

**KARAMIK GÖLÜ (AFYONKARAHİSAR)
HYDRODROMA DESPICIENS TÜRÜ (ACARI
HYDRACHNIDIA) ÜZERİNE AĞIR METALLERİN
ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İREM YAMAN
DANIŞMAN

Doç. Dr. Gülderen UYSAL AKKUŞ
KİMYA ANABİLİM DALI

Temmuz, 2016

Bu tez çalışması Afyon Kocatepe Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından 14.FEN.BİL.27 numaralı proje ile desteklenmiştir.

AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KARAMIK GÖLÜ (AFYONKARAHİSAR) *HYDRODROMA DESPICIENS*
TÜRÜ (ACARI HYDRACHNİDİA) ÜZERİNE AĞIR METALLERİN ETKİSİ

İREM YAMAN

DANIŞMAN

Doç. Dr. Gülderen UYSAL AKKUŞ

KİMYA ANABİLİM DALI

Temmuz, 2016

TEZ ONAY SAYFASI

İrem YAMAN tarafından hazırlanan “Karamık Gölü (Afyonkarahisar) *Hydrodroma despiciens* Türü (acari hydrachnidia) Üzerine Ağır Metallerin Etkisi” adlı tez çalışması lisansüstü eğitim ve öğretim yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca 11/07/2016 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Kimya Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Doç. Dr. Gülderen UYSAL AKKUŞ

Başkan : Prof. Dr. Kamil KOÇ
Celal Bayar üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi,
Üye :Doç.Dr. Ferruh AŞÇI
Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi,
Üye :Doç. Dr. Laçine AKSOY
Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi,
Üye : Doç. Dr. Aydan YILMAZ
Selçuk Üniversitesi Fen Fakültesi,
Üye : Doç. Dr. Gülderen UYSAL AKKUŞ
Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi,

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun

.../.../..... tarih ve

..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

.....

Prof. Dr. Hüseyin ENGİNAR

Enstitü Müdürü

BİLİMSEL ETİK BİLDİRİM SAYFASI
Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında;

- Tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- Atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- Ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim

11/07/2016

İmza
İrem YAMAN

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

KARAMIK GÖLÜ (AFYONKARAHİSAR) *HYDRODROMA DESPICIENS* TÜRÜ (ACARI HYDRACHNIDIA) ÜZERİNE AĞIR METALLERİN ETKİSİ

İREM YAMAN

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Kimya Anabilim Dalı

Danışman: Doç.Dr. Gülderen UYSAL AKKUŞ

Bu tez 2014 yaz döneminde Karamık Gölünden (Çay/Afyonkarahisar) toplanan yaygın bir su kenesi olan *Hydrodroma despiciens* türü üzerinde ağır metal tuzlarının etkilerini incelemek amacıyla yapılmıştır. Ağır metaller en zararlı çevre kirleticileri arasında yer alır. Zararlı etki metalin çeşidine, etki ettiği canlı türüne ve derişimine bağı olarak değışir. Çalışmamızda ağır metal olarak kurşun, nikel, bakır, kadmiyum ve cıva metallerinin nitrat tuzları kullanıldı. Çalışılan her bir metal tuzu için ayrı ayrı akvaryumlara eşit sayıda örnek konuldu. Akvaryumlara periyodik olarak aynı ve artan konsantrasyonlarda ağır metallerin nitrat tuzları ilave edildi. Sonuçlar örneklerde her bir metal için ICP-OES (Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectroscopy ICP-OES; Spectro Genesis, Germany) ile ölçülerek kontrol grubu ile karşılaştırıldı.

Elde edilen analiz sonuçlarına göre; çok düşük konsantrasyonlardaki Hg'nin en şiddetli negatif etkiye, yüksek konsantrasyonlardaki Ni'nin ise en zayıf negatif etkiye sahip olduğu belirlendi.

2016, ix + 54 sayfa

Anahtar Kelimeler: Ağır metal, Su kenesi , Karamık Gölü, İndüktif eşleşmiş plazma-optik emisyon spektroskopisi (ICP-OES), *Hydrodroma Despiciens*

ABSTRACT

M.Sc Thesis

KARAMIK LAKE (AFYONKARAHİSAR) *HYDRODROMA DESPICIENS* TYPE (ACARI HYDRACHNIDIA) EFFECT ON HEAVY METALS

İrem YAMAN

Afyon Kocatepe University

Faculty of Science and Arts

Department of Chemistry

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Gülderen Uysal Akkuş

This thesis was conducted to examine the effects of heavy metal salts on the *Hydrodroma despicens* which is a common water mite species collected from Karamık Lake (Çay/Afyonkarahisar). Heavy metals are among the most harmful environmental pollutants. Harmful effect varies depending on the kinds of metal, on species and metal concentration. It was used lead, nickel, copper, cadmium and mercury nitrate salts as the heavy metal in our study. An equal number of samples were placed into separate aquariums to study each metal salt. Increasing concentrations of heavy metal nitrate salts were added periodically into the aquariums. The sample results for each metal were measured with ICP (Inductively Coupled Plasma-optical Emission Spectroscopy ICP-OES; Spectro Genesis, Germany) and compared with the control group.

According to the obtained results of the analysis; very low concentrations of Hg had the most severe negative impact while high concentrations of Ni appeared to have the least negative impact.

2016, ix + 54 pages

Key Words: Heavy metal, water mite, *Karamık Lake*, Inductively coupled plasma-optical emission spectroscopy (ICP-OES), *Hydrodroma Despicens*,

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümü öğretim üyelerinden Doç. Dr. Gülderen UYSAL AKKUŞ yönetiminde hazırlanarak Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'ne yüksek lisans tezi olarak sunulmuştur. Ayrıca Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimine bu çalışmaya sundukları desteklerinden dolayı teşekkür ederim. (14.FEN BİL.27)

Bu araştırmanın konusu, deneysel çalışmaların yönlendirilmesi, sonuçların değerlendirilmesi ve yazımı aşamasında yapmış olduğu büyük katkılarından dolayı tez danışmanım Sayın Doç. Dr. Gülderen UYSAL AKKUŞ'a, ayrıca tez konusunun seçiminde materyal metot kısmının yapılması ve yazılması aşamasında ilgi ve alakalarından dolayı Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü öğretim üyesi Sayın Doç. Dr. Ferruh Aşçı hocama saygı ve şükranlarımı sunarım.

Tez çalışmalarım sırasında bana laboratuvar imkanı sağlayan Kimya Bölüm Başkanı Sayın Prof. Dr. İbrahim Erol'a, araştırma ve yazım süresince yardımlarını esirgemeyen her konuda öneri ve eleştirileriyle yardımlarını gördüğüm kimya bölümünün çok kıymetli hocalarına ve arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Tez çalışmam ve öğrenim hayatım boyunca maddi manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen ve her zaman yanımda olan aileme sonsuz teşekkür ederim.

İREM YAMAN

AFYONKARAHİSAR, 2016

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLEKİLER DİZİNİ.....	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
1.GİRİŞ.....	1
2.LİTERATÜR BİLGİLERİ.....	2
2.1.Ağır Metaller.....	2
2.2.Ağır Metallerin Genel Özellikler	2
2.3. Bazı Önemli Ağır Metaller.....	5
2.3.1 Kurşun(Pb)	5
2.3.2 Çinko (Zn).....	6
2.3.3 Bakır (Cu)	6
2.3.4 Krom (Cr).....	7
2.3.5 Demir (Fe)	8
2.3.6 Nikel (Ni).....	9
2.3.7 Mangan (Mn).....	10
2.3.8 Kadmiyum (Cd)	11
2.3.9 Kobalt (Co).....	12
2.3.10 Civa (Hg).....	14
2.4.Ağır Metallerin Etkileri.....	16
2.4.1 Ağır Metallerin Çevreye Etkileri.....	16
2.4.2 Ağır Metallerin İnsan Sağlığına Etkileri.....	17
2.5.Su Ekosistemleri ve Su Ekosistemlerindeki Bozulmalar	17
2.6.Su Keneleri Hakkında Genel Bilgi.....	19
2.6.1 Su Kenelerinin Morfolojisi.....	20
2.6.1.1 Kütikula.....	20

2.6.1.2 Gnathosoma.....	20
2.6.1.3 İdiosoma.....	20
2.6.1.4 Bacaklar.....	20
2.6.1.5 Duyu Organları.....	20
2.7. Numunelerin Toplandığı Karamık Gölünün Tanıtımı	21
2.8.İndüktif Olarak Eşleşmiş Plazma- Optik Emisyon Spektroskopisi.....	23
2.9.Literatür Özetleri.....	25
3. MATERYAL VE METOD.....	29
3.1 Su Kenesi Örneklerinin Toplanması	29
3.2 Kimyasal Uygulamalar.....	31
3.3 Kimyasal Analizler.....	32
4.BULGULAR.....	33
5.TARTIŞMA ve SONUÇ.....	38
6.KAYNAKLAR.....	46
ÖZGEÇMİŞ.....	54

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

$\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$	Bakır(II) nitrat
PbO	Kurşun(II) oksit
FeCr_2O_4	Kromit
mg/L	Miligram/litre
mg/m ³	Miligram/metreküp
HgCl_2	Civa(II) klorür
HNO_3	Nitrik asit

Kısaltmalar

EPA	Çevre Koruma Teşkilatı
ICP-OES	Inductively coupled plasma-optical emission spectroscopy (İndüklemiş eşleşmiş plazma- optik emisyon spektroskopisi)

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1 Hemoglobin yapısı.....	8
Şekil 2.2 Siyanokobalamin yapısı	13
Şekil 2.3 <i>Hydrodroma despiciens</i>	21
Şekil 2.4 Karamık Gölü konumu	22
Şekil 2.5 Karamık Gölü çalışma alanı.....	22
Şekil 2.6 ICP- OES cihazı.....	24
Şekil 3.1 Su kenelerinin Karamık Gölünden toplanması.....	30
Şekil 3.2 Su kenelerinin ayrıştırılması.....	30
Şekil 3.3 Akvaryumlarda hazırlanan göl ekosistemi.....	31
Şekil 4.1 Kontrol grubu akvaryumundan alınan <i>Hydrodroma despiciens</i>	34
Şekil 4.2 Hg metalinin etki ettiği <i>Hydrodroma despiciens</i>	34
Şekil 4.3 Kontrol grubu akvaryum suyu ağır metal değerleri.....	35
Şekil 4.4 Kontrol grubu <i>Hydrodroma-despiciens</i> türü ağır metal oranları.....	36
Şekil 4.5 Akvaryum <i>Hydrodroma-despiciens</i> türü ağır metal oranları.....	36
Şekil 4.6 Akvaryum sularında tespit edilen ağır metal miktarları.....	37
Şekil 5.1 <i>Hydrodroma despiciens</i> türü Hg absorblama oranının interpolasyon yöntemi ile belirlenmesi.....	40
Şekil 5.2 Akvaryum sularında tespit edilen Hg metal miktarlarının interpolasyon yöntemi ile belirlenmesi.....	40
Şekil 5.3 <i>Hydrodroma despiciens</i> türü Cu absorblama oranının interpolasyon yöntemi ile belirlenmesi.....	41
Şekil 5.4 Akvaryum sularında tespit edilen Cu metal miktarlarının interpolasyon yöntemi ile belirlenmesi.....	42

Şekil 5.5 <i>Hydrodroma despiciens</i> türü Cd absorblama oranının interpolasyon yöntemi ile belirlenmesi	43
Şekil 5.6 Akvaryum sularında tespit edilen Cd metal miktarlarının interpolasyon yöntemi ile belirlenmesi.....	43
Şekil 5.7 <i>Hydrodroma despiciens</i> türü Ni absorblama oranının interpolasyon yöntemi ile belirlenmesi.....	45
Şekil 5.8 Akvaryum sularında tespit edilen Ni metal miktarlarının interpolasyon yöntemi ile belirlenmesi.....	45

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 2.1. Canlı için gerekli elementler.....	3
Çizelge 2.2. Ağır metal kaynakları.....	4
Çizelge 2.3. Ülkelere göre gübre içeriğinde Cd miktarı.....	11
Çizelge 2.4. Farklı çevrelerdeki cıva konsantrasyonları.....	14
Çizelge 2.5. Cıva zehirlenmesi riski taşıyan bazı meslek grupları.....	15
Çizelge 4.1. <i>Hydrodroma despiciens</i> ağır metal absorplama miktarları.....	33
Çizelge 4.2. Akvaryum sularında tespit edilen ağır metal miktarları.....	33

1.GİRİŞ

Çevre kirliliği, tüm canlıların yaşamını olumsuz etkileyen ve tüm çevre ortamlarına atılan zararlı maddelerin hava, su ve toprağa ulaşması sonucu meydana gelen olaydır.

Çevre kirliliği 2. dünya savaşı sırasında kullanılan silahların ve patlayıcıların içerdiği kimyasallar sonucu farkedilir boyutlara ulaşmış ve günümüzde ülkeler arası sanayileşme yarışının da etkisiyle bu kirlilik artarak devam etmektedir. Bunun dışında yaşanan Çernobil kazası, Bhopal felaketi, Seveso felaketi ve Minimata kentinde meydana gelen atık sorunu gibi birçok olayda çevreye, insanlara büyük zararlar vermiş etkileri uzun süre devam etmiştir.

Son yıllarda teknolojinin hızla gelişmesi insanların yaşamını kolaylaştırırken aynı zamanda, bu gelişim çevreyi de hızla kirletmektedir. Meydana gelen kirlilik canlı yaşamının kaliteli bir şekilde devam etmesine engel olmaktadır. Bunlardan en dikkat çeken ise çoğunlukla endüstri ve sanayi kuruluşlarının kaynak olduğu ağır metal kirliliğidir. Bunlardan kurşun, krom, civa, bakır, arsenik, kadmiyum önemli örneklerdir.

Artan nüfusa bağlı olarak gelişim gösteren üretim çalışmaları zararlı kimyasalların kullanımını da beraberinde getirmiştir. Çeşitli alanlarda faaliyet gösteren birçok fabrika, evsel atıklar ve bilinçsizce tarım arazilerinin ilaçlanması ile doğaya karışan bu kimyasal maddeler kirliliğe ve doğal dengenin bozulmasına neden olur.

Ağır metallerin oluşturduğu kirlilik onların toksik özellikleri, doğada birikerek hemen yok olmamaları gibi özelliklerinden dolayı diğer kirleticilere oranla daha fazla tehlike arz etmektedir. Fazlasının toksik etkiye neden olduğu ağır metallerin insan vücudu için faydalı bir işlevi yoktur. İnsan bünyesine deriye teması sonucu, bitkisel veya hayvansal kaynaklı olarak beslenme yoluyla ya da solunum yoluyla girebilmektedir.

Hava ve toprak ile bir bütün oluşturan su ekosistemlerinde, atık suların kontrolsüzce göllere ve akarsulara ulaşmasıyla kirlilik meydana gelir. Su ekosistemleri aynı zamanda bir çok hayvan bitki ve organizmaya ev sahipliği yapar. Sudaki kirlilik arttıkça oksijen miktarı azalır zehirleyici etkiye sahip ağır metaller ortamdaki canlılar tarafından absorplanır ve bu canlıların yaşamlarını tehlikeye sokar. Daha sonra çeşitli yollarla insan bünyesine katılarak sağlığı tehdit edecek boyutlara ulaşır.

Canlı yaşamının sağlıklı bir şekilde devam edebilmesi için hava-su-toprak olmak üzere tüm çevre kirliliklerine karşı toplumumuz bilinçlendirilip önlem alınmalı ve hep birlikte çözüm yolları üretilmelidir.

2. LİTERATÜR BİLGİLERİ

2.1 Ağır Metaller

Kirleticiler arasında en riskli ve en önemli grup olan ağır metaller canlı yaşamı için olumsuz sonuçlar ortaya çıkarır. Bu metaller üzerinde yapılan araştırmalar metallerin çok eski zamanlardan bu yana kullanıldığını göstermektedir.

ABD gibi gelişmiş ülkelerin sanayi kuruluşlarından yılda 300 milyon tondan daha fazla kimyasal atık meydana gelmektedir. Ortaya çıkan bu zararlı atıklar birçok doğal yaşam alanının kullanımını kısıtlamıştır. Bu yüzden gelişmekte olan pek çok ülke de ağır metallerin ve diğer zararlı kimyasalların etkileri üzerine çok sayıda çalışma yapılmaktadır.

Toksisite testlerinin ve bazı deneylerin de yer aldığı çalışmalar ekolojik dengenin bozulmaması ve korunması için oldukça önem arz etmektedir (Çiçek ve Koparal 2001).

2.2 Ağır Metallerin Genel Özellikleri

Kurşun, kadmiyum, krom ve civa başta olmak üzere birçok metal fiziksel olarak yoğunluğu 5 g/cm^3 'ten daha yüksektir ve bundan dolayı ağır metal olarak tanımlanır. Bu elementler doğaları gereği yer kürede genellikle karbonat, oksit, silikat ve sülfür halinde bulunur (Kahvecioğlu vd. 2003).

Biyolojik olarak metaller 3 gruba ayrılmaktadır (Clark 1992);

Birincisi, hafif metaller olarak adlandırabileceğimiz sodyum, potasyum ve kalsiyumu da içine alan katyonik şekilde hareket eden metallerdir.

İkinci olarak periyodik tabloda geçiş metalleri kısmında bulunan metalleri kapsayan düşük düzeylerde gerekli olan ancak düzeyi arttıkça zehir etkisi gösteren elementlerdir.

Üçüncü gruptaki metaller ise civa, kurşun ve arsenik gibi canlı için gerekli olmayan çok az miktarının bile büyük zararlar verdiği elementlerden oluşan metalloitler olarak bilinen iz elementlerdir.

Çizelge 2.1 Canlı için gerekli elementler.

