

T.C.
ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS TEZİ

**ÇANAKKALE BOĞAZI UMURBEY KIYILARINDA YETİŞEN
BAZI ÇİFT KABUKLU YUMUŞAKÇALARIN (BIVALVIA)
SOLUNGAÇLARINDAKİ AĞIR METAL BİRİKİMLERİ VE
GENOTOKSİSİTE ÜZERİNE ETKİLERİ**

Gizem ÖZKURNAZ

Biyoloji Anabilim Dalı

Tezin Sunulduğu Tarih: 02/07/2012

Tez Danışmanı:

Yrd. Doç. Dr. Neslihan DEMİR

ÇANAKKALE

YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

GİZEM ÖZKURNAZ tarafından **YRD. DOÇ. DR. NESLİHAN DEMİR** yönetiminde hazırlanan “**ÇANAKKALE BOĞAZI UMURBEY KIYILARINDA YETİŞEN BAZI ÇİFT KABUKLU YUMUŞAKÇALARIN (BIVALVIA) SOLUNGAÇLARINDAKİ AĞIR METAL BİRİKİMLERİ VE GENOTOKSİSİTE ÜZERİNE ETKİLERİ**” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Yrd. Doç. Dr. Neslihan DEMİR

Danışman

Doç. Dr. Cüneyt AKI

Jüri Üyesi

Prof. Dr. Sezginer TUNÇER

Jüri Üyesi

Sıra No :

Tez Savunma Tarihi: 02/07/2012

Prof. Dr. İsmet KAYA

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

İNTİHAL (AŞIRMA) BEYAN SAYFASI

Bu tezde görsel, işitsel ve yazılı biçimde sunulan tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uyularak tarafımdan elde edildiğini, tez içinde yer alan ancak bu çalışmaya özgü olmayan tüm sonuç ve bilgileri tezde kaynak göstererek belirttiğimi beyan ederim.

Gizem ÖZKURNAZ

TEŞEKKÜR

Bu tezin gerçekleştirilmesinde, çalışmam boyunca benden yardımlarını esirgemeyen saygıdeğer danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Neslihan DEMİR'e;

Değerli jüri üyelerim Prof. Dr. Sezginer TUNÇER'e ve Doç. Dr. Cüneyt AKI'ya;

Arazi çalışmalarım sırasındaki yardımlarından dolayı Doç. Dr. Umur ÖNAL'a, Kemal ŞAŞMAZ'a, Menderes KOŞUNCU'ya ve S. S. Çanakkale merkez bir su ürünleri kooperatifi yönetimine ve ortaklarına;

Çalışmalarım sırasında yardımlarını gördüğüm Burçin ŞEN'e, Merve BALLI'ya, Deniz ÇAKMAK'a, İbrahim DENİZ'e ve Didar GÜZEY'e;

Tez çalışmam boyunca manevi desteğini esirgemeyen ve istatistik analizlerim için yardımcı olan Chemnitz Teknik Üniversitesi'nden Yük. Müh. Çağatay ELİBOL'a;

Hayatımın her aşamasında maddi ve manevi desteklerini eksik etmeyen ve bugünlere gelmemde büyük fedakarlıklar gösteren sevgili annem Sevinç ÖZKURNAZ'a, babam Mehmet ÖZKURNAZ'a ve ağabeyim Gökhan ÖZKURNAZ'a;

teşekkür ve saygılarımı sunarım.

Gizem ÖZKURNAZ

SİMGELER VE KISALTMALAR

µg	: Mikrogram
AAS	: Atomik absorpsiyon spektrometresi
Al	: Alüminyum
As	: Arsenik
Be	: Berilyum
BN	: Binukleus
Cd	: Kadmiyum
Cl	: Klor
Co	: Kobalt
Cr	: Krom
Cu	: Bakır
DNA	: Deoksiribonükleik asit
EDS	: Elektron dağılım spektroskopisi
Fe	: Demir
gr	: Gram
Hg	: Civa
ICP-AES	: Inductively coupled plasma- atomic emission spectrometer
ICP-OES	: Inductively coupled plasma-optical emission spectrometer
kg	: Kilogram
l	: Litre
Li	: Lityum

MeHg	: Metilciva
mg	: Miligram
ml	: Mililitre
Mn	: Mangan
MN	: Mikronukleus
NB	: Nuklear bud
Ni	: Nikel
nm	: Nanometre
Pb	: Kurşun
ppb	: Milyarda bir (1/1.000.000.000), µg/gr
ppm	: Milyonda bir (1/1.000.000), µg/kg
Sn	: Selenyum
V	: Vanadyum
Zn	: Çinko

ÖZET

ÇANAKKALE BOĞAZI UMURBEY KIYILARINDA YETİŞEN BAZI ÇİFT KABUKLU YUMUŞAKÇALARIN (BIVALVIA) SOLUNGAÇLARINDAKİ AĞIR METAL BİRİKİMLERİ VE GENOTOKSİSİTE ÜZERİNE ETKİLERİ

Gizem ÖZKURNAZ

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Biyoloji Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Neslihan DEMİR

02/07/2012, 79

Bu çalışmada, ağır metallerin bazı çift kabuklu yumuşakçalarda ki (*Mytilus galloprovincialis*, *Ruditapes decussatus*, *Pecten maximus* ve *Ostrea edulis*) genotoksik etkileri belirlenerek solungaç dokularında birikimi saptanmıştır.

Çift kabuklu yumuşakça örneklerinin hemolenflerinde mikronukleus (MN) testi gerçekleştirilmiştir. Yapılan değerlendirmeler sonucu en yüksek MN frekansı ve sitogenetik zararın bir göstergesi olan BN frekansı *Mytilus galloprovincialis*'de saptanmıştır. Ayrıca türler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılığın olduğu gözlenmiştir ($P<0,05$).

Örneklerin solungaç dokularında ki ağır metal analizlerine göre ortalama metal konsantrasyonları; *M. galloprovincialis*'de $Fe>Zn>Pb>Al>Mn>Cu>Cr>Ni$, *O.edulis*'de $Fe>Zn>Mn>Al>Cu>Pb>Ni>Cr$, *R. decussatus*'da $Fe>Zn>Al>Mn>Pb>Cu>Ni>Cr$ ve *Pecten maximus*'da $Fe>Al>Zn>Mn>Cu>Pb>Ni>Cr$ olarak sıralanmaktadır.

Elde edilen sonuçlara göre, çift kabuklu yumuşakçalarda mikronukleus testinin iyi bir gösterge olduğu ve kıyı ekosisteminin ağır metal birikimi bakımından sürekli izlenmesinin gerektiği sonucuna varılmıştır.

Anahtar sözcükler: *Mytilus galloprovincialis*, *Ruditapes decussatus*, *Pecten maximus*, *Ostrea edulis*, mikronukleus, hemolenf, ağır metal, solungaç.

ABSTRACT

THE EFFECTS OF HEAVY METAL ACCUMULATION IN THE GILLS OF BIVALVE MOLLUSCS GROWING ON THE UMURBEY COAST, DARDANELLES ON GENOTOXICITY

Gizem ÖZKURNAZ

Çanakkale Onsekiz Mart University

Graduate School

Chair for Biology Thesis of Master of Science

Advisor: Assist. Prof. Dr. Neslihan DEMİR

02/07/2012, 79

This research has been carried out in order to study the genotoxic effects of heavy metals on some bivalve molluscs (*Mytilus galloprovincialis*, *Ruditapes decussatus*, *Pecten maximus* and *Ostrea edulis*) and their accumulation in gill tissues.

A micronucleus test (MN) has been realized on hemolymphs of the sampled bivalves. According to the evaluations, the highest MN and BN (binucleus) frequency which is a biomarker of cytogenetic damage has been determined in *Mytilus galloprovincialis*. Moreover, a substantial statistic difference has been observed between species ($P < 0,05$).

According to the analysis of heavy metal accumulation on the sampled gill tissues, the average metal concentrations are classified as Fe>Zn>Pb>Al>Mn>Cu>Cr>Ni in *Mytilus galloprovincialis*, Fe>Zn>Mn>Al>Cu>Pb>Ni>Cr in *Ostrea edulis*, Fe>Zn>Al>Mn>Pb>Cu>Ni>Cr in *Ruditapes decussatus* and Fe>Al>Zn>Mn>Cu>Pb>Ni>Cr in *Pecten maximus*.

According to the results obtained, it has been observed that the micronucleus test on bivalve molluscs was a good biomarker and that the coastal ecosystem should continuously be monitored as to its heavy metal accumulation.

Keywords: *Mytilus galloprovincialis*, *Ruditapes decussatus*, *Pecten maximus*, *Ostrea edulis*, micronucleus, hemolymph, heavy metal, gill.

İÇİNDEKİLER	Sayfa No
YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU.....	ii
İNTİHAL (AŞIRMA) BEYAN SAYFASI.....	iii
TEŞEKKÜR.....	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR	v
ÖZET	vii
ABSTRACT.....	viii
BÖLÜM 1- GİRİŞ.....	1
1.1. Ağır Metaller	2
1.1.1. Ağır metaller ve genel özellikleri.....	2
1.1.1.1. Kurşun (Pb)	5
1.1.1.2. Krom (Cr).....	6
1.1.1.3. Kadmiyum (Cd)	7
1.1.1.4. Çinko (Zn)	8
1.1.1.5. Bakır (Cu).....	8
1.1.1.6. Civa (Hg).....	9
1.1.1.7. Arsenik (As).....	10
1.1.1.8. Demir (Fe).....	10
1.1.1.9. Alüminyum (Al)	11
1.1.1.10. Mangan (Mn).....	11
1.1.1.11. Nikel (Ni).....	11
1.1.2. Ağır metal kirliliğine yol açan kaynaklar ve sucul yaşama etkileri.....	12
1.2. Mikronukleus.....	16
1.3. Çift Kabuklu Yumuşakçalar	19
1.3.1. <i>Ostrea edulis</i>'in genel özellikleri	19

1.3.2. <i>Mytilus galloprovincialis</i> 'in genel özellikleri.....	22
1.3.3. <i>Ruditapes decussatus</i> 'un genel özellikleri	24
1.3.4. <i>Pecten maximus</i> 'un genel özellikleri	26
BÖLÜM 2- ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	29
2.1. Mikronukleus ile İlgili Daha Önce Yapılan Çalışmalar	29
2.2. Ağır Metaller ile İlgili Daha Önce Yapılan Çalışmalar	36
BÖLÜM 3- MATERYAL VE YÖNTEM	47
3.1. Materyal.....	47
3.1.1. Çift kabuklu yumuşakça örneklerinin alındığı araştırma bölgesi	47
3.1.2. Araştırmada kullanılan çift kabuklu yumuşakça materyalleri.....	48
3.1.3. Kullanılan kimyasallar.....	49
3.2. Yöntem	49
3.2.1. Kimyasalların hazırlanması	49
3.2.1.1. Fiksatif	49
3.2.1.2. Sorenson fosfat tamponunun hazırlanması.....	49
3.2.1.3. Giemsa	49
3.2.2. Mikronukleus testi	49
3.2.3. Ağır metal analizi	50
BÖLÜM 4- ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	51
4.1. Araştırma Bulguları.....	51
4.1.1. Mikronukleus testine ait bulgular.....	51
4.1.2. Ağır metal analizlerine ait bulgular	56
4.2. Tartışma	57
BÖLÜM 5- SONUÇ VE ÖNERİLER	61
KAYNAKLAR	62

ÇİZELGELER.....	I
ŞEKİLLER.....	II
ÖZGEÇMİŞ	IV

BÖLÜM 1**GİRİŞ**

Hava, su, toprak, bitki, gıda ve hayvan gibi abiyotik ve biyotik bileşenlerin karmaşık etkileşimleri çevremizi oluşturur. Bu bileşenlerden herhangi birinin bozulması, çevre sorunlarının oluşumuna ve yaşamın sürekliliği üzerinde ciddi hasarlara neden olmaktadır (Jha, 2004).

Sucul ekosistemlerin kirliliği önemli çevre sorunlarından birini oluşturmaktadır. Havanın ve toprağın kirlenmesi çoğu kez su kirlenmesi olarak da gözlenir. Çünkü bu kirleticiler atıldıkları bölgede kalmayıp, yağmur, sel ve diğer yollarla yer altı ve yer üstü sularına ulaşır ve burada kirliliğe sebep olurlar (Güler ve Çobanoğlu, 1997).

Sucul ortamlar endüstriyel, zirai, evsel, tarımsal ve birçok antropojenik kaynaklarla her gün tahrip edilmektedir. Kentler içinde ya da yakın yere kurulmuş olan tekstil, kağıt, besin ve deri fabrika kuruluşlarının atık suları, madencilik ve eritme işlemleri sonucu oluşan kirleticiler yoğun şekilde denizlere ulaşmaktadır (Akın ve Akın, 2007; Benson ve ark., 2007; Ogundiran ve Osibanjo, 2008; Zhuang ve ark., 2009).

Giderek artan nüfus artışı ile birlikte yoğun endüstriyel gelişimin sonucunda kirletici maddelerin miktarında çok büyük artış gözlenmiştir. Doğaya bırakılan bu kirletici maddeler doğrudan ya da dolaylı olarak ekosistem dengesinin bozulmasına neden olmaktadır. Kirleticilerin son olarak sucul ortama bırakılması suların kalitesini bozarak, suda yaşayan organizmaları ve besin zincirini takiben insanların da yaşamını olumsuz yönde etkilemektedir (Jha, 2004; Villela ve ark., 2006; Benson ve ark., 2007; Pavlica ve ark., 2008; Kumar ve Edward, 2009). Deniz ve tatlı sulardaki canlıların çoğu (midye, yengeç, istiridye, balık, vb.) insanlar için zararlı ağır metalleri bünyelerinde biriktirmektedir.

Çeşitli atıkların arasında akuatik ortamlara ulaşan kirleticilerin en önemlileri toksik olan ve ortamda uzun süre kalan kimyasal maddeler ve türevleridir (Baş ve Demet, 1992). Bu kimyasalların başında ağır metaller gelmektedir. Bazı ağır metaller ortamda sınır değerlerde bulunduğu zaman organizmaların yaşamsal faaliyetlerinde olumlu etkiler yaparken bu değerlerin üzerinde vücuda alındığı zaman bireyin biyolojik aktiviteleri üzerine olumsuz etkilere neden olmaktadır (Rainbow, 1985; Granero ve Domingo, 2002; Liu ve ark., 2006).

Denizdeki canlılar ağır metalleri su ve besinden direkt veya indirekt olarak ya da askıdaki katı maddelerden almaktadırlar. Midye, istiridye, karides, balık, vb. gibi organizmalar vücutlarında ağır metalleri biriktirir ve metalin zararlı etkisini artırır (Rainbow, 1985). Ağır metaller, sucul canlılarda moleküler ve hücresel düzeyde yapısal işlev bozukluklarına ve DNA kırılmaları sıklığında artışlara neden olabilmektedir (Kayhan ve ark., 2009).

Çift kabuklu yumuşakçalar sesil olan ve filtrasyonla beslenen canlılardır. Geniş coğrafik yayılım gösteren bu canlılar, kirleticileri dokularında biriktirebilmeleri ve bunlara oldukça duyarlı olmaları nedeniyle, denizel ortamın kalitesinin biyolojik olarak izlenmesinde biyoindikatör olarak kullanılmaktadırlar (Moore, 1990; Bolognesi ve ark., 2004; Da Silva Souza ve Fontanetti, 2006; Pavlica ve ark., 2008). Bu nedenlerle çift kabuklu yumuşakçalar birçok araştırmacı tarafından incelenmektedir (Popham ve ark., 1980).

Ağır metallerin canlılar üzerindeki etkilerini belirleyen bazı testler kullanılmaktadır. Yaygın olarak kullanılan genotoksik testlerden biri mikronukleus (MN) testidir. Suda yaşayan canlıların kirletici maddelere maruziyeti ile uyarılan genotoksik etkileri değerlendirmek için hassas bir teknik olarak kullanılmaktadır (Fenech, 1992).

1.1. Ağır Metaller

Ağır metaller çeşitli kaynaklardan çevreye ulaşmaları, ortamda uzun süre kalıcı olmaları ve kolaylıkla besin zincirine girerek canlılarda artan yoğunluklarda birikmesi nedeniyle önemli kirleticilerdir (Baş ve Demet, 1992).

1.1.1. Ağır metaller ve genel özellikleri

Standart olarak özgül ağırlığı 5 g/cm^3 ten daha fazla olan metaller için “ağır metal” ifadesi kullanılmaktadır. Bu gruba kurşun, demir, krom, kadmiyum, çinko, bakır ve civa gibi bilinen 60 dan fazla metal dahildir (Raikwar ve ark., 2008; Li ve Zhang, 2011). Ağır metaller iz elementler olarak da adlandırılmaktadır. Fakat iz elementler organizmadaki düşük konsantrasyonlar için kullanılır ve organizmaların ihtiyacı olan gerekli metalleri ifade eder (Fraga, 2005).

Ağır metaller Domingo (1994) tarafından 4 gruba ayrılmıştır. Bunlar;

- Çevrede yaygın olarak bulunan ve toksikolojik önemi olan metaller: Arsenik (Ar), kadmiyum (Cd), Kurşun (Pb), Civa (Hg), Uranyum (U)

- Temel eser metallere: Krom (Cr), Kobalt (Co), Selenyum (Se), Mangan (Mn), Çinko (Zn)
- Biyolojik önemi olan diğere metallere: Nikel (Ni), Kadmiyum (Cd)
- Farmakoloji ile ilgili metallere: Alüminyum (Al), Galyum (Ga), Lityum (Li)

Organizmanın bünyesine aldığı metallere bazılarını gerekli metallere olup canlı yaşamını için önemlidir. Cu, Co, Fe, Cl, Mn, Zn gibi metallere fizyolojik ve metabolik aktivitelere rol oynamaktadır (Raikwar ve ark., 2008). Çizelge 1’de bazı eser elementlerin fonksiyonları gösterilmektedir (Rainbow, 1985; Uysal, 1999; Ülger ve Coşkun, 2003; Fraga, 2005; Kılıç, 2008).

Çizelge 1. Bazı eser elementler ve fonksiyonları

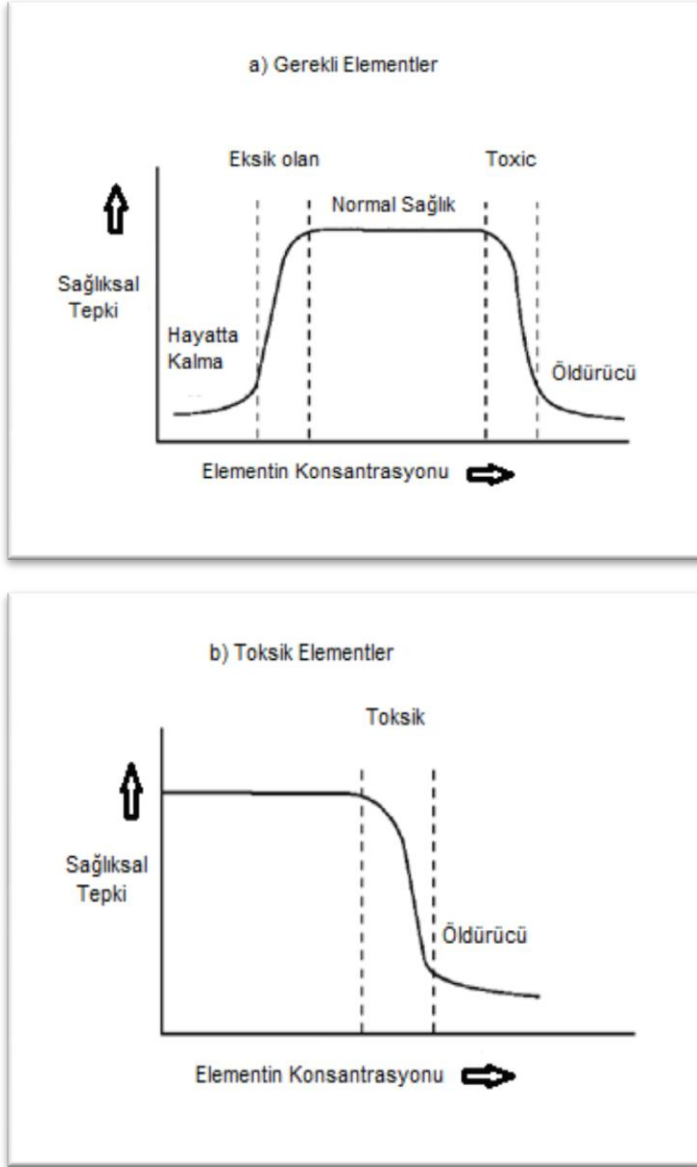
Eser (iz) elementler	Fonksiyonlar
Demir	Pek çok yaşamsal önemi olan enzimlerin yapı ve fonksiyonu için gereklidir.
Çinko	Karbonik anhidraz enzimi gibi birçok enzimi aktive eder.
Krom	İnsülini aktive eder ve lipit metabolizması için gereklidir.
Bakır	Hemosiyaninde bulunur ve birçok enzim içinde gereklidir.
Kobalt	Vitamin B 12’nin yapısında bulunur.
Molibden	Ksantin oksidaz, sülfid oksitaz gibi bazı enzimlerin fonksiyonları için gereklidir.
Mangan	Bazı enzimleri aktive eder.

Ağır metallere sağlık açısından 4 gruba ayrılabilir: (Raikwar ve ark., 2008)

- ✓ Gerekli metallere: Cu, Zn, Co, Cr, Fe, Mn
- ✓ Gerekli olmayan metallere: Ba, Al, Li

- ✓ Az toksik olan metaller: Sn
- ✓ Yüksek derecede toksik olan metaller: Hg, Cd.

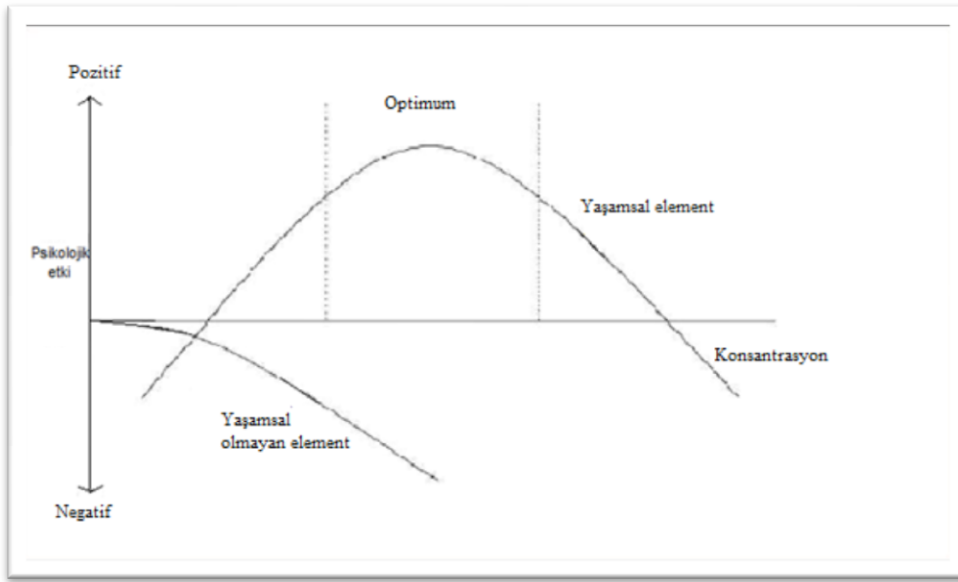
Gerekli metallerin düşük konsantrasyonları canlı yaşamı için gerekli olmasına karşın belirli bir eşik durumu üzerinde organizmalar için toksik etkileri ortaya çıkmaktadır (Şekil 1) (Rainbow, 1985; Ansari ve ark., 2004).



Şekil 1. (a) Gerekli elementler ile (b) toksik elementlerin canlılar üzerindeki etkileri (Ansari ve ark., 2004).

Hg, Pb, Cd ve As gibi ağır metaller ise kümülatif zehir özelliği gösterip canlıda zararlı etkiler meydana getirmektedirler. Şekil 2’de görüldüğü gibi bütün ağır metaller canlı organizmalar için gerekli olsun ya da olmasın yüksek düzeyde toksik etkiler meydana getirir (Karadede-Akın ve Ünlü, 2007; Raikwar ve ark., 2008). Etki oluşumu yalnızca konsantrasyona bağlı kalmayıp canlının türüne, metal iyonunun kimyasal yapısına, vücuda alınış şekline, lokal pH değerine ve çevrede bulunma sıklığına da bağlıdır (http://www.metalurji.org.tr/dergi/dergi136/d136_4753.pdf).

Ağır metaller etkilerini membran yapısına bağlanarak ya da enzimlerin reaksiyonlarına etki ederek gösterirler. Bunun sonucunda organizmanın dokularında farklı etkiler gözlenip bu popülasyonda değişimler olarak da gözlenmektedir (Kayhan ve ark., 2009).



Şekil 2. Vücut sıvısındaki konsantrasyona bağlı olarak ağır metallerin etkileri (http://www.metalurji.org.tr/dergi/dergi136/d136_4753.pdf).

1.1.1.1. Kurşun (Pb)

Kurşun periyodik tablodaki elementlerden biri olup, simgesi Pb'dir (<http://www.biltek.tubitak.gov.tr/bilgipaket/periyodik/>). Kurşun her yerde bulunan toksik etkili bir metaldir ve organizmada biyokimyasal ya da fizyolojik fonksiyonlar için gerekli değildir. Gri-mavimtrak renkli bir metaldir. Genellikle gümüş, bakır, demir, ve çinko metalleriyle birleşmiş halde bulunur (Güler ve Çobanoğlu, 1997). Kurşun elektronik gereçlerde, boru

bağlantı parçalarında, akü ve pil fabrikalarında, metalurjide ve inşaat malzemelerinde kullanılmaktadır (WHO, 1998).

Yüksek miktarda ve tekrarlanarak alınan kurşun, sinir sistemi hastalıkları, hemoglobin sentezinde azalma, kemik metabolizması hastalıkları, anemi, kan damar hastalıkları ve böbrek rahatsızlıklarına neden olmaktadır (Goyer, 1993; Bernard ve ark., 1995; [http://www.mam.gov.tr/kkkuep/tumuep\(tumkiyilar\)/ciltII/akdenizegeciltII.pdf](http://www.mam.gov.tr/kkkuep/tumuep(tumkiyilar)/ciltII/akdenizegeciltII.pdf)).

Kurşunun diğer birçok metale göre çevrede kalış süresi daha uzundur. Bu nedenle sedimentte ve toprakta birikme eğilimi yüksektir. Düşük çözünürlük sebebiyle de insan metabolizmasında ve bezin zincirinde uzun süre kalabilir. Kurşunun Pb^{+2} ve Pb^{+4} formları kararlı formlarıdır. Kurşunun serbest +2 iyon formu, kurşunun inorganik komplekslerinden daha toksiktir ([http://www.mam.gov.tr/kkkuep/tumuep\(tumkiyilar\)/ciltII/akdenizegeciltII.pdf](http://www.mam.gov.tr/kkkuep/tumuep(tumkiyilar)/ciltII/akdenizegeciltII.pdf)).

Ayrıca, kurşun tüm su organizmaları içinde toksiktir. Dipte yaşayan organizmalar tarafından sedimentte bağlı olan kurşunun bünyelerine alındığı ve biriktiği belirtilmiştir (Bryan ve Langston, 1992).

1.1.1.2. Krom (Cr)

Krom, atom numarası 24, simgesi Cr olan bir metaldir. Kimya ve boya endüstrisinde, metalik kaplamalarda, deri imalatında, krom çeliğinin yapımı ve kaynakçılıkta, pil sıvılarında ve kağıt endüstrisinde kullanılmaktadır (Güler ve Çobanoğlu, 1997; Vural, 1984; <http://www.biltek.tubitak.gov.tr/bilgipaket/periyodik/>).

Krom, suda (+3) ve (+6) değerliklerde bulunmaktadır. Kromun +3 değerlikli formu hızla çöküp, sediment ve askıda katı maddelere adsorbe olmaktadır. Cr^{+6} , Cr^{+3} suyun kimyasal ve fiziksel özelliklerine bağlı olarak birbirine dönüşebilmektedir. Cr^{+3} ve Cr^{+6} sucul canlılarda birikirler. Cr^{+3} hayvanların protein, glikoz ve yağ metabolizması için gerekli bir elementtir. Ancak yüksek konsantrasyonlarda toksiktir. Cr^{+6} ise düşük konsantrasyonlarda bile toksiktir. Maruz kalınması durumunda deride alerjik reaksiyonlar görülebilmektedir (Güler ve Çobanoğlu, 1997; [http://www.mam.gov.tr/kkkuep/tumuep\(tumkiyilar\)/ciltII/akdenizegeciltII.pdf](http://www.mam.gov.tr/kkkuep/tumuep(tumkiyilar)/ciltII/akdenizegeciltII.pdf)).

Kroma maruz kalınması durumunda deride alerjik reaksiyonlar ve ülser görülebilmektedir. Ayrıca maruziyet süresi uzadıkça karaciğerde ve böbreklerde hasara neden olduğu gibi sinir dokularını ve kan dolaşım sistemini de tahrip etmektedir. Krom daha çok sucul ortamda birikim gösterdiğinden dolayı yüksek seviyelerde kroma maruz kalan sucul canlıların tüketilmesi zararlı etkilere neden olacağı için oldukça tehlikelidir (Vural, 1984; http://www.metalurji.org.tr/dergi/dergi136/d136_4753.pdf).

