

Homa Dalyanı'nda (İzmir Körfezi) dağılım gösteren *Mytilus galloprovincialis* ve *Tapes decussatus* (Bivalvia) türlerinde ağır metal birikimlerinin incelenmesi

Assessment of heavy metal accumulation in *Mytilus galloprovincialis* and *Tapes decussatus* (Bivalvia) distributed in the Homa Lagoon (Izmir Bay)

Mustafa Bilgin • Esin Süzer Uluturhan*

Dokuz Eylül Üniversitesi Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Enstitüsü, 35340 Inciraltı-İzmir
*Corresponding author: esin.uluturhan@deu.edu.tr

How to cite this paper:

Bilgin, M., Uluturhan, E.S., 2015. Assessment of heavy metal accumulation in *Mytilus galloprovincialis* and *Tapes decussatus* (Bivalvia) distributed in the Homa Lagoon (Izmir Bay). *Ege J Fish Aqua Sci* 32(1): 1-8. doi: 10.12714/egejfas.2015.32.1.01

Abstract: In this study; the concentrations of nickel, manganese, cobalt, iron and aluminum (Ni, Mn, Co, Fe, and Al) were determined seasonally in soft tissues and hepatopancreas of mussel (*Mytilus galloprovincialis*) and clam (*Tapes decussatus*) from the Homa Lagoon (May 2013-February 2014). According to interspecies comparison, metal concentrations were found higher in soft tissues of clams. The highest levels of metal were detected in hepatopancreas at both species. Also, the highest metal concentrations were found in February for mussel and July for clam. Detected metal levels in the bivalve species were compared with provisional tolerable weekly intake (PTWI) values and the maximum metal concentrations (except Al in clams) were found below these values.

Keywords: *Mytilus galloprovincialis*, *Tapes decussatus*, heavy metal, aquatic pollution, Homa Lagoon

Özet Bu çalışmada, Homa Dalyanı'nda dağılım gösteren Bivalv türlerinden olan kara midye (*Mytilus galloprovincialis*) ve akivadesin (*Tapes decussatus*) yumuşak doku ve hepatopankreaslarında mevsimsel olarak (Mayıs 2013-Şubat 2014) nikel, mangan, kobalt, demir ve alüminyum (Ni, Mn, Co, Fe ve Al) yoğunlukları araştırılmıştır. Her iki türde de en yüksek ağır metal birikimleri hepatopankreasta saptanmıştır. Türler arası karşılaştırmaya bakıldığında, akivadesin yumuşak dokusundaki ağır metal seviyeleri daha yüksek bulunmuştur. Mevsimsel açıdan en yüksek ağır metal konsantrasyonları; kara midyede Şubat ayında, akivadeste ise Temmuz ayında tespit edilmiştir. Bu iki türde saptanan ağır metal seviyeleri, uluslararası alanda kabul edilen haftalık tüketim miktarı (PTWI) ile karşılaştırılarak sadece akivadeste Al seviyesinin limit değerini aştığı görülmüştür.

Anahtar kelimeler: *Mytilus galloprovincialis*, *Tapes decussatus*, ağır metal, sucul kirlilik, Homa Dalyanı.

GİRİŞ

Teknolojinin hızla ilerlemesi ve buna bağlı olarak da endüstrinin gelişmesiyle birçok ağır metal doğaya atık olarak bırakılır. Ağır metaller, deniz ortamında oldukça düşük konsantrasyonlarda bulunmaktadır ve sucul ortamlara girişleri, doğal veya insan kaynaklı olabilmektedir. Denizlere, nehirlere ve göllere ulaşan en önemli metal girdileri ise endüstriyel deşarjlar sonucu olmaktadır. Deniz ortamında yaşayan bitki ve hayvanlar kendilerine zarar vermeksizin bu metalleri biriktirirler (Phillips, 1995; Uluturhan ve Küçüksezgin, 2007). Sucul ortamdan besin ve solunum yoluyla canlı bünyesine alınan metaller her organ ve dokuda farklı oranda birikmektedir. Canlı organizmada çeşitli metabolik faaliyetlere katıldıktan sonra fizyolojik öneme sahip olan metallerin bir kısmı depolanırken bir kısmı da vücut dışına atılır (Widdows, 1985; Kayhan vd., 2009). Hg, Cd, Pb gibi ağır metallerin belli konsantrasyonların üstünde toksik etki yaptıkları ve bir

organizmadan değerine geçişleri sırasında konsantrasyonlarının arttığı bilinmektedir (Phillips, 1995; Uluturhan ve Küçüksezgin, 2007). Buna bağlı olarak deniz ortamına giren ağır metal miktarlarının tespiti, çevre kalitesinin izlenmesi açısından gereklidir.

Sucul ortamdaki kirlilik derecesi, su veya sedimentteki madde konsantrasyonları saptanarak belirlenebilir. Bir ortamdaki kirliliğin kaynağı ne olursa olsun kirliliğin en büyük etkisi bentik organizmalar üzerinde meydana gelir. Bu nedenle sucul organizmalardaki kirlilik madde miktarını saptamak çok önemlidir. Bivalvia ve Gastropoda sınıfına ait bentik canlılar sucul ekosistemdeki kirliliğin izlenmesi çalışmalarında sıklıkla kullanılmaktadır. Bivalvia sınıfında yer alan midyeler süzerek beslendikleri için çözünmüş ve partikül haldeki kirliticileri bünyelerine alırlar. Midyeler, ağır metal ve

pestisit gibi kirlenici maddeleri yüksek yoğunluklarda biriktirip, bunları uzun süre bünyelerinde tuttuklarından dolayı kirliliği yansıtan biyolojik indikatörlerin başında gelir (Viarengo ve Canesi, 1991; Viarengo vd., 2007).

