



تجمع فلزات سنگین (روی، مس، نیکل، سرب و کادمیوم) در رسوب و حلزون سنگی *Tylothais savignyi* جزیره خارگ طی فصول تابستان و زمستان

دانیال یزدان پناه^۱، علیرضا صفاهیه^{۲*}، محمد علی سالاری علی آبادی^۲، کمال غانمی^۳

^۱ دانشکده علوم دریایی و اقیانوسی، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر

^۲ گروه زیست شناسی دریا، دانشکده علوم دریایی و اقیانوسی، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر

^۳ گروه شیمی دریا، دانشکده علوم دریایی و اقیانوسی، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر

نوع مقاله:	چکیده
پژوهشی	این مطالعه به منظور تعیین سطح ناپاکی رسوبات و حلزون <i>Tylothais savignyi</i> جزیره خارگ نسبت به فلزات سنگین و همچنین بررسی امکان استفاده از این حلزون به عنوان پایشگر فلزات سنگین صورت گرفته است. نمونه برداری در ماه های شهریور و اسفند ۱۳۹۲ از پنج ایستگاه صورت پذیرفت. نمونه ها پس از خشک شدن و هضم اسیدی با استفاده از دستگاه جذب اتمی شعله ای GBC مدل Savantaa Σ سنجش گردیدند. نتایج نشان داد دامنه غلظت فلزات مس، روی، نیکل و سرب در رسوب جزیره خارگ به ترتیب ۲۶/۴-۳۸/۲، ۶۳/۹-۷۵، ۳۵/۷-۵۲/۶ و ۲۷/۲-۳۵/۹ میکروگرم بر گرم وزن خشک رسوبات بود در حالی که غلظت فلز کادمیوم تشخیص داده نشد. دامنه غلظت فلزات مس، روی، نیکل، سرب و کادمیوم در بافت نرم حلزون <i>T. savignyi</i> به ترتیب ۳۶۲/۳-۵۹۰/۲، ۱۲۷/۴-۱۸۳/۳، ۶/۹-۱۱/۲، ۴۳/۹-۲۴/۱ و ۸/۴-۱۸/۲ میکروگرم بر گرم وزن خشک بود. در صدف حلزون دامنه غلظت ۳۱/۵-۴۹/۴، ۱۸/۲-۲۴/۵، ۷/۱-۸ و ۲۷/۴-۳۳/۹ میکروگرم بر گرم به ترتیب برای فلزات مس، روی، نیکل و سرب به دست آمد. در حالی که غلظت فلز کادمیوم تشخیص داده نشد. مقایسه نتایج به دست آمده با استانداردهای موجود نشان داد غلظت کلیه فلزات سنگین در رسوب کمتر از حد مجاز بود. در حالی که در بافت نرم حلزون غلظت فلزات مس، نیکل، سرب و کادمیوم بالاتر از حد استاندارد بود. با توجه به نتایج به نظر می رسد حلزون سنگی قابلیت نسبتاً بالایی در انباشت فلزات سنگین در بدن خود دارد.
تاریخچه مقاله: دریافت: ۹۶/۰۳/۲۴ اصلاح: ۹۶/۰۴/۱۷ پذیرش: ۹۶/۰۴/۲۳	
کلمات کلیدی: جزیره خارگ حلزون سنگی خلیج فارس فلزات سنگین <i>Tylothais savignyi</i>	

مقدمه

فلزات سنگین به دلیل پایداری زیاد در اکوسیستم و همچنین تجزیه ناپذیر بودن از مهم ترین آلاینده های دریا محسوب می گردند (Katsiki and Florou, 2006). فلزات سنگین از اجزای طبیعی اکوسیستم های آبی هستند اما به دلیل فعالیت انسانی در مناطق ساحلی با ورود سطوح بالایی از این آلاینده به محیط زیست دریا، مشکلات فراوانی برای آبزبان و اکوسیستم های دریایی به وجود آمده است (Bazzi et al., 2015). افزایش فعالیت های صنعتی، معدن کاوی، کشاورزی، پساب های رودخانه ای و نشت اتمسفری از جمله فعالیت هایی است که موجب ورود آلاینده های فلزات سنگین به مناطق ساحلی می شود (Rai, 2009). فلزات سنگین هنگام ورود به اکوسیستم دریا محلول بوده که پس از برقراری پیوندهای سست سولفیدی به ذرات مواد آلی

* نویسنده مسئول، پست الکترونیک: safahieh@hotmail.com

معلق در آب به مرور ته‌نشین شده و در کف دریا تجمع می‌یابند (Zhang and Shan, 2008). بسیاری از گونه‌های دریایی به ویژه جانوران کفزی همواره با رسوب دریا در ارتباط هستند آنها این قابلیت را دارند تا با استفاده از جذب و ورود آلاینده‌ها به بدن خود سطوح بالایی از فلزات سنگین را در بافت‌های خود تجمع دهند (Yi et al., 2011). حدود ۳۳ تا ۳۵ درصد فلزات سنگینی که در عضلات تجمع می‌یابند می‌توانند از طریق زنجیره غذایی به سطح بالا انتقال پیدا کنند و سلامت انسان را از این طریق به خطر اندازند و به همین دلیل پایش^۱ مناطق ساحلی مورد توجه محققین بسیاری قرار گرفته است (Morales-Hernández et al., 2004). آلودگی فلزات سنگین در اکوسیستم‌های دریایی را می‌توان از طریق سنجش در نمونه‌های آب، رسوب و موجودات دریایی تشخیص داد (Cervantes et al., 2009). غلظت فلزات سنگین در آب دریا بسیار پایین است لذا سنجش فلزات سنگین در نمونه‌های آب بسیار پر هزینه و پر زحمت می‌باشد. به‌علاوه تمامی اشکال فلزی موجود در آب در دسترس موجودات قرار نداشته و اشکال مختلف آن نیز دارای سمیت‌های متفاوتی هستند. در نتیجه غلظت فلزات سنگین در آب نمی‌تواند معیار خوبی برای بررسی اثرات نامطلوب آن در موجودات دریایی باشد (Blackmore, 1998). استفاده از رسوب به‌منظور پایش فلزات سنگین در اکوسیستم‌های آبی نیز دارای مشکلاتی است. از جمله اینکه غلظت فلزات سنگین در رسوبات تحت تاثیر عواملی مانند میزان مواد آلی موجود در آب، اندازه ذرات معلق و سرعت ته‌نشینی آنها دچار نوسان می‌گردد (Idris et al., 2007). برای مطالعه پراکنش مکانی و تغییرات زمانی فلزات سنگینی که قابلیت دسترس زیستی دارند می‌توان از موجودات زنده خاصی تحت عنوان پایشگر زیستی^۲ استفاده کرد (Lafabrie et al., 2007). موجودات زنده با محیط پیرامون خود در ارتباط هستند و به دلیل آنکه نسبت به اغلب تغییرات ایجاد شده در محیط زندگی خود واکنش نشان می‌دهند ما را قادر می‌سازند تا بتوانیم نواساناتی را که در بین فصول و ایستگاههای مختلف در آنان بوقوع می‌پیوندد را ثبت نماییم (Nicholson and Lam, 2005). در میان نامزدهای مورد استفاده در مطالعات پایش زیستی فلزات سنگین، استفاده از شکم‌پایان^۳ همواره نتایج رضایت بخشی را به همراه داشته است (Yap et al., 2013). به دلیل اندازه کوچک و تحرک کم نسبت به دیگر بیواندیکاتورهای موجود، مدل بسیار مناسبی برای بررسی اثرات آلودگی فلزات سنگین هستند (AbdAllah and Moustafa, 2002). این موجودات را می‌توان به دلیل در تماس بودن با رسوب و ساده بودن ساختار بدن و فیزیولوژی بدنشان به راحتی مورد ارزیابی قرار داد (Ismail and safahieh, 2004; Yap et al., 2009). جزیره خارگ حجم زیادی از صادرات نفت و محصولات پتروشیمی کشور را به خود اختصاص داده است. وجود پایانه‌های نفتی، تردد فراوان نفتکشها، صنایع مربوط به نفت، پتروشیمی و کارخانه‌جات مختلف احتمال بروز آلودگی‌های گوناگون از جمله آلودگی‌های مربوط به فلزات سنگین را افزایش داده است. بنابراین در صورت وقوع آلودگی علاوه بر کردن اکوسیستم حساس این منطقه می‌تواند سلامت ساکنین این جزیره را از طریق مصرف غذایی از آبیان آلوده به خطر اندازد. به‌منظور جلوگیری از بروز چنین خطری پایش زیستی آلاینده‌های فلزی در منطقه امری ضروری است. حلزون سنگی *Tylothais savignyi* که پیش از این با نام علمی *Thais savignyi* شناخته می‌شد فراوانی مناسبی در جزیره خارگ داشته و می‌تواند به‌عنوان یک پایشگر زیستی مناسب برای پایش فلزات سنگین مورد استفاده قرار گیرد. این مطالعه به‌منظور تعیین میزان ناپاکی رسوب و حلزون *T. savignyi* در جزیره خارگ نسبت فلزات سنگین صورت گرفته است.