Element	Fonksiyon
Hafif ve bol	
Sodyum	Başlıca hücre dışı katyonu
Potasyum	Başlıca hücre dışı katyonu
Kalsiyum	Kemiklerin başlıca elementi.
Magnezyum	Birçok enzimi aktifleştirir. Klorofilde bulunur.
Ağır ve eser	
Bakır	Oksitleyici enzimler için gerekli ve hemosiyaninde bulunur.
Çinko	Birçok enzimi aktivite eder.
Demir	Canlı için gerekli en önemli element, hemoglobin ve enzimlerde bulunur.
Kobalt	Birçok enzimi aktivite eder ve vitamin B12 de bulunur
Krom	Gelişmiş hayvanlarda bulunur ve insulini aktivite eder
Mangan	Bazı enzimleri aktivite eder
Vanadyum	İlkel bitkilerde, deniz hayvanlarında bulunur.

Çizelgede de görüldüğü gibi bazı elementler canlı yaşamı için gereklidir. Bazı eser elementler esansiyel olduğu halde yüksek miktarda toksik etkilere yol açabilmektedirler. Bunlar Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni ve Zn'dur. Cd, Cr, Hg ve Pb gibi elementler ise

esansiyel olmayıp eser miktarları bile toksik etki gösteren elementlerdir. Bu sebeple canlıya nüfus eden metaller ve alınan düzeyleri bilinmelidir (Çalışkan 2005).

Toksik etkisi olan maddelerin çok az miktarları bile canlı üzerinde çeşitli hastalıklara sebep olmaktadır. Canlı bünyesinde birikerek daha büyük hasarlara yol açabilmekte ölümle sonuçlanan durumlar ortaya çıkabilmektedir (Erçal 2007).

Kaynağını çeşitli maddelerin oluşturduğu ağır metaller bir çok farklı yolla doğaya karışır (Çizelge 2.2).

Çizelge 2.2 Ağır metal kaynakları (Markert 1993).

A. ENDÜSTRİ	
Plastik	Co, Cr, Cd , Hg
Kağıt sanayi	Cu, Cr, As
Ev gereçleri sanayi	Cu, Ni, Cd, Zn, Sb
Tekstil	Zn, Al, Ti, Sn
Rafineri	Pb, Ni, Cr
B. HAVADAKİ PARTİKÜLLER	
Fosil yakıtlar	As, Pb, Sb, Se, U, V, Zn, Cd
Metal işlemediliği	As, Cd, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb, Sb, Ti, Zn
Taşıtlar	Pb, Cd, V
Fabrikalar	Cu, Cd, Pb, Sn, Hg, V
C. TARIM	
Sulama	Cd, Pb, Zn
Gübreleme	As, Cd, Mn, V, Zn
Pestisit uygulaması	Cu, Mn, Zn
Hayvansal gübreler	As, Cu, Mn, Zn
Kireçler	As, Pb
D. METAL İŞLETMECİLİĞİ	
Maden işlemleri	Cd, Hg, Pb, As
Metallerin eritilmesi	As, Cd, Hg, Pb, Se
Demir çelik endüstrisi	Zn, Cu, Ni, Cr, Cd
E. ATIKLAR	
Lağım	Cd, Cr, Cu, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb, V, Zn
Kazma	As, Cd, Fe, Pb
Kül	Cu, Pb

2.3 Bazı Önemli Ağır Metaller

2.3.1 Kurşun (Pb)

Atom numarası 82, mol kütlesi 207,19 olan kurşun, mavi-gri tonlarında yumuşak bir elementtir. Eski tarihlerden bu yana var olan kurşun, ilk olarak gümüşün imalatı sırasında ortaya çıkmış, gelişen dünya düzeni ile birlikte kullanım alanı artmış ve insan aktiviteleri sonucu atmosfere katılmıştır.

Erime noktasının düşük olması, yumuşak olması, kimyasal aktivitesi sebebiyle uzun ömürlü olması ve diğer metallerle birçok alaşım oluşturması sebebiyle kullanımı kolay olan bir metaldir (Tuncay 2007).

Kurşunlu benzin, boyalar, sanayi merkezlerine yakın yerlerde yetişen meyve-sebzeler, su borularından suya karışan kurşun belli başlı kurşun kaynaklarını oluşturur. Öncelikle kurşunlu yakıt kullanımı olmak üzere birçok endüstri kuruluşunun çevreye yaydığı kurşun, canlı bünyesinde birikerek zehirleyici etki gösterir. Başta insan sağlığı olmak üzere tüm canlılar için önemli bir tehlike oluşturur. Kullanım alanı oldukça geniş olan kurşunun, Dünya Sağlık Örgütüne göre kandaki derişim sınırı 0,1 mg/mL, şehir havasındaki kurşun derişimi ise 0,5-1 mg/m³ aralığında olması gerektiğini vurgulamaktadır (Keser 2008).

1971 yılından itibaren gelişmiş ülkelerde günlük kullanımda yerini alan yapıda kurşun içeren ürünlerin kurşun içeriğinin azaltılıp yeniden düzenlemeleri yapılmıştır. Kurşun, radyasyondan korunmada, akü imalatında, teneke kapaklarda ve ilaçlamada kullanılan metaller arasında yer almaktadır.

Su ortamında bulunan kurşunun 0,04-0,198 mg/L arasındaki miktarı ortamdaki canlılar tarafından tolere edilmektedir. Ancak beslenme yoluyla kurşuna maruz kalındığında az miktarı bile zehirlenmelere sebep olmaktadır (Kahvecioğlu vd. 2003).

Kurşun çocukluk döneminde ve yetişkinlerde obeziteye yol açabilir ve hatta ölüme neden olmaktadır. İşitme bozukluğuna, sinir iletim sisteminde bozukluklara, kansızlığa, mide ağrısına, böbrek ve beyin iltihaplanmasına, kısırlığa ve kansere neden olmaktadır. Ayrıca davranış bozukluklarına da yol açar.

Kurşunun zararlı etkileri hayvanlar üzerinde de gözlenmektedir. Av yapılan bölgelerde mermi ve saçmaların içerdiği kurşun sebebiyle kuşlar ördekler ve başka hayvanlar da kurşun zehirlenmeleri meydana gelmektedir.

2.3.2 Çinko (Zn)

Atom numarası 30 olan çinko periyodik cetvelin geçiş elementleri grubundadır. Düşük erime noktasına sahip olup parlak gri renktedir. Doğada sülfürleri oksitleri ve klorürleri halinde bulunur.

Çinko oksit olarak boyalarda ve kozmetikte çinko klorür olarak deodorantlarda yer alır. Bunların yanı sıra başka metallerin galvaniz edilmesinde, alaşım oluşumunda ve otomotiv sektöründe kullanılır. Çinkonun belli bir miktarı canlı bünyesi için gereklidir. İnsanlarda günlük alınması gereken Zn miktarı 10-20 mg civarındadır (Süren 2004).

Çinko enzimlerin yapısında bulunarak enzimlerin fonksiyonunu etkiler. Et, balık, süt, gibi protein değeri yüksek olan gıdalar Zn kaynağıdır. Olması gerekenden az veya fazla olması insan sağlığı açısından olumsuzluklara sebep olur. Örneğin vücuda eksik alınması bağışıklık sisteminin zayıflamasına, deri hastalıklarına, duyularda algının azalmasına neden olurken sindirim sistemi bozukluklarına, yaraların geç iyileşmesine ve iştahın azalmasını da sebep olmaktadır. Uzun vadeli bir zaman diliminde çinkonun vücuda alımı günlük alınması gerekenin üstünde bir değerde olursa kandaki bakır ve demir seviyelerinin düşmesine sebep olmaktadır. Buna bağlı olarak çeşitli rahatsızlıklar ortaya çıkmaktadır (Deveci 2012).

Kurşun, cıva, kadmiyum gibi metallerle kıyaslandığında toksik etkisi daha az olan bir metaldir. Fakat çinkodan oluşan bileşiklerin zararlı etkileri çinkodan daha fazladır. Bunun sebebi bileşikte bulunan anyondan ileri gelmektedir. Anyon kısmının toksik etkisi katyon kısmından daha fazladır.

2.3.3 Bakır (Cu)

1B geçiş grubunda bulunan bakır elektriği en iyi ileten metallere biridir. Bakır insan vücudunda bulunan bazı kısımlar için ana bileşen rolündedir. Bakırın +2 ve +1 halde bulunan katyonları elektronu oksijene taşımaktadır. Ayrıca bakır demirin işleyişine katkıda bulunur.

Yetişkin bireylerde 50-120 mg arasında olması gereken bakır, eksik olduğunda kas ve kemik yapılarında bozukluk, damarlarda çatlama, kansızlık gibi sorunlar ortaya çıkmaktadır. Depolama alanı karaciğer olan bakırın olması gerekenden fazla bir şekilde toplanmasına bağlı olarak Wilson hastalığını oluşturmaktadır (Kartal vd. 2004).

İnşaat ulaşım ve kimya sanayiinde oldukça önemli olan bakır, sanayi tesislerinde iletken madde olarak kablolarda kullanılmaktadır.

Bakır, canlı yaşamı için ihtiyaç olan elementlerden biridir. Bakır, basit yapıya sahip canlı için zehir etkisi oluştururken daha büyük canlılar için temel bileşen olmaktadır. Bu durum bakırın canlılar üzerindeki etkisinin canlının büyüklüğüne ve kimyasal yapısına göre değiştiğini gösterir. Küçük canlılar üzerinde gösterdiği zehir etkisi sebebiyle antibakteriyel madde ve böcek ilacı olarak kullanılmaktadır. İnsan bünyesinde bulunması gereken düzeyin üstüne çıktığında toksik etki gösterir. Sağlık açısından en tehlikeli olan bakır iyonları pestisitlerde yer alan bakır iyonlarıdır. Fazlalığında toksik etkiler oluşturan bakırın tükettiğimiz sulardaki derişimi 1 litre de 12 mikro molü aşmayacak şekilde olmalıdır (Köksal 2001).

Doğal yollarla veya endüstri atıklarıyla su ortamlarını da kirleten bakır metali ortamda bulunan canlılar için kimyasal bir tehlike oluşturur. Göl ekosisteminde yaşayan canlıların zarar görmemesi için maximum kabul edilebilir bakır düzeyi 0,005 mg/L olarak belirlenmiştir (McNeely *et al.* 1979).

2.3.4 Krom (Cr)

Krom adı yunanca renkler anlamına geldiği için kromun renkli özelliği sebebiyle L. N. Vauquelin tarafından bu isim verilmiştir. Periyodik tabloda 6B grubunda yer alır, atom numarası 24 tür. Farklı metallerle birleşerek alaşım oluşturur (Müezzinoğlu ve Şengül 1987). Aşınmaya karşı koruma maddesi olarak ve kağıt gibi bazı maddeler için renk verici olarak kullanılmaktadır.

Kromit ($FeCr_2O_4$), kromun en önemli kaynaklarından biridir. Ayrıca yer kabuğunda bulunma yüzdesi % 0,037 olarak belirlenmiştir. Ekonomik olarak fayda sağlayan tek krom minerali de kromittir.

Belli düzeye kadar vücuda giren kromun olumsuz bir etkisi yoktur. 30-200 µg krom yetişkin bir bireyin günlük ortalama alması gereken miktardır. Kandaki şekerin hücrelere iletilmesine yardım eder (Kahvecioğlu vd. 2003).

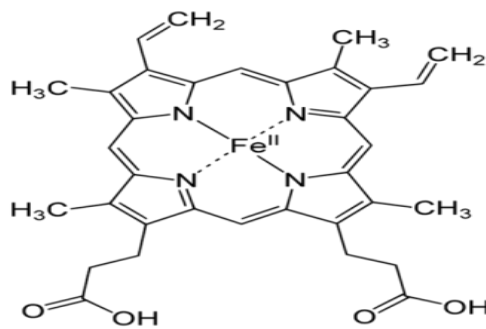
Endüstri ve sanayi kollarında kullanıma bağlı olarak aktif sanayileşmenin olduğu yerlerde aşırı derecede maruz kalınmasıyla krom zehirlenmeleri meydana gelmektedir. Buna bağlı olarak da çeşitli rahatsızlıklar oluşturarak organlarda hasara neden olur. Dolaşım sistemini ve sinir sistemini de olumsuz yönde etkiler. Kromun toksik özelliğinin en fazla görüldüğü anyonu ise kromat anyonudur. (Kahvecioğlu vd. 2003)

Laboratuvar çalışmaları sonucu kromun kanserojen özelliği olduğu saptanmıştır. Kanserojen etkinin solunum yolu üzerinde etkili olduğu gözlenmiştir.

Kromun su ekosistemlerinde birikmesi suda yaşayan canlıların kroma maruz kalmasına sebep olur ve dolaylı yoldan insan sağlığını da etkilemektedir.

2.3.5 Demir (Fe)

Atom numarası 26 olan erime noktası oldukça yüksek olan demir metali yeryüzünde en çok kullanılan metaller arasındadır. Havanın oksijeni ile birleşerek oksitleri oluşur. İlk kullanımı milattan önceki tarihlere dayanmaktadır. Günümüzde kullanılan birçok ürünün hammaddesidir. Tüm canlılar yaşamı için belirli düzeyde demire ihtiyaç duymaktadır.



Şekil 2.1 Hemoglobin yapısı.

İnsanların kırmızı kan hücrelerinde büyük oranda demir bulunmaktadır. Vücutta oksijenin hücrelere iletilmesi de bu hemoglobin denilen kan hücreleri sayesinde gerçekleşir. Bu yüzden demir eksikliği kan hücrelerinin gelişimini etkileyerek kansızlık

meydana getirir. İnsanlar demir ihtiyacını baklagiller, deniz canlıları, yeşil sebze vb. kaynaklı olarak yiyeceklerden temin etmektedir. İnsan vücuduna giren demirin fazlası bazı organlarda birikerek zehirleyici etki yapar ve yine sindirim sistemi başta olmak üzere canlı yapısında hasarlara neden olmaktadır.

Suda çözünebilen demir türevleri su ekosistemleri için önemli bir kirlilik kaynağı oluşturmaktadır. Çeşitli faaliyetler sonucu veya doğal yollardan suya aktarılan demir miktarının fazlalığı yaşam için zararlıdır (Gray 1996).

Demirin diğer birkaç metalle birlikte bir çok bakterinin büyümesi ve sayısının artmasında rolü olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca sudaki mikroorganizmaların karbon çevrimine katılır.

Toksik etkisi çok değildir. Bazı çalışmalar sonucu metallerin zehirlilik etkisinin sıralaması $Hg > Zn = Cd = Cu > Co = Ni > Al > Fe > Mn$ olarak tespit edilmiştir (Brayn 1971).

2.3.6 Nikel (Ni)

Doğada katı halde bulunan nikel elementi gri-yeşil renkte ve yerkabuğunda bulunma oranı 22. sırada olan sert bir metaldir. Kırmızı- kahverengi renkteki laterit adı verilen topraklarda bulunmaktadır.

Çok yüksek ve çok düşük derecedeki sıcaklıklara karşı dayanıklıdır. Su ve hava ile birleşimi sonucu oksitlenme özelliği gösteren element aynı zamanda ferromanyetik özellik içermektedir.

Nikel asit ve bazlara karşı direnç göstererek kimya sanayisinde birçok kullanım alanına sahiptir. Farklı diğer metallerle alaşım oluşturmaktadır. Gemi ve uçak sanayinde, kimya sanayinde, araç ve gereçlerinin yapıldığı fabrikalarda ve paslanmaz çelik yapımında kullanılmaktadır.

Nikelin inorganik formunun zehir etkisi organik formuna göre daha azdır. Element şekliyle canlıya zararı olmayan ve canlı bünyesinde olması gereken sınırı 10 mg altı olan nikel genel olarak akciğer böbrek ve bağırsaklarda bulunmaktadır. Solunum yoluyla havadan, sigaradan, yediğimiz yiyeceklerden bünyemize giren nikel ilerleyen yaşla birlikte ciğerlerdeki oranı artar. Toprağa bağlanması daha kolay olduğu için

yediğimiz sebzelerle vücudumuza girmektedir. Buna bağlı olarak solunum yollarında rahatsızlıklara sebep olurken artan miktarı kansere sebep olmaktadır. Bazen yapılan takıların içerisinde de belli oranlarda yer alan nikel deri tahrişlerine de neden olmaktadır (Zengin 2008).

Ev işyeri ve sanayi de sıkça kullanılan pillerin de nikel içerdiği bilinmektedir. Avrupa Birliği kanserojen etkisi sebebiyle kendi sınırları içerisinde nikelin sülfürik asitle özütlemeye işlemini yasaklamıştır. Nikelin fazla alınımında; solunum yetersizliği, akciğerlerde tıkanma, doğum kusurlarına sebebiyet verir. Akciğer, prostat ve gırtlak kanseri riskini artırır. Takılardan kaynaklanan alerjik reaksiyonlara neden olur. Solunum yoluyla gaz haline maruz kalınmasıyla, halsizlik ve baş dönmesi oluşur. Bronşit astım ve kalp rahatsızlıklarına yol açar.

2.3.7 Mangan (Mn)

Periyodik cetvelin 7B grubunda yer alan atom numarası 25 olan mangan, gümüş renkte olup 1774 yılında keşfedilmiştir. Biyolojik sistemlerde enzim aktivatörü olarak görev almaktadır. Magnezyumla yer değiştirerek birbirlerinin görevlerini yerine getirmektedir. Oksitlenme aşamasında farklı renkler alabildiğinden dolayı renklendirici olarakta kullanılırken, paslanmayı önleyici görevi de bulunmaktadır.

Canlı organizma için gerekli elementler arasındadır. Buğdaygillerden üretilen ürünlerde bulunmaktadır. Vücut dokularında oldukça geniş bir dağılım gösterir. Kemik karaciğer ve böbreklerde 1-3mg/g civarında bulunurken beyin kalp ve kaslarda 1 mg/g'dan daha az miktarda bulunmaktadır. Eksikliğinde hafıza problemleri kilo kaybı büyüme geriliği sorunlarıyla karşılaşılabilir.

