

**T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**TARIM İLAÇLARININ ZARARLI ETKİLERİNİN  
İYON DEĞİŞTİRİCİLERLE GİDERİLMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Feyza GÜÇLÜ GEZER**

**Enstitü Anabilim Dalı : KİMYA**

**Tez Danışmanı : Prof.Vahdettin SEVİNÇ**

**EYLÜL 2006**

**T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**TARIM İLAÇLARININ ZARARLI ETKİLERİNİN  
İYON DEĞİŞTİRİCİLERLE GİDERİLMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Feyza GÜÇLÜ GEZER**

**Enstitü Anabilim Dalı : KİMYA**

**Tez Danışmanı : Prof.Vahdettin SEVİNÇ**

**Bu tez 13 / 09 /2006 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.**

**Prof. Vahdettin SEVİNÇ  
Jüri Başkanı**

**Prof. Dr. Ali Osman AYDIN  
Jüri Üyesi**

**Prof. Dr. İ.Ayhan ŞENGİL  
Jüri Üyesi**

## TEŞEKKÜR

Yüksek lisans çalışmam boyunca danışmanlığımı yürüten, her açıdan yardım, fikir ve desteğini benden esirgemeyen değerli hocam Prof. Vahdettin SEVİNÇ'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Deneysel çalışmaların yürütülmesi için her türlü imkanı sağlayan, bu çalışmalar sırasında bana daima yol gösterici olan ve beni cesaretlendiren Araş. Gör. Esra ALTINTIĞ'a teşekkür ederim.

Bütün deneysel çalışmalar esnasında bana yardımcı olan Yrd. Doç. Dr. Hüseyin KARACA'ya da teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca bana gösterdiği sonsuz destek ve sabır için sevgili eşim Ali GEZER'e, kızlarıma ve yakın çevreme de teşekkürü bir borç bilirim.

Mayıs 2006  
Feyza GÜÇLÜ GEZER

## İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	vii
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	ix
TABLOLAR LİSTESİ.....	x
ÖZET.....	xi
SUMMARY.....	xii

### BÖLÜM 1.

GİRİŞ.....	1
------------	---

### BÖLÜM 2.

TARIM VE ÇEVRE ETKİLEŞİMİ.....	4
2.1. Tarımsal Mücadele.....	5
2.2. Pestisitlerin Tarihçesi.....	7
2.3. Pestisitlerin Kullanımının Sınırlandırılması.....	8
2.3.1. Türkiye’de pestisitlerin kullanımı ve sınırlandırılması.....	12
2.3.2. Türkiye’de pestisit kalıntı çalışmaları.....	14
2.4. Pestisitlerin Sınıflandırılmaları.....	15
2.4.1. Pestisitlerin formülasyon şekillerine göre sınıflandırılması.....	16
2.4.2. Pestisitlerin kimyasal yapılarına göre sınıflandırılması.....	16
2.4.2.1. Sentetik organik pestisitler.....	16
2.4.2.2. Sentetik organik madde şeklinde olmayan pestisitler...	17
2.4.3. Pestisitlerin kullanım şekline göre sınıflandırılması.....	17
2.4.4. Pestisitlerin kullanıldıkları zararlı grubuna göre sınıflandırılması.....	17

2.4.5. Pestisitlerin hedef alınmayan canlılar üzerindeki etkileri bakımından sınıflandırılması.....	18
2.4.5.1. Kanserojen etkili pestisitler.....	18
2.4.5.2. Teratojen etkili pestisitler.....	18
2.4.5.3. Mutajen etkili pestisitler.....	18
2.4.5.4. Alerji yapan pestisitler.....	18
2.5. Pestisitlerin Ekolojik Özellikleri.....	18
2.6. Pestisitlerin İnsan ve Çevreye Olumsuz Etkileri.....	19
2.6.1. Genel etkiler.....	20
2.6.2. Pestisitlerin insan sağlığına etkileri.....	21
2.6.2.1. Direkt- toksin etkiler.....	21
2.6.2.2. Sekonder- toksik etkiler.....	23
2.7. Pestisitlerin Sulara Karışmaları ve Etkileri.....	26
2.8. Pestisitlerin Toprağa Karışmaları ve Etkileri.....	30
2.8.1. Pestisitlerin topraktan taşınma yolları.....	32
2.8.1.1. Buharlaşma.....	32
2.8.1.2. Yüzey akışı.....	33
2.8.1.3. Toprağa sızma.....	33
2.8.1.4. Absorbsiyon.....	34
2.8.1.5. Tarımsal ürünler.....	34
2.9. Pestisitlerin Atmosfere Etkileri.....	34
2.10. Organizmalarda Pestisitlere Duyarlılık Azalışı.....	36
2.11. Pestisitlerin Yaban Hayatına Etkileri.....	36

### BÖLÜM 3.

İYON DEĞİŞTİRİCİLER.....	38
3.1. Zeolit.....	40
3.1.1. Klinoptilolit.....	42
3.2. Zeolitlerin Kullanıldığı Alanlar.....	44
3.2.1. Kirlilik kontrolü.....	45
3.2.1.1. Radyoaktif atıkların temizlenmesi.....	45
3.2.1.2. Atık suların temizlenmesi.....	45
3.2.1.3. Baca gazlarının temizlenmesi.....	45

3.2.1.4. Petrol sızıntılarının temizlenmesi.....	46
3.2.1.5. Oksijen üretimi.....	46
3.2.2. Enerji.....	46
3.2.2.1. Kömür üretimi.....	46
3.2.2.2. Doğal gazların saflaştırılması.....	47
3.2.2.3. Güneş enerjisinden faydalanma.....	47
3.2.2.4. Petrol ürünleri üretimi.....	47
3.2.3. Tarım ve hayvancılık.....	47
3.2.3.1. Gübreleme ve toprak hazırlanması.....	47
3.2.3.2. Tarımsal mücadele.....	48
3.2.3.3. Toprak kirliliğinin kontrolü.....	48
3.2.3.4. Besicilik.....	48
3.2.3.5. Organik atıkların muamelesi.....	49
3.2.3.6. Su kültürü.....	49
3.2.4. Madencilik ve metalürji.....	49
3.2.4.1. Maden yataklarının aranması.....	49
3.2.4.2. Metalürji.....	49
3.2.5. Diğer kullanım alanları.....	50
3.2.5.1. Kağıt endüstrisi.....	50
3.2.5.2. İnşaat sektörü.....	50
3.2.5.3. Sağlık sektörü.....	50
3.2.5.4. Deterjan sektörü.....	50
3.3. Dünyada ve Türkiye’de Zeolit Oluşumu ve Üretimi.....	51
3.4. Konu İle İlgili Literatürdeki Çalışmalar .....	51

#### BÖLÜM 4.

DENEYSEL ÇALIŞMALAR.....	54
4.1. Deneylede Kullanılan Malzemeler.....	54
4.2. Deneylede Kullanılan Kimyasal Maddeler.....	54
4.3. Deneylede Kullanılan Cihazlar.....	54
4.4. Standart Eğri.....	55

BÖLÜM 5.	
SONUÇLAR.....	56
BÖLÜM 6.	
TARTIŞMA ve ÖNERİLER.....	59
KAYNAKLAR.....	60
EKLER.....	65
ÖZGEÇMİŞ.....	68

## SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

A	: Amstrong
°C	: Santigrat derece
cm	: Santimetre
cm <sup>3</sup>	: Santimetreküp
g/cc	: Gram bölü sisi
g/cm <sup>3</sup>	: Gram bölü santimetreküp
g	: Gram
kg	: Kilogram
meq/g	: Miliekivalent bölü gram
mL	: Mililitre
%	: Yüzde
µmol/kg	: Mikromol bölü kilogram



## Kısaltmalar

AB	: Avrupa Birliği
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
DDT	: Diklorodifeniltri-kloroetan
EPA	: Environmental Protection Agency
FAO	: Food Agricultural Organization
HCH	: Hekzaklorosikloheksan
IARC	: Uluslararası Kanseri Araştırma Konseyi
MCPA	: 2-metil-4-klorofenoksi asetik asit
MTA	: Maden Tetkik Arama
MTBE	: Metil tert-butil eter
SEM	: Taramalı Elektron Mikroskobu
TEPP	: Tetraethylpyrophosphate
WHO	: World Health Organization
XRD	: X-ray Difraksiyonu
2,4-D	: 2,4- diklorofenoksi asetik asit
2,4,5-T	: 2,4,5- triklorofenoksi asetik asit

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 3.1. $\text{SiO}_4$ ve $\text{AlO}_4$ Dörtüzlülerinin kimyasal formülleri.....	41
Şekil 4.1. Standart eğri.....	55
Şekil 5.1. Son konsantrasyon.....	57
Şekil 5.2. % Adsorbsiyon.....	58
Şekil A.1. Klinoptilolit' in X ışınları çekimi.....	65
Şekil B.1. Klinoptilolit numunesinin x 1000'deki SEM fotoğrafı.....	66
Şekil B.2. Klinoptilolit numunesinin farklı bölgesinden x 1000'deki SEM fotoğrafı.....	67
Şekil B.3. Klinoptilolit numunesinin x 5000'deki SEM fotoğrafı.....	67

## TABLULAR LİSTESİ

Tablo 2.1. AB ülkelerinde 1993-1995 tüketimlerine göre hektara isabet eden ortalama pestisit miktarları.....	9
Tablo 2.2. ABD ve AB’de yasaklanmış, kısıtlanmış ya da geri çekilmiş pestisitler.....	11
Tablo 2.3. Türkiye’de zirai mücadele ilaçlarının imalat miktarları (kg/L).....	12
Tablo 2.4. Türkiye’de zirai mücadele ilaçlarının tüketim miktarları (kg/L).....	13
Tablo 2.5. Bazı pestisitlerin ilaçlama yapan insanlar üzerindeki akut zehirlenme etkileri.....	22
Tablo 2.6. EPA, Ulusal Toksikoloji Programı ve IARC tarafından kanserojenik potansiyele sahip olduğu belirtilen ve ülkemizde ruhsatlı olan pestisitler.....	24
Tablo 2.7. Pestisitlerin su ortamlarına taşınım yolları.....	28
Tablo 2.8. Doğada pestisit birikimi.....	29
Tablo 2.9. Bazı pestisitlerin toprakta kalma süreleri.....	31
Tablo 3.1. Doğal zeolit minerallerinin başlıcalarının isimleri.....	41
Tablo 3.2. Doğal zeolit minerallerinin başlıcalarının fiziksel özellikleri.....	43
Tablo 3.3. Klinoptilolite ait bazı özellikler.....	44

## ÖZET

Anahtar Kelimeler: Pestisit, adsorpsiyon, zeolit, klinoptilolit

Pestisitler; tarımda bitkilere zarar veren böcekleri, mikroorganizmaları ve diğer zararlıları yok etmek için kullanılan kimyasal maddelerdir. Pestisitlerin bilinçsiz kullanımı toprak ve su kirliliği açısından büyük çevre sorunlarına neden olmuştur. Bu yüzden temizleme yöntemlerini geliştirmeye ihtiyaç duyulmuştur. Adsorpsiyon bu yöntemlerden biridir.

Doğal zeolitler yüksek iyon değiştirme, nem alma, koruma ve pestisit adsoplama özellikleri ile tarımda, çoğunlukla kil bakımından fakir topraklarda, toprağın iyileştirilmesi ve tarımsal mücadelede yaygın biçimde kullanılmaktadır. Doğal zeolitlerin endüstriyel, tarımsal ve çevre uygulamalarındaki gelişmeleri; seçicilik, iyon değiştirme kapasitesi ve kullanım etkinliği konularını gündeme taşımıştır.

Bu çalışmada pestisitlerin zararlı etkilerini azaltmak için doğal zeolit olan klinoptilolitin adsorpsiyonu incelenmiştir. Doğal zeolit literatürde ve bu çalışmada pestisit moleküllerini adsorbladığı gözlenmiştir.

## **SUMMARY**

### **THE REMOVAL OF HAZARDOUS AFFECT OF AGRICULTURAL PESTICIDES BY ION EXCHANGER**

Keywords : Pesticide, adsorption, zeolite, clinoptilolite

Pesticides are chemical materials used in agriculture in order to exterminate insects, microorganisms and other hazardous which give damages to the plants. The insensible usage of pesticides is causing the big environmental problems in terms of the pollution of soil and water. From this reason it is required to develop the methods of cleaning. Adsorption is the one of these methods.

Natural zeolites have been used vastly in agriculture to improve soil qualities and to fight against insects because their high ion Exchange capacity, humidity taking, cationic potential and adsorptive properties versus pesticides. The ion exchange capacity, selectivity and effective usage of the zeolites were achieved due to the evaluation of their industrial, agricultural and environmental.

In this study, to decrease of the hazardous effects of pesticides, clinoptilolite which is naturally zeolite is used as adsorbent to adsorb pesticides. It is seen in the literature and this study that natural zeolite adsorbs the pesticides.

## **BÖLÜM 1. GİRİŞ**

Dünyanın ana besin kaynağını bitkiler teşkil etmektedir. Ancak bütün canlı varlıklarda olduğu gibi bitkilerde de pek çok hastalık ve zararluya karşı hassasiyet görülmektedir [1].

Dünya nüfusu hızla artmakta, artan nüfus sayısı da yiyecek talebindeki hızlı artışı beraberinde getirmektedir. Artan yiyecek ihtiyacının karşılanmasının yolu tarımda birim alandan daha fazla verim alınmasından geçmektedir. Ancak bu verimi etkileyen böcekler, mantarlar, kemirgenler, nematodlar, akarlar gibi “pest” adı verilen doğal zararlılar mevcuttur [2].

Bitkisel üretimde uygun toprak işleme, yüksek verimli ve kaliteli tohum kullanılması, uygun gübreleme ve sulama gibi verimi arttıran tüm uygulamalar yapılmış olsa dahi, kaliteli ve bol mahsul almak için zararlılar, hastalık etmenleri ve yabancı otlar ile de etkili bir şekilde mücadele yapılması gerekmektedir. İnsanlar ekip diktiklerini değil, hastalık ve zararlılardan arta kalan mahsulü elde etmekte ve bunun bir kısmını da depolarda yine onlara kaptırmaktadır [1].

İşte bu durumun önlenmesi, insanlarla hayvanlara zararlı olan çeşitli hastalıkların engellenmesi amacıyla bir takım kimyasal maddeler tarımda kullanılmaktadır [2]. Besin maddelerinin üretimi ve tüketimine kadarki süreçte besin değerini bozan ve bitkilere zarar veren böcekleri, mikroorganizmaları ve diğer zararlıları yok etmek için kullanılan bu kimyasal maddelere “pestisit” adı verilmektedir [3].

Pestisitlerin kullanımı esasen binlerce yıl öncesine kadar dayanmasına rağmen, bunların esas kullanılmaları ve yaygınlaşmaları 1900’lü yılların ilk yarısından itibaren gerçekleşmiştir. Daha önceleri doğal maddelerden ibaret olan (nikotinden

elde edilen nikotin sülfat gibi) pestisitler, 1940'lı yıllardan itibaren yerini yapay bileşiklere bırakmıştır. 1939 yılında DDT'nin keşfinden itibaren çok sayıda yapay bileşik sentezlenmiş ve formülüne edilmiştir [2].

Pestisit kullanımı ile önemli miktarda ürün artışı sağlanmasına karşın, pestisitlerin çevre ve insan sağlığı yönünden potansiyel olumsuz etkilerinde de artış meydana gelmiştir [4].

İlaç kalıntılarının toprağa, suya, havaya ve gıdalara bulaşarak onları kirletmesi ve sonuçta da insan sağlığını ve doğal dengeyi olumsuz yönde etkilemesi birer çevre sorunudur.

İnsan sağlığı üzerinde pestisitler akut veya kronik etki yapmaktadırlar. İlacın solunması, yenmesi veya deriye teması ile akut, ilaç kalıntılarını içeren bitkisel ve hayvansal besin maddelerinin yenmesi suretiyle de kronik zehirlenmeler meydana gelebilmektedir.

Pestisitler çeşitli yollarla su ekosistemine bulaşır. Tarımsal mücadele sırasında su içindeki veya kenarındaki bitkilerin veya böceklerin doğrudan ilaçla teması, ilaçlanmış bitki ve toprak yüzeyinden ilaçların yağmur sularıyla yıkanması, ilaç endüstrisi atıklarının akar veya durgun sulara boşaltılması, boş ambalaj kaplarının su kaynaklarında yıkanması ile pestisitler sulara bulaşmaktadır. Su ekosistemine giren bir pestisit, su flora ve faunasını olumsuz etkilemektedir.

Toprak fauna ve florası da pestisitlerden etkilenmektedir. Toprakta biriken ilaçlar toprağı derece derece yok edebilmekte ve ilaçların aktif maddeleri toprakta yetişen ürünlere ve dolayısıyla bunları yiyen canlılara geçebilmektedir.

Pestisitler hava yoluyla da çevreyi kirletmektedir. Etkili maddenin buharlaşabilir olması yoğun ilaç kullanılan alanların çevresindeki yerleşim yerlerindeki tüm canlılar üzerinde zararlı etkilere neden olmaktadır.

Bunlarla birlikte yoğun şekilde bilinçsiz kullanılan pestisitler mikroorganizmaların ilaçlara karşı duyarlılığını azaltmaktadır [3]. Pestisitlerin kullanımı su ve toprak kirliliği açısından büyük boyutta çevre sorununa neden olmaktadır. Bu yüzden kirli bölgeleri düzenlemek için yeni temizleme metotları geliştirmeye ihtiyaç vardır. Var olan metotlardan biri de “adsorbsiyon”dur [4].

Doğal zeolit mineralleri içinde özellikle klinoptilolit ayrı bir öneme sahiptir. Klinoptilolitlere volkano sedimenter kayalarda diğer zeolitlere göre daha sık rastlanmaktadır. Bu nedenle zeolitlerin kullanıldığı alanların hemen hepsinde klinoptilolit minerali kullanılmaktadır. Ayrıca klinoptilolit elde edilebilirlik ve duyarlılık açısından tek ekonomik türdür [5].

Bu çalışmanın amacı; tarımda çok sık kullanılan tarım ilaçlarının zararlı etkisini azaltmak için alternatif yollar araştırılmasıdır. Bu amaçla çalışmada doğal zeolit olan klinoptilolit adsorban madde olarak kullanılmıştır. TRIFERAN 48 EC adlı pestisite belirli miktarlarda klinoptilolit ilave edilerek % adsorbsiyon miktarları ölçülmüştür. Böylece zeolitın pestisiti ne oranda bağladığı belirlenmeye çalışılmıştır.



## **BÖLÜM 2. TARIM VE ÇEVRE ETKİLEŞİMİ**

İnsanlar tarımsal uğraşıda bulunurken kırsal alanları düzenlemişler ve tarımsal yöntemleri doğanın dengesini bozmadan uzun zaman uygulamışlardır. Ancak bilimin ve tekniğin gelişmesiyle ortaya çıkan değişik faaliyetler, yöntemler ve bunların sonuçları giderek doğayı bozucu bir nitelik kazanmıştır. Diğer yandan, insan faaliyetleri sonucu ortaya çıkan kirlilik ve bozulma, tarımsal üretimin miktarını da, kalitesini de etkilemekte, bu karşılıklı etkilenmeler, tarım – çevre ilişkilerini önemli bir tartışma konusu haline getirmektedir [6].

Çevre sorunlarının büyük bir bölümü, tabiatın yanlış ve kötü kullanımı sonucu doğal dengenin bozulması ile ilgili olduğundan, tabiatın temel unsurlarından biri olan toprakta görülen erozyon, çeşitli kirlenmeler ve amaç dışı kullanımlar en önemli çevre sorunlarıdır [7].

Dünyanın ana besin kaynağını bitkiler teşkil etmektedir. Ancak bütün canlı varlıklarda olduğu gibi bitkilerde de pek çok hastalık ve zararlıya karşı hassasiyet görülmektedir. Yapılan tespitlere göre dünya tarım ürünlerinin ortalama 1/3'ü zararlılar (böcekler, virüsler, nematodlar, zararlı otlar...) tarafından tahrip edilmektedir [1].

İnsanların göçebelikten ziraata geçişlerinden beri bir takım böceklerin mahsullere zarar verdiği bilinmektedir. Böceklerin, farelerin, kuşların ve mikroorganizmaların ziraat ürünlerine verdiği zarar, tırnaklı hayvanların sebep olduğu zarara nazaran çok daha fazladır.

