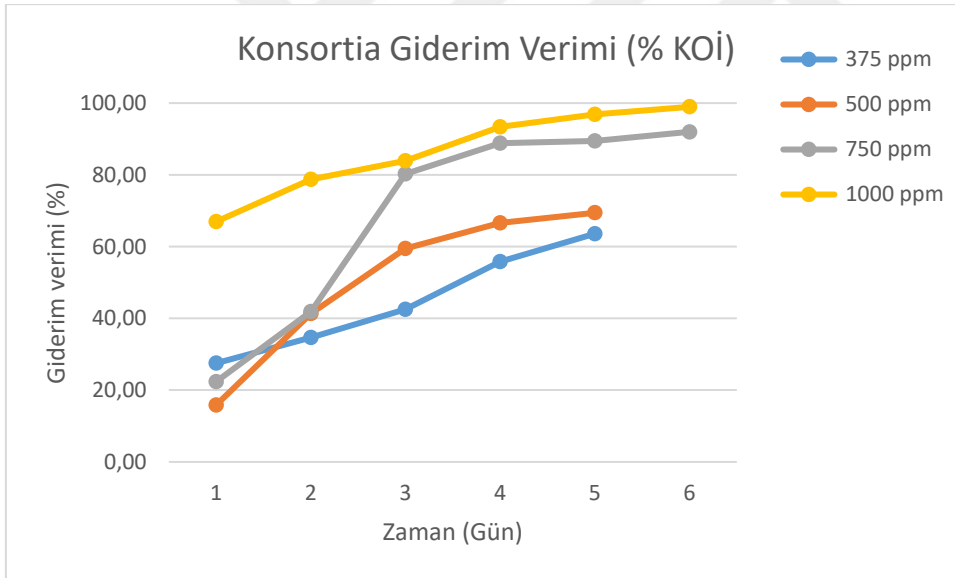
Çalışmada biyoremediasyon faaliyetini gösteren mikroorganizmaların karışımlarının ve tek tek kültürlerinin gösterdiği biyoremediasyon faaliyetleri sonucunda elde edilen veriler, sistem verimi ve gerçek verim olmak üzere iki ayrı başlık altında toplamıştır. Çalışmayı bu şekilde ayırmamızın sebebi, sistem veriminde biyoremediasyon faaliyetleri oluşurken mikroorganizmaların sisteme verilmiş şeklinin besi yeri ile birlikte olması ve besi yerinden kaynaklı bir KOİ ve TOK yükünün olmasıdır. Gerçek verimde ise, pestisitinin sahip olduğu 375, 500, 750 ve 1000 ppm lik konsantrasyonlarındaki saf pestisit KOİ ve TOK değerlerinin uğradığı biyoremediasyon faaliyeti esas alınmıştır.

3.2.1. Sisteme ait giderim verimleri

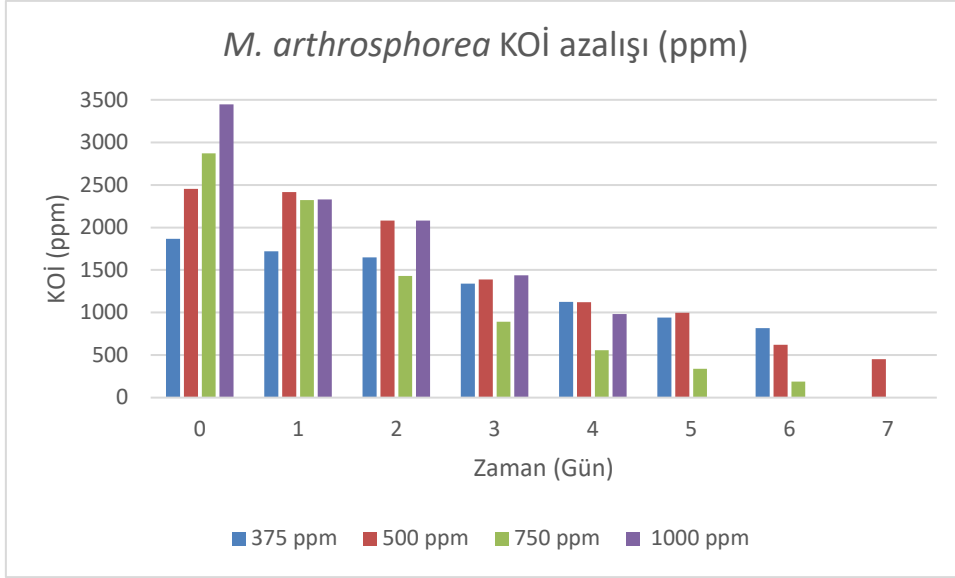
Sisteme ait olan giderim verimleri pestisit ve mikroorganizmaların içinde bulunduğu besi yerinden ileri gelen KOİ ve TOK giderimidir. Çalkalamalı kültür koşullarına ait olan sistemden alınan KOİ parametrelerine ilişkin biyoislah deney sonuçları şekil 3.1 – 3.6 arasında, TOK parametresine ilişkin sonuçlar ise şekil 3.7-3.12 arasında verilmiştir.



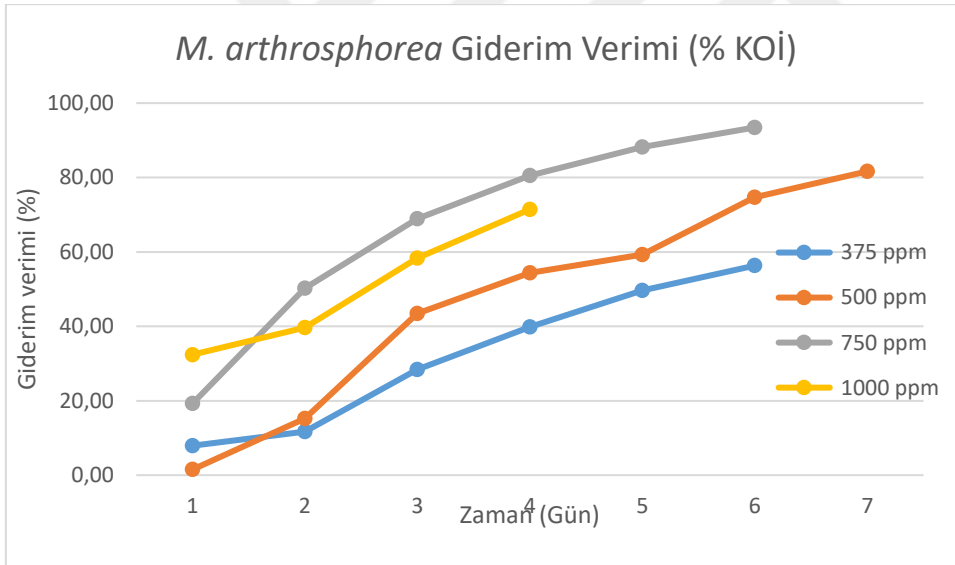
Şekil 3.1. Konsortianın gösterdiği konsantrasyon bazında KOİ azalışı



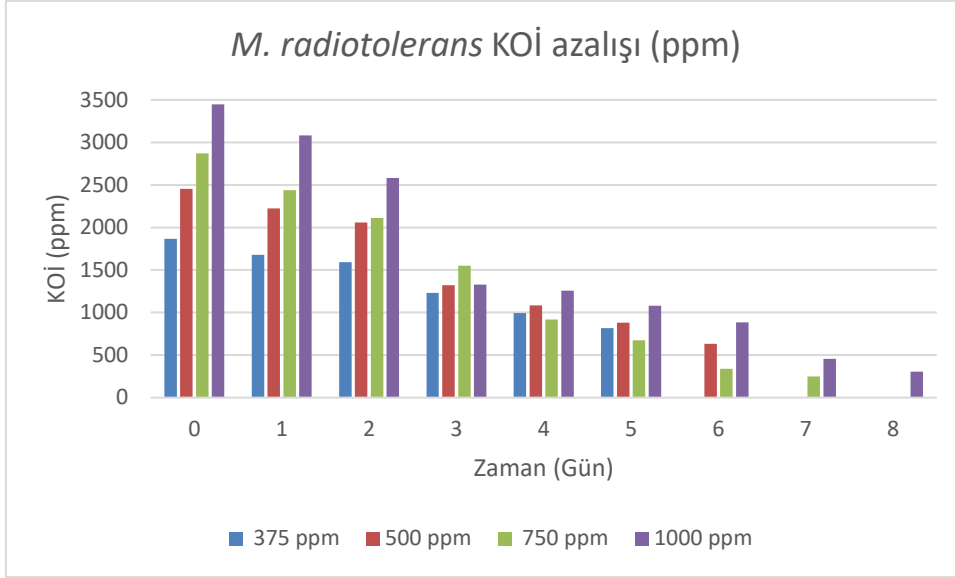
Şekil 3.2. Konsortianın gösterdiği KOİ azalış verimi



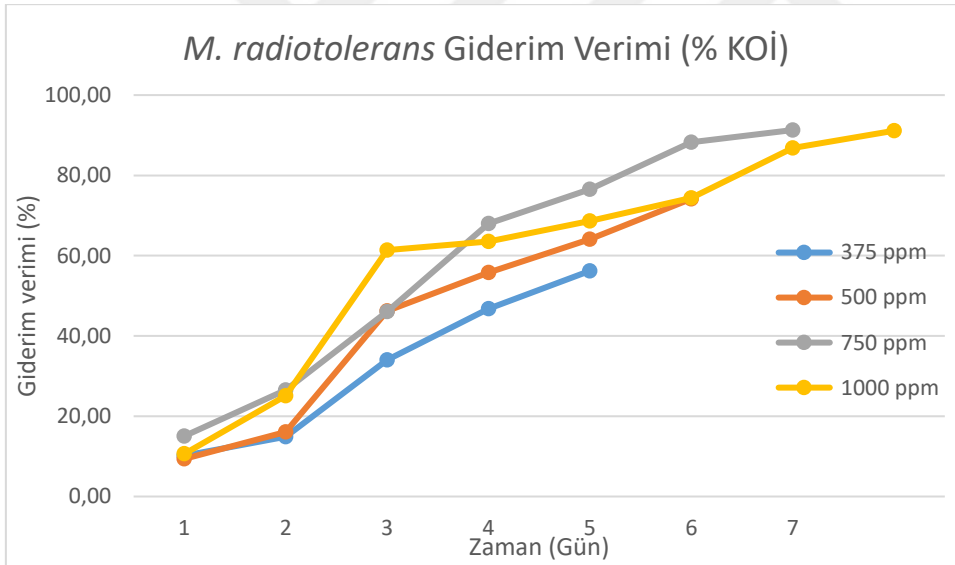
Şekil 3.3. *M. arthrophorea*' nın gösterdiği konsantrasyon bazında KOİ azalışı