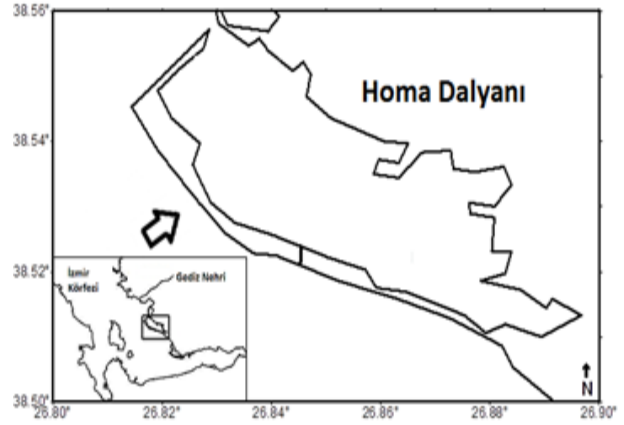
Dalyanlar, su ürünleri avcılık ve yetiştiricilik faaliyetlerinin sürdürüldüğü, ekolojik ve ekonomik yönden önemli ekosistemlerdir. Bu bölgeler; nehir ve akarsuların taşıdığı besin elementleri nedeniyle yüksek birincil üretime sahip olup, ekonomik değeri yüksek olan balık türleri ile midye gibi omurgasız hayvanların beslenmesine ve olgunlaşmasına uygun yerlerdir. Ülkemiz sahillerinde 76'dan fazla dalyan alanı bulunmakta olup bunlardan bir tanesi de İzmir Körfezi'ndeki Gediz Deltası'nda yer alan ve Gediz Nehri'nin etkisindeki Homa Dalyanı'dır. Homa Dalyanı büyük ve küçük dalyan olmak üzere iki bölüme ayrılmaktadır. Dalyanda farklı genişlikteki kanallar yardımıyla dalyan ve deniz arasında doğal su dolaşımı sağlanmaktadır. Küçük dalyan alanı Gediz Nehri'nin taşıdığı alüvyonlardan dolayı sığlaşmış olup dalyan özelliğini kaybetmiştir. Bu çalışmada, örnekleme yapıldığı büyük dalyan bölümünde maksimum derinlik 80 cm olup, ortalama derinlik 40-45 cm'dir. Menemen Ovası'nın tarımsal su atıklarını bünyesinde toplayan drenaj kanalı, dalyan alanına açılmakta olup gübre ve tarım ilaçları gibi kirlenicilerin dalyana taşınmasını sağlamakta ve dalyan için ayrı bir sorun yaratmaktadır (Atılğan ve Egemen, 2001; Sapancı, 2013).

Çalışma alanı olarak seçilen Homa Dalyanı'nda yürütülen önceki çalışmalarda sediment, balık, midye ve poliket türlerinde ağır metal ve pestisit seviyeleri incelenmiştir (Mordoğan vd., 1990; Egemen vd., 1998; Sunlu ve Egemen, 1998; Atılğan ve Egemen, 2001; Uluocak ve Egemen 2005; Dora vd., 2007; Uluturhan vd., 2011). Ekonomik değere sahip olan, severek tüketilen ve dalyan alanında dağılım gösteren biyoindikatör türlerden *M. galloprovincialis* ve *T. decussatus*'ta ağır metal kirliliği ile ilgili çalışmalar kısıtlıdır. Bu çalışmada, Homa Dalyanı'nda dağılım gösteren *M. galloprovincialis* ve *T. decussatus* türlerinin yumuşak doku ve hepatopankreasında saptanan ağır metal konsantrasyonlarındaki değişimlerin tür, doku ve mevsimsel etkileri incelenmiştir. Midyelerin yaygın olarak tüketildiği düşünülerek, dalyanda saptanan ağır metal seviyeleri, uluslararası alanda kabul edilen haftalık tüketim miktarı (PTWI) ile karşılaştırılarak insan sağlığı için risk taşıyıp taşımadığı saptanmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada, *M. galloprovincialis* ve *T. decussatus* örnekleri büyük dalyanın sığ bölgelerinden mevsimsel olarak Mayıs 2013, Temmuz 2013, Ekim 2013 ve Şubat 2014 aylarında elle toplanmıştır (Şekil 1). Toplanan örnekler, su

dolu küvetlerin içinde Dokuz Eylül Üniversitesi Deniz Bilimleri Enstitüsü Kimya Laboratuvarı'na taşınmıştır. Midye örneklerinin boyları ölçülerek üç gruba ayrılmış (Tablo 1), yumuşak doku ve hepatopankreasları dissekte edilerek, analize kadar, derin dondurucuda (-20 °C) saklanmıştır. Ağır metal analizleri için doku örnekleri LABCONCO freeze dryer'da dondurularak kurutulmuş ve homojenize edilmiştir. Kuru doku örneklerinden yaklaşık 0.50 g örnek, üç tekrarlı olarak tartılarak nitrik asit ve perklorik asit karışımında MILESTONE mikrodalgas sisteminde çözünürleştirilmiştir (Bernhard, 1976; UNEP, 1982).



Şekil 1. Homa Dalyanı.
Figure 1. Homa Lagoon.

Mn, Fe ve Al analizleri VARIAN SpectrAA AA280FS Atomik Absorbsiyon Spektrometre (AAS) cihazında alevli tekniği ve Ni ve Co analizleri ise ICP-MS cihazı ile yapılmıştır. Ağır metallerin saptanma limitleri Mn: 0.02; Ni:0.10; Co: 0.05; Fe:0.06; ve Al:0.30 mg/kg'dır. Metal analizlerinin doğruluğu ve geçerliliği, NIST (National Institute of Standard and Technology) SRM 2976 Midye Standart Referans Materyali ile test edilmiştir. Metaller için üç tekrarlı analizlerden elde edilen değerler (sertifika edilen değer: ± standard hata; bulunan değer: ± standard hata mg/kg kuru ağırlık), Mn:33.0±2.0; 34±0.16, Ni:0.93±0.12; 0.914±10.3, Co:0.610±0.02; 0.555±0.22 Fe:171±4.90; 171±1.65, Al:134±34; 132±1.25 şeklinde bulunmuştur.

İstatistiksel analizler Statistica® 8,0 yazılım programı ile yapılmıştır. Elde edilen ağır metal analizlerine bağlı olarak mevsim, tür ve dokular arasındaki farklılıkları belirlemek için ANOVA testleri kullanılmıştır (p< 0.05). Dokulardaki ağır metal konsantrasyonları ile boy arasındaki ilişkiler araştırılmıştır (R> |0.50|).