Eskiden beri insanlar ürünlerini böceklere karşı korumakta, büyük baş hayvanlara nazaran daha güçlük çekmişlerdir. Bunun sebebi; küçük canlıların çok çabuk çoğalmaları ve toplam yeme kapasitelerinin daha çok olmasıdır. Buna ilaveten böceklerden pek çoğu ciddi hastalık taşıyan canlılardır. Ancak bütün böcekleri haşarat olarak ele almak hata olur. Böceklerin bir kısmı insanlarla girişim yapmaz, büyük bir kısmı ise insanlar için doğrudan faydalıdır. Bunların hepsi binlerce yıllık zaman zarfında gelişen ekosistemin bir parçasıdır. Örneğin böcekler pek çok canlı için birinci derecede besin kaynağıdır. Ayrıca pek çok böcek türü tarım ürünlerine zarar veren haşaratla beslenmektedir.

İnsanlarla, haşarat ismi verilen böcekler milyonlarca sene yan yana beraberce yaşamışlardır. Böceklerin büyük bir kısmı, bunların tabii avcısı olan diğer tip canlılar tarafından kontrol altında tutulmuşlardır. Ayrıca pek çok bitki türü kendilerini böceklere karşı korumak üzere özel bir salgı sentezi geliştirmişlerdir. Bütün bunlara rağmen insanoğlu bu tabii dengeyi kafi bulmamaktadır. Dünya nüfusu çok büyüdüğü ve besin kaynakları da sınırlı olduğu için insanlar böcekleri öldürme yoluna gitmiştir [8].

## **2.1. Tarımsal Mücadele**

Artan yiyecek ihtiyacının karşılanmasının yolu, tarımda birim alandan daha fazla verim alınmasını sağlamaktan geçmektedir. Ancak tarım arazilerinde yüksek verim alınmasını etkileyen pest adı verilen doğal zararlılar mevcuttur. Böceklerden mantarlara, kemirgenlerden akarlara ve hatta nematodlara kadar değişen çeşitli canlı grupları tarımda yüksek verim alınmasını etkilemekte, bir anlamda da insanların yiyeceklerine ortak olmaktadır. İşte bu durumun önlenmesi ve insanlarla hayvanlara zararlı olan çeşitli hastalıkların engellenmesi amacıyla birtakım kimyasal maddeler tarımda kullanılmaktadır [2].

Tarımsal mücadele bitkilerin hastalık, zararlı ve yabancı otların etkilerinden ekonomik ölçüler içinde korunması, ürünün ve kalitenin artırılmasıdır. Tarımsal mücadele ifadesiyle kastedilen; bir yandan ürünü ve kalitesini arttırmak, bir yandan da ekonomiklik sağlamaktır. Bu amaca ulaşabilmek için tarımsal mücadelenin

entegre zararlı (entegre zararlı yönetimi) görüşüne uygun olarak yürütülmesi gerekmektedir. Entegre zararlı yönetimi dendiğinde; tarımsal mücadelede bilinen tüm yöntemlerden yararlanan, insan ve çevre sağlığına olumsuz etkileri en az olanların uygulanmasına yönelik çalışmalar anlaşılmaktadır.

Tarımsal mücadele değişik yöntemleri içermektedir. Bu yöntemlerden birisi de tarım ilaçlarının kullanıldığı kimyasal mücadeledir. Her ne kadar kimyasal mücadele, tarımsal mücadelede bir yöntem ise de, tüm mücadele yöntemleri arasında en fazla kullanılanıdır. Çünkü kimyasal mücadele yüksek etkililiğe sahiptir, hızlı sonuç verir, bilinçli ve kontrollü kullanıldığında ekonomiktir ve ürünü toksin salgılayan organizmalardan da koruyabilir [9].

Kimyasal mücadelede kullanılan maddelere “pestisit” adı verilmektedir. Ancak detaylı bir tanım vermek gerekirse;

Pestisit: Tarım ürünlerine ve hayvansal gıdalara üretim, hasat, depolama ve taşıma esnasında zarar veren herhangi bir zararlıyı (zararlı ot dahil) kontrol etmek veya bunların zararlarını önlemek üzere uygulanan veya hayvanların vücutlarında bulunan herhangi bir böcek veya zararlının kontrolü amacıyla hayvanlara verilen madde veya maddeler karışımıdır.

Pestisitler bitkilere olduğu gibi uygulanmazlar. Bunlar tabiatı icabı zehirli maddeler oldukları için zararlılara karşı daha emniyetli, daha ekonomik, insan ve çevre sağlığı açısından daha az zararlı olacak şekilde bazı yardımcı maddeler ile (katı, sıvı) karıştırılarak kullanılırlar. İşte bu fiziksel karışıma “formulasyon” (ilaç), içinde belli yüzdede bulunan pestisite de “etkili madde” veya “aktif madde” adı verilir.

Bu formulasyonun içinde;

1. Etkili madde (aktif madde),
2. Yardımcı maddeler,
3. Emilgatorler,
4. Dolgu maddeleri bulunmaktadır.

Bu maddeler katı ve sıvı ilaç formulasyonları için ayrı ayrı özellikte olmaktadır.

Her zehirli madde pestisit olarak kullanılmaz ve adlandırılmaz. Zehirli özellik gösteren bir maddenin pestisit olabilmesi için aşağıdaki özellikleri taşıması gerekir:

1. Biyolojik olarak aktif olmalı,
2. Etkili olmalı,
3. Güvenilir olmalı,
4. Yeteri kadar stabil (kararlı) olmalı,
5. Kullanıcılar açısından güvenilir olmalı,
6. Üçüncü şahıslar açısından güvenilir olmalı,
7. Tüketiciler açısından güvenilir olmalı,
8. Besi hayvanları açısından güvenilir olmalı,
9. Yabani hayatta zararlı olmamalı,
10. Faydalı organizmalara zararlı olmamalı,
11. Çevre için kabul edilebilir olmalı,
12. Ticarete probleme sebep olmamalıdır.

Bir formulasyonda bulunması gereken özellikler FAO (Food Agricultural - Organization) ve WHO tarafından belirlenerek belli esaslara bağlanmış ve bu özelliklerin tayin edilebilmesi için de standart metotlar geliştirilmiştir [1].

## **2.2. Pestisitlerin Tarihçesi**

İnsanların pestisitleri tanımaları yıllar öncesine kadar uzanmaktadır. Tabii kaynaklı organik ve inorganik maddelerin bitki koruma alanında çeşitli zararlılara karşı kullanılmasına II. Dünya Savaşı öncesine kadar devam edilmiştir [10].

Sentetik pestisitlerin devreye girişi ile bu maddelerin yoğun olarak kullanımına geçilmiştir. Kısa sürede etkili olan ve alternatifleri de pek bulunmayan bu sentetik pestisitlerden ilk organik fosfatlı insektisit olan “TEPP” (tetraethylpyrophosphate) 1938’de, ilk organik klorlu insektisit olan “DDT” 1874’de, ilk ditiyokarbamat olan “ZİNEB” 1943’de, ilk herbisit olan “Amonyum Sulfamat” 1945’de, ilk dikarboksimid fungusiti olan “CAPTAN” 1949’da, ilk karbamat insektisitleri olan “İsolan, Dematen, Pyramat ve Pyrolan” 1951’de, ilk sentetik prietroid olan “ALLETHRİN” 1949’da, ilk repellent etkili “DEET” 1955’de, ilk mikrobiyal insektisit

olan “Bacillus Thuringiensis” 1938’de, ilk bitki gelişmesini düzenleyicilerden olan “Etilen ve Asetilen” 1937’de, ilk hormon etkili olan “2,4-D” ise 1942’de keşfedilmiştir [1].

20. Yüzyılın 2. yarısında çok sayıda pestisit kullanımı belirli bir şekilde artmıştır. 1970’li yıllarda 450.000 ton’dan fazla pestisit kullanılmıştır. Fransa’da bitki sağlığı için 30’dan fazla sentezlenmiş (900 çeşit kimyasal madde) organik bileşik bulunmaktadır. Bu sayı Amerika’da 900 olup, bunun hazırlanmış 60.000 kadar çeşidi ticari şekillerde satılmaktadır [10].

ABD’de kullanılan herbisit, insektisit ve fungusit miktarı 1964 yılında 86 ton iken, 1993 yılında 368 tona, günümüzde ise 500.000 tona çıkmıştır.

Türkiye’de pestisit tüketimi 1976-1981 döneminde 10.300 ton (%100 etkili madde) iken, 1982-1987 döneminde bu değer 11.598 tona yükselmiş, günümüzde ise 35.000 tona çıkmıştır [4].

Dünyada kullanılan yüzlerce pestisit bulunmaktadır. Dünya Sağlık Örgütü’nün yaptığı sınıflandırmada en çok kullanılan 700 33’ü civarındaki pestisit insan sağlığına çok zararlı, 48’i oldukça tehlikeli, 118’i orta derecede tehlikeli ve 239’u daha az tehlikeli grupta yer almaktadır. Dünya pestisit tüketimi 2001 yılında 3,2 milyon tona yükselmiştir. Pestisit tüketiminin %75’i gelişmiş ülkelere aittir ve bu ülkelerden ABD, Batı Avrupa ve Japonya ilk sıradadır [3]. Türkiye’de pestisit tüketimi AB ülkeleriyle karşılaştırılacak olursa, AB ülkelerinin 1993-1995 ortalamalarına göre hektara pestisit tüketimleri Tablo 2.1’de görülmektedir.

### **2.3. Pestisitlerin Kullanımının Sınırlandırılması**

Pestisitlere karşı ilk direnç olayı İsveç’te 1946 yılında DDT’ye karşı karasineklerde gözlenmiş, 1948’de ise ALDRİN ve DİELDRİN’in toprakta en fazla kalıcı özelliğe sahip insektisitler olduğu açıklanmıştır.

Tablo 2.1 AB ülkelerinde 1993-1995 tüketimlerine göre hektara isabet eden ortalama pestisit miktarları

ÜLKELER	PESTİSİT TÜKETİMİ (kg/ha)
Almanya	2,6
Avusturya	4,0
Belçika	1,2
Danimarka	1,7
Finlandiya	1,2
Fransa	5,6
Hollanda	13,8
İngiltere	6,4
İrlanda	8,0
İspanya	2,3
İsveç	4,4
İtalya	9,3
Lüksembourg	4,4
Portekiz	6,0
Yunanistan	13,5

Bilindiği gibi pestisitlerin tarım ürünlerinde bıraktığı kalıntı (residü) hem ülkelerin dış ticaretleri, hem de insan, hayvan ve çevre sağlığı açısından ayrı bir önem arz etmektedir. Eğer uygulama anında yapılacak araştırmalar ve alınacak tedbirlerle bu kalıntıların insan ve çevreye zarar vermeyecek seviyelerde olmaları kontrol edilebilir ve sağlanabilirse emniyetli bir kullanım gerçekleştirilmiş olacaktır. Nitekim pestisit tolerans listelerinin hazırlanma gereğinden hareketle ilk toleranslar (insan ve hayvan sağlığına zararsız maksimum pestisit kalıntı seviyeleri) 1954 yılında tespit edilmiştir. Bunların yanı sıra kalıcılık, kümülatif karakterlilik, fazla risklilik konusunda yapılan çalışmaların sonuçları da konunun önemini daha da arttırmıştır [1].

Özellikle 1970 yılında başlayan çevre koruma hareketlerinden sonra bütün dünyada pestisit kullanımının çok daha kontrollü yapıldığı, mevcut etkili maddelerin yeniden emniyetlilik testlerine alındığı ve bu değerlendirmeler sonucunda bazı pestisitlerin çeşitli ülkelerde yasaklandığı, kısıtlandığı veya kontrollü bir şekilde kullanımının yapıldığı bilinmektedir. Bu uygulamalara ışık tutan istenmeyen pestisit özelliklerinden en önemlileri; çevrede kalıcılıklarının fazla oluşu, kendilerinin, dönüşüm ürünlerinin veya içerdikleri gayri safiyetlerin canlılara önemli derecede toksikolojik etkilere sahip olmalarıdır [10].

Dünyada tarım ürünleri üretimini arttırma çabaları yanında, insan ve yaşadığı çevrenin de korunması gerçeği daha emniyetli yani insan, hayvan ve çevreye olumsuz etkileri daha az olan pestisitlerin kullanımına çalışılması artık kaçınılmaz olmuştur. 1906 yılında çıkardığı “Federal Gıda Yasası” ve 1910’da çıkardığı “Federal İnsektisit Yasası” ile Amerika Birleşik Devletleri bu konuya hassasiyetle yaklaşan ülkelerin başında gelmektedir. 1970 yılında ABD’de kurulan “Environmental Protection Agency” mevcut çalışmaların ışığı altında aynı yıl alkil civalıların kullanımdan kaldırılmasını ve ruhsatların iptalini onaylamaktadır. Daha sonra DDT’nin bütün kullanımları 1973’de yasaklanmış, ALDRİN ve DİELDİRİN 1975’de (Termisitler hariç), çoğu civalılar ise 1976’da kullanımdan kaldırılmıştır [1].

EPA 1978 yılında kullanımı sınırlandırılmış veya yasaklanmış pestisitlerle ilgili ilk defa liste yayınlamış, 1979 yılında 2,4,5-T’nin kullanımı ise geçici olarak durdurulmuş ve EPA bu konu ile ilgili ikinci listesini 1985 yılında yayınlamıştır.

2002 yılı sonuna kadar ABD’de yasaklanmış ya da kısıtlanmış ve AB’de ruhsatı geri çekilmiş pestisitler Tablo 2.2’de özetlenmiştir.

EPA’nın bu yayınları ve uluslararası organizasyonların da bu konuya eğilmeleri sonucu çeşitli ülkeler kendi ülke menfaatlerini de göz önüne alarak, ülkelerinde ruhsatlı bu pestisitleri yeniden değerlendirmişler ve yasaklama, kısıtlama yoluna gitmişlerdir. Bu görüş ışığı altında, Federal Almanya’da 1987 yılında kendi ülkesinde kullanılan pestisitlerle ilgili bir liste yayınlanmıştır.

Tablo 2.2 ABD ve AB'de yasaklanmış, kısıtlanmış ya da geri çekilmiş pestisitler

PESTİSİT	ABD'DE KULLANIMI	AB'DE KULLANIMI
Atrazin	Kısıtlanmıştır	–
Benomyl	–	Geri çekilmiş
Biphenthrin	Kısıtlanmıştır	–
Carbofuran	Kısıtlanmıştır	–
DNOC	Yasaklanmıştır	Geri çekilmiş
Fenvalerate	–	Geri çekilmiş
Methamidophos	Kısıtlanmıştır	–
Monocrotophos	Yasaklanmıştır	–
Oxydemeton	Kısıtlanmıştır	–
Parathion-methyl	Kısıtlanmıştır	–
Phorate	Kısıtlanmıştır	–

Araştırmalar ışığı altında pestisitlerle ilgili olarak alınan bu yasaklama ve kısıtlama kararları ile ruhsatlandırma esaslarında o ülkenin fayda / risk analizindeki dengenin ve önceliklerinin etkisi büyük olmuştur [9].

Bugün dünyamızda özellikle pestisitlerin yan etkileri, toksikolojik ve ekotoksikolojik özellikleri önem kazanmıştır. Önceleri bir pestisit keşfedilmesi 1/10.000 sentezde mümkün olabilmekte iken, bugün çevre konusunda oluşan hassasiyet sebebiyle bu oran 1/40.000'e çıkmış, pestisit geliştiren firmalar daha detaylı çalışmalara yönelmek zorunda kalmış ve sonuçta da pestisit geliştirmek artık çok güçleşmiştir. Bu durum halen kullanımda olan pestisitlerle ilgili ilave toksikolojik ve ekotoksikolojik çalışmaların yapılmasını da gündeme getirmiştir. Gelişmiş ülkeler ABD, Avrupa Birliği ülkeleri ve Japonya bu çalışmalarını yönlendirirken, diğer ülkeler buralardan gelecek sonuçlara göre kendi ülkelerindeki kullandıkları pestisit kullanımını gözden geçirmek durumunda kalmışlardır [1].



### 2.3.1. Türkiye'de pestisitlerin kullanımı ve sınırlandırılması

Dünyadaki bu gelişmelere paralel olarak Türkiye'de de ülke menfaatleri dikkate alınarak ruhsatlı pestisitler, araştırma sonuçları ışığı altında değerlendirmeye tabi tutulmuştur. Bu konuda yapılan çalışmalar sonucu bazı pestisitlerin kullanımlarının yasaklanması ve ruhsatlarının iptali, bazılarının ise kısıtlanması veya kontrollü kullanımı kararları alınmıştır [9].

Türkiyede pestisit ruhsatlandırılmalarına temel teşkil eden "Zirai Mücadelede Kullanılan Pestisit ve Benzeri Maddelerin Ruhsatlandırılması" hakkındaki yönetmelik 17 Şubat 1999 tarihli Resmi Gazetede yayımlanarak yürürlüğe girmiştir. Bu yönetmelikte; Avrupa Birliği ve diğer ülkeler ile FAO'nun pestisit ruhsatlandırmasında dikkate alınmasını önerdiği pek çok husus, ülke gerçekleri göz önüne alınarak yer almıştır [1]. Türkiye'de 1996 yılından itibaren, zirai mücadele ilaçlarının imalat miktarları Tablo 2.3'de verilmiştir.

Tablo 2.3 Türkiye'de zirai mücadele ilaçlarının imalat miktarları (kg/L)

GRUPLAR	YILLAR				
	1996	1997	1998	1999	2000
I. İnsektisitler	14.088.917	9.754.849	11.734.101	9.515.782	10.107.933
II. Akarisitler	497.307	512.273	453.268	254.969	557.994
III. Yağlar	1.764.517	2.109.311	2.458.505	2.242.416	3.601.664
IV.Nematositler-Toprak fumigantları	174.725	303.291	158.380	106.942	178.096
V.Rodentisit - Mollusitler	80.021	59.694	50.379	55.030	19.730
VI. Fungusitler.	10.927.595	8.505.047	5.797.552	5.649.785	6.000.012
VII. Herbisitler	6.182.264	6.953.991	4.222.204	5.663.221	5.349.782
VIII. Zirai Mücadelede Kul. Diğer Malzemeler	7.300	32.537	51.360	427.660	341.877
Genel Toplam	33.722.646	28.230.993	24.925.749	24.343.465	26.157.088

Her yıl yeni zirai mücadele ilaçlarının kullanıma verildiği ülkemizde yılda ortalama 35.000 ton tarım ilacı kullanılmaktadır. Bu kimyasalların gerek kullanıma verilmeden önce, gerekse kullanım süresi içinde sık bir şekilde kontrol edilmesi bunların kullanım sırasında ve kullanım sonrasında oluşturabileceği olumsuz etkileri önlemek açısından oldukça önemlidir [4]. Türkiye’de 1996 yılından itibaren, zirai mücadele ilaçlarının tüketim miktarları Tablo 2.4’de verilmiştir.