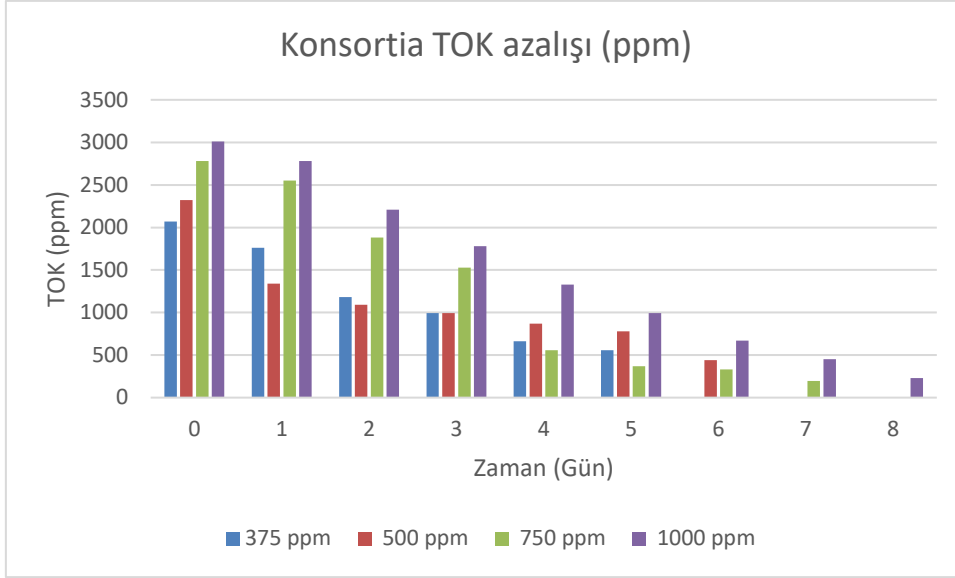
Şekil 3.4. *M. arthrophorea*' nın gösterdiği KOİ azalış verimi



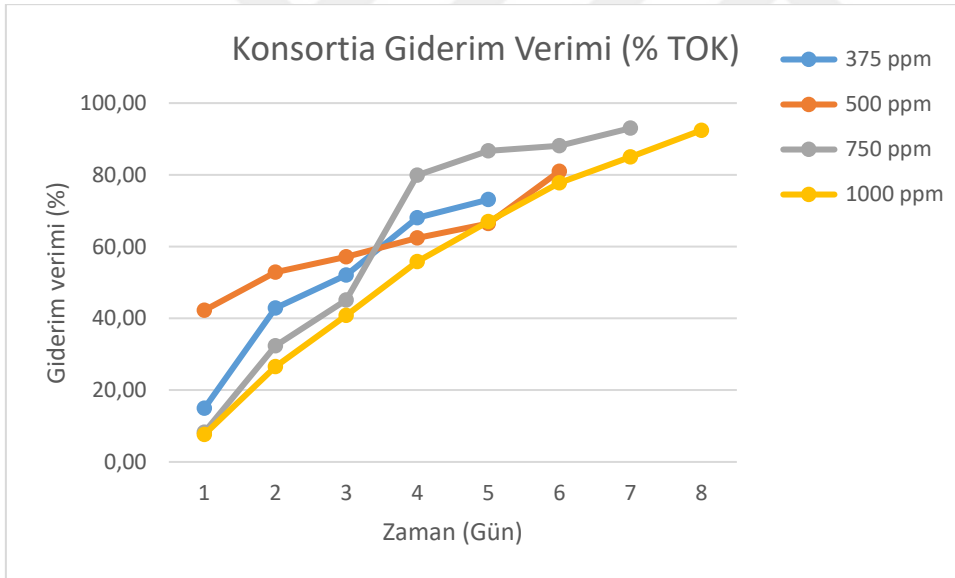
Şekil 3.5. *M. radiotolerans*' ın gösterdiği konsantrasyon bazında KOİ azalışı



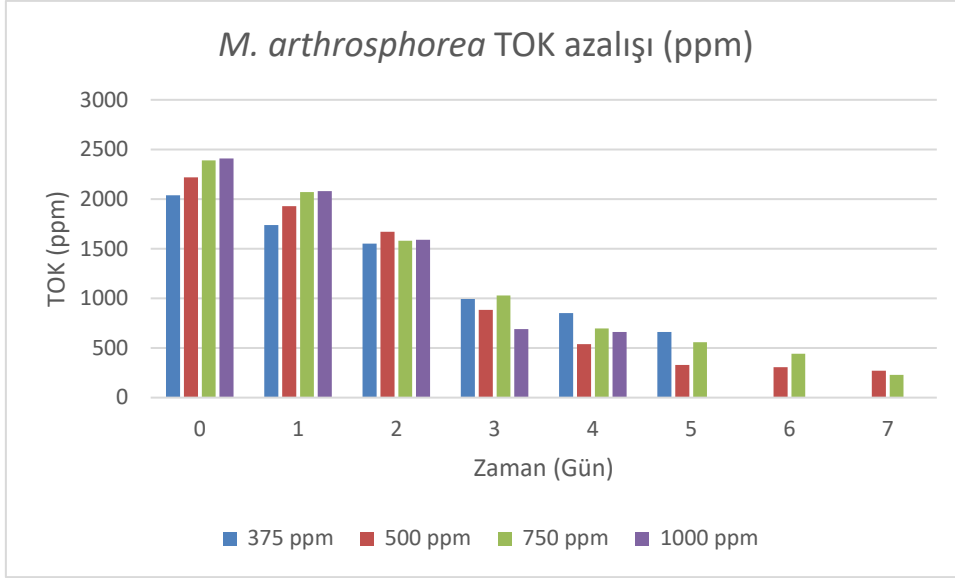
Şekil 3.6. *M. radiotolerans*' ın gösterdiği KOİ azalış verimi



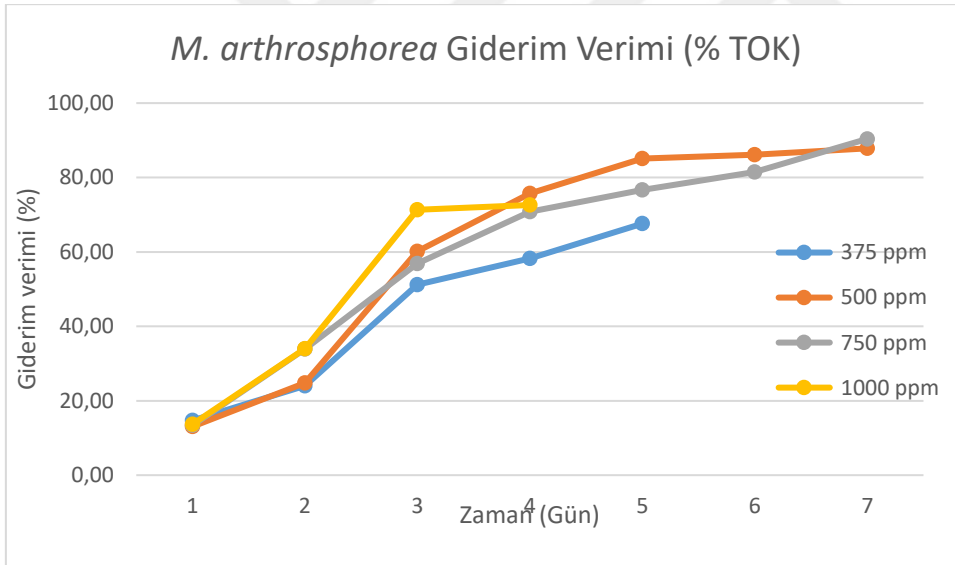
Şekil 3.7. Konsortianın gösterdiği konsantrasyon bazında TOK azalışı



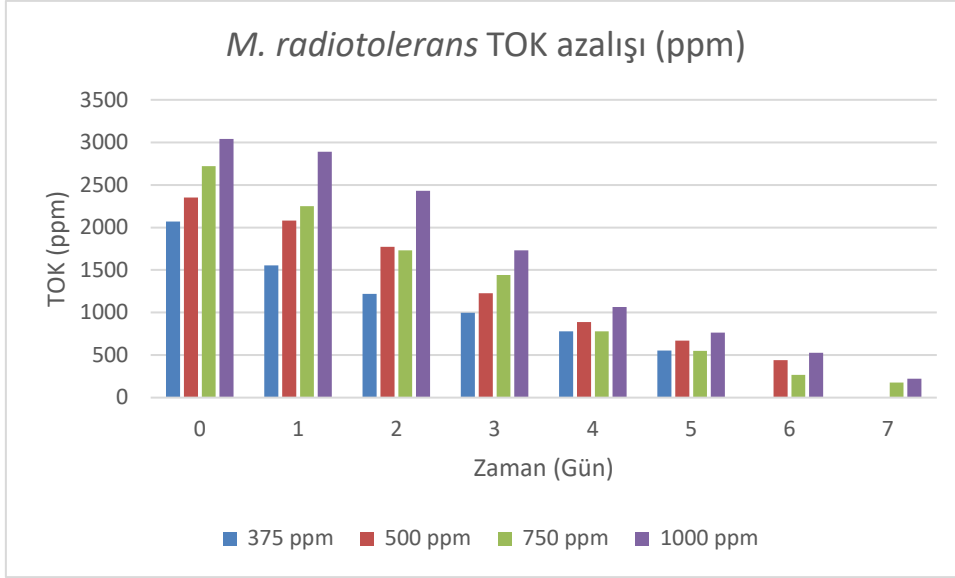
Şekil 3.8. Konsortianın gösterdiği TOK azalış ait verimi