Tablo 1. Homa Dalyanı'ndan toplanan iki Bivalvia türünün örnek sayıları (n) ve boy grupları (mm).**Table 1.** Grouping intervals and sample numbers (n) of two Bivalvia species sampled in the Homa Lagoon.

Mevsim	<i>M. galloprovincialis</i>		<i>T. decussatus</i>	
	n	boy aralığı (mm)	n	boy aralığı (mm)
Mayıs 2013	20	51-58	12	44-50
	20	45-53	11	35-48
	20	38-46	13	41-44
Temmuz 2013	20	61-82	18	44-51
	20	54-62	18	42-46
	20	44-55	18	36-43
Ekim 2013	30	51-68	15	38-49
	25	62-70	20	32-38
	30	51-57		
Şubat 2014	13	43-55	22	42-53
	21	39-43	18	30-39

BULGULAR

Homa Dalyanı'ndan mevsimsel olarak örneklenen *M. galloprovincialis* ile *T. decussatus*'un yumuşak doku ve hepatopankreaslarındaki minimum ve maksimum Mn, Ni, Co,

Fe ve Al konsantrasyonları [Tablo 2](#)'de ve ortalama metal değerleri ise [Şekil 2-3](#)'de verilmiştir.

Tablo 2. *M. galloprovincialis* ve *T. decussatus*'un yumuşak doku ve hepatopankreaslarındaki minimum ve maksimum metal konsantrasyonları (mg/kg kuru ağırlık).**Table 2.** Minimum and maximum concentrations of metal in soft tissues and hepatopancreas from *M. galloprovincialis* and *T. decussatus* (mg/kg dry weight).

	Ni	Mn	Co	Fe	Al
<i>M. galloprovincialis</i>					
<i>Yumuşak doku</i>					
Bahar	1.17-1.48	7.02-7.48	0.30-0.38	126-145	94.7-131
Yaz	0.91-1.39	4.10-6.48	0.48-0.74	81.9-120	16.8-66.9
Güz	1.20-2.11	6.90-8.80	0.56-0.89	194-286	117-235
Kış	1.88-2.44	10.6-13.6	0.65-1.09	261-477	218-416
<i>Hepatopankreas</i>					
Bahar	7.00-9.16	14.9-17.22	1.46-1.67	555-675	610-773
Yaz	5.56-7.10	11.5-16.2	1.37-1.98	298-444	345-517
Güz	9.31-13.5	20.8-35.4	1.93-2.65	648-1449	730-1527
Kış	15.2-18.2	23.9-32.1	3.34-3.66	972-1647	936-1520
<i>T. decussatus</i>					
<i>Yumuşak doku</i>					
Bahar	2.59-4.13	7.60-11.0	0.50-1.10	268-510	260-438
Yaz	5.49-6.28	14.2-18.2	1.12-1.39	633-806	790-1009
Güz	4.18-4.53	11.9-18.0	0.81-1.13	494-769	473-786
Kış	4.25-4.66	11.9-14.0	0.70-1.22	500-614	421-619
<i>Hepatopankreas</i>					
Bahar	6.39-10.2	13.5-25.8	1.32-1.68	504-1580	279-1293
Yaz	6.28-9.03	27.8-40.8	1.14-1.94	1090-2341	1081-2170
Güz	6.24-6.36	23.0-23.5	1.19-1.68	964-999	816-880
Kış	6.95-10.3	22.3-24.6	1.28-1.42	982-1133	862-1040

Mytilus galloprovincialis'in yumuşak dokularında saptanan en düşük metal konsantrasyonları Co için 0.30 mg/kg olarak Mayıs ayında saptanırken, Mn (4.10 mg/kg), Ni (0.91 mg/kg), Fe (81.9 mg/kg), ve Al (16.8 mg/kg) için en düşük seviyeler Temmuz ayında bulunmuştur. Yumuşak dokudaki en yüksek Mn (13.6 mg/kg), Ni (2.44 mg/kg), Co (1.09 mg/kg), Fe (477 mg/kg), ve Al (416 mg/kg) konsantrasyonları ise Şubat ayında saptanmıştır. Hepatopankreas dokularında ise minimum Mn (11.5 mg/kg), Ni (5.56 mg/kg), Co (1.37 mg/kg), Fe (298 mg/kg), ve Al (345 mg/kg) Temmuz ayında bulunmuştur. Hepatopankreastaki en yüksek Mn değeri 35.4 mg/kg ve Al seviyesi 1527 mg/kg olarak Ekim ayında bulunurken, Ni (18.2 mg/kg), Co (3.66 mg/kg) ve Fe (1647 mg/kg) en yüksek

seviyeye Şubat ayında ulaşmıştır ([Tablo 2](#)).

