

ARAŞTIRMA MAKALESİ


RESEARCH ARTICLE

## Homa Dalyanı'nda süluneslerde (*Solen marginatus*) Hg, Cd, Pb ve Cr birikimlerinin incelenmesi

### Assessment of Hg, Cd, Pb and Cr accumulations in razor clam (*Solen marginatus*) from the Homa Lagoon

Selin Sevgi<sup>1</sup> • Esin Uluturhan Suzer<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 35430 Tınaztepe Kampüsü-İzmir, Türkiye  <https://orcid.org/0000-0001-6342-4247>

<sup>2</sup> Dokuz Eylül Üniversitesi Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Enstitüsü, 35340 İnciraltı-İzmir, Türkiye  <https://orcid.org/0000-0002-7886-922X>

\*Corresponding author: [esin.uluturhan@deu.edu.tr](mailto:esin.uluturhan@deu.edu.tr)

Received date: 29.05.2018

Accepted date: 24.10.2018

#### How to cite this paper:

Sevgi, S. & Suzer, Uluturhan, E. (2019). Assessment of Hg, Cd, Pb and Cr accumulations in razor clam (*Solen marginatus*) from the Homa Lagoon. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 36(1), 31-39. DOI: 10.12714/egejfas.2019.36.1.04

**Öz:** Bu çalışmada, Homa Dalyanı'ndaki süluneslerde (*Solen marginatus*) mevsimsel olarak Hg, Cd, Pb ve Cr birikimleri araştırılmıştır. En yüksek ağır metal konsantrasyonları, üreme dönemi olan yazın saptanmıştır. Bulunan Hg, Cd, ve Pb seviyeleri tolere edilebilir haftalık miktar (PTWI), Türk Gıda Kodeksi ve Avrupa Yönetmeliği (EC) seviyeleri ile karşılaştırıldığında potansiyel sağlık riski taşımamaktadır. Bunun yanında, Cr konsantrasyonları PTWI değerinin üstünde olduğu için süluneslerde ağır metal kirliliğinin izlenmesi gerekir.

**Anahtar Kelimeler:** *Solen marginatus*, ağır metal, sucul kirlilik, Homa Dalyanı

**Abstract:** In this study; the accumulation of Hg, Cd, Pb, and Cr were investigated seasonally in razor clams (*Solen marginatus*) from the Homa Lagoon. The highest heavy metal concentrations were found in summer which is spawning period. When detected Hg, Cd and Pb levels were compared with provisional tolerable weekly intake (PTWI), Turkish Food Codex and European Regulations values, no potential health risk was found. However, heavy metal pollution in razor clam from the Homa Lagoon should be monitored due to excessive Cr concentrations in respect to PTWI value.

**Keywords:** *Solen marginatus*, heavy metal, aquatic pollution, Homa Lagoon

## GİRİŞ

Küresel olarak dağılmış kirleticilerin önemli bir kategorisini oluşturan ağır metaller, yerkabuğunun doğal bileşeni olarak bulunan ve binlerce yıldır endüstriyel sektörde kullanılan elementlerdir (Hu, 2002). Son yıllarda artan nüfus ile beraber hız kazanan endüstriyel faaliyetler, metallerin denizel ekosisteme girişinde ve dağılımında önemli rol oynamaktadırlar. Ağır metaller sucul sistemlerde toksik, kalıcı ve geniş dağılım özelliği gösteren kirleticiler grubu olmaları nedeniyle önemli çevre sorunlarından birini oluşturmaktadır (Carvalho vd. 1999). Yapılan son araştırmalar göstermektedir ki; ağır metaller ile kirlenmiş sucul ekosistemlerde organizmalar, su ve besin yoluyla bünyelerine metalleri almaktadırlar. Vücut içine alınan ağır metaller, organizmanın kendisine zarar

vermeksizin birikebilir ve bir organizmadan diğerine geçişleri sırasında konsantrasyonları artarak trofik seviyede taşınabilmektedir (Phillips, 1995; Hu, 2000; Taylan ve Özkoç, 2007; Kayhan vd. 2009; Atabeyoğlu ve Atamanalp, 2010).

Deniz ortamına giren ağır metal miktarlarının tespiti, çevre kalitesinin izlenmesi açısından gereklidir. Su veya sedimentteki kirleticiler miktarı saptanarak, sucul ortamın kirlilik derecesi belirlenebilir. Bunun yanında denizel ekosistemlerde kirleticinin kaynağı ne olursa olsun kirliliğin en büyük etkisi, özellikle bentik organizmalar üzerinde meydana gelmektedir. Sucul alanların biyolojik izlenmesinde kullanılan tüm sucul organizmalar arasında bentik omurgasızlar en çok kullanılan gruptur (Bonada vd. 2006). Dokularında metalleri biriktirmesi nedeniyle, son yıllarda bentik

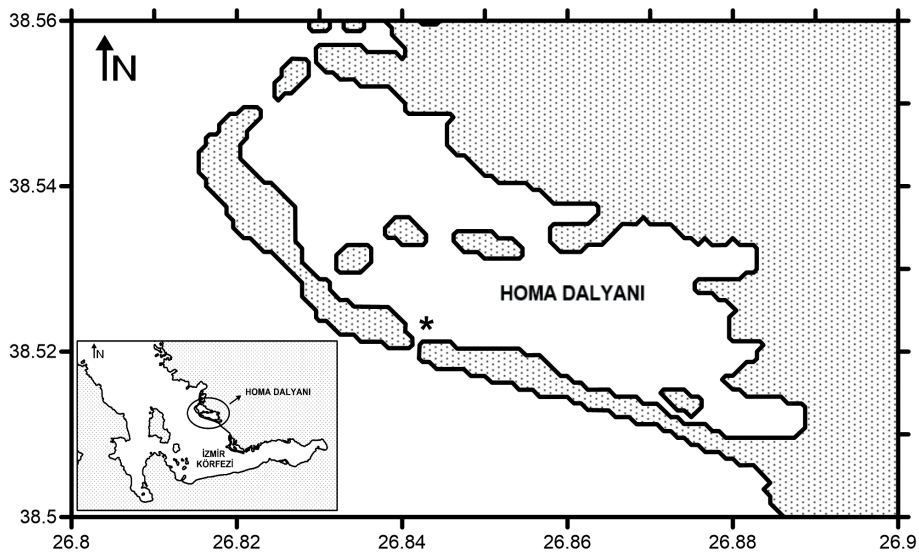
organizmalardan olan Bivalve türlerinin biyolojik izlemede kullanımı artmıştır. Biyoindikatör olarak kabul edilen Bivalve türleri süzerek beslendikleri için çözünmüş ve partikül haldeki kirleticileri bünyelerine alırlar ve yoğun olarak biriktirip kendilerine zarar vermeksizin uzun süre vücutlarında tutabilirler. Ayrıca, bu türler geniş alanlara dağılımları nedeniyle kolayca örneklenabilmektedirler (Farrington vd. 1983; Viarengo ve Canesi, 1991; Viarengo vd. 2007).