Modern tarım sektöründe gübre bileşeni olarak kullanılmaktadır. Artan sanayi kuruluşlarından havaya karışırken yer altı ve yer üstü sularına doğal olarak aktarılmaktadır. Su bitkilerinde birikimi ise su kaynakları sebebiyle oluşmaktadır (Çalışkan 2005).

Kullanılan gübre ve tarım ilaçlarının önce toprakta birikmesi sonra çeşitli yollarla sulara karışmasıyla su kalitesinin düşmesine sebep olmaktadır. Hem suda yaşayan canlılara hem de çevreye zarar vermektedir.

2.3.8 Kadmiyum (Cd)

Çinko elementiyle çok fazla benzerliği olan kadmiyum ismini de eskiden çinko anlamında kullanılan kadmia kelimesinden almıştır. 2B grubunda yer alan mavimsi yumuşak bir metaldir. Kanserojen etkisi bilinen çevre kirliliğinde baş sıralarda yer alan ağır metallere dendir.

Gelişen teknoloji ve sanayi ile birlikte son yıllarda dünya üzerinde kadmiyum miktarının eskiye oranla arttığı belirlenmiştir. Topraktaki kadmiyum fazlalığının sebebi modern tarımda kullanılan gübre ve arıtma çamurlarının kullanımıyla ortaya çıktığı belirtilmektedir. Topraktaki kadmiyum miktarı için sınırın 3mg/kg olması gerektiği miktarın artışının zehirleyici etkilere sebep olacağı bildirilmiştir (Özbek vd. 1995).

Tarımdaki gelişime katkıda bulunan ve hemen hemen tüm tarım ürünleri için kullanılan fosforlu gübreler kadmiyum kaynağını oluşturmaktadır. Gübre kaynaklı toprağa ulaşan kadmiyum beslenme yoluyla da insanlara ulaşmakta ve ciddi zararlar vermektedir. Bunun üzerine farklı ülkelerde fosforlu gübreler için Cd sınırları belirlenmiştir.

Çizelge 2.3 Ülkelere göre gübre içeriğinde Cd miktarı.

Ülke	Miktar (mg/kg)
Avustralya	345
Almanya	200
Danimarka	110
İsveç	100
Finlandiya	50
İsviçre	50
Norveç	50
Hollanda	35

Avrupa Birliği ise gübrelerdeki Cd değerinin 2010'a kadar 40 mg Cd/kg, 2015'e kadar ise 20 mg Cd/kg değerine indirileceğini kabul etmiştir (Köleli ve Kantar 2005).

Türkiye kullanacağı gübre üretimi için fosfat kayası ithalatı yapmaktadır. Temin edilen fosfat kayasında yapılan analizlere göre ise ortaya çıkan ağır metal değerleri, Cd için; 358 mg/kg P, Pb için; 335mg/kg P, Ni için ise 386 mg/kg P olarak bulunmuştur.

Fosforik asit de son zamanlarda gübre üretimi için kullanılmaya başlanmıştır. Fosforik asitin içerdiği ağır metal içeriği hacimsel olarak; Cd için; 114 mg/L P, Pb için; 11mg/L P ve Ni için; 201 mg/L P olarak bulunmuştur.

Deterjanlar, petrol türevleri, sigara dumanı, bazı deniz mahsulleri, sanayi kuruluşlarından çıkan zehirli gazlar ve gübreler kadmiyum kaynağı olarak görülmektedir. Suda çözünme özelliğinden dolayı yayılma oranı diğer ağır metallere daha fazladır ve su ekosistemindeki bitki ve hayvanlarda bulunmaktadır. Özellikle balıklar tarafından absorplanması zehir etkisi yaratarak insan sağlığını da tehdit etmektedir. Sanayinin gelişme gösterdiği nüfusun daha fazla olduğu yerlerde havadaki kadmiyum oranı diğer yerlere göre daha fazla olduğu saptanmıştır (Kalay ve Parlak 2004).

Yaşla beraber vücuttaki oranı da artan kadmiyum canlı yaşamı için hayatsal fonksiyonu olan bir metal değildir. Fazla miktarda kadmiyuma maruz kalındığında meydana gelen zehirlenmelerin sonuçları hemen kendini gösterebileceği gibi bazen de yıllar sonra etkisini göstermektedir. Baş ağrısı, kaslarda meydana gelen ağrılar, tansiyon yükselmesi gibi rahatsızlıklar meydana gelmektedir. Uzun süreli maruz kalma sonucu ise böbrek yetmezliği solunuma bağlı olarak akciğerlerde meydana gelen hasarlara kemik erimesine sebep olmaktadır (Erçal 2007).

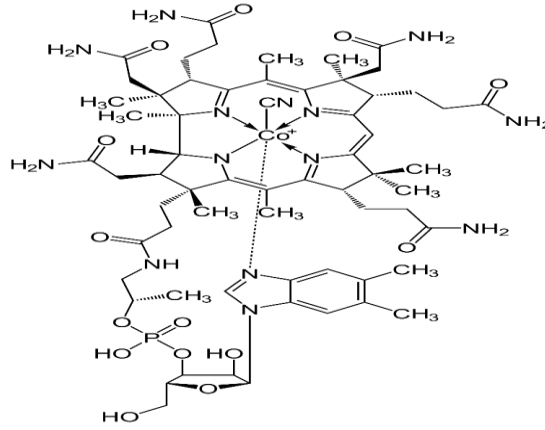
2.3.9 Kobalt (Co)

Atom numarası 27 olan periyodik tablonun geçiş elementleri kısmında bulunan bir metaldir. Nikel ve demirle birçok ortak özelliği olan kobalt nikel gibi ferromagnetik, demir gibi oksitlenme özelliğine sahiptir.

Günlük hayatta kullandığımız birçok malzeme de alaşım elementi olarak karşımıza çıkan kobalt, elektrolizle metallerin kaplanmasında da kullanılmaktadır. Dişçilikte ve boya yapımında, pil sistemlerinde , petrol sanayinde de yerini almaktadır. Dünyada kobalt üretiminin en fazla olduğu yer Zaire iken en fazla kullanımı Amerika Bileşik Devletlerindedir (Kartal vd. 2004).

Savunma sanayinde ve farklı endüstri kuruluşlarında kullanımı bulunan kobalt hava su ve toprağa karışmaktadır. Toprağa karışan kobaltın bitkilerce alınması toprağın

kimyasal yapısına bağlıdır. Toprağın bazıları arttıkça bitki tarafından kobalt emilimi de azalmaktadır. Bir molekülde birbiriyle bağ yapmış iyonların yerlerini değiştirerek iyonların farklı şekilde davranmasına sebep olur (Nicholas and Thomas 1954).



Şekil 2.2 Siyanokobalamin(B12).

Canlılarda B12 vitaminiyle ilişkili olarak vücutta yer almaktadır. Enzim aktivasyonunda görev almaktadır. En fazla kalp ve kemik dokusunda düşük konsantrasyonlarda 0,2 mg/g miktarını geçmeyecek şekilde bulunmaktadır. Bitkilerde bulunmayan B12 vitamini hayvansal kaynaklı olarak vücuda alınmaktadır. İnsanlarda alınması gereken günlük miktarı 3mg civarındadır. Hayvanlarda ise 5-30 mg arasında değişmektedir.

Canlı bünyesinde yapı taşı olan kobalt hücrelerin onarılması, sinir hücrelerinin büyümesi, sindirim sisteminin düzenli çalışması gibi görevlerde bulunmaktadır. Kobalt eksikliğinde demir absorpsiyonu azalacağından kansızlık görülmektedir. Ayrıca olması gerekenden az alındığında başta anemi olmak üzere sinirlerde bozuk, yorgunluk, kas problemleri gibi farklı rahatsızlıklar oluşturmaktadır. Özellikle et yemeyen insan gruplarında eksikliği fazla olacağından oldukça dikkat edilmesi gereken bir durumdur.

Solunum yoluyla havadan alınan kobalt kana ve idrara ulaşır. Çok fazla maruz kalındığında zehirlenmelere sebep olmaktadır. Suda çözünme özelliği gösteren, kobalt türevleri vücuda girdiğinde böbrek, bağırsak ve ciğerlerde birikmektedir.

Kobalt-krom alaşımı olarak kullanımı sağlık sektörünü yakından ilgilendiren birçok konuda etkiler ortaya çıkarmaktadır. Krom-kobalt alaşımı kalp damar hastalıklarında takılan stentlerde, ortopedide kullanılan protezlerde ve dolgu yapımında

kullanılmaktadır. Bu metallerin birçok toksik özelliği unutulmuş insanlarda uzun süreli kullanımı yaşamsal bir tehlike oluşturmaktadır. Özellikle ortopedide kullanılan, bu alışımdan yapılmış protezlerin yıpranması sonucu genetik rahatsızlıkların ortaya çıktığı belirlenmiştir (Şekeroğlu 2013).

2.3.10 Cıva (Hg)

Oda sıcaklığında sıvı halde bulunan gümüş renkli cıva, tabiatta kullanım alanı çok fazla olan bir metaldir. -39 ile 357°C arasında sıvı halde bulunan tek elementtir.

Organik, inorganik ve metalik hal olmak üzere endüstride 3 farklı şekilde kullanımı olmaktadır. Anorganik hali klorür tuzları şeklinde organik hali ise metil, etil, fenilcıva şeklindedir. Metalik halde olan formu en uçucu olanıdır. Çok az miktarları bile kronik rahatsızlıklara sebep olabilir. Cıvanın bu formu için belirlenen doz 10mg/m³'ü aşmamalıdır. Çalışma yapılırken gerekli güvenlik önlemlerinin alınması gerekmektedir (Dalkıran 2012). Havadaki cıva konsantrasyonu numunenin alındığı yere göre değişir.

Çizelge 2.4 Farklı çevrelerdeki cıva konsantrasyonları.

Numune alınan yer	Konsantrasyon (ppm)
1. Hava (cıva filizlerine yakın) Yaklaşık 400 m'den	0,00009
2. Hava (bakır filizlerine yakın) Yaklaşık 400 m'den	0,00004
3. Hava	0,00001
4. Toprak	0,1
5. Kaya	0,01-20

Herhangi bir şekilde civaya maruz kalındığında ortaya çıkacak sonuçlar, cıvanın miktarına, kişinin özelliklerine ve sağlığına bağlı olarak değişebilmektedir. Cıva kan tahlili ve idrar tahlili yoluyla belirlenebilir. Amerika Sağlık Teşkilatına göre sınır olarak belirlenen cıva miktarları; kanda 0,05 mg/l, idrarda 0,02-0,15 mg/l, tükürükte ise 0,02-0,15 mg/l şeklinde belirlenmiştir (Dalkıran 2012).

Geniş bir sıcaklık aralığında değişim göstermediği için termometre barometre gibi aletlerin yapımında kullanılmaktadır. Bunun yanında pil yapımında, aynaların sırlanmasında, altın ve gümüş üretiminde, zirai ilaçlarda, endüstride katalizör olarak kullanılmaktadır.

Civa, insanlara ve ekosisteme zarar veren zehirleyici bir metaldir. Kullanılan zirai ilaçlardan bitkilere ve toprağa, sanayi kuruluşlarından dolayı olarak havaya ve su ortamlarına geçen tüm canlı hayatını tehdit eden bir kirlilik oluşturmaktadır. Özellikle denizlerde ve göllerde meydana getirdiği kirlilik hem suda yaşayan hayvanların zehirlenmesine, su içerisindeki bitkilerin yok olmasına ve deniz mahsullerinin tüketimi ile insan sağlığını etkiler.

Civa zehirlenmeleri oldukça ciddi sağlık problemleri oluşturmaktadır. Teneffüs edilen hava ile alınan civa, gıdalarla alındandan çok daha tehlikelidir. Boşaltım sistemi problemleri, nörolojik rahatsızlıklar, solunum sıkıntıları, gelişim geriliği, genetik hastalıklar, hareket sisteminde oluşan bazı sıkıntılar gibi birçok olumsuzlukları beraberinde getirmektedir.

Çizelge 2.5 Civa zehirlenmesi riski taşıyan bazı meslek grupları.

Metalik civa	İnorganik civa tuzları	
Amalgam üreticileri ve diş hekimleri	Dezenfektan üreticileri	Bakteriyosit üreticileri
Barometre, manometre,termometre üreticileri	Boya sanayi işçileri	İlaç üreticileri
Civalı pil üreticileri	Mürekkep üreticileri	Mumyacılık yapanlar
Bronz işinde çalışanlar	Kimya laboratuar işçileri	Fungusit üreticileri
Kalibrasyon aygıtı yapanlar	Vinil klorür işçileri	Histoloji teknisyenleri

Civayla kirlenmiş bölgenin temizlenmesi konusunda gündeme gelen tekliflerin başlıcaları şöyledir:

- 1) Civa çökeleklerini tarayarak temizlemek
- 2) Civa bileşiklerini civa sülfür haline dönüştürmek
- 3) Civayı inorganik bileşikleri haline dönüştürmek

- 4) Civa bileşiklerini uçucu dimetilciva bileşiği haline getirmek için civa bileşiklerinin içinde bulunduğu suyun pH'ını yükseltmek

Bunların hepsi de pahalı olan işlemlerdir. Ayrıca bu işlemlerin ne gibi problemler getireceği de henüz bilinmemektedir. Bazı bilim adamlarına göre ise böyle bölgeler doğal temizlemeye bırakılmalıdır (Gündüz 1994).

2.4 Ağır Metallerin Etkileri

2.4.1 Ağır Metallerin Çevreye Etkileri

Gelişmekte olan diğer ülkeler gibi ülkemizin de en büyük sorunlarından biri çevre kirliliğidir. İnsan hayatının vazgeçilmezi olan suda bu kirlilikten payını almıştır. Endüstri kuruluşlarından kaynaklanan atıklar, bilinçsizce yapılan zirai ilaçlamalar doğrudan veya dolaylı olarak suyu kirletmektedir. Organik atıkların aksine ağır metaller bozunmadıkları için daha tehlikelidir. Çevreye yayılan asidik kimyasalların etkisiyle oluşan asit yağmurları göllere ve akarsulara düşerek sudaki asit dengesini bozar. Aynı zamanda toprağa bağlı olan ağır metallerin deniz ve göllere ulaşmasına sebep olur. Tüm bu etmenler suda yaşayan tüm canlıları olumsuz yönde etkilemektedir (Sönmez 2011).

Madencilik, gübre kullanımı, tarımda sulama kaynaklı ortaya çıkan ağır metallerin toprağa ulaşmasıyla topraktan elde edilen üretim azalmaktadır. Ülkemizde ekim dikim işleri için ayrılan toprakta meydana gelen ağır metal kirliliğinin başlıca sebebi kullanılan kimyasal içerikli gübrelerdir. Verimi arttırmak için kullanılan gübreler hem bitkiye hem de dolaylı olarak beslenme yoluyla insanlara zarar vermektedir. Öncelikle tarımla uğraşan kesimin bilinçlendirilmesi daha sonra kullanılan kimyasal içeriklerin dozlarının sınırlandırılması gerekmektedir (Bakar ve Baba 2009).

Kimyasalların çevreye etkilerini, ekosistemde oluşturduğu hasarları bilmek bilinçli hareket etmek gelecek tüm canlı nesillerin yaşamı için büyük önem arz etmektedir (Köse 2007).

2.4.2 Ağır Metallerin İnsan Sağlığına Etkileri

Hava su ve toprak canlıların yaşam alanını oluşturduğundan son derece büyük bir öneme sahiptir. Bu alanlarda oluşan kirlilik bazı türlerin yok olmasına, verimin azalmasına insanlarda oluşan birtakım hastalıklara neden olmaktadır. Kirliliği oluşturan etmenin bilinmesi, özelliklerinin bilinmesi oluşacak zararların önlenmesinde yardımcı olmaktadır. Hava su ve toprak bir döngü halindedir birbirinden bağımsız düşünülmemelidir. Birinde meydana gelen dengesizlik diğerini de etkilemektedir.

Paracelsus “biz toprağı kazarak altın, gümüş gibi kıymetli maddeleri elde etmek isteyebiliriz, ancak bunun karşılığı olarak sağlık sorunlarının olabileceğini önceden bilmeliyiz” diyerek yaşanabilecek olumsuzluklara dikkat çekmiştir (Bilir ve Yıldız 2004). Paracelsus; maddelerin hem zehir özelliğı hem de iyileştirici özellik taşıyabileceğini ama bu iki durumun vücuda giren miktara göre değiştiğini belirtmiştir. Bazı metallerinde belli değere kadar alınımı vücut için gerekliyken sınır değeri aşıldıkça zehir etkisi göstermektedir (Selinus vd. 2005).

İnsanlar da metallerden kaynaklanan rahatsızlar ilk önce meslek hastalığı olarak görülmüştür. Bu metaller insan bünyesine soluduğumuz havayla ve teması sonucu deri yoluyla etki etmektedir. Solunum yoluyla alınan birçok metal akciğerlere etki ederek solunum yolu bozukluklarına, temas sonucu vücuda giren metaller zehirlenmelere, tahrişlere ve uzun vadede alınımının devam etmesi sonucu kansere kadar birçok hastalığa neden olmaktadır. Madencilik sektöründe ve kimya sanayinde çalışan bireyler çeşitli metallerin değişen miktarlarına daha fazla maruz kaldığından kansere yakalanma riskleri daha yüksektir. Ayrıca ağır metale maruz kalmış sucul canlılar, meyve sebzeler beslenme yoluyla vücuda girip tehlike oluşturmaktadır.