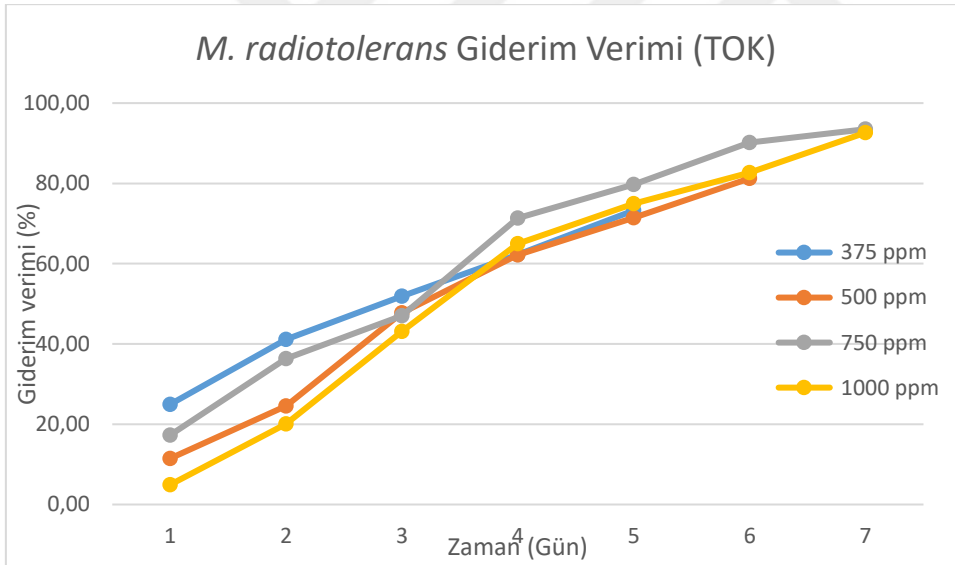
Şekil 3.9. *M. arthrophorea* 'nın gösterdiği konsantrasyon bazında TOK azalışı



Şekil 3.10. *M. arthrophorea* 'nın gösterdiği TOK azalış verimi



Şekil 3.11. *M. radiotolerans*’ in gösterdiği konsantrasyon bazında TOK azalışı



Şekil 3.12. *M. radiotolerans*’ in gösterdiği TOK azalış verimi

M. radiotolerans ve *M. arthrosphorea* türlerinin karışımından oluşan konsortiumun 375, 500, 750 ve 1000 ppm konsantrasyondaki pyroksasulfone herbisitine ait gösterdikleri biyoremediasyon performans verimleri kurulan sistemde 5, 5, 6 ve yine 6. günlerin sonunda sırasıyla %64, 69, 92 ve 99’ dur. Buna göre en iyi giderim verimi 6. Günü sonunda 1000 ppm konsantrasyonunda 3446 ppm KOİ değerinden 35 ppm’ ye düşerek gerçekleşmiştir.

Diğer konsantrasyonlardaki giderim verimleri ise bu parametre için 375, 500, 750 ppm' de sırasıyla 1868 ppm' den 680 ppm' ye; 2454 ppm' den 750 ppm' ye; 2872 ppm' den 230 ppm' ye doğrudur (Şekil 3.1. ve 3.2.).

Çalışma, her iki mikroorganizma türünde ayrı ayrı da gerçekleştirilmiştir. *M. arthrophorea* türünde KOİ giderimine bakıldığında 375 ppm' de %77' lik bir giderimle 2460 ppm' den 563 ppm' ye 6. günün sonunda; 500 ppm' de 2628 ppm' den % 83' lük bir giderim oranıyla 7. günün sonunda 449 ppm' e; 750 ppm' de 6. günün sonunda 2700 ppm' den 189 ppm' ye ve son olarak 1000 ppm' de 4. günün sonunda 2766 ppm' den %64' lük bir giderim verimiyle 987 ppm' ye düştüğü gözlemlenmiştir. Buna göre *M. arthrophorea* en iyi giderim verimi KOİ düzeyinde 6. günün sonunda 750 ppm' de gerçekleşmiştir (Şekil 3.3. ve 3.4.).

Diğer tür olan *M. radiotolerans*' ın KOİ düzeyindeki giderim verimi incelendiğinde 375, 500, 750 ve 1000 ppm' de 5, 6, 7 ve 8. günün sonunda sırasıyla %66' lık giderim verimiyle 2432 ppm' den 817 ppm' e; % 77' lik giderim verimiyle 2768 ppm' den 634 ppm' e; 3120 ppm' den 250 ppm' e ve 3410 ppm' den 307 ppm' e düştüğü belirlenmiştir. *M. radiotolerans* türü, en iyi KOİ giderimini sistemde %92 ile 7. günün sonunda yakalamıştır (Şekil 3.5. ve 3.6.).

Toplam organik karbon parametresindeki azalışa bakıldığında gerek zaman gerek giderim verimlerinde açısından KOİ' den farklı sonuçlar göze çarpmaktadır. Bunun temel sebebi ise KOİ' nin TOK' dan daha büyük olmasıdır. Bilindiği üzere KOİ, organik maddenin (bu çalışmada söz konusu organik madde sistemde hem pestisit hem de besi yerinden gelen bir organik yükü ifade eder) kimyasal olarak parçalanması için gerekli enerji ihtiyacıdır. TOK ise sistemdeki pestisit ve mikroorganizmanın içinde bulunduğu besi yerinden ileri gelen bütün karbonlu maddeleri içerir.

Konsortiumun sistemde gösterdiği TOK giderimine bakıldığında 375, 500, 750 ve 1000 ppm deki 2070, 2320, 2780 ve 3010 ppm' lik değerlerin sırasıyla 5, 6, 7 ve 8. günün sonunda yine sırasıyla %74 verimle 557 ppm' e; %81' lik verimle 441 ppm' e; %93' lük verimle 195 ppm' e ve son olarak 3010 ppm' den 228 ppm' e düştüğüne tanık oluyoruz. Buna göre konsortia' da en iyi giderim verimi 7. günün sonunda 750 ppm' de % 93' lük bir verimle 2780 ppm' den 195 ppm' e doğrudur (Şekil 3.7. ve 3.8.).

Şekil 3.9. ve 3.10.' da *M. arthrophorea* türünün 375, 500, 750 ve 1000 ppm pyrooxasulfone herbisitinde sırasıyla 5., 7., 7., ve 4. günlerin sonunda gösterdiği biyoremediasyon performansı görülmektedir. Buna göre giderim miktarları ve verimleri

sırasıyla % 68 ile 2040 ppm’ den 661 ppm’ e., %88 ile 2220 ppm’ den 270 ppm’ e., 2390 ppm’ den 230 ppm’ e ve son olarak da 2410 ppm’ den 660 ppm’ e doğru azalış yönündedir. Bu sonuçlardan da anlaşılabacağı üzere bu sistemde en iyi giderim verimi 7. günün sonunda %90 ile 750 ppm’ lik ortamda 2390 ppm’ den 230 ppm’e doğrudur.

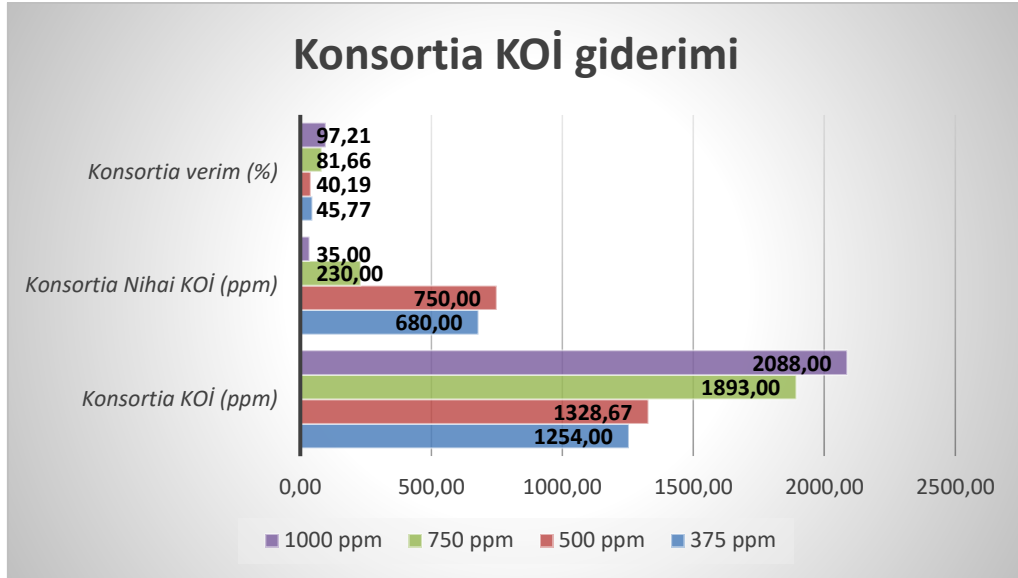
Sistemde *M. radiotolerans* türü, söz konusu herbisit 375, 500, 750 ve 1000 ppm’ lik konsantrasyonlarında okunan 2072, 2352, 2722 ve 3040 ppm’ lik TOK değerlerini, 5., 6. 7. ve tekrar 7. günlerin sonunda sırasıyla %73, 81, 94 ve 93’ lük giderim verimleriyle 554, 441, 177 ve 93 ppm’ e düşürmüştür. Bu sonuçlardan da anlaşılabacağı üzere en iyi TOK giderimi *M. radiotolerans* türü için 7. günün sonunda % 94 ile 2722 ppm’ den 177 ppm’ e doğru 750 ppm’ lik pestisite aittir (Şekil 3.11. ve 3.12.).

3.2.2. Gerçek giderim verimleri

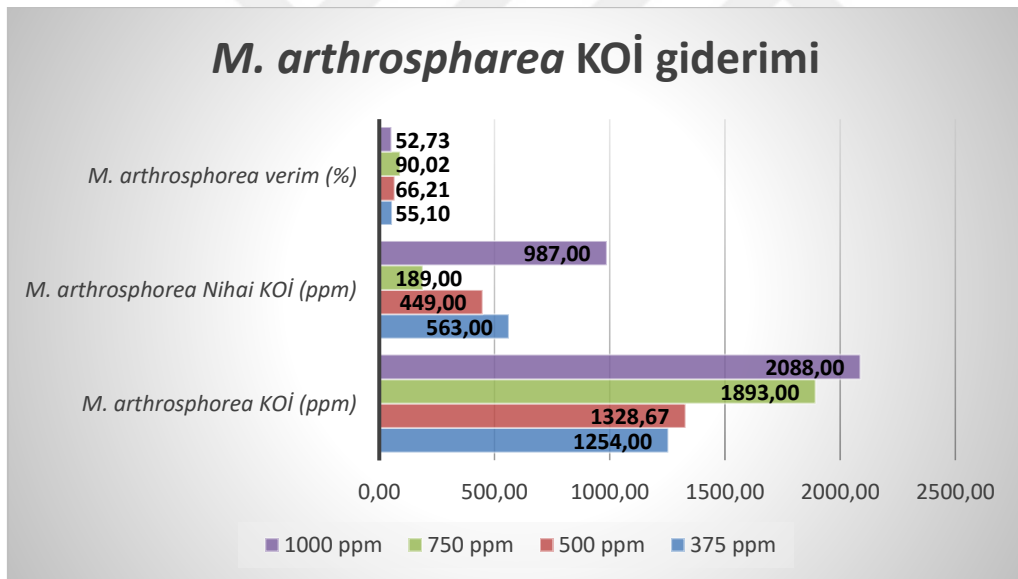
Gerçek verim ise sadece pestisite ait olan KOİ ve TOK değerlerindeki azalıştır. Pestisit 375, 500, 750 ve 1000 ppm’ deki KOİ ve TOK değerleri Tablo 3.1.’ de sunulmakla beraber; çalkalamalı kültür koşullarındaki sadece pestisite ait gerçek giderim verimleri gerek konsortianın gerek mikroorganizmaların biyoremediasyon faaliyetleri sonuçlarına ilişkin KOİ parametresine ait olanlar şekil 3.13- 3.15 arasında, TOK parametresine ait olanlar ise şekil 3.16- 3.18 arasında verilmiştir.