Dalyanlar, sosyo-ekonomik değeri olan, birçok doğal hizmete aracılık eden son derece üretken kıyusal alanlardır (Gönenç ve Wolflin, 2005). Bu ekosistemler nehirler, akarsular, yer altı suları ve akıntılar gibi etmenler aracılığıyla taşınan besleyici elementler nedeniyle birincil üretim için uygun bölgelerdir (Anthony vd. 2009). Diğer sucul ekosistemlerde besleyici elementlerin kısıtlayıcı etmen olması göz önüne alındığında dalyanlar doğal besin elementlerini yüksek miktarda içermesi sebebiyle ekolojik çeşitliliğin ve üretim miktarının yüksek olduğu alanlardır. Türkiye kıyılarında yaklaşık olarak 72 adet dalyan bulunmakta ve bu dalyanların %40'ı Ege Bölgesi'nde yer almaktadır (Elbek vd. 2003).

Türkiye'nin ekolojik ve ekonomik bakımdan önemli ve aktif dalyanlarından biri olan Homa Dalyanı, Menemen ilçesi sınırları içinde, İzmir Körfezi'nin kuzeybatısında Gediz Deltası'nda yer alır. Birinci dereceden sit alanı

olan Homa Dalyanı, RAMSAR sözleşmesi ile koruma altında olan Kuş Cenneti'nin yanı başında yer alması nedeni ile ekolojik açıdan çok önemlidir. Dalyan alanı; Homa Dalyanı (esas dalyan) ve Kırdenez Dalyanı (küçük dalyan) olmak üzere iki bölümden meydana gelmektedir. Gediz Nehri'nin taşıdığı alüvyonlardan dolayı küçük dalyan alanı sığlaşmış olup dalyan özelliğini kaybetmiştir. Çalışma alanı olarak seçilen büyük dalyan bölümünde maksimum derinlik 80 cm olup, ortalama derinlik 40-45 cm'dir. Dalyan alanında zamanla artan sığlaşma nedeniyle İzmir Büyükşehir Belediyesi tarafından derinleştirme çalışmaları yapılmıştır. Menemen Ovası'ndan gelen tarımsal atık suları toplayan drenaj kanalı, gübre ve tarım ilaçları gibi kirleticileri dalyana taşımaktadır. Bunun yanı sıra Homa Dalyanı, Ege Bölgesi'nin en önemli akarsularından biri olan Gediz Nehri'nin ve İzmir Körfezi'nin getirdiği organik ve inorganik kirlilik yükü altında olumsuz olarak etkilenmektedir. (Atılğan ve Egemen, 2001; Uluturhan vd. 2011).

Homa Dalyanı'nda geçmiş yıllarda balık, midye, poliket türlerinde ve sedimentte ağır metal ve pestisit konsantrasyonları araştırılmıştır. (Mordoğan vd. 1990; Egemen vd. 1998; Sunlu ve Egemen, 1998; Atılğan ve Egemen, 2001; Uluocak ve Egemen, 2005; Dora vd. 2007; Taş vd. 2009; Uluturhan vd. 2011; Taş ve Sunlu, 2013; Bilgin ve Suzer-Uluturhan, 2015, 2017).



Şekil 1. Homa Dalyanı, \* örneklerin toplandığı bölge  
Figure 1. Homa Lagoon, \* sampling area

Bivalve türlerinden sülunesler (*Solen marginatus*), denizlerde kumlu-çamurlu alanlarda geniş dağılım gösterir ve gelgit bölgelerinde, yumuşak sedimentte yaşamaya iyi adapte olması nedeniyle kıyı besin zincirinde önemli yere sahiptir (Pechenik, 2000; Breen vd. 2011; Hassan ve Kanakaraju, 2013). Sülunes türleri yenilebilir olması nedeniyle uluslararası piyasalarda yüksek fiyatlara satılmaktadır (Baron vd. 2004). Sülunes, Homa Dalyanı'nda da yoğun olarak dağılım göstermekte olup, avcılığı yapılmaktadır ve olta balıkçılığında yem olarak kullanılan bir türdür. Dünyada ve ülkemizde *Solen sp* türlerindeki ağır metallerin birikimi ile ilgili çalışmalar yeni ve oldukça azdır (Sunlu ve Taş, 2005; Kanakaraju vd. 2008a,b; Kamaruzzaman vd. 2010; Yusoff ve Long, 2011; Saaedi vd. 2012; Hassan ve Kanakaraju, 2013). Bu çalışmada, Homa Dalyanı'nda dağılım gösteren *S. marginatus* türünün yeni bir biyoindikatör tür olarak kullanılması ve yumuşak dokusunda Hg, Cd, Pb ve Cr konsantrasyonlarının mevsimsel değişiminin incelenmesi amaçlanmıştır.

Bivalve türlerinin yaygın olarak tüketildiği

düşünüldükçe, süluneslerde saptanan ağır metal seviyeleri, uluslararası alanda kabul edilen haftalık tüketim miktarı (PTWI) ile Türk Gıda Kodeksi (2008) ve Avrupa Yönetmeliği (EC) (2006) seviyeleriyle karşılaştırılarak insan sağlığı açısından değerlendirilmiştir.

## MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışma kapsamında, örnekler, Homa Dalyanı'nda süluneslerin (*Solen marginatus*) dağılım gösterdiği kuzuluk bölgesinden (Şekil 1) mevsimsel olarak Mayıs 2015, Ağustos 2015, Kasım 2015 ve Şubat 2016 aylarında elle toplanmıştır.

Süluneslerin toplandığı bölgede suyun fizikokimyasal parametreleri, taşınabilir çoklu parametre (pH, sıcaklık, tuzluluk) ölçüm cihazı (WTW) ile örnekleme anında kaydedilmiştir. Çözünmüş oksijen (ÇO) miktarları ise Winkler titrasyon yöntemi ile belirlenmiştir. Örnekleme dönemlerine ait sıcaklık, tuzluluk, pH ve ÇO değerleri Tablo 1'de verilmiştir.