1.1.1.3. Kadmiyum (Cd)

Kadmiyum, pil üretiminde, çinko ve kurşun minarelerinin eritilmesi, elektrolizle kaplamada ve lehim yapımında kullanılmaktadır. Ayrıca PVC kaplamalarda, rafine petrol türevlerinde ve fosfatlı gübrelerde bulunur ve bunların kullanımıyla önemli miktarda kadmiyum çevreye yayılmaktadır (Hem, 1985; Satarug ve ark., 2003; Anonim, 2010; http://www.metalurji.org.tr/dergi/dergi136/d136_4753.pdf).

Kadmiyum suda çözünme özelliği en yüksek olan elementtir ve bu nedenle yayılım hızı yüksektir. İnsan yaşamı için gerekli değildir. Kadmiyum su ortamında diğer metallerle göre daha aktif, kararlı (yarılanma ömrü 10-30 yıl) ve biyoakümülatiftir ([http://www.mam.gov.tr/kkkuep/tumuep\(tumkiyilar\)/ciltII/akdenizegeciltII.pdf](http://www.mam.gov.tr/kkkuep/tumuep(tumkiyilar)/ciltII/akdenizegeciltII.pdf); http://www.metalurji.org.tr/dergi/dergi136/d136_4753.pdf).

Endüstriyel atıklardan çevreye ulaşan kadmiyum hava, su ve toprağı kirletmektedir. Çeşitli yollarla sudaki organizmalara geçen kadmiyum besin zinciri yoluyla hayvan ve insanlara ulaşmaktadır. Kadmiyum toksisitesinden en çok etkilenen organ böbreklerdir. Kabuklu su hayvanlarında da en çok karaciğer ve böbreklerde birikim göstermektedir (Vural, 1984; WHO, 2006). Ayrıca, kadmiyumun tatlı su çipurasının organlarındaki birikiminin incelendiği bir çalışmada Cd'un en çok solungaçlarda biriktiği ve bunu sırasıyla karaciğer, böbrek ve kasların izlediği belirlenmiştir (Sağlamtimur ve Cicik, 2004).

Kadmiyum, doğada Zn ile birlikte bulunur ve insan vücudunda da benzer fonksiyonel özellikler göstermektedir. İnsanlarda ilerleyen yaşla beraber artış gösteren Cd seviyesi 50'li yaşlarda maksimum düzeye geldikten sonra azalmaya başlar. Normal olarak 40 mg kadar Cd vücudumuzda bulunabilmektedir ve günlük olarak da 40 mg kadar kadmiyum vücuttan atılabilmektedir. Vücuttan yavaş yavaş uzaklaştırılıp, atılımı genelde idrarla olmaktadır (Güler ve Çobanoğlu, 1997; http://www.metalurji.org.tr/dergi/dergi136/d136_4753.pdf).

Kadmiyum ile akut zehirlenmelerde 24 saat içinde halsizlik, ateş, terleme, baş ağrısı ve kaslarda gerilme gibi belirtiler gözlenirken, 3. günde şiddetlenerek bir hafta içinde yüklenme olmazsa etkisi azalmaya başlar. Uzun süreli maruziyet durumlarında ortaya çıkan en önemli etkisi ise akciğer ve prostat kanseri oluşumudur (http://www.metalurji.org.tr/dergi/dergi136/d136_4753.pdf).

1.1.1.4. Çinko (Zn)

Çinko, atom numarası 30, simgesi Zn olan gümüş renkli bir metaldir. Temel iz elementlerden biridir. Havada, suda ve canlılarda mevcut olup doğada bol bulunan bir elementtir. Canlılarda normal büyüme ve gelişme için esansiyeldir. Genellikle +2 formunda veya serbest çinko iyonu olarak ya da çözünmemiş veya çözünmüş kompleksler ve bileşikler halinde bulunmaktadır (Lane ve Morel, 2000; [http://www.mam.gov.tr/kkkuep/tumuep\(tumkiyilar\)/ciltII/akdenizegeciltII.pdf](http://www.mam.gov.tr/kkkuep/tumuep(tumkiyilar)/ciltII/akdenizegeciltII.pdf); <http://en.wikipedia.org/wiki/Zinc>).

Çinko, demir ve çelik kaplama işlemlerinde, inşaatların çatı kaplama ve dış cephe işlerinde, tekstil ve lastik sanayinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Anonim, 2001; [http://www.mam.gov.tr/kkkuep/tumuep\(tumkiyilar\)/ciltII/akdenizegeciltII.pdf](http://www.mam.gov.tr/kkkuep/tumuep(tumkiyilar)/ciltII/akdenizegeciltII.pdf)).

Çinko, sucul ortamda organizmalar tarafından biriktirilmekte ve karaciğer, böbrek ve kemik gibi dokularda birikim göstermektedir (Milhaud ve Mehennaoui, 1988; Koizumi ve ark., 1989). Çinkonun yetersiz alınımı, 100'den fazla enzimi etkilediği gibi çeşitli hasarlara neden olmaktadır. Zn eksikliğinde, deri lezyonları, koku-tat duyusunda azalma ve büyümeyi olumsuz etkileme gibi problemler gözlenmektedir (Ansari ve ark., 2004).

Su ortamında yapılan çalışmalarda çinkonun sadece yüksek konsantrasyonlarda değil, düşük konsantrasyonlarına da uzun süre maruz kalınması sonucunda zararlı olabileceği ortaya konmuştur. Çinkonun toksikolojik olarak en yaygın bileşikler toksik değildir ancak bazı çinko tuzları kanserojen olabilmektedir (Bryan ve Langston, 1992).

1.1.1.5. Bakır (Cu)

Bakır 1B grubu geçiş elementidir ve atom numarası 29'dur. Elemental formda veya bakır içeren sülfür veya karbonat mineralleri halinde bulunmaktadır (Sekwele, 2008). Cu, madeni kaplama işlemleri, elektrik ve elektronik sanayi, inşaat sanayi, kimya ve boya

sanayinde ve tarımsal alanda yaygın olarak kullanılmaktadır (Hem, 1985; Güler ve Çobanoğlu, 1997; <http://tr.wikipedia.org/wiki/Bakır>).

Biyolojik sistemlerde +2 ve +1 değerlikli bulunan Cu, kemik, merkezi sinir sistemi ve bağ doku gelişimde önemli rol oynamaktadır. Cu'a maruz kalma süresi arttıkça toksik etkiler meydana gelmekte ve karaciğer, böbrek ve dalak gibi organlarda birikim göstermektedir (Güler ve Çobanoğlu, 1997; Sekwele, 2008).

Bakır, canlılar için gerekli bir metaldir. Birçok enzimin yapısına katılmaktadır; bu nedenle canlı hayatında önemli görevlere sahiptir. Yetişkin insanlarda ortalama 100-150 mg kadar bakır bulunmaktadır (Ası, 1995).

1.1.1.6. Civa (Hg)

Civa, simgesi Hg olan ve yer kabuğunda bulunan temel elementlerden biridir. Oda sıcaklığında sıvı halde bulunan bir metaldir (<http://www.biltek.tubitak.gov.tr/bilgipaket/periodyk>).

Civa, çeşitli endüstrilerde kullanılmaktadır. Gerek metalik olarak gerekse inorganik veya organik civa bileşikleri olarak termometrelerde, kağıt sanayinde, boya sanayinde ve bazı metallerin üretim sürecinde kullanılan bir metaldir (WHO, 2006; Bakar ve Baba, 2009). Madencilik sektöründe civa içeren kayaçların kırılması, atık pillerin doğaya atılması, fosil yakıtların yanması, klor-alkali sanayi, elektrik ekipmanlarında, civa üretimi esnasında ve katı atık depo sahalarında sızma ve evde kullanılan civa içeren cihazların kırılması sonucunda civanın etrafa yayılması, civanın havadaki ve sudaki miktarlarının yükselmesine neden olmaktadır (<http://edergi.sdu.edu.tr/index.php/sdugeo/article/viewFile/2703/2422>; Fimreite, 1970; Boeing, 2000).

Sulara karışan civa, çok toksik olan metilcivaya (MeHg) dönüşerek besin zincirine kolaylıkla karışmaktadır. Organik civa formları deniz biyotası için oldukça toksiktir. Diğer metaller gibi civa da çift kabuklu yumuşakçalar tarafından hızlı bir şekilde alınmaktadır ([http://www.mam.gov.tr/kkkuep/tumuep\(tumkiyilar\)/ciltII/akdenizegeciltII.pdf](http://www.mam.gov.tr/kkkuep/tumuep(tumkiyilar)/ciltII/akdenizegeciltII.pdf); Ansari ve ark., 2004).

Civa, yüksek toksisiteye sahiptir ve bütün canlılar için çok tehlikeli olup gerekli bir element değildir. Biyolojik mekanizmayla giderimi zor olan ve besin zincirinde çok fazla

birikim gösteren tek metaldir. Karaciğer, böbrek ve beyinde akümüle olduğu gibi sinir sistemine de etki etmektedir (WHO, 2006; Benson ve ark., 2007; [http://www.mam.gov.tr/kkkuep/tumuep\(tumkiyilar\)/ciltII/akdenizegeciltII.pdf](http://www.mam.gov.tr/kkkuep/tumuep(tumkiyilar)/ciltII/akdenizegeciltII.pdf)).

1.1.1.7. Arsenik (As)

Arsenik (As) element halinde zararlı olmayıp bileşik halinde toksik etkilere neden olmaktadır. Toksik olduğu çok eskilerden beri bilinmesine rağmen çeşitli endüstriyel alanlarda kullanılmaktadır. Bunlardan bazıları, kağıt, deri, cam, boya, cila, seramik ve lastik endüstrisidir. Ayrıca pestisit olarak da kullanılmaktadır (Vural, 1984).

Arsenik çevrede bol miktarda bulunmaktadır. Toprakta bulunan arsenik çeşitli yollarla suya ulaşır canlılarda birikim göstermektedir. Deniz ürünlerindeki arsenik düzeyi tolerans sınırının (2,6 ppm) üzerinde gözlenmektedir (Vural, 1984).

Akut arsenik zehirlenmelerinin etkileri, kusma, bulantı ve şiddetli karın ağrısı şeklinde görülebilmektedir. Ayrıca görme bozukluğu, böbrek ve karaciğer hasarı, deri pigmentinde artış da oluşan etkileri arasındadır. Keratine olan afinitesinden dolayı keratinden zengin dokularda (saç, tırnak, deri) ve karaciğerde birikim göstermektedir (Güler ve Çobanoğlu, 1997; Bakar ve Baba, 2009). Kronik arsenik zehirlenmelerinde, iştahsızlık, kusma, şiddetli deri dökülmesi böbrek harabiyeti ile ilgili fonksiyon bozukluğu en belirgin özellikleridir (Vural, 1984).

1.1.1.8. Demir (Fe)

Demir, simgesi Fe, atom numarası 26 olan bir metaldir. Doğada en bol bulunan elementlerden birisidir (<http://en.wikipedia.org/wiki/Iron>; <http://www.biltek.tubitak.gov.tr/bilgipaket/periodik/>).

Demir, canlı organizmaların dokularında yayılmış halde bulunur ve birçok biyokimyasal reaksiyonlarda hayati rol oynamaktadır. Demir, hemoglobin, miyoglobin ve sitokromlarda olmak üzere oksijenin taşınmasında, depolanmasında ve kullanılmasında işlev görmektedir. İnsan vücudunun günlük ortalama 8-10 mg kadar demire ihtiyacı bulunmaktadır (Şenel, 2011; <http://tr.wikipedia.org/wiki/Demir>). Organizmada bulunan demirin % 60-70'i hemoglobinde, %10'u miyoglobin ve sitokromlarda bulunmaktadır. Diğer bir kısmı da gerektiğinde kullanılmak üzere karaciğerde depolanmaktadır (Uysal, 1999).

1.1.1.9. Alüminyum (Al)

Alüminyum (Al), doğada çok fazla bulunan bir metaldir ve canlılara çeşitli yollarla geçmektedir. Doğal toprak erozyonu, maden ya da tarımsal faaliyetler ve volkanik patlamalardan kaynaklanarak atmosfere girmektedir. Birçok evsel ve endüstriyel kullanım biçimine sahiptir. Gıda katkı maddelerinde, elektrik sektöründe, otomotiv ve uçak sanayinde kullanılmaktadır. Ayrıca Al tuzları, suların renk ve bulanıklık seviyesinin azaltılmasında da kullanılmaktadır (Güler ve Çobanoğlu, 1997; WHO, 1998).

Al insanlar için esansiyel elementlerden biri değildir. Günlük yaşamda fazla kullanılması nedeniyle başta insanlar olmak üzere toksik etkilere neden olmaktadır (Güler ve Çobanoğlu, 1997).

1.1.1.10. Mangan (Mn)

Toprak ve tortulardaki mangan atmosferik olayların etkisiyle çözünerek suya geçmektedir. Demiri fazla bulunan sularda mangana da rastlamak mümkündür. Yeraltı sularında oksijenin bulunmaması nedeniyle iki değerlidir. Özellikle yüzeysel suların dip çökeltisi çamurlarında bulunur.

Mangan en az zehirli olup insan ve hayvanlarda gerekli bir elementtir. Kalp damar hastalıklarında ölüme mani olmak için içme sularında mangan bulunması önerilmektedir (Güler ve Çobanoğlu, 1997).

1.1.1.11. Nikel (Ni)

Nikel, doğada yaygın bulunan bir elementtir. Korozyon ve ısı direncinin yüksek, sertliliğinin ve dayanıklılığının iyi olması nedeniyle alaşım üretiminde kullanılmaktadır. Tasfiye fırınları, maden filizleri ve rafineri atıkları en önemli kontaminasyon kaynaklarını oluşturmaktadır. Alkali pil, madeni para, elektrik fişlerinde, makine parçalarında, çelik, elektirik ve gıda endüstrisinde de kullanılmaktadır (Vural, 1993; Güler ve Çobanoğlu, 1997; http://www.metalurji.org.tr/dergi/dergi137/d137_4753.pdf).

Nikelin bilinen biyolojik bir işlevi olmamakla birlikte orta düzeyde zehirleyici özelliği bulunmaktadır. Deriyi tahriş etmesinin yanında kanserojen bir metaldir. Günlük nikel alınımının yarısı ekmek, tahıllar ve içecekler ile olmaktadır. Besinlerin günlük 150 µg'dan

daha az nikel içermesi tavsiye edilmektedir. (http://www.metalurji.org.tr/dergi/dergi137/d137_4753.pdf).

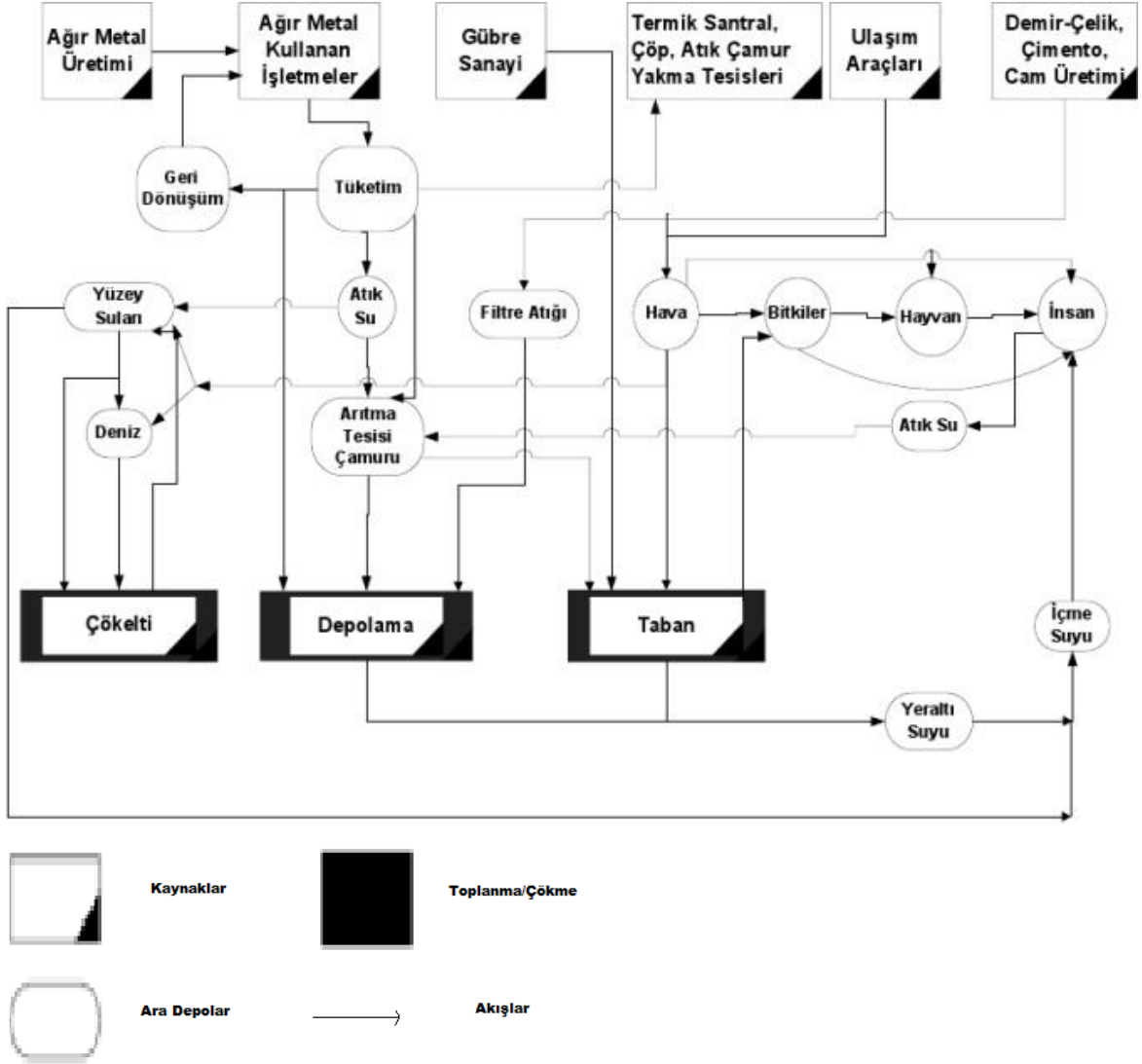
Nikel tuzlarının pek çoğu suda eriyebildiği için kontaminasyonu da kolay olmaktadır. Vücuda alınan nikelin büyük bir kısmı absorblanmadan dışkı ile atılırken, bir kısmı da karaciğer, bağırsak ve deri gibi dokularda birikim göstermektedir (Vural, 1993).

1.1.2. Ağır metal kirliliğine yol açan kaynaklar ve sucul yaşama etkileri

Ağır metaller önemli şekilde çevre kirlenmesine sebep olurlar. Metaller, su kaynaklarına endüstriyel, tarımsal, evsel gibi birçok antropojenik kaynaklarla veya ortamdaki metallerin asit yağmurlarıyla çözünüp ırmak, göl ve yeraltı sularına ulaşmasıyla geçmektedir (Şekil 3). Sulara taşınan metaller yoğun şekilde seyrelir ve az miktarda sülfat, sülfür ve karbonat ile katı bileşik oluşturup su tabanına çökerler. Sediment tabakasının tutma kapasitesi sınırlı olduğundan dolayı suların ağır metal düzeyi sürekli artış göstermektedir. Bu yüzden insan kaynaklı ya da doğal yollarla ortama geçen metaller bitkilere, hayvanlara, insanlara ve tekrar çevreye geçerek döngüye devam etmektedir (Ansari ve ark., 2004; Won ve ark., 2008; http://www.metalurji.org.tr/dergi/dergi136/d136_4753.pdf).

Günümüzde yaşam standartlarının yükselmesine paralel olarak, ağır metal kullanımı da artmaktadır. Ağır metal kirliliğinin nedenlerinin başında endüstriyel faaliyetler gelir (Çizelge 2) (Güner, 2008). Madencilik endüstrisi de diğer bir kirlenici etkenidir. Maden cevheri eritme ve işleme gibi faaliyetler sırasında ortaya çıkan atıklar nedeniyle çevrede ağır metal kontaminasyonu gerçekleşebilmektedir (Zhuang ve ark., 2009). Tarımsal mücadelede kullanılan ağır metal içeren gübre ve kimyasal ilaçların (pestisit) sulara karışması, belediye atık sularının arıtılmadan denizlere deşarjı, açık denizlerde petrol ve gaz arama, petrol arıtımı gibi işlemler sonucunda sucul ortama deşarj olan metaller su ortamında artan miktarlarda bulunmaktadır (Houk, 1992; Ansari ve ark., 2004).

Ağır metaller, denizlerde az miktarlarda bulunmasına rağmen, organizmadaki birikimi ve doğal düzeyleri farklı olmaktadır. Çok düşük konsantrasyonlarda dahi deniz organizmalarına ve insanlara zehirleyici bir etki gösterdiğinden dolayı sucul ekosistemde sürekli bir etki göstermektedir. Günümüzde yaşam standartlarının yükselmesi ve endüstrinin hızlı gelişimine bağlı olarak, ağır metallerin kullanım alanları da giderek artmaktadır (Yarsan ve Bilgili, 2000).



Şekil 3. Ağır metallerin doğada yayılımı (http://www.metalurji.org.tr/dergi/dergi136/d136_4753.pdf).

Ortamın pH değeri, ağır metallerin sudaki konsantrasyonunu etkilemektedir. Ağır metallerin sert ve bazik sulara göre, yumuşak ve distile sularda daha toksik olduğu bildirilmiştir. Ayrıca çözülmüş oksijen, sıcaklık, çözeltideki diğer maddeler ve sinerjetik etki gibi faktörler de toksisiteyi etkilemektedirler (Güner, 2008).

Çizelge 2. Temel endüstrilerden atılan metal türleri (http://www.metalurji.org.tr/dergi/dergi136/d136_4753.pdf)

Sektörler	Cd	Hg	Cu	Cr	Pb	Ni	Zn	Sn
Petrokimya	+	+	-	+	+	-	+	+
Kağıt endüstrisi	-	+	+	+	+	+	-	-
Gübre Sanayi	+	+	+	+	+	+	+	-
Demir-Çelik Sanayi	+	+	+	+	+	+	+	+
Enerji Üretimi (Termik)	+	+	+	+	+	+	+	+
Klor-alkali üretimi	+	+	-	+	+	-	+	+
Tekstil Sanayi	+	-	-	-	-	-	-	-

Ağır metaller, solungaç, deri ve sindirim sistemi yolu olmak üzere 3 yolla sucul canlılara geçer (Kayhan ve ark., 2009). En önemli olanı ise solungaçlardan absorpsiyonudur. Bunun nedeni, solungaçların geniş ve ince bir yüzeye sahip olması ve ortamla doğrudan temas halinde bulunmasıdır (Gómez-Mendikute ve ark., 2005; Monteiro ve ark., 2005). Sucul canlılar solungaçlarıyla suda hazır çözülmüş metalleri, askıda bulunan maddeleri ve partikül şeklindeki metallerin alımını gerçekleştirmektedirler (Rainbow, 1985).

Vercauteren ve Blust (1999)'a göre, ağır metallerin sucul organizmalar tarafından alınımı genellikle 3 basamakta gerçekleşmektedir. Birinci basamakta, ortamda bulunan inorganik ve organik maddeler metallerle etkileşime girerek yeni oluşan kimyasal çözeltilerden biyolojik yüzeylere geçiş olduğu, ikinci basamakta metallerin hücre membran yüzeyinde koruyucu glikoprotein tabakasına bağlanarak membran yüzeyinde dağıldığı, üçüncü basamakta ise, metal iyonlarının membranın dış yüzeyinde bağlanma noktaları ile etkileşime girerek membrandan iç ortama belirli bir kanal veya pompa gibi taşıma kanallarıyla taşındığı belirtilmiştir.

Ağır metaller, sucul hayatı etkileyen inorganik kirleticilerdir. Su ve besinler ile doğrudan veya dolaylı olarak vücuda alınan ağır metaller taşıyıcı proteinlere bağlı bir şekilde dokulara taşınmaktadır (Olsson ve ark., 1998). Metal birikimi her organ ve dokuda farklı düzeyde

görülmektedir. Metal birikimi karaciğer, böbrek gibi metal metabolizması ve metal detoksifikasyonu ile ilgili organlarda daha çok birikmektedir (Kayhan ve ark., 2009). Karaciğer, çeşitli ağır metalleri bağlayarak detoksifikasyonunda işlev gören metallothionein (MT) gibi metal bağlayıcı proteinlerin sentez yerlerinden biridir (Heath, 1994).

Canlı bünyesine alınan metaller çeşitli metabolik yollardan sonra fizyolojik fonksiyonu yoksa vücut dışına atılır. Depolanan metaller eğer toksik metallerden biri ise enzimlerin yapısını bozabilmekte veya hücre içerisinde özel bir şekilde bağlanarak toksik etkileri yok edilmektedir. Toksik metaller direkt veya indirekt olarak iyon geçirgenliğini, eritrosit membran yapılarını ve hücre metabolizmasını etkilemektedir. Hücre zarının yapısını ve fizyolojik özelliklerini etkileyerek, hücre, doku ve organlara zarar verir. Böylece sucul ekosistemlerde yapısal ve fonksiyonel değişimlere sebep vererek üreme bozukluklarına ve ölüm oranında artışlara neden olmaktadır (Pavlica ve ark., 2008; Kayhan ve ark., 2009). Bu nedenle bu ağır metallerin değerleri, su ve gıdalarda belli limitlerde sınırlandırılmıştır. Çizelge 3 ve Çizelge 4’de su ürünlerinde ve sucul ortamda kabul edilebilir metal değerleri gösterilmiştir (Anonim, 2008a).

Bakır, kurşun, civa ve çinko gibi metaller sulara eser miktarlarda bulunur ve bunlar 1 ppm sınırında öldürücü etkileri neden olmaktadır. Çünkü ağır metaller solungaçlar üzerine çökerler ve salgıladığı salgıyı pıhtılaştırırlar. Böylece oksijen alımını zorlaştırırlar (Güner, 2008).

Çizelge 3. Su ürünlerinde kabul edilebilir ağır metal oranları (mg kg^{-1}) (Anonim, 2008a)

Su Ürünleri	Hg	As	Pb	Cu	Cd	Zn
Yumuşakça	0,50	1,00	1,50	20,00	1,00	50,00
Kabuklu	0,50	1,00	0,50	20,00	0,50	50,00
Balık	0,50	1,00	0,30	20,00	0,05	50,00

Çizelge 4. Ağır metallerin sucul ortamlarda kabul edilebilir değerleri (Anonim, 2008a)

Ağır Metal	Kabul Edilebilir Değer (mg/L)
Cu	0,01
Co	1,0
Cr	0,1
Zn	0,003
Cd	0,01
Fe	0,7
Pb	0,1
Al	0,07
Mn	1,0
Ni	0.3
As	0,1
Hg	0,004

1.2. Mikronukleus

Mikronukleus (MN), hücre bölünmesi sırasında oluşan, asentrik kromozom veya tam kromozomdan köken alan oluşumlar olarak tanımlanmaktadır. MN testi, kimyasalların ve kirliliğin neden olduğu genotoksik etkiyi belirlemek için interfaz hücrelerin sitoplazmalarında MN olarak gözlenen DNA parçalarının belirlenmesinde kullanılan bir testtir (Arslan ve ark., 2010). Çevresel genotoksik maddelere maruz kalmanın genotoksik etkilerini tahmin etmek için 1980'lerin başından beri kullanılmaktadır (Al-Sabti-Metcalf, 1995; De Andrade ve ark., 2004; Saleh ve ark., 2010).

Mikronukleus, Countryman ve Heddle (1976) tarafından kromozom hasarının bir göstergesi olarak önerilmiş ve sonradan insanlar, kemirgenler ve balıklar da dahil olmak üzere çeşitli çift kabuklularda mikronukleus ve diğer sitogenetik anormallikler incelenmiştir (Dolcetti ve Venier, 2002; Bolognesi ve Hayashi, 2011).

Mikronukleus, çeşitli kimyasal ve fiziksel ajanlara maruziyet sonucu oluşan kromozom hasarı potansiyelini değerlendirmek için dünya çapında kabul gören bir tekniktir (Fenech,

1993; Fenech, 1997; Fenech ve ark., 1999; Dolcetti ve Venier, 2002; Pavlica ve ark., 2008). Çeşitli ajanların klastojenik ve anojenik etkilerini değerlendirmek için de farklı tip hücrelere de geniş çapta uygulanmaktadır (Fenech ve ark., 1999; Ahmad ve Saleh, 2010). Toksikantların in vivo ve in vitro mutajenitesini değerlendirmek için büyük bir başarı ile kullanılmaktadır (Hoshina ve ark., 2008).

Deniz ortamı birçok doğal ve antropojenik kaynaklardan elde edilen kimyasallar için alıcı görevi sağladığı için organizmaların yaşamını tehlikeye atan, mutasyonlara veya karsinogenezise yol açan birçok toksikant madde içermektedir (Çavaş ve Ergene- Gözükara, 2005). Bu toksikantların etkilerini belirlemek için farklı sucul organizmalarda mikronukleus testi gerçekleştirilmektedir (Dixon ve ark., 2002; Jha, 2004).