İlaçlarla ilgili ilk müstakil kurum, ilaçların tarımda kullanılmaya başlaması ile 1958 yılında Ankara Bölge Zirai Mücadele Araştırma Enstitüsü bünyesinde bulunan mücadele ilaçları şubesinin ayrılarak “Zirai Mücadele İlaç ve Aletleri Enstitüsü” ismi ile müstakil bir kuruluş haline getirilmesi ile kurulmuştur. 1958 -1987 yılları arasında ilaç uygulamaları ve ilaç kontrolü ile ilgili her türlü çalışmalar (fiziksel ve kimyasal analizler, rezidü analizleri, ilaçlara karşı direnç çalışmaları vb...) bu kuruluştaki yapılmıştır. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığının 1986 yılında başlayan araştırma

Tablo 2.4 Türkiye’de zirai mücadele ilaçlarının tüketim miktarları (kg/L)

GRUPLAR	YILLAR				
	1996	1997	1998	1999	2000
I. İnsektisitler	8.798.070	12.355.025	11.999.185	11.504.726	11.778.017
II. Akarisitler	856.163	702.688	645.372	309.693	746.745
III. Yağlar	3.880.631	2.172.389	2.342.373	2.371.834	3.571.933
IV.Nematositler-Toprak fumigantları	728.055	884.917	1.630.864	1.637.487	1.368.463
V.Rodentisit - Mollusitler	88.657	89.921	50.747	55.630	19.730
VI. Fungusitler.	5.563.143	8.847.039	7.289.101	7.159.321	7.776.679
VII. Herbisitler	7.259.913	7.810.361	5.076.797	7.285.098	6.957.872
VIII. Zirai Mücadelede Kul. Diğer Malzemeler	-	194.534	871.052	1.242.962	1.318.874
Genel Toplam	27.174.632	33.056.874	29.905.489	31.985.443	33.548.313

kuruluşları reorganizasyon çalışmaları neticesinde “Zirai Mücadele İlaç ve Aletleri Enstitüsü” iki kısma ayrılmış, aletlerle ilgili üniteleri mevcut binalarıyla birlikte Tarım Alet ve Makinaları Test Merkezi Müdürlüğü’ne, ilaçlarla ilgili üniteleri de Ankara Zirai Mücadele Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü’ne katılmıştır. Bugün tarım ilaçları kontrolüne yönelik analizler (kalıntı, kalite, piyasa, mübaya, bozukluğundan şüphe, teknik madde vb...) ilde Ankara Merkez Zirai Mücadele Araştırma Enstitüsü tarafından, Marmara Bölgesindeki illerde ise İstanbul İl Müdürlüğü Bitki Koruma Şube Müdürlüğü bünyesinde bulunan Zirai Mücadele İlaçları Kalite Kontrol Laboratuvar Şefliği tarafından yürütülmektedir. Ancak bu kurum 3 Mayıs 2000 tarihinde Zirai İlaç Kontrol İstasyon Müdürlüğü’ne dönüştürülmüştür. Bu yapılanma da ülke ekonomisi, insan, bitki ve çevre sağlığı açısından önemli bir gelişme olarak nitelendirilmektedir [1].

### **2.3.2. Türkiye’de pestisit kalıntı çalışmaları**

Ülkemizdeki pestisit kalıntılarıyla ilgili çalışmalar 1958 yılında Ankara Zirai Mücadele İlaç ve Aletleri Enstitü Kalıntı Analiz Laboratuvarı’nın kurulmasıyla başlamış ve ilk çalışma Otacı ve Güvener tarafından yapılmıştır [9].

Literatür araştırmaları sonucunda Türkiye’de gıda ürünlerindeki pestisit kalıntıları üzerinde bugüne kadar yaklaşık 90 çalışma yayınlanmıştır. Bu çalışmalardan 8’i 1959 – 1969 yılları arasında, 30’u 1970 –1979 yılları arasında, 17’si 1980 -1989 yılları arasında, 26’sı 1990 -1999 yılları arasında gerçekleşmiştir. 2002 -2003 yılları arasında ise 9 çalışma yapılmıştır.

Ülkemizde yürütülen çalışmaların yaklaşık 30 tanesi pestisitlerin bekleme sürelerinin saptanmasına yönelik rutin analizlerdir. Genelde analizlerde kullanılan yöntemler yabancı kaynaklıdır ve metot geliştirme konusunda yapılmış oldukça az sayıda çalışma vardır [11].

Gıdalardaki pestisit kalıntılarını saptamaya yönelik piyasa kontrol niteliğindeki çalışmaların sayısı yaklaşık 50 kadardır. Bu çalışmalardan 30’unda pestisit kalıntıları toleransların altında, 15’inde pestisit kalıntıları toleransların biraz üzerinde, 5’inde de

endişe verici boyutlarda rastlanmıştır. Üzerinde en çok analiz yapılan ürünler 32 araştırmayla yaş meyve ve sebzelerdir. Buğday ve unlarda 9 çalışma, çeşitli yağlarda 8 çalışma, balıklarda 6 çalışma,üzümlerde 6 çalışma, zeytinde de 5 çalışma yapılmıştır.

Pestisit kalıntıları konusundaki çalışmaların büyük kısmı insektisitlerle ilgilidir. Fungisitlerle ilgili çalışmalar daha azdır. Oysa gelişmiş ülkelerde bu yönlü çalışmalar büyük bir yoğunluk kazanmıştır ve gıdalarda rutin olarak yapılmaktadır [9].

#### **2.4. Pestisitlerin Sınıflandırılmaları**

Pestisit anlamı; yıkan, zarar veren, mahveden, kemirendir.(İngilizce pest) Bir başka deyişle pestisit canlılar (insan,hayvan ve bitki) üzerine yada çevreye zarar veren zararlıları (böcek, kemirici, mantar, yabani otlar) öldürmek için kullanılan maddelerdir [10].

Pestisitlerin zamanla birçok yan etkileri ortaya çıkmış, doğal dengede bozulmalar meydana gelmiş ve insan sağlığı için risk oluşturdukları gözlenmiştir. Bu nedenlerden dolayı pestisitler, kullanımına çok dikkat edilmesi gereken kimyasallar sınıfındadır [12].

Pestisitler; görünüş, fiziksel yapı ve formülasyon şekillerine göre, etkiledikleri zararlı ve hastalık grubu ile bunların biyolojik dönemine göre, içerdikleri aktif maddenin cins ve grubuna göre, zehirlilik derecesine ve kullanım tekniğine göre çok değişik şekillerde sınıflandırılabilirler [10].

Bunlardan en önemli ve en çok kullanılan sınıflandırma şekilleri ise kullanıldıkları zararlı gruplarına ve yapısındaki aktif madde grubuna göre yapılan sınıflandırmalardır. Kullanıldıkları zararlı gruplarına göre yapılan sınıflandırmadaki en önemli 3 büyük pestisit grubu; insektisit, fungusit ve herbisitlerdir [12].

Çevre sağlığı açısından ise pestisitlerin yapısında bulunan aktif madde grupları son derece önemlidir. Çünkü canlılar üzerinde akut veya kronik etkiler oluşturan, onların

ölümüne neden olan pestisit yapısındaki aktif maddedir. Yapısındaki aktif madde grubuna göre pestisitler, inorganik ve organik pestisitler olmak üzere 2 gruba ayrılırlar. Organik pestisitler de yine kendi aralarında doğal ve sentetik organik pestisitler şeklinde 2 alt gruba ayrılırlar. Sentetik organik pestisitler zirai mücadelede en fazla kullanılan kimyasallardır. Bu nedenle çevre ve organizmalara olan zararları açısından en önemli pestisit grubunu oluştururlar [5].

#### **2.4.1. Pestisitlerin formülasyon şekillerine göre sınıflandırılması**

1. Toz ilaçlar,
2. Islanabilir toz ilaçlar,
3. Emülsiyon konsantre ilaçlar,
4. Solüsyon konsantre ilaçlar,
5. Suda çözünebilir toz ilaçlar,
6. Yazlık ve kışlık yağlar,
7. Granüller,
8. Paletler,
9. Tabletler,
10. Toz tohum ilaçları,
11. Sıvı tohum ilaçları,
12. Acrosoller,
13. Zehirli yemler,
14. Kapsül şekli verilmiş formülasyonlar,
15. Akıcı konsantreler,
16. Kuru akışkanlar şeklindedir [1].

#### **2.4.2. Pestisitlerin kimyasal yapılarına göre sınıflandırılması**

##### **2.4.2.1. Sentetik organik pestisitler**

1. Klorlanmış Hidrokarbonlar
2. Organik Fosfatlar
3. Tiyokarbamatlar
4. Karbamatlar

#### **2.4.2.2. Sentetik organik madde şeklinde olmayan pestisitler**

##### 1. Doğal Organik Maddeler

Piretrum

Nikotin

##### 2. Anorganik Maddeler

Arsenik

Civa

Borat

Florat

#### **2.4.3. Pestisitlerin kullanım şekline göre sınıflandırılması**

1. Atraktan Pestisitler (çekiciler - cezp ediciler)
2. Fumigan Pestisitler (duman oluşturanlar)
3. Repellan Pestisitler (iticiler)

#### **2.4.4. Pestisitlerin kullanıldıkları zararlı grubuna göre sınıflandırılması**

1. İnsektisitler (Böcekleri öldürenler)
2. Algisitler (Algleri öldürenler)
3. Fungisitler (Mantarları öldürenler)
4. Fungustatikler (Fungusların faaliyetini durduranlar)
5. Herbisitler (Yabancı otları öldürenler)
6. Bakterisitler (Bakterileri öldürenler)
7. Akarisitler (Akarları öldürenler)
8. Afisitler (Yaprak bitlerini öldürenler)
9. Molluskisitler (Yumuşakçaları öldürenler)
10. Avenisitler (Kuşları kaçırınlar)
11. Rodentisitler (Kemirgenleri öldürenler)
12. Nematositler (Nematodları öldürenler)

13. Termitisitler (Karıncaları öldürenler)  
 14. Pedikulisitler (Bitleri öldürenler) [9].

#### **2.4.5. Pestisitlerin hedef alınmayan canlılar üzerindeki etkileri bakımından sınıflandırılması**

##### **2.4.5.1. Kanserojen etkili pestisitler:**

Aldrin, benomil, captan, 2,4-D, lindan, zineb, thiram, carbofuran, trifluralin, vb...

##### **2.4.5.2. Teratojen etkili pestisitler:**

Bunlar ana karnındaki yavrunun oluşum bozukluklarına neden olan maddelerdir. Örneğin; aldrin, benomil, captan, 2,4-D, lindan, zineb, dikuat, maneb, dinoseb, MCPA, parakuat, propaklor, thiram vb...

##### **2.4.5.3. Mutajen etkili pestisitler:**

Canlının genetik yapısında değişikliklere neden olan maddelerdir. Örneğin; aldrin, aldrazin, benomil, parakuat, simazin, siyanazin, aldikarb, captafol, karbofuran vb...

##### **2.4.5.4. Alerji yapan pestisitler:**

Benomil, captan, lindan, nabam, parakuat, triazin, zineb, propaklor, captafol vb..[10].

#### **2.5. Pestisitlerin Ekolojik Özellikleri**

Pestisitlerin bilinen yararlarına rağmen, kullanıldığında bir takım zararlı etkileri de görülmektedir. Özellikle önceden fark edilmeyen çok ciddi etkileri sonradan ortaya çıkmaktadır [11].

Pestisitler gerçekten ekosistemin tamamını etkiler ve etkisi tek taraflı değildir. Bu nedenle kullanılan pestisitleri tamamının ekolojik özelliklerini bilmek gerekir:

1. Pestisitler bir çok durumlarda bitkilerde olduğu kadar hayvanlarda da bir zehir etkisi gösterir.
2. Pestisitlerin sıcak kanlı omurgalılar ve soğuk kanlı hayvanlar için zehirleyici etkileri oldukça fazladır.
3. İnsanlar pestisitleri bir kısım organizmaları yok etmek için kullanır. Canlılar üzerine çeşitli derecelerde etki etmekle birlikte biyosferde topluluk halindeki türlerin sadece % 0.5'ine etki eder.
4. Pestisitler daima popülasyonlara karşı kullanılır.
5. Pestisitlerin etkileri yoğunluğa bağlı değildir fakat popülasyon seviyesinde kullanıldığında zararları çok fazla olmaktadır.
6. Kullanılan pestisit miktarı genelde zararlıyı yok etmek için gerekli olandan daha fazladır.
7. Pestisitlerin dağıldığı alanlar çok geniş olup bugün Avrupa ölçeğinde 10 milyon hektardan fazladır.
8. Pestisitlerin bir kısmı toprakta yıllarca kalabilir. Örneğin 14 yıl sonra klorlu organik insektisitlerden bazılarının toprakta kalma süresi ; aldrin ve klordanın % 40'ı, endrinin % 41'i, heptaklorun % 10'u, toksapenin % 45'i toprakta kalır.
9. Pestisitler su veya çözelti şeklinde toprağın alt kısımlarına geçer ve yıkanma yolu ile topraktan çıkarak su kaynaklarına giderler.
10. Pestisitler toprak mikroorganizmaları tarafından yapısal veya biyokimyasal ayrışmaya uğrayabilirler.
11. Pestisitler toprak kolloidleri tarafından absorbe edilirler. Pestisitlerin toprakta tutulmasında; kil mineralleri, organik maddeler, oksit ve hidroksitler rol oynar. PH ise sıcaklık kontrol edici bir rol oynar [10].

## 2.6. Pestisitlerin İnsan ve Çevreye Olumsuz Etkileri

Pestisitlerin organizmalara etkileri birçok faktöre bağlı olarak gelişmektedir. Bir pestisitinin toksisite veya mutajenik ve karsinojenik etki gibi diğer etki şekilleri; pestisitinin çeşidine, yarılanma ömrüne, canlının türüne, fizyolojik ve morfolojik durumuna, ortamın fiziksel ve kimyasal özelliklerine (pH, sıcaklık, vs.), ortamda



bulunan diğerkirleticilerin çeşidine ve konsantrasyonuna bağılı olarak değişiklikler gösterebilir [5].

Pestisitler; çevre ve besin kirlenmesi, akut ve kronik zehirlenme riski, biyolojik dengenin bozulması, insanlara ve hayvan türlerine yönelik mutajenik ve karsinojenik etkinin doğması gibi çok yönlü ve evrensel nitelikli çevre sorunlarının doğmasına sebep olurlar. Çevre sağığı açısından pestisitlerde aranan en önemli özellik; bir pestisit kullanıldığı zararlı mikroorganizmalar üzerinde maksimum, çevredeki diğerkirleticiler üzerinde ise minimum etkiye sahip olması ve oldukça kısa bir zaman içerisinde zararsız metabolitlere parçalanmasıdır. Fakat mevcut pestisitlerin çok azı bu niteliğe sahiptir. Büyük çoğunluğu ise hem kontrol ettikleri canlılar hem de çevredeki diğerkirleticiler için son derece toksiktirler [10].

Pestisitler doğrudan veya dolaylı yollarla insan ve çevresine olumsuz etkiler göstermektedirler.

### **2.6.1. Genel etkiler**

Toksikologlara göre bugün insanlar ‘kimyasal maddelerin oluşturduğu bir okyanus içinde yaşamak’ zorunda kalmışlardır.

Pestisitler canlıların çeşitli hayat formlarına karşı farklı toksik etkiler göstermektedir. Buna rağmen genel bir kural olarak bitki koruma ilaçlarının insan ve hayvanlar için zehirli olduğu kabul edilmelidir. Zira bu ekosistem içindeki bütün canlı organizmalar dikkate alınırsa, ekosisteme sokulan pestisitlerin bazı gruplara direkt olarak zehir etkileri olmasa bile, sonradan bunlara indirek şekilde toksik olması mümkündür [13].

Bitki koruma ilaçlarının çevredeki sirkülasyonu çok yönlü karmaşık bir yapıya sahiptir. Örneğin tarla, bahçe veya orman ağaçlarının hastalık veya zararlılara karşı ilaçlanması sırasında ilaç zerrecikleri havaya, toprağı, topraktan yağmurlarla yer altı sularına ve dolayısıyla su ekosistemine karışabilmektedir. Bitkiler üzerinde kalan pestisit kalıntıları ise besin yoluyla insan ve hayvanlara geçmekte ve ani

zehirlenmeler, hatta genetik yapıyı etkileyecek ve kansere sebep olabilecek düzeyde tehlikeler yaratabilmektedir [7].

Hiç pestisit uygulaması yapılmayan kutuplardaki penguenlerde, ayı balığı ve eskimolarda DDT'nin varlığının saptanması, bazı tarım ilaçlarının dünyadaki sirkülasyonunun ne kadar güçlü olduğunu göstermesi bakımından önemlidir [10].

### **2.6.2. Pestisitlerin insan sağlığına etkileri**

Pestisitlerin bir insanı etkileme yolları değişik şekillerde meydana gelmektedir. Bu etkiler kısaca şu şekilde olmaktadır:

#### **2.6.2.1. Direkt - toksin etkiler:**

Pestisitlerin direk etkisi insan vücuduna ilacın; solunum, deri veya ağız yoluyla doğrudan girmesi sonunda olmaktadır. Pestisit ile bulaşmış besinin yenilmesi veya içilmesi ile toksik etki meydana gelmektedir. Ancak intiharlar hariç bu safhada ölüm genellikle az olmakta, alınan pestisit toksite derecesi ve dozuna bağlı olarak zehirlenme belirtileri kısa bir süre sonra başlamaktadır.

Bu gruptaki zehirlenmelere 'akut zehirlenme' adı verilmektedir. Akut zehirlenme, pestisit bir defada alınan tek bir dozunun absorbe edilmesinden sonra, ilacın ani zehirlenme yapma potansiyelidir. Akut zehirlenmeler; dikkatsiz kullanımlar sonucunda olduğu gibi, ilacın tarım dışı yanlış kullanılması ile de meydana gelmektedir [13]. Pestisitlerin, ilaçlama yapan insanlar üzerinde görülen akut zehirlenmeleri Tablo 2.5'de gösterilmiştir.

Dünya Sağlık Teşkilatı (W.H.O) akut pestisit zehirlenmelerinde kesin verilere sahip değildir. Ancak son yıllarda dünya çapında 50.000 akut pestisit zehirlenmesi olduğu ve 20.000 kişinin öldüğü saptanmıştır. Son yıllarda eğitime önem verilmesi, etiketleme ve paketlemede gelişmelerin saptanması, sertifikalı uygulayıcıların

Tablo 2.5 Bazı pestisitlerin ilaçlama yapan insanlar üzerindeki akut zehirlenme etkileri

EN TEHLİKELİ	TEHLİKELİ	AZ TEHLİKELİ	EN AZ TEHLİKELİ
Aldicarp (C)	Aciflourfen (N)	Alachlor (ON)	Amitrole (ON)
Dicrotophos (OP)	Aldrin (CH)	Azinometyl (OP)	Atrazine (ON)
CarbofuranLC (C)	Amitraz (ON)	Bentazon (ON)	B.T. (M)
Chloropicri (M)	Carbophenothion (OP)	BHC (CH)	Benomyl (C)
Demeton (OP)	Croxyphos (OP)	Cholordane (CH)	Bromophos
Disülfoton (OP)	Dichlorvos (OP)	Cholorpyrifos (OP)	Carbofuron (C)
Fenamipos (OP)	Dieldrin (CH)	Diazinon (OP)	Dicofol (C)
Fensulfthiont (OP)	Dioxathion (OP)	Dİcamba (M)	Diquat (D)
Fonofos	DNBP (N)	Dichlobenil (M)	Linuron (ON)
Methamidophos (OP)	DNOC (N)	Diuron (ON)	MCPA (CP)
Methomyl (OP)	Endrin (CH)	Endosuphan (CH)	Malathion (OP)
Mrthyl Bromide (M)	EPN (OP)	Fenbutatine-Oxide (A)	Maneb (C)
Mevinphos (OP)	Fenamiasulf (ON)	Fenthion (OP)	Methoxychlor (CH)
Monocrotophos (OP)	Formetanate Hydrochloride (ON)	Fenvalerate (P)	Pyrethrins (B)
Parathion (OP)	Glydin (ON)	Fliazifop-Butil (N)	Simazine (ON)
Phorate (OP)	Koban (M)	Glyphosate (M)	Sulfur (M)
Schradan (OP)	Methidation (OP)	Metan-Sodium (M)	Tetracholorvinphos(OP)
Terbufos (OP)	Mercaptodimetur (C)	Metribuzine (ON)	Tetradifon (CH)
Zinophos (OP)	Methyl Parathion (OP)	Naled (OP)	Thiram (C)
	Phentachlorophenol (CP)	Oxidematon-Metyl (OP)	Trifluraline (N)
	Phosalone (OP)	Paraquat (D)	Triforine (F)
	Phosphamidon (OP)	Permethrin (P)	2,4-D (CP)
	Primicarp (C)	Phosmet(OP)	Zineb (C)
	Prpsur (C)	Propargite (M)	Ziram (C)
	Sodium Arsenite (A)	Thiophanate-Metyl (C)	
		Toxaphene (CH)	
		Triadimefon (M)	
		Tricholorfon (OP)	
		Vernolate (C)	

A: Arsenik ve diğer metaller B: Bitkisel C: Carbamat CH: Organoklor CP: Chlorophenoxy D: Depyridyl F: Formatridine M: Miscellaneous N: Azotlu OP: Organofosfat P:Pyrethroid ON: Organonitrogen

yetiştirilmesi ile akut zehirlenme oranında azalmalar gözlenmiştir. Ülkemizde akut zehirlenme üzerine az sayıda çalışma yapılırken, kronik zehirlenme üzerine hiç çalışma yoktur [5].