2.5 Su Ekosistemleri ve Su Ekosistemlerindeki Bozulmalar

Yeryüzü kara, deniz ve tatlı su ekosistemlerinden oluşan üç büyük ekosisteme sahiptir. Her grup birbiriyle etkileşim halindedir. Denizlerin (tuzlu su) ve tatlı suların oluşturduğu grup su ekosistemi olarak adlandırılır. Tatlı su ekosistemleri, göller, bataklıklar, yeraltı sularından oluşurken tuzlu su ekosistemleri de denizlerden oluşmaktadır. Hidrosferin ~%98'ini oluşturan okyanuslar ve denizler yer yüzeyinin

~%71'ini kapsamaktadır. Canlıların hayatını devam ettirmesi için son derece önemli olan göller ise yeryüzünün %1'lik kısmını oluşturur (Çolak 2015).

Su içeriğinin bozulması içerisinde yaşayan canlıların beslenme zincirini bozarak onların yaşamını tehlikeye atmaktadır. Çünkü sudaki canlılar birbiri üzerinden beslenen bir döngü oluştururlar ve bir grupta meydana gelen bozulma diğerlerini de etkilemektedir. Göl ekosisteminde temel seviyede zooplankton denilen hayvansal kaynaklı ve fitoplankton denilen bitkisel kaynaklı iki organizma mevcuttur. Bitkisel kaynaklı organizmalar güneşten gelen enerjiyle birlikte organik madde oluşturduğundan dolayı döngünün birinci sırasındadırlar. Hayvansal kaynaklı organizmalar (zooplankton) ise daha sonra yer alır. Zooplanktonlar sucul omurgasızların ve balıkların beslenmesi için gerekli olan organizmalardır (Özhan 2007).

Türkiye'de son yıllarda artan nüfus ve sanayileşme ile kirlilik oranları artmıştır. Meydana gelen kirlilik su ekosistemini de kirleterek yaşama alanı su olan canlı gruplarının ya yaşadığı alanı terketmesine ya da neslinin tükenmesine sebep olmaktadır. Bu yüzden biyolojik türlerin belirlenmesi çalışmalarının artması ve buna bağlı olarak da türlerin devamı için gerekli gereken tedbirlerin alınması gerekir (Taylan ve Özkoç 2007).

Sulardaki doğal denge bozulduğunda, ekosistemin dengesi bozulur ve ekolojik sorunlar ortaya çıkar. Ortaya çıkan sorunları altı başlık altında toplarsak ;

1. Dünya coğrafyasındaki değişiklikler
2. İklim değişiklikleri
3. Erozyonların meydana gelmesi
4. Su kaynaklarının tükenmesi
5. Canlı türlerinin azalması
6. Enerji sorununun ortaya çıkması olarak belirlenir.

2.6 Su Keneleri Hakkında Genel Bilgi

Su keneleri; *Hydracarina*, *Hydrachnidia* veya *Hydrachnellae* olarak da bilinmektedir. Arthropoda şubesi Arachnida sınıfı Acari alt sınıfına ait canlı türleridir (Smith and Cook 1991).

Su ekosisteminin önemli temsilcilerinden olan su kenelerinin dünya üzerinde 8 üst familyası, 57 familyası, 81 alt familyası, 400'den fazla cinsi ve 6000'den fazla türü tanımlanmıştır. Bu sayılar su kenelerinin çeşitliliği yanında oldukça azdır çünkü tamamlanan çalışmaların yanında bazı bölgelerde çalışmalar tamamlanmamış ve yeteri kadar çalışılmadığı tespit edilmiştir. Tüm bu incelemeler bittiğinde dünyada 10 000 üzeri bir sayıda su kenesi türünün olabileceği düşünülmektedir (Sabatino *et al.* 2008).

Su keneleri için Türkiye'de yapılan ilk incelemeler Erciyes Dağının bulunduğu bölgede yapılmış ve o zaman için 2 farklı çeşit belirlenmiştir (Thor 1905).

Su kenelerinin ülkemizdeki dağılışı; Avrupa limnofaunasına ilişkin bazı yeni değerlendirmelerin yapılması gerektiğini ortaya koymakta ve birçok türün kıta endemiği olmadığını kanıtlamaktadır (Viets 1978).

Tatlı su araknidlerinden olan keneler dikkat çekici renkleri, 0,2-10 mm arasında büyüklüğe sahip olan farklılaşabilen vücut yapısı ile su canlılar arasında önemli bir yere sahiptir (Sabatino *et al.* 2008).

Acari sınıfı içindeki su keneleri, sucul omurgasızlardandır. Serbest yaşam süren türleri bataklık, göl ve denizlerde yaşarken, parazit olanlar yumuşakçalar ve süngerler üzerinde yaşamını sürdürmektedir. Larvaları ise dış parazit olarak yaşamaktadır. Su kenelerinden, su kaynaklarının analizi sırasında ve çevre kirliliğinde indikatör olarak yararlanılabileceği tespit edilmiştir (Boyacı 1995).

Su kenelerinin bazı çeşitleri biyolojik mücadele için yararlanılan önemli türlerdir (Gerson and Smiley 1990).

Türkiye'de yapılan çalışmalar genellikle Doğu Anadolu bölgesinde ve İç Anadolu bölgesinde yürütülmüştür. Bu yüzden bu bölgelerdeki su kenesi türleri belirlenirken diğer bölgeler için net bilgiler bulunmamaktadır.

Gelişen sanayi ve endüstri kolları beraberinde çevre kirliliğini de oluşturmaktadır. Türleri tespit etme çalışmaları onların korunması ve yok olmaması için önlemlerin alınması için son derece önemlidir (Esen 2011).

2.6.1 Su Kenelerinin Morfolojisi

2.6.1.1 Kütikula: Kütikula içten dışa; endokütikula, ekzokütikula ve epikutikula olmak üzere üç bölümden meydana gelmektedir. Kütikulanın dış tabakası çok sayıda gözenek bulundurmaktadır. Bu gözenekler epidermal hücreden salgılanan salgıların kütikulin tabakasına ulaşmasında görev almaktadır. Su kenelerinin vücudunun üst kısmı tüm Arthropodlarda olduğu gibi epidermisten meydana getirilen ekzoiskeletten oluşmaktadır. Ekzoiskelette, epidermis ve schmidt tabakası olmak üzere iki bölümden oluşmaktadır (Ecevit 1981).

2.6.1.2 Gnathosoma: Kapitulum olarak da bilinmektedir. Gnathosoma, idiosomayla bağlantılı ve hareket eden bir yapıya sahiptir. Prekeliseral, keliseral, pedipalpal kısımlarını da kapsar. Gnathosoma yeni türlerin keşfedilmesinde önemli bir yapıdır (Ecevit 1981)

2.6.1.3 İdiosoma: Bu kısım parazit yaşayanlarda ve serbest yaşam sürenlerde farklı şekillerde görülmektedir. Serbest yaşayan türlerde oval şekilde iken parazit yaşayan türde uzunlamasına bir şekil almaktadır. Bu canlılar çeşitli durumlarda farklı formlara geçiş yapabilmektedir. Böylelikle yaşadığı ortama daha kolay uyum sağlamaktadır.

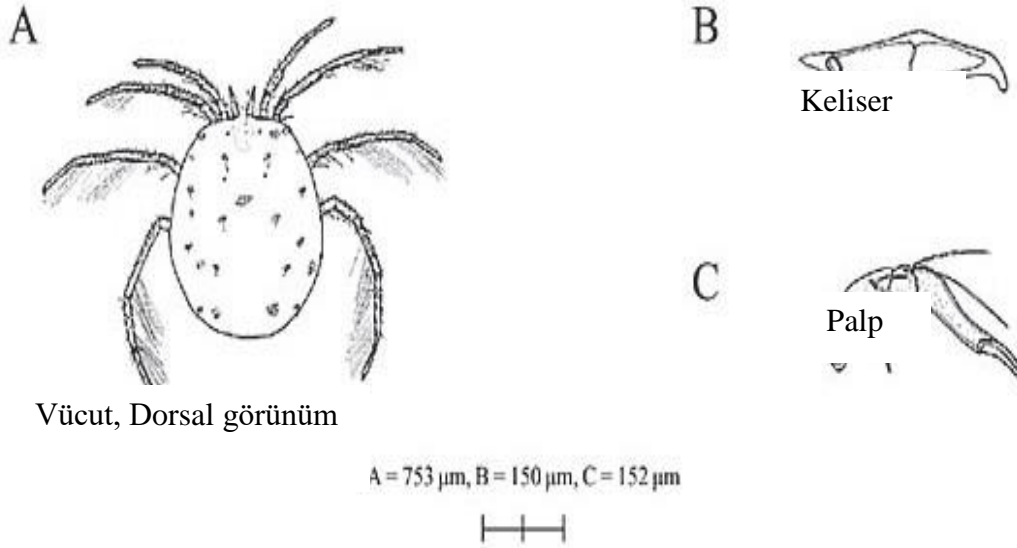
İdiosomanın dorsal kısımda dorsal plak ve setalar yer almaktadır. Yer alan bu yapılar büyüklüğe ve yapıya göre farklı düzenlerde sıralanmaktadır.

İdisomanın ventral kısmını önemli yapan özellikleri ise; hareket organlarının bağlandığı yer olması, anüs ve olgun bireylerde genital açıklığın bulunması olarak gösterilebilir (Ecevit 1981).

2.6.1.4 Bacaklar: Larva aşamasında 3 çift olan bacakların sayısı olgunlaşma aşamasında ise 4 çifttir. Hareket etmeyi sağlayan bacaklar 7 segmentten oluşmaktadır.

2.6.1.5 Duyu Organları: Akarlar yaşadığı çevreye göre değişen, çok küçük çeşitli duyuları alabilen farklı duyu organlarına sahiptir. Akarlar bacaklarda bulunan iki tip

seta dokunma fonksiyonlarına sahiptir. Isıyı, hava koşullarını , koku ve kimyasalları saptayan sırt bölgesinde bulunan Haller's organına sahiptir. Prostigmata'da görülen iki çift göze sahiptir. Beslemeye yardımcı olan kıskaç şeklinde keliserler bulunmaktadır (Ecevit 1981).



Şekil 2.3 *Hydrodroma despiciens*.

2.7 Numunelerin Toplandığı Karamık Gölünün Tanıtımı

Karamık Gölü, Çay ilçesi sınırları içinde, Dinar - Çay karayoluna yakın bir yerde bulunur. Yüzölçümü 40 km², derinliği 3 metre ve denizden yüksekliği de 100 metre civarındadır. Suları güneyinde bulunan Düden aracılığıyla Eğirdir Gölü'nü besler. Mevsimlerin değişimine göre su miktarı da değişiklik gösterir. Gölün kapladığı alan da buna bağlı olarak artmakta veya azalmaktadır.

Karamık Gölü önceki zamanlarda Seka Afyon Kağıt Fabrikasından gelen kimyevi atıklarla kirlenmiş hatta bağlantılı bulunduğu Eğirdir Gölünün de dolaylı olarak kirlenmesine neden olmuştur. Göl sularının kirlenmesiyle yaşam süren kerevitlerin (*Astacus leptodactylus*) nesli tükenmiştir. Seka kağıt fabrikasının kapanması ile birlikte belli zaman içinde kirlilikten arınan göl önceki dönemlerine yeniden kavuşmuştur. Gölde aynı zamanda balıkçılıkta yapılmaktadır. Karamık Gölü, Konya Kültür ve Tabiat

Varlıklarını Koruma Kurulu'nun 17.6.1993 gün ve 1669 sayılı kararınca "1.Derece Tabiat Sit Alanı" olarak ilan edilmiştir.



Şekil 2.4 Karamık Gölü.



Şekil 2.5 Karamık Gölü Çalışma Alanı.

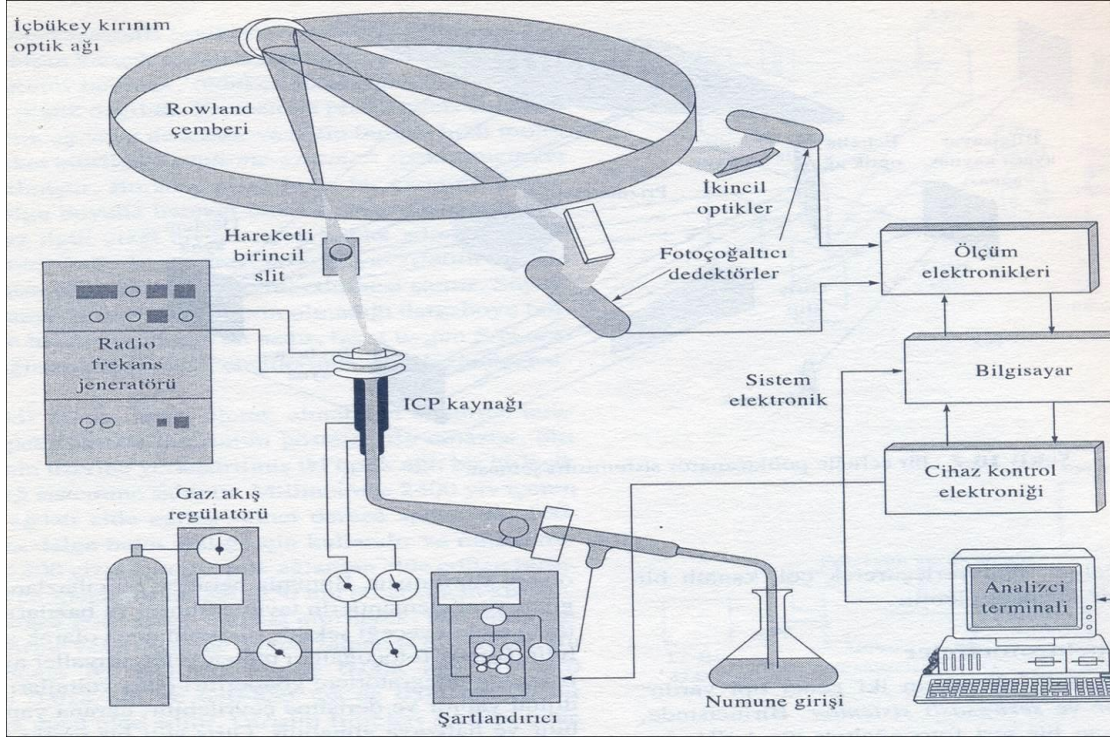
2.8 İndüktif Eşleşmiş Plazma - Optik Emisyon Spektroskopisi (ICP-OES)

ICP-OES; birden fazla elementin aynı anda nicel tayininde ve düşük konsantrasyon seviyelerinin tayininde kullanılan güçlü bir analitik metottur. ICP kaynağı, argon gibi inert gazlardan yüksek enerjili ve yüksek frekanslı iyonlaşmış bir plazmayı üretir. Numune plazmanın merkezine enjekte edilir ve 10 000 K sıcaklıktaki plazma sayesinde numunedeki elementler de ayrışma, atomlaşma ve uyarılma işlemleri gerçekleşmektedir. Bu olaylar sonucunda çalışılan elementler kendilerine özgü frekansta ışık yayarlar. Bu ışık şiddeti, numune içerisindeki elementlerin konsantrasyonları ile doğru orantılıdır ve bir emisyon spektrometresi ile ölçülür. Spektrometre özgün frekansları farklı dalga boylarına ayırarak nicel sonuçlar alabilmeyi sağlar.

Cihazın çalışma prensibi çözelti durumunda bulunan numunenin yüksek sıcaklıktaki plazmaya ulaştırılması ardından gaz haline geçen ve atomlaşan elementlerin plazmada uyarılmış duruma geçmesi ve son olarak yayılan ışığın dedektörle ölçülüp elementlerin miktarının belirlenmesine dayanmaktadır (Kaçar ve İnal 2008).

ICP-OES cihazının çeşitli avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Cihazın düşük konsantrasyonlarda bile çalışma imkanı sağlaması, girişimlerinin az olması ve analiz sonuçlarının doğruluğunun duyarlılığının yüksek olması gibi avantajları vardır. ICP-OES cihazlarında; numune çözeltisinin ve gazın plazmaya akışındaki düzensizlikler, optik aksamda kaymalar ve elektronik aksamlardaki düzensizlikler veya sistemin kilitlemesi gibi problemlerle karşılaşılabilir. Ayrıca kullanılan argon gazının düşük kalitede olması plazma oluşumunu zorlaştırır veya plazma hiç oluşmaz (Kaçar ve İnal 2008).

ICP-OES cihazında H, He, C, N, O, F, Pu elementleri ile asal gaz (He, Ne, Ar, Xe, Kr ve Rn) elementleri ölçülememektedir. Bunların dışındaki tüm elementlerin derişimleri ultra iz element düzeyinde ölçülebilir. Mevcut koşullarda Teknesyum (Tc) ve Osmiyum (Os) elementleri yarı-niceliksel olarak analiz edilmektedir



Şekil 2.6 ICP-OES cihazı (Zengin 2008).

2.9 LİTERATÜR ÖZETLERİ

Everaarts ve Nieuwenhuize (1995) Kenya'da makroomurgasızlar üzerinde yaptıkları çalışmada laboratuvar ortamında Cu, Cd, Zn ve Pb metallерinin değerlerini analiz etmişler. Sonuç olarak Cu ve Cd metallерinin değerlerinde istatıksel bir artış gözlenmiş.

Rayms-Keller vd. (1998) '*Aedes aegypti*' canlı türünün üzerinde ağır metallерin biyolojik etkilerini belirlemek için bir çalışma yapılmış. Ppm düzeyinde Hg, Cu, Cd metallерine maruz bırakılarak canlıların gelişmeleri takip edilmiş son düzey olarak kullanılan 33 ppm canlı için ölümcül olmuştur.

Kahle ve Zauke (2002) Antartika Denizindeki akar türleri olan *Calanus propinquus*, *Rhincalanus gigas*, *Metridia curticauda* çeşitlerinde Cd, Co, Cu, Ni, Pb, ve Zn konsantrasyonlarını atomik absorpsiyon spektrometresi yardımıyla belirlemişlerdir. Sonuçta en yüksek oranın Cd metaline ait olduğu, en düşük değerlerin ise Co metaline ait olduğu belirlenmiştir.