Akuatik toksikoloji, gerek su ekosistemleri gerekse bu ekosistemleri kullanan, başta insan olmak üzere tüm canlı grupları için giderek artan bir önem kazanmaktadır. MN testi, ekotoksikoloji üzerindeki en popüler ve gelecek vaat eden testlerden biridir ve 30 yıldır DNA hasarının bir göstergesi olarak kullanılmaktadır (Fenech ve ark., 2003; Da Rocha ve ark., 2009).

Mikronukleus frekansındaki artış, çeşitli klastojenik ve anojenik ajanlar tarafından oluşturulan yapısal ve sayısal kromozom anormalliklerin indirekt göstergesi olarak kabul edilmektedir (Şekil 4) (Demirel ve Zamani, 2002; Çavaş ve Ergene-Gözükara, 2005; Yıldırım ve ark., 2006; Ahmad ve Saleh, 2010). Mikronukleus, hücre bölünmesinin anafaz evresinde kromozom kırıkları ya da mitotik iğsi bozukluğun bir sonucu olarak mitozda geri kalan kromozom ve/veya kromozom parçalarından kaynaklanmaktadır (Hagmar ve ark., 1994; Villarini ve ark., 1998; Fenech ve ark., 1999; Jagetia ve ark., 2001; Bolognesi ve ark., 2004; De Oliveira ve ark., 2011). Oluşumu hücre bölünmesine bağlıdır.

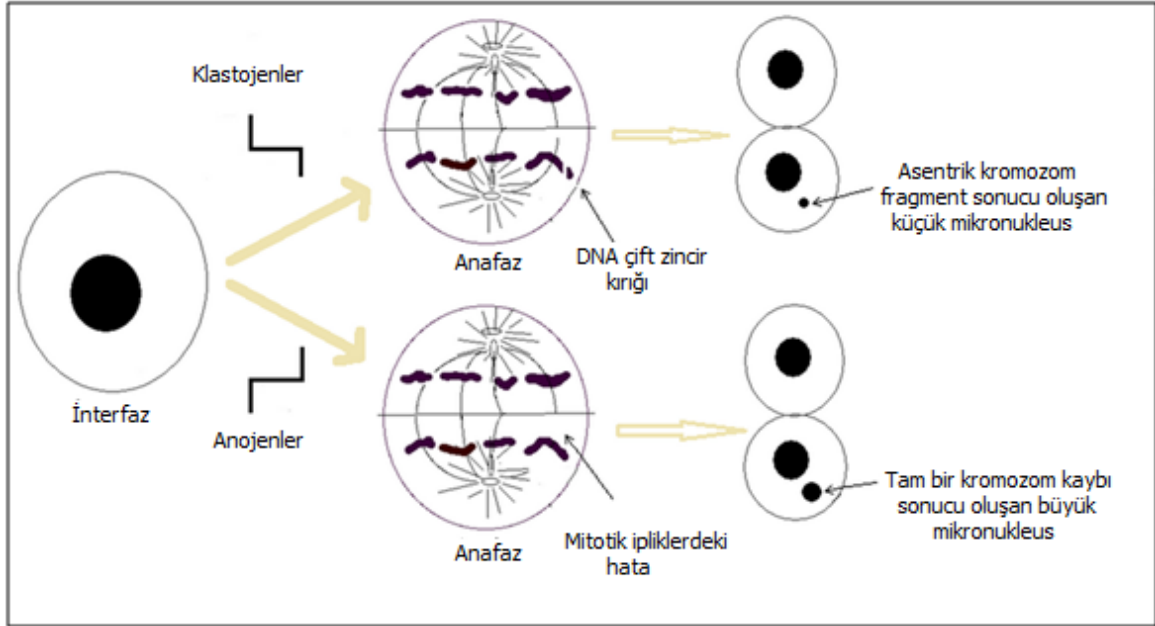
Mikronukleusun oluşumunda bazı mekanizmalar belirlenmiştir;

- mitotik asentrik fragmentler,
- mitotik iğ ipliklerindeki hatalar,
- kromozom segresyon hataları,
- apoptozis (Docetti ve Venier 2002; Da Silva Souza ve Fontanetti, 2006).

Mikronukleuslar, sitoplazma içinde, ana nukleusun dışında fakat nukleusun yapı, şekil ve boyanma özelliklerini aynen taşıyan küçük küresel yapılar olarak gözlenmektedir (Fenech ve ark., 1999; Docetti ve Venier 2002; Pavlica ve ark., 2008; Da Rocha ve ark., 2009).

Mikronukleuslar sayılırken dikkat edilmesi gereken bazı hususlar bulunmaktadır;

- MN morfolojileri ana çekirdek ile aynı fakat daha küçük olmalıdır.
- MN çapı, ana çekirdeğin 1/16'sından büyük, 1/3'ünden küçük olmalıdır.
- MN, esas nukleustan ayrı, yuvarlak veya oval olmalıdır.
- MN, ana çekirdek ile aynı yoğunlukta boyanmalıdır.
- MN, sitoplazma sınırları belli olan hücrelerde sayılmalıdır (Fenech ve ark., 2003).



Şekil 4. Klastojen veya anojenler ile uyarılan MN'li hücreler (Şekeroğlu ve Atlı-Şekeroğlu, 2011).

Diğer DNA hasarı algılama teknikleri ile karşılaştırıldığında MN tayininde bazı avantajlar vardır:

- Hızlı gerçekleştirilmesi,
- Hazırlanması ve analizi basit olması,
- Rutin uygulanabilmesi,

- Birçok farklı hücre tipinde uygulanabilmesi,
- Klastojenler ve anojenler arasında ayırım yapılabilmesi gibi avantajları bulunmaktadır (Fenech, 1997; Da Rocha ve ark., 2009).

1.3. Çift Kabuklu Yumuşakçalar

Kabuklu su canlıları besin olarak dış ülkelerde önemli bir yer tutmaktadır. Ülkemizde ise sadece deniz kıyısı olan bölgelerde kabuklu canlıların tüketimi yaygındır (Anonim, 2008b).

Proteince zengin ve ekonomik değeri yüksek olan, dış ülkelerde fazla miktarda tüketilen ve yüksek oranda ihraç ürünlerimizden olan Bivalvia türlerinden, *Mytilus galloprovincialis*, *Ostrea edulis*, *Ruditapes decussatus* ve *Pecten maximus* ülkemizde doğal kaynaklardan toplanmaktadır (Alpbaz ve ark., 1990a; Anonim, 2007).

Denizlerde ve tatlı sularda yaşayan bu canlılar çift kabuklular olarak adlandırılmaktadır. Kabuklar sağ ve sol olmak üzere iki adettir ve manto tarafından salgılanırlar. Kabuklar ligament ve menteşeye benzeyen girinti ve çıkıntılarla birbirine bağlıdır. Kabukların açılmasında dorsaldeki ligamentler, kabukların kapanmasında ise ventralde bulunan adduktor kaslar işlev görmektedir (Alpbaz ve ark., 1990a).

Kabuklu deniz canlıları filtrasyon yolu ile beslenmektedirler. Su içerisindeki tanecikli yapıdaki organik maddeleri, planktonları ve mineralleri dahi süzerek gıda maddesi olarak kullanılmaktadırlar. Filtrasyon hızları türe, oksijen, sıcaklık, pH, tuzluluk gibi vücut metabolizmasını etkileyen faktörlere göre değişmektedir (Alpbaz ve ark., 1990a).

1.3.1. *Ostrea edulis*'in genel özellikleri

Ostrea edulis (Avrupa yassı istiridyesi)'in sistematik tanımlaması aşağıdaki gibidir;

Şube	: Mollusca
Sınıf	: Bivalvia (Lamellibranchia)
Takım	: Filibranchiata
Aile	: Ostreidae
Cins	: <i>Ostrea</i>
Tür	: <i>Ostrea edulis</i> (Linne, 1758)

Ülkemiz sularında bulunan tek tür *Ostrea edulis*'tir. Marmara Denizi, Ege Denizi, Akdeniz ve Karadeniz'de yayılım göstermektedir. İstiridyeler fazla derin olmayan sularda, 0-40 m. derinliğinde, çakıllık, kumluk ve kayalık zeminlerde dağılım gösterirler (Alpbaz ve ark., 1990b; http://www.tarim.gov.tr/uretim/Su_Urunleri,istiridye.html).

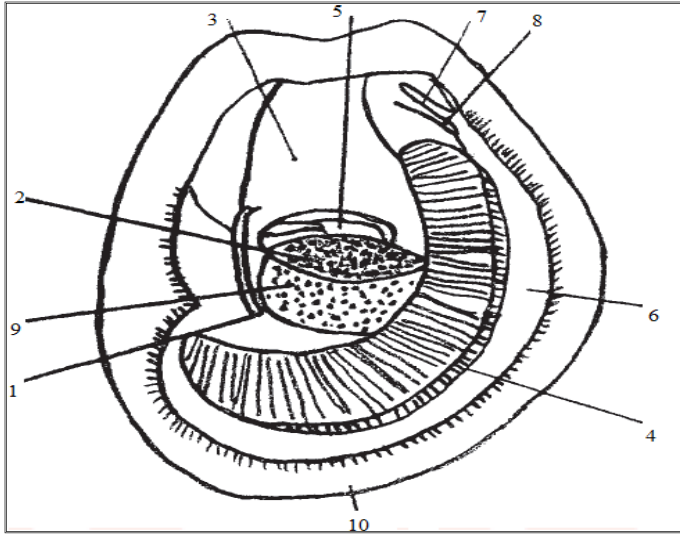
İstiridye morfolojik olarak dairesel şekilli iki kabuktan oluşmuştur. Kabuk kalın, büyük ve kiremit şeklinde dizili lamelli bir yapıdadır. Kabuklar birbirine eşit değildir. Alt kabuk yassı, üst kabuk ise konkav şekillidir. Kabuk üzeri sarımsı-kahverengidir ve umbo (tepe kısmı) bölgesine doğru açık renge sahiptir. Kabukların iç yüzeyi sedefli, beyaz renktedir (Şekil 5). Kabuklar, dorsal ve ventral kenarlarda bulunan ligament ve adduktor (bağlayıcı) kaslar yardımı ile aralanıp kapanabilmektedir (Artüz, 1994; Anonim, 2008b).

İstiridyeler, suda erimiş halde bulunan maddeleri absorpsiyon ile veya suda asılı halde bulunan partikülleri filtre ederek beslenirler (Alpbaz ve ark., 1990b). Filtrasyon hızı türe ve vücut aktivitesini etkileyen faktörlere göre değişmektedir. *Ostrea sp.* türleri saatte 20 lt suyu filtre etmektedirler (Alpbaz ve ark., 1990a).

Manto, vücut yüzeyini sarar ve dış yüzeyini salgıladığı kabuk ile örtmektedir. Kıvrımlar oluşturarak dışarıdan su alımını kolaylaştırır. Manto boşluğuna iki lamelli solungaç yerleşmiştir. Solungaçlar, vücudun 2/3'ünü sarar ve küçük filamentlerden oluşmuştur. Su, manto boşluğundaki su alma bölümünden filamentler üzerinde sayısız siller yardımı ile su tüplerine geçer (Şekil 6). Ayrıca istiridyenin besinini oluşturan küçük parçaları da sudan filtre eder. Süzülen su, son olarak manto boşluğundan dışarı atılır (Anonim, 2008b). Solungaçlar kompleks bir ayırma işlevi yapıp, uygun gıdanın yeterli miktarda ayırımı ve değerlendirmesini yapmaktadır. Gıda olarak kullanılacaklar ağıza, diğerleri lifler yardımı ile atık bölgeye yollanır (Atay, 1997).



Şekil 5. *Ostrea edulis*'in genel görünümü (orijinal).



Şekil 6. *Ostrea edulis*'in genel iç görünümü. Hayvan sol (çukur) kapak üzerine uzanmış. 1-Anüs, 2-Yakalayıcı kas, 3-Hazım edici bez ve gonad, 4-Solungaç, 5-Kalp, 6-Manto, 7-Ağız, 8-Dokunaç, 9-Kapama kası, 10-Kabuk (Atay, 1997).

1.3.2. *Mytilus galloprovincialis*'in genel özellikleri

Mytilus galloprovincialis (Akdeniz midyesi)'in sistematik tanımlaması aşağıdaki gibidir;

Şube	: Mollusca
Sınıf	: Bivalvia (Lamellibranchiata)
Takım	: Filibranchiata
Aile	: Mytilidae
Cins	: <i>Mytilus</i>
Tür	: <i>Mytilus galloprovincialis</i> (Lamarck, 1819)

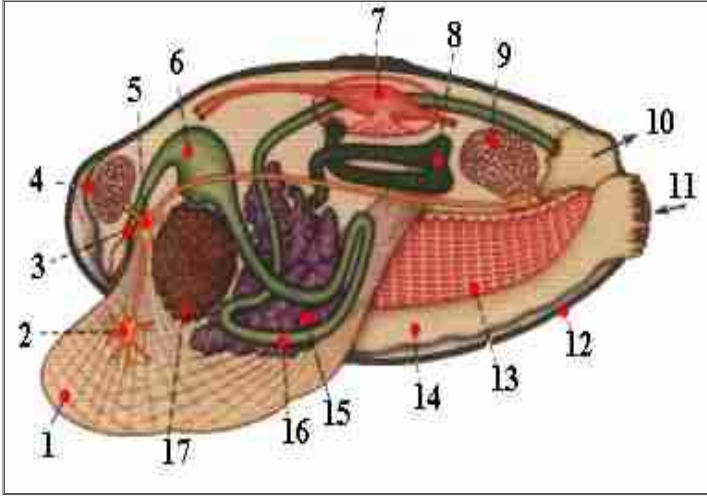
Ülkemiz sularında geniş dağılım göstermektedirler. Akdeniz, Karadeniz, Marmara ve Ege Denizinde yaygın olarak toplanmaktadırlar. Kaya, iskele ve direk gibi sert zeminlere yapışarak gelişim göstermektedirler (Atay, 1997).

Midyeler, bilateral simetrlili canlılardır. Kabukları dorsal kenar, ventral kenar, ön (anterior) kenar ve arka (posterior) kenardan oluşmaktadır. Ön kenar çok kısadır ve kabuklar burada birbiriyle bağlıdır. Ligament kabukları birbirine bağlayan bir yapıdır (Şekil 7). Kabukları kapamaya yarayan kasların kuvvetinin aksi yönünde bir kuvvete sahiptir. Kabukların üzerinde umbo kısmından başlayarak eliptik daireler şeklinde kenara paralel olarak devam eden büyüme çizgileri vardır. Midye uygun olmayan ekolojik koşullara maruz kaldığında büyüme çizgilerinde anormal sıklaşma ve yukarıya doğru kabarma veya aşağıya doğru çökme görülmektedir. Kabuğun ventralinde bisus yarığı bulunmaktadır. Bu yarık periostrakum (kabuk zarı) ile örtülüdür (Anonim, 2008b). Ventral kenarda bulunan periostrakum kıvrımları kabuklar kapandığında yastık işlevi görürler. Kabuklar kapandığında bisus ipliklerinin çıktığı bu yerden su veya istenmeyen maddenin girmesini engellerler. Midye yumuşak dokusu üzeri manto denilen bir zar ile örtülüdür. Solunum organları bu manto boşluğunda bulunmaktadır (Şekil 8) (http://www.tarim.gov.tr/uretim/Su_Urunleri,Midye.html).

Kabuğun dışı siyahımsı-mor renğinde, iç kısmı ise sedef parlaklığındadır. Midyelerde, bisuslar ayağın arkasındaki şişkinlikten çıkarak dışarıda birçok dala ayrılır. Bisus iplikçikleride hayvanın sert zemin üzerine bağlanıp tutunmasını sağlamaktadır (Atay, 1997).



Şekil 7. *Mytilus galloprovincialis*'in genel görünümü (orijinal).



Şekil 8. *Mytilus galloprovincialis*'in genel iç görünümü. 1-Ayak, 2-Sinir sistemi, 3-Ağız, 4-Kaslar, 5-Sinir sistemi, 6-Mide, 7-Kalp, 8-Böbrekler, 9-Kaslar, 10-Su (besin) çıkışı, 11-Su (besin) girişi, 12-Dış kabuk, 13-Solungaç, 14-Yumuşak doku, 15-Yumurtalık, 16-Barsak, 17-Karaciğer (<http://www.bluemirror.com/showthread.php?t=1042>).

Midyeler 2-100 μm olan organik ve inorganik maddeleri süzerek beslenmektedirler (Atay, 1997). Midye ortalama bir saatte 3 lt. suyu süzme özelliğine sahiptir (Alpbaz ve ark., 1990a). Midyelerin filtrasyon hızı; parçaçık büyüklüğüne, partikülün türüne, yoğunluğuna,

suyun sıcaklığına, suyun akıntısına ve midyenin büyüklüğüne bağlı olarak değişmektedir (http://www.tarim.gov.tr/uretim/Su_Urunleri,Midye.html).

1.3.3. *Ruditapes decussatus*'un genel özellikleri

Ruditapes decussatus (akivades)'un sistematik tanımlaması aşağıdaki gibidir;

Şube	: Mollusca
Sınıf	: Bivalvia
Takım	: Veneroida
Aile	: Veneridae
Cins	: <i>Ruditapes</i>
Tür	: <i>Ruditapes decussatus</i> (Linnaeus, 1758)

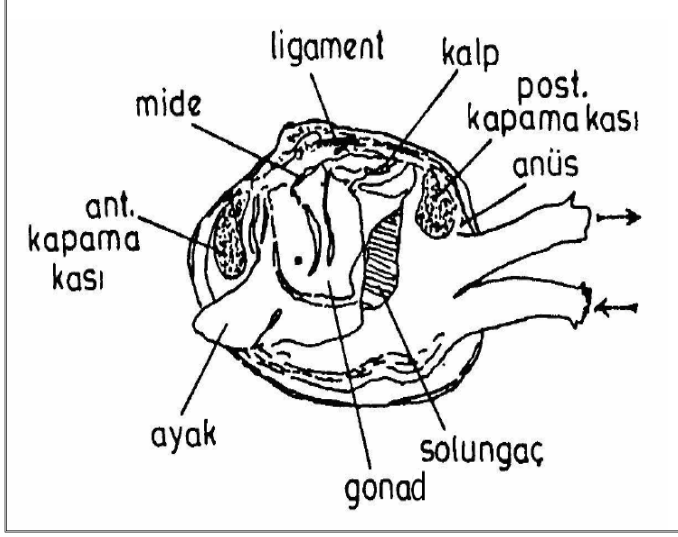
Akivadesler ülkemiz sularında geniş yayılım gösterirler. Akdeniz ve Ege'de yoğun olmak üzere Marmara kıyılarında da bulunurlar. Fazla akıntı ve dalga içermeyen kıyı bölgelerde yaşamlarını sürdürmektedirler (Erdal, 2008).

Akivades, vücutları bilateral simetrik olup, kabukları birbirine eşittir ve kabukların üzerinde hem dikey hem de yatay çizgiler bulunmaktadır. Kabuk dış rengi grimsi beyazdan açık kahverengiye kadar değişebilmektedir (Şekil 9). Kabuklar dorsalde ligament ile birbirine bağlanmıştır. Kabukların açılması ligamentlerle, kapanmaları ise bulunan iki kas ile gerçekleşmektedir. Kabuk kenarları dişsizdir ve menteşesi küçüktür (Atay, 1997; http://www.bsgm.gov.tr/su_urn/deniz2/akivades.html).



Şekil 9. *Ruditapes decussatus*'un genel görünümü (orijinal).

Manto değişik renkteki kabukları oluşturmaktadır. Manto boşluğunda iki adet geniş yüzeye sahip solungaçlar yerleşmiştir (Şekil 10). Akivadesin posteriorundan su alma ve verme görevi yapan sifonlar, anterior tarafından ise ayak çıkmaktadır. Ayrıca sifonlar, sudan besin ve oksijenin alınımında ve boşaltımında görev yapmaktadırlar. Bisus iplikçikleri bulunmadığından dolayı sabit bir zemine tutunmazlar. Bu nedenle hareket etme yetenekleri bulunmaktadır. Sediment içinde yaşarlar ancak sifonlar dışta kaldığı için fazla derine inemezler (Erdal, 2008).



Şekil 10. *Ruditapes decussatus*'un genel iç görünümü (Erdal, 2008).

Oksijen ve besin alımını gerçekleştirebilmek için, içinde buldukları suyu bir pompalama sistemi ile vücutlarından geçirmektedirler (Çelik, 2004). Akivadesler, fitoplankton ve askıdaki organik maddeleri süzerek beslenirler (Atay, 1997). Filtrasyon hızı, türe ve canlının metabolik aktivitelerini etkileyen faktörlere göre değişmektedir. Ortalama 5 mm'lik bireyler saatte 7 ml su filtre ederken, 15 mm'lik bireyler saatte 50 ml suyu filtre etmektedirler (Alpbaz ve ark., 1990a).

1.3.4. *Pecten maximus*'un genel özellikleri

Pecten maximus (deniz tarağı)'un sistematik tanımlaması aşağıdaki gibidir;

Şube	: Mollusca
Sınıf	: Bivalvia
Takım	: Pterioida
Aile	: Pectinidae
Cins	: <i>Pecten</i>
Tür	: <i>Pecten maximus</i> (Linnaeus, 1758)

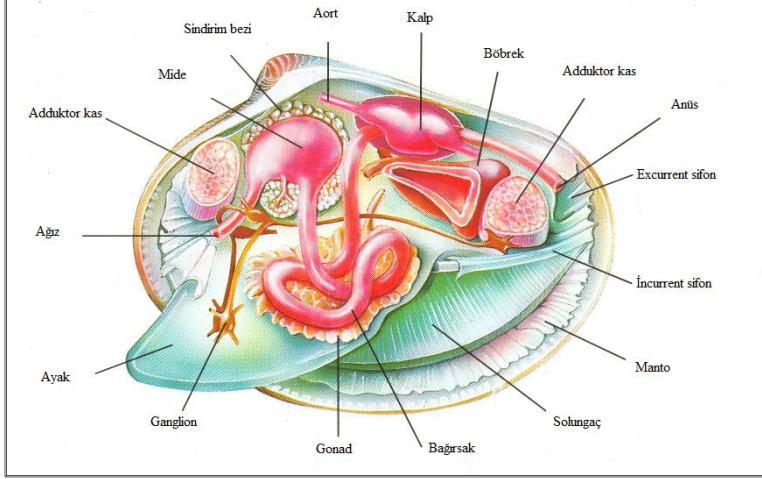
Pecten maximus, Pectinidae ailesinde olan çift kabuklu bir canlıdır. Ülkemiz sularında yayılım göstermektedir. Az derin olan sularda kum veya çakıllı ortamlarda yaşamlarını sürdürmektedirler (http://genimpact.imr.no/__data/page/7650/scallops.pdf).

Deniz tarağı, sağlam ve kalın kabuklara sahiptir. Kabuklar manto tarafından salgılanır. Sağ (alt) kapak dışbükey iken, sol (üst) kapak düz şeklindedir (Şekil 11). Kapakların kapanması için güçlü kasları bulunmaktadır (Şekil 12). Kapakları, birbirine aşağı yukarı eşit iki kulaklı ve 12-17 kaburgaya sahiptir (http://genimpact.imr.no/__data/page/7650/scallops.pdf; <http://speciesidentification.org/>; <http://www.fao.org/fishery/species/3516/en>). Sağ kapak beyaz, krem veya kahverengi tonlarındadır. Aralarında sık sık olarak koyu renkte bantlar da görülebilmektedir. Sol kapak ise açık pembe ve kahverengi tonlarındadır (<http://www.fao.org/fishery/species/3516/en>; <http://speciesidentification.org/>).

Askıdaki organik maddeleri veya partikülleri filtre ederek beslenmektedirler (http://genimpact.imr.no/__data/page/7650/scallops.pdf). Genç yumuşakçalar sert bir yüzeye bisus iplikleriyle bağlanarak yaşarlar. Ancak yetişkin olduğunda yüzme yeteneği kazanıp hareket etmektedirler. Onlar dibe kazdıkları çöküntüde alt (sağ veya dışbükey) kapaklarının üzerinde dururlar (<http://www.fao.org/fishery/species/3516/en>).



Şekil 11. *Pecten maximus*'un genel görünümü (orijinal).



Şekil 12. *Pecten maximus*'un genel iç görünümü ([http://explo.com/Pecten_ \(biology\)](http://explo.com/Pecten_(biology))).

Çanakkale Boğazı Umurbey Bölgesi'nde bulunan çift kabuklu canlıların (midye, istiridye, akivades, deniz tarağı) solungaç dokularında ağır metal analizleri ve çevresel faktörlerin genotoksik etkileri ile ilgili herhangi bir çalışma yapılmamıştır. Bu nedenle çalışmadaki amacımız, çeşitli kaynaklardan gelen ve giderek artış gösteren kirliliğin bu çift kabuklu yumuşakçalarda MN testi ile genotoksik etkilerini araştırıp, solungaç dokularındaki ağır metal birikimini incelemektir.

BÖLÜM 2**ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR****2.1. Mikronukleus ile İlgili Daha Önce Yapılan Çalışmalar**

Dolcetti ve Venier (2002)'in yaptığı çalışmada, hem doğal ortamdan toplanan hem de laboratuvar koşullarında benzopirene maruz bırakılan Akdeniz midyesi, *Mytilus galloprovincialis*'de genetik hasarın belirlenmesi için mikronukleus (MN) frekanslarını incelemiştir. Farklı zamanlarda farklı bölgelerden alınan midyelerde (12 midye), hemolenfte (yaklaşık 48) saptanan mikronukleus frekansı solungaç dokusunda (yaklaşık 8,5) saptanan mikronukleus frekansına göre daha fazladır. Yıllara göre alınan örneklerde kirliliğe paralel olarak MN frekansında artış gözlenmiştir.

Venier ve Zampieron (2005), Venedik lagününde hem inorganik hem de organik kirleticilerin midye, *Mytilus galloprovincialis* türünde oluşturacağı genetik hasarı belirlemek üzere mikronukleus frekansını incelemiştir. Örnekler farklı bölgelerden toplanarak solungaç ve hemosit üzerinde MN ve diğer nuklear anormallikler skorlanmıştır. Lagün giriş alanı ile sanayi bölgesinden toplanan örneklerde MN frekansı karşılaştırıldığında, en yüksek MN frekansı sanayi bölgesinden toplanan örneklerde saptanmıştır.

Villela ve ark. (2006), altın midye, *Limnoperna fortunei* örneğine çeşitli yoğunlukta ultraviyole ışınlar, çeşitli konsantrasyonlarda pentaklorofenol ve bakır sülfat (CuSO_4) uygulayarak toksikantların genotoksik etkisini incelemek için comet ve mikronukleus testleri yapmışlardır. 24 ve 48 saat uygulama sonucunda toksikanta maruz kalma süresi ile paralel MN frekansında artış gözlenmiştir.

Da Silva Souza ve Fontanetti (2006), Brezilya'da bulunan Paraíba do Sul Gölü'nde petrol atıklarının bulunduğu alanda suyun kalitesini değerlendirmek üzere Tilapya balığı, *Oreochromis niloticus*'un eritrositlerinde mikronukleus ve diğer nuklear anormallikleri incelemiştir. Örnekler Mayıs-Ağustos (kuru dönem) ve Kasım-Ocak (yağmur sezonu) ayları arasında toplanmıştır. Mayıs ve Ağustos aylarında tespit edilen MN ve diğer nuklear anormalliklerin insidansı yüksek bulunmasına rağmen Kasım ve Ocak aylarında elde edilen sonuçların istatistiksel olarak anlamlı olmadığı belirlenmiştir.

Russo ve ark. (2004), sucul ekosistem kirliliğinin incelenmesinde biyoindikatör organizma olarak seçilen bentopelajik kemikli olan doğu sivrisinek balığı, *Gambusia holbrooki* eritrositlerinde mikronukleus ve comet testlerini yapmışlardır. Sanro Nehrinden ve kontrol grubunu oluşturan Astroni bölgesinden alınan 18 organizmaya mikronukleus testi, 22 organizmaya da comet testi uygulamışlardır. Sanro ve Astroni istasyonlarından alınan örneklerde ki MN frekansları arasında istatistiksel açıdan önemli farklılıklar bulunmuştur. Comet testinden de elde edilen veriler MN testini doğrulamaktadır.

Bolognesi ve ark. (1999), ağır metallerin tespiti için genotoksisite testleri uygulamışlardır. Seçilen metal tuzlarının (CuCl_2 , CdCl_2 , HgCl_2) farklı konsantrasyonlarındaki genotoksik etkileri midye, *Mytilus galloprovincialis* üzerinde mikronukleus ve DNA tek zincir kırığı alkalın elüsyon tekniği ile belirlenmiştir. Genotoksik potansiyel azalma oranına göre $\text{Hg} > \text{Cu} > \text{Cd}$ olarak sıralanmıştır. Cu ve Hg DNA'nın tek zincirinde kırılmalara ve MN frekansında artışa neden olmuştur. Fakat Cd MN frekansında negatif bir sonuç vermesine rağmen DNA hasarında istatistiksel olarak bir artışa neden olmuştur.