مواد و روش‌ها

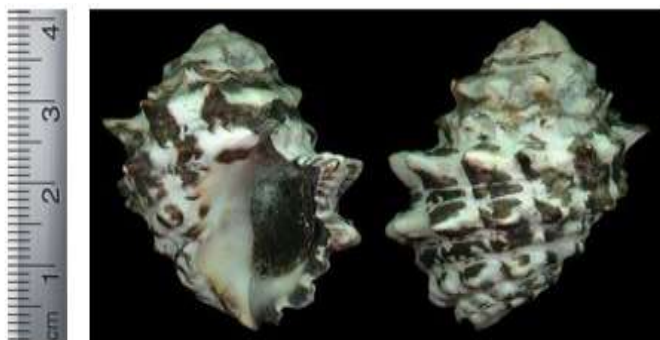
نمونه‌برداری از رسوبات سطحی جزیره خارگ و حلزون سنگی *T. savignyi* در دو فصل تابستان و زمستان (شهریور و اسفند سال ۱۳۹۲) از منطقه بین جزرومدی^۴ انجام پذیرفت. با توجه به مساحت جزیره و موقعیت منابع آلوده کننده در آن، نمونه‌ها از ۵ ایستگاه اسکله T، گود زباله، اسکله آذریاد، پلاژکارگری و پارک ساحلی جمع آوری گردید. شکل ۱ حلزون سنگی جزیره خارگ و شکل ۲ موقعیت ایستگاه‌های نمونه‌برداری را نشان می‌دهد.