**Tablo 1.** *S. marginatus*'un biyometrik ölçümleri ve Homa Dalyanı'nda fizikokimyasal parametreler  
**Table 1.** Biometric data of *S. marginatus* and the physico-chemical parameters in Homa Lagoon

Mevsim	Birey Sayısı (n)	Boy (mm)	Sıcaklık (°C)	Tuzluluk (ppt)	pH	ÇO (mg/L)
Mayıs 2015	31	77.9-96.1	20.0	38.6	8.35	7.52
Ağustos 2015	35	80.8-111.6	25.3	39.1	8.20	6.28
Kasım 2015	27	84.5-107.9	16.1	38.7	8.26	7.73
Şubat 2016	46	71.1-100.2	11.4	37.0	8.21	6.93

Örneklenmiş olan sülunesler su dolu küvetler içerisinde Dokuz Eylül Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Enstitüsü Deniz Kimyası laboratuvarına taşınmıştır. Örneklerin, boy ve ağırlıkları ölçülmüştür. Ölçümlerin hemen ardından, yumuşak dokuları kabuktan ayrılarak analize kadar derin dondurucuda (-18°C) saklanmıştır. Ağır metal analizleri için ayrılmış olan yumuşak doku örnekleri Freeze-Dryer'da dondurularak kurutulmuş ve parçalayıcı yardımı ile homojenize edilmiştir. Kuru doku örneklerinden yaklaşık 0.50 g tartılarak (üç tekrarlı) nitrik ve perklorik asit (5:1) karışımında kapalı mikrodalga sisteminde (Milestone) çözülmüştür (Bernhard, 1976; UNEP, 1982). Ağır metal ölçümleri atomik absorpsiyon spektrometrede (AAS) (Varian SpectraAA 280 FS ve 280Z) yapılmıştır. Cd, Pb ve Cr için grafit fırın ve Hg için soğuk buhar yöntemi kullanılarak analizler gerçekleştirilmiştir. Ağır metallerin tayin limitleri Hg:0.05 µg/kg, Cd:0.10 µg/kg, Pb:0.10 µg/kg ve Cr:0.10 µg/kg'dır. Metal analizlerinin doğruluğu ve geçerliliği, NIST'ten (National Institute of Standart

and Tecnology) gelen midye referans maddesiyle (SRM 2976) test edilmiştir. Metaller için üç tekrarlı analizlerden elde edilen değerler (sertifika edilen değer  $\pm$  standart hata; bulunan değer  $\pm$  standart hata mg/kg kuru ağırlık), Hg:0.06 $\pm$ 0.004; 0.07 $\pm$ 0.005, Cd:0.82 $\pm$ 0.16; 0.76 $\pm$ 0.18, Pb:1.19 $\pm$ 0.18; 1.33 $\pm$ 0.09 ve Cr, 0.50  $\pm$  0.16: 0.61 $\pm$ 0.03 şeklinde bulunmuştur.

İstatiksel analizler, R yazılımında (sürüm 3.5.1) agricolae eklenti paketiyle yapılmıştır. Metal konsantrasyonlarının mevsimsel değişimleri, parametrik olmayan Kruskal-Wallis testi ile incelenmiştir (p<0.05). Ayrıca Pearson korelasyon testi kullanılarak metal konsantrasyonları ile boy ve fizikokimyasal parametreler ilişkilendirilmiştir ( $|R| \geq 0.50$ , p <0.05).

## BULGULAR

Homa Dalyanı'nda ölçülen fizikokimyasal parametrelere göre en yüksek sıcaklık ve tuzluluk değerleri Ağustos ayında saptanırken, en düşük

seviyeler ise Şubat ayında bulunmuştur. Bunun yanında en yüksek çözünmüş oksijen değeri Kasım ayında ölçülürken, en düşük değer ise Ağustos ayında saptanmıştır (Tablo 1).

Mevsimsel olarak örneklenen sülüneslerin yumuşak dokusunda saptanan Hg, Cd, Pb ve Cr konsantrasyonları Şekil 2-5'te verilmiştir. En düşük Hg (0.04 mg/kg), Cd (0.32 mg/kg) ve Cr (12.3 mg/kg) konsantrasyonları Kasım ayında, Pb seviyesi ise (1.42 mg/kg) Şubat ayında bulunmuştur. Yumuşak dokudaki en yüksek Hg konsantrasyonu 0.13 mg/kg ve Cd seviyesi 0.93 mg/kg olarak Mayıs ayında saptanırken; Pb: 3.09 mg/kg ve Cr: 32.4 mg/kg olarak Ağustos ayında bulunmuştur.

Metal konsantrasyonları karşılaştırıldığında  $Cr > Pb > Cd > Hg$  birikim sıralaması belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre sülüneslerde Cr ve Pb akümüasyonları yüksek olduğu görülmüştür.

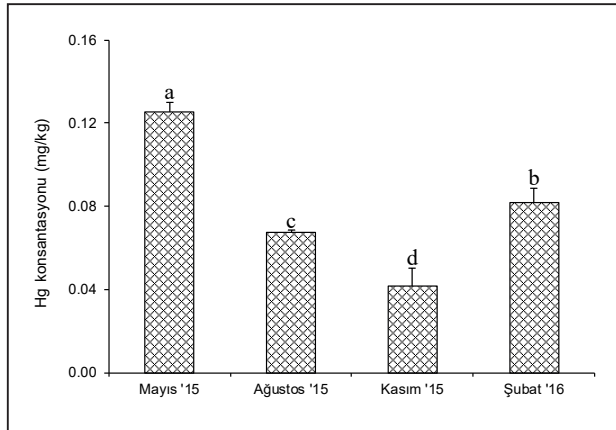
Pearson korelasyon analizine göre; bulunan ağır metal konsantrasyonları fizikokimyasal parametreler ile beraber ilişkilendirildiğinde, sıcaklık değerleri ile Cd ( $R=0.66$ ), Pb ( $R=0.95$ ) ve Cr ( $R=0.92$ ) konsantrasyonları arasında kuvvetli pozitif ilişkiler saptanmıştır. Tuzluluk, Pb ( $R=0.69$ ) ve Cr ( $R=0.61$ ) seviyeleri ile pH ise sadece Hg ( $R=0.68$ ) konsantrasyonu ile pozitif ilişkili bulunmuştur. Öte yandan çözünmüş oksijen düzeyleri ile Cd ( $R=-$

0.56), Pb ( $R=-0.53$ ) ve Cr ( $R=-0.70$ ) konsantrasyonları arasında negatif ilişki saptanmıştır.

Pearson korelasyon analizine göre, sülüneslerin boyları ile Hg konsantrasyonları ( $R=-0.57$ ) arasında negatif bir ilişki saptanmıştır. Bunun yanı sıra, örnek boylarının Cr ve Pb seviyeleri ile zayıf pozitif bir ilişkileri bulunmaktadır.

