

ANKARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KADMİYUM, ARSENİK VE KADMİYUM-ARSENİK KARIŞIMININ *Daphnia magna* (Straus 1820) (Cladocera, Crustacea) ÜZERİNE AKUT TOKSİK ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Şeyda FİKİRDEŞİCİ

BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

ANKARA
2010

Her hakkı saklıdır

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

KADMİYUM ($\text{CdCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$), ARSENİK (As_2O_3) VE KADMİYUM-ARSENİK KARIŞIMININ *Daphnia magna* (Straus 1820) (*Cladocera, Crustacea*) ÜZERİNE AKUT TOKSİK ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Şeyda FİKİRDEŞİCİ

Ankara Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Biyoloji Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Ahmet ALTINDAĞ

Bu çalışmada kadmiyum ($\text{CdCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$), arsenik(As_2O_3) ve karışımlarının *Daphnia magna* (Straus 1820) (*Cladocera, Crustacea*) üzerine etkileri araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar istatistiki olarak Probit analiz (SPSS 17.0) yöntemine göre hesaplanmış ve *D. magna* üzerine; kadmiyumun 24 saatlik LC_{50} değeri 44 $\mu\text{g/L}$, arseniğin LC_{50} değeri 509 $\mu\text{g/L}$ bulunmuştur. Aynı zamanda Behrens-Karber yöntemi ile hesaplanan sonuçların 24 saatlik LC_{50} değerleri sırasıyla 46 $\mu\text{g/L}$ ve 509 $\mu\text{g/L}$ olduğu saptanmıştır. Bu iki yöntemin sonuçları karşılaştırıldığında değerlerin çok benzer olduğu görülmüştür. Elde edilen sonuçlar kadmiyumun arseniğe göre *D. magna* üzerine daha toksik olduğunu göstermiştir. Tek başına ağır metallerin ve ağır metal karışımlarının toksisite sıralaması % 90 Cd + % 10 As > Cd > % 50 Cd + % 50 As > % 10 Cd + % 90 As > As olarak bulunmuştur. Sonuç olarak % 90 Cd + % 10 As karışımının tek başına kadmiyuma göre *D. magna* üzerine daha toksik olduğu bulunmuştur. Karışımdaki bileşenlerin birbirleri üzerine olan etkilerini (sinerjistik-antagonistik) anlamak amacıyla Toksik Birim (TUs) ve Additional Indeks (AI) değerleri kullanılmıştır. Bu çalışma sonucunda tüm karışımdaki bileşenlerin etkileri sinerjistik bulunmuştur.

Şubat 2010, 68 sayfa

Anahtar Kelimeler: Akut toksisite, Toksik Birim, kadmiyum, arsenik, karışım, LC_{50}

ABSTRACT

Master of Thesis

INVESTIGATION OF ACUTE TOXICITY OF CADMIUM, ARSENIC AND CADMIUM-ARSENIC MIXTURES TO *Daphnia magna* (Straus 1820) (Cladocera, Crustacea)

Şeyda FİKİRDEŞİCİ

Ankara University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Biology

Supervisor: Prof. Dr. Ahmet ALTINDAĞ

In this study the acute toxicities of cadmium chloride ($\text{CdCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$), arsenic trioxide (As_2O_3) and their mixtures to *Daphnia magna* were investigated employing the statistic method of aquatic toxicity. The data obtained were statistically evaluated with Probit Analysis method (SPSS 17.0) and the 24h LC_{50} of cadmium and arsenic to *D. magna* were estimated for Cd to be $44\mu\text{g L}^{-1}$, and for As $509\mu\text{g L}^{-1}$, respectively. Also, the 24h LC_{50} of these metals was found to be $46\mu\text{g L}^{-1}$ and $509\mu\text{g L}^{-1}$, respectively with Behrens-Karber method. The two methods were found to be in good agreement. The results suggested that *D. magna* is more sensitive to the 90% Cd + 10% As mixture than cadmium alone. Toxic Units (TUs) and Additional Index (AI) showed that all mixtures were synergistic. The order of toxicity was found as 90% Cd + 10% As > Cd > 50% Cd + 50% As > 10% Cd + 90% As > As. The results showed that *D. magna* is more sensitive to 90% Cd + 10% As mixture than individual cadmium. Toxic Units (TUs) and Additional Index (AI) used to understand the effect of components in the mixture whether synergistic or antagonistic to *D. magna*. In this study, it was found that the combined effects of all mixtures were synergistic.

February 2010, 68 pages

Key Words: Acute toxicity, Toxic Unit, cadmium, arsenic, mixture, LC_{50}

TEŞEKKÜR

Çalışmalarımı yönlendiren, araştırmalarımın her aşamasında mesleki bilgi ve tecrübelerini ve yardımlarını esirgemeyen, çalışmam sırasında her türlü desteği sunan, danışman hocam Sayın Prof. Dr. Ahmet ALTINDAĞ (Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Dekan Yardımcısı)’a; ilgi ve desteklerini hep yanımda hissettiğim değerli hocam Sayın Doç. Dr. Sibel YİĞİT (Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü Öğretim Üyesi)’e; çalışmalarımın her aşamasında yardımını aldığım, bakış açıma yön veren ve emeğini esirgemeyen arkadaşım Arş. Gör. Ebru ÖZDEMİR (Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü)’e; sonuçlarımı değerlendirmede kullandığım analiz programını bana öğreten Sayın Doç. Dr. Safa GÜRCAN (Ankara Üniversitesi Veterinerlik Fakültesi Öğretim Üyesi) ve Dr. Aytaç AKÇAY (Ankara Üniversitesi Veterinerlik Fakültesi Öğretim Üyesi)’a; kimyasal sıkıntımı gideren Sayın Prof. Dr. Mustafa GÜLLÜ (Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Kimya Bölümü Öğretim Üyesi)’ye ve her sıkıntıda danıştığım Kimya Bölümü Organik Laboratuvarı’nda çalışan tüm araştırma görevlileri ve öğrencilerine; deneyimin kurulum sürecinin her aşamasında yanımda olan, her türlü bilgisini benimle paylaşan ve yardımını esirgemeyen arkadaşım Elif SARI’ya; kimyasal hesaplamalarda ve araştırma süresince kimya bilgimin tazelenmesinde desteğini esirgemeyen kardeşim Seçkin FİKİRDEŞİCİ’ye ve araştırmamın her aşamasında yanımda olan benden maddi manevi ilgi ve desteklerini esirgemeyen aileme; bilgisayar konusunda her zaman usanmadan destek olan arkadaşım Mehmet Ali ERKOÇ’a; fotoğraflarımın düzenlenmesinde yardım eden arkadaşlarım Sercan ERDOĞAN, Pınar YILDIZ ve Özge BUYURGAN’a ve laboratuvardaki tüm arkadaşlarıma teşekkürü bir borç bilirim.

Şeyda FİKİRDEŞİCİ

Ankara, Şubat 2010

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
SİMGELER DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
1.GİRİŞ	1
1.1 Kadmiyumla İlgili Genel Bilgiler.....	2
1.2 Arsenikle İlgili Genel Bilgiler.....	4
1.3 Kadmiyum-Asenik Karışımı	5
1.4 Cladocera	6
1.4.1 <i>Daphnia magna</i> (Straus 1820) (Cladocera, Crustacea).....	6
1.4.2 <i>Daphnia magna</i> 'nın sistematigi.....	7
1.4.3 <i>Daphnia magna</i> 'nın yayılış alanları.....	7
1.4.4 <i>Daphnia magna</i> 'nın morfolojisi ve anatomisi.....	8
1.4.5 <i>Daphnia magna</i> 'nın üremesi	10
1.4.6 <i>Daphnia magna</i> 'nın büyüme ve gelişmesi	11
1.4.7 <i>Daphnia magna</i> 'nın beslenmesi.....	11
1.5 Toksisite Testlerinin Sınıflandırılması	12
2. KAYNAK ÖZETLERİ	13
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	16
3.1 Kültür Şartları	16
3.2 Deney Yöntemi	16
3.2.1 Seyreltme suyunun hazırlanması.....	17
3.2.2 Biyodeneyde stok çözeltilerin hazırlanması	17
3.3 Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi.....	18
3.3.1 Ölüm oranı (P).....	18
3.3.2 Behrens Karber metodu	18
3.3.3 Toksik Birim	19
3.3.4 Additional Indeks	19

4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	20
5. SONUÇ.....	33
KAYNAKLAR	34
EKLER.....	47
EK 1 Toksikolojik Genel Tanımlar	48
EK 2 <i>Daphnia magna</i>'nın ağır metal verilmeden önceki hali	51
EK 3 <i>Daphnia magna</i>'nın ağır metal vermeden önceki karapaks yapısı	52
EK 4 Kadmiyumun 0,035mg/L konsantrasyonunda <i>Daphnia magna</i>'nın görünümü	53
EK5 Kadmiyumun 0,10 mg/L konsantrasyonunda <i>Daphnia magna</i>'nın görünümü	54
EK6 Arseniğin 0,35 mg/L konsantrasyonunda <i>Daphnia magna</i>'nın görünümü	55
EK 7 Arseniğin 1 mg/L konsantrasyonunda <i>Daphnia magna</i>'nın görünümü.....	56
EK 8 Kadmiyum+Arsenik (90+10 v/v) 0,05 mg/L konsantrasyonunda <i>Daphnia magna</i>'nın görünümü	57
EK 9 Kadmiyum+Arsenik (50+50 v/v) 0,08 mg/L konsantrasyonunda <i>Daphnia magna</i>'nın görünümü	58
EK 10 Kadmiyum+Arsenik (10+90 v/v) 0,30 mg/L konsantrasyonunda <i>Daphnia magna</i>'nın görünümü	59
ÖZGEÇMİŞ.....	60

SİMGELER DİZİNİ

μ	Mikron
μm	Mikrometre
mg	Miligram
cm	Santimetre
L	Litre
g	Gram
cm^3	Santimetre küp
m	Metre
$^{\circ}\text{C}$	Santigrat derece
%	Yüzde
ppm	Milyonda bir kısım
C	Konsantrasyon (derişim)
EC	Elektriksel iletkenlik
Kg	Kilogram
μg	Mikrogram
mm	Milimetre
LC ₅₀	Ortalama Öldürücü Konsantrasyon
EC ₅₀	Ortalama Etkili Konsantrasyon
LD ₁₀₀	Deney canlısını öldüren doz
LD ₅₀	Canlıların yarısını öldüren doz
As ₂ O ₃	Arsenikoksit
AI	Additional Indeks
CdCl ₂	Kadmiyumklorür
Ca	Kalsiyum
Cd	Kadmiyum
Cr	Krom
Cu	Bakır
Fe	Demir
Mg	Magnezyum
Hg	Civa

Zn	Çinko
CaCO ₃	Kalsiyum karbonat
NaHCO ₃	Sodyum bikarbonat
Ni	Nikel
MgSO ₄ .7H ₂ O	Magnezyum sülfat hepdahidrat
Mg(NO ₃) ₂	Magnezyum nitrat
KCL	Potasyum klorür
HNO ₃	Nitrik asit
CaCl ₂	Kalsiyum klorür
H ₂ O	Su
TU	Toksik Birim

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1 Bir <i>Daphnia</i> (Takım: Cladocera) türünün genel görüntüsü.....	8
Şekil 4.1 <i>Daphnia magna</i> bireylerinde Kadmiyum metali için hesaplanan 24 saatlik probit değerleri ve regresyon grafiği.....	22
Şekil 4.2 <i>Daphnia magna</i> bireylerinde Arsenik metali için hesaplanan 24 saatlik probit değerleri ve regresyon grafiği.....	23
Şekil 4.3 <i>Daphnia magna</i> bireylerinde Kadmiyum+Arsenik (90:10 v/v) metal karışımı için hesaplanan 24 saatlik probit değerleri ve regresyon grafiği.....	24
Şekil 4.4 <i>Daphnia magna</i> bireylerinde Kadmiyum+Arsenik (50:50 v/v) metal karışımı için hesaplanan 24 saatlik probit değerleri ve regresyon grafiği.....	25
Şekil 4.5 <i>Daphnia magna</i> bireylerinde Kadmiyum+Arsenik (10:90 v/v) metal karışımı için hesaplanan 24 saatlik probit değerleri ve regresyon grafiği.....	26

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1 Kadmiyum metali ile ilgili genel bilgi.....	2
Çizelge 1.2 Arsenik metali ile ilgili genel bilgi.....	4
Çizelge 4.1 Kadmiyum klorürün ($\text{CdCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$) farklı konsantrasyonlarında <i>Daphnia magna</i> bireyleri üzerine etkileri ve ölüm oranı (24h).....	21
Çizelge 4.2 Arsenikoksitin (As_2O_3) farklı konsantrasyonlarında <i>Daphnia magna</i> bireyleri üzerine etkileri ve ölüm oranı (24h).....	21
Çizelge 4.3 Kadmiyum+ arseniğin (90:10 v/v) farklı konsantrasyonlarında <i>Daphnia</i> <i>magna</i> bireyleri üzerine etkileri ve ölüm oranı (24h).....	21
Çizelge 4.4 Kadmiyum+ arseniğin (50:50 v/v) farklı konsantrasyonlarında <i>Daphnia</i> <i>magna</i> bireyleri üzerine etkileri ve ölüm oranı (24h).....	22
Çizelge 4.5 Kadmiyum+ arseniğin (10:90 v/v) farklı konsantrasyonlarında <i>Daphnia</i> <i>magna</i> bireyleri üzerine etkileri ve ölüm oranı (24h).....	22
Çizelge 4.6 Kadmiyumun <i>Daphnia magna</i> bireyelerine etkisinin LC değerleri.....	23
Çizelge 4.7 Arseniğin <i>Daphnia magna</i> bireyelerine etkisinin LC değerleri.....	24
Çizelge 4.8 Kadmiyum+Arsenik (90:10 v/v)'in <i>Daphnia magna</i> bireyelerine etkisinin LC değerleri.....	25
Çizelge 4.9 Kadmiyum+Arsenik (50:50 v/v)'in <i>Daphnia magna</i> bireyelerine etkisinin LC değerleri.....	26
Çizelge 4.10 Kadmiyum+Arsenik (10:90 v/v)'in <i>Daphnia magna</i> bireyelerine etkisinin LC değerleri.....	27
Çizelge 4.11 Cd, As tek başına ve karışımlarının 24 saatlik LC_{50} değeri.....	28
Çizelge 4.12 Karışıma metalin tek başına ve birbirleri üzerine olan etkisi.....	31

1. GİRİŞ

Kirleticilerin bir bölümünü oluşturan ağır metaller, metal bileşikleri ve çeşitli mineraller göller, nehirler, körfez ve okyanuslar ile bunların sedimentlerinde geniş yayılım gösterirler. Ağır metaller yoğunluğu sudan 5 kat daha yüksek ($> 4 \text{ g/cm}^3$) olan, vücuda besin, içme suyu ve havayla alınan yer kabuğunun doğal bileşikleridir. Yer kabuğunun doğal bileşeni olarak veya insan faaliyetleri sonucunda ağır metaller, su kaynaklarına taşınmaktadır. Bu taşınma endüstriyel atıklar veya asit yağmurlarının toprağı ve dolayısı ile bileşiminde bulunan ağır metalleri çözmesi ve çözünen ağır metallerin ırmak, göl ve yeraltı sularına ulaşmasıyla gerçekleşmektedir (Veena vd. 1997, Kalay ve Canlı 2000, Kalay vd. 2004, Yazkan vd. 2004, Gillis vd. 2006). Sulara taşınan ağır metaller aşırı derecede seyrelmekte, kısmen karbonat, sülfat, sülfürlü katı bileşikler oluşturarak su tabanına çökmekte ve bu bölgede birikmektedirler. Sediment tabakasının taşıma kapasitesi sınırlı olduğu için suların ağır metal konsantrasyonu sürekli olarak yükselme eğilimi göstermektedir.

Son yıllarda hızla artan nüfus ve hızlı endüstrileşme nedeniyle özellikle sucul ortamda toksik ağır metal konsantrasyonunun giderek arttığı ve bu durumun dünya genelinde büyük bir problem teşkil ettiği görülmektedir. Ağır metaller, çevre şartlarına dayanıklı yapıları, biyolojik sistemi tehdit edici etkileri ve kolayca besin zincirine girip canlı organizmalarda birikme eğilimi göstermeleri nedeniyle diğer kimyasal kirleticiler arasında ayrı bir yere sahiptir (Klassen vd. 1986; MacFarlane ve Burchett 2000; Miller vd. 2002; Censi vd. 2006).

Sudaki ağır metaller canlılar üzerinde, beslenme ve absorpsiyon sonucu birikmektedir. Bu birikim miktarı; canlının yaşına, türüne, yaşadığı yere göre değişkenlik göstermektedir. Gerek doğal gerekse antropojenik faktörlerin etkisi ile sucul ortamda derişimi artan ağır metaller, burada yaşayan organizmalar tarafından alınarak besin zinciri aracılığı ile giderek artan derişimlerde üst trofik düzeylere iletilmektedir.

Letal konsantrasyon (LC_{50}); belli zaman periyodunda kimyasala maruz bırakılan deney canlısının % 50'sini öldüren dozu ifade etmektedir.