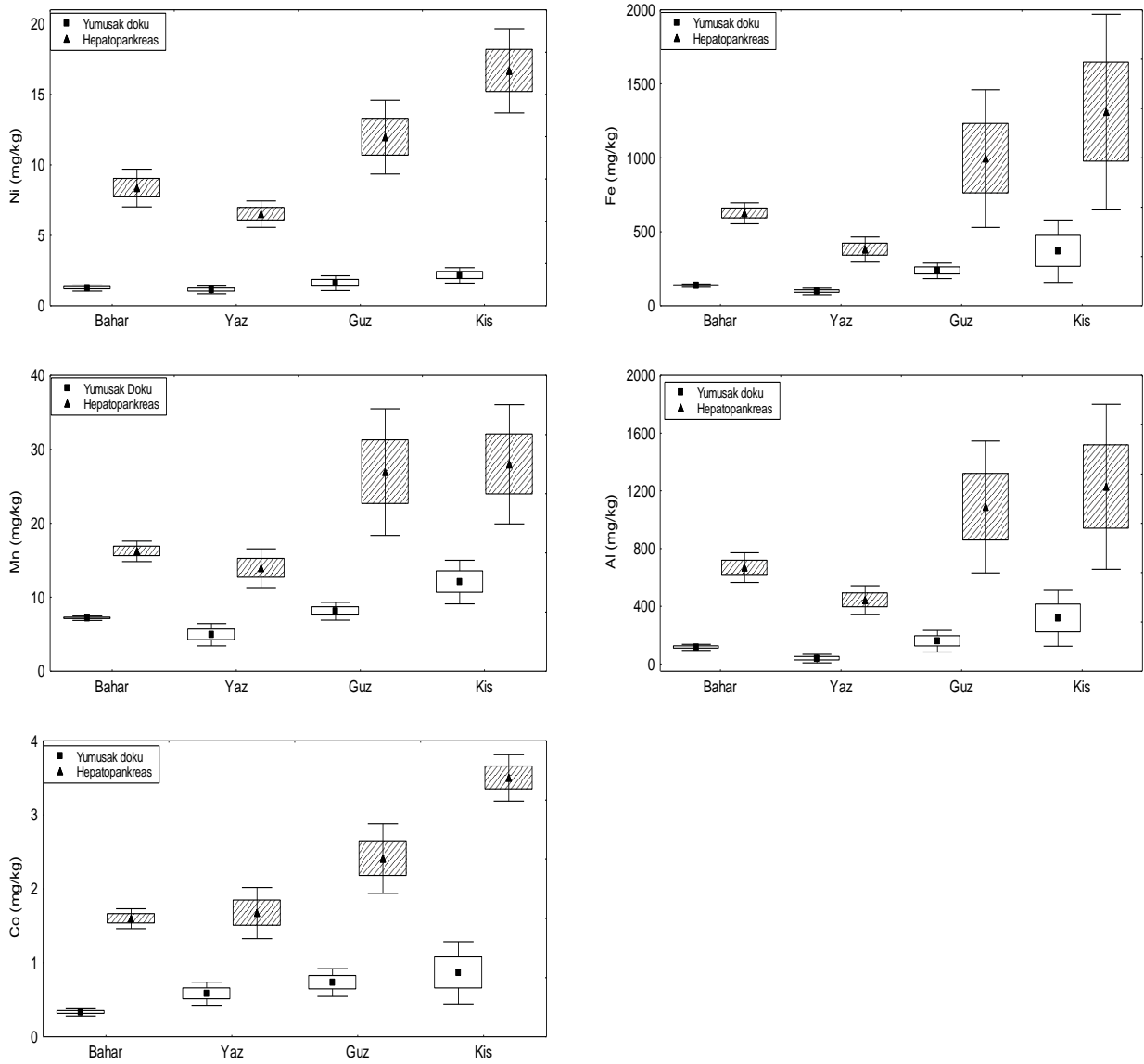
Tapes decussatus türünün yumuşak dokusunda minimum Mn (7.60 mg/kg), Ni (2.59 mg/kg), Co (0.50 mg/kg), Fe (268 mg/kg), ve Al (260 mg/kg) konsantrasyonları Mayıs ayında saptanmıştır. Buna karşılık, yumuşak dokudaki saptanan en yüksek Mn (18.2 mg/kg), Ni (6.28 mg/kg), Co (1.39 mg/kg), Fe (806 mg/kg) ve Al (1009 mg/kg) seviyeleri Temmuz ayında bulunmuştur. Hepatopankreaslarındaki en düşük Mn, Fe ve Al konsantrasyonları için sırasıyla 13.5, 504 ve 279 mg/kg olarak Mayıs ayında saptanmıştır. Co konsantrasyonunun (1.14 mg/kg) minimum değeri Temmuz ayında, Ni

konsantrasyonunun ise Ekim ayında (6.24 mg/kg) bulunmuştur. Saptanan metal seviyelerine göre; maksimum Mn (40.8 mg/kg), Fe (2341 mg/kg), Co (1.94 mg/kg), ve Al (2170 mg/kg) düzeyleri Temmuz ayında saptanırken, Ni 10.3 mg/kg olarak Şubat ayında en yüksek seviyede bulunmuştur. Her iki tür de ayrı ayrı ele alındığında, en yüksek metal birikimlerinin hepatopankreas dokusunda olduğu gözlenmiştir (Tablo 2).