Tablo 3.1. Pyroxasulfone’ nin çalışılan konsantrasyonlardaki KOİ ve TOK değerleri

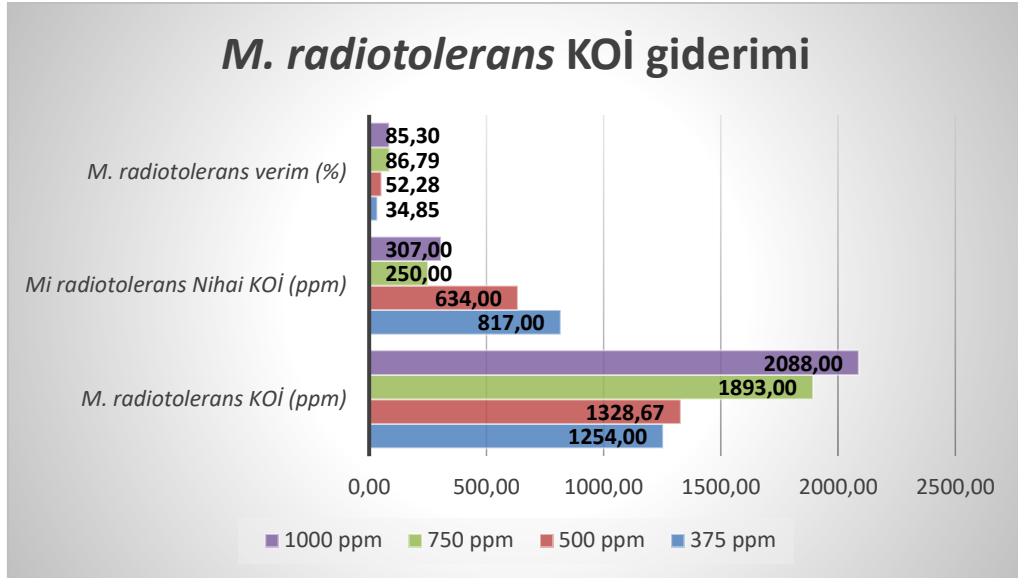
Çalışılan konsantrasyon (ppm)	KOİ (ppm)	TOK (ppm)
375	1254	1050
500	1328	1197
750	1892	1607
1000	2088	1882



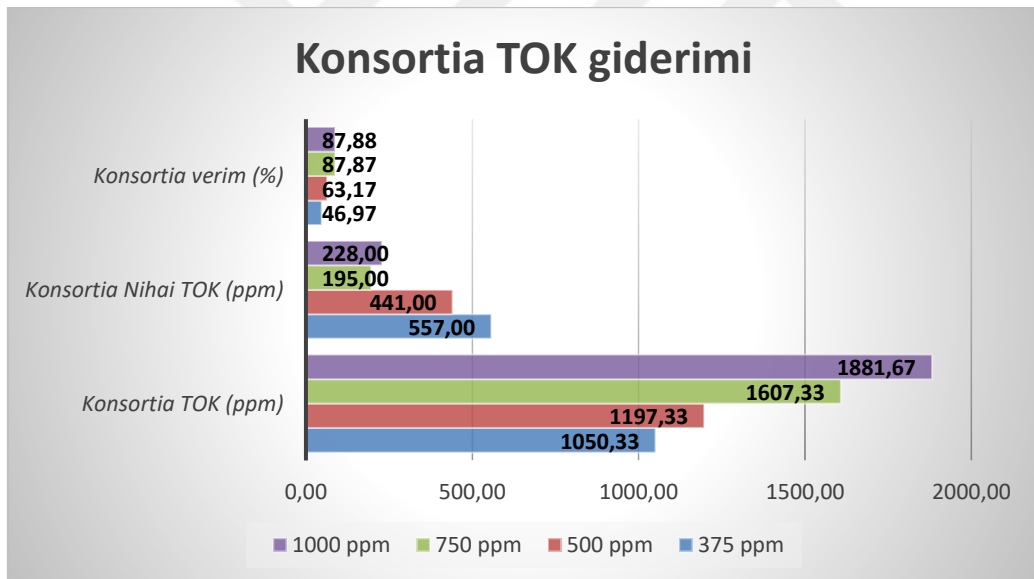
Şekil 3.13. Konsortianın gösterdiği gerçek KOİ azalışı



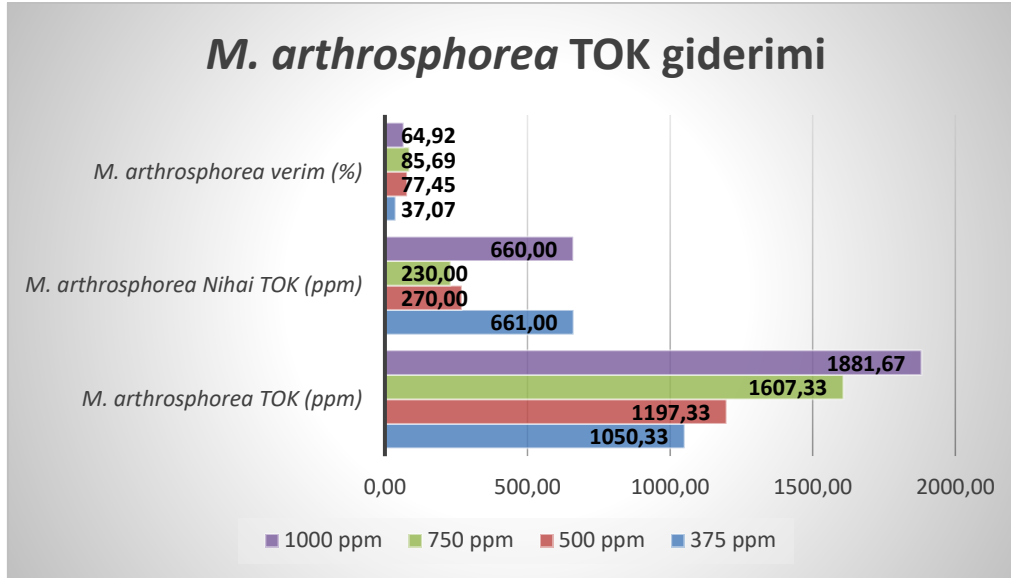
Şekil 3.14. *M. arthropharea*'nın gösterdiği gerçek KOİ azalışı



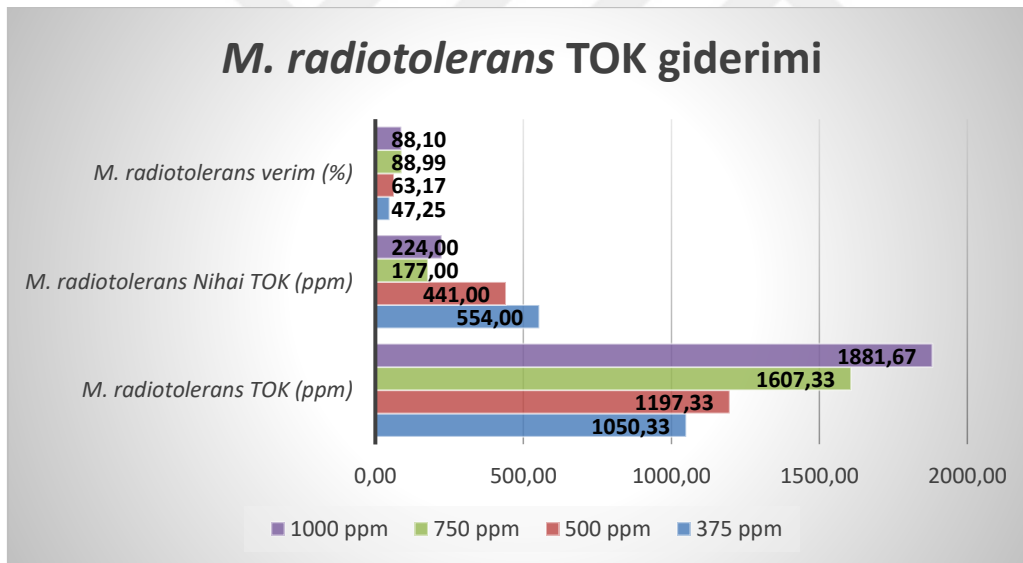
Şekil 3.15. *M. radiotolerans*' ın gösterdiği gerçek KOİ azalışı



Şekil 3.16. Konsortianın gösterdiği gerçek TOK azalışı



Şekil 3.17. *M. arthrophorea*'nın gösterdiği gerçek TOK azalışı



Şekil 3.18. *M. radiotolerans*'ın gösterdiği gerçek TOK azalışı

Konsortia'ın 375, 500, 750 ve 1000 ppm'deki KOİ başlangıç değerleri sırasıyla 1254, 1329, 1893 ve 2088 ppm'dir. Bu değerler ortamda sırasıyla %46, 40, 82 ve 97'lik düşüşlerle 680, 750, 230 ve 35 ppm'e kadar gelmiştir. Buna göre en iyi gerçek giderim %97 ile 1000 ppm'lik ortama aittir (Şekil 3.13.).

M. arthrophorea türünün KOİ bazında gösterdiği gerçek giderim verimleri 375, 500, 750 ve 1000 ppm’ de sırasıyla %55, 66, 90, ve 53 olarak göze çarpmaktadır. Bu sonuçlara göre KOİ değerleri Tablo 3.1.’ de verilen başlangıç değerleri esas alınmak suretiyle sırasıyla 563, 449, 189 ve 987 ppm’ e düşmüştür. Buna göre en iyi gerçek giderim verimi 750 ppm’ lik ortamda % 90 ile tespit edilmiştir (Şekil 3.14.).