Deney canlısının her kilogramı için 50 miligram madde verildiğinden sonraki 24 veya 48 saat içinde bu canlıların en az %50' sinin ölümüne (LC₅₀) sebep oluyorsa maddeye kimyevi olarak zehir etiketi konulur. İnsanlar için bu miktar yaklaşık olarak bir çay kaşığı dolusudur (Say ve Sarıeyyüpoğlu 1991). Bu nedenle düzenli olarak tüketilen içme sularının ve yiyeceklerin içerebileceği maksimum konsantrasyon sınır değerlerinin yasal kuruluşlar tarafından düzenli olarak kontrol edilmesi zorunlu hale getirilerek oranları sınırlandırılmıştır (Kahvecioğlu vd. 2006).

Cd ve As gibi bazı ağır metallerin canlı organizmalardaki metabolik fonksiyonları tam olarak bilinmemektedir. Canlı vücudunda eser miktarda bulunduğu için ultra iz element olarak adlandırılan bu metallerin aşırı miktarlarda alınmasının akut toksisiteye neden olduğu bilinmektedir (Allen 1994).

1.1 Kadmiyum ile İlgili Genel Bilgiler

Çizelge 1.1 Kadmiyum metali ile ilgili genel bilgiler.

Sembol	Cd
Atom Numarası	48
Atom Ağırlığı	112,40 g/mol
Erime Noktası	320 °C
Kaynama Noktası	1040°K (767°C 1413°F)
Proton ve Elektron Sayısı	48
Nötron Sayısı	66
Sınıflandırma	Ağır metal
Yoğunluk	8,6 g/cm ³ /
Renk	Gümüş beyazı

Kadmiyum 1817 yılında keşfedilmiş toksik bir ağır metaldir. Endüstriyel kullanımı 50 yıl öncesine dayanmaktadır. Aşındırıcı olmayan özelliği sebebi ile genellikle kaplama sanayinde kullanılır. Ayrıca nükleer santrallerde nötron absorblayıcı olarak, yine aşındırıcı olmayan özelliği sebebi ile uçak sanayinde, insektisit formülasyonlarında, plastik yapımında stabilizatör olarak, boya yapımında ve nikel-kadmiyum pil sanayinde kullanılmaktadır. Kurşun üretiminde ise yan ürün olarak oluştuğundan çevre kirliliği açısından önemli bir yer oluşturmaktadır (Aberhart vd. 1984, Castaing vd. 1986). Bütün gıdalarda çok az da olsa kadmiyum bulunur. Özellikle mantarlar ve kabuklular

kadmiyumca zengindir. 1817 yılında toksikolojik açıdan problem teşkil edeceği düşünülmeyen bu metal son yıllarda endüstriyel kullanıma paralel olarak, kurşun ve civa gibi ekotoksikolojik olarak daha önemli hale gelmiştir (Şener ve Yıldırım 2000, Conti ve Cecchetti 2003).

Kadmiyum çok düşük dozlarda bile yüksek toksik etki gösteren bir ağır metaldir ve çevre ile organizma sağlığı üzerine akut ve kronik etkileri mevcuttur. Endüstriyel kirlenme sonucu ortaya çıkan ve ortama karışan kadmiyum kanser ve kardiyovasküler hastalıklar gibi toplum sağlığı açısından tehdit içeren ciddi hastalıklara da neden olabilmektedir (Bebianno ve Machado 1997). U.S.EPA'nın ilgilendiği öncelikli metal olan Cd, Avrupa Komisyonu'na göre suçul alanı tehdit eden tehlikeli maddelerin başında gelen bir metaldir (E.C. 2001, Anonymous 2007). Diğer ağır metallere kıyasla suda çözünürlüğü yüksek olan Cd ve Cd bileşiklerinin 1. sınıf kanserojen grubunda olduğu Amerika'nın Uluslararası Kanser Araştırma Ajansı tarafından rapor edilmiştir (IARC of USA 1997). Çözünabilirliklerinin yüksek olması sayesinde birçok organizma yapısına kolayca ulaşabilen, toprak ve suda biriken kadmiyum, önce sudaki mikroorganizmalara, buradan da besinlerle hayvan ve insanlara geçmektedir (Massoud vd. 1981) (NCM Cadmium Review 2003).

Kadmiyum en toksik çevresel kirleticilerden biridir. Kadmiyum, larvaların büyüme ve yaşama oranlarının düşmesine sebep olduğundan suçul organizmalar için oldukça toksiktir. Özellikle çevre kirliliğinin görüldüğü denizlerde su canlısının vücuduna alınarak biriktiği ve değişik seviyelerde zararlı toksik etkiler meydana getirdiği gözlemlenmiştir (Katalay ve Parlak 2004).

Kadmiyum doğada birçok besinde, suda ve havada bulunmaktadır. Tahıllar 10-150 µg/kg, et, balık ve meyveler ise 1-50 µg/kg civarında kadmiyum içerirler. Su ve sedimentte bulunan kadmiyum özellikle, bitkisel makrofitler, plankton, kabuklu ve yumuşakçalarda artış göstermektedir. Yumuşakça ve kabuklular kadmiyumu 300-10.000 kat arttırabilmektedir (Serafim 2002, Clark 2003). Kabuklulardaki kadmiyum birikimi, kadmiyumu bağlayan peptidlerden ve sudaki kadmiyum konsantrasyonundan kaynaklanmaktadır. Verilere göre su ürünleri ile kontaminasyon beslenme tarzı ile

yakından ilgilidir. İçme suyunda çeşitli standartlara göre kabul edilebilir kadmiyum değeri; Dünya Sağlık Örgütü (WHO 1993) ve Avrupa Birliği (<http://www.lenntech.com/who-eu-water-standards.htm>, 2010) verilerine göre; 0,003–0,005 mg/L arasında; Çevre Koruma Ajansı (U.S.EPA) (<http://www.epa.gov/ogwdw/contaminants/basicinformation/cadmium.html>, 2010)’ na göre 0,005 mg/L (5 µg/L veya 5 ppb)’dır.

Günlük tolere edilebilen kadmiyum miktarı Dünya Sağlık Örgütü verilerine göre 60-70 µg’dır. Kirliliğin olmadığı bölgelerde su ortamının kadmiyum düzeyi 0,01-5 µg/L arasında ve genellikle 2 µg/L’nin altındadır. Ancak endüstriyel kirliliğin yoğun olduğu bölgelerde suların kadmiyum düzeyi 1000 µg/L’ye ulaşmaktadır.

1.2 Arsenik ile İlgili Genel Bilgiler

Çizelge 1.2 Arsenik metali ile ilgili genel bilgi

Sembol	As
Atom Numarası	33
Atom Ağırlığı	74,9216 (2) g/mol
Erime Noktası	1090 K (817°C, 1503 F)
Kaynama Noktası	887 K (617 °C, 1137 °F)
Proton ve Elektron Sayısı	33
Nötron Sayısı	42
Sınıflandırma	Ağır metal
Yoğunluk	5.727 g/cm ³
Renk	Metalik gri

Arsenik, simgesi As olan, metalik gri rengine, böcek ve tarım ilaçları, fare zehiri, bazı kanser ilaçları, boya, dişçilikte (As₂O₃), duvar kağıdı, seramik gibi çeşitli ürünlerin imalatında kullanılan toksik bir ağır metaldir.

Ayrıca pestisit, herbisit ve akarisit formülasyonlarında, yağlı boya sanayinde, seramikçilik ve ağaç koruyucusu olarak, sülfirik asit üretiminde ve kanatlı ve domuz yemlerinde katkı maddesi olarak kullanılmaktadır. Tüm bu alanlar arseniğin besinlere

bulaşmasının kaynağını oluşturmaktadır. Arseniğin bir sistemden diğer bir sisteme geçişi genellikle su ile olur. Arsenik embriyolarda kronik etkilere, DNA hasarlarına veya kanserlere sebep olabilir (Dons ve Beck 1993, Berg vd. 1997).

Arsenik, yer kabuğunun doğal oluşumuna katılan elementlerdendir. Bu nedenle tüm canlılarda ve ekosistemlerde iz halinde bulunurlar. Ancak canlılardaki yoğunlukları; endüstriyel etkinliklere, canlının beslenme koşulları ve beslenme şekline göre değişir. Bu doğrultuda insan ve hayvanlara yansıyan arsenik yoğunlukları giderek artmaktadır (Şanlı ve Kaya 1984, Mertz 1986, Klassen vd. 1986).

Arsenik ve bileşikleri doğada sık rastlanan bir metaldir (WHO 2000). Maden, pestisit, kimyasal silahlar, boyalar, evsel atıklar ve tarım gibi insan aktiviteleri sonucu su arsenik ile kontamine olabilmektedir (Welch vd. 2000, Nordstrom 2002, Edvantoro vd., 2003, 2004, Bolan vd. 2006, McLaren vd. 2006). Dünyadaki farklı doğal sularda arsenik oranı 10 ve 10.000 µg/L arasında değişkenlik göstermektedir (Smedley ve Kinniburgh, 2002). Doğal sularda As bazı mikroorganizmalar tarafından çeşitli formlarına dönüştürmekte ve böylece As biyotayı çeşitli şekilde tehdit etmektedir (He vd. 2009).

Deniz ürünlerinde arsenik miktarı tolerans sınırının (2,6 ppm) üstünde olmaktadır. Örneğin yengeçte 4,8 ppm, planktonda 11,2-49,4 ppm arsenik saptanmıştır (Vural 2005). İçme suyunda çeşitli kabul edilebilir arsenik değeri Dünya Sağlık Örgütü (WHO 1993) ve Avrupa Birliği (<http://www.lenntech.com/who-eu-water-standards.htm>, 2010) verilerine göre; 0,01 mg/L; Çevre Koruma Ajansı (<http://www.epa.gov/ogwdw/contaminants/basicinformation/cadmium.html>, 2010) 'na göre 0,005 mg/L (5 µg/L)' dır.

1.3 Kadmiyum-Arsenik Karışımı:

Arsenik ve kadmiyum-arsenik karışımının letal doz değerini belirleme çalışmaları oldukça sınırlıdır. Metal karışım çalışmaları; doğal ortamlarda metaller tek başlarına bulunmadıklarından, metal karışımlarının etkisinde doku ve organlardaki metal birikiminin incelenmesi, ağır metal kirliliğinin çevresel etkileri ile metalin alınımları,

biyotransformasyonu ve kontaminasyonunun değerlendirilmesi bakımından önem taşımaktadır (Wicklund vd. 1988).

1.4 Cladocera

Çoğunlukla mikroskobik olan bu grubun yaklaşık 400 kadar türü bulunmaktadır. Cladocera'ya ait türlerin çoğu tatlısularda yayılış gösterir. Tatlısularda yaşayan türler göllerin limnetik bölgelerinde bulunurlar. Bunun yanında gölcüklerde, küçük su birikintilerinde, akarsuların durgun bölgelerinde, tuzlu ve acı göllerde de yayılış gösteren türleri vardır. Bazı türleri ise makrofit sucul vejetasyon arasında yaşarlar (Goldman ve Horne 1983, Demirsoy 1992, Tanyolaç 2000)

1.4.1 *Daphnia magna* (Straus 1820) (Cladocera, Crustacea)

Tatlı su kabuklusu *Daphnia* sp. suda yaşayan, pire gibi zıplayan bir omurgasızdır ve halk dilinde, organizmaların zıplama hareketinden dolayı, su piresi denilmektedir.

Balık yetiştiricileri tarafından canlı besin kaynağı olarak kullanılmaktadır. Özellikle *Cyprinidae*, *Esoxidae*, *Percidae* familyaları larva dönemini izleyen aktif yavru dönemlerinde canlı yeme gereksinim duymaktadırlar (Cirik ve Gökpınar 1993). Ayrıca akvaryum balıklarının da beslenmesinde kullanılır. Tatlı su balıklarının dışında çeşitli böcekler tarafından da tüketilir. Laboratuvarlarda yapılan deneylerde deney hayvanı olarak kullanılmaktadır.

Yüksek oranda protein ve temel yağ asitleri içeren *Daphnia*'lar bir tatlısu kabuklusudur. Besin değeri türe ve yaşa göre farklılık göstermekle birlikte kuru ağırlığının yaklaşık %50'sini protein oluşturmaktadır. Genç bireylerin içerdiği yağ asidi, ergin bireylerin içerdiği yağ asitleri miktarından daha düşüktür. Ayrıca vitamin A ve B bakımından seçici bir yoğunluğa sahiptirler. Dolayısıyla balıklar için hem kaliteli hem de besleyici bir yem özelliğindedirler (Akyıldız 1992, Cirik ve Gökpınar 1993).

Sucul ekosistemi kirleten sebepleri araştırmayı amaçlayan bilimsel çalışmalarda bitkiler, mikroorganizmalar, balıklar ve omurgasızlar gibi birçok farklı grup test canlısı

kullanılmıştır (Kado vd. 1998). Zooplankton; lentik besin zincirinin merkezinde bulunması ve kimyasallara karşı hassasiyeti sebebiyle ekotoksikolojik testlerde çok daha sık kullanılmaktadır (Hanazato 1998). Sucul ortamın besin zincirinin önemli bir parçası olan su pireleri (*Daphnia* spp.) toksikolojik çalışmalarda sıklıkla kullanılan sucul organizmalardır. Toksikolojik çalışmaların indikatör organizması olan *Daphnia* türlerinin hızlı büyüme oranı, yüksek üreme potansiyeli ve kısa yaşam döngüsüyle toksikoloji literatüründe önemli bir yeri bulunmaktadır (Adema 1978, Harmon vd. 2003, Cooman vd. 2005, Altındağ vd. 2008).

1.4.2 *Daphnia magna*'nın sistematigi, Ustaoglu (2004)

Phylum	: Arthropoda Latreille, 1829
Subphylum	: Crustacea Brunnich, 1772
Classis	: Branchiopoda Latreille, 1817
Subclassis	: Phyllopoda Preuss, 1951
Ordo	: Diplostraca Gerstaecker, 1866
Subordo	: Cladocera Latreille, 1829
Familia	: Daphniidae Sars, 1865
Genus	: <i>Daphnia</i> O.F.Müller, 1785
Species	: <i>Daphnia magna</i> (Straus, 1820)

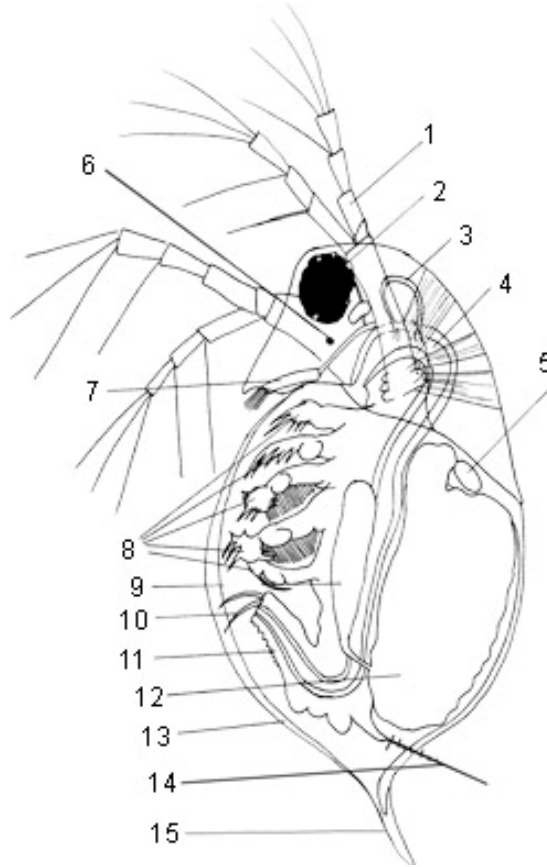
1.4.3 *Daphnia magna*'nın yayılış alanları

Daphniidae familyasına ait olan türler çok geniş bir alana yayılmış olup organik maddelerin dekompozisasyona uğradığı sularda, su birikintilerinde, havuzlarda, göletlerde ve bataklık bölgelerde çok yüksek miktarda bulunabilir. Özellikle belli periyotlarda büyüme koşullarının optimum olduğu durumlarda geçici sularda bol miktarda bulunabilmektedir (Cirik ve Gökpınar 1993).

Sığ, vejetasyonu bol olan göller diğer göllere oranla daha fazla tür içerir. Çoğunlukla littoral kesimde bulunmaktadırlar (Erençin ve Köksal 1981), 22-24°C su sıcaklığında iyi gelişme göstermektedirler (Alpbaz vd. 1989). Fakat kuzey bölgelerin sığ sularında

yaşayan birkaç soğuk su türü de bulunmaktadır. Özellikle ilkbahar aylarının başlangıcında bu türlerin populasyon yoğunluğu oldukça artmaktadır (Wetzel 1975). Genellikle tatlı sularda, az bir kısmı tuzluluğu ‰ 4-20 arasında değişen iç sularda ve deniz kıyılarında bulunurlar.

1.4.4 *Daphnia magna*'nın morfolojisi ve anatomisi



Şekil 1.1 Bir *Daphnia* türünün genel görüntüsü (lateral).

(<http://www.cladocera.de/cladocera/cladocera.html>, 2010)

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

Daphniidae ailesinin türlerinin büyüklüğü 0,2-3 mm arasında değişkenlik göstermektedir. Genel olarak dişiler erkek bireylere oranla daha büyüktür (Demirsoy 2001). Cladocera'larda belirgin bir baş bulunur. Vücut kutikular bir çift karapaks içinde yer alır. İki karapaksın arasında yer alan ve vücut uzantılarını taşıyan kısım, torax (göğüs) ve abdomen (karın) olmak üzere iki bölümden oluşmaktadır. Vücut yanlardan

basıktır. Ventral kısım boyunca dikenler taşır. Cladocera’larda vücudun ventralinde her iki kabuğun uzantısından oluşan tek bir diken bulunur (Edmondson 1959, Erençin ve Köksal 1981).