¹ Monitoring

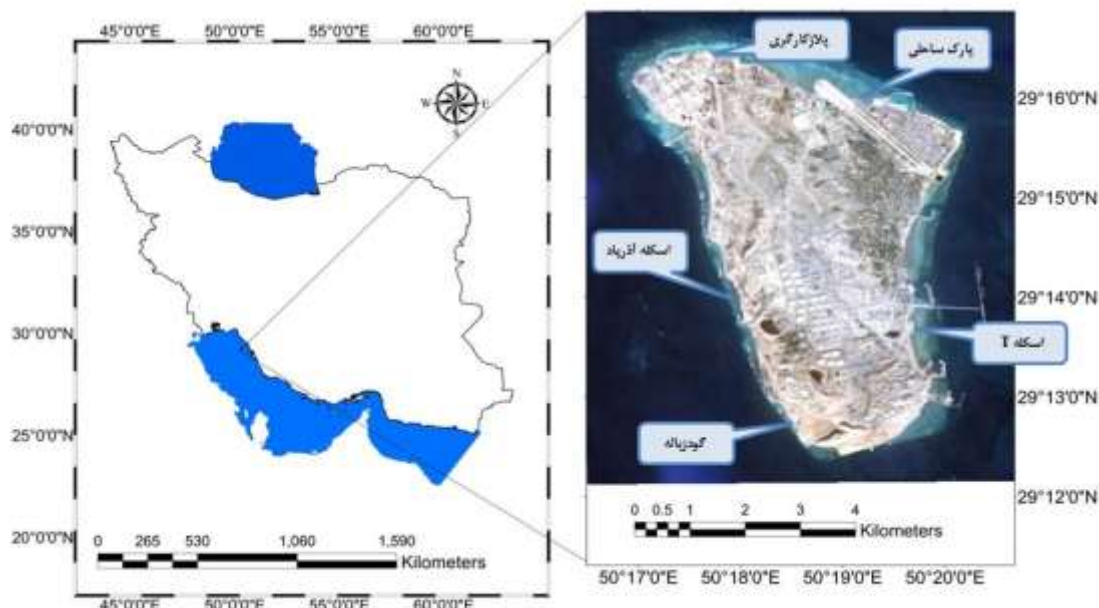
² Biomonitor

³ Gastropoda

⁴ Intertidal zone



شکل ۱. حلزون سنگی
Tylothais savignyi
جزیره خارگ



شکل ۲. موقعیت و مکان ایستگاه‌های نمونه‌برداری

نمونه‌برداری از حلزون در هنگام جزر صورت گرفت. از هر ایستگاه ۳۰ عدد حلزون تقریباً هم اندازه (۲/۹-۳/۸ سانتی متر) برداشته شد. نمونه‌های برداشت شده با آب دریا شست و شو شدند و به کیسه‌های پلاستیکی منتقل گردیدند. نمونه‌برداری از پنج سانتی متر سطح رسوب نیز در هنگام جزر و نزدیک به بستر حلزون‌ها و با سه تکرار انجام شد. نام و مشخصات هر ایستگاه بر روی کیسه‌های پلاستیکی حاوی رسوب یا حلزون ثبت شده و نمونه‌ها با استفاده از یخدان به آزمایشگاه انتقال یافتند (Delman *et al.*, 2006). در آزمایشگاه ابتدا بافت نرم حلزون با استفاده از پنس^۵ از صدف جدا گردید. صدف‌های جدا شده به وسیله اسید نیتریک ۵/۵ درصد شست و شو داده شد. بافت نرم و صدف به ترتیب در دمای ۸۰ و ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت درون آون قرار داده شدند تا کاملاً خشک شوند. نمونه‌های رسوب نیز در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت در آون خشک و از الک ۰/۶۳ میکرون عبور داده شدند. به منظور هضم ۱ گرم از بافت نرم و صدف حلزون، ۱۰ میلی لیتر اسید نیتریک ۶۵٪ و برای هضم ۱ گرم نمونه رسوب، ۱۰ میلی لیتر مخلوطی از اسید نیتریک ۶۵٪ و اسید پرکلریک ۶۰٪ به نسبت ۱:۴ استفاده شد. هضم نمونه‌ها به مدت ۱ ساعت در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد و ۳ ساعت در دمای ۱۴۰ درجه سانتی‌گراد بر روی دستگاه هضم^۶ صورت پذیرفت. نمونه‌ها با استفاده از آب دوبار تقطیر به حجم ۴۰ میلی لیتر رسانده شدند و سپس از کاغذ صافی واتمن ۴۲ عبور داده شدند و تا زمان سنجش در دمای یخچال نگهداری گردیدند (Yap *et al.*, 2003). سنجش با استفاده از دستگاه اسپکتوفوتومتر جذب اتمی^۷ GBC مدل Savantaa Σ صورت پذیرفت. به

⁵ Forceps

⁶ Hot plate digester

⁷ Atomic Absorption Spectrophotometric

منظور پردازش داده ها، پراکنش آنها توسط آزمون Shapiro-Wilk و مقایسه غلظت فلزات در هر ایستگاه به کمک آنالیز واریانس یکطرفه^۸ بررسی شد سپس ایستگاههای دارای اختلاف با استفاده از پس آزمون Tukey مشخص گردید.

نتایج

غلظت فلز مس در رسوب، بافت نرم و صدف حلزون سنگی جزیره خارگ در جدول ۱ نشان داده است. غلظت فلز مس در رسوبات جزیره خارگ طی هر دو تابستان و زمستان تغییرات محدودی داشت و در فصل زمستان افزایش معنی داری را نسبت به زمستان نشان داد ($t\text{-test}, P < 0/05$). در فصل زمستان غلظت فلز مس در رسوب ایستگاه های مختلف تفاوت معنی داری با یکدیگر نداشت در حالی که در فصل تابستان این اختلاف معنی دار بود بطوریکه در ایستگاه اسکله آذرپاد بیشترین و در پارک ساحلی کمترین میزان فلز مس ثبت گردید ($ANOVA, P < 0/05$). غلظت فلز مس در بافت نرم حلزون بسیار بالاتر از رسوب بود. میزان مس در بافت نرم حلزون بطور معنی داری در فصل تابستان بیشتر از زمستان بود ($t\text{-test}, P < 0/05$). در فصل تابستان غلظت فلز مس در حلزون جمع آوری شده از ایستگاه های مختلف اختلاف معنی داری با یکدیگر نداشت در حالی که در فصل زمستان این ختلاف معنی دار بود و حلزون های ایستگاه اسکله آذرپاد بیشترین میزان مس را در بافت نرم خود داشتند ($ANOVA, P < 0/05$). غلظت فلز مس در صدف از مقادیر آن در بافت نرم پایین تر بود و نزدیک به مقادیر آن در رسوب قرار داشت. مقایسه های آماری نشان داد که میزان فلز مس صدف در فصل زمستان افزایش معنی داری نسبت به تابستان داشته است ($t\text{-test}, P < 0/05$). همانند رسوب، در فصل زمستان میزان فلز مس صدف نیز در ایستگاه های مختلف تفاوت معنی داری نداشت؛ در حالی که در فصل تابستان بین ایستگاه های مختلف از این نظر تفاوت معنی دار وجود داشته و حلزون های پارک ساحلی بیشترین میزان مس را دارا بودند ($ANOVA, P < 0/05$).

جدول ۲ غلظت فلز روی را در رسوب، بافت نرم و پوسته حلزون سنگی جزیره خارگ نشان می دهد. غلظت فلز روی در رسوب جزیره خارگ بیشتر از میزان فلز مس بود. مقایسه های آماری نشان داد که اختلاف معنی داری بین دو فصل در مقادیر اندازه گیری شده فلز روی رسوب وجود دارد. به طوری که در فصل زمستان این میزان کاهش داشته است ($t\text{-test}, P < 0/05$). در حالی که در هیچ کدام از دو فصل بین رسوب ایستگاه های مختلف تفاوت معنی داری از لحاظ محتوای فلز روی وجود نداشت ($ANOVA, P < 0/05$). غلظت فلز روی نیز مانند مس در بافت نرم بالاتر از رسوب بود. در هر دو فصل غلظت فلز روی در بافت نرم حلزون در ایستگاه های مختلف دارای تفاوت معنی دار بود. به طوری که طی دو فصل تابستان و زمستان بیشترین و کمترین غلظت روی در بافت نرم به ترتیب در ایستگاه اسکله T و پلاژ کارگری به دست آمد ($ANOVA, P < 0/05$). میزان فلز روی در پوسته حلزون از میزان آن در رسوب و بافت نرم کمتر بود. هر چند محدوده ی تغییرات فلز روی در پوسته کم بود ولی در طی فصول تابستان و زمستان اختلاف معنی داری مشاهده شد و در فصل زمستان این مقدار کاهش یافته بود ($t\text{-test}, P < 0/05$). همچنین در هیچ کدام از ایستگاه های مورد مطالعه در هر دو فصل نیز اختلاف معنی داری در مورد میزان فلز روی پوسته وجود نداشت ($ANOVA, P < 0/05$).

جدول ۱. غلظت فلز مس در رسوب و حلزون *T. savignyi* بر حسب میکروگرم بر گرم وزن خشک (مقادیری که با حروف متفاوت نشان داده شده اند دارای تفاوت معنی دار می باشند ($P < 0/05$)).

ایستگاه	رسوب		بافت نرم حلزون		صدف حلزون	
	تابستان	زمستان	تابستان	زمستان	تابستان	زمستان
اسکله T	27/8±2/1 ^{ab}	38/2±2/2	560/9±72/5	455/6±72/8 ^{ab}	39/6±2/8 ^{ab}	38/8±5/2
گود زبانه	30/1±1/2 ^{ab}	34/3±3/5	540/4±69/1	510/7±40/4 ^{bc}	34/5±3/5 ^c	47/1±8/4
اسکله آذر پاد	32/4±3/6 ^b	35/6±3	590/2±19/2	581/3±60/9 ^c	36/1±1/9 ^{bc}	45/5±9/7
پلاژ کارگری	26/9±1 ^{ab}	36/6±2/4	576/4±59	385±52/6 ^a	31/5±3/4 ^{bc}	49/4±6/6
پارک ساحلی	26/4±1/3 ^a	36/4±2/9	485/2±10/2	362/3±26/6 ^a	46/7±2/6 ^a	47/3±9/6

⁸ One Way ANOVA

جدول ۲. غلظت فلز روی در رسوب و حلزون *T. savignyi* برحسب میکروگرم بر گرم وزن خشک (مقادیری که با حروف متفاوت نشان داده شده اند دارای تفاوت معنی دار می باشند ($P < 0.05$)).