Venier ve ark., (2003), Venedik Lagünü'nden toplanan *Mytilus galloprovincialis* örneğinin hemolenf ve solungaç hücrelerinde potansiyel genotoksisiteyi ölçmek için MN testini kullanmışlardır. Venedik Lagünü'nün farklı bölgelerinde yaptıkları çalışmada, midyelerde DNA'ya zarar veren kirleticilerin Venedik Lagünü'nün endüstriyel bölgesinde olduğu gösterilmiştir. Hemolenfte belirlenen MN frekansı solungaçta belirlenen MN frekansına göre daha yüksek bulunmuş olup, hemolenfin kirleticileri daha fazla biriktirdiği savunulmuştur.

Koukouzika ve Dimitriadis (2008), Halastra (Yunanistan)'dan topladıkları midye, *Mytilus galloprovincialis* örneklerini laboratuvarında 15 gün süreyle Cd, Hg ve Cu'a maruz bırakmışlardır. Hemositlerine uygulanan MN testi ile genotoksik etkileri belirlenmiştir. Kontrol midye grubuna ise, fenantren aseton içinde çözünmüş olarak verilmiştir. MN frekansında, Hg ile tedavi edilen midyeler kontrol grubuna göre istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar göstermiştir. Toplam nuklear anormallikler arasında da Cu ve Hg'ya maruz bırakılan midyeler ile kontrol grubundaki midyeler arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar saptanmıştır.

Schiedek ve ark. (2006), 2001 ve 2002 ilkbahar ve sonbahar mevsiminde yaptıkları çalışmada, Wismar Körfezi'nden (Baltık Denizi) topladıkları mavi midye, *Mytilus edulis* örneklerin solungaç dokularında MN frekansını incelemişlerdir. Wismar Körfezi'nin farklı alanları (Wendorf istasyonu; Wismar Limanı'na yakın, tersane çıkış alanı, Eggers Wiek istasyonu; sanayi etkisi altında ve Salzhaff; Wismar Körfezi'nin doğu kısmı, ağırlıklı olarak tarım etkisinin altında) çalışma bölgeleri olarak seçilmiştir. 2001 ilkbahar mevsimindeki üç bölgenin de midye örneklerinde MN frekansı yüksek olarak saptanmıştır. 2001 sonbahar mevsiminde Wendorf istasyonunda ki MN frekansı Slazhaff istasyonuna göre yüksek belirlenmiştir. 2002 ilkbahar mevsiminde Wendorf istasyonundan toplanan midye örneklerindeki MN frekansı yüksek gözlenirken, Salzhaff ve Eggers Wiek istasyonlarında MN frekansı daha az gözlenmiştir.

Brunetti ve ark. (1988), İtalya'nın La Spezia Roads ve Venedik Lagünü'nde farklı kirlilik derecelerine göre midye, *Mytilus galloprovincialis* örneklerinde inceleme yapmışlardır. Örneklerin solungaç dokularında mikronukleus frekansını ölçmüşlerdir. Sonuçta istasyonlar arası karşılaştırmalarda anlamlı sonuçlar çıkarken, midye solungaç hücrelerinde mikronukleus frekansı tespitinin çevre genotoksitesisi için hızlı, kolay ve hassas bir teknik olduğunu belirtmişlerdir.

Dailianis ve ark. (2003), Strymonikos ve Thermaikos Körfez'lerinden Haziran ve Ekim (2001) aylarında topladıkları midye, *Mytilus galloprovincialis* örneklerinin solungaç ve hemolenf hücrelerinde mevsimsel MN frekanslarını incelemişlerdir. Solungaç dokusunda belirlenen MN frekansları arasında mevsimsel olarak anlamlı bir farklılık saptanmamıştır. Hemolenf hücrelerinde yapılan testte de MN frekansında mevsimsel farklılıklar tespit edilmemiştir.

Çavaş ve Ergene-Gözükara (2005), deniz ortamında genotoksik kirliliği değerlendirmek üzere Mersin kıyı sularından toplanan kefal, *Mugil cephalus* örneklerine mikronukleus testi uygulamışlardır. Örnekleme alan seçiminde kirlilik seviyeleri temel alınıp, endüstriyel atık suların farklı çeşitleri ile kontamine olan Karaduvar limanı ve özellikle aromatik hidrokarbonlar ile kirlenmiş Mersin limanı, kirli alanlar olarak seçilmiştir. Erdemli limanı ise kontrol alanı olarak kullanılmıştır. MN testi solungaç epitelyum hücrelerinde ve periferik kan eritrositlerinde değerlendirilmiş ve sonuç olarak, kirli bölgelerden alınan örneklerde MN ve

diğer nuklear anormallikler frekansı referans bölge örneklerine göre anlamlı olarak yüksek bulunmuştur. Solungaç hücrelerindeki MN frekansı ise eritrositlerde gözlenen MN frekansına göre oldukça yüksek bulunmuştur.

Baršienė ve ark. (2008b), Kuzey Denizi Göteborg alanında farklı bölgelerden toplanan mavi midye, *Mytilus edulis* örneğinin solungaç hücrelerinde, pisi balığı, *Platyichthys flesus* ve akya, *Symphodus melops* örneklerinin periferik kanında mikronukleus frekansını incelemiştir. *M. edulis*'de MN frekansı referans Stenungsund bölgesine göre, Hjuvik bölgesinde 2 kat, Ringhals bölgesinde 2,8 kat ve Fjallbacka bölgesinde 1,7 kat daha yüksek gözlenmiştir. *P. flesus* örneklerinin Jordhommarvik bölgesindeki MN frekansı, Fjallbacka, Nordre Alvsborg, Stenungsund ve Ringhals bölgelerine göre yüksek bulunmuştur. Ringhals bölgesindeki *S. melops* örneklerinde ki MN frekansı diğer alanlara göre önemli oranda daha düşük gözlenmiştir.

Bolognesi ve ark. (2004), içme suyu olarak kullanılan yüzey sularında klasik (sodyum hipoklorit ve klor dioksit) ve alternatif (parasetik asit [PAA]) dezenfektanların mutajenik oluşum etkilerini incelemiştir. Çalışma için Trasimeno Gölü yakınlarında deneysel bir pilot tesis kurmuşlardır. Mevsimsel dönemlerde Göl suyu ile birlikte deney havzalarında maruz bırakılan zebra midye, *Dreissena polymorpha*'nın hemositlerinde comet, solungaç hücrelerinde mikronukleus testleri uygulanmıştır. PAA ile muamelede MN frekansında bir artış gözlenmemiştir. Klor dioksit ve sodyum hipoklorit ile muamele de ise değerler önemli seviyeleri göstermiştir. Comet ve MN sıklığında bazal seviyelerine göre mevsimsel farklılık gözlenmiştir. MN frekansı mevsimsel dönemlere göre yaz mevsiminde en yüksek değerlere ulaşmıştır.

Woźnicki ve ark. (2004), tatlı su midyesi, *Anodonta woodiana*'da benzo[a]piren'in 2 farklı konsantrasyonunu uygulayarak mikronukleus ve comet testleri ile genotoksisite analizleri yapmışlardır. Benzo[a]piren'e maruz bırakılan örneklerde mikronukleus hücrelerinin varlığı kontrole göre 750 ppb konsantrasyonunda önemli farklılıklar göstermiştir.

Venier ve ark. (1997), benzo[a]pirene maruz bırakılan Akdeniz midyesi, *Mytilus galloprovincialis*'de sitogenetik hasar indüksiyonunu değerlendirmek üzere solungaç hücreleri ve hemositlerde mikronukleus ve diğer nuklear anormallikleri incelemiştir. Her benzo[a]piren dozunda (50, 100, 500, 1000 ppb) elde edilen mutlak MN değerleri kontrol ile

karşılaştırıldığında solungaç hücreleri ve agranular hemositlerde önemli artışlar gözlenmiştir. Diğer nuklear anormallikler de kontrol grubu midyeler ile karşılaştırıldığında anlamlı olarak daha yüksek frekanslarda görülmüştür.

De Andrade ve ark. (2004), birçok kaynaktan gelen kirliliğin genotoksisitesini tespit etmek için kefal (*Mugil sp.*) ve deniz kedibalığı (*Netuma sp.*)'nın periferal kanında comet ve mikronukleus testlerini uygulamışlardır. Örnekler Tramandaí ve Mampituba nehirlerinden, referans grubu ise Armazém lagününden elde edilmiştir. Farklı mevsimlerde yakalanan balıklarda comet analizi mevsimlere göre önemli farklılıklar göstermiştir. Hem kedibalığı hem de kefal için kontrole göre yıllık ortalama MN frekanslarında anlamlı farklılık gözlenmiştir. DNA hasarının bahar ve yaz aylarında artmasının nedeni insanların sayısındaki artış ile ilişkili görünmektedir.

Mersch ve ark. (1996), zebra midye, *Dreissena polymorpha*'nın laboratuvar koşullarında farklı klastojenlere maruz bırakılmasıyla hemosit ve solungaç hücrelerinde mikronukleus indüklenmesini incelemiştir. Mitomisin C, bleomisin, dimetilarsinik asit ve potasyum kromat'a maruz bırakılan midyelerin ortalama MN düzeyleri hemositlerde % 1,2 ve solungaç hücrelerinde % 2,8 olarak belirlenmiştir. Farklı kimyasalların MN indüksiyon kapasitesi dimetilarsinik asit ile muamele haricinde solungaç hücrelerinde anlamlı derecede yüksek MN oranı saptanmıştır.

Arslan ve ark. (2010), İzmir körfezinin farklı bölgelerinden (Alaybey Tersanesi, Karşıyaka, Bostanlı, Alsancak, Göztepe, Konak ve Pasaport) toplanan balık, *Gobius niger* örneklerinin eritrosit ve solungaçlarında, midye *Mytilus galloprovincialis* örneklerinin ise hemolenf ve solungaç dokusunda mikronukleus frekansını incelemiştir. Sonuçta Alaybey Tersanesi ve Pasaport bölgelerinden toplanan örneklerde mikronukleus frekansı diğer bölgelere göre daha yüksek bulunmuştur. Bu kirliliğe tersane atıklarının varlığı yüksek düzeyde katkıda bulunmuştur.

Hoshino ve ark. (2008), petrol rafineri atıklarının deşarjının yapıldığı Atibaia nehrinin su kalitesini değerlendirmek amacıyla Tilapya balığı, *Oreochromis niloticus* eritrositlerine mikronukleus testini uygulamışlardır. Mikronukleus ve nuklear değişimlerde istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar bulunmuştur.

Pinto-Silva ve ark. (2003), midye, *Perna perna* türünde okadaik asidin (OA) genotoksik etkiye neden olup olmadığını araştırmışlardır. Hemositlerde mikronukleus testi uygulanmış ve okadaik aside maruz kalan midyelerde, mikronukleus frekansları önemli derecede yüksek gözlenmiştir.

Ferraro ve ark. (2004), balık, *Hoplias malabaricus* örneklerinde inorganik kurşun (Pb II) ve tributiltin'in (TBT) comet, mikronukleus ve kromozom aberasyon analizleri ile potansiyel mutajenitesini değerlendirmişlerdir. Kurşunun yapılan tüm analiz noktalarında oldukça mutajenik olduğu görülmüştür. TBT ise kromozom aberasyon ve MN testinde anlamlı bulunmuştur.

Kalpaxis ve ark. (2004), Yunanistan'da yaptıkları bir çalışmada Patras Körfezi, Agios Vasillios ve Itea bölgelerinde toplanan midye, *Mytilus galloprovincialis* örneklerinin solungaç hücrelerinde mikronukleus frekansını incelemişlerdir. Itea bölgesi referans bölge olarak seçilmiştir. Sonuçlara göre, MN frekansları kontrol ile karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı artışlar gözlenmiştir. Ayrıca Patras Körfezi'nden toplanan örneklerde ki MN frekansı Agios Vasillios bölgesinden toplanan örneklere göre daha yüksek saptanmıştır.

Galindo ve ark. (2010), balık, *Prochilodus lineatus*'u kullanarak Al'un genotoksik etkisini değerlendirmek için Rastgele Arttırılmış Polimorfik DNA (RAPD), comet ve mikronukleus yöntemlerini uygulamışlardır. DNA hasarını indükleyen Al'un *P. lineatus* için genotoksik olduğu görülmüştür. Ancak MN frekans düzeyinde kontrollere göre bir artış görülmemiştir.

Bücker ve ark. (2006), cam bıçak balığı, *Eingenmannia virescens*'in farklı dönemlerde benzene (50 ppm) maruz kalma sürelerini göre genotoksik etkilerini değerlendirmişlerdir. Mikronukleus frekansında önemli sonuçlar bulunmamasına rağmen comet analizinde, maruz kalma süresi ile hasar sayısında kademeli bir ilişkinin olduğu saptanmıştır.

Vanzella ve ark. (2007), neotropikal balık, *Prochilodus lineatus*'da petrol kirliliğinin tespiti için laboratuvar ortamında suda çözülen dizel fraksiyonun (DWSF) genotoksik ve mutajenik etkilerini comet ve mikronukleus analizleriyle değerlendirmişlerdir. DWSF'a maruz kalan *P. lineatus* eritrositlerinde genotoksik ve mutajenik hasar belirtileri gözlenmiştir. Comet analizi sonuçları negatif kontrole göre anlamlı olarak daha yüksek gözlenmiştir.

Mikronukleuslu eritrositlerin rölatif frekansları da negatif kontrollere göre anlamlı derece yüksek bulunmuştur.

Fedato ve ark. (2010), Asya istiridyesi, *Corbicula fluminea* üzerinde % 5 oranında seyreltilmiş suda çözünen benzin fraksiyonunun (GWSF) akut (6, 24 ve 96 saat) toksisitesini araştırmışlardır. *C. fluminea*'nin hemosit ve solungaç hücrelerinde mikronukleus ve comet testi ile GWSF'nin genotoksik ve mutajenik etkileri incelenmiş ve sonuçta GWSF'na maruz kalan *C. fluminea*'nin hemosit ve solungaç hücrelerinde DNA hasarı gözlenmiştir. Mikronukleus testinde sadece 96 saat GWSF maruziyet sonucunda hemositlerde önemli bir artış görülmüştür.

Fernández ve ark. (2011), İspanya'da yaptıkları bir araştırmada 17 çalışma alanından toplanan midye, *Mytilus galloprovincialis* örneklerinin solungaçlarında mikronukleus (MN), binukleus (BN) ve nuklear bud (NB) gibi nuklear anormalliklerin seviyelerini belirlemişlerdir. Sonuçta MN ve BN seviyeleri metal kirliliğine bağlı olarak Cartagena ve Portman bölgelerinde yüksek frekanslarda bulunmuştur. Organik kirleticilerin yoğun bulunduğu Barcelona, Vallcarca, Tarragona ve Valencia bölgelerinde MN frekansı daha düşük saptanmıştır. Ayrıca sitotoksisitenin bir göstergesi olan BN Vallarca, Barcelona ve Cartagena bölgelerinde ki midyelerde (sırasıyla % 3,9; % 3,4; % 2,3) yüksek olarak gözlenmiştir. Bu sonuçlar özellikle organik kirleticilerin birikimi ile bağlantılı olduğunu düşündürmüştür.

Klobučar ve ark. (2010), Hırvatistan'ın doğusundaki bazı kirli alanlara kafes içinde sazan, *Cyprinus carpio* örnekleri koyarak bu alanlarda genotoksisite çalışması yapmışlardır. DNA hasarı, comet ve mikronukleus testleri ile kirliliğe maruz kalan balıkların eritrositlerinde değerlendirilmiştir. Yüksek antropojenik kaynaklardan etkilenen alanlarda ki balıklarda MN ve comet sonuçlarında ortalama daha yüksek DNA hasarı gözlenmiştir. Sazan balığının kan hücrelerinde MN sıklığında belirgin bir artış görülmüş fakat sonuçlar istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır.

Baršienė ve ark. (2008a), Baltık denizinin Litvanya karasularında farklı bölgelerden alınan bazı çift kabuklu yumuşakça örneklerinde kirliliğinin etkilerini araştırmışlardır. Bu çalışma mavi midye, *Mytilus edulis* ve deniz tarağı, *Macoma balthica* örneklerinin solungaç dokularında mikronukleus ve diğer nuklear anormallikler analizi ile incelenmiştir. Referans bölge N8, petrol platformu yakınında N4 istasyonu, açık deniz 65. istasyon, deşarj bölgesi

20M istasyonu ve petrol terminali bölgesi olarak da 1B istasyonlarından toplanan örneklerde en yüksek MN frekansı 65. istasyondaki yumuşakçalarda gözlenmiştir. MN frekansı nispeten 1B istasyonunda ki çift kabuklularda da yüksek belirlenmiştir.

Güner (2008), İzmir Körfezi'nde mutajen/kanserojen kaynaklı kirliliğin araştırılması için midye, *Mytilus galloprovincialis* örneğine mikronukleus testi uygulamıştır. Pasaport, Alaybey Tersane ve Bostanlı istasyonlarından alınan örneklerin hemolenflerinde ki değerlendirmelere göre en yüksek MN frekansı kirliliğin yoğun olduğu ve tersane atıklarının bulunduğu Alaybey'de tespit edilmiştir. Sitogenetik zararın göstergesi olan binukleus oluşumu ise en yüksek Bostanlı'da saptanmıştır. Ayrıca istasyonlar arasında karşılaştırmalarda istatistiksel olarak anlamlı bir farklılığın olmadığı tespit edilmiştir.

Baršienė ve ark. (2010), Kuzey Denizi'nde yaptıkları bir araştırmada, işlenmiş ham petrolün 1, 2, 4 ve 8 gün boyunca dağılan 0.5 ppm konsantrasyonuna maruz kalan mavi midye, *Mytilus edulis*'de genotoksik ve sitotoksik etkilerini incelemişlerdir. Midyenin solungaç hücrelerinde mikronukleus (MN), nuklear bud (NB), parçalanmış-apoptotik (FA) ve binukleus (BN) oranları incelenmiştir. MN frekansının zamana bağlı olarak arttığı gözlenmiştir ve istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Nuklear bud ile mikronukleus frekansı karşılaştırıldığında NB frekansı daha düşük görülmüştür ve NB petrole maruz kalan gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. FA değeri NB oranına göre daha düşük gözlenmiştir. Petrole maruz kalan midyeler arasında BN değerleri ise 1 gün < 2 gün < 4 gün olarak gösterilmiştir. FA indüksiyonu 4 günlük maruziyet sonrasında, BN ise 8 gün sonra tespit edilmiştir.

2.2. Ağır Metaller ile İlgili Daha Önce Yapılan Çalışmalar

Saavedra ve ark. (2008), bazı ağır metallerin (Hg, Ni, Cd, Pb, Cr, As, Ag, Cu ve Zn) birikimini deniz tarağı, *Pecten maximus*'un farklı dokularında (manto, solungaç, ayak, sindirim bezi, böbrek, gonad) incelemiştir. Ni, Zn, Ag ve Hg'nin diğer organlara göre böbrekte daha fazla biriktiği gözlenmiş iken, Cd, Cr, As ve Cu'nun ise sindirim bezinde daha fazla biriktiği belirlenmiştir.

Wagner ve Boham (2004), Vietnam'ın kuzeyinde yaptıkları çalışmada biyoindikatör tür olarak tatlı su midyesi olan *Pletholophus swinhoei* ile çalışmışlardır. Duy Minh (tarımsal ve potansiyel antropojenik kirlenici kaynaklar) ve An Thin (enerji santrali) istasyonlarından

toplanan 10'ar örnekte ağır metal düzeyini araştırmışlardır. Duy Minh ve An Thin istasyonlarındaki metal konsantrasyonları sırasıyla; Cr $0.14 \pm 0,07 - 0,36 \pm 0,17$ $\mu\text{g/g}$; Cu $2,4 \pm 0,9 - 3,2 \pm 2,5$ $\mu\text{g/g}$; Fe $390 \pm 90 - 1900 \pm 770$ $\mu\text{g/g}$; Mn $520 \pm 190 - 1600 \pm 1000$ $\mu\text{g/g}$; Ni $0,42 \pm 0,11 - 0,88 \pm 0,34$ $\mu\text{g/g}$; Pb $0,49 \pm 0,39 - 0,53 \pm 0,21$ $\mu\text{g/g}$; Zn $120 \pm 18 - 150 \pm 54$ $\mu\text{g/g}$ (kuru ağırlık) olarak belirlenmiştir. Bu verilere göre iki site arasında An Thin istasyonunda metal düzeyinin daha fazla olduğu bildirilmiştir.

Turgut (2003), Batı Ege bölgesinde yer alan Küçük Menderes Nehri suyunda mevsimsel ağır metal düzeyini incelemiştir. Tespit edilen metallerin en düşük ve en yüksek değerleri sırasıyla; Cd $0,003$ $\mu\text{g/l}$ (Mayıs)- $0,81$ $\mu\text{g/l}$ (Ocak), Pb $1,36$ $\mu\text{g/l}$ (Mayıs)- $2,84$ $\mu\text{g/l}$ (Kasım), Cr $0,093$ $\mu\text{g/l}$ (Ocak)- $2,19$ $\mu\text{g/l}$ (Mart), Ni $2,27$ $\mu\text{g/l}$ (Ocak)- $8,98$ $\mu\text{g/l}$ (Mart), Cu $0,88$ $\mu\text{g/l}$ (Mart)- $14,11$ $\mu\text{g/l}$ (Kasım), Zn $249,17$ $\mu\text{g/l}$ (Ocak)- $258,08$ $\mu\text{g/l}$ (Kasım) belirtilmiştir. Ağır metal düzeyi bazı mevsimlerde daha yüksek gözlenirken bazı mevsimlerde de daha düşük olarak belirlenmiştir.

Roméo ve ark. (2003), Cannas ve Nice Körfezi'ne Akdeniz'in açık ve temiz bir Koyu'nda bulunan su ürünleri çiftliğinden transplante ettikleri midye (*Mytilus galloprovincialis*) örneklerinin yumuşak dokularında ağır metal birikimi araştırmışlardır. Nice Körfezi'nin de farklı uzaklıklarda olan alanları çalışmada kullanılmıştır. Bakır konsantrasyonu özellikle Liman bölgesinde (Nice Limanı (Ekim, 1999)- $8,3$ $\mu\text{g/g}$; Cannas Limanı (Ekim, 2000)- $27,5$ $\mu\text{g/g}$; Cannas Limanı (Haziran, 2000)- $202,3$ $\mu\text{g/g}$) yüksek belirlenmiştir. Kadmiyum konsantrasyonu her zaman 1 $\mu\text{g/g}$ 'dan daha düşük saptanmıştır. Çinko değerleri ise (limana 3 km uzaklıkta) Nice Körfezi'nin 2. istasyonunda (Ekim, 1999) 128 $\mu\text{g/g}$, 3. istasyonunda (Liman girişi) (Ekim, 2000) 394 $\mu\text{g/g}$ (kuru ağırlık) olarak belirtilmiştir.

Mol ve Alakavuk (2010), Marmara Denizi'nin on farklı bölgesindeki midye, *Mytilus galloprovincialis* örneklerinde Cu, Hg, Zn, Cd ve Pb metal içeriğini incelemiştir. Hg, örneklerin hiçbirinde tespit edilememiştir. Cu $3,473$ mg/kg ve Cd $0,740$ mg/kg (yaş ağırlık) olarak kabul edilebilir maksimum değerinin altında tespit edilmiştir. Marmara Denizi'nde *Mytilus galloprovincialis*'de Cu, Cd ve Hg güvenli ancak Zn ve Pb sınırlarının üzerinde belirlenmiştir. Çalışma sonucuna göre midyelerdeki ağır metal konsantrasyonunun insan sağlığı için kapsamlı ve periyodik olarak izlenmesi gerektiği belirtilmiştir.

Mauri ve Baraldi (2003), *Mytilus galloprovincialis* örneğinin yumuşak doku ve kabuklarındaki ağır metal birikimini incelemiştir. Referans siteden Venedik Lagünü'ne nakledilen midyelerin 1 ay sonra yumuşak dokusunda Pb ve Zn değerlerinde bir fark gözlenmezken Cr, Cu, Fe ve Mn metal seviyeleri başlangıçtaki değerlere göre daha yüksek belirlenmiştir. Kabukta ki Cu, Zn ve Pb metal düzeylerinde ise nakledildikten 3 ay sonra artış gözlenmiştir.

Çolakoğlu ve ark. (2011), Güney Marmara Bölgesi'nin 5 farklı (Gelibolu, Şevketiye, Bolayıraltı, Kemer ve Karabiga) istasyonunda yaptıkları çalışmada çizgili Venüs (cik-cik), *Chamelea gallina*'da B, Cr, Co, Cu, Mn, Zn, Ni, Fe, Al, Pb, Ba ve Cd elementlerinin birikimini incelemiştir. Ortalama metal konsantrasyonları, B: 2,37-4,24; Cr: 0-0,76; Co: 0-0,43; Cu: 0,71-5,30; Mn: 0,30-5,94; Zn: 13,08-77,76; Ni: 0-1,22; Fe: 2,46-114,22; Al: 1,23-75,49; Pb: 0,18-3,24; Ba: 0,66-15,97; Cd: 0,04-0,69 mg/kg (yaş ağırlık) olarak belirlenmiştir. ICP-AES ile analiz edilen metal seviyelerinden sadece Pb ve Zn Türk mevzuatı ve Avrupa komisyonu tarafından bildirilen maksimum konsantrasyonları aşmıştır. Kurşun içeriği Gelibolu istasyonu ve Karabiga istasyonunda kabul edilebilir değerler üzerinde saptanmıştır. Belirlenen metal birikimlerine göre *Chamelea gallina*'nın insan tüketimi için güvenli olduğunu ancak Pb ve Zn düzeylerinin izlenmesi gerektiğini belirtmişlerdir.

Amundsen ve ark. (1997), Norveç ve Rusya'nın arasındaki tatlı su kaynaklarından aldıkları *Coregonus lavaretus* (alabalık), *Perca fluviatilis* (levrek), *Esox lucius* (turna balığı), *Lota lota* (morino), *Salmo trutta* (kahverengi alabalık), *Coregonus albula* (alabalık) örneklerinin karaciğer, kas ve solungaç dokularında Ni, Cd, Cu, Cr, Zn ve Hg içeriklerini araştırmışlardır. Türlerin ortalama metal konsantrasyonları solungaç dokusu için, Cr: 0,64-2,0; Cd: 0,02-0,28; Zn: 75-675; Ni: 0,4-9,13 $\mu\text{g g}^{-1}$ (yaş ağırlık) olarak belirlenmiştir. Sonuçta, metal konsantrasyonunun en yüksek karaciğer ve solungaç dokularında biriktiği bildirilmiştir.

Göksu ve ark. (2005), İçel (Türkiye) Akkuyu Koyu'ndan topladıkları çift kabuklu yumuşakçalardan, *Pinctada radiata* ve *Brachidontes pharaonis*'in yumuşak dokularında Cd, Fe, Zn ve Cu birikimini incelemiştir. Ortalama ağır metal birikim konsantrasyonları *B. pharaonis*'te Fe>Zn>Cd>Cu, *P.radiata*'da ise Fe>Zn>Cu>Cd şeklinde sıralanmıştır.

Canlı ve ark. (1998), Seyhan Nehri'nin farklı alanlarından yakalanan balık (*Cyprinus carpio*, *Barbus capito*, *Chondrostoma regium*) örneklerinin karaciğer, kas ve solungaç

dokularında Cd, Pb, Cu, Cr ve Ni düzeylerini incelemişlerdir. Dokulardaki ağır metal seviyeleri istasyonlara göre farklılık gösterse de özellikle hastane atıkları tarafından kontamine edildiği düşünülen istasyonda en yüksek ölçülmüştür. Karaciğer ve solungaç dokularında metal biriktirme düzeyi daha yüksek bulunmuştur. Balıkların solungaç ve karaciğer dokularındaki ortalama metal derişimleri Cd: 1,26-6,10 µg/g, 0,96-4,72 µg/g; Pb: 9,41-44,75 µg/g, 5,22-37,15 µg/g; Cu: 5,43-58,63 µg/g, 5,91-201,1 µg/g; Cr: 1,72-6,10 µg/g, 0,23-5,35 µg/g ve Ni: 6,83-28,03 µg/g, 3,42-27,05 µg/g (kuru ağırlık) olarak belirlenmiştir.

Yarsan ve ark. (2000), Van Gölü'nden toplana midye (*Unio stevenianus*) örneklerinde ağır metal düzeylerini tespit etmişlerdir. Analiz sonuçlarına göre çinko 15,93±3,26 ppm, kurşun 1,43±0,81 ppm, bakır 5,83±0,73 ppm, kadmiyum 0,09±0,02 ppm ve arsenik 0,06±0,05 ppm olarak belirlenmiştir. Sonuçlara göre tespit edilen metal yoğunlukları kabul edilebilir değerlerde bulunmuştur.