Baş 5 çift uzantı taşır; birinci çift seksüel dimorfizm gösteren çubuk şeklindeki antennülerdir. Bunlar duyu tüyleri ve koklama duyusu kıllarını taşıyıp bir ya da daha fazla sayıda lateral duyu kılları şeklindedir. İkinci çift esas olarak hareket organeli olan antenlerdir. Kalan üç çift ise besin alma işleminde kullanılır (Cirik ve Gökpinar 1993). Dişilerde birinci çift antenler çok zayıftır. Başın her zaman karın tarafına doğru eğilmiş olan ön kenarı az ya da çok sivridir, buna rostrum denilmektedir (Edmondson 1959, Demirsoy 1998, 2001).

Gözler duyu organlarından en önemli olanıdır ve orta çizgi üzerinde birbirleriyle birleşerek bir tek büyük göz haline gelmişlerdir. Üstü bir deri kıvrımıyla örtülü olan bu tek göz, özel kaslar aracılığıyla devamlı titreme hareketleri yapmaktadır.

Çoğunda beynin ventral tarafında yer alan nauplius gözü körelmiştir (Demirsoy 2001). Oval ya da uzunca bir kese şeklindeki kalp başın hemen gerisinde sırt tarafında yer alır. Kalp kanı bir çift delik (ostia) ile alır ve ön ucu ile vücuda dağıtır. Kan damarları yoktur, ancak yine de belirgin bir yol izler. Kan renksizdir fakat bazı çok iyi beslenmiş Cladocera’larda kırmızıdır ve bu yüzden bütün vücut kırmızı görünmektedir. Bu renk hemoglobinin etkisiyle ortaya çıkar. Ayrıca kahverengi veya siyah renkli Cladocera’lara da rastlanır. Bu canlıların bazı üyelerinde kanda, sinir hücrelerinde, yumurta ve kaslarda hemoglobin bulunmaktadır. Hemoglobinin bulunuşu sudaki oksijen miktarına bağlıdır. Bu nedenle aynı türe ait bireylerin renkli ve renksiz örneklerine rastlanır. Örneğin, iyi havalandırılmış sularda renksiz, kirli sularda renklidirler. Cladocera’larda kalp dakikada 120 defa atar (Edmondson 1959, Demirsoy 1998).

Cladocera’larda solunum tek bir organla olmaz; ayaklar ve karapaksın iç duvarı gaz değişiminde rol oynamaktadır. Karapaksın dış duvarı iç duvarından daha kalındır, iç duvar solunumda görevlidir. Maksillar (kabuk bezi), karapaksın ön ucunda bulunan

yassı bir organdır. Bu organ boşaltım ve osmoregülasyonda görevlidir (Edmondson 1959).

Sindirim sistemi ağızla başlar. Ağızın gerisinde bir çift küçük mandibul bulunmaktadır. Daha sonra bir çift maksil gelir. 5 çift olan bacaklar yassılaşmış ve uçları çatallaşmıştır. Bacaktaki kıllar ile süzülen mikroorganizmalar mandibul aracılığı ile ağıza gönderilir. Basit yapılı bir sindirim sistemine sahiptir. Kısa bir özofagus orta barsağa açılır. Uzun sindirim borusu vücut şekline uygun kıvrımlar yaparak kısa son barsağa ulaşır ve son segmentte anüsle dışarı açılır (Demirsoy 1998).

1.4.5 *Daphnia magna*'nın üremesi

Cladocera'larda eşeyli ve eşeysiz üreme görülür. Yoğunluklarının yüksek olduğu pek çok ortamda populasyonun eşeysiz üreyen dişilerden oluştuğu gözlemlenmiştir. Optimum koşullarda Cladocera'ların her 2,5-3 günde bir yeni yumurtlama dönemine girdiği belirlenmiştir. Bir dişi yaşamı boyunca 25 yeni yumurtlama dönemine girebilmektedir (Cirik ve Gökpinar 1993).

Cladocera' larda üreme yılın büyük bir bölümünde partenogenetiktir. Partenogenetik üreme seksüel üreme ile kesilinceye kadar devam eder (Wetzel 1975). Bu dönemde oluşan yumurtalara yaz yumurtaları ya da subitan yumurtalar denir. İnce kabuklu olan bu yumurtalar, ana hayvanın kuluçka odacığında hızla gelişir. Bazılarında subitan yumurtalar kuluçka odacığına salınan albuminli bir sıvı ile beslenir (Demirsoy 2001). Partenogenetik yumurta üretimi düşük sıcaklık, kuraklık, kısa fotoperiyot, besin niteliği ve niceliğinde azalma, aşırı populasyon yoğunluğu gibi uygun olmayan koşullarda azalış göstermektedir (Hülsman 2001, Rose vd. 2002, Abrantes ve Gonçalves 2003). Ortam koşullarında meydana gelen değişikliklerden dolayı erkek bireyler meydana gelir. Bu erkekler bir veya iki gonofora sahiptir ve kopulasyon organı olarak görev yapar. Erkekler dişilerle çiftleşir. Çiftleşme sonucunda oluşan yumurtalar büyük ve etrafları koruyucu bir zar ile örtülüdür. Bu yumurtalara kış yumurtası (latent) adı verilir. Ancak döllendikten ve bir dinlenme evresi geçirdikten sonra kış yumurtaları gelişmeye başlayabilirler. Kış yumurtalarının sayısı oransal olarak azdır. (Demirsoy 2001). Kış

yumurtaları soğuk hava şartlarına ve kuraklığa karşı dayanıklıdır. Buna karşın yaz yumurtaları ise, uygun ortam koşullarında populasyonun hızla artmasını sağlarlar. Yumurtadan çıkan bireyler ana bireyin minyatürüdür. Yalnız *Leptodora* türlerinde doğrudan metanauplii larvası meydana gelir. Kuluçka kesesine ulaşmış yumurtalar sıkı yapılı kabuklarından çıktıktan sonra ilk olarak nauplii, birkaç saat sonra da metanauplii larvası oluştururlar (Demirsoy 2001).

1.4.6 *Daphnia magna*'nın büyüme ve gelişmesi

Büyüme ve gelişme; besin tipine, besinin niteliği ve niceliğine, predatör baskısına, rekabete, sıcaklığa, suyun kimyasal özelliğine vb. bağlı olarak değişiklik gösterir (Cowgill vd. 1986, Gliwicz ve Guisande 1992, Glazier 1992, Klüttgen vd. 1996).

Cladocera'larda büyüme birbirini takip eden olaylar ile kendini gösterir. Öncelikle kuluçka kesesinde yumurtalar oluşur. Oluşan yumurtalar olgunlaşarak dışarı atıldıktan sonra kabuk değişimi gözlenir. Kabuk değişiminden sonra büyüme gerçekleşir. (Edmondson 1959).

1.4.7 *Daphnia magna*'nın beslenmesi

Besinlerini filtre ederek alan Cladocera' ların çoğunluğu besinlerini seçmeden alırlar. Alg, bakteri, protozoa, detritus gibi besinlerle beslenirler. Bu nedenle bu hayvanlar doğada farklı nitelikte geniş bir besin kaynağı ile beslenebilmektedirler (Boersma ve Vijverberg 1996, Lurling ve Donk 1996).

Cladocera' lar için besin maddesinin morfolojisi, sindirilebilirliği, besinsel değeri ve muhtemel toksik bileşimleri besinin kalitesini belirleyen temel etmenler olarak sayılabilir (Repka 1997, Lurling vd. 1997).

Zooplanktonik organizmaların çoğu esansiyel yağ asitlerini sentezleyemedikleri için alglere gereksinim duyarlar. Bundan dolayı onların besin içeriğinin belirlenmesinde alglerin lipid ve yağ asitleri içeriği çok önem taşır. Özellikle doymamış yağ asitleri olan

eicosapentaenoic acid (EPA) ve docosahexaenoic acid (DHA) zooplankton için temeldir (Urabe vd. 1997, Boersma ve Becker 2003).

1.5 Toksisite Testlerinin Sınıflandırılması

Toksisite testleri, sadece kimyasal maddelerin canlı organizmalar üzerindeki zararlı etkilerini ortaya çıkarmak amacıyla yapılmaz. Bu maddelerin toksik etkilerinin görülmeyeceği doz, değerlerini saptamak için de yapılmaktadır. Eğer, bir maddeye uzun süre maruz kalmaya bağlı olarak gelişen toksik etkiler araştırılacak ise, deneyin yapıldığı zaman periyodu içinde de aynı özellikte koşulların ve maddelerin uygulanması gerekmektedir. Beklenen toksik etkinin görülmesine yönelik testlerde, bu etkiyi meydana getirdiği bilinen bir kimyasal maddenin, pozitif kontrol grubuna uygulanması ve deneyin sağlıklı işlediğinin test edilmesi gereklidir (Saygı vd. 1991). Tüm ilaçlar, tarımsal ve zirai amaçlı maddeler, temizlik maddeleri, bazı kozmetikler kullanıma sunulmadan önce toksisite testlerinden geçirilmektedirler (Weideman 1993, Stoewsand vd. 1996, Vural 2005). Toksisite testleri, test süresinin uzunluğuna göre sınıflandırılırlar.

Bunlar;

1. Akut toksisite testleri,
2. Subakut toksisite testleri,
3. Subkronik toksisite testleri,
4. Kronik toksisite testleri,
5. Özel toksisite testleridir.

2. KAYNAK LİSTESİ

Rehwoldt vd. (1973), 17°C’de sırasıyla kadmiyum ve çinko’nun 96 saatlik LC₅₀ değerini omurgasız canlılar, *Amnicola* sp. üzerinde 8,4 mg/L, 14,0 mg/L; *Chironomus* sp. 1,2 mg/L, 18,2 mg/L; *Gammarus* sp üzerinde 0,07 mg/L, 8,1 mg/L; *Nais* sp üzerinde 1,7mg/L, 18,4 mg/L; *Tricoptera* sp üzerinde 3,4 mg/L, 58,1 mg/L; *Zygoptera* sp. üzerinde ise 8,1 mg/L, 26,2 mg/L olarak bulmuşlardır.

Baudouin ve Scoppa (1974), 10°C’de 48 saatlik sırasıyla kadmiyum ve kurşun asetat’ın LC₅₀ değerini kopepodlardan *Cyclops abyssorum* üzerinde 3,8 mg/L, 5,5 mg/L; 72 saatlik çinko’nun *C. abyssorum* üzerinde LC₅₀ değerini 1,33 mg/L olarak; 48 saatlik sırasıyla kadmiyum, çinko ve kurşun asetat’ın değerini *Eudiaptomus padanus* üzerinde 0,55 mg/L, 0,50 mg/L ve 4,0 mg/L olarak tespit etmişlerdir.

Braginsky ve Shcherban (1978), 30°C’de sırasıyla kadmiyum ve çinko’nun 72 saatlik LC₅₀ değerini omurgasız canlılar, *Asellus aquaticus* üzerinde 0,21 mg/L, 1,52 mg/L; *Cloeon dipterum* üzerinde 0,93 mg/L, 1,33 mg/L olarak bulmuşlardır.

Çiltaş (1994), ışık, sıcaklık ve buna bağlı olarak oksijen miktarının *Daphnia magna*’nın yaşama oranı ve süresi üzerine çok önemli etkiye sahip olduğunu bildirmiştir.

Besin, hava ve su ile alınan ağır metaller, bütün canlılarda birikme özelliğindedir. Çevre kirliliğinin bir göstergesi olarak canlılarda bulunan ağır metaller su ürünlerinde, ağır metalce zengin bölgelerde otlayan ve kontamine olmuş konsantre yemlerle beslenen hayvanlarda yüksek boyutlara ulaşmaktadır. Bu şekilde besinlerle birlikte sürekli düşük konsantrasyonlarda alınan civa, kadmiyum, kurşun ve alüminyum gibi metal kalıntıları çevre ve insan sağlığını önemli derecede etkilemektedir. Canlı organizmanın etkilenmesi sonucunda hastalıklara ve diğer stres etkenlerine duyarlılık artışı, kanser, erken yaşlanma, sinirsel belirtiler, zayıf kemik oluşumu, kaslarda ağrı, iştahsızlık, anemi, erken ölüm ve doğum anormalliklerine sebep olmaktadır (Sonal 1994).

Uluabat ve İznik Gölleri’nden alınan balık türlerinde farklı metallerin kirlilik düzeyleri araştırılmıştır. Uluabat Gölü’ndeki balıklarda ortalama kadmiyum, civa, kurşun, bakır, demir ve çinko düzeyleri sırasıyla 0,101, 0,255, 0,407, 2,081, 11,251 ve 16,670 ppm;

İznik Gölü'ndeki balıklarda 0,084, 0,181, 0,387, 2,496, 13,857 ve 11,770 ppm olarak bulunmuştur. Her iki gölden avlanan sazan ve kızılkanat balıklarındaki demir ve çinko düzeyleri arasındaki fark istatistik yönden önemli kadmiyum, civa, kurşun ve bakır düzeyleri arasındaki fark ise önemsiz bulunmuştur (Sonal 1995).

Bebianno ve Machado (1997) endüstriyel kirlenme sonucu ortama karışan kadmiyumun kanser ve kardiyovasküler hastalıklara sebep olduğunu ve toplum sağlığını tehdit ettiğini söylemişlerdir.

Kalay ve Karataş (1999) Kadmiyumun *Tilapia nilotica*'da kas, beyin ve kemik (omurga kemiği) dokularındaki birikimi üzerine çalışmışlardır.

Van Gölü'nden toplanan 120 adet midye örneğinde ağır metal düzeyleri araştırılmıştır. Örneklerdeki organik madde kısımları $MgO-Mg(NO_3)_2$ karışımı ile kuru külleştirmeyeyle yakıldıktan sonra, arsenik düzeyleri gümüşdietilditiyokarbomat ile spektrofotometrik olarak; bakır, kadmiyum, çinko ve kurşun düzeyleri de atomik absorpsiyon spektrofotometresi ile ölçülmüştür. Analiz edilen bütün midyelerdeki kurşun düzeyleri $1,43 \pm 0,81$ ppm, kadmiyum düzeyleri $0,09 \pm 0,02$ ppm, bakır düzeyleri $5,83 \pm 0,73$ ppm, çinko düzeyleri $15,93 \pm 3,26$ ppm ve arsenik düzeyleri de $0,06 \pm 0,05$ ppm olarak tespit edilmiştir. Çalışma sonuçlarının değerlendirilmesi ile örneklerde tespit edilen metal yoğunluklarının, ülkemiz ve diğer ülkeler için kabul edilen normal değerler içerisinde olduğu sonucuna varılmıştır (Yarsan vd. 2000).

Palaemon serratus (teke karidesi) üzerine toksisite çalışması yapılmış ve sonucunda küçük bireylerin metabolik aktivitelerinin büyük bireylere oranla daha fazla olmasından dolayı, doku ve kabuklarında biriktirdikleri kadmiyum miktarının büyük bireylere oranla çok daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Egemen ve Sunlu 2003).

Güven ve Öztürk (2005) omurgasız deniz organizmaları üzerine yaptıkları kadmiyumun akut toksisitesinin sudaki değerinin $7,0 \mu g/L$ olduğunu; kronik toksisitesinin ise $0,28-3,0 \mu g/L$ olduğunu belirlemişlerdir.

İstanbul balık halinden alınan Akdeniz midyesi (*Mytilus galloprovincialis*) türü midyelerde arsenik (As) düzeyleri tespit edilmiştir. Bu çalışmada gerçek ağır metal

kirliliğini yansıtabilecek, yer deşiştirmeyen ve tüm dünyada kirliliğe karşı biyoindikatör tür olarak kabul edilen *M. galloprovincialis* türü midye araştırma materyali olarak seçilmiştir. Analiz edilen midyelerde en yüksek As değeri, 0,098 mg/kg, en düşük As seviyesi ise 0,019 mg/kg olarak bulunmuştur. Alınan örneklerde tespit edilen arsenik seviyelerinin ülkemiz için kabul edilen normal sınırlar içinde olduğu gözlenmiştir (Kayhan vd. 2006).

Hoang vd. (2007) yaptıkları çalışma sonucunda 21 günlük ve daha genç *Daphnia magna*'nın arsenikten etkilenebilmesi için yüksek konsantrasyona ve uzun süre maruz kalmaları gerektiğini ve arseniğin 21 günlükten daha büyük *D. magna* bireylerinin gelişimine bir etkisinin olmadığını bulmuşlardır.

Vesela ve Vijverberg (2007), 4 farklı büyüklükteki yeni doğmuş *Daphnia* türleri üzerinde yaptıkları 48 saatlik çinko toksisite testi (EC₅₀) sonucu; en yüksek EC₅₀ değerini boyutu en büyük olan (0,813 ± 0,055 mm) *Daphnia magna*'da 2,254 µg/L; en düşük EC₅₀ değerini boyutu en küçük olan (0,611 ± 0,058 mm) *Daphnia galeata*'da 730 µg/L olarak bulmuşlar ve toksisite testlerinde organizma büyüklüğünün önemini göstermişlerdir.