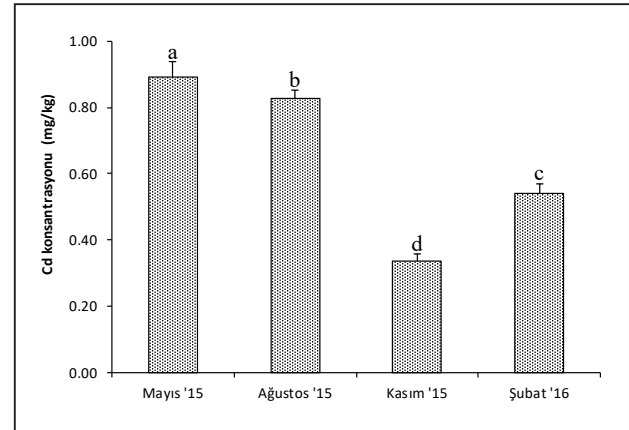
Kruskal-Wallis testine göre; Hg ve Cd konsantrasyonlarında anlamlı mevsimsel farklılıklar gözlemlenirken (Şekil.2 ve 3), Pb ve Cr için mevsimsel bir farklılık bulunmamıştır.

Sağlık riski değerlendirilmesi için, sülüneslerde saptanan Hg, Cd, Pb ve Cr konsantrasyonları PTWI değerleri (tolere edilebilir haftalık miktar), Türk Gıda Kodeksi ve Avrupa Yönetmeliği seviyeleri ile karşılaştırılmıştır (Tablo 2). PTWI değerleri FAO/WHO (2004, 2010) ve ATSDR (2016), değerlerine bağlı olarak, yaş ağırlık olarak ve 70 kg ağırlığındaki bir yetişkine göre hesaplanmıştır. Söz konusu türlerin insan sağlığı ile ilişkisi değerlendirildiğinde, bu çalışmada saptanan maksimum Hg, Cd, ve Pb konsantrasyonları PTWI, Türk Gıda Kodeksi (2008) ve Avrupa Yönetmeliği (EC) (2006) değerlerinin altındadır. Ancak sülüneslerdeki Cr seviyesi PTWI değerinin oldukça üstünde saptanmıştır.



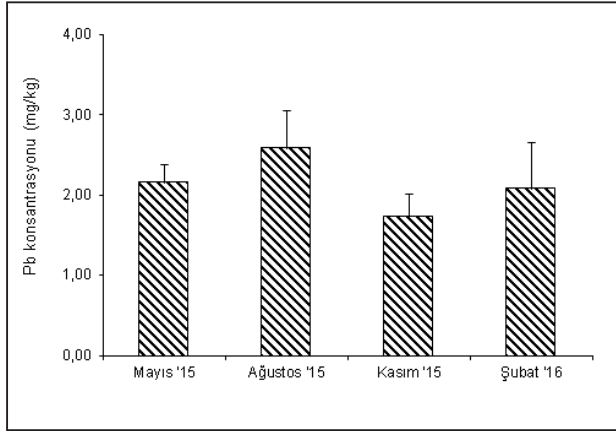
**Şekil 2.** *S.marginatus*'un yumuşak dokusundaki Hg konsantrasyonları (mg/kg kuru ağırlık), a, b, c ve d anlamlı mevsimsel farklılıkları ifade eder ( $p<0.05$ )

**Figure 2.** Hg concentrations in soft tissues of *S.marginatus* (mg/kg dry weight), a, b, c and d indicate significant differences of seasons ( $p<0.05$ )



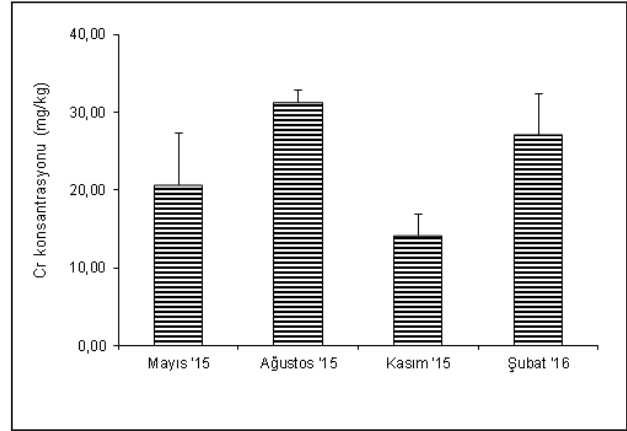
**Şekil 3.** *S.marginatus*'un yumuşak dokusundaki Cd konsantrasyonları (mg/kg kuru ağırlık), a, b, c ve d anlamlı mevsimsel farklılıkları ifade eder ( $p<0.05$ )

**Figure 3.** Cd concentrations in soft tissues of *S.marginatus* (mg/kg dry weight), a, b, c and d indicate significant differences of seasons ( $p<0.05$ )



**Şekil 4.** *S.marginatus*'un yumuşak dokusundaki Pb konsantrasyonları (mg/kg kuru ağırlık)

**Figure 4.** Pb concentrations in soft tissues of *S.marginatus* (mg/kg dry weight)



**Şekil 5.** *S.marginatus*'un yumuşak dokusundaki Cr konsantrasyonları (mg/kg kuru ağırlık)

**Figure 5.** Cr concentrations in soft tissues of *S.marginatus* (mg/kg dry weight)

**Tablo 2.** Homa Dalyanı'ndaki süluneslerdeki ağır metal konsantrasyonları (mg/kg, yaş ağırlık), PTWI, Türk Gıda Kodeksi ve Avrupa Yönetmeliği değerleri (mg/kg yaş ağırlık)

**Table 2.** Heavy metal concentrations in razor clam from the Homa Lagoon (mg/kg wet weight), PTWI, Turkish Food Codex and European Regulations (EC) values (mg/kg wet weight)

	Hg	Cd	Pb	Cr
Homa Dalyanı	0.01-0.03	0.08-0.21	0.40-0.59	<b>3.27-7.19</b>
PTWI	0.35 <sup>a</sup>	0.40 <sup>b</sup>	1.75 <sup>a</sup>	2.45 <sup>c</sup>
Türk Gıda Kodeksi	0.50	1.00	1.50	-
Avrupa Yönetmeliği	0.50	1.00	1.50	-

PTWI değerleri <sup>a</sup>: FAO/WHO (2004); <sup>b</sup>: FAO/WHO (2010) <sup>c</sup>: ATSDR (2016). Ağır metal konsantrasyonları, kuru ağırlıktan yaş ağırlığa çevrilerek verilmiştir. Sülunes için bu dönüşüm oranı 0.23 olarak bulunmuştur.