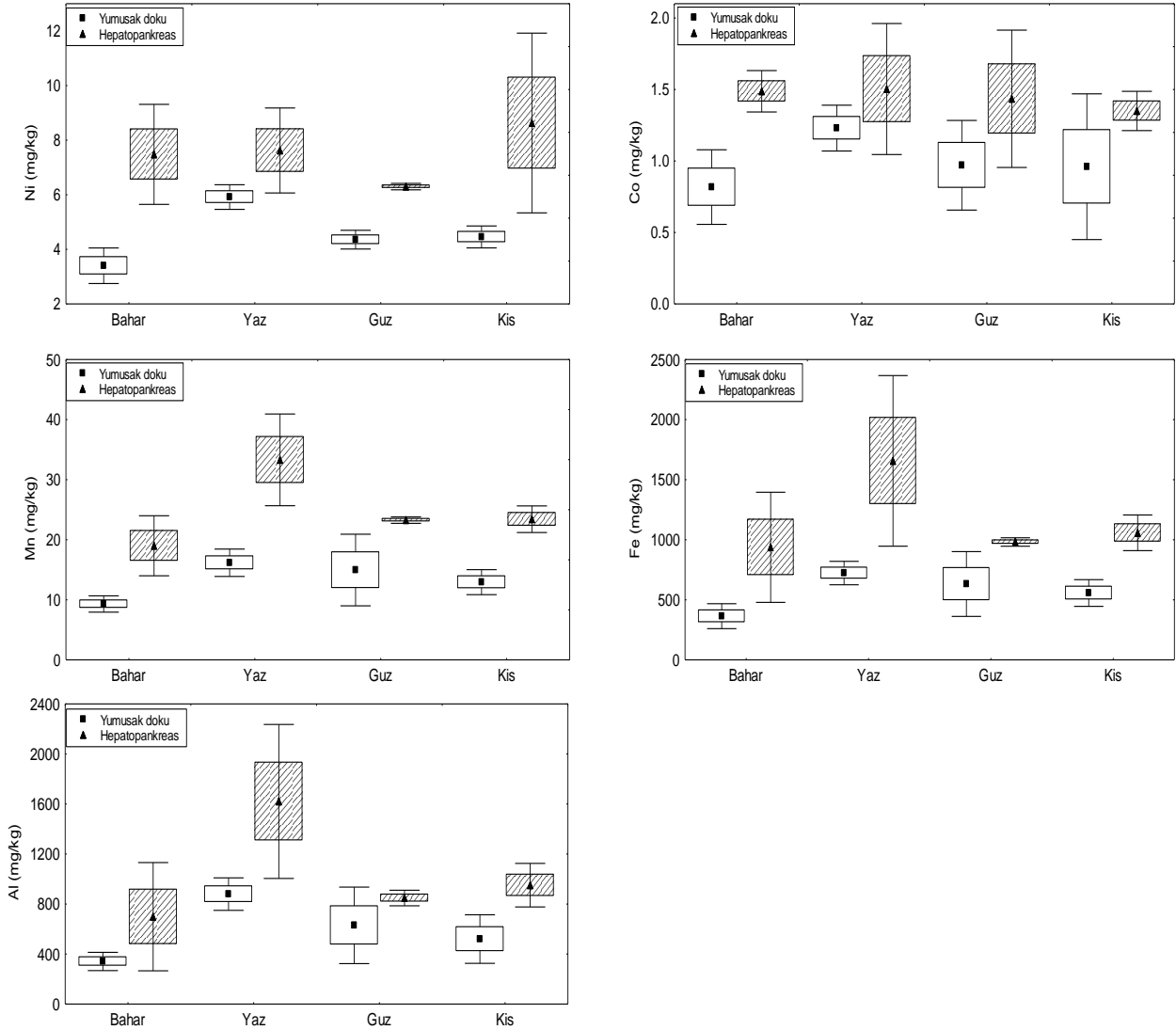
Saptanan ortalama ağır metal konsantrasyonlarına göre; *T. decussatus*'un her iki dokusunda da Mn, Co, Fe ve Al seviyeleri daha yüksek iken; Ni konsantrasyonu ise bu türün

sadece yumuşak dokusunda daha yüksek saptanmıştır. *M. galloprovincialis*'de ise hepatopankreas dokusunun daha fazla Ni biriktirdiği bulunmuştur (Şekil 2-3).

Ortalama ağır metal konsantrasyonlarına göre, *M. galloprovincialis*'in yumuşak dokularındaki metal birikim sırası Fe>Al>Mn>Ni>Co şeklinde sıralanırken, hepatopankreasdaki metaller Al>Fe>Mn>Ni>Co sırasında bulunmuştur. *T. decussatus*'un yumuşak dokusundaki metallerin sıralaması Al>Fe>Mn>Ni>Co şeklinde olurken, hepatopankreasında Fe>Al>Mn>Ni>Co şeklinde bir sıralama saptanmıştır. (Şekil 2-3)



Şekil 2. *M. galloprovincialis* dokularındaki ağır metal konsantrasyonları (ortalama ± standart sapma mg/kg kuru ağırlık).
Figure 2. Heavy metal concentrations in tissues from mussel (*M. galloprovincialis*) (mean ± S.D. mg/kg dry weight).



Şekil 3. *T. decussatus* dokularındaki ağır metal konsantrasyonları (ortalama±standart sapma mg/kg kuru ağırlık).
Figure 3. Heavy metal concentrations in tissues from clam (*T. decussatus*) (mean ± S.D. mg/kg dry weight).

İstatistiksel açıdan iki tür karşılaştırıldığında, Fe ve Al birikiminde *M. galloprovincialis* ve *T. decussatus* arasında önemli bir farkın olduğu görülmüştür ($p < 0.05$).

M. galloprovincialis'te ölçülen metal seviyeleri istatistiksel olarak incelendiğinde, dokular arasındaki farkın anlamlı olduğu görülmüştür. Metal konsantrasyonlarının mevsimsel değişiminde ise önemli bir fark bulunmamıştır ($p < 0.05$).

T. decussatus'un dokularındaki ağır metal birikimi istatistiksel olarak incelendiğinde, tüm metaller için dokular arasında anlamlı farklılıklar tespit edilirken, mevsimsel olarak sadece Al için önemli bir farklılık bulunmuştur ($p < 0.05$).

Boy ve ağır metal konsantrasyonları arasındaki ilişkiyi bakıldığında; *M. galloprovincialis* için sadece Mn'da boyla bir negatif korelasyon ($R = -0.57$) bulunurken, *T. decussatus*'ta Co için boyla doğru bir artış ($R = 0.84$) tespit edilmiştir.

TARTIŞMA

Bu çalışmada ağır metal kirliliğinin tespiti için Homa Dalyanı'ndan toplanan ve indikatör türler arasında yer alan *M. galloprovincialis* ile *T. decussatus*'un yumuşak dokularında ve hepatopankreaslarında Ni, Mn, Co, Fe ve Al konsantrasyonları araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde, genel olarak *T. decussatus*'un yumuşak dokusunda ağır metal birikiminin, *M. galloprovincialis*'e göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Türler arasındaki bu birikim farkı; türün morfoloji ve fizyolojisiyle ilişkili olan biyoakümülyasyon kapasitelerine bağlıdır (Usero vd., 1997). Bu bağlamda; *T. decussatus*'un, *M. galloprovincialis*'e göre, daha fazla miktarda metali vücuduna alma ve depolayabilme özelliğinin olabileceği düşünülmektedir.

Ağır metaller, sucul organizmaların detoksifikasyonla ilgili olan karaciğer, böbrek ve dalak gibi organlarında yüksek

seviyelerde birikebilmektedir. Midye türlerinde de hepatopankreas metal birikiminde hedef organdır. Hepatopankreas, ksenobiyotik metabolizmasında, bağışıklıkta ve detoksifikasyonda büyük rol oynamaktadır. Bu nedenle detoksifikasyonun yapıldığı, metalleri bağlayarak toksik etkilerinin azaltılmasında işlev gören metallothioninlerin sentezlendiği hepatopankreasta metal seviyeleri daha yüksektir (Raspor vd., 2004; Ivanković vd., 2005; Rajalakshmi ve Mohandas, 2005). Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar da, bu tespitler ile paralellik göstermiş ve ağır metal konsantrasyonları örneklenen her iki türde de, yumuşak dokuya göre, hepatopankreasta daha yüksek seviyede bulunmuştur.