Meng vd. (2008) Hg-Cd-Cu-Pb-Cr ağır metallerinin karışımını çalıştıkları akut ve kronik toksisite deneyi sonucu; en toksik karışımın, Hg-Cd-Cu-Pb-Cr ile Hg-Cd olduğunu tespit etmişlerdir. Aynı zamanda bakır iyonunun Hg-Cd karışımının toksisitesinin etkisini azalttığını, kurşun iyonunun Hg-Cd-Cu karışımının toksisitesini çok hafif etkilediğini ve krom iyonunun *D. magna*'yı etkileyen en düşük toksisiteye sahipken karışım içerisinde var olması ile karışımın toksisitesini altı kattan daha fazla arttırıcı etkiye sahip olduğunu keşfetmişlerdir. Bu alışma sonucunda çevresel koşulların tek bir toksikolojik test sonuçlarına dayandırılmayacağını ortaya çıkarmışlardır.

3. MATERİYAL ve YÖNTEM

Bu çalışma Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Anabilim Dalı Algoloji Laboratuvarı'nda gerçekleştirilmiştir.

3.1. Kültür Şartları

D. magna kültür şartları ISO-6341 prosedürüne uygun olarak hazırlanmıştır (Anonim 1999). Kültüre alınacak olan test organizması *Daphnia magna* Kepez Araştırma Enstitüsü'nden (Antalya) temin edilerek laboratuvarında 30 L akvaryumlara alıştırılmıştır. Millipore Milli-Q ultra saf (Milli-Di, France) su sistemi kullanılarak daphnidler için saf su ortamı yaratılmıştır. pH ölçümü için WTW (Wissenschaftlich-Technische Werkstater) 340-A/SET 1 marka pH metre; sudaki çözünmüş oksijen ve sıcaklık değerleri için YSI 51 B tip oksijenmetre; konduktivite için WTW LF 92 aleti kullanılmıştır. Akvaryumlar 12 saat karanlık 12 saat aydınlık olacak şekilde ışıklandırılmış, sıcaklık ise $20,2 \pm 1,3^{\circ}\text{C}$ 'de sabit tutulmuştur. Çözünmüş oksijen seviyesi ve elektriksel iletkenlik sırasıyla 6 mg/L ve 250 $\mu\text{S}/\text{cm}$ olarak sabitlenmiştir.

3.2. Deney Yöntemi

Daphnia magna'nın (Straus 1820) (*Cladocera*, *Crustacea*) deneye hazırlanması: Biyodeneye başlamadan önce, belirli üretim koşullarında partenogenez ile elde edilmiş organizmaların en az üçüncü nesil ve yaşının 24 saatten küçük olmasına dikkat edilmiştir. Yumurtlamaya hazır bireyler, taze seyreltme suyu ile kaplara aktarılmış ve 24 saat içerisinde yeni çıkmış bireyler toplanmıştır. Deney süresince hayvanlar kesinlikle beslenmemiştir (Anonim 1999).

Biyodeneyde toksik madde olarak Arsenikoksit (As_2O_3), Kadmiyum klorür ($\text{CdCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$) ve bunların karışımları (90:10; 50:50; 10:90 v/v) kullanılmıştır. Deney süresince kimyaca inert bir materyalden ve yeterli büyüklükte olan deney tüpleri kullanılmıştır. Tüm materyaller %10 nitrik asit (HNO_3) ile temizlenmiş ve sonrasında kullanılmadan önce en az 3 kez saf su ile durulanmıştır.

Analitik saflıktaki reaktiflerin bilinen miktarları, iletkenliği en fazla 10 TS/cm olan yeraltı suyu, damıtık su veya eşdeğer saflıktaki iyonları giderilmiş suda çözünmüştür.

Hazırlanan seyreltme suyunun pH'sının $7,8 \pm 0,2$, sertliğinin $250 \text{ mg/L} \pm 25 \text{ mg/l}$ (CaCO_3 sertliği olarak), Ca/Mg molar oranının yaklaşık 4/1 ve çözünmüş oksijen derişiminin 7 mg/L 'nin üzerinde olmasına dikkat edilmiştir.

3.2.1 Seyreltme suyunun hazırlanması

Kalsiyum klorür çözeltisi: Kalsiyum klorür ($\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) çözeltisinin $11,76 \text{ g'ı}$ damıtık veya iyonları giderilmiş suda çözünür ve bir litreye seyreltilir.

Magnezyum sülfat çözeltisi: Magnezyum sülfat hepdahidratın ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) $4,93 \text{ g'ı}$ damıtık veya iyonları giderilmiş suda çözünür ve bir litreye seyreltilir.

Sodyum bikarbonat çözeltisi: Sodyum bikarbonatın (NaHCO_3) $2,59 \text{ g'ı}$, damıtık veya iyonları giderilmiş suda çözünür ve bir litreye seyreltilir.

Potasyum klorür çözeltisi: Potasyum klorürün (KCl) $0,23 \text{ g'ı}$, damıtık veya iyonları giderilmiş suda çözünür ve bir litreye seyreltilir.

Bu dört çözeltinin her birinden 250 ml karıştırılır ve toplam damıtık veya iyonları giderilmiş su ile bir litreye tamamlanır.

3.2.2 Biyodeneyde stok çözeltilerin hazırlanması

Toksik madde olarak bilinen Arsenikoksit (As_2O_3) ve Kadmiyum klorür ($\text{CdCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$) miktarının, cam bir kapta belli hacimde seyreltme suyu, iyonları giderilmiş veya damıtık suda çözülmesi ile hazırlanmıştır. Deney çözeltileri ise seyreltme suyuna belli miktarda stok çözeltinin ilavesiyle hazırlanmıştır.

Toksisite sınır tespit deneyi biyodeneye başlamadan önce yapılarak konsantrasyon aralığı belirlenmiştir. Deney çözeltisi deney kaplarına hacimleri giderek artacak şekilde konulup deney için istenen derişimi sağlamak için seyreltme suyu ilave edilmiştir. Amaç; istenen konsantrasyonu her kapta elde edebilmektir. Ön deneyin sonuçları dikkate alınarak en küçük değerden başlayıp aritmetik artışa dikkat ederek konsantrasyonlar tespit edilmiştir (Anonim 1999).

Deneylerde statik akut deney yöntemi kullanılmıştır. Statik akut deneyde, deney çözeltisi ve deney hayvanları, deney tüplerine alınarak deney süresince beklenmiştir. Zehirlilik deneyi, mümkün olduğu kadar hızlı, numune alımından itibaren 6 saat içerisinde yapılmıştır. Her konsantrasyon için deney 3 kez tekrarlanmıştır.

Biyodeneyde toksik maddelerin her bir konsantrasyonu için her bir kapta 20 *Daphnia magna* kullanılmıştır. Aynı zamanda deneyin yapıldığı şekil ve şartlarla birlikte yürütülen kontrol grubu kullanılmıştır. Her kontrole, deney ortamıyla aynı sayıda *Daphnia magna* konulmuştur.

24 saatlik deney periyodu sonunda, her bir kaptaki hareketli *Daphnia magna* sayılmıştır. Ortam hafifçe karıştırılıp hareketsiz bireyler ölü olarak kabul edilmiştir.

3.3 Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi

3.3.1 Ölüm oranı (P)

Ölüm oranı Anonim (1999) tarafından verilen formül ile hesaplanmıştır.

$$P: \text{Ölüm sayısı} \times 100 / \text{Kullanılan toplam canlı sayısı}$$

Deney sonuçları probit analiz yöntemi ve Behrens Karber metodu kullanılarak değerlendirilmiştir (SPSS 17.0)

3.3.2 Behrens Karber metodu

Elde edilen bulgular Behrens Karber metodu ile de hesaplanmıştır (Klassen 1991).

$$LD_{50}: LD_{100} - (\sum ab / n)$$

LD₁₀₀: Deney canlısını öldüren doz

LD₅₀: Canlıların yarısını öldüren doz

a: Birbirini izleyen iki doz arasındaki fark

b: Birbirini izleyen iki dozdan ileri gelen ölümlerin aritmetik ortalaması

n: Her gruptaki canlıların yarısı

Metallerin *Daphnia magna* üzerine tek başına etkileri yanında karışımlarının farklı oranlarının etkisini hesaplamada Toksik Birim (TU) (Dener ve Sinnige 1988) ve Additional İndeks (AI) (Marking, 1977) kullanılmıştır.

3.3.3 Toksik Birim (TU)

Toksik Birim değeri karışımda bulunan her metalin karışıma olan tek başına etkisinin LC₅₀ değerinin metalin tek başına LC₅₀ değerine oranından hesaplanmaktadır.

$$TU_i = LC_{50mix,i} / LC_{50i}$$

TU_i: Karışımdaki metalin tek başına toksik birimi,

LC_{50mix,i}: Karışımdaki metalin karışıma olan tek başına etkisinin LC₅₀ değeri,

LC_{50i}: Metalin organizmaya bağımsız olarak etkisinin LC₅₀ değeridir

M: TU_i değerlerinin toplamıdır (Sprague ve Ramsay 1965). M aşağıdaki eşitlik ile açıklanmaktadır:

$$M = TU_s = \sum TU_i$$

3.3.4 Additional İndeks (AI)

Metallerin yine birbirleri üzerindeki azaltıcı veya arttırıcı etkilerini anlamada Marking (1977) tarafından tanımlanan Additional İndeks (AI) kullanılmıştır.

$$AI = M - 1.0$$

$$M = 1 \text{ ise;}$$

$$AI = 1/ M - 1.0$$

$$M < 1 \text{ ise;}$$

$$AI = M \times (-1) + 1.0$$

$$M > 1 \text{ ise;}$$

Deneye başlamadan önce sağlıklı durumdaki ve toksik madde verildikten sonra *Daphnia magna*'nın iki görüntüsü arasındaki farklar Leica marka fotoğraf makinesiyle çekilerek belirlenmiştir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Arseniğin, kadmiyumun ve kadmiyum-arseniğin üç farklı oranda karışımının (90% Cd + 10% As, 50% Cd + 50% As ve 10% Cd + 90% As), yaşı 24 saatten küçük *Daphnia magna* bireyleri üzerinde, 24 saatlik LC₅₀ değeri probit analiz metodu ile statik biyodeneş sistemi uygulanarak hesaplanmıştır.

Biyodeneşlerde, deneyin yapıldığı şekil ve şartlarla birlikte yürütölen kontrol grubu kullanılmıştır. Her kontrole, deney ortamıyla aynı sayıda *Daphnia magna* konulmuş, kontrol grubundaki su pireleriyle; arsenik, kadmiyum ve kadmiyum-arsenik karışımlarının değişik konsantrasyonlarına maruz kalanlar arasındaki değişimler deney süresince karşılaştırılmıştır.

Deney süresince kontrol grubunda herhangi bir davranış bozukluğu ve ölüme rastlanılmamıştır. Verilen yüksek konsantrasyonlarda ani ölümler, irkilmeler olmuş; dozların konsantrasyonu azaldıkça direnmeleri daha da artmıştır.

Standartlarda belirtilen aşamalardan birincisi ön deney kısmıdır. Ön deney kısmında; Arsenikoksitin (As₂O₃) ve Kadmiyum klorürün (CdCl₂.H₂O) 1 gramı, 1000 mg/L'de hazırlanmış, ISO (Anonim 1999)'nun belirlemiş olduğu 10 konsantrasyon seçilmiş, canlı sayısı 20'şer adet belirlenmiş ve deney 3 kez tekrarlı olmak üzere 60 canlı kullanılmıştır.

Tüm deney canlısını öldüren doz ile minimum etki gösteren konsantrasyonlar belirlenmiştir. Bu konsantrasyonlar arasından 3 tane daha ara konsantrasyonlar belirlenerek, belirleyici deney kısmına başlanmıştır. Belirleyici deney de 3 tekrarlı yapılmış ve her konsantrasyonda ölen canlıların ölüm oranı hesaplanmıştır (Çizelge 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5).

Çizelge 4.1 Kadmiyum klorürün ($\text{CdCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$) farklı konsantrasyonlarının *Daphnia magna* bireyleri üzerine etkileri ve ölüm oranı (24h)

Konsantrasyon $\mu\text{g/L}$	Canlı Sayısı	Ölen Canlı Sayısı	% Ölüm Oranı (P)
Kontrol	60	0	0
30	60	22	37
40	60	22	37
50	60	38	63
70	60	44	73
100	60	60	100

Çizelge 4.2 Arsenikoksitin (As_2O_3) farklı konsantrasyonlarının *Daphnia magna* bireyleri üzerine etkileri ve ölüm oranı (24h)

Konsantrasyon $\mu\text{g/L}$	Canlı Sayısı	Ölen Canlı Sayısı	% Ölüm Oranı (P)
Kontrol	60	0	0
350	60	20	33
500	60	30	50
700	60	40	67
800	60	48	80
1000	60	60	100

Çizelge 4.3 Kadmiyum+ arseniğin (90:10 v/v) farklı konsantrasyonlarının *Daphnia magna* bireyleri üzerine etkileri ve ölüm oranı (24h)

Konsantrasyon $\mu\text{g/L}$	Canlı Sayısı	Ölen Canlı Sayısı	% Ölüm Oranı (P)
Kontrol	60	0	0
10	60	20	33
20	60	34	57
30	60	38	63
40	60	46	77
50	60	60	100

Çizelge 4.4 Kadmiyum+ arseniğin (50:50 v/v) farklı konsantrasyonlarının *Daphnia magna* bireyleri üzerine etkileri ve ölüm oranı (24h)

Konsantrasyon µg/L	Canlı Sayısı	Ölen Canlı Sayısı	% Ölüm Oranı (P)
Kontrol	60	0	0
40	60	20	33
50	60	24	40
60	60	42	70
70	60	48	80
80	60	60	100

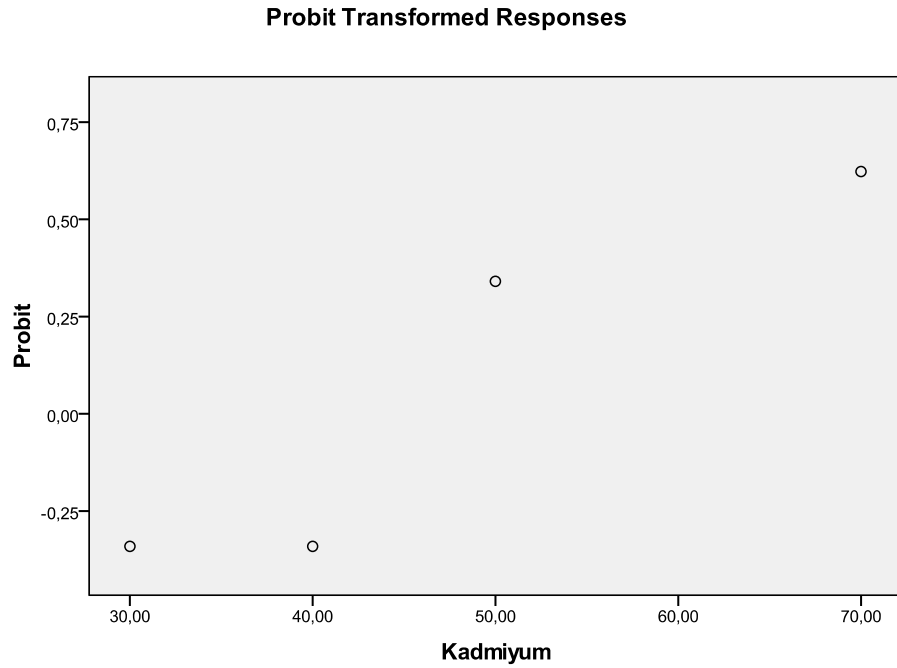
Çizelge 4.5 Kadmiyum+ arseniğin (10:90 v/v) farklı konsantrasyonlarının *Daphnia magna* bireyleri üzerine etkileri ve ölüm oranı (24h)

Konsantrasyon µg/L	Canlı Sayısı	Ölen Canlı Sayısı	% Ölüm Oranı (P)
Kontrol	60	0	0
100	60	30	50
150	60	40	67
200	60	46	77
250	60	52	87
300	60	60	100

Probit analizi ile hesaplanmış 24 saatlik regresyon grafiği (doz- ölüm eğrisi) kadmiyum (Şekil 4.1), arsenik (Şekil 4.2), %90 Cd + %10 As (Şekil 4.3), %50 Cd + %50 As (Şekil 4.4) ve %10 Cd + %90 As (Şekil 4.5) için hesaplanmıştır. LC değerleri herbir ağır metal ve karışımları için tespit edilmiştir (Çizelge 4.6, 4.7, 4.8, 4.9, 4.10).