M. radiotolerans bakterisi pyroxasulfone herbisitine ait 375, 500, 750 ve 1000 ppm’ deki KOİ gerçek değerlerini sırasıyla %35, 52, 87 ve 85’ lik düşüşlerle 817, 634, 250 ve 307 ppm’ e düşürmüştür. Buna göre *M. radiotolerans*, en iyi KOİ giderimini gerçek anlamda 1893 ppm’ den 250 ppm’ e doğru %87 giderim verimi ile sağlamıştır (Şekil 3.15.).

Konsortia’ya ait gerçek TOK giderimi irdelendiğinde Tablo 3.1.’deki değerler esas alındığında 375, 500, 750 ve 1000 ppm’de sırasıyla % 47 lik giderimle 1050 ppm’den 557 ppm’e; % 63’ lük giderimle 1197 ppm’den 441 ppm’e; % 88’ lik giderimle 1607 ppm’den 195 ppm’e ve aynı verimle 1882 ppm’den 88 ppm’e düştüğünü görmekteyiz. Buna göre en iyi giderim verimi 750 ve 1000 ppm’ de 7. günün sonunda % 88 olarak belirlenmiştir (Şekil 3.16.).

M. arthrophorea türünün gösterdiği gerçek TOK giderimi 375, 500, 750 ve 1000 ppm’ lik pyroxasulfone herbisitinde 1050, 1197, 1607 ve 1882 ppm’ den 661, 270, 230 ve 660 ppm’ e doğru sırasıyla % 37, 77, 86 ve 65 şeklindedir. Bu sonuçlar da göstermiştir ki *M. arthrophorea* türü en iyi TOK bazında gerçek giderimi 750 ppm’ lik ortamda 7. günün sonunda yakalamıştır (Şekil 3.17.).

Şekil 3.18.’ de *M. radiotolerans* türüne ait TOK parametresindeki gerçek giderim miktarları ve oranları verilmektedir. Buna göre 375, 500, 750 ve 1000 ppm’ deki pyroxasulfone herbisitinin sahip olduğu Tablo 3.4.2.’ deki gerçek değerler sırasıyla % 47 ile 554 ppm’ e; %63 ile 441 ppm’ e; %89 ile 177 ppm’ e ve son olarak % 88 ile 224 ppm’ e düşmüştür. Buna göre *M. radiotolerans*, en iyi giderim verimine 7. Günün sonunda % 89’ luk bir verimle gerçek anlamda ulaşmıştır.

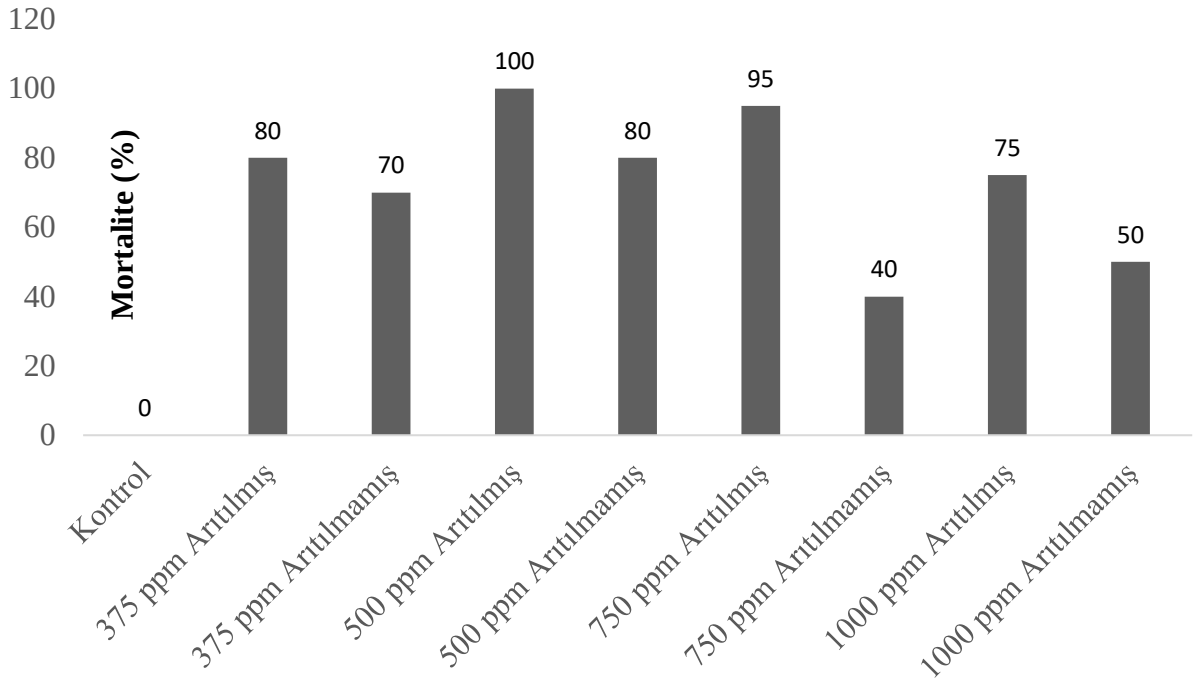
3.3. Mortalite Sonuçları

Mortalite oranları açısından 96 saat sonunda bulgular ele alındığında; 375 ppm arıtılmış ve arıtılmamış ortamda mortalite oranlarının %80 ve 70; 500 ppm’ lik arıtılmış ve arıtılmamış ortamlarda %100 ve 80; 750 ppm lik arıtılmış ve arıtılmamış ortamlarda %95 ve 40; son olarak 1000 ppm arıtılmış ve arıtılmamış ortamlarda ise %75-50 oranında olduğu

belirlenmiştir. Buna göre en yüksek mortalite oranı artırılmış 500 ppm uygulama grubunda (%100) olarak göze çarparken; en düşük mortalite oranı ise 750 ppm artırılmamış uygulama grubunda (%40) olarak tespit edilmiştir. Artan konsantrasyonlara bağlı olarak mortalite oranlarının artırılmış ortamlarda daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Bu durumun da pestisitlerin sahip olduğu besin maddelerinin parçalandıktan sonra ortaya çıkardığı yan ürünlerinin toksik etkilerinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Kontrol grubunda herhangi bir mortalite oranı gözlenmemesi deneyde kullanılan test organizmalarının yaşam koşulları ve popülasyon sağlığı konusunda herhangi bir sorun olmadığını göstermiştir (Tablo 3.2 ve Şekil 3.19).

Tablo 3.2. Mortalite sonuçlarının artırılmış ve artırılmamış ortamlarda değişimi

Konsantrasyon	24 saat	48 saat	72 saat	96 saat	Toplam	%
n	Mortalite	Mortalite	Mortalite	Mortalite	Mortalite	Mortalite
Kontrol	0	0	0	0	0	0
375 ppm	2	9	3	2	16	80
Artırılmış						
375 ppm	3	5	5	1	14	70
Artılmamış						
500 ppm	7	8	2	3	20	100
Artırılmış						
500 ppm	9	4	0	3	16	80
Artılmamış						
750 ppm	8	8	1	2	19	95
Artırılmış						
750 ppm	0	3	3	2	8	40
Artılmamış						
1000 ppm	3	6	4	2	15	75
Artırılmış						
1000 ppm	0	5	1	4	10	50
Artılmamış						



Şekil 3.19. Mortalite sonuçlarının artilmiş ve artilmamış ortamlardaki oranları

Pestisitlerin biyolojik olarak parçalanması; pestisit kalıntıları ve bunların uygulama süresi ile birlikte mikroorganizmaların aktivitelerine bağlıdır. Ergüven ve Yıldırım (2019)'da, *Methylobacterium radiotolerans* ve *Microbacterium arthrosphaerae* suşlarının İmidakloprid biyoremediasyonunu 18 gün sonunda tamamladığını saptamışlardır. KOİ parametresi için sırasıyla 20, 40 ve 80 ml bakteri konsorsiyumu ile %52, %96 ve %99 olarak belirlerken, BOİ₅ giderim oranları aynı dönemde 88, 79 ve %50 olarak saptanmıştır.

Araştırmacıların çoğuna göre bazı mikroorganizmaların pestisitlere karşı toleransı vardır. Başka bir araştırma çalışmasında ise *B. cereus*, *B. subtilis*, *B. melitensis*, *K. türleri*, *P. aeruginosa*, *P. fuorescence* ve *S. marcescens* üç hafta sonra tortul bir ortamda tek karbon kaynağı olarak klorpirifosun %46- 72' sini parçalayabilmişlerdir (Lakshmi ve ark., 2008). Kalıcı organik kirleticiler üzerinde bir başka biyoremediasyon çalışması da hareketsizleştirilmiş *Candida tropicalis* tarafından gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada da zaman bağlı olarak artan biyoremediasyon oranı saptanmıştır (Basak ve ark., 2014). Bu çalışma neticesinde de anlaşılmıştır ki bakteri suşları biyoreaktörlerde de biyoremediasyon faaliyetleri boyunca aktif olarak kalabilirler (Lin ve ark., 2015). Bu, biyoremediasyonun çevre kirliliğini iyileştirmek için verimli ve alternatif bir yöntem olabileceği anlamına gelir.

Pestisitlerin toksik etkilerinin gideriminde, mikroorganizma kullanılması tavsiye edilir. Pestisitler alıcı ortamlara verildikten sonra kontamine alanlara verdikleri olumsuz etkiler BOİ₅ ve KOİ gibi önemli çevresel parametreler ile de araştırılabilir.

Bu tez ile ilgili çalışmalar tarım toprağından izole edilen bakterilerin kullanımı ile ilgilidir. Daha önce birçok araştırmada kullanılan mikroorganizmalar pestisit üreten firmaların aktif çamurlarından izole edilen türlerdir. Bu araştırma çalışmasının diğerlerinden farkı, mikroorganizmaların tarımsal alandan izole edilmiş olmalarıdır.