Homa Dalyanı bivalvlerinin dokularındaki ağır metaller $Fe \geq Al > Mn > Ni > Co$ şeklinde sıralanmış olup, Mısır kıyılarındaki Bivalv türlerinde daha önce saptanan sonuçlara benzer bir profil gösterdiği tespit edilmiştir (El-Sikaily vd., 2004).

Dokulardaki ağır metal seviyelerine mevsimsel olarak bakıldığında; *M. galloprovincialis*'te en yüksek seviye kış mevsiminde saptanırken, *T. decussatus*'ta yaz mevsiminde bulunmuştur. Metal konsantrasyonundaki mevsimsel değişimler, metallere maruz kalma durumundan çok, organizma fizyolojisindeki değişimler nedeniyle meydana gelebilir (Mubiana vd., 2005). Birçok çalışmada, midye

dokularındaki metal konsantrasyonlarındaki değişimlerin; mevsimsel olarak su sıcaklığına, besin miktarına ve aynı zamanda da üremeye bağlı olduğu bilinmektedir (Mubiana vd., 2005). Fitoplankton patlamaları, midyeler gibi süzerek beslenen organizmalar için metal konsantrasyonunun artışına katkıda bulunmasıyla, sudaki ağır metallerin transferinde çok önemli rol oynarlar (Regoli, 1998). Bilindiği üzere, Bivalvlerin üreme öncesi dönemde gonad dokuları gelişmeye başlar. Gonad gelişimi için beslenme ile birlikte, organizmanın biyoakümüülasyon hızına bağlı olarak, kirletici konsantrasyonu da artar. Yumurta ve spermilerin dışarı atılmasıyla üreme dönemi sonunda vücuttaki toplam metal yükleri azalarak; organizmadaki metal konsantrasyonları düşmektedir (Regoli, 1998; Ivanković vd., 2005; Fattorini vd., 2008).

Farklı bölgelerdeki benzer çalışmalar ile karşılaştırma yapıldığında, Homa Dalyanı'ndan örneklenen her iki türdeki Ni ve Mn konsantrasyonları, genel olarak, Hollanda, Mısır, Yunanistan, Cezayir ve Adriyatik'teki çalışmalarda ölçülen seviyelerden daha düşük olarak saptanmıştır. Ayrıca, Co konsantrasyonları açısından Homa Dalyanı'ndan elde edilen seviyeler, Adriyatik ve Hollanda'da yapılan çalışmalardan daha düşüktür. Fe değerleri, diğer çalışmalar ile genelde (Cezayir hariç) benzerlik göstermiştir. Al seviyeleri karşılaştırıldığında ise, Homa Dalyanı'ndaki saptanan değerler, Mısır'daki çalışmadan yüksek bulunmuştur (Tablo 3).

Tablo 3. Homa Dalyanı ve Akdeniz'in farklı bölgelerindeki midye türlerinde ağır metal konsantrasyonları (mg/kg, kuru ağırlık) ve PTWI değerleri (haftalık mg/kg kuru ağırlık).

Table 3. Heavy metal concentrations in various bivalve samples from different areas of Mediterranean and the Homa Lagoon (mg/kg dry weight) and PTWI values (weekly mg/kg dry weight).

Bölge	Tür	Ni	Mn	Co	Fe	Al	Kaynakça
Adriyatik	<i>M. galloprovincialis</i>	1.43-4.78	4.38-16.4	-	92.0-469	-	(Fattorini vd., 2008)
Adriyatik	<i>M. galloprovincialis</i>	3.4-18.9	7.3-85.0	1.1-9.1	128-603	-	(Joksimovic vd., 2011)
Cezayir	<i>Perna perna</i>	3.31-10.36	5.17-22.95	-	369-938	-	(Belabed vd., 2013)
Venedik	<i>M. galloprovincialis</i>	-	4.68-11.89	-	3.81-306	-	(Nesto vd., 2007)
Yunanistan	<i>M. galloprovincialis</i>	1.2-7.5	7.2-25	-	81-715	-	(Catsiki ve Florou 2006)
Mısır	<i>T. decussatus</i>	9.0-10	-	1.1-2.5	-	24-53	(El Nemr vd., 2012)
Homa Dalyanı	<i>M. galloprovincialis</i>	0.91-2.44	4.10-13.6	0.30-1.09	81.9-477	16.8-416	Bu çalışma
Homa Dalyanı	<i>T. decussatus</i>	2.59-6.28	7.60-18.2	0.50-1.39	268-806	260-1009	Bu çalışma
		13.61 ^a	163.3 ^a	4.36 ^a	2177 ^b	777.8 ^c	PTWI*

*PTWI değerleri ile ilgili referanslar; a: Jovic ve Stankovic, (2014) b: Jovic vd, (2012); c: FAO/WHO, (2011).

Söz konusu türlerin severek tüketildiği düşünüldüğünde, insan sağlığı ile ilişkili olarak, bu çalışmada saptanan Ni, Mn, Co, Fe ve Al seviyeleri, uluslararası alanda kabul edilen haftalık tüketim miktarı (PTWI) ile karşılaştırılmıştır (Tablo 3). Buna göre Homa Dalyanı'ndaki *M. galloprovincialis* ve *T. decussatus* türlerinde alüminyum dışında saptanan maksimum metal konsantrasyonları PTWI değerlerinin altında bulunmuştur. Sadece *T. decussatus*'ta tespit edilen Al seviyelerinin izin verilen değerleri aştığı görülmüştür. Bu bağlamda, her iki türde ölçülen Ni, Mn, Fe ve Co seviyelerinin insan sağlığı açısından potansiyel bir risk oluşturmadığı görülmektedir.