Çizelge 4.6 Kadmiyumun *Daphnia magna* bireylerine etkisinin LC değerleri

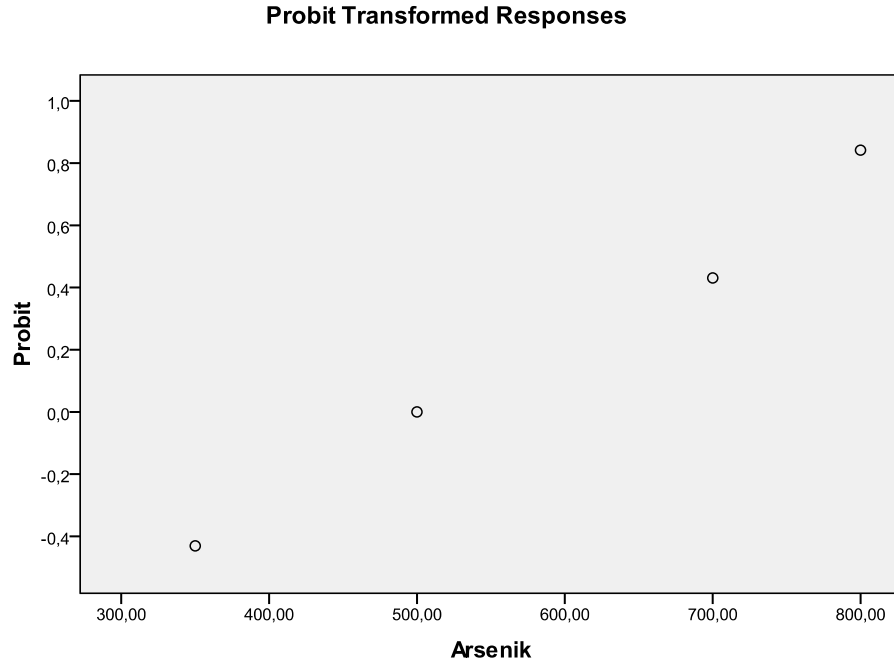
% 95 Kadmiyum için güven aralığı (µg/L)			
Nokta	LC değerleri	Alt Sınır	Üst Sınır
LC 1.00	-24	-152	6,3
LC 5.00	-4	-98	19
LC 10.00	7	-69	26
LC 15.00	14	-50	31
LC 50.00	44	25	57
LC 85.00	75	61	123
LC 90.00	82	66	141
LC 95.00	92	73	170
LC 99.00	112	86	224



Şekil 4.1 *Daphnia magna* bireylerinde Kadmiyum metali için hesaplanan 24 saatlik probit değerleri ve regresyon grafiği

Çizelge 4.7 Arseniğin *Daphnia magna* bireylerine etkisinin LC değerleri

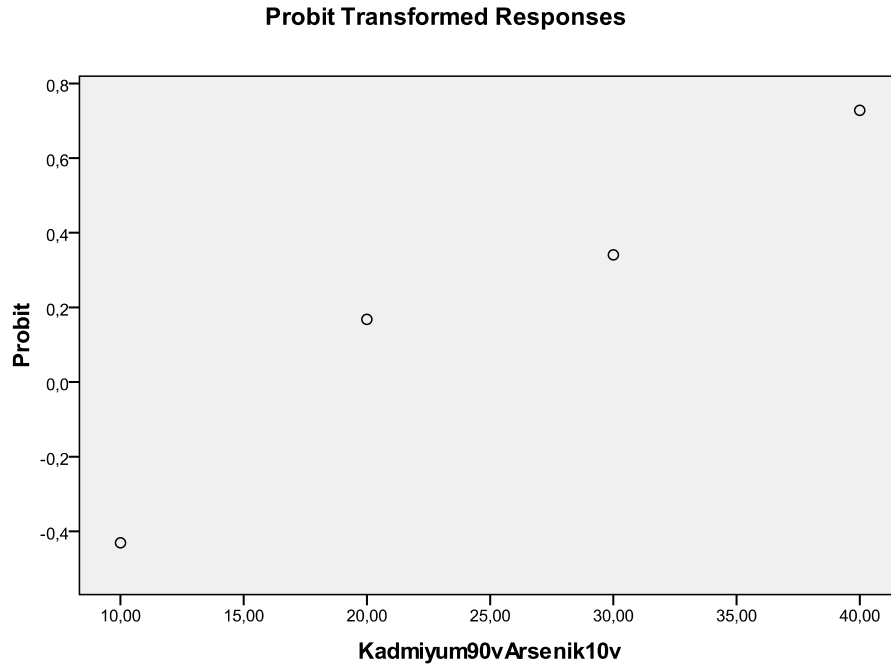
% 95 Arsenik için güven aralığı (µg/L)			
Nokta	LC değerleri	Alt Sınır	Üst Sınır
LC 1.00	-182	-1136	110
LC 5.00	21	-697	245
LC 10.00	129	-464	319
LC 15.00	201	-308	370
LC 50.00	509	319	618
LC 85.00	817	698	1114
LC 90.00	890	755	1264
LC 95.00	998	833	1492
LC 99.00	1200	973	1927



Şekil 4.2 *Daphnia magna* bireylerinde Arsenik metali için hesaplanan 24 saatlik probit değerleri ve regresyon grafiği

Çizelge 4.8 Kadmiyum+Arsenik (90:10 v/v)'in *Daphnia magna* bireylerine etkisinin LC değerleri

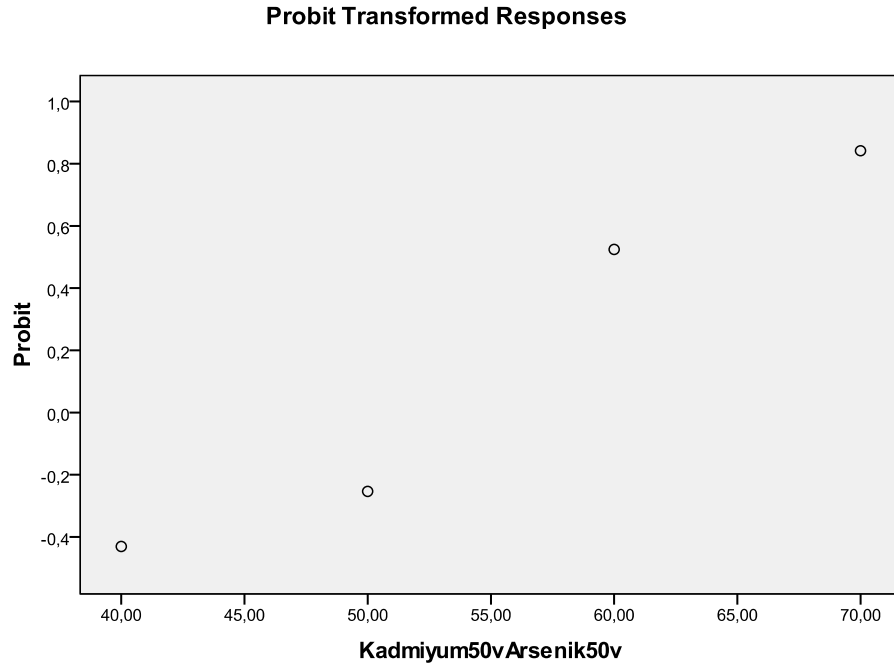
%95 Kadmiyum+Arsenik (90:10 v/v) için güven aralığı (µg/L)			
Nokta	LC değerleri	Alt Sınır	Üst Sınır
LC 1.00	-28	-166	-4
LC 5.00	-14	-117	4
LC 10.00	-7	-92	9
LC15.00	-2	-74	12
LC50.00	19	-5	29
LC85.00	40	31	80
LC90.00	45	35	97
LC95.00	53	40	122
LC99.00	67	48	170



Şekil 4.3 *Daphnia magna* bireylerinde Kadmiyum+Arsenik (90:10 v/v) metal karışımı için hesaplanan 24 saatlik probit değerleri ve regresyon grafiği

Çizelge 4.9 Kadmiyum+Arsenik (50:50 v/v)'in *Daphnia magna* bireylerine etkisinin LC değerleri

% 95 Kadmiyum+Arsenik (50:50 v/v) için güven aralığı (µg/L)			
Nokta	LC değerleri	Alt Sınır	Üst Sınır
LC 1.00	10	-60	28
LC 5.00	22	-30	36
LC 10.00	28	-15	40
LC15.00	33	-4	43
LC50.00	51	38	59
LC85.00	69	61	92
LC90.00	74	65	102
LC95.00	80	69	118
LC99.00	92	77	147

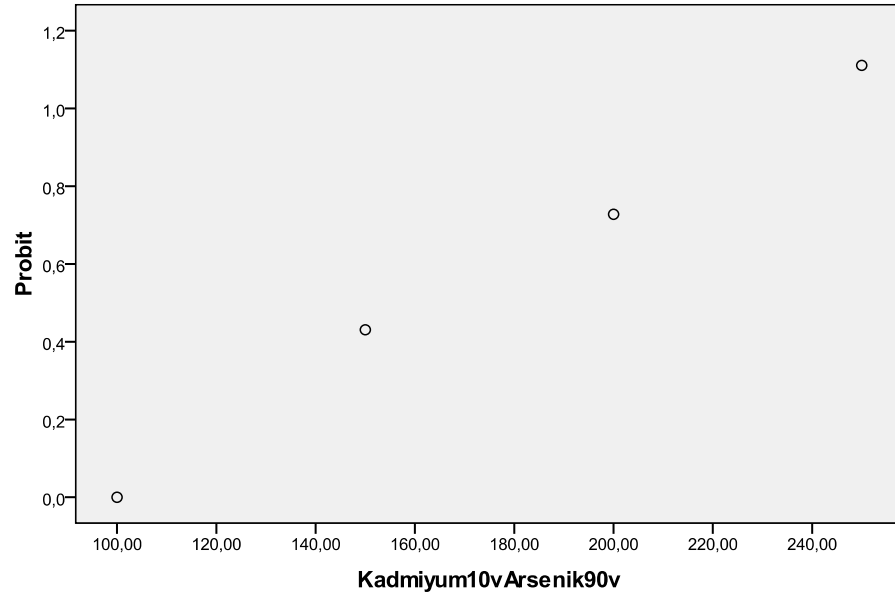


Şekil 4.4 *Daphnia magna* bireylerinde Kadmiyum+Arsenik (50:50 v/v) metal karışımı için hesaplanan 24 saatlik probit değerleri ve regresyon grafiği

Çizelge 4.10 Kadmiyum+Arsenik (10:90 v/v)'in *Daphnia magna* bireylerine etkisinin LC değerleri

% 95 Kadmiyum+Arsenik (10:90 v/v) için güven aralığı (µg/L)			
Nokta	LC değerleri	Alt Sınır	Üst Sınır
LC 1.00	-147	-283	-72
LC 5.00	-73	-178	-15
LC 10.00	-33	-123	17
LC15.00	-7	-85	38
LC50.00	107	71	129
LC85.00	220	200	248
LC90.00	246	223	284
LC95.00	286	255	338
LC99.00	360	315	442

Probit Transformed Responses



Şekil 4.5 *Daphnia magna* bireylerinde Kadmiyum+Arsenik (10:90 v/v) metal karışımı için hesaplanan 24 saatlik probit değerleri ve regresyon grafiği

Yapılan çeşitli deneyler sonucunda aynı tür üzerinde yapılan çalışmalarda LC₅₀ değeri farklılık gösterebilmektedir. LC₅₀ üzerinde suyun sertliği, ortamın sıcaklığı, deney canlısının büyüklüğü ve cinsiyeti etkili olabilmektedir.

Tatlı su ortamlarında bulunan canlı organizmalar üzerinde toksik etki gösteren maddelerin lethal ve sublethal dozları her canlı grubu için farklı düzenlenen biyodeneyle elde edilebilmektedir (Anonim 1998). Hem metal çeşidi hem de organizma, ağır metalin canlı üzerindeki etkisini değiştirici özelliğe sahiptir. Ağır metallerin zehirlilik düzeyi, etki derecesi türden türe farklılıklar göstermektedir.

Çizelge 4.11 Cd, As tek başına ve karışımlarının 24 saatlik LC₅₀ değeri

Ağır Metaller	Cd	As	90% Cd + 10% As	50% Cd + 50% As	10% Cd + 90% As
LC ₅₀ Probit Sonuçları (µg/L)	44 (25-57)	509 (319-618)	19 (-5-29)	51 (38-59)	107 (71-129)
LC ₅₀ Behrens- Karber Sonuçları (µg/L)	46	509	22	48	122.5

Hesaplanan ağır metallerin tek başına ve karışımı 24 saatlik LC₅₀ değerleri Çizelge 4.11’de verilmiştir. 24 saatlik çalışma sonucunda probit analizine göre LC₅₀ değerleri kadmiyum 44 µg/L (25-57) ve arsenik 509 µg/L (319-618) olarak bulunmuştur. Behrens Karber metodu ile kadmiyum 46 µg/L, arsenik 509 µg/L olduğu saptanmıştır. Bu iki yöntemin sonuçları karşılaştırıldığında değerlerin çok benzer olduğu görülmüştür. Kadmiyum metalinin *D. magna* üzerine arseniğe göre daha toksik olduğu gözlemlenmiştir.

Cd, Avrupa Komisyonu'na göre sucul alanı tehdit eden çok tehlikeli bir metaldir (EC 2001, Anonymous 2007). Aynı zamanda suda çözünürlüğü çok yüksektir ve böylece birçok organizma yapısına kolayca ulaşarak, önce sudaki mikroorganizmalara, buradan da besinlerle hayvan ve insanlara geçmektedir (NCM Cadmium Review 2003). Kadmiyum hücre dengesinin bozulması, hücre dejenerasyonu (Pinto vd. 2003), DNA hasarları (Badisa vd. 2007) gibi birçok işlemlerde hayati etkilere sahiptir. Dolayısıyla kadmiyumun arseniğe oranla daha toksik olması beklenen bir durumdur.

Aynı maddenin farklı canlılar ya da aynı familyaya ait canlılar üzerinde, deney canlısının deney süresince beslenip beslenmemesine bağlı olarak ve zaman faktörünün de etkisiyle toksik bulguları hep farklılık göstermektedir. Birge vd. (1978) tarafından arsenikoksitin (As_2O_3) *Oncorhynchus mykiss* üzerine 8 günlük ve *Micropterus salmoides* üzerine 28 günlük LC_{50} değerleri sırasıyla 0,54 ve 42,1 mg/L olarak bulunmuştur. Lima vd. (1984) deney süresince beslenen ve beslenmeyen su pirelerine arseniğin etkisini araştırmış sonuç olarak sırasıyla 96-h EC_{50} değerlerini 4,340 ve 1,500 $\mu g/L$ olarak tespit etmişleridir. Shukla vd. (1987) As_2O_3 'ün (31-gün) *Channa punctatus* üzerine etkisini 7 mg/L olarak bulmuşlardır. Hatakeyama ve Sugaya (1989) bir tatlı su karidesi olan *Paratya compressa improvisa* üzerine kadmiyumun toksik etkilerini çalışmışlar ve 48 saatlik LC_{50} değerini 77,5 $\mu g/L$ bulmuşlardır. Forget vd. (1998) yaptıkları çalışmada bir kopepod türü olan *Tigriopus brevicornis* üzerine 96h LC_{50} kadmiyum değerini 47,9 $\mu g/L$, arsenik değerini ise 27,5 $\mu g/L$ olarak tespit etmişlerdir. Tişler vd. (2002) arseniğin 48h EC_{50} değerini *Daphnia magna* için 2,5 mg/L, 96h LC_{50} değerini *Oncorhynchus mykiss* için 15,3 mg/L olarak bulmuşlardır. Yorulmazlar vd. (2003) kadmiyumun LC_{50} değerini *Ctenopharyngodon idellus* türü için 9,42 mg/L bulmuşlardır. Shah ve Altındağ (2005) *Tinca tinca* için kadmiyum 96-h LC_{50} değerini 6,5 ppm bulmuşlardır. Ward ve Robinson (2005) 48-h kadmiyum LC_{50} değerini 26-120 $\mu g/L$ aralığında olduğunu tespit etmişlerdir. Shaw vd. (2006) kadmiyumun 48h LC_{50} değerini *D. magna* için 101 $\mu g/L$ olarak bulmuşlardır. Pestana vd. (2007) iki tatlı su Crustacea türü üzerine kadmiyumun lethal ve sublethal etkilerini araştırmışlar ve 96-h LC_{50} değerini *Atyaephyra desmarestii* için 42,20 $\mu g/L$; *Echinogammarus meridionalis* için 36,17 $\mu g/L$ olarak tespit etmişlerdir. Ferreira vd. (2008) tarafından kadmiyumun *D. magna* üzerine 48h LC_{50} değeri 79,05 $\mu g/L$; 24h EC_{50} değeri ise 35,54 $\mu g/L$ olarak bulunmuştur.

Bu tez çalışmasında elde edilen sonuçlar Forget vd. (1998), Ward ve Robinson (2005) ve Pestana vd. (2007) ile benzer sonuçlar göstermiştir.

Metallerin (arsenik, kadmiyum, krom, bakır, civa ve demir vb.) aynı kombinasyonları iki farklı tür için farklı etkiler göstermektedir (Spehar ve Fiandt 1986). Son yıllarda ekotoksikoloji çalışmaları tek bir metalin etkisinden çok birden fazla metal karışımının etkilerinin araştırılmış olduğu gözlenmektedir. Örneğin; Khalil vd. (1996) bir Oligochaeta türü olan *Aporrectodea caliginosa* gelişimi üzerine ağır metal karışımının etkilerini incelemişlerdir; Wong ve Pak (2004) üç ağır metalin karışımlarının tatlı su kopepodu olan *Mesocyclops pehpeiensis* üzerine akut ve subkronik etkilerini çalışmışlardır; Meng vd. (2008) *D. magna* üzerine beş ağır metalin etkilerini araştırmışlardır; Vandenbrouck vd. (2009) üç ağır metalin *D. magna* üzerine etkilerini çalışmışlardır; He vd. (2009) üç ve beş değerlikli arseniğin *Daphnia carinata* üzerine tek başına ve karışım halindeki etkilerini incelemişlerdir ve Cooper vd. (2009) *Ceriodaphnia dubia* ve *D. carinata* üzerine üç farklı metalin karışım toksisitesinin etkilerini araştırmışlardır.