Seniczak ve Stanisław (2002) yaptıkları çalışmada laboratuvar koşullarında bir akar türü olan *Archeogozetes longisetosus* üzerinde kadmiyum etkisini incelemişler. Kontrol grubu ve çalışma grubu olarak gruplar oluşturulmuş. Cd(NO₃)₂ konsantrasyonu arttıkça canlıların gelişme süresi uzamış ve büyümesi azalmıştır. Son olarak miktar 340 µgCd·g⁻¹ ulaştığında canlılar için ölümcül olmuş.

Skubala ve Kafel (2004) oribatid akar toplulukları ve orman ekosistemlerinde ağır metal birikimini incelemişlerdir. Sonuçta Cd ve Cu metallерinin birikimi analiz edilen diğer metallер arasında en yüksek düzeyde olduğu bulunmuştur.

Küçükgülmez (2005) tez çalışmasında Akyatan dalyanından bol miktarda avlanarak yurt dışına ihracatı yapılan mavi yengecin farklı dokularında ağır metal konsantrasyonları ve mineral madde içeriklerini incelemiş. Analizler atomik absorpsiyon spektrofotometresi ile ölçülmüş. Ağır metallер tüm dokularda bulunma miktarına göre sırasıyla; çinko> bakır> demir> kurşun> kadmiyum > civa şeklinde gözlenmiştir.

Zauke ve Schmalenbach (2005) Barents Denizinde ki zooplankton ve kabuklularda Cd, Cu, Pb, ve Zn ağır metallerinin analizi yapılmış. Analiz sonuçlarında Pb metali değerleri analiz limitinin altında çıkmış. Diğer metal değerleri ise mevsimsel değişiklik gösterdiği belirlenmiş. Kış aylarında sonuçlar düşük yaz aylarında ise yüksek olarak çıkmış bu farkın ise beslenme kaynaklı olduğu belirlenmiştir.

Duman'ın tez çalışmasında (2005) Sapanca ve Abant gölleri su, sediment ve bazı sucul makrofitlerde ağır metal akümülyasyonunun mevsimsel değişimini incelemek amaçlanmıştır. Su, sediment ve makrofit örnekleri (*Phragmites australis*, *Schoenoplectus lacustris*, *Potamogeton lucens* ve *Nuphar lutea*) alınmıştır. Analizi yapılacak örnekler uygun analitik tekniklerle çözüldükten sonra, Pb, Cr, Cu, Mn, Ni, Zn ve Cd içerikleri ICP-OES cihazı kullanılarak tespit edilmiştir. *P. australis*'in Pb, Cr, Cu ve Ni, *S. lacustris*'in ise Mn, Zn ve Cd metallerini etkin bir şekilde alıp bünyesinde biriktirdiği saptanmıştır.

Duran vd. (2007) Gökpınar Çayı'nın taban büyük omurgasızlarını tespit etmek ve buna bağlı olarak su kalitesini belirlemek üzere Ekim 2005 - Eylül 2006 tarihleri arasında 5 istasyondan örnekler almış. Bu çalışma sonucunda büyük omurgasızlarından; Platyhelminthes, Annelida, Mollusca, Chelicerata, Crustacea, Insecta şubelerine ait toplam 73 taxa ve bu taksonları oluşturan toplam 10 350 canlı hayvan tespit edilmiştir. Bulunan türler değerlendirildiğinde Gökpınar Çayı'nın bazı istasyonlarda 1. sınıf bazılarında ise 2. sınıf su özelliğine sahip olduğu tespit edilmiş. Buna bağlı olarak su kalitesi incelenmiştir.

Seniczak vd. (2006) yaptıkları bir diğer çalışmada laboratuvar koşullarında oribatid akar türü olan *Archezogetes longisetosus* da uzun dönem Cd etkisini incelemişler. Ağır metali gıda yoluyla yükselen konsantrasyonlarda eklemişler. Sonuç olarak akar türlerinden oluşan gruplar arası üreme parametrelerini karşılaştırılmış.

Tuncay (2007) Kovada Gölünde yaşayan ıstakozlarda bazı ağır metal birikiminin incelenmesi çalışmasını yürütmüşler. Bu çalışmada toplanan ıstakoz dokularında (kas-karaciğer) ağır metal birikiminin araştırılması amaçlanmıştır. Örneklerin ağır metal analizi ICP-OES cihazı ile yapılmış ve Cu, Mn, Ni, Cd , vb ağır metaller tespit edilip incelenmiş.

Taylan ve Özkoç (2007) yaptıkları bir çalışmada potansiyel ağır metal kirliliğinin belirlenmesinde akuatik organizmaların biokullanılabilirliği incelenmiştir. Su ortamındaki besin zinciri de göz önüne alınarak oluşabilecek birikim ve görülebilecek etkileri anlamak açısından akuatik organizmaların biokullanılabilirlik seçenekleri değerlendirilmiştir.

Jemec vd. (2008) bu çalışmada, dört biyolojik protein içeriği, kolinesteraz (Che) ve katalaz (CAT) ve glutation S-transferaz (GST) incelenmiştir. Su pirelerinin (*Daphnia magna*) Cr (VI) ve Cd maruz kaldıktan sonra standardize üreme ve hayatta kalma zamanları kontrol edilmiş, eklenen dozlara göre protein içeriklerinin artış ve azalışı incelenmiş ve bazı durumlarda biyokimyasal belirteçlerin eşit şekilde üreme ve ölüme daha duyarlı olduğunu kanıtlanmıştır.

Jöst ve Zauke (2008) yaptıkları çalışmada Weddel Denizinden topladıkları Antartika deniz örümceklerinde iz metal konsantrasyonlarının analizini yapmışlar. Çalışma sonunda Ni konsantrasyonu son derece yüksek çıkarken Cu değerleri rapor aralığında çıkmış.

Kayhan vd. (2009) yaptıkları çalışmada biyokimyasal, histolojik açık ve kirli alanlarda hem de öldürücü düzeylerde ağır metal kirliliği derecelerini değerlendirmişler. Sudaki organizmaların ağır metallere dolaylı biyokimyasal bozukluklar ve stres sonrasında birincil ve ikincil tepkiler olarak gelen yanıtlar ve fizyolojik etkileri gözlemlenmiş. İkincil tepkiler histolojik, histopatolojik, biyokimyasal ve hematolojik parametrelerde değişiklikler ile değerlendirilmiş. Genel sağlık sorunları, stres ve aynı zamanda sucul organizmaların toksik ağır metal birikimlerinin neden olduğu biyolojik yanıtları irdelenmeye çalışılmıştır.

Özen vd. (2009) çalışmalarında örneklere farklı konsantrasyonlarda ağır metal ve bor bileşikleri verilmiş ve 24, 48 ve 72 saat sonunda örnekler incelenmiştir. Ağır metal deneylerinde ilk 24 saat sonunda sindirim kanalını oluşturan epitel ve salgı hücrelerinde kısmi azalmalar gözlenmiştir. 72. saatten itibaren ileri nekroz görünümüleri tespit edilmiştir.

Atabeyoğlu ve Atamanalp (2010) yaptıkları çalışma da sucul ortamdaki kirlenici türleri, düzeyleri ve bunların sucul canlılarda oluşturduğu etkilerin belirlenmesi akuatik

toksikolojinin çalışma konularını oluşturmakta, bu amaçla yapılan analizler gün geçtikçe çeşit, sayı ve kullanılan canlı türü yönünden gelişme göstermektedir. Bu çalışma da materyalini yumuşakçaların oluşturduğu ağır metal üzerine yapılmış araştırmaların bir araya getirilmesi amaçlamışlar.

Kır ve Tumantozlu (2010) bu çalışmada; Karacaören II Baraj Gölü'ndeki kirliliği belirlemek için su, sediment ve gölde yaşayan sazanın bazı dokularında Fe, Cu, Zn, Mn, Al, Sr, Cr, Pb, Cd ve Hg seviyelerini tespit etmiş. Çalışma süresince; 24 adet sazın mevsimlik periyotlarla yakalanarak incelenmiş ve örneklerin ağır metal analizi ICP-OES cihazı ile yapılmış. Suda yapılan ağır metal analizlerine göre Cr, Cd ve Hg bütün mevsimlerde tayin sınırının altında çıkarken. Fe, Zn, Al ve Sr her mevsimde belirlenirilmiş, Suda en fazla biriken metalin Sr en fazla biriken metalin Fe olduğu tespit edilmiş.

El-Sharabasy ve İbrahim (2010) yapılan bu çalışmada oribatid akarlar ve Mısır'daki tarım topraklarında ki akar türlerinde ağır metal birikimi incelenmiş. Tarımsal topraklarda metallerin limit değerinin altında ancak sulama yapılan suda ağır metal düzeylerinin yüksek olduğu tespit edilmiş. Cd, Pb, Cu, Zn metallerinin analizleri yapılmış ve sonuç $Zn > Pb > Cu > Cd$ bu şekilde belirlenmiştir.

Skubala ve Zaleski (2012) yaptıkları çalışmada akarlarda ki ağır metal hassasiyeti ve analiz değerlendirilmesi yapılmış. Artan ağır metal konsantrasyonlarına karşı canlı türlerinin verdiği farklı tepkiler belirlenmeye çalışılmış. Cd, Zn ve Cu metallerinin analizi Atomik Absorbsiyon Spektrometresi ile yapılmış.

3. MATERYAL ve METOT

3.1 Su kenesi örneklerinin toplanması

Örnekler, 2013-2014 yılında yaz mevsimin de Karamık Gölü'nden (Afyon, Türkiye) toplanmıştır. Daha önceden göl haritası üzerinde çalışma istasyonları belirlendi. Bu noktalardan belirli zamanlarda örnek toplaması yapıldı. Bu toplama özellikle vejetasyonun zengin olduğu kıyı bölgelerinden yapıldı (Uysal ve Aşçı 2008). Örnek toplamada özel yapılmış kepçeler kullanıldı. Bir kısım örnekler ise pipetler ve küçük süzgeçlerle toplandı. Ayrıca göl ortamından toplanan ve poşetlere doldurulan su bitkileri laboratuvar ortamında beyaz küvetlere konularak pastör pipetleri yardımıyla ayıklandı. Daha sonra bu örnekler laboratuvar ortamındaki akvaryumlara konuldu. Akvaryumlar tamamen göl suyu ve göl bitkileri ile dolduruldu. Bu şekilde küçük bir göl ekosistemi oluşturuldu. Toplam altı adet akvaryum oluşturuldu ve bunlara 30'ar litre göl suyu ilave edildi. Bunlardan beş tanesi test bir tanesi kontrol grubu için ayrıldı. Her bir akvaryuma eşit sayıda 500 canlı birey konuldu. Akvaryumlar laboratuvarda güneş ışığından gün boyu yararlanabilmesi için cam kenarlarına konuldu. Akvaryum suları yaklaşık olarak 18 °C'da tutularak göl ısı ile uyumu sağlandı (Aşçı vd. 2006-2007).



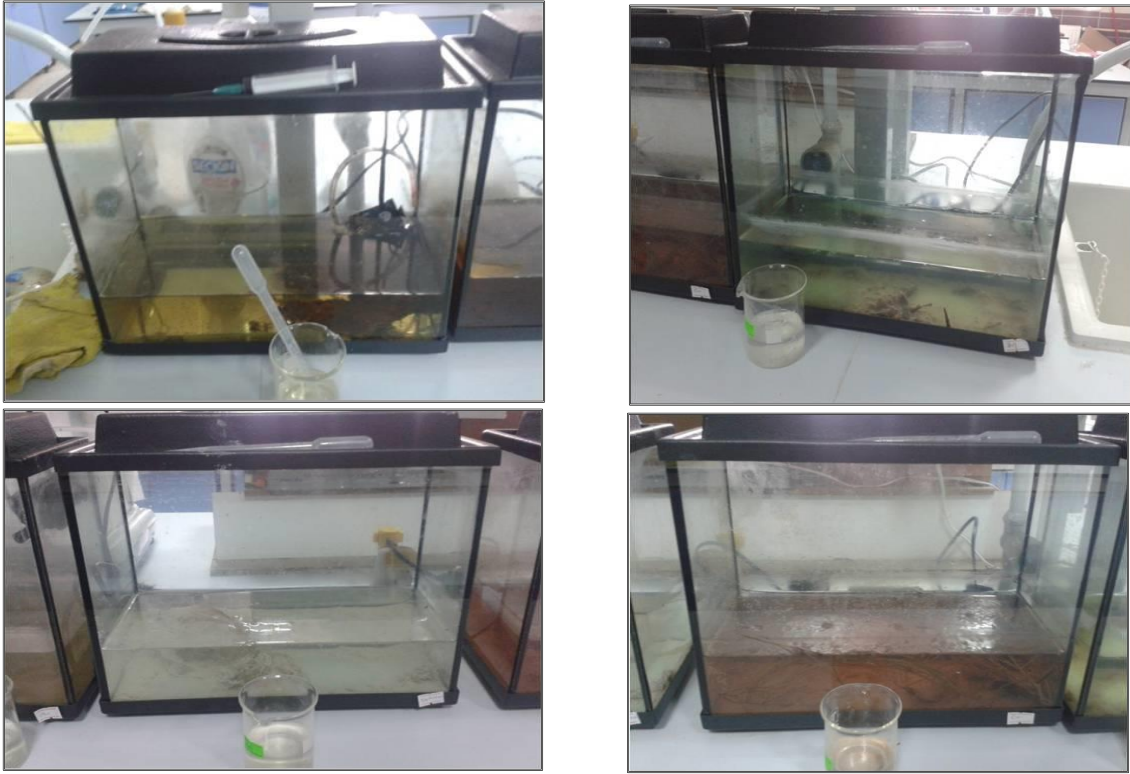
Şekil 3.1 Su kenelerinin Karamık Gölünden toplanması.



Şekil 3.2 Su kenelerinin ayrıştırılması.

3.2 Kimyasal Uygulamalar

Çalışmada uygulanacak kimyasal miktar ve türler belirlendi. Bu çalışmada daha önceki benzer çalışmalar göz önünde bulundurularak toksikoloji çalışmalarında sıklıkla kullanılan ve canlılar üzerinde etkileri çeşitli literatürlerde ön plana çıkan ağır metaller seçilmiştir. Bu ağır metaller Ni, Cu, Cd, Hg ve Pb'un nitrat tuzlarıdır. Bu tuzlar (Merck) her bir akvaryum için eşit miktarlarda hassas terazi (Bel Engineering M214Aİ) ile ölçülerek ilk uygulamada kontrol grubu hariç her bir akvaryuma 1×10^{-5} molar ağır metal nitrat tuzları ilave edildi. Akvaryumlar bir hafta boyunca gözlemlendi. İkinci hafta yüklenen metal tuzu miktarı 1×10^{-4} molar olacak şekilde işlem tekrar edildi. Üçüncü hafta miktar 1×10^{-3} molara çıkarıldı, aynı işlemler tekrar edildi. Dördüncü hafta miktar 1×10^{-2} molara çıkarıldı işlemler yukarıda yazıldığı gibi tekrarlandı. Bu işlemler ayrı ayrı hem su kenesi örnekleri hem de akvaryum suyu için tekrar edildi.



Şekil 3.3 Akvaryumlarda hazırlanan göl ekosistemi.

3.3 Kimyasal Analizler

Analizler üç başlık altında gerçekleştirildi.

a) Su kenesi örneklerinin analizi;

Bu analizde su kenesi örneklerinin absorbladıkları ağır metal tuzları miktarları ölçüldü.

Bu deneyde aşağıdaki yöntem kullanıldı:

Bir haftanın sonunda akvaryumlardan 100'er adet birey rastgele toplanarak saklama şişelerine konuldu. Daha sonra bunlar ultra (Millipore Milli-Q Plus) saf su ile yıkanarak 10'ar mililitrelik deney tüplerine alındı. Her birine 3'er mililitre derişik nitrik asit (HNO_3) ilave edilerek su banyosunda az miktar ısıtılarak örneklerin asit içerisinde tamamen çözünmesi sağlandı. Tüpler içerisinde tamamen çözünen su kenesi örnekleri aynı laboratuvar ortamında bulunan ICP-OES (Inductively coupled plasma-optical emission spectroscopy Spectro Genesis, Germany; İndüktif eşleşmiş plazma-optik emisyon spektrometresi) cihazıyla ppm düzeyinde analiz edildi.

b) Akvaryum su analizleri

Diğer taraftan eş zamanlı olarak akvaryumlardan alınan su numuneleri watman marka mavi bant süzgeç kağıdı ile süzüldü. Her birinden 10'ar mililitrelik deney tüplerine 7'şer mililitre alınarak üzerleri derişik nitrik asit ile 10 mililitreye tamamlandı Daha sonra aynı ICP-OES cihazıyla aynı şekilde analize tabi tutuldu.

c) Kontrol grubu analizleri

Doğal göl ortamından su ve canlı örneklerinin konulduğu akvaryum test grubu olarak her hafta hem su hem de canlı örnekler analize tabi tutuldu. Analizler aynı şekilde ICP-OES ile yapıldı. Çıkan sonuçlar karşılaştırmalı olarak diğer sonuçlarla tartışıldı (Şekil 4.3, 4.4)

d) Data analizleri

Su kenesi örneklerinin absorbladığı metal miktarları ve akvaryum suları ppm düzeyinde ölçümleri gerçekleştirildi. Çıkan sonuçlar tablo haline getirildi (Çizelge 4.1, 4.2, Şekil 4.5, 4.6). Bu elde edilen veriler interpolasyon yöntemi kullanılarak değerlendirildi. Bu yöntem sonucu R^2 değeri her bir metal için yaklaşık 1,00 olarak hesaplandı.