### 2.6.2.2. Sekonder – toksik etkiler:

Pestisit kalıntılarını ihtiva eden bitkisel ve hayvansal besin maddelerini yemek suretiyle meydana gelen zehirlenmelerdir. Bunlara genelde ‘kronik zehirlenme’ adı verilmektedir.

Kazalar ve yanlış ilaç kullanımı hariç tutulursa pestisitler ile insanların teması; ilaç üretimi, taşıma, depolama, kullanma ve ilaç kalıntısı içeren ürünlerin tüketimi sonunda olmaktadır. Bu etkileşim sonunda pestisit insan vücuduna ağız, deri veya solunum yoluyla girmektedir [13].

Son yıllarda pestisitlerle ilgili yapılan kronik toksisite çalışmaları, pestisitlerin kanserojen etkileri, gelişme ve üremeye etkileri, bağışıklık sistemine etkileri ve sinir sistemine etkileri üzerinde yoğunlaşmıştır [5].

#### **Pestisitlerin kanserojen etkileri**

Kanserojenlerin etkileri üzerinde son 20 yıldır çok sayıda bilgi edinilmesine rağmen, bilim adamları hala kansere yol açan temel etkinin ne olduğu konusunda tam bir fikir birliği oluşturamamışlardır. Bununla birlikte birçok ülkede pestisitlerin insanlar için kanser riski oluşturabileceği bildirilmiştir. Uluslararası Kanser Araştırma Konseyi (IARC) dünyadaki bir çok ülkede 40’ın üzerinde pestisitle ilgili epidemiyolojik çalışmaları listelemiştir. ABD’de pestisit imali ve kullanımındaki artışın, genel nüfusta kanser oranında bir artışa yol açmadığı bildirilmektedir. Ancak merkez eyaletlerdeki tarımsal üretim alanlarında lenf bezi ve kan kanserinden dolayı artan ölüm oranları ise bu tümörlerle bazı pestisitler arasında ilişki olduğunu göstermektedir [10].

Genelde bir çok ülkede doğrudan pestisit kullanan kişiler arasında yapılan çalışmalarda çiftçilerin kanser riski ile daha fazla karşı karşıya olduğu görülmüştür. Bir çok ülkede pestisit kullanımı ile kansere yönelik ilişkileri içeren çalışmalarda, tarımda geniş çapta pestisit kullanıldığı kırsal alanlarda kanser riskinin arttığı görülmüştür.

Çalışmalar devamlı olarak değerlendirildiğinde, pestisitlerin küçük fakat devamlı olarak alındığı durumlarda kanser riskinin arttığı görülmektedir [14].

Son kayıtlara göre insan sağlığına ve çevreye olan zararları nedeniyle ülkemizde ruhsatlı EPN, mevinphos, monocrotophos ve carbofuran isimli insektisitlerin kullanımını EPA tarafından yasaklanmıştır [5].

EPA, Ulusal Toksikoloji Programı ve IARC tarafından kanserojenik potansiyele sahip olduğu belirtilen ve ülkemizde ruhsatlı olan pestisitler Tablo 2.6'da gösterilmiştir.

Tablo 2.6 EPA, Ulusal Toksikoloji Programı ve IARC tarafından kanserojenik potansiyele sahip olduğu belirtilen ve ruhsatlı olan pestisitler

İNSEKTİSİTLER	FUNGUSİTLER	HERBİSİTLER
Dicofol	Benomyl	Phenoxy
Endosülfan	Captafol	2,4-D
Azinphos-methyl	Captan	MCPA
Diazinon	Chlorothalonil	Alachlor
Dichlorvos	Folpet	Aminotriazole
Dimethoate	Maneb	Fluometuron
Fenthion	Pentachloro nitrobenzene	Glyphosate
Malathion		Linuron
Methyl parathion		Metolachlor
Parathion		Terbutryn
Phosphophamidon		Trifluralin
Trichlorphon		
Carbaryl		

### **Pestisitlerin üremeye etkileri**

Pestisitlere maruz kalmamanın insanlarda üremeye etkili olabileceği, ancak üremenin çiftlere bağlı bir biyolojik işlev olması nedeniyle insan ve hayvanlarda üreme riskini değerlendirecek olan tüm metotların iki bireye bağlı olduğu belirtilmektedir. Yani deney hayvan çiftlerinden birinin üreme fonksiyonundaki küçük bir azalma tüm üremede değişikliğe neden olmayabilir [10]. İnsanda ise, çiftlerden birindeki üreme sistemindeki azalma üremede etkili olabilir. Ancak bu konuda yazılmış çok az bilgi vardır. Pestisitlerin üreme üzerindeki akut ve kronik etkilerini çok daha iyi bir şekilde ortaya koyabilecek insan ve hayvan üzerindeki çalışmaların yeniden düzenlenmesi gerekmektedir [5].

### **Pestisitlerin bağışıklık sistemine etkileri**

Pestisitlerin insanlarda bağışıklık sistemini baskı altına aldığına dair genel veriler olmamakla beraber, pestisitlerin bağışıklık sisteminde potansiyel risk olduğu hayvanlarda yapılan bazı çalışmalarla ortaya konmuştur. Ancak burada pestisite maruz kalma süresi ve düzeyinin önemli olduğu belirtilmiştir. Bu alanda hayvanlarda laboratuvar çalışmalarının çok sınırlı olduğu, insanlarda ise hiçbir çalışmanın yürütülmediği bildirilmektedir. Ancak captan, bazı karbamatlılar ve bazı organik fosforlu esterlerin insanlarda aşırı duyarlılığa neden olduğuna dair kesin deneysel veriler de vardır [14].

### **Pestisitlerin sinir sistemine etkileri**

Sinir sistemine zarar verecek şekilde oluşturulmuş bazı pestisitler eklemli ve eklemsizlerin sinir sistemi arasındaki temel benzerliklerin sonucu olarak insanlarda da sinirlere toksik etkiler oluşturacak özelliktedir.

Çocuklarda gelişmekte olan sinir sistemi bir yetişkine göre çok daha fazla zarar görmektedir. Örneğin zihinsel gecikme ve diğer problemlere neden olan tam oluşmamış bir sinir sistemine, ergine olduğundan çok daha fazla zarar vermektedir. Yaygın olarak kullanılan insektisitlerden organik fosforlular sinir sistemine etkilidir.

Bu insektisitler beyinde ve diğer organlarda sinir uçları arasındaki sinyalleri taşıyan hayati bir önemi olan bir enzimi (asetilkolinesteraz) inhibe ederler. Pestisitlere maruz kalan insanlarda sinir sisteminin etkilenmesi sonucu yorgunluk, konsantrasyonda azalma, hafıza kaybı ve depresyon gibi değişik etkiler görülmektedir [5].

## 2.7. Pestisitlerin Sulara Karışmaları ve Etkileri

Pestisitlerin su ekosistemine ulaşmaları değişik yollarla olmaktadır. Pestisit uygulaması yapılan tarım arazilerinden gelen yağmur sularıyla, sızıntı sularıyla yada doğrudan uygulamalar sonucu yüzey sularına ve yer altı sularına pestisitler karışabilmektedir. Pestisitlerin en önemli bulaşma kaynaklarından biri ise, pestisit içeren evsel ve endüstriyel (örneğin tekstil fabrikaları, pestisit üretimi yapan fabrikalar, orman ürünleri işleme tesisleri) atık suların alıcı ortamlara deşarj edilmesidir. Uygulama aletlerinin ve boş ambalaj kaplarının temizlenmesi sırasında da pestisit atıkları sulara karışabilmektedir. Bu bulaşma kaynaklarının dışında, atık kimyasalların kazayla yüzey sularına karışması sudaki pestisit konsantrasyonlarının artmasına neden olabilmektedir. Ormanlık alanlara herbisit uygulaması da yüzey sularındaki herbisit konsantrasyonlarında geçici artışlara neden olabilmektedir [2].

Endüstriyel atık sular, kanalizasyon suları, tarımsal alanlardan gelen yağmur suları, su yüzeyine püskürtme şeklinde doğrudan uygulamalar gibi yollar dışında, pestisitlerin sulara karışması pestisitlerin doğadaki taşınımının bir sonucu olarak da ortaya çıkabilmektedir. Pestisitlerin doğadaki taşınımı çok yönlü ve karmaşık bir yapıya sahiptir. Örneğin; tarla, bahçe ve orman ağaçlarının hastalık ve zararlılara karşı ilaçlanması sırasında ilaç zerreleri havaya, toprağa, topraktan yağmurlarla yer altı sularına dolayısıyla su ekosistemine karışabilmektedir. Hiç pestisit uygulaması yapılmayan kutuplardaki penguenlerde, ayı balığı ve eskimolarda DDT'nin varlığının saptanması bazı pestisitlerin dünyadaki sirkülasyonunun ne kadar güçlü olduğunu göstermektedir [15].

Pestisitler genellikle havaya püskürtülerek kullanılır. Böylece bitkilerin yüzeyine ve toprağa ulaşırlar. Pestisitlerin toprağa ulaşmasında yağmur, rüzgar gibi çeşitli abiyotik etkenler rol oynar. Topraktaki zararlı böceklerle, mikroskobik kurtlara ve

tohum ilaçlamaları sırasında tohuma uygulanan pestisitler doğrudan toprağa karışırlar [2]. Topraktaki pestisitler ise, uygulandıktan sonra belli bir süre toprakta birikebilirler ve çözünmez bileşikler halinde toprak kolloidleri tarafından değişik mekanizmalarla tutulurlar, buharlaşma ve diğer yollarla atmosfere karışabilir yada sızıntı yoluyla yer altı sularına karışabilirler. Topraktaki pestisitlerin yüzey sularına karışmaları çözülmüş veya süspansel halde rüzgarla sürüklenerek, buharlaşarak yada çözülmüş ve tutulmuş halde erozyonla sürüklenen toprak partikülleriyle taşınmalarıyla gerçekleşir [15].

Topraktaki ve ekili alandaki pestisit kalıntılarının sulara taşınması; pestisitlerin çözünürlüğü ve toprak partiküllerine adsorplanabilmeleri ile ilişkilidir. Çözünebilir ve zayıf adsorbe olan pestisitler genellikle toprak profili arasından aşağılara doğru süzülürler ve yer altı suyuna karışırlar. Orta derecede adsorbe olan pestisitler öncelikle yüzey akışıyla taşınmanın yanı sıra erozyonla taşınan toprak partikülleriyle sürüklenirler. Suda yüksek oranda çözünebilen pestisitler akuatik ortamda geniş olarak yayılırlar ve organiklere adsorplanma eğilimi göstermezler, böylece suda kolayca seyrelir ve dağılırlar [2]. Pestisitlerin su ortamlarına taşınım yolları Tablo 2.7'de verilmiştir.

Pestisitlerin partiküllere tutunması sudaki konsantrasyonlarının azalmasında önemli bir rol oynar. Pestisitlerin adsorpsiyonunun ve desorpsiyonunun bilinmesi ise onların akuatik ekosistemdeki davranışlarının önceden tahmin edilmesinde rol oynar [16].

Bir pestisit kimyasal yapısı; onun stabilitesini ve bir akuatik sistemdeki dayanıklılığını belirler. Pestisitler birkaç saatte bozunabilen ve kararlı olmayan bileşiklerden, çok uzun yıllar bozunmadan kalabilen çok kararlı bileşiklere kadar değişen kimyasal yapıya sahiptirler. Dayanıklı pestisitler akuatik ekosistem için potansiyel zarardırlar [2]

Pestisit kalıntıları ile kanser, sinir sistemi hasarları ve kısırılık arasında ilişki olduğu, pestisitlerin kuş ve balık nesilleri üzerinde olumsuz etkilerde bulunduğu, bunun yanı sıra canlıları kanser yapıcı (kansinojenik), kalıtsal (mutajenik) ve şekil bozukluğu yaratıcı (teratojenik) özellikleriyle etkiledikleri bilinmektedir. Öldürücü, hastalık



yapıcı ve gelişmeyi durdurucu etkileri olduğunu da söylemek mümkündür. Pestisitlerle ilgili önemli bir endişe de, onların daha toksik bileşiklere dönüşebilmeleridir. Pestisitler ve bunun gibi toksik maddeler, hem insanlar ve hem de akuatik hayat için davranış bozuklukları ve fizyolojik bozukluklar gibi rahatsızlıklara neden olduklarından dikkatle izlenmesi ve kontrol edilmesi gereken toksik bileşiklerdendir. Pek çok pestisit alglere, balıklara, diğer akuatik canlılar ve onlarla beslenen kuşlara toksik olduğu bilinmektedir [16].

Pestisitlerin balıklara etkisi çok değişiktir. Direkt olarak öldürmelerinden başka, beslenme ortamlarındaki değişiklikler, sudaki oksijenin azalması vb...yollarla giderek ölüme de yol açabilmektedirler. Durgun sulardaki minimal düzeydeki bir pestisit kalıntısının bile sudaki oksijeni hızla azalttığı ve balıkların beslenme ortamını bozduğu saptanmıştır. Bir çok pestisit balıkların büyüme oranlarına, çoğalmalarına ve davranışlarına etki yaptığı, dokularını zarara uğratabildiği de bilinmektedir. Pestisitlerden etkilenen balıklar düşmanları tarafından daha kolay avlanır, diğer balıklarla daha az rekabet edebilir, mevsimlik ısı değişimleri, çoğalma, geçici açlık gibi konulara daha az dayanıklı hale gelirler. Bu olumsuz etkilerin yanı sıra, pestisitlerin etkisiyle ölen organizmaların dibe çökerek birikmesi ve çürüme esnasında ortaya çıkan karbondioksit veya zehirli gazların, diğer akuatik organizmaların bu bölgelere yaklaşmasına engel olmaları, pestisitlerin akuatik ortamda neden oldukları diğer zararlı sonuçlardandır [15].

Tablo 2.7 . Pestisitlerin su ortamlarına taşınım yolları

SU ORTAMI	EROZYON	ATMOSFER	ATIK SULAR
Nehirler	++	+	+++
Deltalar	+	+	++
Göller	++	+	-
Denizler	+	+++	+

Toprakta ve suda devamlı birikim halinde olan pestisitler tüketilen ürünler aracılığıyla insanlara, evcil hayvanlara ve yaban hayatına ulaşmakta, çevre sağlığını olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Pestisitlerin doğada hangi ortamlarda daha çok biriktiği aşağıda Tablo 2.8’da verilmiştir.

Organofosfatlı pestisitler ise, balıklar için çok toksik değildir (kaza sonucu suya fazla miktarda karışmaları dışında). Bu tür pestisitler nötralin üzerindeki pH değerlerinde eğer koşullar uygunsa oldukça hızlı hidroliz olurlar ve böylece toksik özelliklerini yitirirler [2].

Tablo 2.8 Doğada pestisit birikimi

SU ORTAMLARI	BİRİKİM (%)
Kara ve Kıyı Ortamları	38,23
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hava</li> <li>• Akarsu ve göl suyu</li> <li>• Deniz suyu</li> <li>• Toprak</li> <li>• Sediment</li> <li>• Biota</li> </ul>	0,13 0,94 0,64 0,64 34,73 1,15
Açık Okyanuslar	61,77
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hava</li> <li>• Deniz suyu</li> <li>• Sediment</li> <li>• Biota</li> </ul>	0,21 61,45 0,04 0,07
TOPLAM	100,00

Pestisitlerin sadece istenmeyen organizmalara değil canlılara da toksik olmaları, pestisitlerin hem akuatik yaşamı hem de insanları ve diğer canlıları öldürücü, kanser yapıcı, şekil bozukluğu yaratıcı ve kalıtsal hasarlara yol açan özelliklerle etkilediklerinin bilinmesi ise; bu bileşiklerin içme suları ve atık sulardan giderilmelerini zorunlu hale getirmektedir. Pestisit üretiminden oluşan kimyasal atıkların en problemlili atıklardan olduğu da bilinmektedir [17].

## **2.8. Pestisitlerin Toprağa Karışmaları ve Etkileri**

Bitki hastalık ve zararlılarına karşı kullanılan pestisitler yağmur, rüzgar gibi çeşitli etkenlerle toprağa dolaylı yolla ulaşabilmektedir. Topraktaki zararlı böceklerle, nematodlara ve tohum ilaçlamaları sırasında tohuma uygulanan pestisitler ise direkt olarak toprağa karışmaktadır. Bu şekilde toprakta devamlı birikim halinde olan pestisitler, tüketilen ürünler aracılığı ile insan, evcil hayvanlar ve yaban hayatına ulaşarak çevre sağlığını olumsuz yönde etkileyebilmektedir [10].

Pestisitlerin toprakta kalıcı yani persistent olması; kullanılan ilacın grubuna, formülasyon şekline, toprak tekstürüne, ilacın absorbe edilme durumuna, toprak nemi ve sıcaklığına, ilacın yağmur, sulama veya drenaj suları ile yıkanma özelliğine göre değişmektedir [13].

Pestisit kalıntıları ile bulaşmış topraklarda yetiştirilen ürünlerin, ilaçları topraktan bünyelerine aldıkları belirlenmiştir. Örneğin Aldrin ile ilaçlanmış tarlalarda yetiştirilen patates ve havuçta Aldrin kalıntısı, yoğun Aldicarbe uygulanmış topraklarda yetiştirilen karpuzlarda ise Aldicarbe kalıntısı görülmüştür [10].

Yapılan çeşitli araştırmalar, yıllar önce yasaklanmış olmasına rağmen DDT'nin bazı topraklardaki miktarında henüz bariz bir azalmanın olmadığını ortaya koymaktadır. Bu kalıntılar, yarılanma ömrü uzun olan bazı pestisitlerin toprakta hareketsiz ve depolanmış halde kaldığını göstermektedir [13].

Biyosfere dahil olan pestisitlerin bozulmadan uzun süre doğal koşullarda kalmaları önemli çevre kirliliğine neden olur. Pestisitlerin toprakta kalma süreleri 1-2 hafta ile

2 yıldan daha fazla (15 veya daha fazla) olabilir [10]. Bazı pestisitlerin toprakta kalma süreleri Tablo 2.9’de verilmiştir.

Pestisitlerin kırsal alanda artan bir şekilde devamlı olarak kullanılması, diğer kirlenmelerin aksine ekolojik bir felaket olarak kabul edilmektedir. Pestisitlerin büyük bir kısmı son derece zehirlidir ve özellikle insan ve hayvanların çeşitli organlarında birikerek kanser oluşmasına neden olurlar (Tabii bu arada bu maddelerin dozu da önemlidir). Ayrıca besin zinciri içerisinde bu maddelerin bitkiler ve hayvanlar tarafından alınması ve sonuçta insanların belirli dokularında, özellikle de yağ dokusunda birikimi akut ve kronik zehirlenmelere hatta ölüme neden olmaktadır [3].

Tablo 2.9 Bazı pestisitlerin toprakta kalma süreleri

Kısa Yarılanma Süresi < 30 gün	Orta Yarılanma Süresi 30-100 gün	Uzun Yarılanma Süresi >100 gün
Aldicarb	Aldrin	Bromacil
Captan	Atrazine	Chlordane
Dalapon	Carbaryl	Lindane
Dicamba	Carbofuran	Paraquate
Malathion	Diazinon	Picloram
Methyl Paration	Endrin	Trifluralin
Oxamyl	Fonofus	
2,4-D	Glyphosate	
2,4,5-T	Heptachlor	
	Linuron	
	Parathion	
	Phorat	
	Simazine	
	Terbacil	
	TCA	

Gerçekten pestisitler çevreyi kirletmenin çeşitli nedenleri arasında tek ve üstün bir yere sahiptirler. Diğer bütün kirleticilerin aksine pestisitler kültür bitkilerini tahrip eden zararlıları, insan yada evcil hayvanlardaki bazı parazitleri yok etmek için isteyerek kullanılırlar [5].

Pestisitlerin devamlı kullanılmaları; sonuçta çevrenin ve besinlerin kirlenmesine, biyolojik dengenin bozulmasına ve pestisitlere dirençli türlerin ortaya çıkmasına neden olur [10].

### **2.8.1. Pestisitlerin topraktan taşınma yolları**

Pestisitlerin taşınması bazen zararlılarla mücadelede şarttır. Örneğin çimlenmeden önce kullanılan herbisitler çimlenmekte olan tohumlara ulaşmalıdır. Bununla birlikte bu hareket pestisiti hedef canlıdan uzaklaştırabilir. Bu durum zararlının kontrolünde azalmaya, insan da dahil hedef olmayan türlerin zarar görmesine, yüzey sularının ve yer altı sularının kontaminasyonuna neden olabilir.