Herbisit kalıntılarının biyoremediasyon süreci; mikroorganizmanın aktivitesi ve besin gereksinimleri ile ilgilidir (Field ve diğerleri, 1995, Ergüven ve Yıldırım, 2016). *Penicillium* türü enzimlerin herbisitler gibi mikro kirleticileri metabolize edebildiğı ve içerdığı kimyasalların toksik etkilerini lignini parçalayarak 15 günde %76, 30 günde ise %94 oranında giderebildiğı belirlenmiştir (Siripong ve ark., 2009). Deneylerde karışık bakteri ortamının kullanıldığı aerobik ve anaerobik tesislerde yapılan literatür çalışmaları göstermiştir ki, endosülfanın biyolojik olarak %96'ya kadar parçalanabilmektedir (Kumar ve Philip, 2006). Góngora-Echeverría ve ark. (2020), saf suşlarda ve mikrobiyal konsorsiyumda glifosatın bozunmasını araştırmışlardır. Kirlenmiş tarım topraklarının iyileştirilmesinde bile aşılama yoluyla biyoremediasyon verimliliğini ortaya çıkardılar. *Pseudomonas nitroreducens*, *Ochrobactrum* sp. B18 ve *Pseudomonas citronellolis* suşu ADA-23B konsorsiyumu ile glifosat herbisitinde tarım alanlarında %90'dan yüksek bir giderim verimi elde etmişlerdir. Ergüven ve Yıldırım (2016)' da, KOİ'yi azaltarak klorsülfüron herbisitinin biyoremediasyon oranını araştırdılar *B. simplex*, *B. muralis*, *M. luteus*, *M. yunnanensis* ve *C. tetani*'nin giderim oranlarının 4.5 günün sonunda %70 ile %93 arasında olduğunu belirlediler. Toprak bakterileri tarafından biyolojik olarak parçalanan klorpirifos üzerine yapılan bir çalışmada Tatar ve ark. (2020)' de, metomil insektisitinin biyoremediasyon öncesi ve sonrası toksisitesini inceledi. Çalışmaları sonucunda 8 günün sonunda *Ochrobactrum thiophenivorans* ve *Sphingomonas melonis* KOİ parametresinde %94,7 ve %96,8 oranında azalma gerçekleştirmiştir. Belal ve Elkhateeb (2014)' de başka bir diniroanilin grubu olan pendimethalinin biyoremediasyonu üzerine bir çalışma yürütmüştür. Bu çalışmayı 16S rDNA yöntemi ile pendimethalin ile kirlenmiş topraktan herbisiti izole edilmiş *Pseudomonas putida* türü bakteri ile incelemişlerdir. Bir ayın sonunda, 100 µg/ml pendimethalin konsantrasyonunun tamamının bu bakteri tarafından uzaklaştırıldığını gözlemlediler.

Benzer şekilde Belal ve Elkhateeb (2014)' de, *Phanerochaete chrysosporium* ile yaptıkları biyolojik giderim çalışmasında 100 ppm konsantrasyondaki pendimethalinin %56 oranında uzaklaştırıldığını sucul organizmalarda belirlemişlerdir. 7 gün sonunda %75, 14, 21 ve 28 gün sonunda %85 ve %95 oranında bir giderim verimi yakalamışlardır.

Herbisitler dünya çapında yaygın olarak kullanıldıkları için karasal ve sucul bitkileri kontrol etmek için kullanılmalarının yanında, hedef olmayan diğer türlere karşı toksik potansiyelin değerlendirilmesi de büyük önem taşımaktadır (Williams ve diğerleri, 2000). *Daphnia* türleri zehirli kimyasallara karşı balık, kuş ve memeliler gibi diğer canlılara göre daha duyarlı oldukları da bilinmektedir. Bu, ilgili sodyum kanalı duyarlılığının artması, vücutlarının daha küçük olması ve metabolizma farkının artması ve metabolik hızın düşmesiyle riskin artması ile ilişkilidir (Korkmaz ve ark., 2021).

Daphnia 'nın tepki düzeyi, kontaminasyon düzeyi ve toksik maddelere maruz kalma süresi ile ilişkilidir (Ren ve ark., 2009). *Daphnia* 'nın ilk dönem yavrularının toksik kirleticilere yetişkinlere göre daha duyarlı olduğu bildirilmiştir (Hanazato, 1991). *Daphnia*, doğrudan gelen birincil atık suları arıtamaz. Bununla birlikte, teorik olarak *Daphnia*'nın inhibisyonunun KOİ veya biyokimyasal oksijen ihtiyacı varlığı, organik maddenin toksisitesi, heterotrofik nedeniyle oksijenin tükenmesi büyüme aşamasına veya bunların bir kombinasyonuna olabilir (Pous ve diğerleri, 2020) Bu vakadan dolayı biz de bu çalışmada 10-15 günlük *D. magna* kullandık. Kısa maruz kalma sürelerinde (24, 48, 72 ve 96 saat) tabi tutarak ölüm oranını inceledik.

Pyroxasulfone bozulmadığı için giderim veriminin yüksek görüldüğü ortamlardaki artan ölüm oranları, stres ve çeşitli organların, enzimlerin veya metabolitlerin değişmesinin etkisine bağlı olabilir. Benzer şekilde Aghoghovwia ve Izah (2018), çevresel toksik maddelerin *D. magna* 'nın çeşitli organlarını veya sistemlerini etkileyebileceğini bildirmiştir. Colomer et al. (2019), *Daphnia magna*, gıda konsantrasyonlarının biyolojik bozunma kapasitelerini sınırlamaması koşuluyla, yabancı maddelere maruz kaldığında sakin koşullara göre daha uzun süre hayatta kalabilir.

Mortalite tahlillerinin sonuçları, bakteri izolatlarımızın (özellikle *S. pseudosanguinis*) herbisitleri detoksifiye etme konusunda oldukça yetenekli olduğunu gösterdi. Benzer şekilde Zhao ve ark. (2015) *Pseudomonas spp.* GA09, GA07 ve GC04 suşları, glifosata karşı en iyi biyolojik bozunma yeterliliğini oluşturdu ve glifosatın biyolojik olarak iyileştirilmesine ilişkin laboratuvar deneyleri için kullanıldı.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma, tarım arazilerinde kullanımı tavsiye edilen konsantrasyonlarda hazırlanan pyroxasulfone herbisitinin yeni izole edilmiş *M. arthrophorea* ve *M. radiotolerans* türündeki toprak bakterileriyle ve bunların konsorsiyumlarıyla çalkalanmış ortamlarda KOİ ve TOK düzeyinde biyoremediasyonuna ilişkin ilk çalışmadır. Çalışmada ayrıca arıtılmamış ve biyolojik olarak arıtılmış hallerdeki Pyroxasulfone herbisitinin *Daphnia magna* üzerinde gösterdiği mortalitenin değerlendirilmesi de yapılmıştır.

Çalışmada tarım arazisinde kullanımı tavsiye edilen konsantrasyonlarda pyroxasulfone kullanılarak, bu herbisiti kullanan ya da kullanacak olan çiftçilerin de alıcı ortamlarını rehabilite etmeleri için bir çözüm yolu önerisinde bulunulmuştur. Ayrıca biyoremediasyon giderimi pahalı bir yöntem olan kromatografik yöntemlere bir alternatif olan KOİ ve TOK ile takip edilmiştir.

Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre her iki bakteri türü ve bunların konsorsiyumları, etkili bir giderim verimi göstermiştir ve kullanılmaları tavsiye edilmektedir. Mortalite sonuçlarına bakıldığında giderimin en yüksek olduğu ortamlarda görülen yüksek mortalite oranları, parçalanmış pestisit türlerinin *Daphnia magna* üzerinde toksik etki yarattığı yönündedir. Bu bağlamda bu tür çalışmaların mutlaka mortalite testleri ile devam ettirilip, giderimi hedef alınan pestisit türlerinin parçalanma sonrası yan ürünlerinin de incelenmesi gerektiği anlaşılmıştır.

5. KAYNAKLAR

ABD Çevre Koruma Ajansı . “Why We Use Pesticides.” *EPA*, June 27, 2017.

Abouzienna, H., Haggag, W., 2016. Weed control in clean agriculture: A review1. *Planta Daninha*, 34:377–392.

Abouzienna, H., Haggag, W., 2016. Weed control in clean agriculture: A review1. *Planta Daninha*, 34: 377–392.

Adetunji, C.O., Oloke, J.K., Bello, O.M., Pradeep, M., Jolly, R.S., 2019. Innovation. Isolation, structural elucidation and bioherbicidal activity of an eco-friendly bioactive 2 (hydroxymethyl) phenol, from *Pseudomonas aeruginosa* (C1501) and its ecotoxicological evaluation on soil. *Environ. Technol. Innov.*, 13: 304–317.

Adetunji, C.O., Oloke, J.K., Bello, O.M., Pradeep, M., Jolly, R.S., 2019. Innovation. Isolation, structural elucidation and bioherbicidal activity of an eco-friendly bioactive 2 (hydroxymethyl) phenol, from *Pseudomonas aeruginosa* (C1501) and its ecotoxicological evaluation on soil. *Environ. Technol. Innov.*, 13:304–317.

Aghoghovwia, O.A., Izah, S.C., 2018. Toxicity of glyphosate based herbicides to fingerlings of *Heterobranchus bidorsalis*. *Int. J. Avian Wildl. Biol.* 3, 397–400.

Ahmadi, A.R., Shahbazi, S., Diyanat, M., 2016. Efficacy of five herbicides for weed control in rain-fed lentil (*Lens culinaris* Medik.). *Weed Technol.* , 30:448–455.

Ahmadi, A.R., Shahbazi, S., Diyanat, M., 2016. Efficacy of five herbicides for weed control in rain-fed lentil (*Lens culinaris* Medik.). *Weed Technol.*, 30:448–455.

Alexander, M. , 1999. Biodegradation and bioremediation second edition, Academic Press New York.

Alexander, M., 1999. Biodegradation and bioremediation second edition, Academic Press New York.

Ali, N. et al. (2020). Bioremediation of soils saturated with spilled crude oil. Scientific Reports, 10,

Altıkat, A., Turan, T., Ekmekyapar Torun, F., 2009. Türkiye’de Pestisit Kullanımı ve Çevreye Olan Etkileri. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 40(2):87-92.

Altındağ, A., Ergönül, M.B., Yiğit, S., Baykan, Ö., 2008. The acute toxicity of lead nitrate on *Daphnia magna* Straus. *African Journal of Biotechnology*, 2(23):4298-300.

Andrew, I., Storkey, J., Sparkes, D., 2015. A review of the potential for competitive cereal cultivars as a tool in integrated weed management. *Weed Res.*, 55:239–248.

Atwood, D., Paisley-Jones, C., 2017. “Pesticides Industry Sales and Usage: 2008-2012 Market Estimates.” Environmental Protection Agency,. Retrieved May 29, 2019, from https://www.epa.gov/sites/production/files/2017-01/documents/pesticides-industry-sales-usage-2016_0.pdf .