Alüminyum, yer kabuğunun ve sedimentin temel bileşenlerinden olması nedeniyle çalışma alanı olarak seçilen Homa Dalyanı'nın sediment yapısında oldukça yüksek olduğu belirtilmiştir (Uluturhan vd., 2011). Madencilik, üretim ve işleme tesislerinde, alüminyumun yoğun olarak kullanılması sonucu sucul ortamdaki konsantrasyonunun arttığı bilinmektedir (Gad, 2014). Tüm bu faktörler düşünüldüğünde Gediz Nehri; tarımsal, endüstriyel birçok atıkları İzmir Körfezi'ne kadar ulaştırmakta ve deltasında yer alan Homa Dalyanı'nı da etkilemektedir. Bu bağlamda Homa Dalyanı'ndaki Al kirliliğine Gediz Nehri'nin de etkisi olduğu düşünülmektedir.

SONUÇ

Dalyanlar gibi su ürünleri yetiştiriciliği yapılan bölgelerde, organizmalara zarar verecek organik ve inorganik tüm kirleticilerin, bu bölgelere ulaşımının engellenmesi; sucul organizmalar ile besin zincirinin en son halkasındaki insan sağlığı açısından ve ekonomik yönden büyük önem taşımaktadır. Bu bakımdan kirliliğin göstergesi olan midye gibi organizmalarla, sucul ekosistemdeki organik ve inorganik kirleticiler kolaylıkla izlenebilir. Yapılan bu çalışmada da görüldüğü gibi, Homa Dalyanı'nda dağılım gösteren ve biyoidikatör türler arasında yer alan *T. decussatus*'un, *M. galloprovincialis*'e göre yumuşak dokusunda daha fazla metal biriktirdiği bulunmuştur. Her iki türde de yumuşak dokuya göre hepatopankreastaki metal konsantrasyonları daha yüksek olarak saptanmıştır. Mevsimsel en yüksek metal konsantrasyonları; *M. galloprovincialis*'te Şubat ayında, *T.*

decussatus'ta ise Temmuz ayında bulunmuştur.

Midyelerde saptanan ağır metal seviyelerine göre, Al birikimi dışında diğer metal konsantrasyonlarının PTWI değerlerinin altında kaldığı tespit edilmiştir. Bu nedenle, Homa Dalyanı'nda dağılım gösteren *Bivalvia* türlerinde Al birikiminin izlenmesinin önemli olduğu görülmektedir. Buna benzer çalışmalarla, dalyanlar gibi ekolojik ve ekonomik değeri sahip sucul ekosistemlerin kirlilik boyutları, belirli aralıklarla, biyoidikatör organizmalar üzerinden araştırılmalı ve insana kadar ulaşabilecek etkileri konusunda bilgi sahibi olunmalıdır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Dokuz Eylül Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir (Proje no:2014.KB.FEN.004).

KAYNAKLAR

- Atılgan İ., Egemen Ö., 2001. Güllük ve Homa Lagünü sedimentlerinde karbon, yanabilen madde ve bazı ağır metal (Cu, Zn) düzeylerinin karşılaştırmalı olarak araştırılması. *Ege J Fish Aqua Sci*, 18(1-2): 225-232.
- Belabed, B., Laffray, X., Dhib, A., Fertouna-Belakhal, M., Turki, S., Aleya, L., 2013. Factors contributing to heavy metal accumulation in sediments and in the intertidal mussel *Perna perna* in the Gulf of Annaba (Algeria). *Marine Pollution Bulletin* 74:477-489. doi:10.1016/j.marpolbul.2013.06.004
- Bernhard, M., 1976. Manual methods in the aquatic environment (Part 3). Sampling and analyses of biological material. FAO Fisheries Technical Paper No. 158.
- Catsiki, V. A., Florou, H., 2006. Study on the behavior of the heavy metals Cu, Cr, Ni, Zn, Fe, Mn and 137Cs in an estuarine ecosystem using *Mytilus galloprovincialis* as a bioindicator species: the case of Thermaikos gulf, Greece. *Journal of Environmental Radioactivity*, 86(1):31-44. doi:10.1016/j.jenvrad.2005.07.005
- Dora, E.Ç., Sunlu, U., Ergen, Z., 2007. Heavy metal concentrations in *Hediste diversicolor* (Polychaeta) and sediments from Homa Lagoon (Izmir Bay-Turkey). 38. CIESM kongresi, 38:253.
- Egemen, Ö., Sunlu, U., Kaymakçı, A., 1998. Heavy metal concentrations in some molluscs and in surficial sediments from Izmir Bay/Turkey. 35. CIESM kongresi, 35:250-251.
- El Nemr, A., Khaled, A., Moneer, A. A., & El Sikaily, A., 2012. Risk probability due to heavy metals in bivalve from Egyptian Mediterranean coast. *The Egyptian Journal of Aquatic Research*, 38(2):67-75. doi: 10.1016/j.ejar.2012.11.001
- El-Sikaily, A., Khaled, A., El Nemr, A., 2004. Heavy metals monitoring using bivalves from Mediterranean Sea and Red Sea. *Environmental Monitoring and Assessment*, 98:41-58. doi:10.1023/B:EMAS.0000038178.98985.5d
- FAO/ WHO, 2011. Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. Seventy-fourth meeting, Rome, 14-23 June 2011.
- Fattorini, D., Notti, A., Di Mento, R., Cicero, A.M., Gabellini, M., Russo, A., Regoli, F., 2008. Seasonal, spatial and inter-annual variations of trace metals in mussels from Adriatic Sea: a regional gradient for arsenic and implications for monitoring the impact of off-shore activities. *Chemosphere*, 72:1524-1533. doi: 10.1016/j.chemosphere.2008.04.071
- Gad, S.C., 2014. Aluminum. *Encyclopedia of Toxicology*, 1:161.
- Ivanković, D., Pavčić, J., Erk, M., Filipović-Marjić, V., Raspor, B., 2005. Evaluation of the *Mytilus galloprovincialis* Lam. Digestive gland metallothionein as a biomarker in a long-term field study: seasonal and spatial variability. *Marine Pollution Bulletin*, 50:1303-1313. doi: 10.1016/j.marpolbul.2005.04.039
- Joksimovic, D., Tomic, I., Stankovic, A.R., Jovic, M., Stankovic, S., 2011. Trace metal concentrations in Mediterranean blue mussel and surface sediments and evaluation of the mussels quality and possible risks of high human consumption. *Food Chemistry*, 127:632-637. doi:10.1016/j.foodchem.2011.01.057
- Jović, M., Onjia, A., Stanković, S., 2012. Toxic metal health risk by mussel consumption. *Environmental Chemistry Letters*, 10(1):69-77. doi: 10.1007/s10311-011-0330-6
- Jović, M., Stanković, S., 2014. Human exposure to trace metals and possible public health risks via consumption of mussels *Mytilus galloprovincialis* from the Adriatic coastal area. *Food and Chemical Toxicology*, 70:241-251. doi: 10.1016/j.fct.2014.05.012
- Kayhan, F.E., Muşlu, M.N., Koç, N.D., 2009. Bazı ağır metallerin sucul organizmalar üzerinde yarattığı stres ve biyolojik yanıtlar. *Journal of FisheriesSciences.com*, 3(2):153-162. doi: 10.3153/jfsc.com.2009019
- Mordoğan, H., Yaramaz, Ö., Alpbaz, A., 1990. Homa Dalyanı sedimentlerinde bazı ağır metallerin (Fe, Ni, Co, Mn, Sb) derişimlerinin araştırılması. *Ege J Fish Aqua Sci*, 8(29-30): 44-50.
- Mubiana, V.K., Qadah, D., Meys, J., Blust, R., 2005. Temporal and spatial trends in heavy metal concentrations in the marine mussel *Mytilus edulis* from Western Schelt estuary (The Netherlands). *Hydrobiologia*, 540:169-180. doi: 10.1007/s10750-004-7134-7
- Nesto, N., Romano, S., Moschino, V., Mauri, M., Da Ros, L., 2007. Bioaccumulation and biomarker responses of trace metals and micro-organic pollutants in mussels and fish from the Lagoon of Venice, Italy. *Marine Pollution Bulletin*, 55:469-484. doi: 10.1016/j.marpolbul.2007.09.009
- Phillips, D.J.H., 1995. The chemistries and environmental fates of trace metals and organochlorines in aquatic ecosystems. *Marine Pollution Bulletin*, 31:193-200. doi: 10.1016/0025-326X(95)00194-R
- Rajalakshmi, S., Mohandas, A., 2005. Copper-induced changes in tissue enzyme activity in a freshwater mussel. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 62:140-143. doi:10.1016/j.ecoenv.2005.01.003
- Raspor, B., Dragun, Z., Erk, M., Ivankovic, D., Pavicic, J., 2004. Is the digestive gland of *Mytilus galloprovincialis* a tissue of choice for estimating cadmium exposure by means of metallothioneins. *Science of The Total Environment*, 333:99-108. doi: 10.1016/j.scitotenv.2004.05.008