Pestisitler 5 yolla taşınır:

1. Buharlaştırma yoluyla,
2. Yüzey akışı yoluyla,
3. Toprağa sızmayla,
4. Absorbsiyonla,
5. Tarımsal ürünlerle taşınır [4].

#### **2.8.1.1. Buharlaştırma**

Buharlaştırma sıvı veya katıların gaz haline dönüşmesidir. Pestisit gaz haline dönüşürse uygulanan yüzeyden hava akımı ile uzaklaşabilir. Buhar basıncı pestisit buharlaşma hızında önemli bir faktördür. Buhar basıncı ne kadar fazla ise pestisit de o kadar çok buharlaşır. Yüksek sıcaklık, düşük nispi nem ve hava hareketi buharlaşmayı hızlandırma eğiliminde olan çevresel faktörlerdir [2]. Toprak partikülleri tarafından sıkıca emilmiş pestisitlerin buharlaşması daha az muhtemeldir. Bu yüzden toprağın yapısı, organik madde muhtevası ve nemi pestisit

buharlaşmasını etkiler. Formülasyon şekli de buharlaşmayı azaltır. Granüler ve ıslanabilir toz ilaçlar buharlaşmaya karşı emülsiyon konsantrelerden daha dayanıklıdır [4].

#### **2.8.1.2. Yüzey akışı**

Yüzey akışı, eğimli alanlardaki suyun hareketine denir. Pestisit uygulanmadan önce toprak sulanırsa akış meydana gelir. Pestisitler akan suyla veya bunların içindeki toprak partikülleriyle taşınabilirler[11].

Arazinin eğim ve yapısı; toprağın nemi, erozyon durumu, yağış, sulama süreleri ve miktarları gibi faktörler pestisitlerin taşınmasını etkiler. Pestisitler genellikle ilaçlamadan sonra yağın şiddetli ve sürekli yağmurlarla en fazla taşınırlar. Ayrıca daha önceden yağmur veya sulama ile toprağın aşırı doymuş olduğu durumlarda pestisitler yine yüzey suyu ile kolayca taşınırlar [2].

Tahıl ve diğer bitki kalıntıları suyun hareketini azaltıcı etki yaparlar. Pestisitlerin bitkiler tarafından çabuk absorbe edilmesi, toprağa veya bitki dokusuna sıkı bağlantısı gibi fiziksel ve kimyasal özellikleri bunların taşınmasında önemli bir yere sahiptir [4].

#### **2.8.1.3. Toprağa sızma**

Toprağa sızma pestisitinin toprak yüzeyinden toprak içine doğru hareketine denir. Pestisitinin sızması o pestisitinin fiziksel ve kimyasal özelliklerine bağlıdır. Örneğin bir pestisit toprak partikülleri tarafından kuvvetlice adsorbe edilirse daha az yıkanır. Pestisitinin çözülmesi diğer bir etkili faktördür. Eğer pestisit suda çözünürse topraktaki su ile birlikte hareket eder. Bir pestisitinin kalıcılığı veya ömrü de sızıntı miktarını etkiler. Parçalanma işlemleri ile çabucak ayrılan pestisitler toprakta çok kısa kalması nedeniyle toprağın derinliğine daha az iner. Toprağın yapısı ve organik madde içeriği de sızmayı etkileyen faktörlerdir. Çünkü bunlar pestisitlerin adsorbsiyonunu etkilerler. Suyun toprak içindeki hareketi de önemlidir. Toprak ne kadar geçirgense

pestisit sızıntısı da o kadar fazladır. Kumlu toprak, killi topraktan daha geçirgendir [11].

Pestisitlerin toprakta sızmasını ilaçlama miktarı ve yöntemleri de etkiler. Toprak yapısını değiştiren sürme sistemleri, ilaçlamadan sonra ilaçlama alanının sulanması ve ilaçlama süresi de pestisit yıkanmasını etkilemektedir. Pestisit uygulaması sürekli ve şiddetli yağın yağmur mevsimine ne kadar yakın yapılırsa, pestisitlerin toprağa sızması da o kadar çok olur. Pestisitler; depolama, karıştırma, ekipman temizleme ve atık alanlarında topraktan taban suyuna doğru sızarlar [4].

#### **2.8.1.4. Absorbsiyon**

Pestisitlerin bitki ve hayvan tarafından alınmasıdır. Pestisitlerin hedef alınan veya alınmayan organizmalar tarafından absorpsiyonunu çevre koşulları, pestisit ve toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri etkiler. Pestisit bir kez bitki bünyesine girerse orada parçalanabilir veya bitki içinde o bitki çürüyünceye veya hasat edilinceye kadar değişmeden kalırlar [11].

#### **2.8.1.5. Tarımsal ürünler**

Hasat edilen tarımsal ürünler de pestisitlerin veya dönüşüm ürünlerinin bir yerden başka bir yere taşınmasını sağlar. Hasat edilen ürünlerin pek çoğu yıkama ve diğer işlemlere tabi tutulduğu için bünyelerinde bulunan pestisit kalıntılarının çoğu alıcı ortama atılır [4].

### **2.9. Pestisitlerin Atmosfere Etkileri**

Pestisitlerin çevreye olan etkisini değerlendirmede atmosfer, hidrolik döngünün bir unsuru olarak çok önemli bir yere sahiptir. Hidrolik döngünün bir parçası olan yağış sayesinde yerüstü ve yeraltı suları tekrar yenilenir. Atmosfere partikül ve buhar halinde karışan pestisitler yağışlarla temizlenir ve bunlar akarsu, çay, göl ve toprakta birikirler. Ayrıca pestisitler, atmosferdeki gaz ve diğer partiküllere tutunmak

suretiyle de toprak yüzeyinde birikirler, buradan yerüstü ve yeraltı sularına ulaşırlar [10].

1960'lı yıllara kadar ilaçlamalarla atmosfere karışan pestisitlerin neden olduğu atmosfer kirliliği lokal bir problem olarak düşünülmekteydi ve doğada uzun süre kalabilen pestisitlerin, atmosfer yolu ile hareketinin çok az olduğuna inanılmaktaydı. DDT ve diğer organoklorlu bileşiklerin Arktik ve Antarktik balık ve memelilerin vücutlarında bulunması bu görüşü değiştirmiştir. Pestisitlerin yağışlarla ve rüzgarla hiç ilaçlanmayan alanlara taşındığı ortaya çıkarılmıştır [4].

Günümüzde atmosferin pestisitlerin taşınmasında önemli bir rol oynadığı, ilaçlanan bölgelerden çok uzaklara taşınmasına ve oralarda birikmesine neden olduğu bilinmektedir. Pestisitler bu şekilde, yüzlerce hatta binlerce kilometre uzağa taşınabilmektedirler. Toprak yüzeyinde bir pestisit biriktiği zaman, tekrar buharlaşarak atmosfere karışabilmekte ve bu şekilde tamamen parçalanıncaya kadar, atmosfer ve toprak yüzeyi arasında hareket etmektedir. Bu olay bazen onlarca yıl sürmektedir. Bazı pestisitlerin parçalanma ürünleri orijinal bileşikten daha da toksik olabilmekte ve atmosferdeki döngüye bu parçalanma ürünleri de katılmaktadır [11].

Atmosferde en çok bulunan pestisitlerin başında organoklorlu insektisitlerden DDT, lindane, heptaklor, dieldrin gelmektedir. Organoklorlu insektisitler kadar doğada uzun süre kalmamasına karşın hava, yağmur ve çığde organofosfatlı insektisitlere rastlanılmıştır. Bunların başında diazinon, metilparation, paration, malation, klorpirifoz, metidation bulunmaktadır [4].

Son yıllarda herbisit kullanımı artmıştır. Kullanılan herbisitlerin çoğu çevrede uzun süre kalmaması yanında, yağmur suyuyla yüksek oranda triazinli bileşikler tespit edilmiştir [10].

Pestisitlerin yağmur ve havadaki konsantrasyonu lokal olabilmekte ve yıl boyunca dalgalanma göstermektedir. Hava ve yağmurdaki en yüksek konsantrasyonlar ilkbahar ve yaz aylarında meydana gelmektedir. Bununla beraber hava, yağmur ve çığdeki insektisit konsantrasyonları bazı bölgelerde sonbahar ve kışın yüksek oranda kullanıldıkları için bu mevsimlerde de yüksek oranda saptanmaktadırlar.



Hava, yağmur, kar ve çığdaki pestisitlerin çevre açısından önemini belirtmek oldukça zordur, çünkü bu ortamlar için standartlar ve kriterler henüz belirlenememiştir [4].

### **2.10. Organizmalarda Pestisitlere Duyarlılık Azalışı**

Pestisitlerin piyasa ömrünü, insan sağlığını ve çevreye etkililiğini en fazla etkileyen olayların başında pestisitlere organizmaların duyarlılık azalışı gelmektedir. Bir pestisite organizmaların duyarlılığı azaldıkça, o pestisitinin etkililiği de düşmektedir. Uygulayıcı ise, eski etkililiği elde edebilmek için devamlı doz yükseltmesine gitmektedir. Böylece artan dozlara paralel olarak çevrede pestisit kalıntıları daha fazla yoğunlaşmaya başlamaktadır [10].

Pestisitlere duyarlılık azalışı iki yolla olur; adaptasyon ve dayanıklılık. Adaptasyonda, bir organizmanın genetik yapısında değişiklik olmaksızın bir kimyasal maddeye uyum göstermesi sonucu duyarlılığın azalmasıdır. Ancak dayanıklılıkta, organizmanın duyarlılığı genetik yapısındaki bir değişiklik sonucu azalmaktadır. Buna göre, dayanıklılık bir mutasyondur ve genelde geri dönüşümü yoktur. Adaptasyonda ise, söz konusu pestisitinin kullanımının durdurulmasıyla organizma yavaş yavaş tekrar eski duyarlılığını kazanabilir. Türkiye gibi, pestisitlerin bir ölçüde bilinçsiz ve kontrolsüz kullanıldığı ülkelerde dayanıklılık kadar adaptasyon da ekonomik açıdan önem taşımaktadır. Dayanıklılığın ortaya çıkışına en fazla etki eden faktörlerin başında, pestisitinin dayanıklılık açısından riski ile pestisitlerin kullanım biçimi gelmektedir. Bilinçsiz ve kontrolsüz kullanım, duyarlılık azalışlarının daha hızlı ortaya çıkmasına yol açmaktadır [9].

### **2.11. Pestisitlerin Yaban Hayatına Etkileri**

Pestisitler, doğrudan ve dolaylı zehirlenme, kimyasal 'biyokonsantrasyon', habitat ve besin ağında değişiklikler meydana getirerek yaban hayatını olumsuz etkilemektedirler. Bunların bazı etkileri orijinal zararlı ile doğrudan ilişkisi olmayan hayvanlar üzerinde de meydana gelmektedir. 1960'larda, yaban hayatı biyologları Bonaventure (Quebec) adasındaki bir tür deniz kuşu populasyonunda bir azalma

başladığını fark ederek, kuşların yumurtalarını analiz ettiklerinde DDT ile karşılaşmışlardır. DDT, yumurta kabuklarının embriyoyu koruyamayacak kadar incelmeye sebep olmakta, besin ağında yüksek düzeylerde biyokonsantre olabilmekte ve besin zinciri yoluyla diğer yırtıcı kuşların popülasyonunu da azaltmaktadır [10].

Modern pestisitler doğada daha az kalıcıdır, fakat hedef dışı organizmalar için çok yüksek derecede toksik olabilmektedirler. Örneğin ormanların korunmasında DDT'nin yerini almış olan fosfamidon, büyük oranlarda kuşların ölümlerine sebep olmuştur. Hem DDT'nin hem de fosfamidonun yerini alan fenitrothion kullanılması, daha az olumsuz etkiye sahiptir, fakat çevreye etkisi hala devam etmektedir.

Pestisitler yaban hayatını da değiştirmektedirler. Herbisitler doğal bitki örtüsünü de öldürmekte, böylece kuşların ve memelilerin sayıları azalmakta ve buna bağlı olarak bunların avcılarının da soyu tükenmektedir. Herbisitlerin neden olduğu habitat değişikliği tüm biyolojik komünitelerde dalgalanmalara neden olmaktadır [4].

### **BÖLÜM 3. İYON DEĞİŞTİRİCİLER**

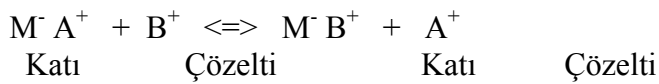
Doğada iyon değişimi yapma kabiliyetine sahip bir çok maddeler bulunmakta ve uygulamada kullanılmaktadır. Bunları; esas itibariyle alümina silikatlar olarak ifade edilen silikat (kil) mineralleri ve zeolitler teşkil etmektedir. Zeolitlerin katyon değiştirme kapasiteleri silikat minerallerine göre 3-10 kat daha fazladır [18]. Kil minerallerinin ve zeolitlerin sahip oldukları iyon değiştirme özellikleri, üç temel unsurdan kaynaklanır. Birinci unsur, kristal yapıyı oluşturan SiO<sub>4</sub> tetrahedralindeki Si atomu yerine Al atomunun geçmesidir. Al atomu nedeniyle yapıda meydana gelen pozitif yük ihtiyacını karşılamak üzere kristal yapı içerisinde farklı pozitif değerliğe sahip değişebilir özellikteki katyonlar yerleşir. İkinci unsur, boyut küçültme (kırama, öğütme) işlemleri sırasında meydana gelen bağ kırılmaları ve kristal yapı kusurlarıdır. Bağ kırılması sonucu oluşan negatif veya pozitif yükleri dengelemek için tane yüzeyine değişebilir özellikte katyonlar (H<sup>+</sup> vb.) veya anyonlar (OH<sup>-</sup> vb.) adsorbe olabilir. Üçüncü unsur ise kristal yapıda bulunan hidroksil iyonlarına bağlı H<sup>+</sup> iyonlarıdır. Yapıdaki bu H<sup>+</sup> iyonları da değişebilir özellikte olup, diğer katyonlarla yer değiştirebilir. Özellikle kil minerallerindeki iyon değiştirme kapasitesinin %20'si son iki unsurdan kaynaklanmaktadır [18,19].

İdeal bir iyon değiştiricide aranan özellikler aşağıdaki gibidir:

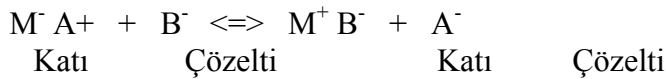
1. Kimyasal stabilite (aside dayanıklılık),
2. Hidrolik dizaynın gerektirdiği sabit bir tane boyutuna sahip olması,
3. Fiziksel stabilite,
4. Hızlı iyon değiştirme kapasitesi,
5. Kontrollü ve efektif bir iyon değiştirme kapasitesi,
6. Termal stabilite,

Homojen ve hidrofilik yapı ve rejenere edilebilmesi [19].

İyon değiştirme reaksiyonu bir çözeltildeki değişmeyen katı fazı (iyon değiştirici) ve çözeltili fazı arasında tersinir olarak meydana gelen iyon alış verişidir [18]. Eğer  $M^- A^+$  yapısındaki bir iyon değiştiriciyi ele alırsak buradaki  $M^-$  kristal yapıda sabit halde bulunan ve çözünmeyen anyonu,  $A^+$  ise değişebilir katyonu temsil etmektedir. Eğer  $M^- A^+$  iyon değiştirici, içerisinde  $B^+$  katyonları bulunan bir su çözeltilisine konursa aşağıda verilen iyon değiştirme reaksiyonu meydana gelir.



Yukarıda verilen bu reaksiyon bir katyon değiştirme reaksiyonudur. Aynı şekil üzerinde eğer  $M^+ A^-$  yapısında bir iyon değiştiriciyi, içerisinde  $B^-$  anyonları bulunan su çözeltilisine ilave ettiğimizde, aşağıda verilen anyon değiştirme reaksiyonu meydana gelir [18,19].



İyon değiştirme işlemi stokiometrik bir denklem olup, katı fazdan çözeltiliye ve çözeltiliden de katı faza geçen iyonların toplam değerlikleri birbirine eşitir ve her zaman için sistem elektriksel bakımdan nötrdür. Mesela katı fazındaki üç adet  $Ca^{++}$  iyonu çözeltiliye geçtiğinde çözeltili, eğer  $Na^+$  iyonu içeriyor ise altı adet  $Na^+$  iyonu katı faza geçer. Yani iki değerlikli üç  $Ca^{++}$  iyonu tek değerlikli altı  $Na^+$  iyonu ile yer değiştirerek her bir fazdan diğerine geçen toplam değerlik sayısının eşit olması sağlanır [18].

Günümüzde çoğunlukla reçinelerin kullandığı alanlardan bazıları aşağıda sıralanmıştır:

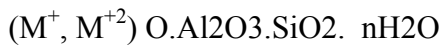
1. Sıvı atıklardan hümik asidin uzaklaştırılması,
2. Endüstriyel proses atıklarından fenolün uzaklaştırılması,
3. İçme suyunun sertliğinin giderilmesi,
4. Endüstride ve laboratuarda kullanılan suyun demineralizasyonu,
5. Nükleer santrallerin soğutma sularının arıtılması,
6. Yeraltı sularından nitratların uzaklaştırılması,

7. Yeraltı sularından radyumun uzaklaştırılması,
8. Toksik özellikteki ağır metal iyonları ve siyanürün atıksulardan uzaklaştırılması [19].

### 3.1. Zeolit

Zeolitler 1756 yılında İsveçli minerolog Alex Frederich Crostedt tarafından bulunmuştur [20]. Zeolit kelimesi klasik Yunan alfabesinde “çabukça ısınan, kaynayan taş” anlamına gelmektedir. İlk bulunan zeolit numuneleri volkanik orjinli olanlardır. Daha sonra hidrotermal ve çökerme yolu ile “sedimenter zeolit” oluşumları da bulunmuştur [21]. Zeolitler dünyada ancak 1960’lı yıllardan sonra ticari olarak üretilip pazarlanmaya başlanmıştır. Türkiye’de ise varlıkları ilk defa 1971’de tespit edilmiştir [22,23].

Zeolitler çerçeve yapılı (Al-O-Si) kristal silikatlar grubundandır [20]. İskelet yapılarındaki Si/Al oranlarındaki ve içerdikleri katyon cinsi miktarlarındaki bazı farklılıklara rağmen;



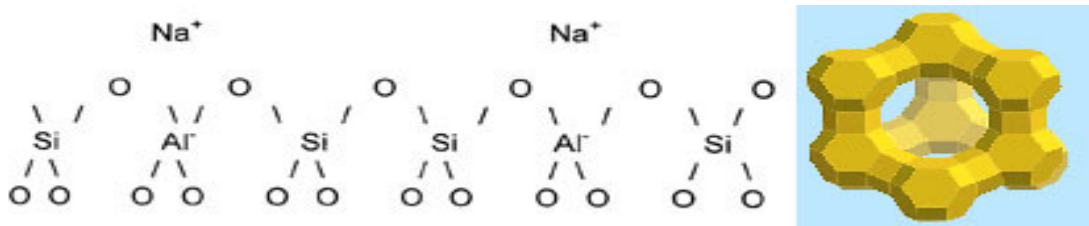
genel formülü ile ifade edilebilirler. Burada M<sup>+</sup> bir alkali katyon olup genellikle Na<sup>+</sup> veya K<sup>+</sup>, nadiren de Li<sup>+</sup> olur. M<sup>+2</sup> ise bir toprak alkali katyondur ve genellikle Mg<sup>+2</sup>, Ca<sup>+2</sup>, Fe<sup>+2</sup> nadiren de Ba<sup>+2</sup>, Sr<sup>+2</sup> olur [24]. Doğal zeolit minerallerinin başlıcalarının isim ve formülleri Tablo 3.1’de verilmiştir.

Zeolitlerin yapıları boşluklar içermekte olup, bal peteği veya kafes görünümündedirler. Bu boşluklarda çeşitli katyonlar ve su bulunabilmektedir. Katyonlar genellikle alkali ve toprak alkali metallerdir. Katyonlar zeolitlere zayıf bağlarla bağlı olduklarından iyonlarını kolaylıkla değiştirebilmektedirler. Bu nedenle zeolitler iyon değiştirici olarak kullanılabilirler. Gözeneklerinin içindeki su molekülleri de ısıtılarak zeolitik yapıyı terk etmekte veya tekrar adsorblanabilmektedir [25].