Atwood, D., Paisley-Jones, C., 2019. “Pesticides Industry Sales and Usage: 2008-2012 Market Estimates.” *Environmental Protection Agency*, 2017. Retrieved May 29, 2019, from https://www.epa.gov/sites/production/files/2017-01/documents/pesticides-industry-sales-usage-2016_0.pdf .

Babu, S.S., Mohandass, C., Vijayaraj, A.S., Dhale, M.A., 2015. Detoxification and color removal of Congo Red by a novel *Dietzia* sp.(DTS26)–a microcosm approach. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 114:52–60.

Bahadur, S., Verma, S., Prasad, S., Madane, A., Maurya, S., Gaurav, V.V., Sihag, S.J., 2015. Eco-friendly weed management for sustainable crop production-A review. *J. Crop Weed*, 11:181–189.

Bao, S., Pan, B., Wang, L., Cheng, Z., Liu, X., Zhou, Z., Nie, X., 2020. Adverse effects in daphnia magna exposed to e-waste leachate: Assessment based on life trait changes and responses of detoxification-related genes. *Environ. Res.* 188, 109821.

Barker, A.V., Bryson, G.M., 2002. Bioremediation of heavy metals and organic toxicants by composting, *The Scientific World Journal*, 2:407-420.

Basak B, Bhunia B, Dey A 2014. Studies on the potential use of sugarcane bagasse as carrier matrix for immobilization of *Candida tropicalis* PHB5 for phenol biodegradation. *Int Biodeterior Biodegrad* 93:107–117.

Battaglin, W.A. , Meyer ,M.T., , Kuivila, K.M. , 2019. Glyphosate and Its Degradation Product AMPA Occur Frequently and Widely in U.S. Soils, Surface Water, Groundwater, and Precipitation. *Journal of the American Water Resources Association (JAWRA)*, 50(2):275-290.

Belal, E.B., Elkhateeb, N.M., 2014. Biodegradation of pendimethalin residues by *P. chrysosporium* in aquatic system and soils. *J. Biol. Chem. Environ. Sci.* 9, 383–400.

Benbrook C.M., 2016. Trends in glyphosate herbicide use in the United States and globally. *Environ Sci Eur.* 28(1): 3.

Bianchini, A., Wood, C.A., 2002. Physiological effects of chronic silver exposure in *Daphnia magna* Comparative. *Comp. Biochem. Physiol. C Toxicol.* 133: 137–145.

Bond,W., Grundy, A., 2001. Non-chemical weed management in organic farming systems. *Weed Res.*, 41:383–405.

Boopathy, R ., 2000. Factors limiting bioremediation Technologies, *Bioresource Technology.* 74(1):63-67.

Bownik, A., 2017. Daphnia swimming behaviour as a biomarker in toxicity assessment: a review. *Sci. Total Environ.* 601, 194–205.

Brian, J.R., Fermor, T.R. and Semple, K.T., 2002. Induction of PAH-catabolism in mushroom compost and its use in the biodegradation of soil associated phenanthrene. *Environmental Pollution*, 118(1):65-73.

Cairney, T., 1993. Contaminated Land, p. 4, Blackie, London.

Canton, J.H., Adema, D.M.M., 1978. Reproducibility of short-term and reproduction toxicity experiments with *Daphnia magna* and comparison of the sensitivity of *Daphnia magna* with *Daphnia pulex* and *Daphnia cucullata* in short-term experiments. *Hydrobiologia*, 59:135-140.

Caverzan A., Piasecki C., Chavarria G., Stewart C.N. Jr, Vargas L., 2019. Defenses against ROS in Crops and Weeds: The Effects of Interference and Herbicides. *Int. J. Mol. Sci.* 20: 1086.

Ceyhan, N., Esmeray, E., 2012. Petrol kirliliği ve biyoremediasyon. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 5(1):95-101.

Chalivendra, S., 2014. Biomediation of wastewater using microalgae. *Doktora Tezi*, University of Dayton, Ohio , 188 s.

Chauhan, B.S., 2020. Grand challenges in weed management. *Front. Agron.*, 1:3.

Colomer, J., Müller, M., Barcelona, A., Serra, T., 2019. Mediated food and hydrodynamics on the ingestion of microplastics by *Daphnia magna*. *Environ. Pollut.* 251, 434–441.

Das, M., Adholye, A., 2012. Role of microorganisms in remediation of contaminated soil. *Microorganisms in Environmental Management: Microbes and Environment*, (eds: Satyanarayana, T., Johri, B.N., Prakash, A.), Springer Science & Business Media, London, Newyork, 81-111.

Dayan, F.E., 2019. Current status and future prospects in herbicide discovery. *Plants*, 8:341.

Del Rey, J.C., Lizana, A.R., Agüera-Vega, J., Ruiz, M.P., 2013. Field sprayer for inter and intra-row weed control: Performance and labor savings. *Span. J. Agric. Res.* , 11: 642–651.

Demirsoy, A., 2001. Yasamın Temel Kuralları, omurgasızlar = invertebrata böcekler dışında Cilt-II / Kısım-I, dördüncü baskı, 799 -817, Ankara.

Dindar, E., Topaç Şağban, F.O., Başkaya, H.S., 2010. Kirlenmiş toprakların biyoremediasyon ile ıslahı. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 15(2):123-137.

Duke, S.O., 2015. Perspectives on transgenic, herbicide-resistant crops in the United States almost 20 years after introduction. *Pest Manag. Sci.*, 71:652–657.

Ebert, D., 2005. Ecology, Epidemiology, and Evolution of Parasitism in *Daphnia*. National Library of Medicine.

Edition, F., 2002. Methods for measuring the acute toxicity of effluents and receiving waters to freshwater and marine organisms.

Erdin, E., 2021. Kompost ve Kompostlaştırma hakkında özlü bilgiler. <http://web.deu.edu.tr/erdin/pubs/doc25.htm> 19.12.2021.

Ergüven, G.Ö., Yildirim, N., 2016. Efficiency of some soil bacteria for chemical oxygen demand reduction of synthetic chlorsulfuron solutions under agitated culture conditions. *Cell. Mol. Biol.* 62, 92–96.

Ergüven, G. Ö. , 2017. Role of Some Selected Fungi Cultures on Bioremediation of Herbicide Chlorsulfuron. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 14 (02):110-118.

Ergüven, G.Ö., Yildirim, N. 2019. The evaluation of imidacloprid remediation in soil media by two bacterial strains. *Curr Microbiol* 76(12):1461–1466.

Field, J.A., Stams, A.J.M., Kato, M., Schraa, G., 1995. Enhanced biodegradation of aromatic pollutants in cocultures of anaerobic and aerobic bacterial consortia. *Antonie Van Leeuwenhoek* 67, 47–77.

Frutos FJG, Pe'rez R, Escolano O, Rubio A, Gimeno A, Fernandez MD, et al 2012. Remediation trials for hydrocarbon-contaminated sludge from a soil washing process: Evaluation of bioremediation technologies. *Journal of Hazardous Materials*. 199:262-271.

Ganie, Z.A., Obrigawitch, T., Kang, I.H., Copeland, D., Gutteridge, S., May, J., Schrage, B., Albright, R., Chandi, A., 2020. An outlook of FMC's current and future herbicide-resistance management strategies. *Pest Manag. Sci.*, 77: 1559–1563.

Góngora-Echeverría, V.R., García-Escalante, R., Rojas-Herrera, R., Giacomán-Vallejos, G., Ponce-Caballero, C., 2020. Pesticide bioremediation in liquid media using a microbial consortium and bacteria-pure strains isolated from a biomixture used in agricultural areas. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 200, 110734.

Guo, Y., Cheng, L., Long, W., Gao, J., Zhang, J., Chen, S., Pu, H., Hu, M., 2021. Synergistic mutations of two rapeseed AHAS genes confer high resistance to sulfonylurea herbicides for weed control. *Theor. Appl. Genet.* , 133:2811–2824.

Hanazato, T., 1991. Effects of long-and short-term exposure to carbaryl on survival, growth and reproduction of *Daphnia ambigua*. *Environ. Pollut.* 74, 139–148.

Hickey, L.T., Hafeez, A.N., Robinson, H., Jackson, S.A., Leal-Bertioli, S.C., Tester, M., Gao, C., Godwin, I.D., Hayes, B.J., Wulff, B.B., 2019. Breeding crops to feed 10 billion. *Nat. Biotechnol.*, 37: 744–754.

İleri, S., Karaer, F., 2011. Tekstil İşletmesi Atıksularında Fenton Prosesi İle Akut Toksisite Giderimi. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 16(2):15.

Kaur, G., 2019. Herbicides and its role in induction of oxidative stress- A review, *International Journal of Environment*, 4(4): 995-1004.

Kelly, P.T. , Zhen, H., 2014. Understanding the application niche of microbial fuel cells in a cheese wastewater treatment process. *Bioresource Technology.*, 157: 154–160.

Khan, F.I., Husain, T., Hejazi, R., 2004. An overview and analysis of site remediation technologies, *Journal of Environmental Management*, 71:95-122.

Kiely, T., Donaldson, D. , Grube, A., 2004. Pesticides Industry Sales and Usage: 2000 and 2001 Market Estimates. U.S. Environmental Protection Agency, Washington DC 20460/U.S.A., www.epa.gov/pesticides, 3p.

Kniss A.R. 2017. Long-term trends in the intensity and relative toxicity of herbicide use. *Nat Commun.* 8: 14865.

Korkmaz, V., Yıldırım, N., Ergüven, G.Ö., Durmuş, B., Nuhoglu, Y., 2021. The bioremediation of glyphosate in soil media by some newly isolated bacteria: The COD, TOC removal efficiency and mortality assessment for *Daphnia magna*. *Environmental Technology & Innovation*, 22:1-9.

Kumar, M., Philip, L., 2006. Adsorption and desorption characteristics of hydrophobic pesticide endosulfan in four Indian soils. *Chemosphere* ,62:1064–1077.

Kumar, JIN., Bora, A., Kumar, RN., 2013. Toxicity analysis of pesticides on cyanobacterial species by 16S rDNA molecular characterization. Proceedings of the International Academy.

Lakshmi CV, Kumar M, Khanna, S. 2008. Biotransformation of chlorpyrifos and bioremediation of contaminated soil. *Int Biodeterioration Biodegradation* 62(2):204–209.