ایستگاه	رسوب		بافت نرم حلزون		صدف حلزون	
	تابستان	زمستان	تابستان	زمستان	تابستان	زمستان
اسکله T	۷۱/۷±۱/۹	۶۹±۴/۹	۱۶۴/۸±۸/۴ ^c	۱۸۳/۳±۸/۱ ^b	۲۲/۸±۱/۸	۲۰/۱±۲/۸
گود زباله	۷۵±۳/۵	۶۳/۹±۴/۵	۱۵۰/۴±۱۶/۶ ^{bc}	۱۵۵/۴±۱۷/۶ ^a	۲۴/۱±۱/۳	۱۸/۲±۱/۶
اسکله آذرپاد	۷۳/۶±۱/۸	۶۶/۷±۴	۱۳۷/۸±۷ ^{ab}	۱۵۷/۵±۸/۳ ^a	۲۵/۵±۱/۹	۲۱±۰/۵
پلاژ کارگری	۷۴±۴/۳	۶۴/۴±۴/۷	۱۲۷/۴±۲/۹ ^a	۱۵۳/۱±۶/۹ ^a	۲۴/۵±۲/۲	۱۸/۳±۱/۲
پارک ساحلی	۶۷/۸±۱/۵	۶۴/۶±۳/۷	۱۳۵/۳±۵/۶ ^{ab}	۱۵۹/۵±۳/۶ ^a	۲۳±۱/۳	۲۰/۵±۳/۲

غلظت فلز نیکل در رسوب، بافت نرم و پوسته حلزون سنگی جزیره خارگ در جدول ۳ آمده است. غلظت فلز نیکل در رسوب جزیره خارگ در فصل زمستان افزایش معنی‌داری را نسبت به فصل تابستان داشت (t -test, $P < 0.05$). همچنین مقایسه‌های آماری نشان داد که میزان فلز نیکل در رسوب برای هر دو فصل مورد مطالعه بین ایستگاه‌های مختلف تفاوت معنی‌داری دارد؛ به‌طوری‌که در فصول تابستان و زمستان ایستگاه اسکله T بیشترین و پارک ساحلی کمترین میزان فلز نیکل را داشتند ($ANOVA$, $P < 0.05$). برخلاف فلز مس و روی میزان فلز نیکل در بافت نرم کمتر از میزان آن در رسوب بود. در فصل زمستان غلظت فلز نیکل در بافت نرم حلزون بیشتر از مقدار آن در تابستان بود (t -test, $P < 0.05$). در فصل تابستان بافت نرم حلزون در ایستگاه‌های مختلف اختلاف معنی‌داری را در میزان فلز نیکل نشان نداد. در حالی‌که در فصل زمستان این اختلاف معنی‌دار بود ($ANOVA$, $P < 0.05$). میزان فلز نیکل در پوسته حلزون سنگی جزیره خارگ در طی دو فصل تابستان و زمستان اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشت (t -test, $P < 0.05$). همچنین در هر دو فصل بین ایستگاه‌های مختلف تفاوت معنی‌داری در میزان فلز نیکل پوسته وجود نداشت ($ANOVA$, $P < 0.05$).

جدول ۳. غلظت فلز نیکل در رسوب و حلزون *T. savignyi* بر حسب میکروگرم بر گرم وزن خشک (مقادیری که با حروف متفاوت نشان داده شده‌اند دارای تفاوت معنی‌دار می‌باشند ($P < 0.05$)).

ایستگاه	رسوب		بافت نرم حلزون		صدف حلزون	
	تابستان	زمستان	تابستان	زمستان	تابستان	زمستان
اسکله T	۳۹/۶±۱/۹ ^c	۵۲/۶±۱/۹ ^b	۸/۱±۱/۴	۸/۸±۰/۹ ^b	۷/۴±۱	۸±۰/۷
گود زباله	۳۷±۳ ^{ab}	۴۵/۲±۳ ^a	۶/۹±۱/۳	۸/۲±۱/۴ ^{ab}	۷/۱±۰/۵	۷/۴±۰/۸
اسکله آذرپاد	۳۹±۲/۴ ^{bc}	۴۷±۲/۴ ^{ab}	۷/۷±۱	۸/۴±۰/۹ ^{ab}	۷/۸±۱/۱	۷/۵±۱/۳
پلاژ کارگری	۳۹/۱±۲/۵ ^{ab}	۴۵/۵±۲/۵ ^a	۸/۲±۰/۹	۱۰/۱±۱/۱ ^{ab}	۷/۷±۱/۶	۷/۴±۱/۱
پارک ساحلی	۳۵/۷±۳/۳ ^a	۴۵/۱±۳/۲ ^a	۹/۳±۰/۷	۱۱/۲±۲/۴ ^a	۷/۶±۰/۷	۷/۹±۱/۶

غلظت فلز نیکل در رسوب، بافت نرم و صدف حلزون سنگی جزیره خارگ در جدول ۴ نشان داده شده است. به‌طور کلی غلظت فلز سرب در رسوب جزیره خارگ از میزان فلزات روی و نیکل در این مطالعه کمتر بود. مقایسه‌های آماری نشان داد که بین دو فصل مورد مطالعه اختلاف معنی‌داری در میزان فلز سرب رسوب وجود دارد و این مقدار در زمستان افزایش داشته است (t -test, $P < 0.05$). همچنین این مقایسه‌ها نشان داد که در دو فصل تابستان و زمستان میزان فلز سرب در رسوب ایستگاه‌های مختلف تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارد ($ANOVA$, $P < 0.05$). میزان فلز نیکل در بافت نرم حلزون در فصل زمستان افزایش معنی‌داری را نسبت به تابستان داشته است. در هر دو فصل میزان فلز نیکل در بافت نرم حلزون ایستگاه‌های مختلف اختلاف معنی‌داری داشت. به‌طوری‌که در هر دو فصل بیشترین و کمترین غلظت فلز نیکل به ترتیب در بافت نرم حلزون ایستگاه‌های

جدول ۴. غلظت فلز سرب در رسوب و حلزون *T. savignyi* بر حسب میکروگرم بر گرم وزن خشک (مقادیری که با حروف متفاوت نشان داده شده‌اند دارای تفاوت معنی‌دار می‌باشند ($P < 0.05$)).