4. BULGULAR

Su keneleri (Acari, Hydrachnidia) ekolojik çalışmalarda temiz su kaynaklarının belirlenmesinde önemli biyoindikatör organizmalardır. Su kenelerinden *Hydrodroma despiciens* de özellikle göllerde yaygın bulunan bir su kenesi türü olduğundan bu çalışmada tercih edilmiştir. Ağır metaller ise hemen hemen her tür sanayi atıklarında çok bulunmasından dolayı seçilmiştir.

Çalışma dört hafta süresince gerçekleştirildi. Bunun sonucunda canlıda, suda ve kontrol grubunda ağır metal oranları ölçüldü ve tablo haline getirildi.

Çizelge 4.1 *Hydrodroma despiciens* ağır metal absorplama miktarları (mg/L).

Hafta	Hg	Cu	Pb	Cd	Ni
1	0,740	0,225	1,147	0,419	4,021
2	0,754	0,628	2,243	0,734	4,11
3	-	0,729	8,416	1,258	4,24
4	-	-	9,713	-	4,64
Kontrol grubu	<0,041	0,146	1,125	0,029	3,0

Çizelge 4.2 Akvaryum sularında tespit edilen ağır metal miktarları (mg/L).

Hafta	Hg	Cu	Pb	Cd	Ni
1	0,306	0,362	0,293	0,42	0,419
2	0,316	0,691	0,387	0,76	0,465
3	-	0,876	0,432	1,32	0,751
4	-	-	0,734		0,864
Kontrol Grubu	<0,001	<0,002	0,272	<0,002	2,165

Çizelge 4.1’ de görüldüğü gibi 1. Hafta 1×10^{-5} molar konsantrasyonda civa yüklemesi gerçekleştirildi. Örnekler gözlemlendiğinde herhangi bir anormallik tespit edilmedi. Fakat 2. Hafta 1×10^{-4} molar yüklendiğinde örneklerin morfolojik olarak şişerek yaklaşık olarak normal boyutunun iki katına ulaştığı ve bir gün sonra da tümünün öldüğü gözlemlendi. Hg(II)nitrat uygulamasındaki absorplama oranları canlıda sırasıyla; 0,74, 0,75 mg/L’dir. Kontrol grubundaki civa (Hg) değerlerine bakıldığında ne canlıda ne de suda Hg görülmedi (Çizelge 4.1, 4.2, Şekil 4.2).



Şekil 4.1 Kontrol grubu akvaryumundan alınan *Hydrodroma despiciens*.



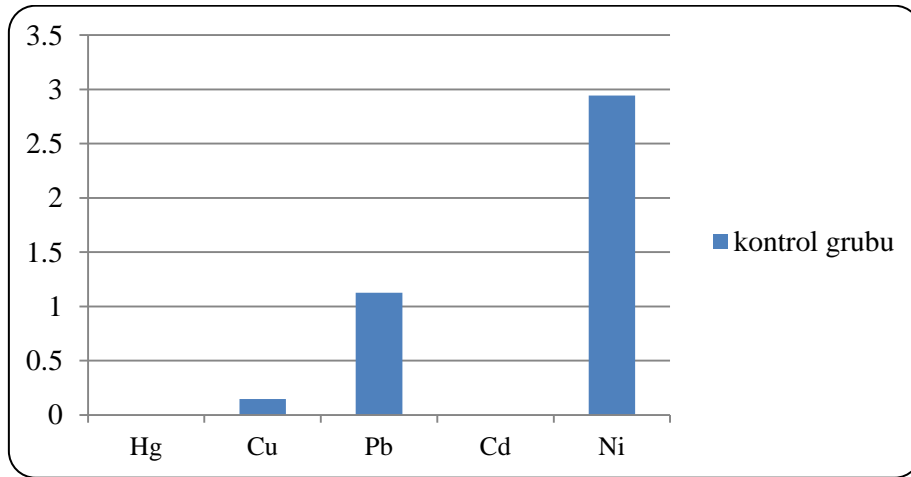
Şekil 4.2 Hg metalinin etki ettiği *Hydrodroma despiciens*.

Bu çalışmada ikinci derecede dikkat çeken metal ise bakırdır (Cu), ilk yüklemde 1×10^{-5} molar bakır nitrat kullanıldı. Canlılar gözlemlendi ve birinci haftanın sonunda örneklerin morfolojisinde ve hareketlerinde bir farklılık kaydedilmedi. İkinci hafta bakır nitrat tuzu miktarı artırılarak 1×10^{-4} molar ortama verildi. Örnekler gözlemlendiğinde herhangi bir farklılık gözlenmedi. Üçüncü hafta 1×10^{-3} molar bakır tuzu akvaryuma eklendi üçüncü haftanın sonunda tüm canlı örneklerin öldüğü tespit edildi. Bu metalde ise canlının absorplama miktarları sırasıyla şöyledir: 0,225, 0,628 ve 0,729 mg/L'dir. Cu(II)NO_3 uygulamaları sonucu canlı örnekler üçüncü hafta sonunda ölmüşlerdir. Kontrol grubundaki canlı örneklerindeki bakır miktarı ise 0,146 mg/L'dir. Bu değer normal

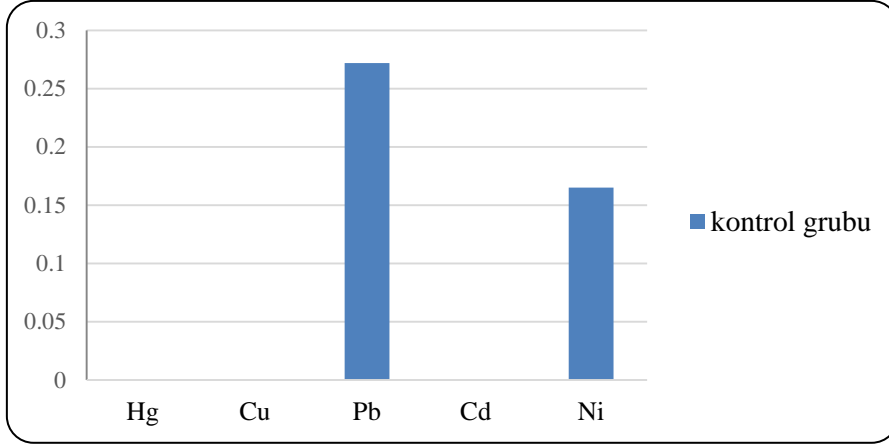
şartlarda örneğimiz üzerinde herhangi bir morfolojik ve anatomik anormalliğe yol açmadığı görüldü. Çalışmada kullanılan diğer bir ağır metal tuzu olan kurşun (Pb) diğer metallerle aynı miktarlarda kullanılmıştır (1×10^{-5} , 1×10^{-4} , 1×10^{-3} ve 1×10^{-2} molar) ve elde edilen analiz sonuçları incelendiğinde kurşun, canlı organizmalar tarafından sırasıyla; 1,147, 2,243, 8,416, ve 9,713 mg/L absorblanmıştır. Dördüncü hafta sonunda canlı örneklerinin tamamen öldüğü görüldü.

Çalışmada kullanılan diğer bir ağır metal tuzu olan kadmiyum (Cd) aynı oranlarda (1×10^{-5} , 1×10^{-4} , 1×10^{-3} molar) kullanılmış Cd sonuçları ise birinci analizde 0,419, ikincide 0,834, üçüncüde 1,258 mg/L absorpladıkları görüldü. Bu değerlere göre kadmiyum (Cd) artırılan konsantrasyonlara uygun olarak aynı oranda vücut tarafından absorblanmıştır. Üçüncü haftanın sonunda ise canlı örneklerinin öldüğü gözlemlendi.

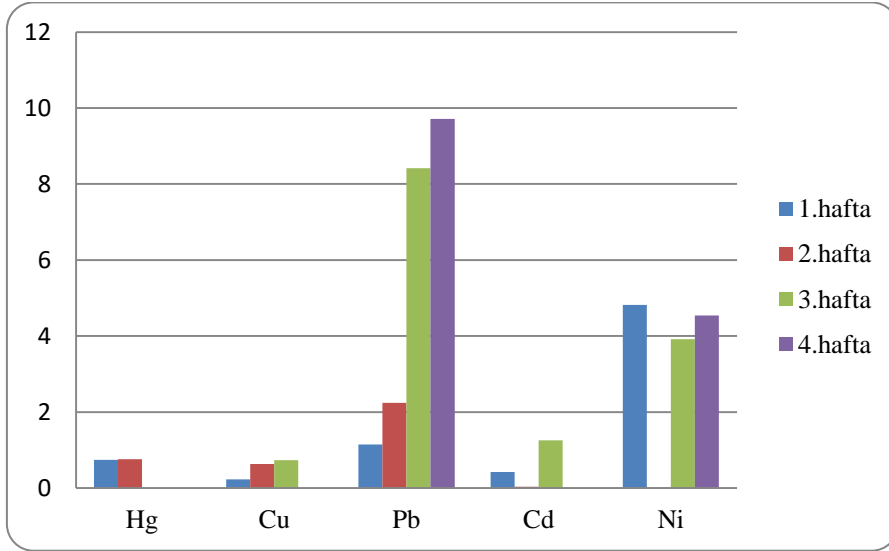
Nikel (Ni) yine aynı konsantrasyonlarda (1×10^{-5} , 1×10^{-4} , 1×10^{-3} ve 1×10^{-2}) kullanıldı. Nikel metalinden elde edilen sonuçlar yine bu türde sırasıyla; 4,021 mg/L, 4,11 mg/L, 4,24 mg/L ve 4,641 mg/L olarak bulunmuştur. Kontrol grubu akvaryum suyundaki ve canlıdaki nikel miktarları sırasıyla 2,165 ve 3,0 mg/L'dir. Bu kontrol grubu analiz sonuçları, bize nikelin doğal göl ortamında diğer metallerle göre oldukça fazla olduğunu göstermektedir.



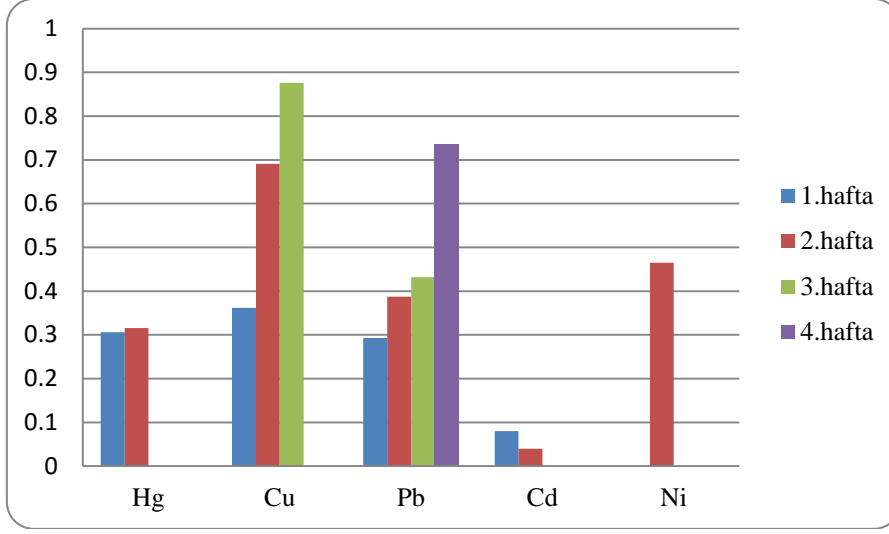
Şekil 4.3 Kontrol grubu akvaryum suyu ağır metal değerleri.



Şekil 4.4 Kontrol grubu *Hydrodroma-despiciens* türü ağır metal oranları.



Şekil 4.5 Akvaryum *Hydrodroma-despiciens* türü ağır metal oranları.



Şekil 4.6 Akvaryum sularında tespit edilen ağır metal miktarları (mg/L).

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

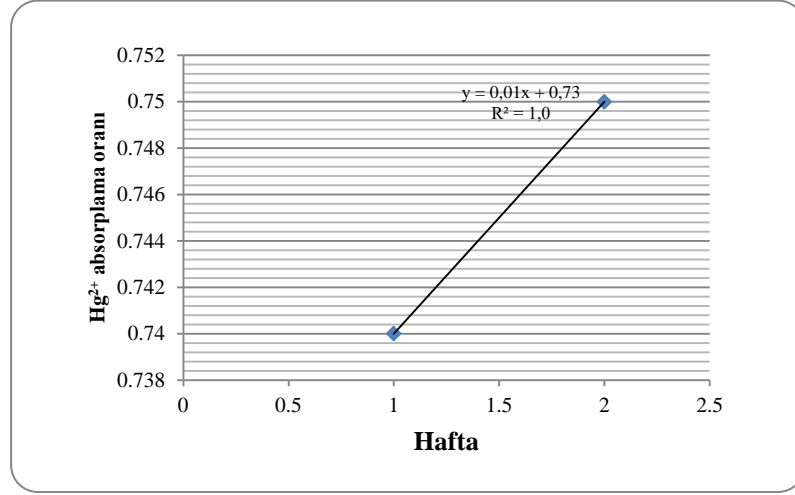
Göllerdeki normal bir ekosistemin en önemli göstergelerinden biri de sağlıklı zooplankton popülasyonlarıdır; bunların dengede olması hayati öneme sahiptir. Çünkü bunlar üzerinden beslenen diğer nektonik organizmaların varlığı bunlara bağlıdır. Bundan dolayı zooplanktonlar üzerine etkili olan kimyasal türlerinin ve bunların etki düzeylerinin belirlenmesi çok önemlidir. Günümüzde iç sular yoğun bir şekilde kimyasallar tarafından kirletilmektedir. Bu kimyasallardan en dikkat çekenleri ise ağır metallerdir. Bu kirlilik boyutlarının göldeki canlıları hangi düzeyde etkilediğinin tespiti çok önemlidir. Çünkü göldeki biyolojik çeşitliliğin devamı bunların bilinmesine bağlıdır. Bu konuda yapılan çok sayıda çalışma mevcuttur, bu çalışmalarda ağır metallerin birçok farklı türdeki etkileri araştırılmıştır. Bu nitelikteki çalışmaların omurgalı hayvan türlerinde daha çok yapıldığı görülmektedir. Bu çalışmalardan bazıları şunlardır; Kayhan vd. (2009) yaptıkları çalışmada, besinler yoluyla düşük miktarda ancak sürekli alınan ağır metallerin insan sağlığını önemli ölçüde tehdit ettiğini vurgulamışlardır. Kalay ve Canlı (2000) zebra balığında (*Tilapia zillii*) karaciğer, beyin, solungaç ve kas dokusunda bakır, çinko, kurşun ve kadmiumun farklı oranlarda biriktiğini gözlemişlerdir. Kirubagaran ve Joy (1992) ağır metallerin etkilerini kedi balığında, (*Clarias batrachus* L.) doku düzeyinde ele almışlardır. De Conto Cinier vd. (1997), Kumar ve Mathur (1996), De Semert ve Blust (2001) ve Olvisk vd. (2001) farklı tarihlerde yaptıkları benzer çalışmalarda, kadmium ve bakırın, sazan (*Cyprinus carpio*), tatlısu çipurası (*Oreochromis niloticus*) ve alabalığın (*Salmo trutta*) karaciğer, böbrek ve kas dokusundaki birikimini incelemişlerdir. Houston ve Keen (1984), Tort ve Torres (1988), çalışmalarında, kanda yüksek oranda kadmium bulunması, Japon balığında (*Carassius auratus*), köpek balığında (*Scyliorhinus canicula*) eritrosit oluşumunu engellediği ve hemoglobin sentezini durdurduğu ve lökosit sayısında azalmaya sebep olduğunu tespit etmişlerdir. Kalay ve Parlak (2004), yaptıkları diğer bir çalışmada ise, Türkiye'nin önemli bir sanayi bölgesi olan Foça ve Aliğa Körfezinde kadmiumun kömürcü kaya balığının (*Gobius niger*) kan hücrelerinde meydana getirdiği değişiklikleri incelemişlerdir. Su kenelerinin dahil olduğu omurgasız türlerindeki ağır metal çalışmalarından dikkat çeken bazıları şunlardır; Geiszinger vd., arseniği, denizel bir poliket olan *Arenicola marina*'ya artan miktarlarda

uyguladıklarında, bu türde orantsız bir arsenik birikimi olduğunu vurgulamışlardır (Geiszinger *et al.* 2002). Arsenikle ilgili diğer bir çalışmada ise Argese vd., Akdeniz midyesinin (*Mytilus galloprovincialis*) hepato pankresında yüksek oranda arseniğe rastlanırken diğer yumuşak vücut dokularında daha az oranda arsenik tespit etmişlerdir (Argese *et al.* 2005). Here, yaptığı bir çalışmada bakır ve çinko gibi metallerin böceklerin proteinlerinin yapısına katıldığını veya hücrede granüller şeklinde depolandığını göstermiştir (Here 1992). Bir insekta türü olan *Aedes aegypti* ile ilgili ağır metal çalışmasını, Rayms-Keller vd. (1998) yapmışlardır. Bu çalışmada *Aedes aegypti* türünde ağır metallerin biyolojik etki düzeyleri belirlenmiştir. Ppm düzeyinde Hg, Cu, Cd metallerine maruz bırakılan *Aedes aegypti*'nin gelişim düzeyleri takip edilmiştir. Sırasıyla Hg, Cu, Cd için 3,1, 16,5 ve 33 ppm konsantrasyonların canlı için ölümcül olduğunu gözlemişlerdir. Bu konuda akarlarla ilgili yapılan çalışmaların ise daha az olduğu görülmektedir; El-Sharabasy ve Ibrahim (2010) yaptıkları çalışmada oribatid akarları ve Mısır'daki tarım topraklarındaki akar türlerinde ağır metal birikimini incelemişlerdir. Tarımsal topraklarda ağır metallerin limit değerinin altında, ancak sulama suyunda düzeylerinin yüksek olduğu tespit edilmiş. Cd, Pb, Cu, Zn metallerinin analizleri yapılmış, metallerin, oribatid akarları tarafından absorplanma miktarları sırasıyla; Zn>Pb>Cu>Cd olarak belirlenmiştir. Diğer bir çalışmada; Skubala ve Zaleski (2012) oribatid akarlardaki ağır metal hassasiyetini belirlemişlerdir. Sonuçta artan ağır metal konsantrasyonlarına karşı canlı türlerinin verdiği farklı tepkiler belirlenmiştir. Diğer bir çalışmada Kahle ve Zauke (2002); Antartika Denizindeki akar türleri olan *Calanus propinquus*, *Rhincalanus gigas*, *Metridia curticauda*'da Cd, Co, Cu, Ni, Pb, ve Zn konsantrasyonlarını atomik absorpsiyon spektrometresi yardımıyla belirlemişlerdir. Sonuçta en yüksek oranın Cd metaline ait olduğu, en düşük değerlerin ise Co metaline ait olduğu belirlenmiştir.