Farkas ve ark. (2000), Macaristan'daki Balaton Gölü'nde yaşayan yılan balığı, çipura ve sudak örneklerinin kas, karaciğer ve solungaç dokularında Cd, Pb, Zn, Cu ve Hg seviyelerini belirlemişlerdir. Çipura'da Cd konsantrasyonu dışında balıkların kaslarında bulunan toksik metaller insan tüketimi için izin verilen maksimum seviyenin altında belirlenmiştir. Cd, Cu, Pb ve Zn düzeyleri yılan balığı ve çipura' da daha yüksek iken, Hg ise sudak'ta daha yüksek bulunmuştur. Civa her tür için kaslarda fazla birikim gösterse de diğer metaller karaciğer ve solungaçlarda daha yüksek seviyelerde görülmüştür.

Karadede-Akın ve Ünlü (2007), Dicle Nehri'nde su, balık (*Silurus triostegus*, *Mastacembelus simack*, *Mystus halepensis*, *Orthrias euphraticus*), yengeç (*Potamon fluviatilis*), tatlısu salyangozu (*Physa acuta*), midye (*Unio elongatulus*) örneklerinde Cd, Co, Fe, Cu, Ni, Mn, Pb ve Zn gibi ağır metallerin seviyelerini belirlemişlerdir. Sonuçlara göre balıklarda karaciğer, kas ve solungaç dokularında biriken metal konsantrasyonları türlere göre farklılık göstermiştir. Cu, Mn, Zn ve Fe değerleri *S. triostegus* örneğinin solungaç ve karaciğer dokusunda; Ni ve Fe düzeyi ise diğer mevsimlere oranla yaz aylarında kaslarda en fazla bulunmuştur. *M. simack* örneği için Cu, Ni ve Fe değerleri karaciğerde; Ni, Zn, Mn ve Fe değerleri solungaçlarda ve Zn, Cu, Mn, Ni, Fe konsantrasyonları yaz aylarında kaslarda en fazla belirlenmiştir. *O. euphraticus*' un iç organlarındaki ağır metal birikiminin kaslara oranla daha yüksek olduğu saptanmıştır. Yengeç, *P. fluviatilis* hepatopankreasında belirlenen Cu, Ni,

Mn, ve Fe değerleri kas dokusunda ki birikime göre daha yüksek bildirilmiştir. Midye, *U. elongatulus* ve tatlısu salyangozu, *P. acuta* örneklerinde Cd, Co ve Pb tespit edilememiştir. Ni sadece yaz aylarında toplanan *P. acuta* örneklerinde saptanmıştır. Midye, *U. elongatulus*' da ortalama metal konsantrasyonu Fe>Mn>Zn>Cu>Ni iken, tatlı su salyangozu, *P.acuta* için Fe>Mn>Cu>Zn>Ni olarak belirlenmiştir. *U. elongatulus* iç organlarında Cu, Ni ve Fe düzeyleri kış aylarında en yüksek bulunmasına karşın Zn ve Mn değerleri yaz aylarında en yüksek bildirilmiştir. Su örneklerindeki ortalama ağır metal konsantrasyonları ise Ni>Zn>Fe>Cu>Co olarak belirlenmiştir.

Kır ve Tuncay (2010), Kovada Gölü'nde yaşayan tatlı su istakozu, *Astacus leptodactylus* örneklerinin karaciğer, kas ve karapaks dokularında ağır metal birikimini incelemiştir. 32 adet tatlı su istakozunda ICP-OES cihazı ile metal düzeyleri araştırılmıştır. Analiz sonucunda doku ve organlarda Mn, Cu, Ni, Zn, Cd, Al, Cr, Fe ve Pb metalleri tespit edilmiştir. Tespit edilen metaller arasında Al'un en fazla birikim gösterdiği belirlenmiştir. Ayrıca metallerin kas dokusuna göre karapaks ve karaciğerde daha fazla biriktiği de saptanmıştır.

Rashed (2001), Mısır'ın Nasser Gölü'nden topladıkları *Tilapia nilotica* örneklerinde Cr, Co, Fe, Cu, Sr, Mn, Ni ve Zn metallerinin birikimlerini incelemiştir. Balık dokuları arasında karaciğerde Cu ve Zn, mide ve bağırsakta Mn, solungaçlarda ise Cr, Mn ve Zn yüksek konsantrasyonlarda belirlenmiştir.

Farkas ve ark. (2003), Macaristan'ın Balaton Gölü'nün batı havzasından topladığı çipura, *Abramis brama* örneklerinin karaciğer, solungaç ve kas dokularında ağır metallerin yaş, boy ve mevsime göre değişimini incelemiştir. Farklı dokularda ortalama metal konsantrasyonları Cd: 0,42-2,10; Cu: 1,77-56,2; Hg: 0,01-0,19; Zn: 10,9-82,5; Pb: 0,44-3,24 $\mu\text{g g}^{-1}$ (kuru ağırlık) olarak ölçülmüştür. Hg konsantrasyonu kaslarda yüksek belirlenirken Cd, Cu, Pb ve Zn metal konsantrasyonları karaciğer ve solungaç dokularında en yüksek seviyede bulunmuştur.

Karadede ve ark. (2004), Atatürk Baraj Gölü'nde kefal, *Liza abu* ve kedibalıği, *Silurus triostegus* örneklerinin farklı dokularında bazı ağır metallerin dağılımını araştırmışlardır. *L. abu* ve *S. triostegus* örneklerinin karaciğer ve solungaç dokularında metal birikimi kas dokusuna oranla oldukça yüksek bulunmuştur. Co ve Mo her iki türün organlarında tespit edilebilir değerlerin altında bulunmasına karşın Ni sadece *L. abu* örneklerinin dokularında

tespit sınırının altında bulunmuştur. *L. abu* örneğinin karaciğer, solungaç ve kas için ortalama metal konsantrasyonu Cu>Zn>Fe>Mn; Fe>Zn>Cu>Mn; Zn>Fe>Cu>Mn, *Silarus* türünde ise Fe>Zn>Cu>Mn>Ni; Zn>Fe>Cu>Mn>Ni; Zn>Fe>Cu>Ni>Mn olarak belirlenmiştir. Birikim türlerine ve elementlere göre değişiklik göstermesine karşın genel olarak birikim karaciğer>solungaç>kas olarak bildirilmiştir.

Gezen ve ark. (2011), Çanakkale boğazı Umurbey Bölgesi'nden topladıkları bazı yumuşakça örneklerinde ağır metal analizi ile kirliliği belirlemişlerdir. Umurbey kıyısından toplanıp seçilen 10'ar adet deniz tarağı, *Pecten maximus*, istiridye, *Ostrea edulis* ve akivades, *Tapes decussatus* örneklerinde ICP-AES ile ağır metal düzeyi incelenmiştir. İç organlarında yapılan analiz sonucunda, *Pecten maximus*'da Zn ve Mn, *Tapes decussatus*'da Zn ve *Ostrea edulis*'de ise Zn yüksek değerlerde gözlenmiştir.

El-Sikaily ve ark. (2004), Akdeniz'in Mısır kıyılarından topladıkları bivalvialar (*Modiolus auriculatus* ve *Donax trunculus*) ve Kızıl denizin Mısır kıyılarından topladıkları *Brachiodonates sp* örneklerinde Fe, Mn, Cd, Co, Cu, Pb, Zn ve Pb ağır metalleri ölçmüşlerdir. Analiz sonuçlarına göre ağır metal birikimi Akdeniz ve Kızıl Deniz için Fe>Zn>Cu>Mn>Ni>Co>Pb>Cd olarak saptanmıştır.

Kayhan ve ark. (2007), İstanbul Boğazı'ndan Ocak 2003-Aralık 2004 tarihleri arasında toplanan Akdeniz midyesi, *Mytilus galloprovincialis* örneklerinde kadmiyum (Cd) ve kurşun (Hg) birikimini araştırmışlardır. Cd ve Hg konsantrasyonları atomik absorpsiyon spektrometresi (AAS) ile tespit edilmiştir. Yumuşak dokulardaki metallerin konsantrasyonları insan tüketimi için besin kaynağı olarak kullanımı kabul edilebilir değerlerin üstünde bulunmuştur ve bu değerler Türk mevzuatı standartlarına göre kabul edilemez değerlerdedir.

Karadede ve Ünlü (2000), Atatürk Baraj Gölü'nde yaptığı bir araştırmada su, sediment ve balık (*Acanthobrama marmid*, *Chalcalburnus mossulensis*, *Chondrostoma regium*, *Carasobarbus luteus*, *Capoetta trutta* ve *Cypinus carpio*) türlerinde ağır metal konsantrasyonunu belirlemişlerdir. Ni konsantrasyonu, balık örneklerinde tespit edilemeyecek seviyede iken Cd, Co, Hg, Mo, Pb düzeyleri de su, sediment ve balık örneklerinde tespit edilememiştir. Cu, Fe, Mn ve Zn metal seviyelerinin ise dokulara bağlı olarak değiştiği görülmüştür.

Ip ve ark. (2005), Çin'in güneyindeki Pearl Nehri'nde bulunan sucul organizmalarda (balık, yengeç, karides ve kabuklu deniz ürünleri) eser metallerin birikimini ve potansiyel kaynaklarını araştırmışlardır. Sucul organizma örneklerinde eser metallerin konsantrasyonları Cd: 0,01-2,10, Co: 0,02-4,33, Cr: 0,08-4,27, Cu: 0,15-77,8, Ni: 0,17-31,0, Pb: 0,04-30,7, Zn: 8,78-86,3 mg/kg (yaş ağırlık) olarak belirlenmiştir. Pb konsantrasyonu balıkta yüksek bulunurken, Cd konsantrasyonu yengeç, karides ve kabuklu deniz ürünlerinde yüksek bulunmuştur.

Çavuşoğlu ve ark. (2007), Kızılırmak Nehri'nin Kırıkkale il sınırlarında kalan kısmında *Mytilus sp* (midye), *Gammarus sp* (nehir tırnağı) ve *Cladophora sp* (yeşil alg) türleri ile ağır metal kirliliğini incelemişlerdir. Üç farklı istasyondan (Karakeçili ilçesi-I, Hacılar Kasabası Mevkii-II, Irmak Beldesi-III) toplanan örneklerde Elektron Dağılım Spektroskopisi (EDS) ile ölçümler yapılmıştır. Analiz sonuçlarına göre istasyonlardaki ağır metal kirliliği II>III>I olarak saptanmışken, türler arasında ise *Cladophora sp*, *Gammarus sp* ve *Mytilus sp* olarak sıralanmaktadır.

Göksu ve ark. (2003), Seyhan Baraj Gölü'nden topladıkları aynalı sazan (*Cyprinus carpio* L., 1758) ve sudak (*Stizostedion lucioperca* L., 1758) örneklerinin yenilebilir kısımlarından Zn, Cd ve Fe birikimini incelemişlerdir. Örnekler AAS yöntemi ile analiz edilip ortalama birikim değerleri, aynalı sazan'da Fe $1,93 \pm 0,36 \mu\text{g g}^{-1}$, Cd $0,46 \pm 0,10 \mu\text{g g}^{-1}$, Zn $0,84 \pm 0,57 \mu\text{g g}^{-1}$ ve sudak'ta Fe $1,85 \pm 0,20 \mu\text{g g}^{-1}$, Cd $0,49 \pm 0,09 \mu\text{g g}^{-1}$, Zn $0,54 \pm 0,22 \mu\text{g g}^{-1}$ (yaş ağırlık) olarak saptanmıştır. Sonuçta ağır metal birikim sıralaması Fe>Zn>Cd olarak belirlenmiştir.

Storelli ve ark. (2000), İtalya'da İyon Denizi'nin 10 farklı istasyonundan topladıkları midye, *Mytilus galloprovincialis* örneklerinde ağır metal birikimini incelemişlerdir. Yapılan analiz sonucunda kadmiyum, civa, kurşun, krom, çinko ve kalay ağır metalleri tespit edilmiştir. Midyelerdeki ağır metal konsantrasyonları kurşun 1,19 mg/kg, civa 0,15 mg/kg, krom 0,31 mg/kg, kadmiyum 0,64 mg/kg, kalay 0,54 mg/kg ve çinko 5,15 mg/kg olarak bildirilmiştir. Bulunan değerlerin insan tüketimi için kabul edilebilir değerler altında olduğu saptanmıştır.

Giardano ve ark. (1989), İtalya kıyılarından Ağustos 1986-Ekim 1987 arasında toplanan midye, *Mytilus galloprovincialis* örneklerinde kurşun, kadmiyum ve civa birikimini

belirlemişlerdir. Analizleri kurşun ve kadmiyum için elektrotermal, civa için soğuk buhar atomik absorpsiyon spektrofotometre teknikleri ile yapmışlardır. Çalışma sonucunda metallerin konsantrasyon değerlerinin ortalama değerlere göre yüksek olduğu saptanmıştır.

Maanan (2008), Fas'ın farklı kıyılarından topladıkları midye, *Mytilus galloprovincialis*, deniz tarağı, *Venerupis decussatus* ve istiridye, *Crassostrea gigas* türlerinde 2004-2005 yıllarında mevsimlik dönemlerde birikmiş metal birikimini ölçmüşlerdir. Midyenin yumuşak dokusunda ortalama; Cd 7,2 mg/kg, Hg 0,6 mg/kg, Pb 9,6 mg/kg, Cu 26,8 mg/kg, Zn 292 mg/kg, Mn 20,8 mg/kg, Cr 8,8 mg/kg ve Ni 32,8 mg/kg, deniz tarağında; Cd 2,2 mg/kg, Pb 4,1 mg/kg, Hg 0,3 mg/kg, Cr 9,6 mg/kg, Cu 11,1 mg/kg, Zn 103,1 mg/kg, Ni 22,4 mg/kg, Mn 18,8 mg/kg ve istiridyede ise; Cd 4,54 mg/kg, Hg 0,4 mg/kg, Cu 25,9 mg/kg, Pb 4,2 mg/kg, Cr 7,1 mg/kg, Mn 26,4 mg/kg, Zn 481,7 mg/kg, Ni 25,8 mg/kg olarak belirlenmiştir. Sonuçta mevsimler ile metal konsantrasyonları arasında benzer ilişkiler olduğu saptanmıştır.

Demir ve ark. (2011), Çanakkale Boğazı Karacaören kıyısındaki deniz suyu ve bazı yumuşakçalarda ağır metal birikimini incelemişlerdir. Deniz suyunda Co seviyesi duyarlılık sınırının altında iken Zn düzeyi metallerin kabul edilebilir değerlerine göre yüksek bulunmuştur. Diğer metaller ise kabul edilebilir değerlerde belirlenmiştir. İstiridyede Fe, Cu, Al, Zn; akivadeste Zn, Al, Fe; deniz salyangozunda Fe, Cu, Al, Mn, Zn; deniz tarağında ise Fe, Mn, Zn ve Al kabul edilebilir değerler üzerinde bulunmuştur.

Giardano ve ark. (1991), İtalya kıyılarında Cenova (Ligurian Denizi) ve Termoli (Adriyatik Denizi) alanlarından topladıkları deniz organizmalarında (*Mytilus galloprovincialis* Lmk., *Murex trunculus*, *Serranus scribal* ve *Serranus cabrilla*) Hg, Pb ve Cd konsantrasyonlarını belirlemişlerdir. *Mytilus galloprovincialis* örneğinde genel metal seviyeleri düşük bulunmuştur. *Murex trunculus* örneğinde kurşun düşük konsantrasyonlarda bulunmuşken, civa ve kadmiyum seviyesi ortalama olarak daha yüksek belirlenmiştir. *Serranus scribal* ve *Serranus cabrilla* örneklerinde ise, Cd ve Hg düzeyleri tespit sınırlarının altında kaydedilmiştir.

Yazkan ve ark. (2003), Antalya Körfezi'nden toplanan bazı yumuşakça türlerinde (*Eledone aldroventi*, *Sepia officinalis*, *Loligo vulgaris*) ve karides (*Parapenaeus longirostris*) yumuşak dokularında Pb, Cu, Cd ve Zn miktarlarını belirlemişlerdir. Analiz sonuçlarına göre yumuşakçalarda ve karideste sırasıyla Zn miktarı; 10,95-21,52 mg/kg- 11,73-14,27 mg/kg, Cu

miktarı; 1,82- 6,22 mg/kg- 4,24- 7,40 mg/kg olarak belirlenmiştir. Ağır metaller arasında insan sağlığı için önemli olan Pb miktarı yumuşakçalarda ve karideste sırasıyla; 0,00-0,35 mg/kg- Pb tespit edilmezken, Cd miktarı ise; 0,23-0,72 mg/kg- 0,26-0,28 mg/kg arasında ölçülmüştür.

Bat ve Gündoğdu (1999), Sinop kıyılarının farklı bölgelerinden toplanan midye, *Mytilus galloprovincialis* dokularında kurşun, çinko, kadmiyum ve bakır birikimini AAS ile ölçmüşlerdir. Dışlıman'dan gelen örneklerde Zn, Cu ve Pb konsantrasyonları yüksek gözlenirken, İçliaman'daki örneklerde Cd birikimi yüksek konsantrasyonlarda saptanmıştır. En düşük Cu, Pb ve Cd değeri Karakum'da, Zn değeri ise Aklıman'daki örneklerde elde edilmiştir.

Chiu ve ark. (2000), Hong Kong'ta yaptıkları bir araştırmada, 1997'de üç farklı istasyondan toplanan yeşil ağızlı midye, *Perna viridis* örneklerinde Cr, Cd, Cu, Pb ve Ni değerleri tespit edilmiştir. Cr ve Cu miktarı Kat O (KO) istasyonuna göre Ma Wan ve Lo Tik Wan istasyonlarında yüksek bulunmuştur. Bunun aksine Pb miktarı (4,37 µg/g kuru ağırlık) ise KO istasyonunda en yüksek saptanmıştır. İstasyonlar arasındaki Ni miktarlarında bir farklılık gözlenmemiştir.

Gundacker (2000), Viyana'da çift kabuklu türlerden *Anodonta sp.* ve *Unio pictorum* örneklerinde ağır metal birikimlerini karşılaştırmıştır. Cd, Pb, Cu ve Zn atomik absorpsiyon spektrofotometresi ile ölçülmüştür. *Anodonta* dokularında ki metal birikimleri bölgeler arasında farklılıklar sunmuştur. Neue Donau Süd istasyonunda Cd; iç organlar, kabuk, adduktor kas, manto dokularında, Pb ise solungaç dokularında anlamlı olarak yüksek bulunmuştur. Tuna Nehri istasyonunda ki örneklerin solungaç ve adduktor kaslarında, Neue Donau Süd istasyonu örneklerinde ise iç organlar ve kabuklarda Cu değeri en yüksek saptanmıştır. Kuchelauer Hafen'da adduktor kasta Zn değeri en yüksek belirlenmiştir. Neue Donau Süd istasyonunda *Anodonta* kabuğunda metal birikiminin anlamlı olarak daha fazla olduğu görülmüştür. Neue Donau Süd istasyonunda *U. pictorum* örneğinde ise Cd ve Pb konsantrasyonları önemli ölçüde yüksek bulunmuştur.

Licata ve ark. (2004), Faro Gölü'nün (Sicilya, İtalya) beş farklı bölgesinden toplanan midye *Mytilus galloprovincialis* örneklerinde ağır metal konsantrasyonları incelemiştir. Temel (Cu, Se, Zn) ve toksik (As, Cd, Hg, Cd) metal konsantrasyonları atomik absorpsiyon spektrofotometresiyle ölçülmüştür. Tüm alanlarda Cu (188,3-396,0 ng/g) ve Se (93,5-288,9

ng/g) konsantrasyonları, Zn (11,0-18,5 ng/g) konsantrasyonuna göre daha yüksek bulunmuştur. Cd (41,9-63,8 ng/g), Pb (64,8-93,0 ng/g) ve Hg (5,7-13,1 ng/g) düzeyleri izin verilen değerlerden daha düşük konsantrasyonlarda gözlenmiştir.

Yap ve ark. (2006), Johore Boğazı'nın (Singapur) batı ve doğu kesimlerinden toplanan yeşil ağızlı midye, *Perna viridis* örneklerinin yumuşak dokularında (gonad, ayak, solungaç, manto, kas ve kalan yumuşak doku) ağır metal birikimini analiz etmişlerdir. Boğazın doğu kısımdan toplanan örneklerde ki Cu, Cd, Fe, Ni ve Zn metal seviyeleri batı kısma göre daha yüksek bulunmuştur.

Türkmen ve ark. (2005), İskenderun Körfezi'nde yaptıkları bir çalışmada, iki bivalvia (*Ostrea stentina*, *Chama pacifica*) türünün yenilebilir kısmında kadmiyum (Cd), demir (Fe), kurşun (Pb), çinko (Zn), krom (Cr), bakır (Cu), Manganez (Mn), nikel (Ni), kobalt (Co) ve alüminyum (Al) düzeylerini incelemişlerdir. *O. stentina* için Al 174,3; Cd 4,27; Fe 270,6; Pb 6,21; Zn 1002; Cu 64,70; Mn 25,37; Co 8,67; Ni 6,92; Cr 9,17 mg kg⁻¹, *C. pacifica* örneklerinde ise Cd 7,53; Fe 82,02; Pb 62,34; Zn 419,8; Cu 46,93; Mn 5,79; Ni 22,87; Co 33,80; Cr 3,36 ve Al 130,9 mg kg⁻¹ (kuru ağırlık) olarak belirlenmiştir.

Liu ve Kueh (2005), Hong Kong'un farklı bölgelerinden toplanan midye, *Perna viridis* örneklerinin yumuşak dokularında ağır metal birikimini incelemişlerdir. Sonuçta, çalışılan siteler arasından Ma Wan bölgesinde Cd seviyeleri anlamlı olarak daha yüksek saptanmıştır. Pb konsantrasyonunda nispeten yüksek bulunmuştur. Mn konsantrasyonu Wu Kai Sha bölgesinden toplanan örneklerde belirgin miktarda gözlenmiştir. Tai Tam ve Tsim Sha Tsui bölgelerinde Hg ve Cu anlamlı derecede yüksek konsantrasyonlarda kaydedilmiştir. Ni konsantrasyonu ise Lamma Adası ve Tai Tam bölgelerinden toplanan örneklerde yüksek bulunmuştur. Yüksek toksik ağır metal (Cd, Hg ve Pb) oranları gıda olarak kabuklu deniz ürünleri için önerilen limitlerin altında saptanmıştır (Cd 2,0 ppm; Hg 0,5 ppm; Pb 6,0 ppm yaş ağırlık). *P. viridis* örneğinde As ve Ni (86 ppm, 80 ppm yaş ağırlık) değerleri US FDA tarafından belirlenen limitlerin altında saptanmıştır.

Ciminli (2005), Hatay Bölgesi, Gölbaşı Gölü'nden topladıkları 2 farklı (*Unio terminalis delicatus*, *Potamida littoralis*) midye örneğinde ağır metal konsantrasyonlarını ölçmüştür. Mevsimsel olarak toplanan *Unio terminalis delicatus*'da sonbahar, kış ve yaz mevsimlerinde kas ve solungaç dokularında Cd düzeyi, *Potamida littoralis delesserti*'de yaz ve kış

mevsimlerinde kas dokusunda Co miktarı tespit edilememiştir. Farklı midye örneklerinin kas ve solungaç dokularındaki analiz sonucunda, solungaç dokusundaki ağır metal birikiminin kas dokusunda ki birikime göre daha yüksek olduğu saptanmıştır.

Esen (2006), İzmir Körfezi, İnciraltı bölgesinden toplanan midye, *Mytilus galloprovincialis* dokusundaki ağır metal birikimini incelemiştir. Ağır metal analizinin ortalama değerlerine göre; bakır 1,2 mg/kg, kadmiyum 0,02 mg/kg, çinko 13,9 mg/kg, civa 0,003 mg/kg, kurşun 0,13 mg/kg ve arsenik 1,03 mg/kg olarak saptanmıştır. Bu verilere göre ağır metal yönünden oluşan kirlilik düzeyinin henüz insan sağlığı açısından bir tehlike oluşturmadığı belirlenmiştir.

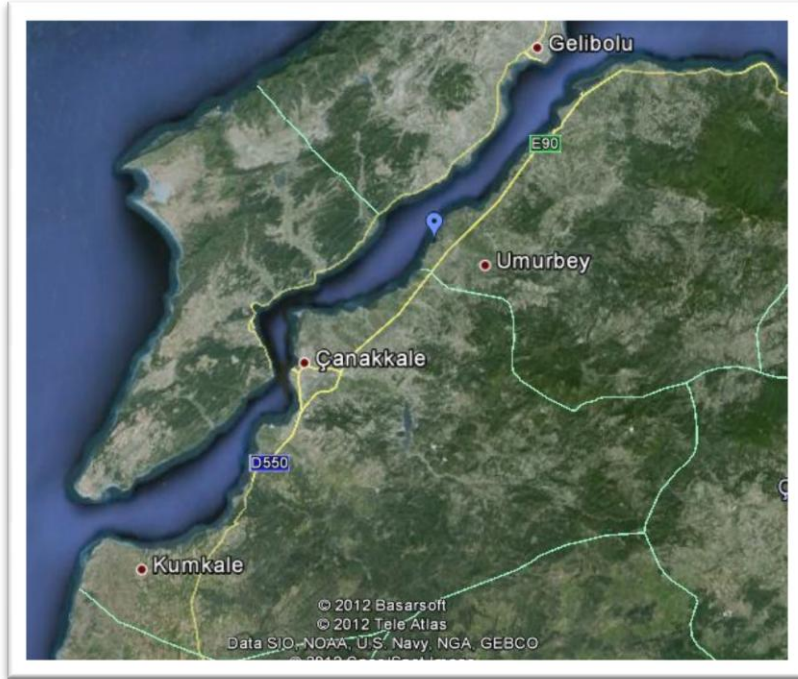
BÖLÜM 3

MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Çift kabuklu yumuşakça örneklerinin alındığı araştırma bölgesi

Bu çalışma kapsamında örnekler Marmara Bölgesi, Çanakkale ilinin kuzeydoğusunda olan Umurbey kıyısından toplanmıştır (Şekil 13). Çanakkale Boğazı'nda yoğun gemi trafiğinin ve petrol sızıntılarının olması, yakınında maden yatağının bulunması ve endüstriyel, tarımsal aktivitelerin olmasından dolayı Umurbey kıyısı çalışma alanı olarak seçilmiştir (Şekil 14). Örneklemeye Mart 2012'de yapılmıştır.



Şekil 13. Çift kabuklu yumuşakça örneklerinin alındığı bölgenin haritası (<http://maps.google.com/>).



Şekil 14. Çift kabuklu yumuşakça örneklerinin alındığı bölge (orijinal).

3.1.2. Araştırmada kullanılan çift kabuklu yumuşakça materyalleri

Araştırmanın konusunu oluşturan çift kabuklu yumuşakça örnekleri dalgıç yardımıyla, 5-10 m derinlikten çıkarılmıştır. Çalışmada; eşit boy ve ağırlıkta seçilen 10'ar adet *Mytilus galloprovincialis* (Akdeniz midyesi), *Ruditapes decussatus* (akivades), *Pecten maximus* (deniz tarağı) ve *Ostrea edulis* (Avrupa yassı istiridyesi) örneği kullanılmıştır. Örneklerin kabuk uzunluğu (cm) kumpas ile ölçülmüştür. Ağırlık ölçümleri ise hassas terazide yapılmıştır.

Deneyde ortalama $8,90 \pm 0,54$ cm boyunda, $60,48 \pm 4,68$ gr ağırlığında *M. galloprovincialis*; $3,44 \pm 0,05$ cm boyunda, $7,53 \pm 0,25$ gr ağırlığında *R. decussatus*; $4,98 \pm 0,46$ cm boyunda, $28,41 \pm 4,51$ gr ağırlığında *P. maximus*; $6,48 \pm 0,30$ cm boyunda, $32,72 \pm 4,82$ gr ağırlığında *O. edulis* örnekleri ile çalışma yapılmıştır.

Çalışmalarda kullanılacak örnekler manto boşluklarındaki kum ve benzeri maddelerden arındırılması için deniz suyuyla yıkanarak temizlenmiştir. Laboratuvara getirilen örneklerin canlılığını kaybetmeden hemolenfi alınıp, solungaçları steril bistüri yardımıyla posterior addüktör kası kesilip kabukları açıldıktan sonra disekte edilmiştir. Hemolenf, MN testi için -20°C 'de saklanmıştır. Solungaç dokuları ise ağır metal analizi için ayrılmıştır.

3.1.3. Kullanılan kimyasallar

Ağır metal analizinde dokuları yakma işleminde nitrik asit (HNO_3) ve hidrojen peroksit (H_2O_2), mikronukleus testi için etanol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$), glasial asetik asit, giemsa boyası, potasyum dihidrojen fosfat (KH_2PO_4), sodyum dihidrojen fosfat (Na_2HPO_4), entellan, immersiyeon yağı (Merck)'ten temin edilmiştir.

3.2. Yöntem

3.2.1. Kimyasalların hazırlanması

3.2.1.1. Fiksatif

Fiksatif, 1 kısım glasial asetik asit'in 3 kısım etanol (1/3: glasial asetik asit/etil alkol) ile karıştırılması sonucu hazırlanmıştır. Fiksatif preparasyondan hemen önce taze olarak hazırlanıp kullanılmıştır.

3.2.1.2. Sorenson fosfat tamponunun hazırlanması

Sorenson tamponu, tampon A ve tampon B olmak üzere iki stok çözelti halinde hazırlanmış olup bu çözeltiler çalışmanın amacına uygun olarak birbirleriyle karıştırılarak oluşturulmuştur. Preparasyondan hemen önce taze olarak hazırlanıp daha sonra kullanılmak üzere oda sıcaklığında kapaklı bir şişede saklanmıştır.