## TARTIŞMA

Bu çalışmada, Homa Dalyanı'nda dağılım gösteren ve potansiyel bir indikatör tür olma özelliği taşıyan *S.marginatus*'un yumuşak dokusunda Hg, Cd, Pb ve Cr konsantrasyonları araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre süluneslerin önemli derecede ağır metalleri biriktirebildikleri saptanmıştır. Sülunesler, gelgit bölgelerinde ve yumuşak sedimentte yaşamaya iyi adapte olmuşlardır. Suyu süzerek beslenmelerinden dolayı bünyelerine aldıkları metalleri akümüle edebilirler (Christopher vd. 2010; Yap vd. 2009). Yapılan araştırmalara göre, yüksek metal değerlerine bağlı olarak, süluneslerin Pb, Cd ve Cr için biyoidikatör tür olma potansiyeli olduğu bildirilmiştir (Yusoff ve Long, 2011). Bu çalışmada ağır metal konsantrasyonlarına göre; Cr>Pb>Cd>Hg birikim sıralaması ile en yüksek metal biyoakümülyasyonun Cr ve Pb için olduğu

saptanmıştır. Çalışma sonucunda süluneslerde bulunan metal kirliliği, Uluturhan vd. (2011)'nin Homa Dalyanı sedimentinde saptadıkları Hg, Pb ve Cr kirliliği ile paralellik göstermektedir. Bu metal kirliliğinin, İzmir Körfezi'nden ve Gediz Nehri'nin taşıdığı evsel, endüstriyel ve tarımsal kaynaklı olduğu düşünülmektedir (Atılğan ve Egemen, 2001; Parlak vd. 2006; Uluturhan vd. 2011).

Kirleticilerin hızlı bir şekilde taşınması nedeniyle; sucul ekosistemler, ağır metal ve organik kirleticilerin biriktirilmesinde yüksek potansiyele sahip alanlardır (Huang vd. 2007). Sucul organizmalar, ağır metallerle genellikle su, besin ve sediment aracılığıyla maruz kalırlar. Fakat, bu proses ortamdaki ağır metal seviyelerine bağlı olduğu kadar organizmanın ekolojik ihtiyaçlarına ve metabolizmasına da bağlıdır (Roesijadi ve Robinson, 1994). Metallerin mevsimsel



**Tablo 3.** Farklı bölgelerde ve Homa Dalyanı'ndaki Bivalve türlerinde ağır metal konsantrasyonları (mg/kg, kuru ağırlık)**Table 3.** Heavy metal concentrations in various Bivalve samples from different areas and the Homa Lagoon (mg/kg dry weight)

Tür	Bölge	Hg	Cd	Pb	Cr	Kaynakça
<i>S. regularis</i>	Moyan	-	0.5-1.1	-	23.7-33.6	Kanakaraju vd. (2008)a
<i>S. regularis</i>	Serpan	-	0.6-1.2	-	25.3-35.6	Kanakaraju vd. (2008)b
<i>S. brevis</i>	Tanjung lumpur	-	0.67	1.61	-	Kamaruzzaman vd. (2010)
<i>S. regularis</i>	Sarawak	-	2.35	4.85	6.1-10.1	Yusoff ve Long, (2011)
<i>S. dactylus</i>	Basra Körfezi	-	1-3	4-7	1.0-6.0	Saaedi vd. (2012)
<i>S. sarawakensis</i>	K. Selangor	0.05	21.08	-	23.8-31.8	Hassan ve Kanakaraju (2013)
<i>L. lithophaga</i>	İzmir Körfezi	-	0.64-8.71	3.22-19.8	-	Ozsuer ve Sunlu (2013)
<i>M. galloprovincialis</i>	Homa Dalyanı	0.11-0.15	0.24-0.49	0.84-2.41	0.10-6.2	Bilgin ve Suzer, (2017)
<i>T. decussatus</i>	Homa Dalyanı	0.07-0.14	0.12-0.34	0.85-1.49	2.9-13.0	Bilgin ve Suzer, (2017)
<b><i>S. marginatus</i></b>	<b>Homa Dalyanı</b>	<b>0.04-0.13</b>	<b>0.32-0.93</b>	<b>1.42-3.09</b>	<b>12.3-32.4</b>	<b>Bu çalışma</b>

değişikliği su sıcaklığına, besin miktarına ve aynı zamanda üremeye bağlıdır (Mubiana vd. 2005). Sudaki ağır metallerin besin zincirindeki transferine neden olan fitoplankton patlamaları, Bivalveler gibi süzerek beslenenlerde metal konsantrasyonlarının artmasına sebep olur (Regoli, 1998). Çevresel koşullara bağlı olarak, Bivalveler, gametogenez için gerekli enerjiyi, son dönem içerisinde süzerek aldıkları besinlerden, depolanmış olan besin rezervlerinden veya her ikisini kullanarak alırlar (Remacha ve Anadon, 2006; Saaedi vd. 2009). Gonad gelişimi için gerekli besinin alımı ile birlikte organizmanın biyoakümülyasyon hızına bağlı olarak metal konsantrasyonu artar. Üreme dönemi sonunda organizmadaki toplam metal konsantrasyonu düşmektedir (Regoli, 1998). *Solen marginatus* türü de üremek için gerekli enerjiyi ilk olarak, yaz-sonbahar döneminde süzerek aldıkları besinden ve depolanmış rezervlerinden alırlar (Remacha ve Anadon, 2006; Saaedi vd. 2009). Bu çalışmada bulunan sonuçlara göre en yüksek metal konsantrasyonları yaz döneminde bulunmuş ve geçmişte yapılan çalışmalarda saptamalar ile benzerlik göstermiştir.

Sucul organizmalarda sıcaklığa bağlı olarak metabolik faaliyetlerin arttığı bilinmektedir. Buna bağlı olarak metabolik aktivitenin artışı ile metal alımı da

artmaktadır (Phillips 1977; Ali ve Taylor 2010; Kumar vd. 2015; Bilgin ve Uluturhan-Suzer, 2017). Bu çalışmada da ölçülen sıcaklık değerleri ile metal konsantrasyonları arasında pozitif bir ilişki saptanmıştır. Ayrıca, tuzluluk ve metal konsantrasyonları arasında negatif bir ilişki bulunmuş ve önceki çalışmalarla uyumludur (Phillips 1977; Ali ve Taylor 2010; Kumar vd. 2015; Bilgin ve Uluturhan-Suzer 2017). Bunun yanı sıra, bu çalışmada çözünmüş oksijen seviyeleri ile metal konsantrasyonları arasında negatif ilişki bulunmuş ve bu ilişki diğer çalışmaların sonuçlarıyla paralellik göstermiştir (Marsden vd. 2014; Bilgin ve Uluturhan-Suzer 2017).