Kadmiyum, arsenik ve karışımlarının 24 saatlik LC₅₀ değerlerinin toksisite sıralaması %90 Cd + %10 As > Cd > %50 Cd + %50 As > %10 Cd + %90 As > As' dir. Sonuçlar *D. magna* için %90 Cd + %10 As karışımının kadmiyuma göre daha toksik olduğunu göstermektedir. Doğada metaller tek başına bulunmazlar. Bu nedenle metallerin sadece tek başına etkilerini çalışmak yerine karışımlarını çalışmanın daha anlamlı olduğu bu tez çalışmasıyla da desteklenmiştir.

Toksik etkileşimler LC₅₀ veya EC₅₀ oranlarına bağlı olarak Toksik Birim (TUs) hesaplaması ile tanımlanmaktadır (Spehar ve Fiandt 1986).

Ekotoksikoloji çalışmalarında genellikle ağır metal karışımlarının birbiri üzerine ve canlı üzerine etkilerini analiz etmede Toksik Birim (TU) kullanılmaktadır (Pape-Lindstrom ve Lydy 1997, Van der Geest vd. 2000; Meng vd. 2008). Bu tez çalışmasında da karışım içindeki her bir metalin diğeri ile etkileşiminin *D. magna* için antagonistik mi yoksa sinerjistik mi olduğunu anlamada Toksik Birim ve Additional İndeks (AI) kullanılmıştır (Çizelge 4.12).

Çizelge 4.12 Karışıma metalin tek başına ve birbirleri üzerine olan etkisi

Karışım	Cd (µg/L)	As (µg/L)	TUs (her karışım için) (M)	TU _i (karışımdaki her bir component için)	AI (karışım için)
LC _{50mix} 90% Cd 10% As	0,00880	0,1020	0,00040	0,00020	2499
LC _{50mix} 50% Cd 50% As	0,02244	0,2600	0,00102	0,00051	979,4
LC _{50mix} 10% Cd 90% As	0,04710	0,5450	0,00214	0,00107	466,3

Metallerin karışımı, onların tek başına etkilerine oranla biyolojik sistemler için daha toksiktir (Faust vd 1994, Sharma vd 1999). Karışım sonucu metaller canlı organizmanın da etkisiyle birbirlerini arttırıcı (sinerjistik), azaltıcı (antagonistik) veya ihmal edilebilir düzeyde hafif arttırıcı (basit etkileşim) etki de gösterebilmektedir (Paustenbach 2000).

M (TUs) 1,0'e eşitse, basit etkileşim; M 1,0'den küçükse sinerjistik; büyükse antagonistik etkiden bahsedilmektedir (Spehar ve Fiandt 1986). Bu tez çalışması sonucunda hesaplanan M (TUs) değeri 1,0'den daha küçük bulunmuştur. Dolayısıyla kullanılan metaller arası etkileşimin sinerjistik olduğu gözlenmiştir. Son zamanlarda yapılan çalışmalar da sinerjistik etkileşimin daha çok gözlendiğini desteklemektedir. Yapılan çalışmalarda sinerjistik etki sıklıkla antagonistik etki ise nadiren kaydedilmiştir. Örneğin; Break vd (1976) Cu ve Zn karışımının bir dinoflagellat olan *Amhidirium carteri* ve diatom *Thalassiosira pseudonana* üzerine sinerjistik etki gösterirken yine bir diatom olan *Phaeodactylum tricornutum* üzerine antagonistik etki gösterdiğini belirlemişlerdir; Kraak vd. 1994 bir tatlı su midyesi olan *Dreissena polymorpha* (zebra mussel) üzerine yaptıkları çalışmada Cu, Zn, Ni, Cd ve Pb karışımının sinerjistik etki

gösterdiğini rapor etmişlerdir; Hagopian-Schlekat vd. (2001) Cd, Cu, Ni, Zn ve Pb karışımının bir kopepod türü olan *Amphiascus tenuiremis* üzerine sinerjistik etkisi olduğunu bulmuşlardır; Meng vd. (2008) Hg, Cd, Cu, Pb ve Cr metallerin karışımlarının farklı kombinasyonlarının *Daphnia magna* üzerine sinerjistik etki gösterdiklerini belirlemişlerdir; Cooper vd. (2009) *Ceriodaphnia dubia* ve *Daphnia carinata* üzerine akut toksisitesi üzerine çalışmışlar ve Cu, Pb karışımının iki tür üzerinde, Cu, Zn karışımının *D. carinata* üzerinde ve Cu, Pb, Zn karışımının *C. dubia* üzerinde sinerjistik etkisi olduğunu Toksik Birim yöntemi ile bulmuşlardır.

Additional İndeks (AI) sıfıra eşit ise karışım toksisitesinde basit etkileşim; AI 0'dan küçük ise antagonistik; AI 0'dan büyük ise sinerjistik etkileşim söz konusudur. Bu tez çalışmasında bütün AI sonuçları 0'dan büyük hesaplanmış (Çizelge 4.13) Additional İndeks, Toksik Birim sonucunu destekler nitelikte sinerjistik etkileşimin olduğunu ispatlamıştır. En fazla sinerjistik etkileşimin olduğu karışım 90% Cd + 10% As olduğu karışımdır.

5. SONUÇ

Bazı metaller organizmalar için temel elementlerdir ancak bu metaller bulunması gereken miktarın üzerinde bulunuyorsa organizma için tehlike arz etmekte ve yaşamını tehlikeye sokmaktadır.

Endüstri ve teknolojiye ilerlemeler bazı olumsuzlukları da beraberinde getirmektedir. Endüstriyel ve evsel atıklarla kontamine olmuş sularda yaşayan su ürünleri ciddi derecede metal atıklarıyla kirlenmektedir (Atayeter ve Köksal 1998).

Suya karışan metallerin birbiriyle karışım halinde bulunması su ürünlerine daha ciddi zararlar vermektedir. Bu tez çalışması da bunu destekler nitelikte kadmiyumun arsenikten; belli oranlarda bu metal karışımlarının (%90 Cd + %10 As) tek başına kadmiyumdan daha toksik olduğunu göstermiştir.

Hızlı kentleşme, kontrolsüz nüfus artışı ve sanayileşmenin yol açtığı problemler bilinçli yaklaşımlarla çözümlenmelidir. Alt yapı yetersizlikleri giderilmeli, kanalizasyonların su kaynaklarına karışması önlenmelidir. Sanayi kuruluşlarının atık sularını arıtım yapmadan su kaynaklarına deşarj etmesi engellenmeli, caydırıcı cezai işlemler uygulanmalıdır.

Bu tez çalışmasında, kadmiyum ve arsenikten yola çıkarak, ağır metallerin kullanım kontrollerinin yapılmasının hayati önem taşıdığı sonucuna varılmaktadır.

KAYNAKLAR

- Aberhart, A.R., Larson, G.L. and Mathews, J.R. 1984. Heavy metals in surficial sediments of Fontana Lake. 18, (13):351-354, North Carolina.
- Abrantes, N. and Gonçalves, F. 2003. The dynamics of *Ceriodaphnia pulchella* (Cladocera) in laboratory. Acta Oecologica, vol.24, no.1, 245-249 p.
- Adema, D. 1978. *Daphnia magna* a test animal in acute and chronic toxicity test. Hydrobiologia 59, 125–134.
- Akyıldız, A.R. 1992. Balık Yemleri ve Teknolojisi. Ankara Üniv. Ziraat Fak. Yayınları: 1280, Ders kitabı: 366, Ankara.
- Allen, P. 1994. Mercury accumulation profiles and their modification by interaction with cadmium and lead in the soft tissues of the Cichlid *Areochromis aureus* during chronic exposure. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology 53, 684–692.
- Alpbaz, A. G., Temelli, B. ve Korkut, A.Y. 1989. Su piresi (*Daphnia magna* Straus) yetiştiriciliği üzerine bir araştırma. E. Ü. Su Ürünleri Yüksekokulu. Su Ürünleri Dergisi, 6 (21), İzmir.
- Altındag, A., Ergonul, M.B., Yigit, S. and Baykan, O. 2008. The acute toxicity of nitrate on *Daphnia magna* Straus. African Journal of Biothechnology 7 (23), 4298–4300.
- Anonim. 1998. T.S.E. Su Kirliliği Kontrolü, Metod ve Kuralları, Zehirlilik Denemeleri, Ankara.
- Anonim. 1999. TS 6050 EN ISO 6341. Su Kalitesi. *Daphnia magna* Straus'un (Cladocera, Crustacea) hareketliliğinin engellemesinin (inhibisyonu) tayini, akut zehirlilik deneyi.
- Anonim. 2001. T.C. Tarım Orman ve Köy İşleri Bakanlığı Su Ürünleri yönetmeliğinde değişiklik yapılmasına dair yönetmelik. 3.2.2001 tarihli, 24307 sayılı Resmi Gazete.
- Anonymous. 1983. Revised report on fish toxicity testing procedures, EIFAC Technical Paper, No: 24–1.
- Anonymous. 1984. Arsenic. Guidelines for drinking-water quality. Vol. 1, Recommendations, World Health Organization, 53, Geneva.

- Anonymous. 1992. Web Sitesi: <http://www.epa.gov/ogwdw/contaminants/basicinformation/cadmium.html>. Erişim tarihi: 06.01.2010.
- Anonymous. 2007. Framework for Metals Risk Assessment. Risk Assessment Forum EPA-120/R-07/001. U.S.EPA, Washington DC, USA.
- Anonymous. 2010. <http://www.cladocera.de/cladocera/cladocera.html> Erişim Tarihi: 06.01.2010
- Atayeter, S. and Köksal, G. 1998. Determination of Pb, Cu, Cd and Hg Concentrations in Water, Sediment and Some Fish Species from the Gemlik Bay, Karacaali Region. The proceedings of the First International Symposium on Fisheries and Ecology, Trabzon.
- Badisa, V.L.D., Latinwo, L.M.O., Caroline, O., Ikediobi, C.O., Badisa, R.B., Ayuk-Takem, L.T., Nwoga, J. and West, J. 2007. Mechanism of DNA damage by cadmium and interplay of antioxidant enzymes and agents. Environ. Toxicol. 22, 144-215.
- Baudouin, M.F. and Scoppa, P. 1974. Acute toxicity of various metals to freshwater zooplankton. Bull. environ. Contam. Toxicol., 12, 745-751.
- Bebianno, M.J. and Machado, M. 1997. Concentrations of metals and metallothioneins in *Mytilus galloprovincialis* along the South Coast of Portugal. Marine Pollution of Bulletin, Vol:34(8): 666-670.
- Berg, V., Erikson, G.S. and Iverson, P.E. 1997. Strategies for monitoring of contaminants in marine organisms in Norwegian harbours and fjords. Norwegian State Food Control Reports, 94, 300-321.
- Bigersson, B., Sterner, O. and Zimerson, E. 1988. Chemie und Gesundheit "Eine Verstandliche Einführung in die Toxikologie", VCHV erlagsgesellschaft, ISBN 3-527-26455-8.
- Birge, W.J., Hudson, J.E., Black, J.A. and Westerman, A.G. 1978. Embryo-larval bioassays on inorganic coal elements and in situ biomonitoring of coal-waste effluents, in: Samuel, D.E., Stauffer, J.R., Hocutt, C.H., Mason, W.T. (Eds.), Surface mining and fish/wildlife needs in the Eastern United States (PB 298353). Springfield, VA, NTIS, pp. 97-104.
- Boersma, M. and Vijverberg, J. 1996. Food effects on life history traits and seasonal dynamics of *Ceriodaphnia pulchella*. Freshwater Biology, 35:25-34 p.
- Boersma, M. and Becker, C. 2003. Resource quality effects on life histories of *Daphnia*. Limnol. Oceanogr, 18(2): 700-706 p.

- Bolan, N.S., Mahimairaja, S., Megharaj, M., Naidu, R. and Adriano, D.C. 2006. Biotransformation of arsenic in soil and aquatic environments in relation to bioavailability and bioremediation. In R. Naidu vd. (Eds.), Managing arsenic in the environment: From soil to human health CSIRO Publishing, Melbourne, pp. 433–454.
- Braginsky, L.P. and Shcherban, E.P. 1978. Acute toxicity of heavy metals to aquatic invertebrates at different temperatures. *Hydrobiological J.* 14, 78.
- Braek, G.S., Jensen, A. and Mohus, A. 1976. Heavy metals tolerance of marine phytoplankton III. Combined effects of copper & zinc ions on cultures of four common species . *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 25, 37–50.
- Castaing, P., Assor, R., Jouanneau, J.M. and Weber, O. (1986). Heavy metal origin and concentration in the sediments of the pointe a pitre bay (Guadeloupe-Lesser Antilles). *Environ. Geol. Water Sci.* 8 (4): 175-184.
- Censi, P., Spoto, S.E., Saiano, F., Sprovieri, M., Mazzola, S. and Nardone, G. 2006. Heavy metals in coastal water systems. A case study from the northwestern Gulf of Thailand. *Chemosphere* 64, 1167–1176.
- Chan, H.M. and Cherian, M.G. 1992. Protective roles of MT and glutathione in hepatotoxicity of Cd. *Toxicology.* 72:281-290.
- Cheville, N.F. 1983. Celi pathology. The Iowa State University, Ames, Iowa, USA.
- Cirik, S. and Gökpinar, S. 1993. Plankton Bilgisi ve Kültürü (Ders Kitabı), Ege Üniv.Su Ürünleri Fakültesi Yayınları, No: 47, Ders Kitabı Dizini No: 19, İzmir.
- Clark, R.B. 2003. Marine Pollution. Oxford University Press. 5th. Ed. London, England
- Clowes, L.A. and Francesconi, K.A. 2004. Uptake and elimination of arsenobetaine by the mussel *Mytilus edulis*, (L., 1758) is related to salinity. *Comparative Biochemistry and Physiology, Part C* 137, 35-42.
- Cohen, S.M. 1995. Human relevance of animal carcinogenicity studies. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 21(1): 75-80.
- Conti, E.M. and Cecchetti, G. 2003. A biomonitoring study: Trace metals in algae and mollusks from Tyrrhenian coastal areas. *Environmental Research*, 93: 99-112.
- Cooman, K., Debels, P., Gajardo, M., Urrutia, R. and Barra, R. 2005. Use of *Daphnia spp.* for the ecotoxicological assessment of water quality in an agricultural watershed in South–Central Chile. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 48, 191–200.

- Cooper, N.L., Bidwell, J.R. and Kumar, A. 2009. Toxicity of copper, lead, and zinc mixtures to *Ceriodaphnia dubia* and *Daphnia carinata*. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 72, 1523–1528.
- Cowgill, U.M., Emmel, H.W., Hopkins, D.L., Appelegath, S.L. and Takahash, I.T. 1986. The influence of water on reproductive success and chemical composition of laboratory reared populations of *Daphnia magna*. *Water Research*, vol.20, No.3, pp. 317-323.
- Çiltaş, A.K. 1994. Su piresi (*Daphnia magna*)’nın farklı kültür ortamlarında yetiştirilme imkanları. Yüksek Lisans Tezi A.Ü.Fen. Bil. Enst, Erzurum.
- Demirsoy, A. 1992. Genel Türkiye Zoocoğrafyası. Meteksan A.Ş. 603s., Ankara.
- Demirsoy, A. 1998. Yaşamın Temel Kuralları, Omurgasızlar = invertebrata böcekler dışında Cilt-II / Kısım-I, ikinci baskı S.818-830, Ankara.
- Demirsoy, A. 2001. Yaşamın Temel Kuralları, omurgasızlar = invertebrata böcekler dışında Cilt-II / Kısım-I, dördüncü baskı S.799 -817, Ankara.
- Dener, J.W. and Sinnige, T.L. 1988. The joint acute toxicity to *Daphnia magna* of industrial organic chemicals at low concentrations. *Aquatic Toxicology*, vol.12, pp.33–38.
- De Smet, H., De Wachler, B., Lobinski, R. and Blust, R. 2001. Dynamics of (Cd-Zn)-Metallothionein in gills, liver and kidney of Common carp *Cyprinus carpio* during Cd exposure. *Aquatic Toxicol*, 52:269-281.
- De Conto, C., Ramel, M.P., Faure, R., Garin, D. and Bouvet, Y. 1999. Kinetics of Cd accumulation and elimination in Carp *Cyprinus carpio* tissues. *Comp. Biochem. Physiol. Part C*, 122:345-352.
- Dimitrov, N.V., Saygı, Ş., Charamella, L.G., Gardiner, J.H. and Ullrey, D.E. 1988. Effect of Selenium on Transplantable Tumors. *J Trace Elements Exp Med* 1: 191-198.
- Dons, C. and Beck P.A. 1993. Priority hazardous substances in Norway. *Norwegian State Pollution Control Reports*, 93, 22-115.
- D’Souza, S.H., Menezes, G. and Venkatesh, T. 2003. Role of essential trace minerals on the absorption of heavy metals with special reference to lead. *Indian Journal of Clinical Biochemistry*, 18(2):154-160.
- Duffus, J.H. and Howard, G.J. 1996. *Fundamental toxicology for chemists*. Royal Society of Chemistry Information Services, Cambridge, UK.