- Regoli, F., 1998. Trace metals and antioxidant enzymes in gills and digestive gland of the Mediterranean mussel *Mytilus galloprovincialis*. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 34:48-63. doi: [10.1007/s002449900285](https://doi.org/10.1007/s002449900285)
- Sapancı, M., 2013. Homa Dalyanı sedimentlerinde bulunan çeşitli fosfor formlarının zamana bağlı değişimlerinin incelenmesi. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora tezi.
- Sunlu, U., Egemen, Ö., 1998. Homa Dalyanı ve İzmir Körfezinin (Ege Denizi) farklı bölgelerindeki kirlenme durumu ile bazı ekonomik balık türlerinde ağır metal düzeylerinin araştırılması. *Ege J Fish Aqua Sci*, 15(3-4): 241-261.
- Uluocak, B.H., Egemen, Ö., 2005. İzmir ve Aliağa Körfezi'nde mevsimsel olarak avlanan bazı ekonomik balık türlerinde organik klorlu pestisit kalıntılarının araştırılması. *Ege J Fish Aqua Sci*, 22 (1-2): 149-160.
- Uluturhan, E., Kucuksezgin, F., 2007. Heavy metal contaminants in Red Pandora (*Pagellus erythrinus*) tissues from the Eastern Aegean Sea, Turkey. *Water Research*, 41:1185-1192. doi: [10.1016/j.watres.2006.11.044](https://doi.org/10.1016/j.watres.2006.11.044)
- Uluturhan, E., Kontas, A., Can, E., 2011. Sediment concentrations of heavy metals in the Homa Lagoon (Eastern Aegean): Assessment of contamination and ecological risks. *Marine Pollution Bulletin*, 62(9):1989-1997. doi: [10.1016/j.marpolbul.2011.06.019](https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.06.019)
- UNEP (1982): Reference Methods for Marine Pollution Studies 14.
- Usero, J., Gonzalez-Regalado, E., Gracia, I., 1997. Trace metals in the bivalve molluscs *Ruditapes decussatus* and *Ruditapes philippinarum* from the atlantic coast of Southern Spain. *Environment International*, 23(3):291-298. doi: [10.1016/S0160-4120\(97\)00030-5](https://doi.org/10.1016/S0160-4120(97)00030-5)
- Viarengo, A., Canesi, L. 1991. Mussels as biological indicators of pollution. *Aquaculture*, 94: 225-243. doi: [10.1016/0044-8486\(91\)90120-V](https://doi.org/10.1016/0044-8486(91)90120-V)
- Viarengo, A., Lowe, D., Bolognesi, C., Fabbri, E., Koehler, A., 2007. The use of biomarkers in monitoring: A 2-tier approach assessing the level of pollutant-induced stress syndrome in sentinel organisms. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology and Pharmacology*, 146:281-300. doi: [10.1016/j.cbpc.2007.04.011](https://doi.org/10.1016/j.cbpc.2007.04.011)
- Widdows, J., 1985. Physiological responses to pollution. *Marine Pollution Bulletin*, 16:129-134. doi: [10.1016/0025-326X\(85\)90002-5](https://doi.org/10.1016/0025-326X(85)90002-5)