Ölçülen örnek boyları ile Hg konsantrasyonları arasında negatif, Cr ve Pb seviyeleri ile zayıf pozitif ilişkinin saptanması; organizmadaki metal konsantrasyonlarının büyüme ile azalma eğiliminde olduğunu göstermiştir. Genel olarak, çift kabuklulardaki metal konsantrasyonları boy ile artış göstermesine rağmen bazı çalışmalarda ise metal konsantrasyonlarının büyüme ile azaldığı belirtilmiştir (Marsden vd. 2014; Bilgin ve Uluturhan-Suzer 2017).

Dünyada Sülünes türlerindeki ağır metal birikimi ile ilgili araştırmalar oldukça az olup; bu türler genelde uzak doğu ve orta doğu ülkelerinde biyoindikatör tür olarak kullanılmış ve ağır metal konsantrasyonları Tablo

3'te verilmiştir. *S.marginatus*'un yumuşak dokusunda bulunan Hg konsantrasyonu, Malezya'nın Kuala Selangor bölgesindeki süluneslerdeki Hg seviyesinden daha yüksektir.

Farklı bölgelerle kıyaslama yapıldığında; bu çalışmada tespit edilen Cd konsantrasyonu, İran'nın Basra Körfezi'nde ve Malezya'nın Moyan ve Serpan, Tanjung Lumpur, Sarawak ve Kuala Selangor bölgelerindeki sülunes türlerinde saptanan Cd konsantrasyonlarından daha düşüktür (Kanakaraju vd. 2008a,b; Kamaruzzaman vd. 2010; Saaedi vd. 2012; Hassan ve Kanakaraju, 2013). Çift kabuklular, Cd alımını metabolize edemediklerinden dolayı, bu metali biriktirme eğilimi gösterirler (Li vd. 2006). Bu nedenle, sülunes türlerinin de vücutlarında Cd'ü düzenleyemedikleri düşünülmektedir (Kanakaraju vd. 2008a,b).

Homa Dalyanı'ndaki *S.marginatus*'da tespit edilen Pb akümülyasyon seviyesi, Malezya'da yer alan Tanjung Lumpur bölgesindeki çalışma sonuçlarından daha yüksek bulunmuştur. Bunun yanında saptanan Pb seviyeleri, Malezya'nın Sarawak bölgesinde ve İran'nın Basra Körfezindeki sülunes türlerindeki konsantrasyonundan daha düşüktür (Yusoff ve Long, 2011; Saaedi vd. 2012).

Bu çalışmada saptanan Cr değerleri, Malezya'nın Moyan, Serpan (Kanakaraju vd. 2008a,b) ve Selangor bölgesindeki (Hassan ve Kanakaraju, 2013) sülunes türlerinde tespit edilen konsantrasyonlara benzer iken Basra körfezi Sarawak bölgesindeki değerlerden daha yüksektir (Yusoff ve Long, 2011; Saaedi vd. 2012).

Ayrıca, *S.marginatus*'ta saptanan Cd ve Pb değerleri, İzmir Körfezi'nin orta bölümünden örneklenen *L.lithophaga* türündeki değerlerden (Ozsuer ve Sunlu, 2013) daha düşüktür.

Homa Dalyanı'nda Bilgin ve Uluturhan-Suzer (2017)'in yapılmış olduğu önceki araştırma ile karşılaştırma yapıldığında *S.marginatus* türünün Hg biriktirebilme kabiliyetinin, kara midye (*Mytillus galloprovincialis*) ve akivades (*Tapes decussatus*) türleri ile benzer seviyelerde olduğu saptanmıştır. Öte yandan süluneslerde bulunan Cd değerleri, kara midye

ve akivadesdeki Cd seviyelerinden daha düşüktür. Ayrıca, Pb konsantrasyonu bakımından sülunesler, kara midye ile benzerlik gösterirken; bunun yanında akivadesle kıyasla daha yüksek konsantrasyonda Pb biriktirmektedirler. Süluneslerde saptanan Cr konsantrasyonları, kara midyedekinden daha yüksek olup, akivades için saptanan değerlerden biraz düşüktür. Yapılan son çalışmalar göstermektedir ki; *M. galloprovincialis* ve *T. decussatus*'un yanı sıra *S. marginatus* türü de metal kirliliğinin izlenmesinde yeni biyoindikatör tür olarak kullanılabilir.

## SONUÇ

Dalyanlar, ekonomik ve ekolojik değeri olan, son derece üretken kıyısız alanlardır. Ayrıca kirliliğe karşı çok hassas olup, bu bölgelerde dağılmış olan kirlenmeler, sucul organizmalardan başlayarak besin zinciri ile taşınıp insan sağlığını olumsuz yönde etkilemektedir. Bu sebeple dalyanlar gibi sucul ekosistemlerde kirlenmelerin organizmalar tarafından izlenmesi ve ortam kalitesini belirlenmesi amacıyla biyoindikatör olarak bivalveler kullanılmaktadır. Bu bakımdan ağır metal biriktirme kabiliyetlerine bağlı olarak, sülunes türleri kirliliğin izlenmesinde midye ve akivades gibi biyoindikatör olarak kullanılabilir. Yapılan bu çalışmada, süluneslerin yumuşak dokusunda metal konsantrasyonları üreme dönemine bağlı olarak yaz döneminde yüksek saptanmıştır. Hg, Cd, Pb konsantrasyonları açısından herhangi bir sağlık riski taşımamasına rağmen; Cr değerleri PTWI seviyelerinin oldukça üstündedir. Süluneslerde bulunan yüksek Cr konsantrasyonları değerlendirildiğinde Homa Dalyanı'nda metal kirliliğinin izlenmesinin devam etmesi gerektiği görülmektedir. Bu bağlamda, Homa Dalyanı gibi ekolojik öneme sahip, aynı zamanda da üretim yapılan alanlarda, biyoindikatör organizmalar kullanılarak kirliliğin izlenmesi ve kontrol altında tutulması gerekmektedir.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Dokuz Eylül Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir (Proje no: 2017.KB.FEN.035).