- Düzgüneş, Z. ve Düzgüneş, O. 1958. Entomolojide İstatiksel Metodlar, A.Ü. Ziraat Fak.Yayını, No: 140, Ankara.
- Edmondson, W.T. 1959. Freshwater Biology. 2nd Edition John Wiley and Sons Inc.Press. P.1-1248, New York.
- Edujee, G., Badsha, K. and Price, L. 1985. Environmental monitoring and heavy metals in the vicinity of a chemical waste disposal facility-1. Chemosphere. 14, (9): 1371-1382.
- Edvartoro, B.B., Naidu, R., Megharaj, M. and Singleton, I. 2003. Changes in microbial properties associated with long-term arsenic and DDT contaminated soils at disused cattle dip sites. Ecotoxicology and Environmental Safety 55, 344–351.
- Edvartoro, B.B., Naidu, R., Megharaj, M., Merrington, G. and Singleton, I. 2004. Microbial formation of volatile arsenic in cattle dip site soils contaminated with arsenic and DDT. Applied Soil Ecology 25, 207–217.
- Egemen, Ö. ve Sunlu, U. 2003. Su Kalitesi. E.Ü. Su Ürünleri Fakültesi Yayınları, No:14, E.Ü.Basımevi, 148 p.
- Erençin, Z. ve Köksal, G. 1981. İç Sular Temel Bilimleri. A. Ü. Veterinerlik Fak. Yayınları. Yayın No:375, s:1-159, Ankara.
- Erkan, C. 1984. İş Sağlığı ve Meslek Hastalıkları. Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Yayınları,No: 441.
- European Union (EU), 1998. <http://www.lenntech.com/who-eu-water-standards.htm> Erişim tarihi 06.01.2010.
- European Commission, 2001. Directive 2455/2001/EC of the European Parliament and of the Council of 20 November 2001 establishing improvements on Directive 2000/60/EC. List of priority hazardous substances in the field of water policy. Official Journal of the European Communities. , pp. L331/331–L331/335.
- Faust, M., Altenburger, R., Boedeker, W. and Grime, L.H. 1994. Algal toxicity of binary combinations of pesticides. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 53, 134–41.
- Ferreira, A.L.G., Loureiro, S. and Soares, A.M.V.M. 2008.Toxicity prediction of binary combinations of cadmium, carbendazim and low dissolved oxygen on *Daphnia magna*. Aquatic Toxicology 89, 28–39.
- Forget, J., Pavillon, J.F., Menasria, M.R. and Bocquene, G. 1998. Mortality and LC₅₀ values for several stages of the marine copepod *Tigriopus brevicornis* (Müller) exposed to the metals arsenic and cadmium and the pesticides atrazine,

carbofuran, dichlorvos, and malathion. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 40, 239-244.

Francesconi, K.A., Gailer, J., Edmonds, J.S., Goessler, W. and Irgolic, K.J. 1999. Uptake of arsenic-betaines by the mussel *Mytilus edulis*. *Comp. Biochem. and Physiology Part C*, 122, 131-137.

Glazier, D.S. 1992. Effects of food genotype, and maternal size and age on off spring in investment in *Daphnia magna*. *Ecology*, 73(3), pp.910-926

Giordano, R., Arata, P., Rinaldi, S., Ciaralli, L., Giani, M., Rubbiani, M. and Costantini, S. 1989. Mercury, cadmium and lead levels in marine organisms (*Mytilus galloprovincialis*) collected along the Italian coasts. *Ann. Ist. Super. Sanita*, 25(3): 511-516.

Gillis, P.L., Wood, C.M., Raville, J.F. and Chow-Fraser, P. 2006. Bioavailability of sediment-associated Cu and Zn to *Daphnia magna*. *Aquatic Toxicology* 77, 402–411

Gliwicz, M.Z. and Guisande, C. 1992. Family planning in *Daphnia*: resistance to starvation in offspring born to mothers grown at different food levels. *Oecologia*, 91: 463-467 p.

Goldman, C.R. and Horne, A.J. 1983. *Limnology*. Mc Hill Int., Book Comp. 464p., New York.

Goyer, R.A. and Clarkson T.W. 2001. Toxic effects of metals. In: Amdur MO, Daull J, editors. *Casarett and Daull's Toxicology: The Basic Science of Poisons*. 6 th ed., Mc Graw Hill Company, p. 822, Toronto.

Güven, K.C. ve Öztürk, B. 2005. *Deniz Kirliliği. Türkiye Deniz Araştırmaları Vakfı Yayınları*. No.21, 504 p, İstanbul.

Hagopian- Schlekot, T., Chander, G.T. and Shaw, T.J. 2001. Acute toxicity of five sediment-associated metals, individually and in a mixture, to the estuarine meiobenthic harpacticoid copepod *Amphiascus tenuiremis*. *Mar Environ Res*. 51, 247–264.

Hanazato, T. 1998. Response of a zooplankton community to insecticide application in experimental ponds: a review and the implications of the effects of chemicals on the structure and functioning of freshwater communities. *Environmental Pollution* 101 (3), 361–373.

Harmon, S.M., Specht, W.L. and Chandler, G.T. 2003. A comparison of the daphnids *Ceriodaphnia dubia* and *Daphnia ambigua* for their utilization in routine

- toxicity testing in the southeastern United States. Archives of Environmental Contamination and Toxicology 45, 79–85.
- Hapke, H.J. 1991. Effects of metals on domestic animals. VCH Verlagsgesellschaft mbH.
- Hatakeyama, S. and Sugaya, Y. 1989. A freshwater shrimp (*Paratya compressa improvisa*) as a sensitive test organism to pesticides. Environmental Pollution 59, 325–336.
- He, W., Megharaj, M. and Naidu, R. 2009. Toxicity of tri- and penta-valent arsenic, alone and in combination, to the cladoceran *Daphnia carinata*: the influence of microbial transformation in natural waters, Environ. Geochem. Health. 31, 133–141.
- Hoang, C.T., Gallagher, J.S. and Klaine S.J. 2007. Responses of *Daphnia magna* to pulsed exposures of arsenic. InterScience DOI 10.1002/tox.20242, South Carolina, USA.
- Hülsman, S. 2001. Reproductive potential of *Daphnia galeata* in relation to food conditions: implications of a changing size-structure of the population. Hydrobiologia, 442:241-252 p.
- International Agency for Research on Cancer of USA. 1997. Beryllium, cadmium, mercury and exposures in the glass manufacturing industry. Summary of data reported and evaluation. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans.
- Jouany, J.M., Vasseur, P. and Ferard, J.F. 1982. Exotoxicite Directe et Integree du Chrome Hexavalent Sur Deux Niveaux Trophiques Associes, *Chlorella vulgaris* et *Daphnia magna*. Environmental Pollution Series A, Ecological and Biological., 27: 207- 221.
- Kado, N.Y., Kuzmicky, P.A., Loarca-Pina, G. and Mumtaz, M.M. 1998. Genotoxicity testing of MTBE in the *Salmonella microsupension* assay and mouse bone marrow micronucleus test. Mutat. Res. 412, 131–8.
- Kahvecioglu, Ö., Kartal, G., Güven, A. ve Timur, S. 2006. TMMOB Metalürji Mühendisleri Odası, Metalürji Dergisi, Sayı 136.
- Kalay, M. ve Karataş, S. 1999. Kadmiyumun *Tilapia nilotica* (l.)’da kas, beyin ve kemik (omurga kemiği) dokularındaki birikimi Tr. J. of Zoology 23 (1999) Ek Sayı 3, 985-991 Tübitak.

- Kalay, M. and Canli, M. 2000. Elimination of essential (Cu and Zn) and non-essential (Cd and Pb) metals from tissue of a freshwater fish, *Tilapia zilli*. Turk. J. Zool. 24, 429– 436.
- Kalay, M., Koyuncu, C.E. and Dönmez, A.E. 2004. Comparison of Cd levels in the muscle and liver tissues of *Mullus barbatus* and *Sparus aurata* caught from the Mersin Gulf. Ekoloji Dergisi, 13(52):23-27.
- Katalay, S. and Parlak, H. 2004. The effects of cadmium on erythrocyte structure of Black goby (*Gobius niger* L.1758). E.Ü. Su Ürünleri Dergisi, 21(1-2):99-102.
- Kaya, S., Pirinçci, I. ve Bilgili, A. 1998. Çevre Bilimi ve Çevre Toksikolojisi. Medisan Yayın Serisi, Yayın No: 36.
- Kayhan, F.G., Balkıs, N. ve Aksu, A. 2006. İstanbul Balık Halinden Alınan Akdeniz Midyelerinde (*Mytilus galloprovincialis*) Arsenik Düzeyleri Ekoloji 15, 61, 1-5, İstanbul.
- Khalil, M.A., Abdel-Lateif, H.M., Bayoumi, B.M. and Van Straalen, N.M. 1996. Analysis of separate and combined effects of heavy metals on the growth of *Aporrectodea caliginosa* (Oligochaeta; Annelida) using the toxic unit approach. Applied Soil Ecology 4, 213–219.
- Klassen, C.D., Amdur, M.O. and Doull, J. 1986. Toxicology. 3th Ed. Macmillan Publishing Company, Newyork, USA.
- Klassen, C.D. 1991. Principles of Toxicology. Pharmacological Basis of Therapeutics, eight ed. McGraw- Hill, pp. 49–61.
- Kraak, M.H.S., Lavy, D., Schoon, H., Toussaint, M., Peeters, W.H.M. and Van Straalen, N.M. 1994. Ecotoxicity of mixtures of metals to the zebra mussel *Dreissena polymorpha*. Environ. Toxicol. Chem. 13, 109-114.
- Klüttgen, B., Kuntz, N. and Ratte, T.H. 1996. Combined effects of 3,4- Dichloroaniline and food concentration on life-table data of two related Cladocerans, *Daphnia magna* and *Ceriodaphnia quadrangula*, (1996). Chemosphere, vol. 32, no. 10, pp. 2015-2028
- Levesque, H.M., Moon, T.W., Campbell, P.C.G. and Hontela, A. 2002. Seasonal variation in carbohydrate and lipid metabolism of Yellow perch (*Perca flavescens*) chronically exposed to metals in the field. Aquatic Toxicol, 60:257-267.
- Lima, A.R., Curtis, C., Hammermeister, D.E., Markee, T.P., Northcott, C.E. and Brooke, L.T. 1984. Acute and chronic toxicities of arsenic (III) to fathead

- minnows, flagfish, daphnids, and an amphipod. Arch. Environ. Contam. Toxicol. 13, 595–601.
- Loomis, T.A. 1978. Essentials of Toxicology, 3rd edition, Philadelphia, Lea and Febiger, pp.157-232.
- Lurling, M. and Donk, E.V. 1996. Zooplankton-induced unicel-colony transformation in *Scenedesmus acutus* and its effect on growth of herbivore *Daphnia*. Oecologia, 108:432-437 p.
- Lurling, M., De Lange, H.J. and Donk, E.V. 1997. Changes in food quality of the green algae *Scenedesmus* induced by *Daphnia* infocemicals: biochemical composition and morphology. Freshwater Biology, 38: 619-629 p.
- MacFarlane, G.B. and Burchett, M.D. 2000. Cellular distribution of Cu, Pb, and Zn in the Grey Mangrove *Avicennia marina* (Forsk.). Vierh. Aquatic. Botanic. 68, 45–59.
- Marking, L.L. 1977. Method for assessing additive toxicity of chemical mixtures. Aquatic toxicology and hazard evaluation. ASTM STP Publication 634, 99-108.
- Massoud, A.K.S., Ezzat, A.A., El-Rayis, O.A. and Hayez, H. 1981. Occurrence and distribution of chemical pollutants in Lake Maruit, Egypt. II. Heavy Metals. Water, A.R. and Soil Pollution, 16, 401- 407.
- McLaren, R.G., Megharaj, M. and Naidu, R. 2006. Fate of arsenic in the soil environment. In R. Naidu (Ed.), Managing arsenic in the environment: from soil to human health. CSIRO Publishing, Melbourne, pp. 157–182.
- Meng, Q., Xiangdong L.I., Feng, Q. and Cao, Z. 2008. The Acute and Chronic Toxicity of Five Heavy Metals on the *Daphnia magna*. Bioinformatics and Biomedical Engineering, ICBBE 2008. The 2nd International Conference on Shanghai, 16-18 May, pp. 4555-4558 .
- Mertz, W. (1986). Trace elements in human and animal nutrition. 5th Ed. Vol. II. Academic press, Inc, USA.
- Miller, G.G., Sweet, L.I., Adams, J.V., Omann, G.M., Passino-Reader, D. and Meter, P.G. 2002. In vitro toxicity and interactions of environmental contaminants (Arochlor 125 and mercury) and immunomodulatory agents (lipopolysaccharide and cortisol) on thymocytes from lake trout (*Salvelinus namaycus*). Fish and Shellfish Immunology 13, 11–26.
- Nishida, H. and Miyai, M. 1984. Distribution function of heavy metals in river sediment. Bull. Environ. Toxicol, 32, 212-219.

- Nordic Council of Ministers Cadmium Review Report no. 1 Issue no. 04 Date of issue 28. January 2003, CRL,
EHN(http://www.who.int/ifcs/documents/forums/forum5/nmr_cadmium.pdf)
Erişim tarihi: 06.01.2010.
- Nordstrom, D.K. 2002. Worldwide occurrences of arsenic in groundwater. *Science* 296, 2143–2214.
- Pape-Lindstrom, P.A. and Lydy, M.J. 1997. Synergistic toxicity of atrazine and organophosphate insecticides contravenes the response addition mixture model. *Environ Toxicol Chem.* 16, 2415 –2420.
- Paustenbach, D.J. 2000. The practice of exposure assessment: a state-of-the-art review. *J. Toxicol. Environ. Health. B.* 3, 179–291.
- Pestana, J.L.T., Re', A., Nogueira, A.J.A. and Soares, A.M.V.M. 2007. Effects of Cadmium and Zinc on the feeding behaviour of two freshwater crustaceans: *Atyaephyra desmarestii* (Decapoda) and *Echinogammarus meridionalis* (Amphipoda). *Chemosphere* 68, 1556–1562.
- Pinto, E., Sigaud-Kutner, T.C.S., Leitao, M.A.S., Okamoto, O.K., Morse, D. and Colepicolo, P. 2003. Heavy metal-induced oxidative stress in algae. *J. Phycol.* 39, 1008–1018.
- Rehwoldt, R., Lasko, R.L., Shaw, C. and Wirhowski, E. 1973. The acute toxicity of some heavy metal ions toward benthic organisms. *Bull. Environ. Contain. and Toxicol.* 10, 291.
- Repka, S. 1997. Effects of food type on the life history of *Daphnia* clones from lakes differing in trophic state *Daphnia galeata* feeding on *Scenedesmus* and *Oscillatoria*. *Freshwater Biology*, 37: 675-683 p.
- Rose, R.M., Warne, M.S.J. and Lim, R.L. 2002. Some life history responses of the cladoceran *Ceriodaphnia cf. dubia* to variations in population density at two different food concentrations. *Hydrobiologia*, 481:157-164 p.
- Say, H. and Sarıeyyüpoğlu, M. 1991. A Study on heavy metal accumulation of *Barbus capito pectoralis* caught from the region of Elazığ sewage discharge into Keban 45 Dam Lake. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi, Su Ürünleri Sempozyumu* 12-14 Kasım 1991, İzmir.
- Saygı, Ş., Deniz, G., Kutsal, O. and Vural, N. 1991. Chronic Effect of Cadmium on Kidney, Liver, Testes and Fertility of Male Rats. *Biol Trace Elem Res* 31: 209-214.