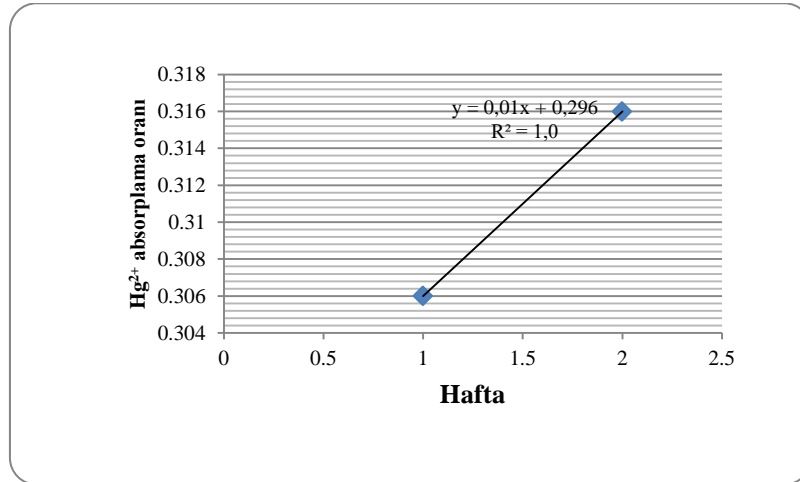
Su keneleri (Acari hydrachnidia)'da ağır metalleri ile ilgili bir literatür bilgisine rastlanmamıştır. Bizim çalışmamızda su kenelerinin en yaygın türü olan *Hydrodroma despiciens* kullanılmıştır. Bu çalışma sonuçlarına göre; civa(Hg) düşük konsantrasyonda bile örneklerde ölümcül etki göstermiştir.

Çizelge 4.1'e bakıldığında elde edilen Hg değerleri göstermektedir ki bu metal açısından çok düşük konsantrasyonların, (1×10^{-4} molar) *Hydrodroma despiciens* üzerine

çok kısa sürede ve şiddetli bir negatif etki yaptığını göstermektedir (Çizelge 4.1, 4.2). Bu metal uygulamasından elde edilen parametreler (Çizelge 4.1) interpolasyon yöntemi ile değerlendirildiğinde her iki grafikte eğimdeki R^2 değerlerinin 1.0 olması sudaki artan orandaki civanın, örnek tarafından da aynı oranda alındığının ve civanın artış miktarının canlı vücudunda da aynı oranda olduğunu göstergesidir.



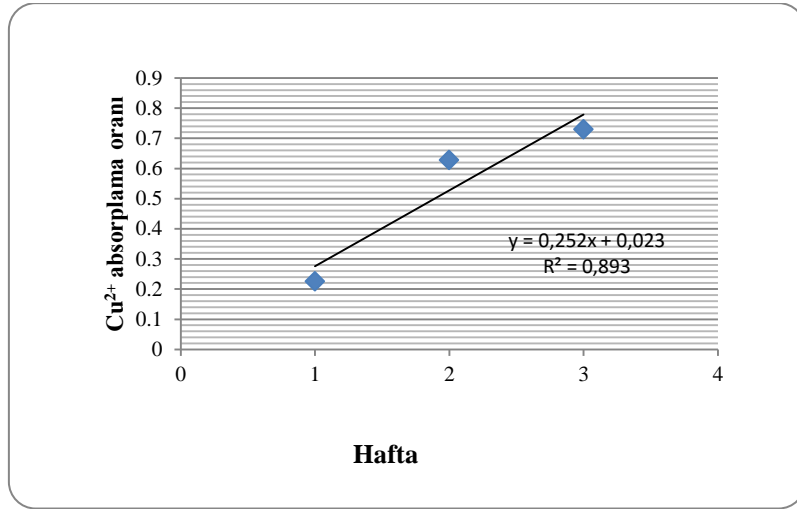
Şekil 5.1 *Hydrodroma despiciens* türü Hg absorplama oranının interpolasyon yöntemi ile belirlenmesi.



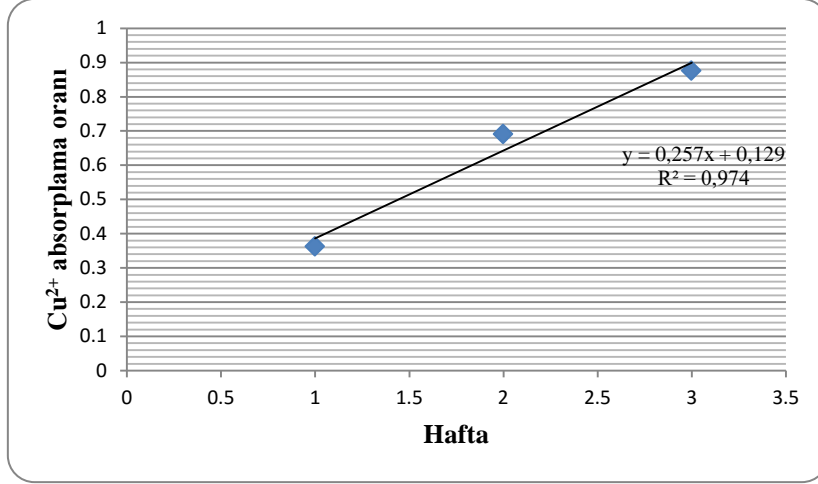
Şekil 5.2 Akvaryum sularında tespit edilen Hg metal miktarlarının interpolasyon yöntemi ile belirlenmesi (mg/L).

Civanın özellikle hücredeki negatif etkisi şu şekilde olmaktadır: Civa enzimlerde bulunan kükürt atomlarına bağlanarak biyokimyasal reaksiyonları ve vücuttaki hücre içi faaliyetleri durdurur. Bunun sonucu hücreler membran görevini yapamaz hale gelir ve hücre ölümü gerçekleşir (Gündüz 1994).

Hydrodroma despiciens türünün bakır (Cu) absorblama değerleri interpolasyon metodu ile hesaplandığında $R^2 = 0,893$ 'dür. Bu değer örneklerin civa absorblama noktasındaki oranın bakır metali için biraz az olmakla birlikte R^2 değeri diğerlerine benzerdir. Yaptığımız çalışmada periyodik olarak yapılan bakır yüklemelerinde örneklerde deney süresi boyunca herhangi bir morfolojik değişim ve günlük periyodik yaşamlarında anormallik gözlenmedi. Fakat üçüncü haftanın sonunda bakırın toksik etkisi tüm örneklerin ölmesine sebep olmuştur.



Şekil 5.3 *Hydrodroma despiciens* türü Cu absorblama oranının interpolasyon yöntemi ile belirlenmesi (mg/L).



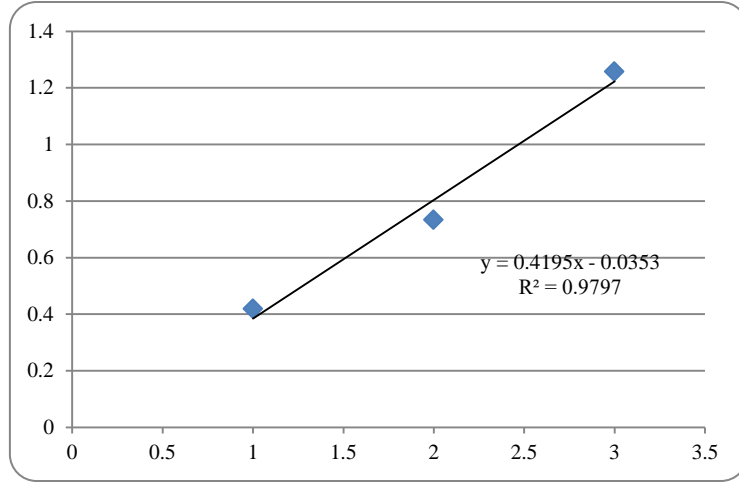
Şekil 5.4 Akvaryum sularında tespit edilen Cu metal miktarlarının interpolasyon yöntemi ile belirlenmesi (mg/L).

Metal tuzlarından kurşun uygulamasında kurşunun artan miktarlarda vücutta oldukça yüksek oranlarda absorblandığı tespit edildi. Fakat buna rağmen yapılan gözlemlerde morfolojik ve yaşamsal hareketlerde anormallikler gözlenmemiştir. Vücutta absorblanan kurşun miktarı 9,713 mg/L olduğunda ölümcül etki, civada ise bu etki 0,754 mg/L’de görülmektedir.

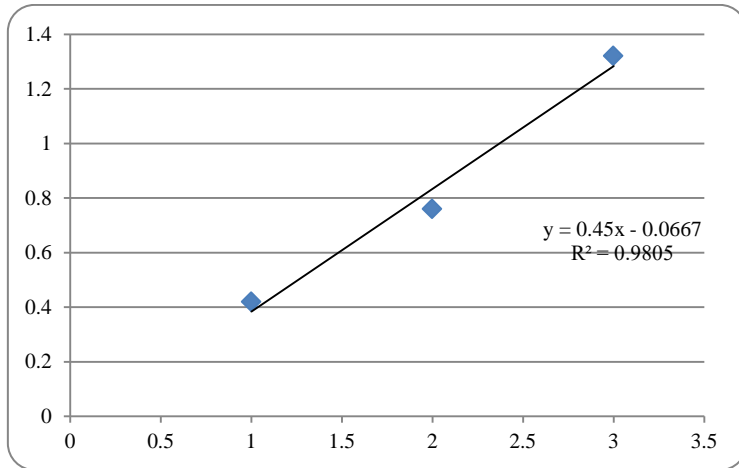
Bu verilere göre, civanın kurşuna nazaran omurgalılarda olduğu gibi omurgasız hayvan türlerinde de aynı negatif etkiyi gösterdiği açıktır. Zauke ve Schmalenbach (2005), Barents Denzinde ki zooplankton ve kabuklular (*Pandalus borealis*) da Cd, Cu, Pb, ve Zn ağır metallerinin analizi yapılmış. Analiz sonuçlarında Pb metali değerlerinin analiz limitinin altında çıktığı gözlenmiştir. Diğer metal değerlerinin ise mevsimsel değişiklik gösterdiği belirlenmiştir.

Kadmiyum tuzu uygulamasında üçüncü haftanın sonunda canlı bünyesinde absorblanan kadmiyum miktarı 1,258 mg/L saptanmıştır. Bu miktarın çalışılan tür örneklerinde ölümcül etki gösterdiği görülmüştür. Kadmiyumun oransal olarak bakıldığında negatif etkisinin Hg’ya yakın olduğu, yani hemen hemen aynı miktarların (Hg ve Cu) canlıda aynı ölümcül etkiyi gösterdikleri çalışmada görülmüştür. Gözlem sonucunda canlı bünyesinde morfolojik olarak herhangi bir değişim kaydedilmedi. Kontrol test gruplarında ise ne canlıda ne de suda bu metal gözlenmemiştir. Bu metalin tehlike

oluşturma düzeyi ancak sanayi atıklarının miktarına bağlı olarak değişecektir. Çünkü bu ağır metal doğal ortamlarda çok düşük miktarlarda bulunmaktadır.



Şekil 5.5 *Hydrodroma despicens* türü Cd absorblama oranının interpolasyon yöntemi ile belirlenmesi.



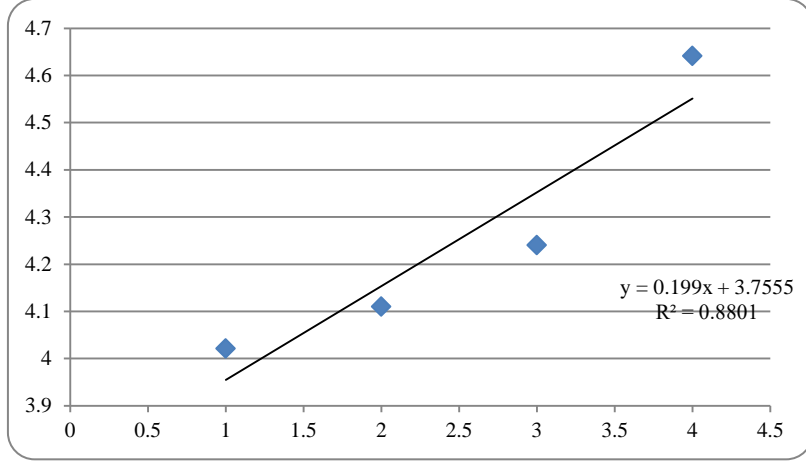
Şekil 5.6 Akvaryum sularında tespit edilen Cd metal miktarlarının interpolasyon yöntemi ile belirlenmesi (mg/L).

Seniczak ve Stanislaw (2002) yaptıkları çalışmada laboratuvar koşullarında bir akar türü olan *Archeogozetes longisetosus* üzerinde kadmiyum etkisini incelemişlerdir. Bu çalışmada keneleri Cd(NO₃)₂ bulaştırılmış yeşil yosun ile beslemişlerdir. Çalışmalarının sonucunda düşük konsantrasyondaki 121 µg Cd g⁻¹ kadmiyumun keneleri etkilemediğini, 247 µg Cd g⁻¹ kadmiyumun zararlı etkilerinin olduğunu 340 µg Cd g⁻¹ ve daha yüksek konsantrasyonların ise ölümcül etki gösterdiğini gözlemişlerdir.

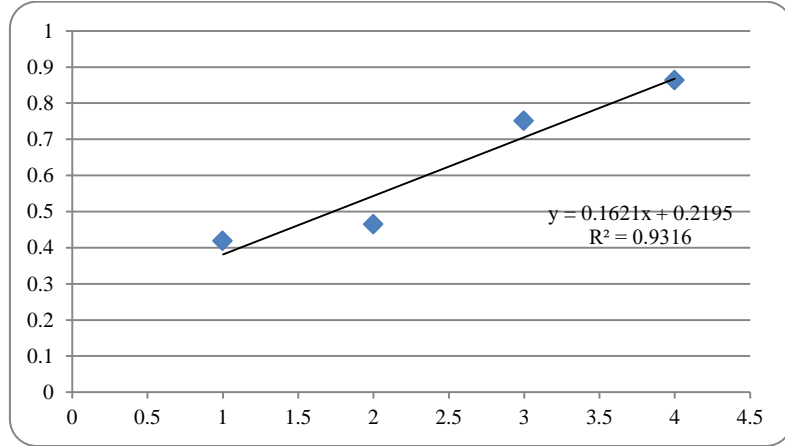
Skubala ve Kafel (2004) oribatid akar toplulukları ve orman ekosistemlerinde ağır metal birikimini incelemişlerdir. Sonuçta Cd ve Cu metallere birikimi analiz edilen diğer metaller arasında en yüksek düzeyde olduğu bulunmuştur.

Seniczak vd. (2006) yaptıkları bir diğer çalışmada laboratuvar koşullarında oribatid akar türü olan *Archeogozetes longisetosus* da uzun dönem Cd etkisini incelemişler. Ağır metali gıda yoluyla yükselen konsantrasyonlarda eklemişler. Sonuç olarak akar türlerinden oluşan gruplar arası üreme parametrelerini karşılaştırmışlardır. Yukarıdaki kadmiyum ile yapılan tüm çalışmalar, bizim çalışmamızla sonuçları açısından uygunluk göstermektedir.

Çalışmamızdaki diğer ağır metal olan, nikel (Ni) açısından canlıda ciddi bir yaşamsal olumsuzluk tespit edilmedi. Nikel uygulamalarında dört hafta boyunca dört kez artan oranlarda yükleme yapıldı (1x10⁵, 1x10⁴, 1x10³, 1x10², 1x10¹). Her hafta sonunda alınan örnekler ICP ile analize tabi tutulduğunda, dört örneklemede de alınan absorblama miktarları sırasıyla; 4,021, 4,11, 4,24, 4,64 mg/L olduğu görülmüştür. Doğal göl ortamında ise bu miktar 3,00 olarak saptanmıştır. Sonuçlar bize doğal göl ortamındaki nikelin diğer ağır metal tuzlarına göre yüksek oranda olduğunu göstermektedir. Nikel, canlı vücudunda artan miktarlarda absorblanmamıştır. Absorblama miktarının tüm yüklemelerde hemen hemen sabit olduğu görülmektedir. Sonuçta bu metalin canlı tarafından artan miktarlarda vücuda alınmadığı ve çok ciddi bir negatif etkisinin olmadığı söylenebilir.



Şekil 5.7 *Hydrodroma despiciens* türü Ni absorblama oranının interpolasyon yöntemi ile belirlenmesi.



Şekil 5.8 Akvaryum sularında tespit edilen Ni metal miktarlarının interpolasyon yöntemi ile belirlenmesi.

Hem yapılan bu çalışma ve diğer araştırmacıların çalışmaları göstermektedir ki; ağır metal tuzları canlı türlerinde çok farklı düzeylerde (hücre, doku, organ, sistem) etki gücüne sahiptir. Bu etki düzeyleri çoğunlukla olumsuzdur. Bu alanda yapılan çalışmaların gelecekte artması, konunun daha iyi anlaşılmasını sağlayacaktır. Bu bilgilerinde, gelecekteki sucul ortamlardaki ekolojik çalışmaların sağlıklı yürütülmesine ve tür çeşitliliğinin korunmasına katkı yapacağı açıktır.