## KAYNAKÇA

- Ali, M., & Taylor, A. (2010). The effect of salinity and temperature on the uptake of cadmium and zinc by the common blue mussel, *Mytilus edulis* with some notes on their survival. *Mesopotamian Journal of Marine Science*, 25(1), 11-30.
- Anthony, A., J. Atwood, P. August, C. Byron, S. Cobb, C. Foster, C. Fry, A. Gold, K. Hagos, L. Heffner, D. Q. Kellogg, K. Lellis-Dibble, J. J. Opaluch, C. Oviatt, A. Pfeiffer-Herbert, N. Rohr, L. Smith, T. Smythe, J. Swift, & N. Vinhateiro. (2009). Coastal lagoons and

- climate change: ecological and social ramifications in U.S. Atlantic and Gulf coast ecosystems. *Ecology and Society*, 14(1), 8.
- Atabeyoğlu, K.&Atamanalp, M. (2010). Yumuşakçalarda (Mollusca) yapılan ağır metal çalışmaları. *Atatürk Üniversitesi Veteriner Bilimleri Dergisi*, 5(1), 35-42.
- Atılğan, İ. & Egemen Ö., (2001). Güllük ve Homa Lagünü sedimentlerinde karbon, yanabilen madde ve bazı ağır metal (Cu, Zn) düzeylerinin karşılaştırmalı olarak araştırılması. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 18(1-2), 225-232.

- ATSDR, (2016). Minimal risk levels (MRLs), March 2016. <http://www.atsdr.cdc.gov/mrls/mrlolist.asp> (accessed 25th April 2016)
- Barón, P. J., Real, L. E., Ciocco, N. F., & Ré, M. E. (2004). Morphometry, growth and reproduction of an Atlantic population of the razor clam *Ensis macha* (Molina, 1782). *Scientia Marina*, 68(2), 211-217.
- Bernhard, M., (1976). Manual methods in the aquatic environment (Part 3). Sampling and analyses of biological material. *FAO Fisheries Technical Paper* No. 158.
- 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 Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 32(1), 1-8. DOI: [10.12714/egejfas.2015.32.1.01](https://doi.org/10.12714/egejfas.2015.32.1.01)
- Bilgin, M., & Uluturhan-Suzer, E. (2017). Assessment of trace metal concentrations and human health risk in clam (*Tapes decussatus*) and mussel (*Mytilus galloprovincialis*) from the Homa Lagoon (Eastern Aegean Sea). *Environmental Science and Pollution Research*, 24(4), 4174-4184. DOI: [10.1007/s11356-016-8163-2](https://doi.org/10.1007/s11356-016-8163-2)
- Bonada N., Prat N. Resh V. H., & Statzner B., (2006). Developments in aquatic insect biomonitoring: a comparative analysis of recent approaches. *Annual review of entomology*, 51, 495-523. DOI: [10.1146/annurev.ento.51.110104.151124](https://doi.org/10.1146/annurev.ento.51.110104.151124)
- Breen M., Howell T., & Copland P., (2011) A report on electrical fishing for razor clams (*Ensis* Sp.) and its likely effects on the marine environment. *Marine Scotland Science Report*, 3(11).
- Carvalho CEV, Ovalle ARC, Rezende CE, Salomão MSMB, Molisani MM, & Lacerda LD. (1999). Seasonal variation of particulate heavy metals in the Lower Paraíba do Sul River Drainage Basin, R.J. Brazil. *Environmental Geology*, 37(4), 297-302.
- Christopher, B. N., Ekaluo, U.B., & Asuquo, F.E. (2010). Comparative Bioaccumulation of Heavy Metals (Fe, Mn, Zn, Cu, Cd & Cr) by Some Edible Aquatic Mollusc from the Atlantic Coastline of South Eastern Nigeria. *World Journal of Fish and Marine Sciences*, 2, 317-321.
- COMMISSION REGULATION (EC) No 1881/2006 Maximum levels for certain contaminants in foodstuffs, OJ L 364, 20.12.2006, p 5
- Dora, E.Ç., Sunlu, U., & Ergen, Z., (2007). Heavy metal concentrations in *Hediste diversicolor* (Polychaeta) and sediments from Homa Lagoon (Izmir Bay-Turkey). *Rapp. Comm. int. Mer Médit.*, 2007, 38.
- Elbek G., Emiroğlu D. İ., & Saygı H. (2003). Ege Bölgesi Dalyanlarının Genel Bir Durum Değerlendirilmesi, *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 20(1-2), 173-183.
- Egemen, Ö., Sunlu, U., & Kaymakçı, A. (1998). "Heavy metal concentrations in some molluscs and in surficial sediments from Izmir Bay/Türkiye", *Rapp. Comm. int. Mer Médit.*, 1998, 35.
- FAO/WHO, (2004). Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. 63rd Meeting Geneva, Italy, 8-17 June 2004.
- FAO/WHO, (2010). FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. 73rd Meeting Geneva, Italy, 8-17 June 2010.
- Farrington J.W., Goldberg E.D., Risebrough R.W., Martin J.H., & Bowen V.T. (1983). US "Mussel Watch" 1976-1978: an overview of the trace metal, DDT, PCB, hydrocarbon and artificial radio- nuclide date. *Environmental Science and Technology*, 17, 490-496
- Gönenç, İ. E., & Wolflin J. P. (2005). *Coastal lagoons: ecosystem processes and modeling for sustainable use and development*. Florida: CRC Press, Boca Raton
- Hassan R. & Kanakaraju D. (2013). Razor clams (Class Bivalvia) of Kuala Selangor, Malaysia: morphology, genetic diversity and heavy metal concentration. *Borneo Journal of Resource Science and Technology*, 2(2), 19-27
- Hu H. (2000). *Exposure to metals. Occupational and Environmental Medicine*, 27, 983-996.
- Hu H. (2002). *Life Support The Environment and Heavy Metals*, 64-70 London: The MIT Pres.
- Huang, H.; Wu, J.Y.; & Wu, J.H. (2007). Heavy metal monitoring using Bivalved shellfish from Zhejiang Coastal Waters, East China Sea. *Environmental Monitoring and Assessment; Dordrecht*, 129(1-3), 315-20. DOI: [10.1007/s10661-006-9364-9](https://doi.org/10.1007/s10661-006-9364-9)
- Kamaruzzaman B.Y., Zahir M.S., John B. A., Waznah S. A., Jalal K.C.A, Shahbudin S., Al-Barwani S.M. & Goddard, J. S. (2010). Determination of some heavy metal concentrations in razor clam (*Solen brevis*) from Tanjung Lumpur Coastal waters, Pahang, Malaysia. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 13(24), 1208-1213.
- Kanakaraju D., Ibrahim F., & Berseli M.N. (2008)a. Comparative study of heavy metal concentrations in razor clam (*Solen regularis*) in Moyan and Serpan, Sarawak. *Global journal of Environmental Research*, 2(2), 87-91.
- Kanakaraju D., Jios A.C., & Long S.M (2008)b. Heavy metal concentrations in the Razor clams (*Solen spp*) from Muara Tebas, Sarawak. *The Malaysian Journal of Analytical Sciences*, 12(1), 53-58.
- Kayhan F.E., Muşlu M.N., & Koç N.D. (2009). Bazı ağır metallerin sucul organizmalar üzerinde yarattığı stres ve biyolojik yanıtlar. *Journal of Fisheries Science*, 3(2), 153-162. DOI: [10.3153/jfscm.2009019](https://doi.org/10.3153/jfscm.2009019)
- Kumar, V., Sinha, A. K., Rodrigues, P. P., Mubiana, V. K., Blust, R., & De Boeck, G. (2015). Linking environmental heavy metal concentrations and salinity gradients with metal accumulation and their effects: a case study in 3 mussel species of Vitória estuary and Espírito Santo bay, Southeast Brazil. *Science of the Total Environment*, 523, 1-15.
- Li, Y., Z. Yu, X. Song & Q. Mu. (2006). Trace metal concentrations in suspended particles, sediments and clams (*Ruditapes philippinarum*) from Jiaozhou bay of China. *Environmental Monitoring and Assessment*, 121, 491-501. DOI: [10.1007/s10661-005-9149-6](https://doi.org/10.1007/s10661-005-9149-6)
- Marsden, I. D., Smith, B. D., & Rainbow, P. S. (2014). Effects of environmental and physiological variables on the accumulated concentrations of trace metals in the New Zealand cockle *Austrovenus stutchburyi*. *Science of the Total Environment*, 470, 324-339. DOI: [10.1016/j.scitotenv.2013.09.085](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.09.085)
- Mordoğan, H., Yaramaz, Ö., & Alpbaz, A. (1990). Homa Dalyanı sedimentlerinde bazı ağır metallerin (Fe, Ni, Co, Mn, Sb) derişimlerinin araştırılması. *Ege Journal of Fisheries Aquatic Sciences*, 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](https://doi.org/10.1007/s10750-004-7134-7)
- Parlak, H., Çakır, A., Boyacıoğlu, M., & Çakal Arslan, Ö. (2006). Heavy metal deposition in sediments from the delta of the Gediz River (Western Turkey): a preliminary study. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 23(3-4), 445-448.