ایستگاه	رسوب		بافت نرم حلزون		صدف حلزون	
	تابستان	زمستان	تابستان	زمستان	تابستان	زمستان
اسکله T	۲۷/۲±۱/۸	۳۵/۹±۲/۷	۳۹/۲±۳ ^c	۴۳/۹±۶/۳ ^b	۳۲/۴±۱/۸	۲۷/۴±۲/۷
گود زبانه	۳۱/۲±۱/۹	۳۵/۵±۳/۸	۳۶/۸±۱/۸ ^c	۳۹/۵±۳/۹ ^a	۳۳/۹±۳/۷	۲۹/۱±۱/۹
اسکله آذر پاد	۲۷/۹±۰/۵	۳۲/۶±۱/۶	۲۷/۹±۰/۴ ^{ab}	۲۷/۴±۶ ^a	۳۱/۶±۳/۵	۲۹/۶±۲/۲
پلاژ کارگری	۲۷/۸±۲	۳۵/۲±۲/۷	۳۱/۶±۲/۸ ^b	۳۳/۳±۶/۶ ^a	۳۳/۳±۱/۱	۳۰/۸±۲/۳
پارک ساحلی	۲۹/۲±۲/۴	۳۴/۴±۲/۸	۲۳/۵±۲/۲ ^a	۲۴/۱±۶/۴ ^a	۳۱/۴±۳/۸	۲۹/۵±۲/۳

اسکله T و پارک ساحلی به دست آمد (ANOVA, $P < 0.05$). همانند فلز مس غلظت فلز سرب در پوسته حلزون نزدیک به میزان آن در رسوب بود. دو فصل تابستان و زمستان از لحاظ میزان فلز سرب پوسته با یکدیگر مقایسه شدند که این اختلاف معنی‌دار نبود (t -test, $P < 0.05$). همچنین نتایج به دست آمده حاکی از آن بود که ایستگاه‌های مختلف تفاوت معنی‌داری از لحاظ میزان فلز سرب در پوسته با یکدیگر ندارند (ANOVA, $P < 0.05$). برخلاف دیگر فلزات اندازه‌گیری شده میزان فلز کادمیوم در رسوب جزیره خارگ توسط دستگاه سنجیده نشد. به عبارتی میزان آن بسیار پایین و کمتر از حد تشخیص دستگاه جذب اتمی بود. جدول ۵ غلظت فلز کادمیوم در رسوب، بافت نرم و صدف حلزون سنگی جزیره خارگ را نشان می‌دهد. برخلاف رسوب، میزان فلز کادمیوم در بافت نرم حلزون بسیار بالاتر بود. مقایسه‌ها نشان داد که در دو فصل تابستان و زمستان حلزون ایستگاه‌های مختلف فلز کادمیوم را به‌صورت معنی‌داری در بافت نرم خود تجمع داده‌اند (ANOVA, $P < 0.05$). در حالی که مقایسه دو فصل نشان داد که میزان فلز کادمیوم در بافت نرم حلزون اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارد (t -test, $P < 0.05$). غلظت فلز کادمیوم در پوسته حلزون همانند میزان آن در رسوب اندک بود بنابراین غلظت آن توسط دستگاه سنجیده نشد. جدول ۵ غلظت فلز کادمیوم در رسوب، بافت نرم و پوسته حلزون سنگی جزیره خارگ را نشان می‌دهد.

جدول ۵. غلظت فلز کادمیوم در رسوب و حلزون *T. savignyi* بر حسب میکروگرم بر گرم وزن خشک (مقادیری که با حروف متفاوت نشان داده شده‌اند دارای تفاوت معنی‌دار می‌باشند ($P < 0.05$)).

ایستگاه	رسوب		بافت نرم حلزون		صدف حلزون	
	تابستان	زمستان	تابستان	زمستان	تابستان	زمستان
اسکله T	ناچیز	ناچیز	۱۱±۱/۹ ^b	۸/۴±۲/۱ ^b	ناچیز	ناچیز
گود زبانه	ناچیز	ناچیز	۱۴/۶±۰/۷ ^{ab}	۱۵/۷±۱/۸ ^a	ناچیز	ناچیز
اسکله آذر پاد	ناچیز	ناچیز	۱۴/۳±۱/۳ ^{ab}	۱۸/۲±۱/۴ ^a	ناچیز	ناچیز
پلاژ کارگری	ناچیز	ناچیز	۱۵/۸±۲/۶ ^a	۱۵/۲±۱/۳ ^a	ناچیز	ناچیز
پارک ساحلی	ناچیز	ناچیز	۱۵/۷±۲/۱ ^a	۱۷/۴±۲/۵ ^a	ناچیز	ناچیز

بحث

توالی غلظت فلزات سنگین در رسوب جزیره خارگ در دو فصل تابستان و زمستان به صورت $Zn > Ni > Cu > Pb > Cd$ به دست آمد. این روند نشان می‌دهد که غلظت فلز روی از غلظت سایر فلزات بیشتر می‌باشد. در سایر مطالعات انجام شده در نقاط مختلف مشابه این روند از توالی غلظت فلزات در رسوب نیز مشاهده گردید (Bazzi, 2104; Raeisi sarasiab *et al.*, 2014; Dadolahi Sohrab *et al.*, 2103). در فصل زمستان غلظت فلزات مس، نیکل و سرب در رسوب جزیره خارگ افزایش