- Serafim, M.A., Bebianno, R.M. and Langstone, W.J. 2002. Effects of temperature and size on metallothionein synthesis and gill of *Mytilus galloprovincialis* exposed to Cd. Marine Environmental Research, 54:361-365.
- Shah, S.L. and Altindag, A. 2005. Effects of Heavy Metal Accumulation on the 96-h LC₅₀ Values in Tench *Tinca tinca* L., 1758. Turk J. Vet. Anim. Sci. 29, 139–144.
- Sharma, S.S., Vooijs, H.R. and Van Heerwaarden, L.M., 1999. Combination toxicology of copper, zinc and cadmium in binary mixtures: concentration-dependent antagonistic, nonadditive and synergistic effects on root growth in *Silene vulgaris*. Environ. Toxicol. Chem. 18 (2): 348–55.
- Shaw, J.R., Dempsey, T.D., Chen, C.Y., Hamilton, J.W. and Folt, C.L. 2006. Comparative toxicity of cadmium, zinc, and mixtures of cadmium and zinc to daphnids. Environ. Toxicol. Chem. 25, 182–189.
- Shukla, J.P., Shukla, K.N. and Dwivedi, U.N. 1987. Survivability and impaired growth in arsenic treated fingerlings of *Channa punctatus*, a fresh water murrel. Acta. Hydrochim. Hydrobiol. 15: 307–311.
- Smedley, P.L. and Kinniburgh, D.G. 2002. A review of the source, behaviours and distribution of arsenic in natural waters. Applied Geochemistry 17, 517–568.
- Sonal, S. 1994. Türkiye'de Veteriner İlaçları Üretimi, Pazarlaması, Güvenli Kullanımı ve Kalıntı Sorunları Sempozyumu Kitabı. Veteriner Fakültesi, Ankara.
- Sonal, S. 1995. Uludağ Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi, 14 (1-2-3): 75 - 84.
- Spehar, R.L. and Fiandt, J.T. 1986. Acute and chronic effects of water quality criteria-based metal mixtures on three aquatic species. Environ. Toxicol. Chem. 5, 917–931.
- SPSS Statistics Data Editor 17.0 License Authorization Wizard (<http://cs.its.uiowa.edu/software/documents/SPSS17.0MacintoshSiteLicenseInstallationInstructions.pdf>)
- Stoewsand, G.S., Veerson, J.L. and Robinson, R.W. 1996. Safety assessment of a nematode-resistant tomato by a simple, short-term rat feeding study. Regulatory Toxicology and Pharmacology, 24(1): 6-8.
- Şanlı, Y. ve Kaya, S. 1984. Biyolojik Materyalde Arsenik Aranması. A.Ü. Vet. Fak. Der., 31, (1): 1-14.
- Şanlı, Y. 1984. Çevre Sorunları ve Besin Kirlenmesi. Selçuk Üniversitesi, Veterinerlik Fakültesi Dergisi, 2: 17–37

- Şanlı, Y. 1995. Metaller ve Diğer Organik Maddeler. Alınmıştır: S. Kaya Ed. Veteriner Klinik Toksikoloji. Medisan Yayın Serisi, Yayın No: 21, Ankara.
- Şener, S. ve Yıldırım, M. 2000. Veteriner Toksikoloji. Teknik Yayıncılık. 343 p, İstanbul.
- Tanyolaç, J. 2000. Limnoloji. Hatipoğlu Yayınevi, 263s., Ankara
- Tişler, T. and Zagorc-Konean, J. 2002. Acute and chronic toxicity of arsenic to some aquatic organisms. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 69, 421–9.
- Tort, L. and Torres, P. 1988. The Effects of Sublethal Concentrations of Cadmium on Haematological Parameters in the Dogfish, *Scyliorhinus canicula*. J. Fish Biol, 32, 277-282.
- Urabe, J., Clasen, J. and Sterner, R.W. 1997. Phosphorus limitation of *Daphnia* growth: Is it real? Limnology Oceanography, 42(6), 1436-1443 p.
- Ustaoglu, M.R. 2004. A Check-list for Zooplankton of Turkish Inland Waters. E.Ü Su Ürünleri Dergisi Cilt/Volume 21, Sayı/Issue (3-4): 191– 199.
- Vandenbrouck, T., Soetaert, A., Van der Ven, K., Blust, R. and Coen, D.W. 2009. Nickel and binary metal mixture responses in *Daphnia magna*: Molecular fingerprints and (sub)organismal effects. Aquatic Toxicology 92, 18–29.
- Van der Geest, H.G., Greve, G.D., Boivin, M.E., Kraak, M.H.S. and Van Gestel, C.A.M. 2000. Mixture toxicity of copper and diazinon to larvae of the mayfly (*Ephoron virgo*) judging additivity at different effect levels. Environ. Toxicol. Chem. 19, 2900 –2905.
- Veena, B., Radhakrishnan, C.K. and Chacko, J. 1997. Heavy metal induced biochemical effects in an estuarine teleost. Indian J. Mar. Sci. 26, 74–78.
- Vesela, S. and Vijverberg, J. 2007. Effect of body size on toxicity of zinc in neonates of four differently sized *Daphnia* species. Aquat. Ecol. 41, 67–73.
- Vural, N. 2005. Toksikoloji, A.Ü.Ecz.F. Yayınları No: 73, Ankara, A.Ü. Basımevi, s. 1-20.
- Ward, T.J. and Robinson, W.E. 2005. Evolution of cadmium resistance in *Daphnia magna* Environ. Toxicol. Chem. 24, 2341–2349.
- Weideman, M. 1993. Toxicity Tests in Animals: Historical Perspectives and New Opportunities. Environ Health Perspect, 101(3): 222-5.

- Welch, A.H., Westjohn, D.B., Helsel, D.R. and Wanty, R.B. 2000. Arsenic in groundwater of the United States: occurrence and geochemistry. *Groundwater* 38, 589–604.
- Wetzel, R.G. 1975. *Limnology*. W. B. Saunders Company. p. 419-439, Philadelphia.
- World Health Organization (WHO), 1993. <http://www.lenntech.com/who-eu-water-standards.htm> Erişim tarihi: 06.01.2010.
- World Health Organization (WHO) Regional Office for Europe, 2000. 1-Air Quality Guidelines Second Edition, Copenhagen, Denmark.
- Wicklund, A., Runn, P. and Norrgren, L. 1988. Cadmium and Zinc Interaction in Fish; Effects of Zinc on the Uptake Organ Distribution and Elimination of 109 Cd in the Zebrafish, *Brachydanio rerio*. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 17, 345-354.
- Wong, C.K. and Pak, A.P. 2004. Acute and Subchronic Toxicity of the Heavy Metals Copper, Chromium, Nickel, and Zinc, Individually and in Mixture, to the Freshwater Copepod *Mesocyclops pehpeiensis*, *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 73, 190–196.
- Wu, S.M., Weng, C.F., Yu, M.J., Lin, C.C., Chen, S.T., Hwang, J.C. and Hang, P.P. 1999. Cadmium-inducible metallothionein in Tilapia (*Oreochromis mossambicus*). *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 62:758-768.
- Yarsan, E., Bilgili, A. ve Türel İ. 2000. Van Gölü'nden Toplanan Midye (*Unio stevenianus* Krynicki) Örneklerindeki Ağır Metal Düzeyleri *Türk J Vet Anim Sci* 24 93–96. Tübitak.
- Yazkan M., Özdemir, F. and Gölükçü, M. 2004. Cu, Zn, Pb and Cd contents in some molluscs and crustacea caught in the Gulf of Antalya. (in Turkish). *Türk. J. Vet. Anim, Sci.* 28:95-100.
- Yorulmazlar, E. and Gul, A. 2003. Investigation of acute toxicity of cadmium sulfate (CdSO₄.H₂O) and behavioral changes of grass carp (*Ctenopharyngodon idellus* Val., 1844), *Chemosphere* 53, 1005–1010.

EKLER

EK 1 Toksikolojik Genel Tanımlar

EK 2 *Daphnia magna*'nın ağır metal verilmeden önceki hali

EK 3 *Daphnia magna*'nın ağır metal vermeden önceki karapaks yapısı

EK 4 Kadmiyumun 0,035mg/L konsantrasyonunda *Daphnia magna*'nın görünümü

EK 5 Kadmiyumun 0,10mg/L konsantrasyonunda *Daphnia magna*'nın görünümü

EK 6 Arseniğin 0,35mg/L konsantrasyonunda *Daphnia magna*'nın görünümü

EK 7 Arseniğin 1mg/L konsantrasyonunda *Daphnia magna*'nın görünümü

EK 8 Kadmiyum+Arsenik (90+10 v/v) 0,05mg/L konsantrasyonunda *Daphnia magna*'nın görünümü

EK 9 Kadmiyum+Arsenik (50+50 v/v) 0,08mg/L konsantrasyonunda *Daphnia magna*'nın görünümü

EK 10 Kadmiyum+Arsenik (10+90 v/v) 0,30mg/L konsantrasyonunda *Daphnia magna*'nın görünümü

EK 1 Toksikolojik Genel Tanımlar

Toksikoloji: Kimyasal maddelerin biyolojik dokulara kantitatif tesirlerinin mekanizmalarıyla birlikte araştırılmasını inceleyen ve elde edilen bilgilerden insan popülasyonuna ve çevreye zararları ve etkileri hakkında tahmin eden bir bilim dalıdır (Anonim 1998).

Zehirlilik Deneyleri: Zehirli maddeye belirli bir maruz kalma süresinden sonra ölüm, hareketsizlik, üremenin engellenmesi gibi zehir etkilerini belirleyen konsantrasyonu tespit etmek için yapılan deneylerdir (Anonim 1998).

Akut Zehirlilik Deneyleri: Deney organizmalarında kısa sürede olumsuz değişikliğe sebep olan deney konsantrasyonlarını belirleme işlemidir (Anonim 1998).

Zehirlilik Etkisi: Sularda tabii dengeyi bozan, organizmaların yaşam sürecini kısaltan ve/veya şartlarını bozan her türlü yabancı etkidir (Anonim 1998).

Zehir: Organizmada şekillenen veya dışardan organizmaya giren, kimyasal yapıları dolayısıyla canlının doku veya organlarını etkileyebilen, canlının sağlığında geçici veya sürekli olarak olumsuz etki yapan maddelerdir (Anonim 1998).

Ortalama Öldürücü Konsantrasyon (LC₅₀): Tatbik edildiği organizmaların yarısını öldüren konsantrasyondur (Anonim 1998).

Ortalama Etkili Konsantrasyon (EC₅₀) : Deney organizmalarının %50'sinde denge kaybı, felç, anormallikler veya vücut bozuklukları gibi etki meydana getiren konsantrasyondur (Anonim 1998).

Ortalama Ölüm Zamanı (LT₅₀): Zehir etkisini gösteren bir maddenin öldürücü dozunun organizmaya girdikten sonra, organizmaların yarısının ölümü için geçen süredir (Anonim 1998).

Ortalama Öldürücü Doz (LD₅₀): Tatbik edildiği organizmaların yarısını öldüren dozdur (Anonim 1998).

Ortalama Tolerans Limiti (TL₅₀): Su organizmalarının zehirli ortamda yarısının canlı kaldığı sınır zehirlilik değeridir (Anonim 1998).

En Yüksek Tolerans Dozu: Ölüm meydana getirmeyen en yüksek dozdur (Anonim 1998).

Öldürücü Doz: Ölüm meydana getiren dozların en küçüğüdür (Anonim 1998).

En Düşük Öldürücü Doz: Bir defa tatbikinde öldüren doza denir (Anonim 1998).

Zehirlilik Dozu (Toksik Doz): Ölüm meydana getirmemekle beraber, zehirlenme belirtilerine sebep olan dozdur (Anonim 1998).

Eşik Konsantrasyonu: Kontrollü koşullarda basit deney hayvanında seçici bazı cevapları almak için gerekli olan minimum zehir konsantrasyonu veya aynı koşullar altında canlıların hayatta kalmasına izin veren maksimum zehir konsantrasyonudur (Anonymous 1983).

Akut zehirlilik: Tek dozda 24 saatlik süre içinde görülen zehirliliktir (Vural 2005).

Kronik Zehirlilik: Sıçanlarda 3 doz düzeyinde 1 yıllık süreli; köpeklerde 3 doz düzeyinde 6 ay süreli; üçüncü bir türde 6 ay süreli ortaya çıkan zehirliliktir (Vural 2005).

Subkronik Zehirlilik: Sıçanlarda 3 doz düzeyinde 16–13 hafta süreli, köpeklerde 3 doz düzeyinde 4–13 hafta süreli ortaya çıkan zehirliliktir (Vural 2005).

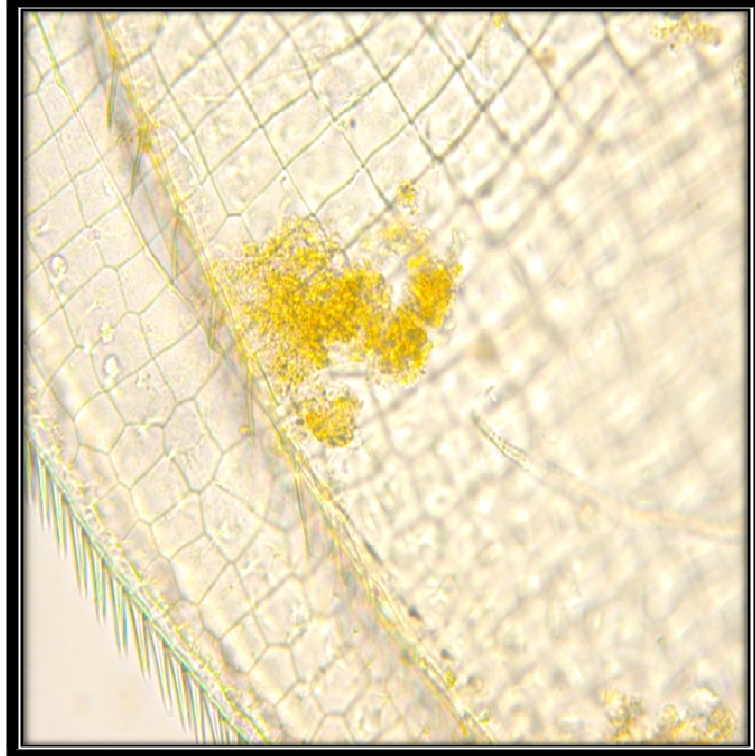
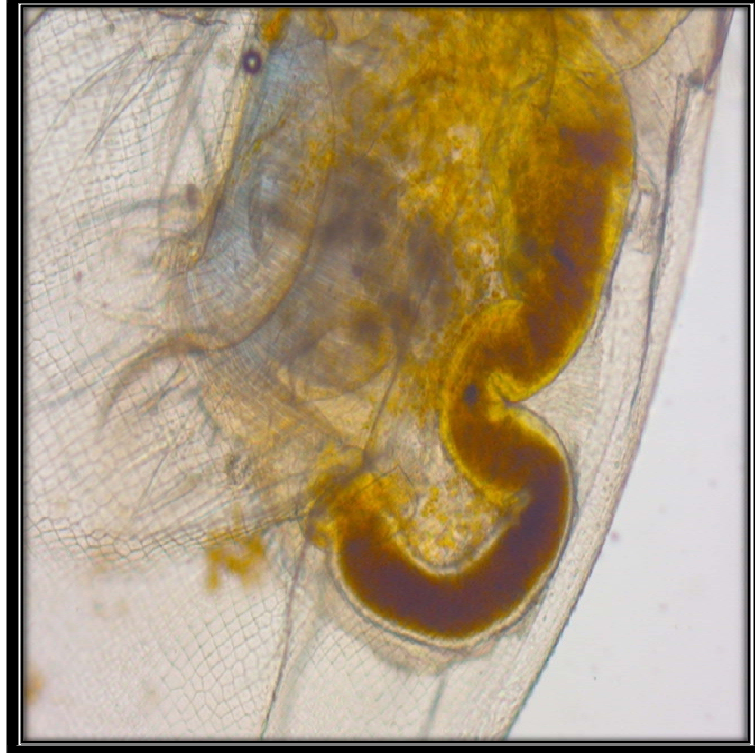
Subletal Doz: Doğrudan ölüme sebep olan seviyenin altındaki dozdur (Anonim 1998).

Doz-Cevap İlişkisi: Kimyasal maddelere maruz kalma özellikleri ile meydana gelen çeşitli ve geniş spektrumlu tesirler arası ilişkilere denir (Anonim 1998).

EK 2 *Daphnia magna*'nın ağır metal verilmeden önceki hali



EK 3 *Daphnia magna*'nın ağır metal vermeden önceki karapaks yapısı



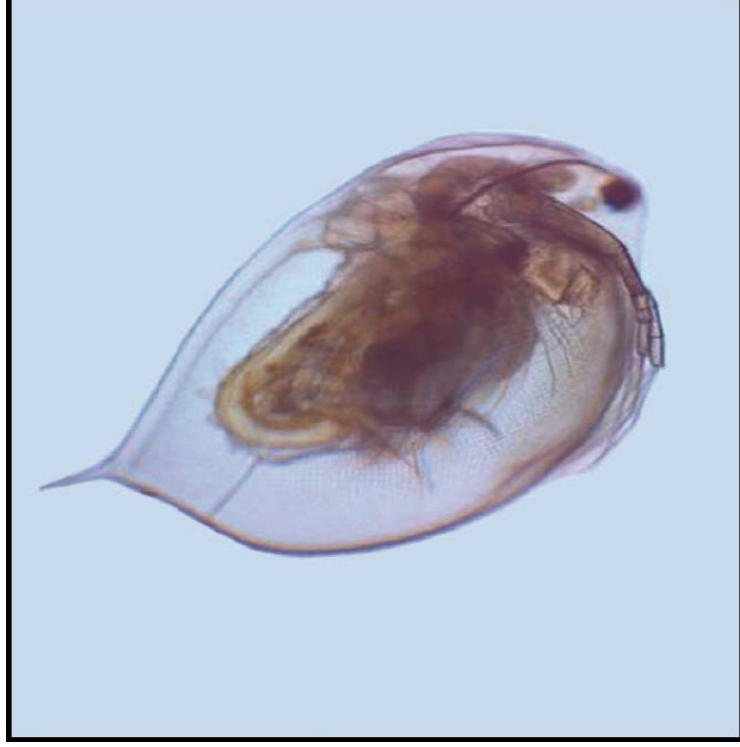
**EK 4 Kadmiyumun 0,035mg/L konsantrasyonunda *Daphnia magna*'nın
görünümü**



**EK5 Kadmiyumun 0,10mg/L konsantrasyonunda *Daphnia magna*'nın
görünümü**



**EK6 Arseniğin 0,35mg/L konsantrasyonunda *Daphnia magna*'nın
görünümü**



**EK 7 Arseniğin 1mg/L konsantrasyonunda *Daphnia magna*'nın
görünümü**



**EK 8 Kadmiyum+Arsenik (90+10 v/v) 0,05mg/L konsantrasyonunda
Daphnia magna'nın görünümü**



**EK 9 Kadmiyum+Arsenik (50+50 v/v) 0,08mg/L konsantrasyonunda
Daphnia magna'nın görünümü**



**EK 10 Kadmiyum+Arsenik (10+90 v/v) 0,30mg/L konsantrasyonunda
Daphnia magna'nın görünümü**



ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı: Şeyda FİKİRDEŞİCİ

Doğum Yeri: Adana

Doğum Tarihi: 04.10.1983

Medeni Hali: Bekar

Yabancı Dil: İngilizce

Eğitim Durumu

Lise: Adana Atatürk Yabancı Dil Ağırlıklı Lisesi (2001)

Lisans: Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü (2007)

Yüksek Lisans: Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji
Anabilim Dalı (Eylül 2007- Şubat 2010)