Tampon A : 11,34 gr KH_2PO_4 + 250 ml distile su ile çözdürülmüştür (pH: 4,8).

Tampon B : 11,83 gr Na_2HPO_4 + 250 ml distile su ile çözdürülmüştür (pH: 9,3).

3.2.1.3. Giemsa

Çalışmamızda sorenson tamponu içerisinde hazırlanmış % 5'lik Giemsa kullanılmıştır. 5 ml Tampon A + 5 ml Tampon B + 5 ml Giemsa boyası + 85 ml Distile su karıştırılarak hazırlanmıştır. Daha sonra dik bir şale içine filtre kağıdı ile süzülüp kullanılmıştır.

3.2.2. Mikronukleus testi

Mikronukleus testi için, ince uçlu şırınga yardımı ile alınan 1 ml hemolenf 0,3 ml farmer fiksatifi (3:1 etanol asetik asit) ile karıştırılıp 1000 rpm'de 5 dakika santrifüj (Eppendorf minispın plus) edilmiştir. Fiksasyondan sonra süpernatant atılıp pelet lam üzerine

yayılmıştır. Üzerine bir damla etanol damlatılıp 10 dakika fikse edilip kuruması beklendikten sonra % 5 Giemsa solüsyonu ile boyanmıştır. Preparatlar 20 dakika sonra distile su ile yıkanıp havada kurutulduktan sonra entellan yardımı ile lamel kapatılarak mikroskopta incelenmek üzere kalıcı preparat haline getirilmiştir.

Her preparatta 1000 hücre mikroskobik olarak incelenmiştir. Denemeler 3 tekerrürlü yapılmıştır. Mikronukleus ve binukleus frekansları ışık mikroskobu (Zeiss, Proma Star) kullanılarak x100'lük büyütmede saptanmıştır.

3.2.3. Ağır metal analizi

Disekte edilen solungaç doku örnekleri darası alınmış petri kabına konularak 65-70 °C'de ısıtılmış etüvde (Nüve FN 500) 24 saat bekletildikten sonra kuru ağırlıkları hassas terazide (CAS ME-410) tartılmıştır. Örneklerin ağırlığına bağlı olarak HNO₃: H₂O₂ (5:1) ilave edilerek dokular ısıtıcı tabla (Ika Werke TC 1) üzerinde 2saat özümlemeye alınmıştır. Organik yıkımı biten örnekler filtre edilip, 25 ml'lik balon jodede üzeri saf su ile tamamlanıp analize hazır hale getirilmiştir. Aynı işlemler uygulanarak birde kör numune hazırlanmıştır.

Alınan su örneği filtre edilerek polietilen şişelere konulmuş ve pH'ı 2'ye düşürüp, % 1 oranında HNO₃ ilave edilmiştir (Cataldo ve ark., 2001).

Analize hazır hale getirilen deniz suyu ve solungaç dokusu örneklerinde ağır metal tayini Inductively Coupled Plasma-Optical Emmission Spectrometer (ICP-OES) (Perkin Elmer, Optima 7000 DV) cihazı ile yapılmıştır.

Kalibrasyon eğrisi standart ana stok çözeltilerden; Mn için 1-5-10 ppm, Fe için 1-2,5-5 ppm, Cu için 0,1-0,25-0,5 ppm, Zn için 0,1-0,5-1 ppm, Al için 0,25-0,5-1 ppm, Ni ve Cr için 5-10-20 ppb, Pb için 10-20-30 ppb konsantrasyonlarında hazırlanan standart çalışma çözeltilerinin cihaza okutulması ile hazırlanmıştır.

BÖLÜM 4**ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA****4.1. Araştırma Bulguları**

Bu araştırmada; Çanakkale iline bağlı Umurbey kıyısından toplanan *Mytilus galloprovincialis* (Akdeniz midyesi), *Ruditapes decussatus* (akivades), *Pecten maximus* (deniz tarağı) ve *Ostrea edulis* (Avrupa yassı istiridyesi) örneklerinin hemolenf hücrelerinde MN frekansı, solungaç dokularında ise ağır metal birikimi incelenmiştir. Buna bağlı olarak da elde edilen veriler tablolar halinde sunulmuştur. Çalışmada, eşit boy ve ağırlıkta seçilen her örnekten 10'ar adet çift kabuklu yumuşakça türü kullanılmıştır.

4.1.1. Mikronukleus testine ait bulgular

Çanakkale iline bağlı Umurbey kıyısında yaşayan ve yaygın yayılım gösteren bazı çift kabuklu yumuşakça örneklerinde genotoksik potansiyelin var olup olmadığı mikronukleus testi ile belirlenmeye çalışılmıştır.

Yapılan çalışmada *Mytilus galloprovincialis*, *Ruditapes decussatus*, *Pecten maximus* ve *Ostrea edulis* örneklerinin hemolenf hücrelerinde mikronukleus testi ile genotoksitesi değerlendirilmiştir. İncelemeler sonucunda mikronukleus (MN) ve binukleus (BN) frekansları hesaplanmıştır. Elde edilen veriler tablo ve şekiller ile gösterilmiştir (Çizelge 5, Şekil 15, Şekil 16). Mikroskobik incelemeler sırasında MN ve BN'dan farklı olarak gözlenen diğer nuklear anormalliklere rastlanılsa da sayısal olarak önemli olmadığından istatistiksel olarak değerlendirilmemiştir.

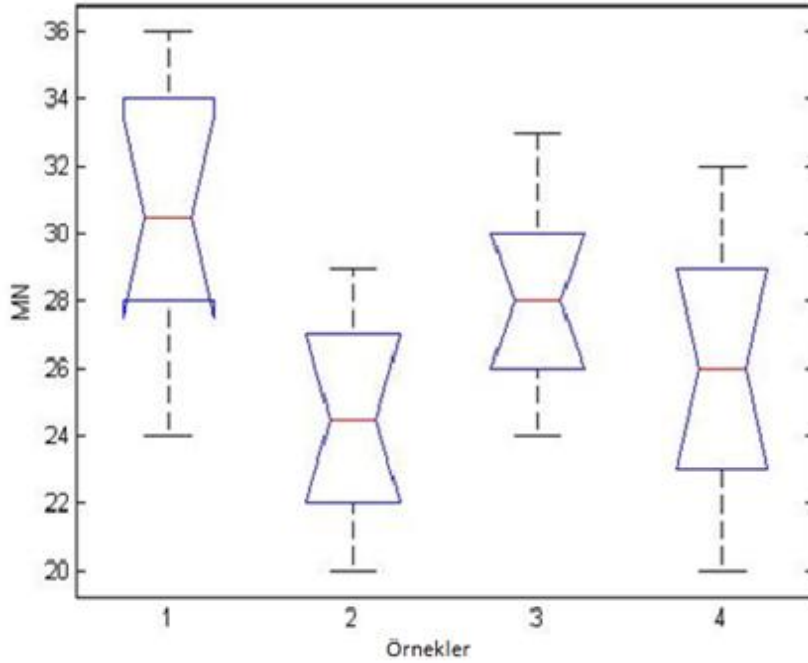
Örnekleme türleri arasındaki nuklear anormalliklerin karşılaştırılması amacı ile Oneway Anova F analizi kullanılmıştır. Bütün istatistiksel analizler MathLab 2012 istatistik programı ile gerçekleştirilmiştir.

Mytilus galloprovincialis'de 1000 hücreden; 939,4±6,00 normal nukleus, 30,1±4,25 binukleus, 30,5±3,66 mikronukleus olduğu belirlenmiştir. *Ruditapes decussatus* örneğinde 1000 hücreden; 950,7±4,62 normal nukleus, 21,2±2,78 binukleus, 28,1±2,77 mikronukleus olduğu hesaplanmıştır. *Pecten maximus* örneğinde; 1000 hücreden; 949,6±4,81 nukleus, 27±2,58 binukleus, 24,4±2,98 mikronukleus olarak belirlenmiştir. *Ostrea edulis* örneğinde de

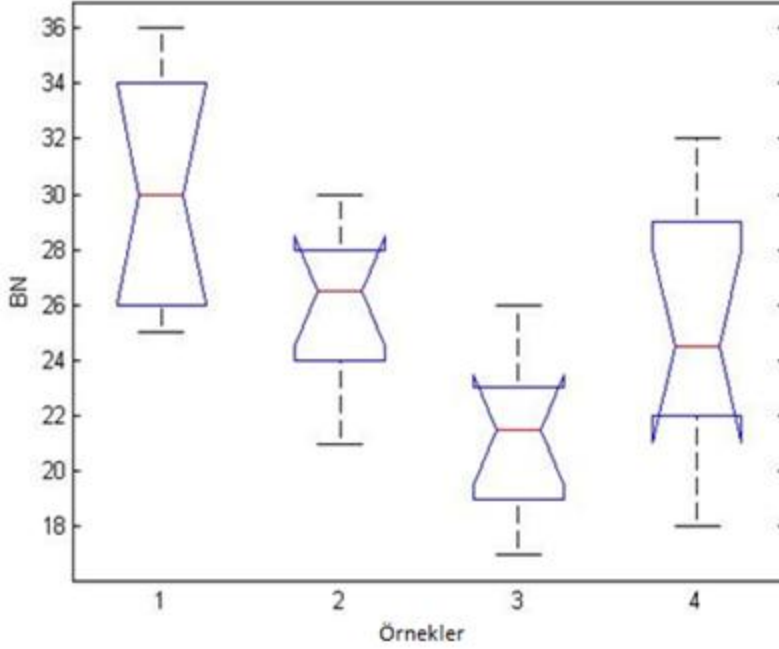
aynı şekilde 1000 hücreden; $949 \pm 6,82$ nukleus, $25 \pm 4,50$ binukleus ve $26 \pm 3,92$ mikronukleus olarak hesaplanmıştır (Çizelge 5). Oneway anova testi ile türler arasında istatistiksel açıdan farkın olup olmadığı belirlenmiştir. Yapılan test sonuçlarına göre türler arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılığın olduğu gözlenmiştir ($P < 0,05$).

Çizelge 5. Çift kabuklu yumuşakça örneklerinin hemolenf hücrelerinde yapılan mikroskobik incelemeler sonucunda saptanan MN ve BN frekansları (MN: Mikronukleus, BN: Binukleus, Ort: Ortalama, Std. Sap: Standart Sapma)

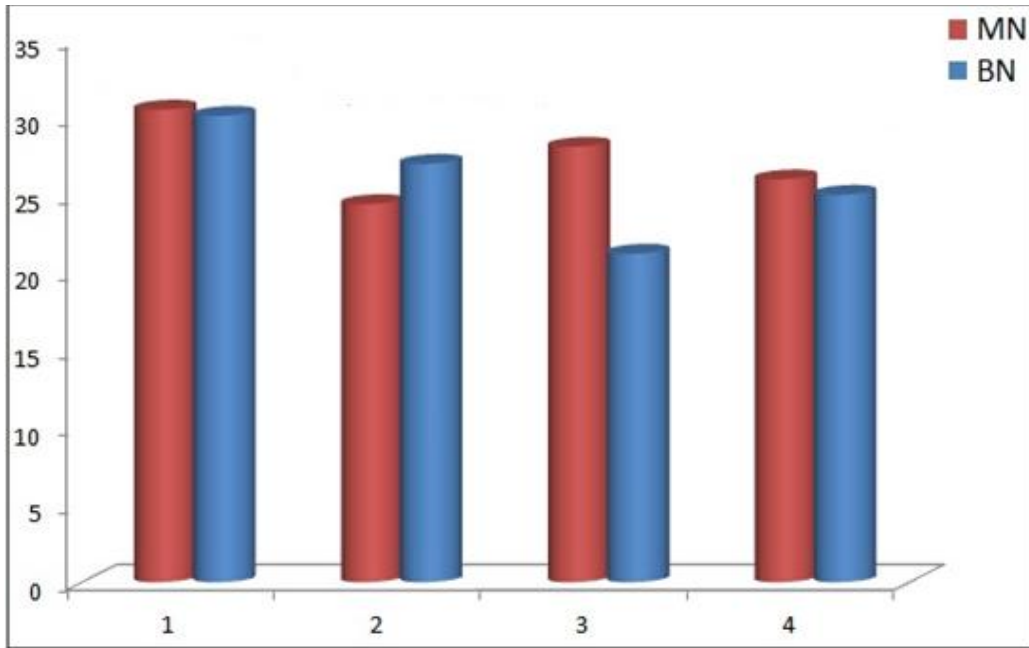
Çift Kabuklu Yumuşakça	Nukleus (n=10)	Mikronukleus (n=10)	Binukleus (n=10)	Hücre Sayısı
<i>Mytilus galloprovincialis</i>	$939,4 \pm 6,00$	$30,5 \pm 3,66$	$30,1 \pm 4,25$	1000
<i>Pecten maximus</i>	$949,6 \pm 4,81$	$24,4 \pm 2,98$	$27 \pm 2,58$	1000
<i>Ruditapes decussatus</i>	$950,7 \pm 4,62$	$28,1 \pm 2,77$	$21,2 \pm 2,78$	1000
<i>Ostrea edulis</i>	$949 \pm 6,82$	$26 \pm 3,92$	$25 \pm 4,50$	1000



Şekil 15. Umurbey kıyısından toplanan farklı türlerin hemolenf hücrelerinde yapılan mikroskobik incelemeler sonucunda belirlenen MN frekansları (MN: Mikronukleus, 1- *Mytilus galloprovincialis*, 2- *Pecten maximus*, 3- *Ruditapes decussatus*, 4- *Ostrea edulis*).



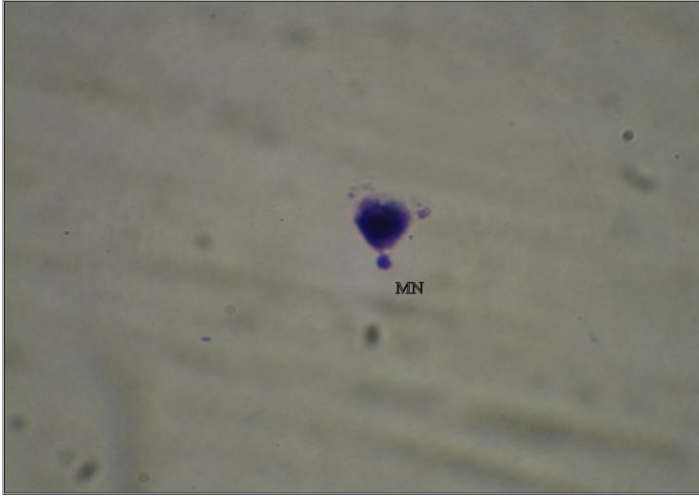
Şekil 16. Umurbey kıyısından toplanan farklı türlerin hemolenf hücrelerinde yapılan mikroskobik incelemeler sonucunda belirlenen BN frekansları (BN: Binukleus, 1- *Mytilus galloprovincialis*, 2- *Pecten maximus*, 3- *Ruditapes decussatus*, 4- *Ostrea edulis*).



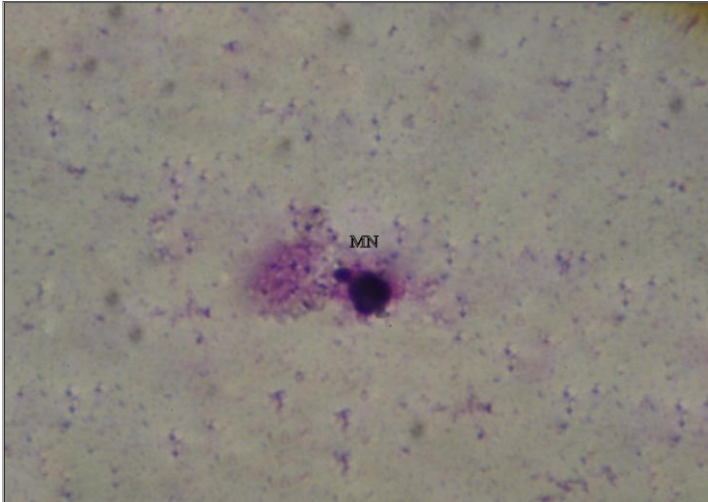
Şekil 17. Umurbey kıyısından toplanan farklı türlerin hemolenf hücrelerinde yapılan mikroskobik incelemeler sonucunda saptanan ortalama MN ve BN değerleri (MN: Mikronukleus, BN: Binukleus, 1- *Mytilus galloprovincialis*, 2- *Pecten maximus*, 3- *Ruditapes decussatus*, 4- *Ostrea edulis*).

Çizelge 5 ve Şekil 17’de görüldüğü gibi MN frekansı en yüksek *Mytilus galloprovincialis*’de görülmüştür. Türler BN açısından karşılaştırıldığında da *Mytilus galloprovincialis* örneğinin daha yüksek BN frekansı gösterdiği belirlenmiştir.

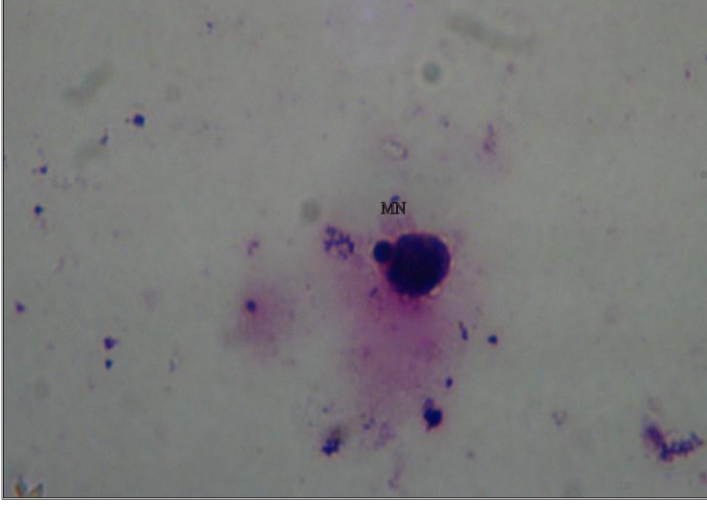
Mytilus galloprovincialis, *Ruditapes decussatus*, *Pecten maximus* ve *Ostrea edulis* örneklerinin hemolenf hücrelerinde belirlenen mikronukleus oluşumları Şekil 18, Şekil 19, Şekil 20 ve Şekil 21’de gösterilmiştir. Şekil 22’de de hemolenf hücrelerinde belirlenen binukleus oluşumu gösterilmiştir.



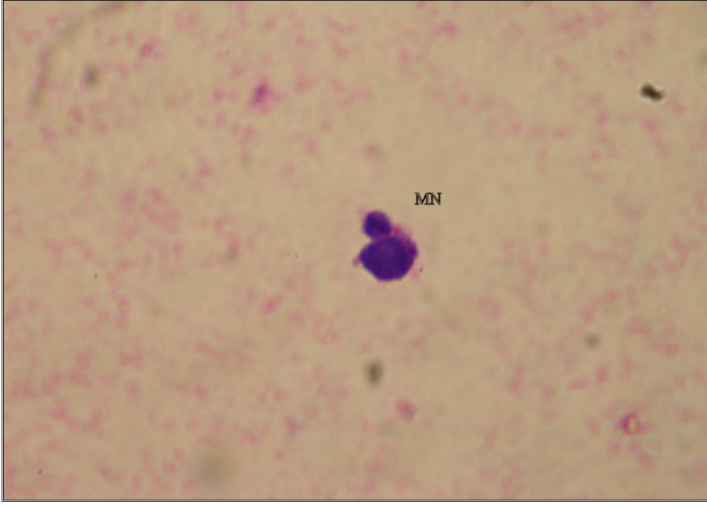
Şekil 18. *Mytilus galloprovincialis*’de mikronukleus oluşumu.



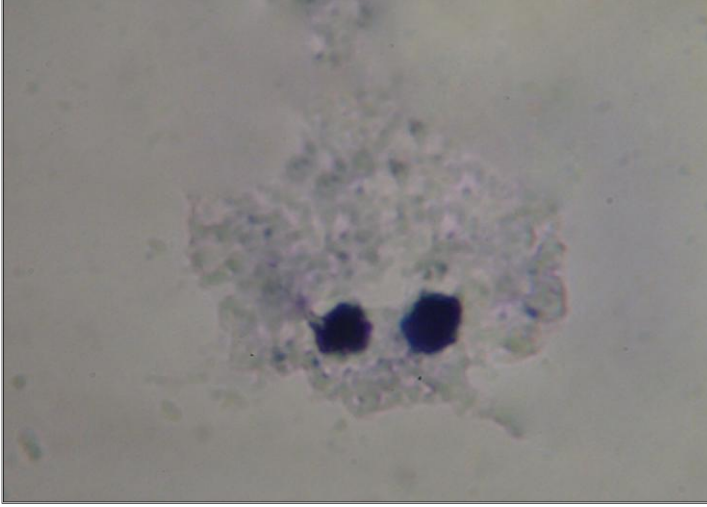
Şekil 19. *Ruditapes decussatus*’da mikronukleus oluşumu.



Şekil 20. *Pecten maximus*'da mikronukleus oluşumu.



Şekil 21. *Ostrea edulis*'de mikronukleus oluşumu.



Şekil 22. Binukleus oluşumu.

4.1.2. Ağır metal analizlerine ait bulgular

Çanakkale ilinin Umurbey kıyısından Mart 2012 tarihinde 10'ar adet toplanan *M. galloprovincialis*, *R. decussatus*, *P. maximus* ve *O. edulis* örneklerinin solungaç dokularında ağır metal analizi yapılmıştır. Ayrıca deniz suyu örneğinde de ağır metal düzeyi belirlenmiştir. Bu araştırmada Pb, Cu, Fe, Zn, Al, Mn, Cr ve Ni metallerinin deniz suyunda ve solungaç dokusundaki düzeyleri incelenmiştir.

Deniz suyunda yapılan ağır metal analizi ile; kurşun 0,104 mg/l, alüminyum 0,264 mg/l, demir 1,81 mg/l, bakır 0,098 mg/l, çinko 0,45 mg/l, krom 0,059 mg/l, mangan 0,061 mg/l, nikel 0,08 mg/l olarak belirlenmiştir. Deniz suyunda yapılan analiz sonuçlarına göre Al, Fe, Cu, Cr ve Zn düzeyleri kabul edilebilir değerlerin üzerinde belirlenmiştir. Pb ise kabul edilebilir maksimum düzeyde bulunmuştur (Anonim, 2008a).

Toplanan çift kabuklu yumuşakça örneklerinin solungaç dokularında elde edilen sonuçlar aşağıda tablo halinde sunulmuştur (Çizelge 6). *M. galloprovincialis*, *R. decussatus*, *P. maximus* ve *O. edulis* örneklerinin solungaç dokularında ölçülen ağır metal analizinin ortalama değerlerine göre kurşun, demir, nikel, bakır, çinko, alüminyum, mangan ve krom miktarları sırasıyla; 17,08 µg/g, 237,05 µg/g, 1,31 µg/g, 8,7 µg/g, 45,39 µg/g, 16,44 µg/g, 14,88 µg/g, 1,82 µg/g; 18,44 µg/g, 128,13 µg/g, 6,63 µg/g, 11,78 µg/g, 127,54 µg/g, 77,30 µg/g, 65,12 µg/g, 4,04 µg/g; 11,33 µg/g, 232,1 µg/g, 5,66 µg/g, 15,62 µg/g, 77,29 µg/g, 903 µg/g, 17,59

µg/g, 3,41 µg/g; 14,4 µg/g, 227,86 µg/g, 3,36 µg/g, 34,83 µg/g, 210,19 µg/g, 66,82 µg/g, 71,98 µg/g, 2,93 µg/g (kuru ağırlık) olarak belirlenmiştir.

Çizelge 6. Çift kabuklu yumuşakça örneklerinin solungaç dokularında ağır metal analiz sonuçları (Ort: Ortalama, Std. Sap: Standart Sapma)

Çift Kabuklu Yumuşakça	Cu (µg/g)	Zn (µg/g)	Pb (µg/g)	Al (µg/g)	Fe (µg/g)	Ni (µg/g)	Mn (µg/g)	Cr (µg/g)
<i>Mytilus galloprovincialis</i>	8,7 ±0,29	45,39 ±0,06	17,08 ±0,26	16,44 ±0,83	237,05 ±2,41	1,31 ±0,12	14,88 ±1,70	1,82 ±0,04
<i>Ruditapes decussatus</i>	11,78 ±0,03	127,54 ±0,32	18,44 ±0,32	77,30 ±4,04	128,13 ±3,96	6,63 ±0,04	65,12 ±5,09	4,04 ±0,05
<i>Pecten maximus</i>	15,62 ±0,03	77,29 ±1,49	11,33 ±0,75	90,3 ±5,24	232,1 ±2,55	5,66 ±0,04	17,59 ±3,12	3,41 ±0,03
<i>Ostrea edulis</i>	34,83 ±0,37	210,19 ±3,51	14,4 ±0,46	66,82 ±3,68	227,86 ±2,61	3,36 ±0,39	71,98 ±3,71	2,93 ±0,03

4.2. Tartışma

Bu araştırma, çevresel kirleticilerin belirlenmesinde kullanılan biyogöstergelerin bazı çift kabuklu yumuşakça türlerinde kullanılması hakkında bir kanıt niteliğindedir. Çalışmada *Mytilus galloprovincialis*, *Pecten maximus*, *Ruditapes decussatus* ve *Ostrea edulis* örneklerinin hemolenf hücrelerinde genotoksisite testlerinden biri olan mikronukleus testi, solungaç dokularında ise ağır metal analizi yapılmıştır. Çalışma alanı olarak belirlenen Umurbey kıyısında endüstriyel ve evsel atıklar, tarımsal mücadele ilaçları (pestisit) ve gübreler, deniz trafiğinin yoğun olması ile kirlilik yüksek düzeyde gözlenmektedir.

MN testi, çevre genotoksisite çalışmalarında kullanılan en yaygın testlerden biridir. MN testi, bölünen hücre popülasyonlarında oluşan MN'lerin varlığına dayanmaktadır (Fenech ve ark., 2003). Kirlilik etkilerinin belirlenmesinde biyolojik indikatör olarak deniz yumuşakçalarının kullanımı giderek önem kazanmaktadır ve sucul çevre kirliliğinin etkilerinin erken teşhis edilmesini sağlamaktadır (Brunetti ve ark., 1992; Burgeot ve ark., 1995; Izquierdo ve ark., 2003; Magni ve ark., 2006; Schiedek ve ark., 2006).

Yapılan çalışmalar, hemolenfin izlenmesi için en uygun doku olduğunu göstermektedir. Toksik maddelerin taşınmasında rol oynadığı için doğrudan kirletici maddelere maruz kalmaktadır. Bu nedenle genotoksisite testlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Ayrıca,

preparat yapımının diğer dokulara göre daha basit olması nedeniyle de sıklıkla tercih edilmektedir (Mersch ve ark., 1996; Dailianis ve ark., 2003).

Solungaçlar, ortamdaki ağır metallerin canlıya doğrudan geçiş yaptıkları dokulardır. Ortamla doğrudan ilişki içinde bulunması ve geniş bir yapıya sahip olması nedeniyle en çok etkilenen organlardır. Filtre ederek beslenme ve solunum organı olarak rol oynaması ile potansiyel kirleticilere ilk bariyer olma özelliğindedir (Olsson ve ark., 1998; Khan ve Nugegoda, 2003; Bolognesi ve Hayashi, 2011). Birçok araştırmacı, diğer dokulara göre solungaç dokusunun daha fazla ağır metal biriktirdiğini belirlemiştir (Anderson ve ark., 1997; Anton ve ark., 2000).

Çalışmamızda, çift kabuklu yumuşakça örneklerinin solungaç dokularında ve deniz suyunda ağır metal seviyeleri belirlenip, bu kirliliğin örnekler üzerindeki etkisi mikronukleus testi yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Seçtiğimiz *Mytilus galloprovincialis*, *Pecten maximus*, *Ruditapes decussatus* ve *Ostrea edulis* örneklerinin hemolenf hücrelerine mikronukleus testi uygulanmıştır. Yaptığımız çalışmanın sonuçlarına göre, MN frekansı en fazla *M. galloprovincialis* örneğinde tespit edilmiştir. Oneway Anova testi ile de türler arasında anlamlı bir farklılığın olduğu belirlenmiştir ($P<0,05$). Solungaç dokusunda yapılan ağır metal analizine göre, türlerin metal birikim düzeyleri arasında farklılıklar gözlenmiştir (Çizelge 6).

Karafistan ve Ormancı (2010), Güney Çanakkale kıyı bölgesinin 10 farklı bölgesinden aldıkları Akdeniz midyesi, *Mytilus galloprovincialis* örneklerinin yumuşak dokularında Pb, Cu, Cd, Ni, Zn ve Al birikimi incelemişlerdir. Seçilen bölgeler Pb ve Zn maden yatağının 65 km² lik bir etki alanını kapsayacak şekilde seçilmiştir. 1. istasyon madencilik sektörüne 18 km uzaklıkta olan İda Gıda (Umurbey Dere ağzı) bölgesidir. Bu istasyonda saptanan Pb değeri, kabul edilebilir değerden çok fazla (82 mg/kg) olarak belirlenmiştir. Bu çalışma ile *M. galloprovincialis*'in endüstriyel atıklardan etkilendiğini ve midye metal içeriğinin kirletici kaynak mesafeleriyle doğrudan ilişkili olduğu belirlenmiştir. Yapılan analiz sonuçlarına göre, çift kabuklu yumuşakça örneklerinin endüstriyel atıklarından etkilendiği ve çalışılan örneklerin solungaç dokularında saptanan Pb metal içeriğinin kabul edilebilir değerler üzerinde bulunması nedeniyle bizim çalışma ile paralellik göstermektedir.