معنی‌داری را نسبت به فصل تابستان نشان می‌دهد. در فصل زمستان با ایجاد جریان‌های فراجوشی^۹ در آب‌های شمالی خلیج فارس، مواد آلی به‌وسیله تولید اولیه فیتوپلانکتون‌ها افزایش می‌یابد. افزایش مواد آلی معلق در ستون آب دریا در طی فصل زمستان از جمله عواملی است که می‌تواند موجب افزایش غلظت فلزات سنگین در رسوب گردد (Chakraborty *et al.*, 2015). از دیگر عواملی که موجب افزایش غلظت فلزات سنگین رسوب در فصل زمستان می‌شود می‌توان به کاهش دمای آب و افزایش میزان اکسیژن محلول آب دریا در فصل زمستان اشاره کرد. Batlry و Simpson در سال ۲۰۰۷ عنوان کردند که کاهش دمای آب، افزایش میزان اکسیژن محلول در آب، و افزایش میزان شوری و اسیدیته در آب دریا با تسریع نمودن واکنش‌های اکسیداسیون آهن و منگنز و رسوب دادن یون‌های فلزی آب می‌توانند مقدار فلزات سنگین در رسوب را افزایش دهند. غلظت فلز نیکل در رسوب در هر دو فصل بین ایستگاه‌های مختلف متفاوت بود که نشان می‌دهد این فلز در رسوبات جزیره خارگ دارای پراکنش یکسانی نبوده و از منابع آلوده‌کننده نقطه‌ای منشأ می‌گیرد. در فصل تابستان بیشترین غلظت فلز نیکل در ایستگاه اسکله T و کمترین مقدار آن در ایستگاه پارک ساحلی به دست آمد. درحالی‌که در فصل زمستان نیز اسکله T به همراه اسکله آذرپاد بیشترین میزان فلز نیکل را دارا بودند. در جزیره خارگ به‌منظور تأمین برق و آب شیرین در پایانه‌های صادرات نفتی، آب دریا را با استفاده از منابع فراوان سوخت که در منطقه وجود دارد تبخیر می‌کند و آب شیرین مورد نیاز را برای کارکنان و ساکنین جزیره فراهم می‌کند. در ساخت تأسیسات آب‌شیرین‌کن از آلیاژهای نیکل استفاده می‌شود. آلیاژهای نیکل به‌طور معمول به‌عنوان مبادله‌کننده دمایی در این کارخانه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند (Mezher *et al.*, 2011). Hopner و Lattemann در سال ۲۰۰۸ به ارزیابی اثرات زیست‌محیطی آب‌شیرین‌کن‌ها از جمله آب‌شیرین‌کن‌های خلیج فارس پرداختند و اعلام کردند که فعالیت مربوط به کارخانه‌های آب‌شیرین‌کن و پساب خروجی آن‌ها از منابع مهم انتشار فلزات سنگین از جمله فلز نیکل به اکوسیستم دریا است. غلظت فلزات روی، مس، نیکل و سرب در رسوب جزیره خارگ با استانداردهای مختلف رسوب در جهان مقایسه شده است (جدول ۶). هدف از وضع کردن کیفیت استاندارد رسوب تعیین کردن سطح سلامت رسوب از نظر میزان غلظت فلزات، مواد غذایی و ترکیبات آلی است به گونه‌ای که باعث بهبود بخشیدن به آگاهی از میزان سطح آلاینده‌گی و محافظت کردن از محیط‌های آبی شود. از معتبرترین و متداول‌ترین استانداردهای کیفیت رسوب می‌توان به گزارش‌های آمریکا و استاندارد کیفیت رسوب کانادا اشاره کرد. استاندارد کیفیت آمریکا (NOAA) میزان آلودگی را در دو سطح به‌صورت ERL و ERM بیان می‌کند. سطحی از آلودگی که در آن کمتر از ۱۰ درصد اجتماعات بیولوژیک در معرض خطر قرار دارند را با استفاده از استاندارد محدوده اثرات کم (ERL) و سطحی از آلودگی را که در آن بالای ۵۰ درصد از اجتماعات بیولوژیک در معرض خطر قرار دارند را با استفاده از محدوده اثرات متوسط (ERM) مشخص می‌کند. کیفیت رسوب کانادا نیز با استفاده از دو سطح LEL و SEL مقدار استاندارد کمترین و بیشترین سطح آلودگی را بیان می‌کند. LEL سطحی از آلودگی است که اکثر جانوران کفزی می‌توانند آن را تحمل کنند؛ در واقع در این سطح اثر خاصی در جوامع بیولوژیک دیده نمی‌شود. سطح دیگر استاندارد کیفیت رسوب کانادا سطح SEL است که حدی از آلودگی شدید می‌باشد که سلامت موجودات بنتیک را به خطر می‌اندازد. مقدار فلز مس رسوب جزیره خارگ در مطالعه حاضر دو برابر سطح استاندارد LEL در کیفیت رسوب کانادا بود و اندکی بیشتر از سطح ERL در کیفیت رسوب آمریکا و درعین حال از سطوح ERM و SEL کمتر بود. غلظت فلز نیکل در رسوبات جزیره خارگ نسبتاً بالا به نظر می‌رسد و نزدیک به سطح ERM بود. غلظت فلز نیکل از سطوح LEL و ERL بالاتر بود و تنها از سطح SEL کمتر بود. غلظت فلز سرب نیز از سطح LEL بیشتر بود درحالی‌که غلظت آن در رسوب از سایر استانداردها کمتر بود. میزان فلز روی نیز که دارای بالاترین غلظت در رسوب جزیره خارگ بود در اکوسیستم طبیعی و کمتر از تمام سطوح استانداردهای مورد بررسی بود.

توالی غلظت فلزات سنگین در بافت نرم حلزون *T. savignyi* جزیره خارگ به صورت $Cu > Zn > Pb > Cd > Ni$ به دست آمد. این روند نشان می‌دهد که غلظت فلز مس در بافت نرم حلزون از سایر فلزات بیشتر است. در عین حال توالی غلظت فلزات سنگین در صدف حلزون نیز بصورت $Cu > Pb > Zn > Ni > Cd$ بود. غلظت فلزات به دست آمده در حلزون با تعدادی از

⁹ Upwelling

جدول ۶. مقایسه مقادیر فلزات سنگین در رسوب جزیره خارگ با استانداردهای کیفیت رسوب (میکروگرم بر گرم وزن خشک رسوب)

رسوب جزیره خارگ	کیفیت رسوب کانادا (ISQG)		کیفیت رسوب آمریکا (NOAA)		فلز
	(Buchman, 2008)	(Buchman, 2008)	(Buchman, 2008)	(Buchman, 2008)	
	SEL	LEL	ERM	ERL	
۳۵/۵	۱۱۰	۱۶	۲۷۰	۳۴	Cu
۴۲/۶	۲۵۰	۳۱	۵۱/۶	۲۰/۹	Ni
۳۱/۷	۷۵	۱۶	۲۱۸	۴۶/۷	Pb
۶۹/۱	۸۲۰	۱۲۰	۴۱۰	۱۵۰	Zn

NOAA = National Oceanic and Atmospheric Administration

ISQG = Canadian Interim Sediment Quality Guidelines

ERL = Effects Range Low (Buchman, 2008)

ERM = Effects Range Medium (Buchman, 2008)

LEL = Lowest Effects Level (Buchman, 2008)

SEL = Severe Effects Level (Buchman, 2008)

مطالعات انجام شده بر روی دیگر نرم‌تنان در سایر مناطق دریایی روند مشابهی داشت (Mat Amin *et al.*, 2006; Duysak and Ersoy, 2014). غلظت فلزات مس و روی در بافت نرم حلزون به ترتیب ۱۰ و ۸ برابر غلظت آنها در صدف حلزون بود.

فلزات مذکور از عناصر مهم و ضروری برای انجام متابولیسم و فعالیت‌های بدن موجود به شمار می‌روند. این عناصر در بسیاری از واکنش‌ها به عنوان کوآنزیم فعالیت می‌کنند. غلظت کم این عناصر در بدن موجودات ممکن است موجب اختلال در فعالیت‌های آنزیمی و فعالیت‌های مربوط به نقل و انتقال مواد می‌شود (Soto-Jiménez *et al.*, 2001). غلظت مس در بافت نرم حلزون در فصل تابستان به‌طور معنی‌داری بیشتر از فصل زمستان بود ($P < 0.05$). این عنصر جزو فلزات سنگین ضروری برای جانوران به‌ویژه نرم‌تنان به شمار می‌رود (Caussy *et al.*, 2003). مس در ساختار رنگدانه هموسیانین به کار می‌رود که رنگدانه تنفسی نرم‌تنان می‌باشد. از این رو نرم‌تنان بویژه شکم پایان قادرند غلظت‌های بالایی از مس را بدون آشکار شدن علائم سمیت در بدن خود ذخیره نمایند (Vázquez-Sauceda *et al.*, 2011). افزایش دمای آب، کاهش اکسیژن محلول آب و همچنین بالا بودن میزان متابولیسم در فصل تابستان موجب می‌گردد برای افزایش راندمان تنفس نیاز به عنصر مس افزایش پیدا کند و در نتیجه غلظت آن در بدن افزایش بیشتر می‌شود. در فصل زمستان غلظت فلز مس در صدف حلزون بین ایستگاه‌های مختلف دارای تفاوت معنی‌داری بود. حلزون‌های ایستگاه‌های گودزباله و اسکله آدریاد مقدار فلز مس بیشتری را در بافت نرم خود داشتند. حلزون‌های مربوط به این ایستگاه‌ها با توجه به شکل محل زیست خود نسبت به دیگر حلزون‌ها مدت زمان بیشتری را در طول دوره‌های جزر و مدی خارج از آب قرار گرفته و در این صورت در شرایط استرس تنفسی بیشتر می‌باشند. بنابراین غلظت بیشتر فلز مس در بافت نرم این حلزون‌ها ناشی از تقاضای این موجودات برای ساختن رنگدانه‌های تنفسی بیشتر می‌باشد. فلزات سرب و کادمیوم از عناصر ضروری برای متابولیسم موجودات نیستند و حتی مقدار کم آن نیز باعث ایجاد سمیت در بدن موجود می‌گردد (Dennis *et al.*, 2005).