- Pechenik, J.A. (2000). *Biology of the invertebrates*. USA: McGraw-Hill High Education Publication.
- Phillips, D. J. H. (1977). Effects of salinity on the net uptake of zinc by the common mussel *Mytilus edulis*. *Marine Biology*, 41(1), 79-88.
- 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](https://doi.org/10.1016/0025-326X(95)00194-R)
- 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.
- Remacha A. & Anadon N. (2006). Reproductive cycle of the razor clam *Solen marginatus* in Spain: a comparative study in three different locations. *Shellfish Research*, 25, 896-876.  
DOI: [10.2983/035.035.0213](https://doi.org/10.2983/035.035.0213)
- Roesijadi, G. & W. E. Robinson. (1994). Metal regulation in aquatic animals: mechanism of uptake, accumulation and release. *Aquatic Toxicology (Molecular, Biochemical and Cellular Perspectives)*, Lewis Publishers, London p. 539.
- Saeedi H., Raad S.P., Ardalan A. A., Kamrani E. & Kiabi B. H. (2009). Growth and reproduction of *Solen dactylus* (Bivalvia: Solenidae) on northern coast of the Persian Gulf (Iran). *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 89(8), 1635-1642.  
DOI: [10.1017/S0025315409000964](https://doi.org/10.1017/S0025315409000964).
- Saeedi H., Ashja Ardalan A., Hassanzadeh Kiabi B., & Zibaseresht R. (2012). Metal concentrations in razor clam *Solen dactylus* (Von Cosel, 1989) (Bivalvia: Solenidae), sediments and water in Golshahr coast of Bandar Abbas, Persian Gulf. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 11(1), 165-183
- 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 Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 15(3-4), 241-261.
- Sunlu, U. & Taş, E. Ç. (2005). İzmir Orta Körfezinde dağılım gösteren süluneslerde ve yaşadığı sedimentte ağır metal düzeylerinin araştırılması. SÜF-008, Araştırma Raporu.
- Taş, E. Ç., Ergen, Z., & Sunlu, U. (2009). 2002-2004 Yılları Arasında Homa Lagünü'nden (İzmir Körfezi) Toplanan Hediste diversicolor'da ve Yaşadığı Sedimentte Ağır Metal Düzeylerinin (Cd, Cu, Zn, Pb, Cr, Fe) Araştırılması. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 26(3), 179-185.
- Taş, E. Ç., & Sunlu, U. (2013). Distribution Of Some Heavy Metals In Surface Sediments From The Homa Lagoon (Izmir Bay, TURKEY). *Rapp. Comm. Int. Mer Medit*, 2013, 40.
- Taylan, Z.S. & Özkoç, H.B. (2007). Potansiyel ağır metal kirliliğinin belirlenmesinde akuatik organizmaların biokullanılabilirliği. *Balikesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 9(2), 17-33.
- Türk Gıda Kodeksi (2008) Balıkçılık düzenlemeleri, Resmî Gazete, Sayı 26879. Ankara, Türkiye Fisheries regulations, Official Gazette, Number. 26879. Ankara, Turkey
- Uluocak, B. H. & Egemen, Ö. (2005) . İzmir ve Aliağa Körfezi'nde mevsimsel olarak avlanan bazı ekonomik balık türlerinde organik klorlu pestisit kalıntılarının araştırılması, *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 22(1-2), 149-160.
- Uluturhan, E., Konaş A., Can, E. (2011). Sediment concentrations of heavy metals in the Homa Lagoon (Eastern Aegean Sea): Assessment of contamination and ecological risks. *Marine Pollution Bulletin*, 62, 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.
- 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 biomonitoring: A 2-tier approach assessing the level of pollutant-induced stress syndrome in sentinel organisms. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology* 146, 281-300.  
DOI: [10.1016/j.cbpc.2007.04.011](https://doi.org/10.1016/j.cbpc.2007.04.011).
- Yap, C.K., Razeef, S.M.R., Edward, F.B., & Tan, S.G. (2009). Heavy metal concentrations (Cu, Fe, Ni, Zn) in the clam *Glauconome virens*, collected from the northern intertidal areas of peninsular Malaysia. *Malaysia Application Biology*, 38, 29-35.
- Yusoff N. A. M. & Long S.M. (2011). Comparative bioaccumulation of heavy metals (Fe, Zn, Cu, Cd, Cr, Pb) in different edible mollusk collected from the estuary area of Sarawak River. *Empowering Science, Technology and Innovation Towards a Better Tomorrow*: 806-811.