Lilius, H., Isomaa, B. , Holmström, T. 1994. A comparison of the toxicity of 50 reference chemicals to freshly isolated rainbow trout hepatocytes and *Daphnia Magna*. *Aquatic Toxicology*, 30:47-60.

Lin J, Gan L, Chen Z, Naidu, R. 2015. Biodegradation of tetradecane using *Acinetobacter venetianus* immobilized on bagasse. *Biochem Eng J.*, 100:76–82.

Maila MP, Colete TE. 2004. Bioremediation of petroleum hydrocarbons through land farming: Are simplicity and cost-effectiveness the only advantages? Review. *Environmental Science Biotechnology*, 3:349-360.

Martins, J., Teles, O., Vasconcelos, V., 2007. Assays with *Daphnia magna* and *Danio rerio* as alert systems in aquatic toxicology. *Environ. Int.*, 33, 414-425.

Matloob, A., Safdar, M.E., Abbas, T., Aslam, F., Khaliq, A., Tanveer, A., Rehman, A., Chadhar, A.R., 2019. Challenges and prospects for weed management in Pakistan: A review. *Crop Prot.*, 134:104724.

Maund, S.J., Campbell, P.J., Giddings, J.M., Hamer, M.J., Henry, K., Pilling, E.D., Warinton, J.S., Wheeler, J.R., 2011. Ecotoxicology of synthetic pyrethroids. *Pyrethroids* 13:7–165.

McCauley LA, Kent Anger W, Keifer M, Langley R, Robson MG, Rohlman D., 2006. Studying health outcomes in farmworker populations exposed to pesticides. *Environ Health Persp* 114: 953-60.

Megharaj, M., Ramakrishnan, B, Venkateswarlu, K., Sethunathan, N. and Naidu, R., 2011. Bioremediation approaches for organic pollutants: A critical perspective. *Environment International*, 37(8):1362-1375.

Megharaj, M., Ramakrishnan, B, Venkateswarlu, K., Sethunathan, N. and Naidu, R. 2011. Bioremediation approaches for organic pollutants: A critical perspective. *Environment International* 37(8):1362-1375.

Miner, B.E., De Meester, L., Pfrender, M.E., Lampert, W., Hairston, Jr., N.G., 2012. Linking genes to communities and ecosystems: *Daphnia* as an ecogenomic model. *Proc. R. Soc. B Biol. Sci.*, 279:1873–1882.

Mohapatra, P. K., 2008. Textbook of Environmental Microbiology . İ.K. İnternational Publishing House Pvt. Ltd., New Delhi, 546.

Mora-Ravelo, S. G. ,Alarcon, A. , Rocandio-Rodriguez, M., Vanoye-Eligio, V., 2017. Bioremediation Of Wastewater For Reutilization In Agricultural Systems: A Review. *Applied Ecology And Environmental Research*, 15(1): 33-50.

Önalın, S.K., 1996. Farklı besi ortamlarının su perisi (*Daphnia magna*) ‘nın yaşaması üzerine etkisi, *Yüksek Lisans Tezi*, Atatürk Üniversitesi, Erzurum, 30s.

Öztürk, S., 1990. “Tarım İlaçları”, s.174, İstanbul.

Pous, N., Hidalgo, M., Teresa, S., Colomer, J., Colprim, J., Salvadó, V., 2020. Assessment of zooplankton-based eco-sustainable wastewater treatment at laboratory scale. *Chemosphere* 238, 124683.

Persoone, G. , Baudo, R., Cotman, M., Blaise, C., Thompson, K., Moreira-Santos, M., Vollat, B., Törökne, A., Han, T., 2009. Review on the acute *Daphnia magna* toxicity test – Evaluation of the sensitivity and the precision of assays performed with organisms from laboratory cultures or hatched from dormant eggs. *Knowledge Managment Aquatic Ecosystems*, 393(01):29.

Persooone, G., Janssen, C.R., 1993. Freshwater invertebrate toxicity tests. Colow P(eds) Handbook of Ecotoxicology, Blackwell scientific, Oxford,51-65.

Radosevich, S. R. and Holt, J. S., 1984. Weed Ecology: Implications for Vegetation Management. A Wiley-Interscience Publication, New York, United States of America, ISBN 0-471-87674-7,265p.

Ren, Z., Li, Z., Ma, M., Wang, Z., Fu, R., 2009. Behavioral responses of *Daphnia magna* to stresses of chemicals with different toxic characteristics. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 82:310.

Semple, K. T., Redi, B.J., Fermor, T.R., 2001. Impact of composting strategies on the treatment of soils contaminated with organic pollutants. *Environmental Pollution*, 112:269-283.

Shah, A., Shah, M., 2020. Characterisation and bioremediation of wastewater: A review exploring bioremediation as a sustainable technique for pharmaceutical. *Groundwater for Sustainable Development*, 11 doi: 100383.

Singh, K., Chandra, S., 2014. Treatment of petroleum hydrocarbon polluted environment through bioremediation: a review. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 17(1):1-8.

Silva-Castro GA, Uad I, González-López J, Fandiño CG, Toledo FL, Calvo C. Application of selected microbial consortia combined with inorganic and oleophilic fertilizers to recuperate oil-polluted soil using land farming technology. *Clean Technology of Environment Policy.*, 2012(14):719-726.

Siripong, P., Oraphin, B., Sanro, T., Duanporn, P., 2009. Screening of fungi from natural sources in Thailand for degradation of polychlorinated hydrocarbons. *Am. J. Agric. Environ. Sci.* 5, 466–472.

Smith E, Thavamani P, Ramadass K, Naidu R, Srivastava P, Megharaj M. 2015. Remediation trials for hydrocarbon-contaminated soils in arid environments: Evaluation of bioslurry and biopiling techniques. *Integrated Journal of Biodeterioration Biodegradation*, 101:56-65.

Speight, J.G., Arjoon, K.K., (eds.), 2012. Energy and Environment: Bioremediation of petroleum and petroleum products. Somerset, NJ, USA, 2012.

Tatar, S., Yildirim, N.C., Serdar, O., Erguven, G.O., 2020. Can toxicities induced by insecticide methomyl be remediated via soil bacteria *Ochrobactrum thiophenivorans* and *Sphingomonas melonis*? *Curr. Microbiol.*, 77:1301–1307

Thapa, B., Kumar, A., Ghimire, A., 2012. A review on bioremediation of petroleum hydrocarbon contaminants on soil, *Kathmandu University Journal of Science, Engineering and Technology*, 8:167-170.

Van Hamme, J.G., 2000. Crude oil biodegradation by a mixed bacterial culture, *Doktora Tezi*, University of Waterloo, Ontario, Canada, 203s.

Vats S. 2015. Herbicides: History, Classification and Genetic Manipulation of Plants for Herbicide Resistance Springer International Publishing Switzerland E. Lichtfouse (ed.), *Sustainable Agriculture Reviews*, 15:153-92.

Vidali, M., 2001. Bioremediatio, An overview, *Pure and Applied Chemistry*, 73:1163-1172.

WenJun Zhang, 2018. Global pesticide use: Profile, trend, cost / benefit and more Proceedings of the International Academy of *Ecology and Environmental Sciences*. 8(1): 1-27.

Williams, G.M., Kroes, R., Munro, I.C., 2000. Safety evaluation and risk assessment of the herbicide Roundup and its active ingredient, glyphosate, for humans. *Regul. Toxicol. Pharmacol.*, 31:117–165.

Worthing, C.R., Hance, R.J., 1991. “The Pesticide Manual” 9th, The British Crop Protection Council, 0-948404-42-6, 1141s .

Wu, D., Liu, Z., Cai, M., Jiao, Y., Li, Y., Chen, Q., Zhao, Y., 2019. Molecular characterisation of cytochrome P450 enzymes in waterflea (*Daphnia pulex*) and their expression regulation by polystyrene nanoplastics. *Aquat. Toxicol.*, 217:105350.

Yalvaç, M., 2005. Göksu Deltası Sucul Ekosisteminde Endosülfan ve Methamidophos Pestisitlerinin Kalıntı Düzeylerinin Araştırılması. *Doktora Tezi*. Mersin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mersin.

Zhang, R., Liu, J., Chai, Z., Chen, S., Bai, Y., Zong, Y., Chen, K., Li, J., Jiang, L., Gao, C., 2019. Generation of herbicide tolerance traits and a new selectable marker in wheat using base editing. *Nat. Plants*, 5:480–485.

Zhao, H., Tao, K., Zhu, J., Liu, S., Gao, H., Zhou, X., 2015. Bioremediation potential of glyphosate-degrading *Pseudomonas* spp. strains isolated from contaminated soil. *J. Gen. Appl. Microbiol.*, 61:165–170.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Duygu TEKİN
Yabancı Dil : İngilizce
Doğum Yeri ve Yılı :
e-posta :

Eğitim ve Mesleki Geçmişi:

- 2010-2014, Atatürk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü
- 2015-2018, Çevre Mühendisi / Çevre Görevlisi, Eren Holding, Çevre Yönetim Birimi
- 2021-,Çevre Mühendisi / Çevre Görevlisi, Şimşek Geri Dönüşüm, Çevre Yönetim Birimi

Yayınları ve/veya Bilimsel/Sanatsal Faaliyetleri:

- 2013, Bitirme Tezi, Zeytinyağı Endüstrisi Atık Sularının Arıtılması, Zeytinyağı üretimi sonucunda oluşan zeytin atık suyu için uygulanabilecek arıtım teknolojileri incelenerek; alternatif bir sistem üzerinde yeni çalışmalar planlanmıştır. Bu kapsamda zeytinyağı üretim aşamaları, üretim sonucunda oluşan atık su genel hatları ile incelenmiş ve zeytin atık suyu için küçük ölçekli bilimsel proses yaklaşımları ile bir arıtım sistemi hazırlanmıştır, Erzurum
- Sadıkoğlu, S; Düztaş, D, ve diğerleri, 2013, Zeytinyağı Endüstrisi Atık Sularının Arıtılması,70s
- ISO 14001:2015 Çevre Yönetim Sistemi Temel Eğitimi
- ISO 14001:2015 Çevre Yönetim Sistemi İç Tetkik Eğitimi
- Tekin, D., Ergüven G., Korkmaz, V., 2021. Comparison Of Pyroxasulfone's Bioremediation With Some Soil Bacteria Based On Chemical Oxygen Demand And Its Effect On Mortality On Daphnia Magna. III. Balkan Agricultural Congress, Edirne, Turkey, 29 August-1 September, s.486-494.

Mesleki Birlik/Dernek/Kuruluş Üyelikleri:

- 2022 İklim Elçisi