موجودات آبی از جمله نرم‌تنان دارای دستگاه‌های پیشرفته دفعی نیستند و فرآیند دفع با سرعتی آهسته انجام می‌پذیرد بنابراین هنگامی که غلظت این فلزات در محیط آبی افزایش می‌یابد و دسترسی زیستی موجودات نسبت به این آلاینده‌ها به‌سهولت انجام می‌پذیرد در این حالت سرعت ورود بیشتر از سرعت دفع آن توسط دستگاه دفعی موجود می‌شود که موجب می‌شود آلاینده در بافت بدن موجود تجمع یابد. باند شدن فلزات سنگین به متالوتیونین و توزیع فلزات سنگین در بافت‌های مختلف مانند صدف از جمله راهکارهایی است که این موجودات با استفاده از آن میزان فلزات را در بدن خود تنظیم کنند و عمل سمیت زدایی ناشی از تجمع بیش از حد این فلزات انجام دهند (Simes *et al.*, 2003). غلظت فلز کادمیوم در رسوب و صدف حلزون بسیار ناچیز و قابل سنجش نبود درحالی‌که میزان آن در بافت نرم بسیار بالاتر بود. چنین استنباط می‌شود که

جدول ۷. غلظت فلزات مس، روی، نیکل، سرب و کادمیوم در سایر مطالعات مشابه (میکروگرم بر گرم وزن خشک)

منطقه	گونه	Zn	Pb	Ni	Cu	Cd	منبع
کانال سوئز	<i>T. carinifera</i>	۸۹	۳۰/۲	-	۱۷/۴	-	Ibrahim and El-Regal, 2014
تایوان	<i>T. clavigera</i>	۳۲۶	۱/۱	-	۲۰۲	۱/۲	Jeng et al., 2000
مالزی	<i>T. clavigera</i>	۸۰-۸۶	-	-	۷۱-۲۱۵	۲/۶-۵/۷	Timur, 2014
مالزی	<i>T. aculeate</i>	۱۵۸/۴	۰/۶	-	۱۵۰/۳	۱۱/۳	Mat Amin et al., 2006
هرمزگان	<i>T. mutabilis</i>	-	-	۲/۶-۳/۸	-	۴/۴-۱۳	Astani et al., 2012
جزیره خارگ	<i>T. savignyi</i>	۱۶۲	۳۳/۹	۱۱/۲	۴۵۴	۱۴/۸	مطالعه حاضر

گونه مورد مطالعه به علت عدم توانایی دفع موثر فلز کادمیوم قادر است غلظت‌های بالاتری از آنچه که در محیط پیرامون آن وجود دارد را در خود تجمع دهد. مقایسه نتایج به دست آمده در این تحقیق با گونه‌ها و جنس‌های مشابه در خلیج فارس و سایر نقاط جهان (جدول ۷) مؤید این نکته است (Mat Amin et al., 2006; Astani et al., 2012; Nicolaidou and Nott, 1998; Duysak and Ersoy, 2014). مطالعه تجمع فلزات سنگین در بافت نرم و سخت صدف *patella aspera* نیز نشان داد که این نرم‌تن به منظور سم‌زدایی فلزات غیرضروری و فلزهای ضروری که بیش از حد نیاز جذب شده‌اند از صدف خود به‌عنوان یک محل ذخیره استفاده می‌کند (Cravo et al., 2004).

در جدول ۸ نتایج حاصل از سنجش فلزات سنگین مس، کادمیوم و نیکل در بافت نرم حلزون جزیره خارگ با استانداردهای سلامت جهانی (WHO)، سازمان خوار و بار جهانی (FAO)، انجمن کشورهای اروپایی (EC) و استاندارد سازمان غذا و داروی آمریکا (US FAD) مقایسه شده است. با توجه به مقادیر ذکر شده در جدول غلظت فلزات نیکل و کادمیوم از تمام استانداردهای نام برده بیشتر بود درحالی‌که غلظت فلز مس از استانداردهای WHO و FAO بیشتر و از استاندارد US FDA کمتر بود. غلظت فلزات سرب و روی نیز از استانداردهای موجود کمتر بود.

مقایسه نتایج به دست آمده در این تحقیق با سایر مطالعات و استانداردهای موجود نشان داد که غلظت کلیه فلزات سنگین در رسوب جزیره خارگ کمتر از حد مجاز بود و در بین حدود اعلام شده در سایر مطالعات قرار داشت. درحالی‌که در بافت نرم حلزون غلظت فلزات مس، نیکل، سرب و کادمیوم بالاتر از حد استاندارد بود. نتایج نشان داد که حلزون *Tylothais savignyi* توانایی قابل توجهی در تجمع دادن فلزات در بافت نرم خود دارد. تجمع فلز کادمیوم در بافت نرم حلزون علیرغم ناچیز بودن مقدار این فلز در رسوب مبین این مطلب است که بافت نرم حلزون سنگی قابلیت خوبی برای پایش فلز کادمیوم دارد ولی با توجه به سطوح پایین کادمیوم در رسوب نیاز است که پژوهش دیگری به‌منظور مطالعه همبستگی بین غلظت این فلز در رسوب و حلزون در مکان‌هایی با آلودگی بیشتر صورت پذیرد.

جدول ۸. مقایسه میانگین غلظت فلزات سنگین در بافت نرم حلزون *T. savignyi* با استانداردهای مختلف (میکروگرم بر گرم در وزن تر)

استاندارد	Zn	Pb	Ni	Cu	Cd	منبع
WHO	۶۰	۰/۲	۰/۲	۱۰	۰/۲	Shulkin and Presley, 2003
FAO	۴۰	۰/۵	۰/۵	۳۰	۰/۷۵	Shulkin and Presley, 2003
EC	---	---	---	---	۰/۷۵	Sivaperumal et al., 2007
حلزون	۳۶	۷/۷۵	۱/۵۷	۷۵/۶۵	۲/۴۸	مطالعه حاضر

WHO = World Health Organization

FAO = Food and Agriculture Organization

EC = European Commission

تشکر و قدردانی

از مسئولین محترم اداره محیط‌زیست جزیره خارگ به دلیل مساعدت در امر نمونه برداری تشکر به عمل می‌آید.