Özden (2005), Çanakkale Boğazı'nın farklı (Kumkale, Yapıldak altı, Çardak Dalyanı, Hamzakoy, Kilya Koyu, Abide, Seyit Onbaşı, Dardanos ve Yeni kordon) istasyonlarında

yaptığı çalışmada *Mytilus galloprovincialis*'in yumuşak dokusunda ağır metal içeriklerinin mevsimsel değişimlerini incelemiştir. Ağır metal düzeyleri arasında gerek mevsimsel gerekse istasyonlara göre farklılıklar saptanmıştır. 2. (Yapıldak altı) istasyondaki ortalama metal değerlerine göre Zn 16,5 µg/g, Fe 10,2 µg/g, Cu 0,4 µg/g, Cd 0,036 µg/g, Pb 0,397 µg/g (yaş ağırlık) olarak belirlenmiştir. Çalışmamızda ise *Mytilus galloprovincialis*'in solungaç dokusunda yapılan analizlerde bu değerler daha yüksek gözlenmekte olup; Zn 45,39 µg/g, Fe 237,05 µg/g, Cu 8,7 µg/g, Pb 17,08 µg/g olarak tespit edilmiştir.

Villela ve ark. (2007), endüstriyel, kentsel ve kırsal gibi birçok kaynak atığına maruz kalan Guaíba Gölü'nden (Brezilya) toplanan golden midye, *Limnoperna fortunei*'de genotoksik etkileri araştırmışlardır. *Limnoperna fortunei* hemositlerinde comet ve mikronukleus analizi ile hasar tespitini değerlendirmişlerdir. Sonuçta hasar tespiti saptanmış ve MN frekansında önemli artışlar gözlenmiştir.

Mersch ve Beauvais (1997), farklı kirleticileri içeren endüstriyel alanlardaki zebra midyesi, *Dreissena polymorpha* örneklerinde genotoksik kirleticilerin etkilerini göstermek amacıyla hemositlerde MN frekansını incelemiştir. Golbey Nehri (Fransa), Rossel Nehri (Almanya), Ton Nehri (Belçika), Wiltz Nehri (Lüksemburg), Prims Nehri (Almanya) ve Moselle Nehri (Fransa) çalışma bölgesi olarak seçilmiştir. Meuse Nehri (Fransa) ise referans bölge olarak seçilmiştir. 2 ay boyunca ortamdaki kirleticilere maruz bırakılan kafes içindeki midyelerin hemolenfindeki MN oluşumu genetik hasarın bir göstergesi olarak tanımlanmıştır. Maruziyetten sonra MN sıklığı ‰ 5,0'den ‰ 8,8'e yükselmiştir. Midyelerde, maruziyetten önce ve sonra saptanan MN frekansları anlamlı bulunmamıştır. MN oluşumu Wiltz Nehri (PVC imalat ve metal kaplama sanayi) ve Moselle Nehrinde (nükleer santral) yüksek olarak bulunmuştur. Ton Nehri'nden (klor dioksit beyazlatma kullanımı ile kağıt endüstrisi atık suyu) de alınan örneklerde farklılık önemli olmasa da MN frekansı yüksek belirlenmiştir. Yaptığımız çalışma sonucu, MN frekansının yüksek olarak gözlenmesi, çalışılan bölgenin maden yatağı yakınında olması ile ilişkili olduğunu düşündürmektedir.

Çulha ve ark. (2011), Yalova (Marmara Denizi)'da yaptıkları bir çalışmada, bazı ağır metallerin konsantrasyonunu Akdeniz midyesi, *Mytilus galloprovincialis* örneğinin yumuşak dokularında mevsimsel olarak incelemiştir. Yumuşak dokularda ortalama metal konsantrasyonları Co 4,08±0,67, Cu 5,54±0,59, Fe 156,72±20,18, Ni 3,71±1,14, Pb 2,92±0,51

ve Zn $106,23 \pm 5,66$ mg/kg (kuru ağırlık) olarak belirlenmiştir. Mevsimsel olarak metal konsantrasyonları arasında anlamlı farklılıklar saptanmamıştır ($P > 0,05$). Ortalama Pb ve Zn değerleri Uluslararası Türk Standartları tarafından önerilen kabul edilebilir sınırın üzerinde belirlenmiştir. Yapılan çalışma sonucu *M. galloprovincialis*'de Cu, Fe ve Pb metal konsantrasyonları Çulha ve ark. (2011)'nin çalışmalarındaki değerlerden daha yüksek çıkarken Ni ve Zn değerleri daha düşük gözlenmiştir.

Altuğ ve Erk (2001), Gökçeada kıyısal alanda belirledikleri 5 istasyonda çeşitli balık (*Serranus cabrilla*, *Trachinus draca*, *Pagellus erythrinus*) ve yumuşakça (*Mytilus galloprovincialis*, *Ostrea edulis*, *Rapana venosa*) örneklerinde biriken ağır metal (Cu, Pb, Cd, Zn ve Hg) düzeylerini incelemişlerdir. Analiz sonuçlarına göre ortalama metal değerleri *M. galloprovincialis*'de Cu $19,4 \pm 0,8$; Pb $1,2 \pm 0,9$; Cd $0,50 \pm 0,3$; Zn $48,0 \pm 1,2$; Hg $0,27 \pm 0,4$, *Ostrea edulis*'te Cu $10,2 \pm 0,9$; Pb $1,00 \pm 0,4$; Cd $0,28 \pm 0,1$; Zn $39,1 \pm 0,5$; Hg $0,13 \pm 0,7$ ve *Rapana venosa*'da Cu $15,2 \pm 1,0$; Pb $1,01 \pm 0,5$; Cd $0,31 \pm 0,2$; Zn $41,5 \pm 0,7$; Hg $0,09 \pm 0,04$ ppm olarak bulunmuştur. *S. cabrilla*, *T. draca*, *P. erythrinus* örneklerinde ise metal seviyeleri sırasıyla; Cu $1,20 \pm 1,1$; Pb tespit sınırı altında; Cd $0,05 \pm 0,02$; Zn $12,3 \pm 0,9$; Hg $0,03 \pm 0,01$; Cu $1,98 \pm 0,7$; Pb tespit sınırı altında; Cd $0,01 \pm 0,01$; Zn $9,70 \pm 0,9$; Hg $0,07 \pm 0,03$; Cu $2,23 \pm 0,25$; Pb eser; Cd $0,02 \pm 0,01$; Zn $9,50 \pm 1,1$; Hg $0,05 \pm 0,02$ ppm olarak bildirilmiştir. Metal seviyelerinin yumuşakçalarda daha fazla birikimi bizim çalışmamızda da kullandığımız türleri desteklemektedir. Çalışılan *M. galloprovincialis*'deki Pb değeri, *O. edulis*'de de Cu, Pb ve Zn değerleri daha yüksek gözlenmiştir.

An ve Kampbell (2003), Texoma Gölü'nün suyunda ağır metal düzeyini incelemişlerdir. Analiz sonucunda ortalama metal konsantrasyonları Fe $0,119 \pm 0,093$; Al $0,092 \pm 0,096$; Zn $0,059 \pm 0,036$; Cu $0,024 \pm 0,020$; Ni $0,005 \pm 0,003$; Mn $0,007 \pm 0,018$; Cr $0,004 \pm 0,002$; Pb $< 0,015$ (mg/l) olarak tespit edilmiştir. Bizim çalışma bulgularımızda metal düzeyleri daha yüksek değerlerde gözlenmiştir.

BÖLÜM 5**SONUÇ VE ÖNERİLER**

Bu çalışma sonucunda; mikronukleus testinin kirliliğin izlenmesine hassas sonuçlar vermesi ve buna bağlı olarak kıyısal ekosistem kirliliğinin düzenli olarak takip edilmesinde potansiyel genotoksisite testi olarak kullanılabileceği gösterilmiştir.

Test edilen türler arasındaki karşılaştırmalarda MN frekansında farklılıklar gözlenmiştir. En yüksek MN frekansı *Mytilus galloprovincialis*'de belirlenirken bunu, *Ruditapes decussatus*, *Ostrea edulis* ve *Pecten maximus* örnekleri izlemiştir. Türler arasında MN ve BN frekansı açısından anlamlı bir farklılığın olduğu tespit edilmiştir ($P < 0,05$). Sitogenetik hasarın bir göstergesi olan BN frekansı açısından da *M. galloprovincialis*'de yüksek BN frekansı belirlenmiştir.

Çift kabuklu yumuşakça örneklerinin solungaç dokularında ki ağır metal birikimi incelendiğinde; metal birikimi türler arasında farklılık göstermektedir. Ortalama metal konsantrasyonları *M. galloprovincialis*'de $Fe > Zn > Pb > Al > Mn > Cu > Cr > Ni$, *O. edulis*'de $Fe > Zn > Mn > Al > Cu > Pb > Ni > Cr$, *R. decussatus*'da $Fe > Zn > Al > Mn > Pb > Cu > Ni > Cr$ iken *P. maximus*'da $Fe > Al > Zn > Mn > Cu > Pb > Ni > Cr$ olarak sıralanmaktadır. Bu nedenle çift kabuklu yumuşakça türleri metal birikimi bakımından sürekli izlenmesi gerekmektedir.

Çalışılan çift kabuklu yumuşakçalarda ağır metal birikiminin gözlenmesiyle bu canlıların izleme çalışmalarında iyi birer indikatör olabilecekleri sonucuna varılmıştır.

Deniz suyunda yapılan metal analizi sonucunda Al, Cu, Zn, Cr ve Fe düzeyleri Su Ürünleri Yönetmeliği'ne göre kabul edilebilir değerlerin üzerinde belirlenirken, Pb değerinin ise kabul edilebilir maksimum düzeyde olduğu tespit edilmiştir. Bu nedenle deniz suyunda ağır metal seviyelerinin sürekli izlenmesi gerekmektedir.

Umurbey Bölgesi'nde tarımsal faaliyetlerin yoğunluğunun yanı sıra birçok antropojenik kaynaklar nedeniyle canlı bünyesinde biriken ağır metallerin kontrolü için bu tür çalışmaların devam ettirilmesi gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- Ahmad K. ve Saleh J., 2010. Clastogenic Studies on Tandaha Dam Water in Asser. *J. Black Sea/Mediterranean Environment*, 16 (1): 33-42.
- Akın M. ve Akın G., 2007. Suyun Önemi, Türkiye’de Su Potansiyeli, Su Havzaları ve Su Kirliliği. *Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi*, 47: 105-118.
- Alpbaz A., Önen M. ve Tekin M., 1990a. Kabuklu (Klasis: Bivalvia) Deniz Organizmalarının Doğal Düşmanları. *E. Ü. Su Ürünleri Dergisi*. Cilt 7, Sayı 25, 26, 27, 28.
- Alpbaz A., Önen M. ve Çörüş İ., 1990b. Urla İskelesi Civarından Toplanan İstiridyeler (*Ostrea edulis*) Üzerinde Araştırmalar. *E. Ü. Su Ürünleri Dergisi*, Cilt 7, Sayı 25, 26, 27, 28.
- Al-Sabti K. ve Metcalfe C.D., 1995. Fish Micronuclei for Assessing Genotoxicity in Water. *Mutat. Res.*, 343: 121-135.
- Altuğ G. ve Erk H., 2001. Gökçeada Kıyusal Alanında Çeşitli Organizmalarda Cu, Pb, Cd, Zn, Hg ve Deniz Suyunda Coliform, Esherichia coli, Salmonella spp Düzeyleri. Ulusal Ege Adaları Toplantısı, Gökçeada.
- Amundsen P. A., Staldivik F. J., Lukin A. A., Kashulin N. A., Popova O. A. ve Reshetnikov Y. S., 1997. Heavy Metal Contamination in Freshwater Fish from the Border Region Between Norway and Russia. *The Science of the Total Environment*, 201: 211-224.
- An Y.-J. ve Kampbell H. D., 2003. Total, Dissolved, and Bioavailable Metals at Lake Texoma Marines. *Environmental Pollution*, 122: 253-259.
- Anderson M. B., Reddy P., Preaslan J. E., Fingerman M., Bollinger J., Jolibois L., Maheshwarudu G. ve William J. G., 1997. Metal Accumulation in Crayfish, *Procambarus clarkii*, Exposed to a Petroleum-Contaminated Bayou in Louisiana. *Ecotoxicol. and Environ. Safe.*, 37 (3): 267-272.
- Anonim, 2001. Metal Madenler Alt Komisyonu Kurşun-Çinko-Kadmiyum Çalışma Grubu Raporu, Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu. Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı. DPT, Ankara.

- Anonim, 2007. Balıkçılık Özel İhtisas Komisyon Raporu. T. C. Başbakanlık. Devlet Planlama Teşkilatı. Dokuzuncu Kalkınma Planı. DPT, Ankara.
- Anonim, 2008a. Su ürünleri Kanunu ve Su ürünleri Yönetmeliği. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı, Ankara.
- Anonim, 2008b. Yumuşakça ve Eklem Bacaklılar. Milli Eğitim Bakanlığı. MEGEP (Mesleki Eğitim ve Öğretim Sisteminin Güçlendirilmesi Projesi), Ankara.
- Anonim, 2010. Cadmium and Cadmium Compounds (Cadmium). National Priority Chemicals Trends Report (2005-2007). United States Environmental Protection Agency.
- Ansari T. M., Marr I. L. ve Tariq N., 2004. Heavy Metals in Marine Pollution Perspective-A Mini Review. *Journal of Applied Sciences*, 4 (1): 1-20.
- Anton A., Serrno U. T., Angulo E., Ferrero G. ve Rallo A., 2000. The Use of Two Species of Crayfish as Environmental Quality Sentinels: The Relationship Between Heavy Metal Content, Cell and Tissue Biomarkers and Physico-Chemical Characteristics of The Environment. *Sci. Total Environ.*, 247: 239-251.
- Arslan Ö. Ç., Parlak H., Katalay S., Boyacıoğlu M., Karaarslan M. A. ve Güner H., 2010. Detecting Micronuclei Frequency in some Aquatic Organisms for Monitoring Pollution of İzmir Bay (Western Turkey). *Environmental Monitoring and Assessment*, 165: 55-66.
- Artüz M. L., 1994. Türkiye Sularında Bulunan Bazı Yumuşakça (Mollusca) Türleri. *Denizler Alemi, Popüler Bilim*. 1-37.
- Ası T., 1995. Tablolarla Biyokimya. 1: 37-69, İstanbul. (<http://veterinary.ankara.edu.tr/~fidanci>)
- Atay D., 1997. Kabuklu Su Ürünleri ve Üretim Tekniği. *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları* No: 1478. Ankara.
- Bakar C. ve Baba A., 2009. Metaller ve İnsan Sağlığı: Yirminci Yüzyıldan Bugüne ve Geleceğe Miras Kalan Çevre Sağlığı Sorunu. 1. Tıbbi Jeoloji Çalıştayı, Nevşehir.

- Baršienė J., Andreikėnaitė L. ve Bjornstad A., 2010. Introduction of Micronuclei and other Nuclear Abnormalities in Blue Mussels *Mytilus edulis* 1-, 2-, 4- and 8-day Treatment with Crude Oil from the North Sea. *Ekologija*, 56: 124-131.
- Baršienė J., Andreikėnaitė L., Garnaga G. ve Rybakovas A., 2008a. Genotoxic and Cytotoxic Effects in the Bivalve Mollusks *Macoma balthica* and *Mytilus edulis* from the Baltic Sea. *Ekologija*, 54: 44-50.
- Baršienė J., Rybakovas A., Förlin L. ve Šyvokienė J., 2008b. Environmental Genotoxicity Studies in Mussels and Fish from the Göteborg Area of the North Sea. *Acta Zoologica Lituanica*, 18 (4): 240-247.
- Baş L. ve Demet Ö., 1992. Çevresel Toksikoloji Yönünden Bazı Ağır Metaller. *Çevre Dergisi*, sayı: 5. 42-46.
- Bat L. ve Gündoğdu A., 1999. Copper, Zinc, Lead and Cadmium Concentrations in the Mediterranean Mussel *Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819 from the Sinop Coast of the Black Sea. *Tr. J. of Zoology*, 23: 321-326.
- Benson N. U., Essien J. P., Williams A. B. ve Bassey D. E., 2007. Mercury Accumulation in Fishes from Tropical Aquatic Ecosystems in the Niger Delta, Nigeria. *Current Science*, 92: 781-786.
- Bernard M. A., Vyskocil A., Roels H., Kriz J., Kodl M. ve Lauwerys R., 1995. Renal Effects in Children Living in the Vicinity of a Lead Smelter. *Environmental Research*, 68: 91-95.
- Boening W. D., 2000. Ecological Effects, Transport, and Fate of Mercury: A General Review. *Chemosphere*, 40: 1335-1351.
- Bolognesi C. ve Hayashi M., 2011. Micronucleus assay in Aquatic Animals. *Mutagenesis*, 26: 205-213.
- Bolognesi C., Buschini A., Branchi E., Carboni P., Furlini M., Martino A., Monteverde M., Poli P. ve Rossi C., 2004. Comet and Micronucleus Assays in Zebra Mussel Cells for Genotoxicity Assessment of Surface Drinking Water Treated with Three Different Disinfectants. *Science of the Total Environment*, 333: 127-136.

- Bolognesi C., Landini E., Roggeri P., Fabbri R. ve Viarengo A., 1999. Genotoxicity Biomarkers in the Assessment of Heavy Metal Effects in Mussels: Experimental Studies. *Environmental and Molecular Mutagenesis*, 33: 287-292.
- Brunetti R., Gabriele M., Valerio P. ve Fumagalli O., 1992. The Micronucleus Test: Temporal Pattern of Base-Line Frequency in *Mytilus galloprovincialis*. *Marine Ecology Progress Series*, 83: 75-78.
- Brunetti R., Majone F., Gola I. ve Beltrame C., 1988. The Micronucleus Test: Examples of Application to Marine Ecology. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 44: 65-68.
- Bryan W. G. ve Langston J. W., 1992. Bioavailability, Accumulation and Effects of Heavy Metals in Sediments with Special Reference to United Kingdom Estuaries: A Review. *Environmental Pollution*, 76: 89-131.
- Burgeot T., His E. ve Galgani F., 1995. The Micronucleus Assay in *Crassostrea gigas* for the Detection of Seawater Genotoxicity. *Mutation Research/Genetic Toxicology*, 342: 125-140.
- Bücker A., Carvalho W. ve Alves-Gomes J. S., 2006. Evaluation of Mutagenicity and Genotoxicity in *Eigenmannia virescens* (Teleostei: Gymnotiformes) Exposed to Benzene. *Acta Amazonica*, 36 (3): 357-364.
- Canlı M., Ay Ö. ve Kalay M., 1998. Levels of Heavy Metals (Cd, Pb, Cu, Cr and Ni) in Tissue of *Cyprinus carpio*, *Barbus capito* and *Chondrostoma regium* from the Seyhan River, Turkey. *Tr. J. of Zoology*, 22: 149-157.
- Cataldo D., Colombo C. J., Boltovskoy D., Bilos C. ve Landoni P., 2001. Environmental Toxicity Assessment in the Paraná River Delta (Argentina): Simultaneous Evaluation of Selected Pollutants and Mortality Rates of *Corbicula Fluminea* (Bivalvia) Early Juveniles. *Environmental Pollution*, 112: 379-389.
- Chiu S. T., Lam F. S., Tze W. L., Chau C. W. ve Ye D. Y., 2000. Trace Metals in Mussels from Mariculture Zones, Hong Kong. *Chemosphere*, 41: 101-108.
- Ciminli C. S., 2005. Gölbaşı Gölü'nde Su ve Bazı Organizmalarda Ağır Metal Birikimi (Yüksek Lisans Tezi), Mustafa Kemal Üniversitesi, Antakya.

- Çavaş T. ve Ergene- Gözükara S., 2005. Micronucleus Test in Fish Cells: A Bioassay for In Situ Monitoring of Genotoxic Pollution in the Marine Environment. *Environmental and Molecular Mutagenesis*, 46: 64-70.
- Çavuşoğlu K., Gündoğan Y., Çakır Arıca Ş. ve Kırındı T., 2007. *Mytilus sp* (Midye), *Gammarus sp* (Nehir Tırnağı) *Cladophora sp* (Yeşil Alg) Örnekleri Kullanılarak Kızılırmak Nehrindeki Ağır Metal Kirliliğinin Araştırılması. *BAÜ FBE Dergisi*, Cilt: 9 1: 52-60.
- Çelik U., 2004. Marine Edilmiş Akivades (*Tapes decussatus* L., 1758)'in Kimyasal Kompozisyonu ve Duyusal Analizi. *E. U. Su Ürünleri Dergisi*, 21: 219-221.
- Çolakoğlu A. F., Ormancı B. H., Berik N., Kunili E. İ. ve Çolakoğlu S., Proximate and Elemental Composition of *Chamelea gallina* from the Southern Coast of the Marmara Sea (Turkey). *Biol. Trace Elem. Res.*, 143 (2): 983-991.
- Çulha T. S., Koçbaş F., Gündoğdu A., Baki B., Çulha M. ve Topçuoğlu S., 2011. The Seasonal Distribution of Heavy Metal in Mussel Sample from Yalova in the Marmara Sea, 2008-2009. *Environ. Monit. Assess.*, 183: 525-529.
- Da Rocha C. A. M., dos Santos R. A., Bahia M. D. O., da Cunha L. A., Ribeiro H. F. ve Burbano R. M. R., 2009. The Micronucleus Assay in Fish Species as an Important Tool for Xenobiotic Exposure Risk Assessment- A Brief Review and an Example Using Neotropical Fish Exposed To Methylmercury. *Review in Fisheries Science*, 17 (4): 478-484.
- Da Silva Souza T. ve Fontanetti C. S., 2006. Micronucleus Test and Observation of Nuclear Alterations in Erythrocytes of *Nile tilapia* Exposed to Waters Affected by Refinery Effluent. *Mutation Research*, 605: 87-93.
- Dailianis S., Domouhtsidou P. G., Raftopoulou E., Kaloyianni M. ve Dimitriadis K. V., 2003. Evaluation of Neutral Red Retention Assay, Micronucleus Test, Acetylcholinesterase Activity and a Signal Transduction Molecule (cAMP) in Tissues of *Mytilus galloprovincialis* (L.) in Pollution Monitoring. *Marine Environmental Research*, 56: 443-470.

- De Andrade M. V., da Silva J., da Silva R. F., Heuser V. D., Dias J., F., Yoneama M. L. ve de Freitas T. R. O., 2004. Fish as Bioindicators to Assess the Effects of Pollution in Two Southern Brazilian Rivers Using to Comet Assay and Micronucleus Test. *Environmental and Molecular Mutagenesis*, 44: 459-468.
- De Oliveira H. M., Dagostim G. P., da Silva A. M., Tavares P., da Rosa L. A. Z. C. ve de Andrade V. M., 2011. Occupational Risk Assessment of Paint Industry Workers. *Indian J. Occup. Environ. Med.*, 15 (2): 52-58.
- Demir N., Gezen M. R. ve Ballı M., 2011. Çanakkale Boğazı'nın Karacaören Kıyısındaki Deniz Suyu ve Bazı Yumuşakçalarda (Bivalvia ve Gastropoda) Ağır Metal Düzeylerinin Araştırılması. Ekoloji 2011 Sempozyumu, Düzce, s: 177.
- Demirel S. ve Zamani A. G., 2002. Mikronükleus Tekniği ve Kullanım Alanları. *Genel Tıp Dergisi* 12 (3): 123-127.
- Dixon D. R., Pruski A. M., Dixon L. R. J. ve Jha A. N., 2002. Marine Invertebrate Eco-Genotoxicology: A Methodological Overview. *Mutagenesis*, 17: 495-507.
- Dolcetti L. ve Venier P., 2002. Susceptibility to Genetic Damage and Cell Types in Mediterranean Mussels. *Marine Environmental Research*, 54: 487-491.
- Domingo J. L., 1994. Metal- Induced Developmental Toxicity in Mammals: A Review. *Journal of Toxicology and Environmental Health*, 42 (2): 123-141.
- El-Sikaily A., Khaled A. ve El Nemr A., 2004. Heavy Metals Monitoring Using Bivalves from Mediterranean Sea and Red Sea. *Environmental Monitoring and Assessment*, 98: 41-58.
- Erdal H., 2008. Çanakkale Çardak Lagünü'nde Yetiştirilen Akivades'in (*Tapes decussatus*, Linnaeus 1758) Büyüme Performansının Değerlendirilmesi (Yüksek Lisans Tezi). Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Çanakkale.
- Esen Ö., 2006. İzmir Körfezindeki Kara Midye *Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819'de Bulunan Toksik Maddelerin Araştırılması (Yüksek Lisans Tezi). Ege Üniversitesi, İzmir.

- Farkas A., Salánki J. ve Specziár A., 2003. Age- and Size- Specific Patterns of Heavy Metals in the Organs of Freshwater Fish *Abramis brama* L. Populating a low- Contaminated Site. *Water Research*, 37: 959-964.
- Farkas A., Salánki J. ve Varanka I., 2000. Heavy Metal Concentrations in Fish of Lake Balaton. *Lakes Reservoirs: Research and Management*, 5: 271-279.
- Fedato R. P., Simonato J. D., Martinez C. B. R. ve Sofia S. H., 2010. Genetic Damage in the Bivalve Mollusk *Corbicula fluminea* Induced by the Water-Soluble Fraction of Gasoline. *Mutation Research*, 700: 80-85.
- Fenech M., 1992. Biomarkers of Genetic Damage for Cancer Epidemiology. *Toxicology*, 181-182: 411-416.
- Fenech M., 1993. The Cytokinesis-Block Micronucleus Technique and Its Application to Genotoxicity Studies in Human Populations. *Environmental Health Perspectives Supplements*, 101: 101-107.
- Fenech M., 1997. The Advantages and Disadvantages oh the Cytokinesis-Block Micronucleus Method. *Mutation Research*, 392: 11-18.
- Fenech M., Chang W. P., Kirsch-Volders M., Holland N., Bonassi S. ve Zeiger E., 2003. HUMN Project: Detailed Description of the Scoring Criteria for the Cytokinesis-Block Micronucleus Assay Using Isolated Human Lymphocyte Cultures. *Mutation Research*, 534: 65-75.
- Fenech M., Holland N., Chang W. P., Zeiger E. ve Bonassi S., 1999. The Human Micronucleus Project-An International Collaborative Study on the use of the Micronucleus Technique for Measuring DNA Damage in Humans, *Mutation Research*, 428: 271-283.
- Fernández B., Campillo J. A. ve Martínez-Gómez C., 2011. Micronuclei and Other Nuclear Abnormalities in Mussels (*Mytilus galloprovincialis*) as Biomarkers of Cytogenotoxic Pollution in Mediterranean Waters. *Environmental and Molecular Mutagenesis* 52: 479-491.
- Ferraro M. V. M., Fenocchio A. S., Mantovani M. S., de Oliveira Ribeiro C. ve Cestari M. M., 2004. Mutagenic Effects of Tributyltin and Inorganic Lead (Pb II) on the Fish *H.*

- malabaricus* as Evaluated Using the Comet Assay the Piscine Mikronucleus and Chromosome Aberration Tests. *Genetics and Molecular Biology*, 27 (1): 103-107.
- Fimreite N., 1970. Mercury Uses in Canada and Their Possible Hazards as Sources of Mercury Contamination. *Environmental Pollution*, 1: 119-131.
- Fraga C. G., 2005. Relevance, Essentiality and Toxicity of Trace Elements in Human Health. *Molecular Aspects of Medicine*, 26: 235-244.
- Galindo B. A., Troilo G., Cólus I. M. S., Martinez C. B. R. ve Sofia S. H., 2010. Genotoxic Effects of Aluminum on the Neotropical Fish *Prochilodus lineatus*. *Water Air Soil Pollution*, 212 (1-4): 419-428.
- Gezen M. R., Demir N. ve Çetin M., 2011. Çanakkale Boğazı'nın Umurbey Kıyısındaki Deniz Suyu ve Bazı Yumuşakçalarda (Bivalvia ve Gastropoda) Ağır Metal Düzeylerinin Araştırılması. Ekoloji 2011 Sempozyumu, Düzce, s: 178.
- Giardano R., Arata P., Ciaralli L., Rinaldi S., Giani M., Cicero A. M. ve Costantini S., 1991. Heavy Metals in Mussels and Fish from Italian Coastal. *Marine Pollution Bulletin*, 22: 10-14.
- Giardano R., Arata P., Rinaldi S., Ciaralli L., Giani M., Rubbiani M. ve Costantini S., 1989. Mercury, Cadmium and Lead Levels in Marine Organisms (*Mytilus galloprovincialis* Lmk.) Collected Along the Italian Coasts. *Ann. Ist. Super. Sanità*, 25: 511-516.
- Gómez-Mendikute A., Elizondo M., Venier P. ve Cajaraville M. P., 2005. Characterization of Mussel Gill Cells In Vivo and In Vitro. *Cell Tissue Res.*, 321: 131-140.
- Goyer A. R., 1993. Lead Toxicity: Current Concerns. *Environmental Health Perspectives*, 100: 177-187.
- Göksu L. Z. M., Akar M., Çevik F. ve Fındık Ö., 2005. Bioaccumulation of Some Heavy Metals (Cd, Fe, Zn, Cu) in Two Bivalvia Species (*Pinctada radiata* Leach, 1814 and *Brachidontes pharaonis* Fischer, 1870). *Turk J. Vet. Anim. Sci.*, 29: 89-93.
- Göksu L. Z. M., Çevik F., Fındık Ö. ve Sarıhan E., 2003. Seyhan Baraj Gölü'ndeki Aynalı Sazan (*Cyprinus carpio* L., 1758) ve Sudak (*Stizostedion lucioperca* L., 1758)'larda Fe, Zn, Cd Düzeylerinin Belirlenmesi. *E. Ü. Su Ürünleri Dergisi*, 20 (1-2): 69-74.