Tablo 3.1 Doğal zeolit minerallerinin başlıcalarının isimleri

İSİM	FORMÜL
Analsim	$\text{Na}_{16}(\text{Al}_{16}\text{Si}_{32}\text{O}_{96}) \cdot 16\text{H}_2\text{O}$
Şabazit	$\text{Ca}_2[(\text{AlO}_2)_4(\text{SiO}_2)_8] \cdot 18\text{H}_2\text{O}$
Klinoptilolit	$(\text{Na}_3\text{K}_3)(\text{Al}_6\text{Si}_{30}\text{O}_{72}) \cdot 24\text{H}_2\text{O}$
Erionit	$(\text{Na,Ca,K})_9(\text{Al}_9\text{Si}_{27}\text{O}_{72}) \cdot 27\text{H}_2\text{O}$
Fojasit	$\text{Na}_{58}(\text{Al}_{58}\text{Si}_{134}\text{O}_{384}) \cdot 24\text{H}_2\text{O}$
Ferrierit	$(\text{Na}_2\text{Mg}_2)(\text{Al}_6\text{Si}_{30}\text{O}_{72}) \cdot 18\text{H}_2\text{O}$
Hölandit	$\text{Ca}_4(\text{Al}_8\text{Si}_{28}\text{O}_{72}) \cdot 24\text{H}_2\text{O}$
Lamontit	$\text{Ca}_4(\text{Al}_8\text{Si}_{16}\text{O}_{48}) \cdot 16\text{H}_2\text{O}$
Mordenit	$\text{Na}_8(\text{Al}_8\text{Si}_{40}\text{O}_{96}) \cdot 24\text{H}_2\text{O}$
Filipsit	$(\text{NaK})_{10}(\text{Al}_{10}\text{Si}_{22}\text{O}_{64}) \cdot 20\text{H}_2\text{O}$
Natrolit	$\text{Na}_{16}(\text{Al}_{16}\text{Si}_{24}\text{O}_{80}) \cdot 16\text{H}_2\text{O}$
Stilbit	$\text{Ca}_5(\text{Al}_{10}\text{Si}_{26}\text{O}_{72}) \cdot 28\text{H}_2\text{O}$
Linda A	$\text{Na}_{12}(\text{Al}_{12}\text{Si}_{12}\text{O}_{48}) \cdot 27\text{H}_2\text{O}$

Herhangi bir zeolit kristalinin en küçük yapı birimi  $\text{SiO}_4$  veya  $\text{AlO}_4$  dörtyüzlüsüdür. Bu birimde merkezde Si veya onunla yer değiştirebilen Al atomları, köşelerde ise O atomları bulunmaktadır [20]. Bu yapı şekil 3. 1'de gösterilmektedir. Si ve Al dörtyüzlülerinin oluşturduğu birincil yapı ünitelerinin birleşmesi ile tek ve çift halkalı ikincil yapı üniteleri ve yüksek simetrik parametreler meydana gelmektedir. Bu çokyüzlü ve ikincil yapı ünitelerinin üç boyutta değişik şekillerde dizilmesi ile de mikrogözeneklere sahip zeolit iskeleti ortaya çıkmaktadır [5].

Şekil 3.1  $\text{SiO}_4$  veya  $\text{AlO}_4$  Dörtyüzlülerinin kimyasal formülleri

Çokyüzlüler ve bunları birbirine bağlayan ikincil yapı üniteleri arasında yer alan bu mikrogözenekler mikropencerelerle birleşip bir, iki veya üç boyutlu boşluk sistemleri ve kanalları oluşturmaktadır. Boşluk miktarı toplam hacmin %20'si ile %50'si arasındadır. Zeolit minerallerinin en önemli özelliği; bu boşluklar ve bu boşluklara kolayca girebilen ve yer değiştirebilen sıvı ve gaz molekülleri ile toprak alkali iyonlardan ileri gelen “moleküler elek” olmalarıdır [24].

Zeolitler doğal ve sentetik olarak ikiye ayrılmaktadırlar. Doğal zeolitlerin kullanım alanları, sentetik zeolitlerin üretimine sebep olmaktadır [23]. Bugün 150'den fazla sentetik zeolit minerali mevcuttur [20]. Sentetik zeolitler doğal zeolitlere göre saflık ve tekdüzelik gibi pek çok avantaja sahiptir. Araştırma grupları tarafından belirlenen doğal zeolit minerali sayısı ise 48 kadardır [23,26].

Zeolitlerin başlıca fiziksel ve kimyasal özellikleri olan; iyon değişikliği yapabilme, adsorpsiyon ve buna bağlı moleküler elek yapısı, silis içeriği, ayrıca tortul zeolitlerde açık renkli olma, hafiflik, küçük kristallerin gözenek yapısı zeolitlerin çok çeşitli endüstriyel alanlarda kullanımına neden olmaktadır [24]. Bazı zeolit minerallerinin fiziksel özellikleri Tablo 3.2'de verilmiştir.

### **3.1.1. Klinoptilolit**

Klinoptilolit, Türkiye'nin Balıkesir- Bigadiç yöresinde hakim olarak bulunan zeolit mineralidir [23]. Ayrıca volkano sedimanter kayalarda sıkça rastlanan bir mineraldir. Klinoptilolitin boşluk kısmı %34 civarındadır. Isıl kararlılığı yüksektir. İyon değiştirme kapasitesi 2,16 meq/gr, yoğunluğu ise 2,16 g/cm<sup>3</sup>'dür. Başlıca K, Na, Ca katyonlarından oluşur [27,28]. Tablo 3.3'de klinoptilolitin bazı önemli özellikleri verilmiştir.

Adsorban olarak kullanım söz konusu olduğunda klinoptilolit dehidrasyonda kararlılığı bakımından uygun bir mineraldir. Ayrıca elde edilebilirlik ve duyarlılık açısından tek ekonomik türdür [28].

Tablo 3.2 Doğal zeolit minerallerinin başlıcalarının fiziksel özellikleri

İsim	Boşluk Kısım (%)	Ana Kanalların Serbest Açıklıkları (A)	Isıl Kararlılık	İyon Değişirme Kapasitesi (meq/g)	Özgül Ağırlık	Çerçeve Yoğunluğu (g/cc)	Açıklamalar
Analsim	18	2,6	Yüksek	4,54	2,24-2,29	1,85	Sedimenter kayalar da
Şabazit	47	3,7x4,2	Yüksek	3,84	2,05-2,10	1,45	“
Klinoptilolit	34	3,9x5,4	Yüksek	2,16	2,16	-	“
Erionit	35	3,6x5,2	Yüksek	3,12	2,02-2,08	1,51	“
Fojasit	47	7,4	Yüksek	3,39	-	1,27	“
Ferrierit	28	4,3x5,5 3,4x4,8	Yüksek	2,33	-	-	“
Hölandit	39	4,0x5,5 4,4x7,2 4,1x4,7	Düşük	2,91	2,18-2,20	,69	“
Lamontit	34	4,6x6,3	Düşük	4,25	2,20-2,30	-	“
Mordenit	28	2,9x5,7 6,7x7,0	Yüksek	2,29	2,12-2,15	1,70	“
Filipsit	31	4,2x4,4 2,8x4,8 3,3	Orta	3,31	2,15-2,20	1,58	“
Natrolit	23	2,6x3,9	Düşük	5,26	2,20-2,26	1,76	“
Stilbit	39	4,1x6,2	Düşük	-	2,10-2,20	1,64	Yapay
Linda A	47	4,2	Yüksek	5,48	1,99	1,27	“



Tablo 3.3 Klinoptilolite ait bazı özellikler

Değişim seçicilikleri	$Cs^{+}>K^{+}>Sr^{+2}=Ba^{+2}>Ca^{+2}>Na^{+}>Li^{+}>Cd^{+2}$ $-Zn^{+2}>Cu>Na^{+}$
Değişim kapasitesi	2,7-5,3
Orijinal katyonlar	Ca,Na,K
Yapı grubu	7
Tipik oksit formülü	$(Na_2K_2)O.Al_2O_3.10SiO_2.8H_2O$
Tipik birim hücre formülü	$Na_6(AlO_2)_6.(SiO_2)_{30}.24H_2O$
Türleri	Ca, K, Mg birlikte,Na,K,Ca. Si/Al, 4,25-5,25
Simetri	Monoklinik
Birim hücre sabitleri	$a=7,41 \text{ \AA}^0$ ; Yoğunluk= $2,16 \text{ g/cm}^3$ $b=17,89 \text{ \AA}^0$ ; Birimhücre hacmi= $2100 \text{ \AA}^0$
İskelet yapısı	Muhtemelen hölandit benzeri, ancak tam belirlenmemiş
Boşluk hacmi	$0,34 \text{ cm}^3$
İskelet yapısı yoğunluğu	$1,71 \text{ g/cm}^3$
Adsorpladığı en gelişmiş molekül	$O_2$

Klinoptilolitin iyon değiştirme özelliği, şehir atık sularından  $NH_4^+$ 'un giderilmesinde kullanılması ile önem kazanmış ve uygulamaya konu olmuştur. Cs ve K için klinoptilolitin seçici davrandığı belirlenmiş ve seçicilik sırası oluşturulmuştur:  $Cs>K>Sr=Ba>Ca>Na>Li$  Ayrıca radyasyona karşı, reçinelere göre yüksek dirence sahip olduğu da belirlenmiştir [5].

### 3.2. Zeolitlerin Kullanıldığı Alanlar

Son yıllarda önemli bir endüstriyel hammadde durumuna gelen doğal zeolitlerin kullanım alanları; kirlilik kontrolü, enerji, tarım ve hayvancılık, maden ve metalürji, diğer alanlar olmak üzere 5 ana bölümde toplanmıştır [29].

### **3.2.1. Kirlilik kontrolü**

Son yıllarda zeolit mineralleri iyon değiştirme ve adsorpsiyon özellikleri nedeniyle kirlilik kontrolünde gittikçe artarak kullanılmaktadır [20,30].

#### **3.2.1.1. Radyoaktif atıkların temizlenmesi**

Nükleer santral atıklarında bulunan ve çevre sağlığı açısından tehlikeli olan Sr90, Cs137, Co60, Ca45 gibi izotoplar zeolitlerle tutulabilmektedir. Böylece atık sudan alınan radyoaktif atıklar zeolitle birlikte gömülerek zararsız hale getirilmektedir. Bu alanda asitlere dayanıklılıkları nedeniyle klinoptilolit ve mordenit kullanılmaktadır [30,31,32].

#### **3.2.1.2. Atık suların temizlenmesi**

Şehir ve endüstri tesislerinin atık sularında bulunan azot, balık ve diğer su faunasına toksik etki yapmanın yanı sıra bu faunanın beslenmesi için gerekli alglerin üremesini de engellemektedir. Bu nedenle atık sularda bulunan azot ve istenmeyen bazı ağır metal katyonları zeolitler tarafından tutulmaktadır [20].

Sulama ve sel suları, azotlu gübreler ve hayvan dışkısı içeriğinden nehir ve göller kirlenmektedir. Bunu önlemek için gübreler zeolitle karıştırılarak kullanıldığında azotun fazlası tutularak zararsız hale getirilmekte ve gübre kullanımında tasarruf sağlanmaktadır [31].

#### **3.2.1.3. Baca gazlarının temizlenmesi**

Petrol ve kömür kullanan tesislerin bacalarından çıkan CO<sub>2</sub> ve diğer gazlar zeolitlerin adsorblayıcı özelliği ile ayrılabilir [29]. Mordenit ve klinoptilolit bu alanda iyi sonuçlar vermektedir [20].

#### **3.2.1.4. Petrol sızıntılarının temizlenmesi**

Kirlilik kontrolü uygulamalarında yeni gelişen bu alanda aktifleştirilmiş zeolit, genişletilmiş perlit, sodyum bikarbonat, tartarik asit ve %20 metiloksan içeren bir bağlayıcıyla peletlenmiş halde kullanılmaktadır. Yağ adsorblama kapasitesi 0,97 g. olan bu malzeme 200 saat suda yüzebilmekte ve yüzeydeki petrolü adsoblamaktadır [5].

#### **3.2.1.5. Oksijen üretimi**

Akarsu ve göllerdeki oksijen eksikliği balık ve bitkilerin yok olmasına neden olurken, kapalı bir mekandaki oksijen azlığı insan sağlığını tehdit etmektedir. Bu durumda zeolitlerin azotu seçimli adsorblama özelliklerinden yararlanarak bu ortamlara oksijenle zenginleştirilmiş hava sağlanabilmektedir. Oksijen üretiminde daha çok sentetik zeolitler kullanılsa da doğal zeolitlerden mordenit, klinoptilolit ve şabazit de kullanılmaktadır [24,30].

### **3.2.2. Enerji**

Dünyanın gittikçe büyüyen enerji ihtiyacı; kömür ve petrol yanında nükleer ve güneş enerjisi gibi kullanılan ve aynı zamanda da gelişmekte olan değişik kaynaklardan karşılanmaya çalışılmaktadır. Bu kaynakların enerjiye dönüştürülmesi esnasında sentetik ve doğal zeolitlerden faydalanılmaktadır [22].

#### **3.2.2.1. Kömür üretimi**

Kömür ihtiyacının gün geçtikçe artması, kaliteli ve kolay işlenebilir rezervlerin azalması, derinde bulunan ve kükürtçe zengin kömür yataklarının işletilmesini zorunlu kılmaktadır. Bu tür yataklarda kömür yer altında yakılarak gazlaştırılır ve elektrik enerjisine çevrilir. Bu alanda zeolitler kömürün yakılabilmesi için, gerekli oksijenin üretilmesinde ve yanma sırasında oluşan SO<sub>2</sub>'nin yanında patlayıcı özellikteki azot oksit ve hidrokarbonların temizlenmesinde kullanılmaktadır. Ancak yaygın değildir [5,20].

### **3.2.2.2. Doğal gazların saflaştırılması**

Zeolitler 1969 yılından beri kirliliği veya saf olmayan doğal gazlardan CO<sub>2</sub>'nin uzaklaştırılmasında kullanılır [29].

### **3.2.2.3. Güneş enerjisinden faydalanma**

Zeolitlerin sıcaklığa bağlı olarak su verip alma özelliklerinden yararlanarak, klinoptilolit ve şabazit üzerinde yapılan uygulamalarda zeolitlerin güneş enerjisinin transferinde ısı değiştirici olarak kullanılması mümkün görülmektedir [30].

### **3.2.2.4. Petrol ürünleri üretimi**

Petrol ve gaz içeren alanların aranması ve paleortam koşullarının belirlenmesinde önemli bilgiler veren doğal zeolitler, petrol ve gaz üretimi ile bunların rafinasyonundaki bazı özel uygulamalarda kullanılabilir [20].

### **3.2.3. Tarım ve hayvancılık**

Zeolitli tüfler; gübrelerin kötü kokusunu gidermek, içeriğini kontrol etmek ve asit volkanik toprakların pH'nın yükseltilmesi amacıyla uzun yıllardan beri tarım ve hayvancılıkta kullanılmaktadır [5].

#### **3.2.3.1. Gübreleme ve toprak hazırlanması**

Doğal zeolitler, yüksek iyon değiştirme ve su tutma özellikleri nedeniyle toprağın tarım için hazırlanmasında, çoğunlukla kil bakımından fakir topraklarda yaygın biçimde kullanılmaktadır [29]. Ayrıca yüksek amonyum seçiciliği nedeniyle gübre hazırlanmasında, taşıyıcı olarak klinoptilolit kullanılmasıyla, amonyumun bitkiler tarafından daha etkin biçimde kullanılması ve gübre tasarrufu sağlanmaktadır [30]. Klinoptilolit, nem fazlasını adsorbladığı için gübrelerde depolama sırasında oluşan pişme ve sertleşmeyi önlemektedir [20]. Ayrıca fazla sulama nedeniyle oluşan mantar hastalıklarının da önüne geçilmiştir [5].

### 3.2.3.2. Tarımsal mücadele

Doğal zeolitler, iyon değiştirme ve adsoblama kapasitelerinin yüksekliğinden dolayı tarımsal mücadelede ilaç taşıyıcı olarak kullanılmaktadırlar [24,20].

Özel olarak hazırlanmış olan klinpotilolit ve diyatome toprağı karışımları, hububat ambarlarında nem ve haşere kontrolü amacı ile pazarlanmaktadır. Hububatin içerdiği zeolit, gerek hububat taneciklerindeki gerekse hububatin içinde bulunduğu ortamdaki nemi kontrol etmektedir. Ayrıca zeolit bu nem çekme özelliği diatome toprağı ile birlikte çalışarak oluşan haşerenin ilaç kullanılmadan yok edilmesini de sağlamaktadır. Diatome toprağı kenarları jilet gibi keskin bir yapıya sahiptir. Hububat zerindeki veya içindeki haşere hareket ettiğinde bu toprak haşerenin dış yüzeyindeki koruyucu tabakayı keserek haşereyi öldürmektedir. Zeolit ve diatome toprağı %100 doğal ve insan sağlığına zararsız olduğundan, herhangi bir tarım ilacı veya başka bir zararlı kimyasal madde kullanılmadan istenilen sonuçlar elde edilmiş olmaktadır. Herhangi bir tarım ilacı kullanılmadığı için haşerenin tarım ilacına bağışıklık kazanması gibi bir husus da söz konusu değildir. Ayrıca rn haşereler yanında kf, mantar vb. oluşumları ve bunlardan kaynaklanan kötü kokuları da gidermektedir [25].

### 3.2.3.3. Toprak kirliliğinin kontrolü

Doğal zeolitlerin katyon seçme ve değiştirme özelliklerinden; sadece besleyici iyonların bitkiye aktarılmasında faydalanılmayıp, aynı zamanda beslenme zincirlerinde Pb-Cd-Zn-Cu gibi istenmeyen bazı ağır metal katyonların tutulmasında da yararlanılmaktadır. Bu alanda kullanılan klinoptilolit radyoaktif kirlenmenin söz konusu olduğu topraklara ilave edilmesi ile bitki tarafından alınan Sr90 miktarının büyük ölçüde azaltıldığı saptanmıştır [20,30].

### 3.2.3.4. Besicilik

Yemlerine zeolit ilave edilen tavuk, domuz ve geviş getiren hayvanların normal yemlerle beslenenlere oranla sağlıklarının bozulmaksızın ağırlıklarının arttığı belirlenmiştir [5].

### **3.2.3.5. Organik atıkların muamelesi**

Bu alanda kullanılan doğal zeolitler dışkıların kötü kokusunun giderilmesini, nem içeriklerinin kontrolünü ve dışkıların oksijensiz ortamda çürümesiyle oluşan metan gazının diğer gazlardan ayrılmasını sağlamaktadır. Koku giderimi ve nem içeriğinin kontrolü ile hayvan barınaklarında daha sağlıklı koşullar yaratılmaktadır [30,33].

### **3.2.3.6. Su kültürü**

Göl ve göletlerde biyolojik artıkların neden olduğu kirliliğin temizlenmesinde doğal zeolitler, özellikle de klinoptilolit kullanılmaktadır. Ayrıca canlı balık taşımacılığı ve su kültür ortamlarında ihtiyaç duyulan oksijence zengin hava akımının temininde de yararlanılmaktadır [5].

## **3.2.4. Madencilik ve metalürji**

### **3.2.4.1. Maden yataklarının aranması**

Volkanik malzemenin hidrolizi sonucu oluşan zeolitler, cevher yataklarının oluşumlarının açıklanması yanında, bu yatakların aranmasında da kullanılmaktadır [20].

### **3.2.4.2. Metalürji**

Çevre sağlığı açısından tehlike oluşturan, bazı ağır metal katyonları içeren madencilik ve metalürjik faaliyetlerden ortaya çıkan atık sular, doğal zeolitlerin katyon değiştirme özelliklerinden faydalanılarak arıtılabilmektedir [24].

### **3.2.5. Diğer kullanım alanları**

#### **3.2.5.1. Kağıt endüstrisi**

Yüksek parlaklığı olan zeolit cevherleri, kağıt endüstrisinde dolgu maddesi olarak gittikçe daha fazla kullanılmaktadır [29]. Klinoptilolit katkılı kağıt, normal kil katkılı kağıtlara göre daha tok olup, kolay kesilebilmekte ve mürekkebi daha az dağıtmaktadır [30].