6. KAYNAKLAR

- Argese, E., Bettiol, C., Rigo, C., Bertini, S., Colombari, S. and Ghetti, P.F. (2005). Distribution of arsenic compounds in *Mytilus galloprovincialis* of the Venice Lagoon (Italy). *Science Total Environmental* , **348**: 267-277.
- Aşçı, F. Bursalı, A. ve Özkan, M. (2006-2007). Afyonkarahisar İli Su Kenesi (Acari; Hydrachnidia) Faunası. *Süleyman Demirel Üniversitesi Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, **2-3**: 46-49.
- Atabeyoğlu, K. ve Atamanalp, M. (2010). Yumşakçalarda (molluska) Yapılan Ağır Metal Çalışmaları. *Atatürk Üniversitesi Veteriner Bilimleri Dergisi*, **5(1)** :35-42.
- Bakar, C. ve Baba, A. (2009). Metaller Ve İnsan Sağlığı: Yirminci Yüzyıldan Bugüne Ve Geleceğe Miras Kalan Çevre Sağlığı Sorunu. 1.Tıbbi Jeoloji Çalıştayı, Ürgüp/ Nevşehir 30 Ekim–1 Kasım.
- Bergin, F., Kucuksezgin, F., Uluturhan, E., Barut, I.F., Meriç, E., Avşar, N. and Nazik, A. (2006). The response of benthic foraminifera and ostracoda to heavy metal pollution in Gulf of Izmir (Eastern Aegean Sea). *Estuar Coast Shelf* , **66** : 368-386.
- Bilir, N. ve Yıldız, A.N. (2004). İş Sağlığı ve Güvenliği. Hacettepe Üniversitesi Yayınları, Ankara.
- Boyacı, Y. Ö. (1995). Konya İli ve Çevresi Su Kenelerinin (Hydrachnellae, Acari) Sistematik Yönden İncelenmesi, Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Brayn, G. W. (1971). The Effects of Heavy Metals on Marine and Estuarine.
- Clark, R. B. (1992). Marine Pollution Third edition. Clarendon Press, 64-82 Oxford.
- Çalışkan, E. (2005). Asi Nehri'nde su, sediment ve Karabalık (*Clarias gariepinus* Burchell, 1822)'ta ağır metal birikiminin araştırılması. *Türk Veterinerlik ve Hayvancılık Dergisi*, **24**: 93-96.

- Çicek, A. and Koparal, A.S. (2001). The Levels of Lead, Chromium and Cadmium in the Cyprinus Carpio and Barbus Plebejus, Living in Porsuk Reservoir. *Ekoloji Dergisi*, **10**: (39): 3-6.
- Çolak, Ş. (2015). Süloğlu Barajı Gölü (Edirne) Zooplankton (*Rotifera*, *Cladocera*, *Copepoda*) Faunası. Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Edirne.
- Dalkıran, T. (2012). Akut Civa İntoksikasyonunda Kandaki Oksidatif Stres Biyomarkırlarının Değerlendirilmesi. Tıpta Uzmanlık Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş.
- De Conto Cinier, C., Ramel, M.P., Faure, R. and Garin, D. (1997). Cadmium bioaccumulation in carp (*Cyprinus carpio*) tissues during long-term high exposure: Analysis by inductively coupled plasma-mass spectrometry. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, **38** : 137-143.
- De Conto Cinier, C., Ramel, M.P., Faure, R., Garin, D. and Bouvet, Y. (1999). Kinetics of Cd accumulation and elimination in carp (*Cyprinus carpio*) Tissues. *Comparative Biochemistry Physiology A*, **122** : 345-352.
- De Semert, H. and Blust, R. (2001). Stress responses and changes in protein metabolism in carp *Cyprinus carpio* during cadmium exposure. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, **48** : 255-262.
- Deveci, T. (2012). Gaziantep'te atık sulardan etkilenen toprak ve bitkilerde eser element Cu, Co, Mn ve Zn ve Fe Konsantrasyonlarının ICP-MS ile Tayini. Yüksek Lisans Tezi, Kilis 7 Aralık Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gaziantep.
- Di Sabatino, A., Smit, H., Gerecke, R., Goldschmit, T., Matsumoto, N. and Cicolani, B. (2008). Global diversity of watermites (Acari, Hydrachnidia; Arachnida) in freshwater. *Hydrobiologia*, **595** : 303-315.
- Duman, F. (2005). Sapanca ve Abant Gölü Su, Sediment ve Sucul Bitki Örneklerinde Ağır Metal Konsantrasyonlarının Karşılaştırmalı Olarak İncelenmesi. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

- Duran, M. Akyıldız, G. K. ve Özdemir, A. (2007). Gökpınar Çayı'nın Büyük Omurgasız Faunası ve Su Kalitesinin Değerlendirilmesi. *Türk Sucul Yaşam Dergisi*, **5-8**: 577- 583.
- Ecevit, O. (1981). Akarolojiye Giriş. Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları, Samsun.
- El-sharabasy, H.M. and Ahmed Ibrahim, (2010) . Communities of Oribatid Mites and Heavy Metal Accumulation in Oribatid Species in Agricultural Soils in Egypt. *Impacted by Wastewater*, **46** : 159–170.
- Erçal, E. (2007). Kuzey Kıbrıs Güzelyurt, Girne ve Mağusa Körfezlerinde Ağır Metal Kirliliğinin İzlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Esen, Y. (2011). Bingöl İli Su Kenelerinin (*Acari, Hydrachnidia*) Sistemik Yönden İncelenmesi. Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- Everaarts, J.M. and Nieuwenhuize, J. (1995). Heavy metals in surface sediment and epibenthic macro invertebrates from the coastal zone and continental slope of Kenya. *Marine Pollution Bulletin*, **31** : 281-289.
- Geiszinger, A.E., Goessler, W. and Francesconi, K.A. (2002). The marine polychaete *Arenicola marina*: Its unusual arsenic compound pattern and its uptake of arsenate from seawater. *Marine Environmental Research*, **53** : 37-50.
- Gerhardt, A. (1993). Review of impact of heavy metals on stream invertebrates with special emphasis on acid conditions . *Water Air Soil Pollution*, **66** : 289-314.
- Gerson, U. and Smiley, R.L. (1990). Acarina, Biocontrol Agents, Chapman and Hall.
- Gray, N.F. (1996). Drinking Water Quality: Problems and Solutions, John Wiley & Sons Ltd. Baffins Lane, Chichester., England, 315.
- Gündüz, T. (1994). Çevre sorunları, Bilge Publishing, Turkey , 137.
- Güven, A. Kahvecioğlu, Ö. Kartal, G. ve Timur, S. (2004). Metallerin Çevresel Etkileri-III. *Metaller Dergisi*, **138**: 64-71.

- Here, L. (1992). Aquatic Insects and Trace Metals: Bioavailability, Bioaccumulation, and Toxicity. *Critical Reviews Toxicology*, **22** : 327-369.
- Houston, A.H. and Keen, J.E. (1984). Cadmium inhibition of erythropoiesis in goldfish, *Carassius auratus*. *Canadian Journal Fisheries and Aquatic Sciences*, **41** : 1829-1834.
- Jemec, A., Tisler, T., Drobne, D., Sepcic, K., Jamnik, P. and Ros, M. (2008). Biochemical biomarkers in chronically metal-stressed daphnids. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology*, **147.1** : 61-68.
- Jöst, C. and Zauke, G.-P. (2008). Trace metal concentrations in Antarctic sea spiders (Pycnogonida, Pantopod. *Marine Pollution Bulletin*, **56**: 1396–1399.
- Kaçar, B. ve İnal, A.(2008). Bitki analizleri, Cilt 1., Nobel yayını, 892 s, Ankara.
- Kahle, J. and Zauke, G-P. (2002). Trace metals in Antarctic copepods from the Weddell Sea (Antarctica) 409–417.
- Kahvecioğlu, Ö. Kartal, G. Güven, A. ve Timur, S. (2003). Metallerin çevresel etkileri-I. *Metallurji Dergisi*, **136**: 47-53.
- Kalay, M. ve Canlı, M. (2000). Elimination of essential (Cu, Zn) and non-essential (Cd, Pb) metals from tissues of a freshwater fish *Tilapia zillii*. *Turkish Journal of Zoology*, **24**: 429-436.
- Kalay, S. ve Parlak, H. (2004). The effects of pollution on haematological parameters of black goby (*Gobius niger* L., 1758) in Foça and Aliğa Bays. *Journal of Fisheries & Aquatic Sciences*, **21** : 113-117.
- Kartal, G. Güven, A. Kahvecioğlu, O. ve Timur, S. (2004). Metallerin Çevresel Etkileri-II. *Metallurji Dergisi*, **137**: 46-51.
- Kayhan, F.E. Muşlu, M.N. ve Koç, N.D. (2009). Bazı ağır metallerin sucul organizmalar üzerinde yarattığı stres ve biyolojik yanıtlar. *Journal Fisheries Sciences*, **3** : 153-162.

- Keser, B. (2008). Aydın İlinde Büyük Menderes Nehri İle Sulanan Bölgelerde Yetişen Bazı Sebze ve Meyvelerdeki Ağır Metal Kirliliğinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Adnan Menderes Üniversitesi, Fen bilimleri Enstitüsü, Aydın.
- Kır, İ. ve Tumantozlu, H. (2010). Karacaören-II Baraj Gölü'ndeki Su, Sediment ve Sazan (*Cyprinus carpio*) Örneklerinde Bazı Ağır Metal Birikiminin İncelenmesi. *Ekoloji Dergisi*, **21**: 82, 65-70.
- Kirubagaran, R. and Joy, K.P. (1992). Toxic effects of mercury on testicular activity in the freshwater teleost, *Clarias batrachus* (L.). *Journal of Fish Biology*, **41**: 305-315.
- Köksal, O. (2001). Gıda ve Beslenme. Erciyes Üniversitesi Matbaası, Erciyes Üniversitesi Yayınları No: 130, Kayseri.
- Köleli, N. ve Kantar, Ç. (2005). Fosfat Kayası, Fosforik Asit ve Fosforlu Gübrelerdeki Toksik Ağır Metal (Cd, Pb, Ni, As) Konsantrasyonu. *Ekoloji Dergisi*, **14**:(55).
- Köse, E. (2007). Enne Barajı'nda Yaşayan Balıklarda Ağır Metal Birikiminin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kütahya.
- Kumar, A. and Mathur, R.P. (1996). Bioconcentration kinetics and organ distribution of cadmium in a fresh water teleost *Colisafasciatus*. *Environmental Technolgy*, **17** : 391-398. London.
- Küçükgülmez, A. (2005). Akyatan Lagün'ünden avlanan pastörize edilmiş mavi yengeç (*Callinectes sapidus*, RATHBUN, 1896) etinin ağır metal ve mineral madde içerikleri. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Markert, B. (1993). Plants as biomonitors/indicators for heavy metals in the terrestrial environment. VHC Press, Weinheim.
- McNeely, R. N. Neimanis, V. P. and Dwyer, L. (1979). Water Quality Sourcebook-A guide to water quality parameters: Inland Water Directorate. Water Quality Branch, Ottawa, Canada.

- Meyer, E. (1985). Der Entwick lungs zyklusvon Hydrodromadespiciens (O.F. Müller, 1776) (Acari. Hydrodromidae). *Archiv für Hydrobiologie, Supplement*, **66**: 321-453.
- Müezzinoğlu, A. ve Sengül, F. (1987). İzmir Körfezinde ve Körfeze Dökülen Akarsularda Krom, Kadmiyum ve Civa Kirlenmesi. Dokuz Eylül Üniversitesi Araştırma Raporları, İzmir.
- Nicholas, D. and Thomas, W.D. (1954). Some effects of heavy metals on plants grown in soil culture Part II. The effect of nickel on fertilizer and soil phosphate uptake and Fe and status of tomato. *Plant and Soil*, **5**: 182.
- Olvisk, P.A., Gundersen, P., Andersan, R.A. and Zachariassena, K.A. (2001). Metal accumulation and metallothionein in brown trout, *Salmo trutta*, from two Norwegian rivers differently contaminated with Cd, Cu and Zn. *Comparative Biochemistry and Physiology C*, **128** : 189-201.
- Onrat, S.T. Asci, F. ve Özkan, M. (2006). A cytogenetics study of *Hydrodroma despiciens* (Müller, 1776) (Acari: Hydrachnellae: Hydrodromidae). *Genetics and Molecular Research*, **5** : 342-349.
- Özbek, H. Kaya, Z. Gök, M. ve Kaptan, H. (1995). Toprak Bilimi. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fak. Genel Yayın No: 73 Ders Kitapları Yayın No:16, Adana.
- Özen, A. Canbek, M. Uyanoğlu, M. ve Arslan, N. (2009). İndikatör Bir Canlı Olan *Limnodrilus hoffmeisteri* Üzerinde Ağır Metal ve Bor Bileşiklerinin Toksik Etkilerinin İncelenmesi. IV International Boron Symposium 15-17 / Ekim / October.
- Özhan, D. (2007). Karakaya Baraj Gölü Su Kalitesinin Zooplankton Kompozisyonu ile Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Malatya.
- Rayms-Keller, A. Olson, K.E., McGaw, M., Oray, C. Carlson, J.O. and Beaty, B.J.(1998). Effect of heavy metals on *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) larvae. *Ecotoxicology Environmental Safety*, **39**: 41-47.

- Sabatino, A., Smit, H., Gerecke R., Goldschmidt T., Matsumoto, N. and Cicolani, B. (2008). Global diversity of water mites (Acari, Hydrachnidia; Arachnida) in freshwater. *Hydrobiologia*, **595**: 303-315.
- Sağlam, T.B. Cicik, B. ve Erdem, C.(2003). Effects of different concentrations of copper alone and a copper + cadmium mixture on the accumulation of copper in the gill, liver, kidney and muscle tissues of *Oreochromis niloticus* (L.). *Turkish Journal Veterinary Animal Sciences*, **27**: 813-820.
- Şekeroğlu, A.Z. (2013). Nanoteknolojiden nanogenotoksikolojiye: kobalt-krom nanopartiküllerinin genotoksik etkisi. *Türk Hijyen Deneysel Biyoloji Dergisi*, **70(1)**: 33-42
- Selinus, O., Alloway, B., Centeno, JA., Finkelman, RB., Fuge, R., Lindh, U. and Smedley, P.(Editors), (2005). *Essentials of Medical Geology, Impacts of Natural Environment on Public Health*, Elsevier Academic Pres,
- Seniczak, A. and Stanisław, S. (2002). The effect of cadmium on *Archeogozetes longisetosus* (Acari, Oribatida) in laboratory conditions. *European Journal of Soil Biology*, **38**: 315–317.
- Seniczak, A., Seniczak, S. and Kobierski, M. (2006). Long-term effect of cadmium on the oribatid mite *Archeogozetes longisetosus* Aoki, 1965 in laboratory conditions. *Biological Lett*, **43** : 237-242.
- Skubała, P. and Kafel, A. (2004). Oribatid mite communities and metal bioaccumulation in oribatid species (Acari, Oribatida) along the heavy metal gradient in forest ecosystems. *Environmental Pollution*, **132**: 51-60.
- Skubała, P. and Zaleski, T. (2012). Heavy metal sensitivity and bioconcentration in oribatid mites (Acari, Oribatida) Gradient study in meadow ecosystems. *Science of the Total Environmental* , **414** : 364–372.
- Smith, I.M. and Cook, D.R. (1991). Water mites. J.H. Thorp and A.P. Covich (eds) *Ecology and Classification of North American Freshwater invertebrates*. Academic Press, San Diego.

- Sönmez, Y.A. (2011). Karasu Irmağında Ağır Metal Kirliliğinin Belirlenmesi ve Bulanık Mantıkla Değerlendirilmesi. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Süren, E. (2004). Bazı ağır metallerin ICP-AES ve Elektroanalitik yöntemlerle tayini. Yüksek Lisans Tezi, Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çanakkale.
- Taylan, Z. ve Özkoç, H. (2007). Potansiyel ağır metal kirliliğinin belirlenmesinde akuatik organizmaların biokullanılabilirliği. *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, **9**: 17-33
- Thor, S. (1905). Lebertia-Studien II-V. *Zoologischer Anzeiger*, **29**: 2/3,3,41.
- Tort, L. and Torres, P. (1988). The effects of sublethal concentrations of cadmium on haematological parameters in the dogfish, *Scyliorhinus canicula*. *Journal Fish Biology*, **32** : 277-282.
- Tuncay, Y. (2007). Kovada Gölü'nde Yasayan Istakozlarda (*Astacus leptodactylus* Eschscholtz, 1823) Ağır Metal Birikiminin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Uysal, G. ve Aşçı, F. (2008). Karamık Gölü (Afyonkarahisar) Su Kenesi (Acari: Hydrachnidia) Faunası. *Kafkas Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, **1**: 75-80.
- Viets, K. O. (1978). Hydracarina. In: J. Illies Limnofauna Europaea. Gustav Fischer Verlag Stuttgart.
- Zauke, G-P. and Schmalenbach, I. (2005). Heavy metals in zooplankton and decapod crustaceans from the Barents Sea . *Science Total Environmental*, **359** : 283–294.
- Zengin, O. (2008). Van Gölü ve gölü besleyen kaynaklarda ağır metal kirliliğinin araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : İrem Yaman

Doğum Yeri ve Tarihi : Edirne / 19.11.1990

Yabancı Dili : İngilizce

İletişim (Telefon/e-posta) : 05064794868 – iremymn90@gmail.com

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Buldan Akın Lisesi (2004-2007)

Lisans : Afyon Kocatepe Üniversitesi (2008-2012)

Yüksek Lisans : Afyon Kocatepe Üniversitesi (20013-2016)

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl : Milli Eğitim Bakanlığı (2015- halen) Kimya
Öğretmeni