- Granero S. ve Domingo J. L., 2002. Levels of Metals in Soils of Alcalá de Henares, Spain: Human Health Risks. *Environment International*, 28: 159-164.
- Gundacker C., 2000. Comparison of Heavy Metal Bioaccumulation in Freshwater Molluscs of Urban River Habitats in Vienna. *Environmental Pollution*, 110: 61-71.
- Güler Ç. ve Çobanoğlu Z., 1997. Kimyasallar ve Çevre. Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi, No: 50. Türkiye Cumhuriyeti Sağlık Bakanlığı, Sağlık Projesi Genel Koordinatörlüğü, TC. Sağlık Bakanlığı Temel Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Ankara. 27-49.
- Güner H., 2008. İzmir Körfezi Kirliliğinin Midye (*Mytilus galloprovincialis*, Lamarck)'de Mikronukleus Frekansının Saptanması Yoluyla İzlenmesi (Yüksek Lisans Tezi), Celal Bayar Üniversitesi, Manisa.
- Güner U., 2008. Toksikoloji. Trakya Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü. http://trakya.academia.edu/utkuguner/Teaching/32641/Toksikoloji_ders_notlari
Erişim Tarihi: 15.05.2012.
- Hagmar L., Brögger A., Hansteen I. R., Heim S., Högstedt B., Knudsen L., Lambert B., Linnainmaa K., Mitelman F., Nordenson I., Reuterwall C., Salomaa S., Skerfving S. ve Sorsa M., 1994. Cancer Risk in Humans Predicted by Increased Levels of Chromosomal Aberrations in Lymphocytes: Nordic Study Group on The Health Risk of Chromosome Damage. *Cancer Research*, 54: 2919-2922.
- Heath A. G., 1994. Toxicology, Water Pollution and Fish Physiology. 16-21. <http://www.heb.pac.dfo-mpo.gc.ca/congress/1994/heath.pdf>.
- Hem D. J., 1985. Study and Interpretation of the Chemical Characteristics of Natural Water. 140-144.
- Hoshina M. M., de Angelis D. de F. ve Marin-Morales M. A., 2008. Induction of Micronucleus and Nuclear Alterations in Fish (*Oreochromis niloticus*) by a Petroleum Refinery Effluent. *Mutation Research*, 656: 44-48.
- Houk V. S., 1992. The Genotoxicity of Industrial Wastes and Effluents: A Review. *Mutation Research/Reviews in Genetic Toxicology*, 277: 91-138.

- Ip C. C. M., Li X. D., Zhang G., Wong C. S. C. ve Zhang W. L., 2005. Heavy Metal and Pb Isotopic Compositions of Aquatic Organisms in the Pearl River Estuary, South China. *Environmental Pollution*, 138: 494-504.
- Izquierdo I. J., Machado G., Ayllon F., d'Amico L. V., Bala O. L., Vallarino E., Elias R. ve Garcia-Vazquez E., 2003. Assessing Pollution in Coastal Ecosystems: A Preliminary Survey Using the Micronucleus Test in the Mussel *Mytilus edulis*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 55: 24-29.
- Jagetia G. C., Jayakrishnan A., Fernandes D. ve Vidyasagar M. S., 2001. Evaluation of Micronuclei Frequency in the Cultured Peripheral Blood Lymphocytes of Cancer Patients Before and After Radiation Treatment. *Mutation Research*, 491: 9-16.
- Jha A. N., 2004. Genotoxicological Studies in Aquatic Organisms: An Overview. *Mutation Research*, 552: 1-17.
- Kalpaxis D. L., Theos C., Xaplanteri M. A., Dinos G. P., Catsiki A. V. ve Leotsinidis M., 2004. Biomonitoring of Gulf of Patras, N. Peloponnesus, Greece. Application of a Biomarker Suite Including Evaluation of Translation Efficiency in *Mytilus galloprovincialis* cells. *Environmental Research*, 94: 211-220.
- Karadede H. ve Ünlü E., 2000. Concentrations of Some Heavy Metals in Water, Sediment and Fish Species from the Atatürk Dam Lake (Euphrates), Turkey. *Chemosphere*, 41: 1371-1376.
- Karadede H., Oymak S. A. ve Ünlü E., 2004. Heavy Metals in mullet, *Liza abu*, and Catfish, *Silurus triostegus*, from the Atatürk Dam Lake (Euphrates), Turkey. *Environment International*, 30: 183-188.
- Karadede-Akın H. ve Ünlü E., 2007. Heavy Metal Concentrations in Water, Sediment, Fish and Some Benthic Organisms from Tigris River, Turkey. *Environ. Monit. Assess.*, 131: 323-337.
- Karafistan A. ve Ormancı B. H., 2010. Metal Concentrations in *Mytilus galloprovincialis* from Southern Dardanelles, Turkey. *Environmental Science*, 5 (3): 201-204.

- Kayhan F. E., Gulsoy N., Balkis N. ve Yüce R., 2007. Cadmium (Cd) and Lead (Pb) Levels of Mediterranean Mussel (*Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819) from Bosphorus, İstanbul, Turkey. *Pakistan Journal of Biological Sciences* 10 (6): 915-919.
- Kayhan F. E., Muşlu M. N. ve Koç N. D., 2009. Bazı Ağır Metallerin Sucul Organizmalar Üzerinde Yarattığı Stres ve Biyolojik Yanıtlar. *Journal of FisheriesSciences.com*, 3 (2): 153-162.
- Khan S. ve Nugegoda D., 2003. Australian Freshwater Crayfish *Cherax destructor* Accumulates and Depurates Nickel. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 70: 308-314.
- Kılıç D., 2008. Metabolik Sendrom ve Metabolik Kontrol Grubuna Göre Tip 2 Diabetes Mellitus'lu Hastalarda Kanda Krom Düzeylerinin Karşılaştırılması (Uzmanlık Tezi). Sağlık Bakanlığı Haydarpaşa Numune Eğitim ve Araştırma Hastanesi, İstanbul.
- Kır İ. ve Tuncay Y., 2010. Kovada Gölü'nde Yaşayan İstakozlarda (*Astacus leptodactylus*) Bazı Ağır Metallerin Birikiminin İncelenmesi. *SDU Journal of Science (E-Journal)*, 5 (2): 179-186.
- Klobučar G. I. V., Štambuk A., Pavlica M., Perić M. S., Hackenberger B. K. ve Hylland K., 2010. Genotoxicity Monitoring of Freshwater Environments Using Caged Carp (*Cyprinus carpio*). *Ecotoxicology*, 19: 77-84.
- Koizumi N., Inoue Y., Ninomiya R., Fujita D., Tsukamoto T., 1989. Relationship of Cadmium Accumulation to Zinc or Copper Concentrations in Horse Liver and Kidney. *Environmental Research*, 49: 104-114.
- Koukouzika N. ve Dimitriadis K. V., 2008. Aspects of the Usefulness of Five Marine Pollution Biomarkers, with Emphasis on MN and Lipid Content. *Marine Pollution Bulletin*, 56: 941-949.
- Kumar S. P. ve Edward J. K. P., 2009. Assessment of Metal Concentration in the Sediment Cores of Manakudy Estuary, South West Coast of India. *Indian Journal of Marine Sciences*, 38 (2): 235-248.
- Lane W. T. ve Morel M. M. F., 2000. A Biological Function for Cadmium in Marine Diatoms. *PNAS*, 97: 4627-4631.

- Li X. ve Zhang X., 2011. Evaluating Multiple Heavy Metal Pollutants in Soil by Artificial Neural Network: A Case Study in Baotou, China. *Energy Procedia*, 11: 4627-4631.
- Licata P., Trombetta D., Cristani M., Martino D. ve Naccari F., 2004. Organochlorine Compounds and Heavy Metals in the Soft Tissue of the Mussel *Mytilus galloprovincialis* Collected from Lake Faro (Sicily, Italy). *Environmental International*, 30: 805-810.
- Liu H., Wang W., Zhang J. F. ve Wang X. R., 2006. Effects of Copper and its Ethylenediaminetetraacetate Complex on the Antioxidant Defenses of the Goldfish, *Carassius auratus*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 65: 350-354.
- Liu J. H. ve Kueh C. S. W., 2005. Biomonitoring of Heavy Metals and Trace Organics Using the Intertidal Mussel *Perna viridis* in Hong Kong Coastal Waters. *Marine Pollution Bulletin* 51: 857-875.
- Maanan M., 2008. Heavy Metal Concentrations in Marine Molluscs from the Moroccan Coastal Region. *Environmental Pollution*, 153: 176-183.
- Magni P., de Falco G., Falugi C., Franzoni M., Monteverde M., Perrone E., Sgro M. ve Bolognesi C., 2006. Genotoxicity Biomarkers and Acetylcholinesterase Activity in Natural Populations of *Mytilus galloprovincialis* Along a Pollution Gradient in the Gulf of Oristano (Sardinia, Western Mediterranean). *Environmental Pollution*, 142: 65-72.
- Mauri M. ve Baraldi E., 2003. Heavy Metal Bioaccumulation in *Mytilus galloprovincialis*: A Transplantation Experiment in Venice Lagoon. *Chemistry and Ecology*, 19: 79-90.
- Mersch J. ve Beauvais M. N., 1997. The Micronucleus Assay in the Zebra Mussel, *Dreissena polymorpha*, to in Situ Monitor Genotoxicity in Freshwater Environments. *Mutation Research*, 393: 141-149.
- Mersch J., Beauvais M.- N. ve Napel P., 1996. Induction of Micronuclei in Haemocytes and Gill Cells of Zebra Mussels, *Dreissena polymorpha*, Exposed to Clastogens. *Mutation Research / Genetic Toxicology*, 371: 47-55.
- Milhaud G. E. ve Mehennaoui S., 1988. Indicators of Lead, Zinc and Cadmium Exposure in Cattle/I. Results in a Polluted Area. *Veterinary and Human Toxicology*, 30: 513-517.

- Mol S. ve Alakavuk D. U., 2010. Heavy Metals in Mussels (*Mytilus galloprovincialis*) from Marmara Sea, Turkey. *Biol. Trace Elem. Res.*, 14 (1-3): 184-191.
- Monteiro S. M., Mancera J. M., Fontainhas-Fernandes A. ve Sousa M., 2005. Copper Induced Alterations of Biochemical Parameters in the Gill and Plasma of *Oreochromis niloticus*. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 141: 375-383.
- Moore N. M., 1990. Lysosomal Cytochemistry in Marine Environmental Monitoring. *Histochemical Journal*, 22: 187-191.
- Ogundiran M. B. ve Osibanjo O., 2008. Heavy Metal Concentrations in Soils and Accumulation in Plants Growing in a Deserted Slag Dumpsite in Nigeria. *African Journal of Biotechnology*, 7 (17): 3053-3060.
- Olsson P. E., Kling P. ve Hogstrand C., 1998. Mechanisms of Heavy Metal Accumulation and Toxicity in Fish. In: Langston W. J., Bebianno B. J., Eds. *Metal Metabolism in Aquatic Environments*. London, UK. 321- 337.
- Özden S., 2005. Çanakkale Boğazı ve Çevresindeki Bazı Midye ve Alg Türlerinin Ağır Metal Düzeylerinin Belirlenmesi (Yüksek Lisans Tezi). Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Çanakkale.
- Pavlica M., Podrug M., Štambuk A., Cvjetko P. ve Klobučar G. I. V., 2008. Seasonal Variability in Micronuclei Induction in Haemocytes of Mussels Along the Eastern Adriatic Coast. *Polish J. of Environ. Stud.*, 17: 765-771.
- Pinto-Silva C. R. C., Ferreira J. F., Costa R. H. R., Filho P. B., Creppy E. E. ve Matias W. G., 2003. Micronucleus Induction in Mussels Exposed to Okadaic Acid. *Toxicon*, 41: 93-97.
- Popham D. J., Johnson C. D. ve D'Auria M. J., 1980. Mussels (*Mytilus edulis*) as 'Point Source' Indicators of Trace Metal Pollution. *Marine Pollution Bulletin*, 11: 261-263.
- Raikwar M. K., Kumar P., Singh M. ve Singh A., 2008. Toxic Effect of Heavy Metals in Livestock Health. *Veterinary World*, 1: 28-30.
- Rainbow P. S., 1985. The Biology of Heavy Metals in the Sea. *International Journal of Environmental Science*, 25: 195-211.

- Rashed M. N., 2001. Monitoring of Environmental Heavy Metals in Fish from Nasser Lake. *Environment International*, 27: 27-33.
- Roméo M., Hoarau P., Garello G., Gnassia-Barelli M. ve Girard P. J., 2003. Mussel Transplantation and Biomarkers as Useful Tools for Assessing Water Quality in the NW Mediterranean. *Environmental Pollution*, 122: 369-378.
- Russo C., Rocco L., Morescalchi M. A. ve Stingo V., 2004. Assesment of Environmental Stress by the Micronucleus Test and the Comet Assay on the Genome of Teleost Populations from Two Natural Environments. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 57: 168-174.
- Saavedra Y., Gonzalez A. ve Blanco J., 2008. Anatomical Distribution of Heavy Metals in the Scallop *Pecten maximus*. *Food Additives and Contaminants*, 25: 1339-1344.
- Sağlamtimur B. ve Cıçık B., 2004. Kısa Süreli Bakır-Kadmiyum Etkileşiminde Tatlısu Çipurası (*Oreochromis niloticus* L. 1758)'nın Karaciğer, Böbrek, Solungaç ve Kas Dokularındaki Kadmiyum Birikimi. *Ekoloji*, 14: 33-38.
- Saleh K., Celiker S. ve Sarhan A. A. M., 2010. Lack of Micronuclei Formation in Bone Marrow of Rats After Oral Exposure to Thiocyclam Insecticide. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 17: 311-314.
- Satarug S., Baker R. J., Urbenjapol S., Haswell-Elkins M., Reilly B. E. P., Williams J. D. ve Moore R. M., 2003. A Global Perspective on Cadmium Pollution and Toxicity in Non-Occupationally Exposed Population. *Toxicology Letters*, 137: 65-83.
- Schiedek D., Broeg K., Baršienė J., Lehtonen K. K., Gercken J., Pfeifer S., Vuontisjärvi H., Vuorinen J. P., Dedoncyte V., Koehler A., Balk L. ve Schneider R., 2006. Biomarker Responses as Indication of Contaminant Effects in Blue Mussel (*Mytilus edulis*) and Female Eelpout (*Zoarces viviparus*) from The Southwestern Baltic Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 53: 387-405.
- Sekwele C. R., 2008. Selected Heavy Metals Concentrations on Selected Samples of Naboom Spruit, Tobias Spruit and the Nyl Floodplain, South Africa (Yüksek Lisans Tezi). Limpopo Üniversitesi, Afrika.

- Storelli M. M., Storelli A. ve Marcotrigiano G. O., 2000. Heavy Metals in Mussels (*Mytilus galloprovincialis*) from the Ionian Sea, Italy. *Journal Association for Food Protection*, 63 (2): 273-276.
- Şekeroğlu V. ve Atlı-Şekeroğlu Z., 2011. Genetik Hasarın Belirlenmesinde Mikronukleus Testi. *Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi*, 68 (4): 241-252.
- Şenel F., 2011. İnsan Vücudu ve Demir. *Bilim ve Teknik*, 100-101.
- Turgut C., 2003. The Contamination with Organochlorine Pesticides and Heavy Metals in Surface Water in Küçük Menderes River in Turkey, 2000-2002. *Environment International*, 29: 29-32.
- Türkmen A., Türkmen M. ve Tepe Y., 2005. Biomonitoring of Heavy Metals from İskenderun Bay Using Two Bivalve Species *Chama pacifica* Broderip, 1834 and *Ostrea stentina* Payraudeau, 1826. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 5: 107-111.
- Uysal Z., 1999. Demir Metabolizmasında, Demir Eksikliğinde ve Demir Fazlalığında Yenilikler. *Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Mecmuası*, 52: 157-164.
- Ülger H. ve Coşkun A., 2003. Çinko: Temel Fonksiyonları ve Metabolizması. *Düzce Tıp Fakültesi Dergisi*, 5 (2): 38-44.
- Vanzella T. P., Martinez C. B. R. ve Cólus I. M. S., 2007. Genotoxic and Mutagenic Effects of Diesel Oil Water Soluble Fraction on a Neotropical Fish Species. *Mutation Research*, 631: 36-43.
- Venier P. ve Zampieron C., 2005. Evidence of Genetic Damage in Grass gobies and mussels from the Venice Lagoon. *Environment International*, 31: 1053-1064.
- Venier P., Maron S. ve Canova S., 1997. Detection of Micronuclei in Gill Cells and Haemocytes of Mussels Exposed to Benzo[a]pyrene. *Mutation Research*, 390: 33-44.
- Venier P., Tallandini L. ve Bisol P. M., 2003. Characterization of Coastal Sites by Applying Genetic and Genotoxicity Markers in *Mytilus galloprovincialis* and *Tapes Philippinarum*. *Chemistry and Ecology*, 19: 113-128.

- Vercauteren K. ve Blust R., 1999. Uptake of Cadmium and Zinc by the Mussel *Mytilus edulis* and Inhibition by Calcium Channel and Metabolic Blockers. *Marine Biology*, 135: 615-626.
- Villarini M., Moretti M., Pasquini R., Scassellati-Sforzolini G., Fatigoni C., Marcarelli M., Monarca S. ve Rodríguez A. V., 1998. In Vitro Genotoxic Effects of the Insecticide Deltamethrin in Human Peripheral Blood Leukocytes: DNA Damage ('Comet' Assay) in Relation to the Induction of Sister-Chromatid Exchanges and Micronuclei. *Toxicology*, 130: 129-139.
- Villela I. V., de Oliveira I. M., da Silva J. ve Henriques J. A. P., 2006. DNA Damage and Repair in Haemolymph Cells of Golden Mussel (*Limnoperna fortunei*) Exposed to Environmental Contaminants. *Mutation Research*, 605: 78-86.
- Villela I. V., de Oliveira I. M., Silveira J. C., Dias J. F., Henriques J. A. P. ve da Silva J., 2007. Assessment of Environmental Stress by the Micronucleus and Comet Assays on *Limnoperna fortunei* Exposed to Guaíba Hydrographic Region Samples (Brazil) Under Laboratory Conditions. *Mutation Research*, 628: 76-86.
- Vural H., 1993. Ağır Metal İyonlarının Gıdalarda Oluşturduğu Kirlilikler. *Ekoloji*, 8: 3-8.
- Vural N., 1984. *Toksikoloji*. Ankara Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Yayınları, Ankara. No: 56. 310-350.
- Wagner A. ve Boham J., 2004. Biomonitoring of Trace Elements in Vietnamese Freshwater Mussels. *Spectrochimica Acta Part B*, 59: 1125-1132.
- WHO., 1998. Health Criteria and Other Supporting Information – Addendum. *Guidelines for Drinking-Water Quality*. World Health Organization.
- WHO., 2006. Principles and Methods for Assessing Autoimmunity Associated with Exposure to Chemicals. Environmental Health Criteria; 236. World Health Organization.
- Won E. J., Raisuddin S. ve Shin K. H., 2008. Evaluation of Induction of Metallothionein-like Proteins (MTLPs) in the Polychaetes for Biomonitoring of Heavy Metal Pollution in Marine Sediments. *Marine Pollution Bulletin*, 57: 544-551.

- Woźnicki P., Lewandowska R., Brzuzan P., Ziomek E. ve Bardega R., 2004. The Level of DNA Damage and the Frequency of Micronuclei in Haemolymph of Freshwater Mussels *Anodonta woodiana* Exposed to Benzo[a]pyrene. *Acta Toxicologica*, 12 (1): 41-45.
- Yap C. K., Ismail A., Edward F. B., Tan S. G. ve Siraj S. S., 2006. Use of Different Soft Tissues of *Perna viridis* as Biomonitors of Bioavailability and Contamination by Heavy Metals (Cd, Cu, Fe, Pb, Ni, and Zn) in a Semi-Enclosed Intertidal Water, the Johore Straits. *Toxicological and Environmental Chemistry*, 88 (4): 683-695.
- Yarsan E., Bilgili A. ve Türel İ., 2000. Van Gölü'nden Toplanan Midye (*Unio stevenianus* Krynicki) Örneklerindeki Ağır Metal Düzeyleri. *Turk J. Vet. Anim. Sci.*, 24: 93-96.
- Yazkan M., Özdemir F. ve Gölükçü M., 2003. Antalya Körfezinde Avlanan Bazı Yumuşakçalar ve Karideste Cu, Zn, Pb ve Cd İçeriği. *Gıda*, 28(6): 637-642.
- Yıldırım I. H., Yesilada E. ve Yologlu S., 2006. Micronucleus Frequency in Peripheral Blood Lymphocytes and Exfoliated Buccal Cells of Untreated Cancer Patients. *Russian Journal of Genetics*, 42: 573-577.
- Zhuang P., Zou B., Li N. Y. ve Li Z.A., 2009. Heavy Metal Contamination in Soils and Food Crops Around Dabaoshan Mine in Guangdong, China: Implication for Human Health. *Environ. Geochem Health*, 31: 707-715.
- <http://edergi.sdu.edu.tr/index.php/sdugeo/article/viewFile/2703/2422> (Şener Ş., Çevre İçin Jeoloji; Ağır Metallerin Çevresel Etkileri). Erişim Tarihi: 22.04.2012.
- <http://en.wikipedia.org/wiki/Iron>
- <http://en.wikipedia.org/wiki/Zinc>
- [http://explore.com/Pecten_\(biology\)](http://explore.com/Pecten_(biology)) Erişim Tarihi: 01.06.2012.
- http://genimpact.imr.no/___data/page/7650/scallops.pdf (Beaumont A. ve Gjedrem T., Scallops- Pecten maximus and P. jacobaeus. *Genimpact Final Scientific Report*). Erişim Tarihi: 30.04.2012.
- <http://maps.google.com/>

http://speciesidentification.org/species.php?species_group=mollusca&menuentry=soorten&id=890&tab=classificatie Erişim Tarihi: 30.04.2012.

<http://tr.wikipedia.org/wiki/Bakır>

<http://tr.wikipedia.org/wiki/Demir>

<http://www.biltek.tubitak.gov.tr/bilgipaket/periodik/>

<http://www.bluemirror.com/showthread.php?t=1042> Erişim Tarihi: 01.06.2012.

http://www.bsgm.gov.tr/su_urn/deniz2/akivades.html Erişim Tarihi: 30.04.2012.

<http://www.fao.org/fishery/species/3516/en> Erişim Tarihi: 30.04.2012.

[http://www.mam.gov.tr/kkkuep/tumuep\(tumkiyilar\)/ciltII/akdenizegeciltII.pdf](http://www.mam.gov.tr/kkkuep/tumuep(tumkiyilar)/ciltII/akdenizegeciltII.pdf) (Kara Kökenli Kirleticilere İlişkin Ulusal Eylem Planı-Türkiye. Tubitak Mam KE).

http://www.metalurji.org.tr/dergi/dergi136/d136_4753.pdf (Kahveciođlu ., Kartal G., Güven A. ve Timur S., Metallerin evresel Etkileri-I. *Metalurji Dergisi*, 136. Sayı). Erişim Tarihi: 15.05.2012.

http://www.metalurji.org.tr/dergi/dergi137/d137_4753.pdf (Kahveciođlu, ., Kartal, G., Güven, A., ve Timur, S., Metallerin evresel etkileri-II, 137. Sayı). Erişim Tarihi: 15.05.2012.

http://www.tarim.gov.tr/uretim/Su_Urunleri,istiridy.html (Lk A., İstiridye Biyolojisi ve Yetiřtirme Teknikleri. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı). Erişim Tarihi: 29.04.2012.

http://www.tarim.gov.tr/uretim/Su_Urunleri,Midye.html (Lk A., Midye Biyolojisi ve Yetiřtirme Teknikleri. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı). Erişim Tarihi: 29.04.2012.

ÇİZELGELER

Sayfa No

Çizelge 1. Bazı eser elementler ve fonksiyonları	3
Çizelge 2. Temel endüstrilerden atılan metal türleri	14
Çizelge 3. Su ürünlerinde kabul edilebilir ağır metal oranları	15
Çizelge 4. Ağır metallerin sucul ortamlarda kabul edilebilir değerleri	16
Çizelge 5. Çift kabuklu yumuşakça örneklerinin hemolenf hücrelerinde yapılan mikroskobik incelemeler sonucunda saptanan MN ve BN frekansları	52
Çizelge 6. Çift kabuklu yumuşakça örneklerinin solungaç dokularında ağır metal analiz sonuçları	57

ŞEKİLLER

Sayfa No

Şekil 1. (a) Gerekli elementler ile (b) toksik elementlerin canlılar üzerindeki etkileri	4
Şekil 2. Vücut sıvısındaki konsantrasyona bağlı olarak ağır metallerin etkileri	5
Şekil 3. Ağır metallerin doğada yayılımı	13
Şekil 4. Klastojen ve anojenler ile uyarılan MN'li hücreler	18
Şekil 5. <i>Ostrea edulis</i> 'in genel görünümü	21
Şekil 6. <i>Ostrea edulis</i> 'in genel iç görünümü	21
Şekil 7. <i>Mytilus galloprovincialis</i> 'in genel görünümü	23
Şekil 8. <i>Mytilus galloprovincialis</i> 'in genel iç görünümü	23
Şekil 9. <i>Ruditapes decussatus</i> 'un genel görünümü	25
Şekil 10. <i>Ruditapes decussatus</i> 'un genel iç görünümü	26
Şekil 11. <i>Pecten maximus</i> 'un genel görünümü	27
Şekil 12. <i>Pecten maximus</i> 'un genel iç görünümü	28
Şekil 13. Çift kabuklu yumuşakça örneklerinin alındığı bölgenin haritası	47
Şekil 14. Çift kabuklu yumuşakça örneklerinin alındığı bölge	48
Şekil 15. Umurbey kıyısından toplanan farklı türlerin hemolenf hücrelerinde yapılan mikroskobik incelemeler sonucunda belirlenen MN frekansları	52
Şekil 16. Umurbey kıyısından toplanan farklı türlerin hemolenf hücrelerinde yapılan mikroskobik incelemeler sonucunda belirlenen BN frekansları	53

Şekil 17. Umurbey kıyısından toplanan farklı türlerin hemolenf hücrelerinde yapılan mikroskobik incelemeler sonucunda saptanan MN ve BN değerleri	53
Şekil 18. <i>Mytilus galloprovincialis</i> 'de mikronukleus oluşumu	54
Şekil 19. <i>Ruditapes decussatus</i> 'da mikronukleus oluşumu	54
Şekil 20. <i>Pecten maximus</i> 'da mikronukleus oluşumu	55
Şekil 21. <i>Ostrea edulis</i> 'de mikronukleus oluşumu	55
Şekil 22. Binukleus oluşumu	56

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER:

Adı Soyadı : Gizem ÖZKURNAZ

Doğum Yeri : ÇANAKKALE

Doğum Tarihi : 02.01.1989

EĞİTİM DURUMU:

Lisans Eğitimi : Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Edebiyat
Fakültesi Biyoloji Bölümü

Yüksek Lisans Eğitimi : Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Biyoloji Anabilim Dalı

Bildiği Yabancı Diller : İngilizce

BİLİMSEL FAALİYETLERİ:

Bildiriler - Uluslararası - Ulusal

Özkurnaz G. ve Demir N., 2012. Umurbey Kıyısı (Çanakkale) Kirliliğinin *Mytilus galloprovincialis* ve *Tapes decussatus* Türlerinde Mikronukleus Testi ile İzlenmesi. 21. Ulusal Biyoloji Kongresi Uluslararası Katılımlı (3-7 Eylül), İzmir (Poster).

Özkurnaz G. ve Demir N., 2012. Umurbey Bölgesi'nden (Çanakkale) Toplanan *Mytilus galloprovincialis* ve *Pecten maximus* Dokularında Ağır Metal Birikiminin İncelenmesi. 21. Ulusal Biyoloji Kongresi Uluslararası Katılımlı (3-7 Eylül), İzmir (Poster).

İLETİŞİM: gizemozkurnaz@hotmail.com