#### **3.2.5.2. İnşaat sektörü**

Zeolitik tüfler düşük ağırlıklı, yüksek gözenekli, homojen ve sıkı-sağlam yapıdadırlar [5]. Kolayca kesilip işlenebilmeleri ve hafiflikleri ile yapı taşı olarak kullanılmaktadırlar [20].

Genleştirilmiş zeolitlerin sıkışma ve aşınmaya karşı dayanımı daha yüksek olup, genleştirilmiş hafif agregat üretiminde kullanılmaktadırlar [29,30].

Zeolitik tuf yatakları bir çok ülkede puzzolanik hammadde olarak kullanılmaktadır. Zeolitlerin sulu alt yapıda kullanılacak puzzolan çimento üretiminde kullanılması, yüksek silis içermeleri nedeniyle betonun katılaşma sürecinde açığa çıkan kirecin nötrleşmesini sağlayabilmektedir [29].

#### **3.2.5.3. Sağlık sektörü**

Bu sektörde klinoptilolit, florürlü diş macunlarında parlaticı katkı maddesi olarak kullanılmaktadır. Ayrıca kesik türü yaralanmış hayvanların tedavisinde yaranın enfeksiyon kapmaması için toz olarak da kullanılmaktadırlar [33].

#### **3.2.5.4. Deterjan sektörü**

Çevre kirlenmesi nedeniyle deterjanlarda fosfat kullanımı bazı ülkelerde kısıtlanmaktadır. Bu yüzden deterjan katkı maddesi olarak sentetik zeolitler

fosfatların yerine kullanılmaktadır. Son yıllarda doğal zeolitlerin bu alanda kullanılmasına yönelik bazı çalışmalar devam etmektedir [20,34].

### 3.3. Dünyada ve Türkiye’de Zeolit Oluşumu ve Üretimi

Dünyanın belli başlı zeolit üreticisi ülkeleri Küba, A.B.D, Güney Afrika, Macaristan, Bulgaristan ve Japonya’dır. Ülkemiz doğal zeolitler açısından ideal jeolojik ortamlara sahip olmasına karşın ilk kez 1971 yılında Gölpazarı-Göynük civarında analsim oluşumları saptanmıştır. Daha sonra Ankara’nın batısında analsim ve klinoptilolit yatakları bulunmuştur. Türkiye’de detaylı etüdü yapılmış tek zeolit sahası Manisa-Gördes civarındaki MTA ruhsatlı sahadır. Bu bölgede 18 milyon ton görünür zeolit rezervi ve 20 milyon ton zeolitik tüf rezervi tespit edilmiştir. Zeolit minerallerinin değişik türleri vardır. Bazıları eriyonit ve mordenit gibi lifsi, çubuksu ve iğnemsî yapılıdır ve akciğer zarında kanser yapıcı hastalığa sebep olurlar. Orta Anadolu ve Ege bölgesinde bu tür zeolit oluşumlarına rastlanmıştır [35].

### 3.4. Konu İle İlgili Literatürdeki Çalışmalar

Tarasevich ve Polyakov 1995 yılında; negatif yüklü kil ve zeolit yüzeylerinin katyon değişimi için güçlü bir eğilime sahip olduğu, bu da onların sorbentler, katalizler, toprak iyileştirilmesi ve moleküler elek olarak kullanımına olanak sağladığı konusunda çalışmışlardır. Killere karşı zeolitler milimetre veya daha geniş boyuttaki parçacıkları oluşturmuş ve serbestçe açılıp kapanma davranışı yapabilmişlerdir. Bunun sonucu olarak da zeolitler hidrolik karakterlere öncelik göstermişler ve filtrasyon sistemlerinde kullanım için uygun olmuşlardır [36].

Booker 1996’da yaptığı çalışmayla zeolitlerin, sudan amonyum ve bazı zararlı metaller gibi katyonik parçacıkların uzaklaştırılması için kullanılabileceğini göstermiştir [37].

Sullivan 1998’de zeolitin yüzey değişimlerinin hidrofobik bağları ve katyon değişimi içerdiğini göstermiştir. Katyonik yüzey aktif maddelerin sorbsiyon mekanizması mineral tiplerine bağlı olup, doğal zeolitlerde yüzey aktif molekül gözeneklere



girmek için oldukça büyüktür ve adsorbsiyon dış değişebilen katyonlarla limitli kalmıştır [38].

Amerika Maine Üniversitesindeki bir grup kimyager 2001 yılında zeolitlerin, pestisit uzaklaştırılmasında iyileştirici rol oynadığı üzerinde çalışmışlardır. Labaratuvar deneylerinde tarımda yaygın olarak kullanılan böcek öldürücülerin bir kısmı test edilmiş ve Amerika'daki içme suyu rezervlerinde ve nehirlerde bu böcek ilaçlarının bir kısmına rastlanmıştır. Pestisitlerin karıştığı sular güneş ışığına tutulduğunda, güneş ışığı kimyasal bağları bozmuş, kanal ve gözeneklerden oluşan bal peteği yapısına sahip zeolitler kullanıldığında ise, zeolitler pestisit moleküllerini yakalayıp, bunların güneş ışığı ile etkileşimine daha çok izin vermişlerdir.

Kimyagerlere göre; güneş ışınları zeolitteki nitrik oksitleri tutan kimyasal bağları etkilemiş, böylece oksijen ve nitrojen gazlarının ayrılmasına ve bileşiklerin özel boyut ve yüzey yükleriyle parçalanmasına öncülük etmişlerdir. Bozulan molekül boyutlarına uyan yüzey kimyası ve kanal boyutları içeren bir zeolitin kullanımı çok önemli olmuş, böylece pestisit molekülleri zeolite girebilmiş ve kanallara iyice yerleşmiştir [39].

2003 Yılında El-Nahhal bentonit, kaolin ve diğer simektite kil mineralleri üzerindeki pestisit adsorbsiyonunu incelemiştir. Yeraltı sularındaki pestisit miktarı kullanım yoğunluğuna bağlı olup, bu kimyasallardan çevrenin korunmasının iki metodu da zeolit ve kil minerallerinin kullanılmasını gerekli kılmıştır. Birinci metod; etkin adsorbanları kullanarak sudan pestisitlerin uzaklaştırılması, ikinci metod ise çevreye yayılmış pestisitlerin miktarını düşürecek yeni salınım formüllerinin geliştirilmesi olmuştur. Bu iki durumda da kil-pestisit etkileşimlerinin incelenmesi önemli bir çalışma olmuştur [40].

2003 Yılında Centi ve Perathoner yaptıkları çalışmalarda kirli suların iyileştirilmesinde katalitik teknolojilerin kullanılmasını araştırmışlardır. Katalitik su iyileştirme teknolojisinin iki özel örneği üzerinde durulmuştur. Birincisi tarım uygulamalarının bir sonucu olarak kirlenen sulardan pestisit ve nitratın eliminasyonu ve ikincisi kirlenmiş yeraltı sularındaki metil tert-butil eter (MTBE)'in

dönüşümüdür. Nitratla kirlenmiş suyun iyileştirilmesi için katalitik zarlara dayanan bir teknoloji, geleneksel teknolojilere çeşitli avantajlar sağlamasından dolayı büyük ilgi görmüştür. Pd-Cu temelli katalitik zar kullanılarak 15 °C'nin altındaki bir sıcaklıkta 4:1 oranındaki CO<sub>2</sub> : H<sub>2</sub> karışımı verilmiş ve HCl ilavesi ile karışımın pH kontrolü sağlanmıştır. İçme sularındaki kalite için zorunlu olan maksimum konsantrasyon 0,5 ppm'in altında amonyum iyonunun oluşumunda % 80'den yüksek oranda bir nitrat dönüşümü elde etmek mümkün olmuştur. Kirlenmiş yeraltı sularındaki MTBE dönüşümünde uygun gözenek yapılı asit zeolitler suların iyileştirilmesi için katalitik geçirgenli reaktif engeller gibi kullanılmışlardır [41].

2004 Yılında Groisman sudan iyonik olmayan organik yapıdaki zararlı maddelerin uzaklaştırılması için yeni adsorbanların dizaynıyla ilgilenmiş ve sonuç olarak göstermiştir ki; organik kil yüzeyleri su ve havadan geniş çaplı organik bileşiklerin etkin olarak sorbsiyonunu yapabilir [42].

Lemic ve arkadaşları 2006 yılında yaptıkları çalışmada; organik zeolitler tarafından sudan diazinon, lindan ve atrazinin uzaklaştırılmasını araştırmışlardır. Çözeltideki başlangıç pestisit konsantrasyonunu ve süspansiyondaki katı içerik olan adsorbe edilen parçacık büyüklüğünün etkilerini de incelemişlerdir. Deneysel hesaplamalar Langmuir-Freundlich modeline göre yapılmıştır. Bu modele göre adsorbsiyon kapasiteleri atrazin, lindan ve diazinon için 2,01 , 3,40 ve 4,42 µmol / kg olarak bulunmuştur. Solüsyonun düşük konsantrasyonlarında pestisit adsorbsiyonu lineer sorbsiyon izotermine uymuştur. Lineer adsorbsiyon sabiti lindan ve diazinon için atrazine göre daha yüksektir. Ayrıca kolon deneyleri pestisit sorbsiyonu için organik zeolitin yeterliliğini desteklemiştir [43].

## **BÖLÜM 4 . DENEYSEL ÇALIŞMALAR**

### **4.1. Deneylerde Kullanılan Malzemeler**

Deney sırasında aşağıdaki malzemeler kullanılmıştır.

1. Erlenmayer 250 mL
2. Balonjoje 100 mL
3. Süzgeç kağıdı mavi bantlı
4. Pipet
5. Spatula
6. Huni

### **4.2. Deneylerde Kullanılan Kimyasal Maddeler**

1. Pestisit Triferan 48 EC
2. Etil alkol Saf
3. Zeolit Klinoptilolit

### **4.3. Deneylerde Kullanılan Cihazlar**

1. Çalkalayıcı Nüve SL 350
2. Hassas terazi OHAUS Analytical Standart
3. U.V. cihazı SHIMADZU UV-2401 PC

#### 4.4. Standart Eğri

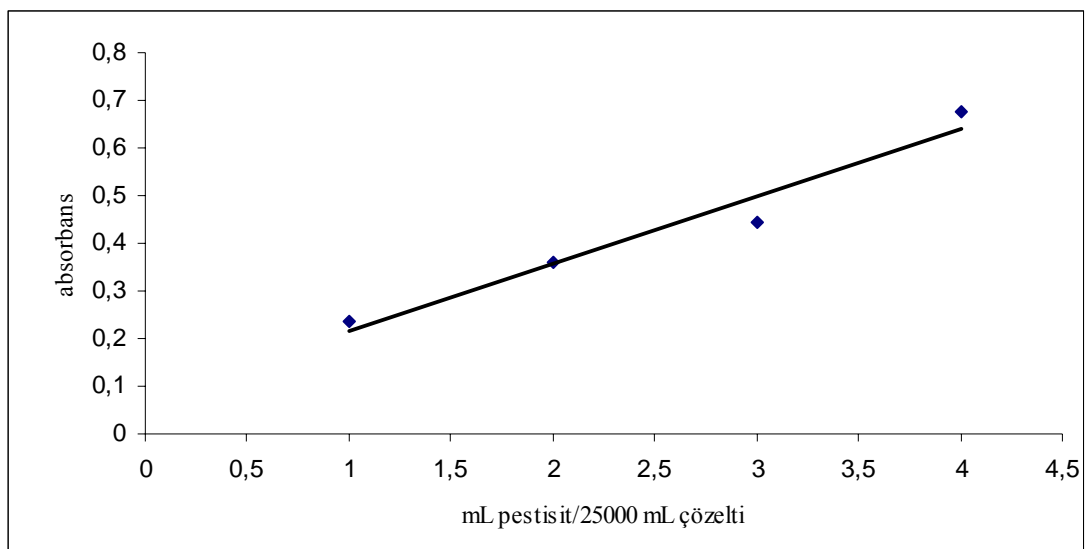
Balonjojelere sırasıyla 1mL , 2mL , 3mL , 4mL ve 5mL pestisit (Triferan 48 EC) koyularak etil alkol ile 50mL'ye tamamlanmıştır. Ancak elde edilen çözeltiler derişik olmuştur.

1. çözeltiden sırasıyla 1mL , 2mL , 3mL ve 4mL alınıp etil alkol ile 10mL'ye seyreltilmiştir. Çözeltiler gene derişik olmuştur.

Son çözeltinin 1. numunesinden sırasıyla 1mL , 2mL , 3mL ve 4mL alınıp etil alkol ile 50mL'ye tamamlanmıştır. Çözeltiler sırasıyla U.V cihazında okunmuştur. Standart eğri Şekil 4.1' de gösterilmiştir.

Yapılan seyreltme oranı:  $1/50 \cdot 1/10 \cdot 1/50 = 1/25.000$ 'dir.

<u>Numuneler</u>	<u>Pestisit Miktarı</u>	<u>Absorbans</u>
1	1mL pestisit / 25.000mL çözelti	0,235
2	2mL pestisit / 25.000mL çözelti	0,359
3	3mL pestisit / 25.000mL çözelti	0,445
4	4mL pestisit / 25.000mL çözelti	0,678



Şekil 4.1 Standart eğri

## BÖLÜM 5. SONUÇLAR

Manisa- Gördes yöresinden temin edilen bir miktar zeolit (klinoptilolit) alınarak havanda dövülmüş ve toz haline getirilmiştir.

60 mL pestisit ( TRİFERAN 48 EC ) etil alkolle 300 mL'ye tamamlanmış ve bu çözelti 6 erlene eşit olarak paylaştırılmıştır. Erlenlere sırasıyla 0,1g , 0,25g , 0,5g , 1,0g , 1,5g ve 2,0g olmak üzere zeolit (klinoptilolit) konulmuştur.

Bu erlenler daha sonra çalkalayıcıda 1 saat süreyle çalkalanmış ve süzgeç kağıtlarından süzülmüştür. Süzme işleminden sonraki çözelti derişik olduğu için seyreltme işlemi yapılmıştır. Her erlenden 0,1mL çözelti alınmış ve etil alkolle 100 mL'ye tamamlanmıştır. Bu çözeltiler sırasıyla U.V cihazında okunmuştur.

Yapılan seyreltme oranı:  $0,1/100 = 1/1000$ 'dir.

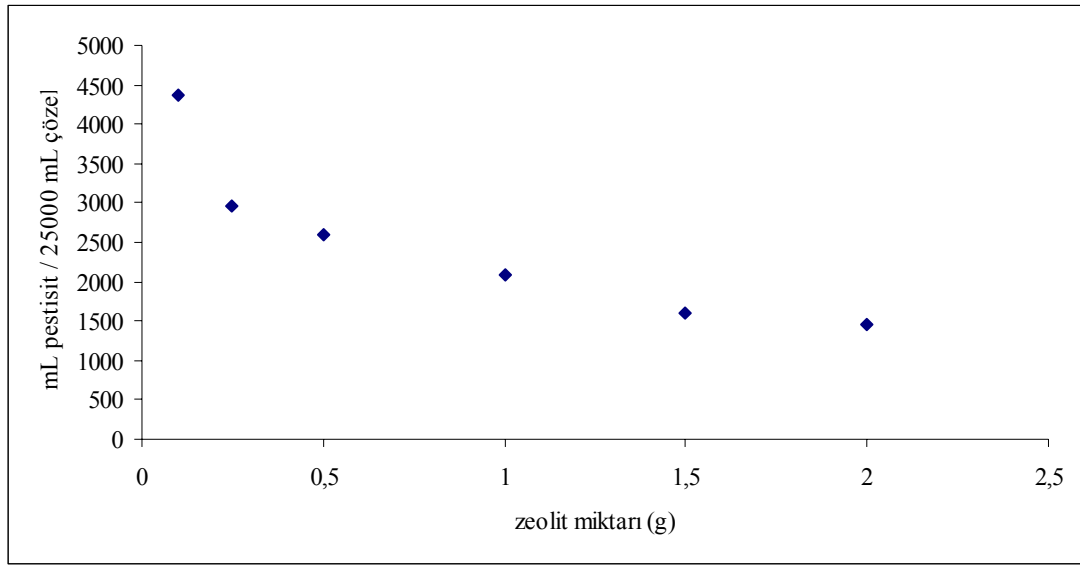
<u>Numuneler</u>	<u>Zeolit Miktarı(g.)</u>	<u>Konsantrasyon</u>	<u>Absorbans</u>
1	0,10	4,3721	0,728
2	0,25	2,9701	0,520
3	0,50	2,5895	0,464
4	1,00	2,0887	0,390
5	1,50	1,6104	0,319
6	2,00	1,4644	0,298

10 mL pestisit / 50 mL çözelti .  $500 / 500 = 5000$  mL pestisit / 25000 mL çözelti

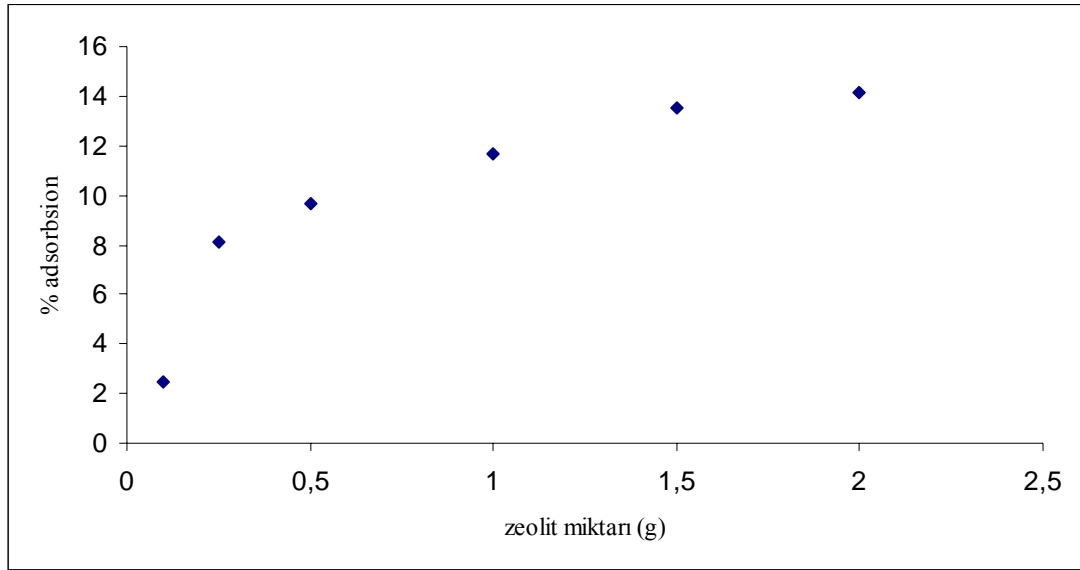
<u>Numuneler</u>	<u>Son Konsantrasyon</u>	<u>% Adsorbsiyon</u>
1	$4,3721/25000.1000 = 4372,1/25000$	$(5000-4372,1)/ 25000.100 = 2,51$
2	$2,9701/25000.1000 = 2970,1/25000$	$(5000-2970,1)/ 25000.100 = 8,12$
3	$2,5895/25000.1000 = 2589,5/25000$	$(5000-2589,5)/ 25000.100 = 9,64$
4	$2,0887/25000.1000 = 2088,7/25000$	$(5000-2088,7)/ 25000.100 = 11,65$
5	$1,6104/25000.1000 = 1610,4/25000$	$(5000-1610,4)/ 25000.100 = 13,56$
6	$1,4644/25000.1000 = 1464,4/25000$	$(5000-1464,4)/ 25000.100 = 14,14$

Zeolit miktarı- Son konsantrasyon grafiği çizilerek Şekil 5.1.'de gösterilmiştir.

Zeolit miktarı- % Adsorbsiyon grafiği de Şekil 5.2.'de gösterilmiştir.



Sekil 5.1. Son konsantrasyon



Şekil 5.2. % Adsorbsiyon

Şekil 5.2. grafiğinde görüldüğü gibi zeolit miktarı arttıkça % adsorbsiyon değeri de artmıştır. Bu bize zeolitin pestisiti bağladığı oranı göstermektedir. Zeolit miktarının artması adsorbsiyonu arttırmaktadır ve bizi hedeflenen sonuca götürmektedir.

## **BÖLÜM 6. TARTIŞMA VE ÖNERİLER**

Avrupa Çevre Ajansı tarafından verilen son zamanlardaki raporlarda su kirliliğinin arttığı ve bu artışın doğal hayat ve insan hayatı için ciddi boyutlarda olduğu belirtilmiştir [41]. Düşük su kalitesi, suyun yetersiz miktarı ve insanların su isteği geniş ekolojik ihtiyaçlarla birlikte bir çatışma yaratır.

Tarımsal uygulamalar (özellikle nitrat ve pestisitler), yeraltı yakıt tanklarından ve yakıt hatlarından biyolojik olarak yok edilemeyen bileşiklerin sızması, kazara meydana gelen dökülmeler ve temizleyici solventlerin sızmasından kirlenen yeraltı sularının iyileştirilmesi dünya çapında büyük bir problem haline gelmiştir. Dünyanın bir çok bölgesinde devamlı olarak suların azaltılması, pestisitler ve gübre kullanımının artması, kimyasal ve kimyasal olmayan ürünlerce kirlenme, insan için gerekli olan temiz suyun oranını belirgin ölçüde düşürmektedir. Bunun sonucunda su iyileştirme teknolojileri için pazar önerilebilir. Bu teknolojilerin gelişmesini tetikleyen ekonomik, sosyolojik ve ekolojik güçler de mevcuttur ve devreye girecektir.

Mevcut kullanılabilir teknolojiler ekonomik ve ekolojik istekleri yeterince karşılayamazlar. Örneğin kuyular, merkezi su ünitelerine bağlanamayan küçük yerel topluluklara hizmet ederler.

Elde edilen sonuçlara bakıldığında pestisite ilave edilen zeolit miktarının artışı ile % adsorbsiyon miktarı artmıştır. Çalışmada pestisite zeolit ilave edilerek bu sonuçlar elde edilmiştir. İleride pestisitle kirlenmiş sulara zeolit ilave edilerek % adsorbsiyon değeri ölçülecektir.



## KAYNAKLAR

- [1] Kimya Sanayii ( Tarım İlaçları ), Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Ref:338. 476329, K 49, 2001
- [2] BALKAYA, N. ,“Pestisitlerin Alıcı Su Ortamlarına Etkileri”, Kayseri I. Atıksu Sempozyumu Bildiri Kitabı, ATLI, V. , BELENLİ, Y. , s. 310-316, Kayseri, 22-24 Haziran 1998
- [3] TAŞKAYA, B. , “Tarım ve Çevre”, Tarımsal Ekonomi Araştırma Enstitüsü-Bakış, Sayı: 5, s. 1-8, Ankara, Nisan 2004
- [4] TUNÇBİLEK, A. , AYVAZ, A. , SAATÇI, E. , “Pestisitlerin Çevreye Etkisi ve Yayılma Yolları”, Kayseri I. Atıksu Sempozyumu Bildiri Kitabı, ATLI, V. , BELENLİ, Y. , s. 316-325, Kayseri, 22-24 Haziran 1998
- [5] ÖZBAYRAK, Ö. , “Doğal Zeolitlerin Pestisit Gideriminde Kullanılabilirliğinin Araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, s. 1-27, İzmir, Temmuz-2004
- [6] YILDIZ, K. , SİPAHİOĞLU, Ş. , YILMAZ, M. , “Çevre Bilimi”, Gündüz Eğitim ve Yayıncılık, s. 91, Ankara, 2000
- [7] DOĞAN, O. , KÜÇÜKÇAKAR, N. , “Türkiye’de Mera Arazilerinin Sorunları ve Çözümleri”, Orman Bakanlığı Dergisi, Sayı:19, Ankara, 1993
- [8] KARPUZCU, M. , “Çevre Kirlenmesi ve Kontrolü”, Gebze İleri Teknoloji Enstitüsü Çevre Mühendisliği Bölümü, Kubbealtı Neşriyatı No: 28, s. 274-280, İstanbul, Mayıs-1996

- [9] DELEN, N. , GÜNGÖR, N. , DURMUŞOĞLU, E. , TURGUT, C. , GÜNCAN, A. , BURÇAK, A. , “Türkiye’de Pestisit Kullanımı, Kalıntı ve Organizmalarda Duyarlılık Azalışı Sorunları”, Türkiye Ziraat Mühendisliği 6. Teknik Kongre, 2005
- [10] AKMAN, Y. , KETENOĞLU, O. , KURT, L. , EVREN, H. , DÜZENLİ, S. , “Çevre Kirliliği ( Çevre Biyolojisi )”, Palme Yayıncılık No:166, s. 137-167, Ankara, 2000
- [12] ÖNCÜER, C. , “ Tarımsal Zararlılarla Savaş Yöntemleri ve İlaçları, Ege Üniversitesi Basımevi, s. 333, İzmir, 1995
- [13] <http://www.cedgm.gov.tr/cevreatlasi/tarim.pdf>
- [14] <http://www.geocities.com/sufsak/biyolojikbirikim.htm>
- [15] ÇED Dairesi Başkanlığı, “Çevreyi Öncelikle Etkileyen Bazı Sanayiler ve Temel Sektör Faaliyetleri”, Çevre Bakanlığı Yayını, Ankara, 1996
- [16] UYSAL, F. , UZUN, N. , “İçme Suyundan Bazı Pestisitlerin Uzaklaştırılması”, Tarım ve Çevre İlişkileri Sempozyumu, Bildiriler Kitabı, Mersin, 13-15 Mayıs 1996
- [17] ŞENGÜL, F. , “Endüstriyel Atıksuların Özellikleri ve Arıtılması”, Dokuz Eylül Üniversitesi Müh. Mim. Fak. , MMF/ÇEV – 89 EY 172, İzmir, 1989
- [18] BEYHAN, M. , “Atık Çamurlar ve Doğal Malzemeler İle Sulardan Florür İyonu Gideriminin Araştırılması”, Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, s. 26-28, İstanbul, 2003
- [19] HARLAND, C. E. , “Ion Exchange Theory and Practice”, The Royal Society of Chemistry, p. 1-3, Cambridge, 1994
- [20] SEZGİN, Ö. , “Zeolit A Kristallerinin Büyütülmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 1-25, Sakarya, 2002

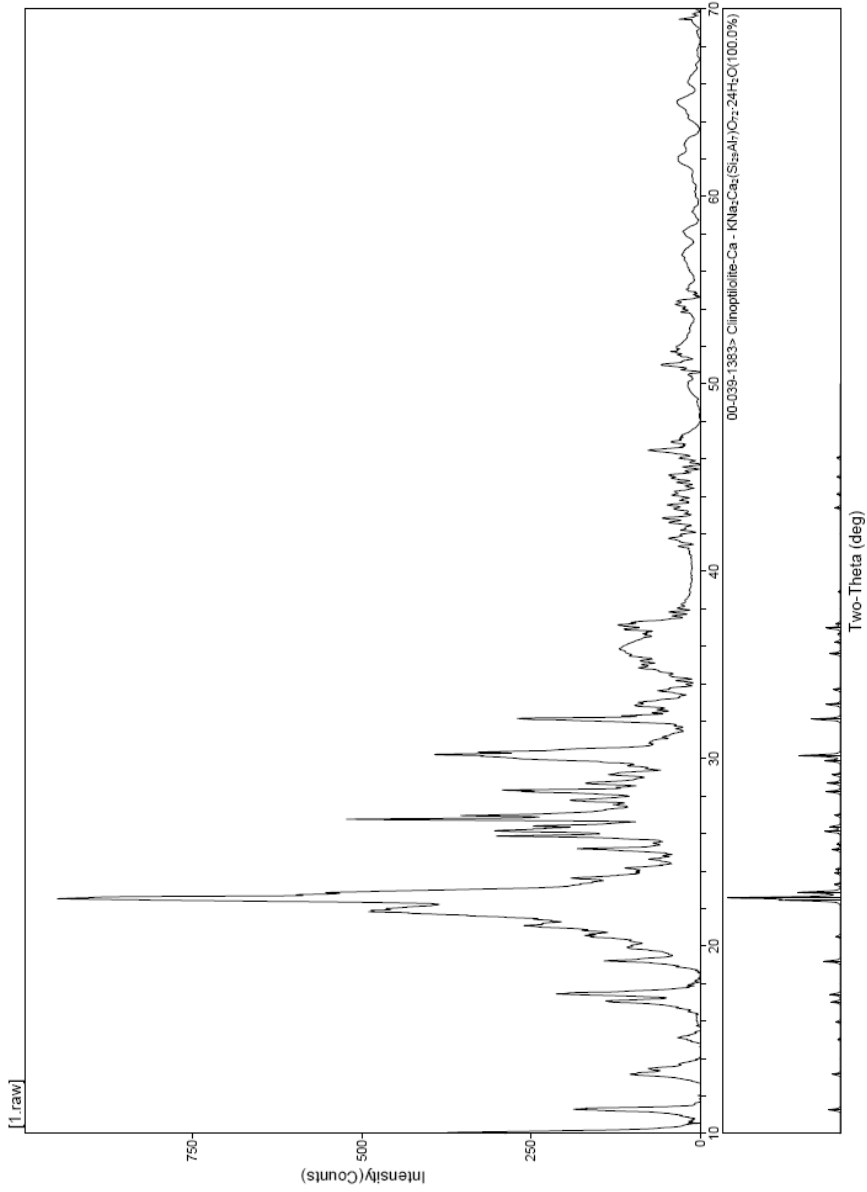
- [21] GOTTARDI, G. , GALLI, E. , “Natural Zeolites”, Springer- Verlag Berlin Heidelberg, p. 1-3, Germany, 1985
- [22] MUMPTON, F.A. , “Natural Zeolites, Mineralogy and Geology of Natural Zeolites”, Short Course Notes 4, Mim. Soc. Am. , Washington D.C. , 1986
- [23] BÜRKÜT, Y. , GÜLEÇ, K. , “Yerli Zeolitlerin Sanayi ve Çevre Korumada Değerlendirilmesi”, T.C. Başbakanlık DPT Sosyal Planlama Genel Müdürlüğü Araştırma Projesi, Proje No: 23/90 K 120720, İTÜ Maden Fakültesi, 1996
- [24] <http://www.mining-eng.org.tr/www/7.BYKP/ekutup96/o480/zeolit/zeolit.htm>
- [25] KOCAKUŞAK, S. , SAVAŞCI, Ö. , AYOK, T. , “Doğal Zeolitler ve Uygulama Alanları”, TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi Malzeme ve Kimya Teknolojileri Araştırma Enstitüsü, Rapor No: KM 362, Proje No: 5015202, Tübitak Yayınları, Gebze, Kocaeli, 2001
- [26] DYER, A. , “An Introduction to Zeolite Molecular Sieves”, Jhon Willey, New York, 1988
- [27] AMES, L.L.Jr. , “Cation Sieve Properties of The Open Zeolites Chabazite, Mordenite, Erionite and Clinoptilolite”, Amer. Mineral, 46, p. 1120-1131, 1961
- [28] MERKLE, A.B. , SLAUGHTER, M. , “The Crystal Structure of Heulandite”, Amer. Mineral, 52, p. 273-276, 1967
- [29] DPT Altıncı Beş Yıllık Kalkınma Planı , Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Yayın No: DPT: 2402-ÖİK: 480, Ankara, 1992
- [30] ELSOM, D.M. , “Atmospheric Pollution A Global Problem”, 2<sup>nd</sup> Ed. , Blackwell Publishers, Oxford, England, 1992

- [31] ORHUN, Ö. , “Zeolitlerde İyon Değişirme”, AÜ Fen Fakültesi Fizik Bölümü, AÜ Yayınları No. 989, Fen Fakültesi Yayınları No: 8, s. 41-50, Eskişehir, 1997
- [32] ULUSÖZ, S. , “Doğal Zeolitler Yardımıyla Radyoaktif Atıkların Temizlenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, AÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, 1990
- [33] NITTA, M. , et al. , “Proc. 5<sup>th</sup> Int. Conf. On Zeolites”, Ed: L.V.C. Rees, Soc. Chem. Ind. , p. 291, Heyden, London, 1980
- [34] İZCİ, E. , “Doğal Zeolitlerin Deterjan Üretiminde Kullanılabilirliğinin İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, 1995
- [35] ÇULFAZ, A. , YÜCEL, H. , URAL, A. T. , ABUSEFA, A. , “Türkiye’nin Doğal Zeolit Kaynaklarının Değerlendirilmesi”, DPT, Proje no: KTÇAG-DPT3, Ankara, 1995
- [36] TARASEVİCH, Y.I. , POLYAKOV, V.E. , “Demanganation of Artesian Waters Using Modified Clinoptilolite” , Natural Zeolites, 95, p. 65-67, 1995
- [37] BOOKER, A.N. , “Ammonia Removal From Sewage Using Natural Australian Zeolite” , Water Sci. Technol., 34 , p. 17-24, 1996
- [38] SULLIVAN, E.J. , “Thermodynamics of Cationic Surfactant Sorption Onto Natural Clinoptilolite” , Colloid Interface Sci. , 206 , p. 369-380 , 1998
- [39] LU, M.C. , CHEN, J.N. , CHANG, K.T. , “Filtration and Seperation” , Patents and Technologies , 2 , p. 38 , 16 March 2001
- [40] EL- NAHHAL, Y. , “Persistence, Mobilitiy, Efficacy and Activity of Chloroacetanilide Herbicide Formulation Under Greenhouse and Field Experiments” , Environ. Pollut , 124 , p. 33-38 , 2003

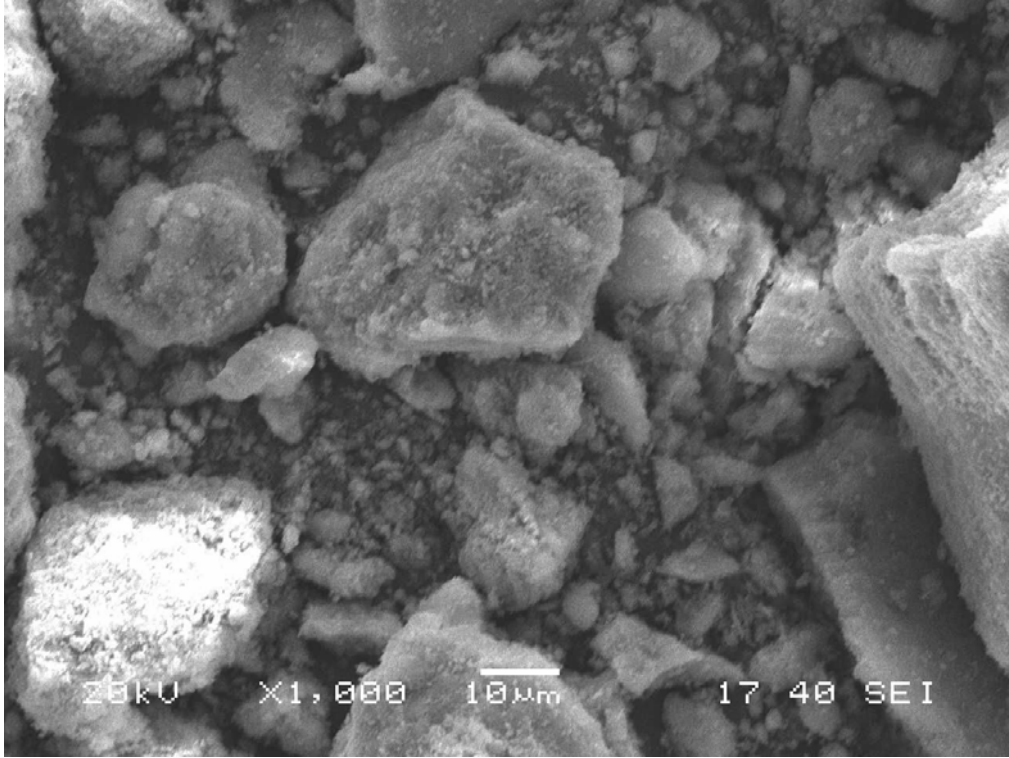
- [41] CENTI, G. , PERATHONER, S. , “Remediation of Water Contamination Using Catalytic Technologies” , Applied Catalysis B: Environmental , 41 , p. 15-29 , 2003
- [42] GROISMAN, L. , “Sorption of Organic Compounds of Varying Hydrophobicities From Water and Industrial Wastewater by Long and Short Chain Organoclays” , Appl. Clay Sci. , 24 , p. 159-166 , 2004
- [43] LEMIC, S. , KOVACEVIC, D. , TOMASEVIC, S. , STANIC, T. , PFEND, R. , “Removal of Atrazine, Lindane and Diazinone From Water by Organo-Zeolites” , Water Research , 40 , p. 1079-1085 , 2006

## EKLER

### EK A. Standart Klinoptilolit Numunesinin X Işınları Çekimi



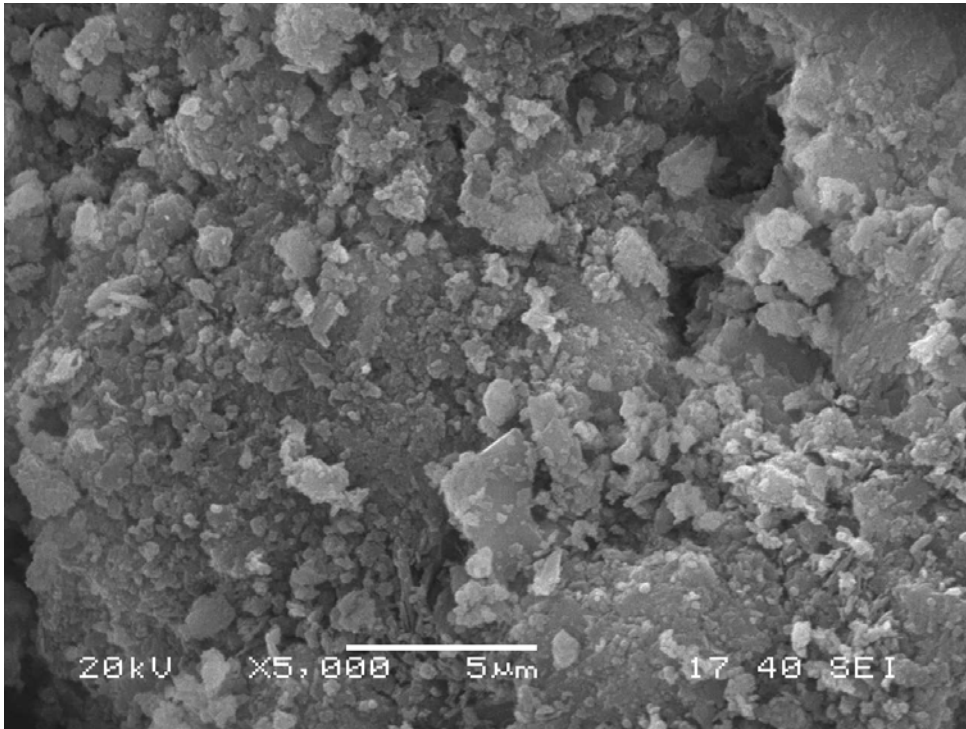
Şekil A.1 Klinoptilolit' in X ışınları çekimi

**Ek B. Taramalı Elektron Mikroskobu ( SEM ) Cihazı Fotoğrafları**

Şekil B.1 Klinoptilolit numunesinin x 1000'deki SEM fotoğrafı



Şekil B.2 Klinoptilolit numunesinin farklı bölgesinden x 1000'deki SEM fotoğrafı



Şekil B.3 Klinoptilolit numunesinin x 5000'deki SEM fotoğrafı



## ÖZGEÇMİŞ

09.11.1972 yılında Konya’da doğan Feyza Güçlü Gezer ilkokul, ortaokul ve liseyi Adapazarı’nda okudu. 1990-1994 yılları arasında Konya Selçuk Üniversitesi Eğitim Fakültesi Kimya Bölümü’nü bitirdi. İlk Bayburt – Demirözü İlköğretim Okulu’nda sınıf öğretmeni olarak görev yaptı. Daha sonra Sakarya’da sırasıyla Yazlık Plevne İlköğretim okulu, Yazlık Yunus Emre İlköğretim Okulu, Eser İlköğretim Okulu ve Aykut Yiğit İlköğretim Okulu’nda Fen Bilgisi öğretmenliği yaptı. Halen adı geçen son okulda görev yapmaktadır.