منابع

- AbdAllah, A.T., Moustafa, M.A. 2002. Accumulation of lead and cadmium in the marine prosobranch *Nerita saxtilis*, chemical analysis, light and electron microscopy. *Environmental Pollution*. 116: 185-191. (in Persian)
- Astani, M., Vosoughi, A.R., Salami, A., Ebrahimi, I. 2012. Comparative study of heavy metal (Cd, Fe, Mn, and Ni) concentrations in soft tissue of gastropod *Thais mutabilis* and sediments from intertidal zone of Bandar Abbas. *Advances in Environmental Biology*. 6(1): 319-326. (in Persian)
- Bazzi, A.O. 2014. Heavy Metals In Seawater, Sediment and Marine Organisms In The Gulf Of Chabahar, Oman Sea. *Journal of Oceanography and Marine Science*. 5(3): 20-29. (in Persian)
- Blackmore, G. 1998. An overview of trace metal pollution in the coastal waters of Hong Kong. *The Science of the Total Environment*. 214: 24-48.
- Buchman, M.F. 2008. NOAA screening quick reference Tables, NOAA OR and R Report 08-1, Seattle WA, Office of Response and Restoration Division National Oceanic and Atmospheric Administration. 34 p.
- Caussy, D., Gochfeld, M., Gurzau, E., Neagu, C., Ruedel, H. 2003. Lessons from case studies of metals: Investigating exposure, Bioavailability and risk. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 56: 45-51.
- Cervantes, A.M., Jiménez-Cárceles, F.J., Álvarez-Rogel, J. 2009. As, Cd, Cu, Mn, Pb and Zn contents in sediments and mollusks (*Hexaplex Trunculus* and *Tapes Decussatus*) from coastal zones of a Mediterranean Lagoon (Mar Menor, Se Spain) Affected by mining wastes. *Water Air Soil Pollution*. 200: 289 -304.
- Chakraborty, P., Sarkar, A., Vudamala, K., Naik, R., Nath, B.N. 2015. Organic matter a key factor in controlling mercury distribution in estuarine sediment. *Marine Chemistry*. 173: 302-309.
- Cravo, A., Foster, P., Bebianno, M.J. 2004. Minor and trace elements in the shell of *patella aspera*. *Environmental International*. 28: 295-302.
- Dadolahi, A., Nazarizadeh, M. 2013. Heavy metals contamination in sediments from the North of the Strait of Hormuz. *Journal of the Persian Gulf*. 4: 39-46. (in Persian)
- Delman, O., Demirak, A., Balci, A. 2006. Determination of heavy metals (Cd, Pb) and trace elements (Cu, Zn) in sediments and fish of the southeastern Aegean sea (Turkey) by atomic absorption spectrometry. *Food Chemistry*. 26: 157-162.
- Dennis, A., Robinson I., Johanson, E. 2005. Relationships between heavy metal levels in the water column and sediment in a Palachicola bay Florida. *American Journal of Environmental Science*. 1: 179- 186.
- Duysak, Ö., Ersoy, B. 2014. A Biomonitoring study: Heavy metals in *Monodonta turbinata* (Mollusca: Gastropoda) from Iskenderun Bay, North-Eastern Mediterranean. *Pakistan Journal Zoology*. 46: 1317-1322.
- Ibrahim, N.k., El-Regal, M.A.A. 2014. Heavy metals accumulation in marine edible molluscs, Timsah Lake, Suez Canal, Egypt. *ARNP Journal of Science and Technology*. 4(4): 282-288. (in Persian)
- Idris, A.M., Eltayeb, M.A.H., Van grieken, R., Potgieter, J.H. 2007. Assessment of heavy metals pollution in Sudanese harbours along Red Sea Coast. *Microchemical Journal*. 87(3): 104-112.
- Ismail, A., Safahieh, A. 2004. Copper and Zinc in intertidal surface sediment and *Telescopium telescopium* from Lukut River, Malaysia. *Coastal Marine Science*. 29(2): 111-115.
- Jeng, M.S., Jeng, W.L., Hung, T.C., Yeh, C.Y., Tseng, R.J., Meng, P.J., Han, B.C. 2000. Mussel watch: a review of Cu and other metals in various marine organisms in Taiwan. 1991-98. *Environmental Pollution*. 110: 207-215.
- Katsiki, 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: 31-44.

- Lafabrie, G., Pergent, G., Kantin, R., Pergent- Martini, C., Gonzalez, A. 2007. Trace metals assessment in water, sediment, mussel and seagrass species – Validation of the use of *Posidonia oceanica* as a metal biomonitor. *Chemosphere*. 68: 2033-2039.
- Lattemann, S., Hopner, T. 2008. Environmental impact and impact assessment of seawater desalination. *European Desalination Society and Center for Research and Technology Hellas*. 220(3): 1-15.
- Mat Amin, N., Mamat, J., Shazili, M., Azhar, N. 2006. Analysis of heavy metals in soft tissues of *Thais Aculeata*, a gastropod taken from Chendering Beach, Terengganu as an attempt to search for indicator of heavy metal pollution in the aquatic environment. *International Conference on Natural Resources Engineering and Technology*. 24(1): 54-59.
- Mezher, T., Fath, H., Abbas, Z., Khaled, A. 2011. Techno-economic assessment and environmental impacts of desalination technologies. *Desalination*. 266: 263-273.
- Morales-Hernández, F., Soto-Jiménez, M., Páez-Osuna, F. 2004. Heavy metals in sediments and lobster (*Panulirus gracilis*) from the discharge area of the submarine sewage outfall in Mazatlán Bay (SE Gulf of California). *Archive of Environmental Contamination and Toxicology*. 46: 485-91.
- Nicolaidou, A., Nott, J.A. 1998. Metals in sediment, seagrass and gastropods near a nickel smelter in Greece: possible interactions. *Marine Pollution Bulletin*. 36: 360-365.
- Nicholson, S., Lam, P.K.S. 2005. Pollution monitoring in Southeast Asia using biomarker in mytilid mussel *Perna viridis* (Mytilidae: Bivalvia). *Environment International*. 31: 121-132.
- Raeisi Sarasiab, A., Mirsalari, Z., Hosseini, M. 2014. Distribution and Seasonal variation of heavy metal in surface sediments from Arvand River, Persian Gulf. *Marine Science Research and Development*. 4(3): 1-6. (in Persian)
- Rai, P.K. 2009. Heavy metal phytoremediation from aquatic ecosystems with special reference to macrophytes. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*. 39: 697-753.
- Simes, D.C., Bebianno, M.J., Moura, J.J. 2003. Isolation and characterisation of metallothionein from the clam *Ruditapes decussatus*. *Aquatic toxicology*. 63: 307-318.
- Simpson, S.L., Batlry, G.E. 2007. Predicting metals toxicity in Sediments: A critique of current approaches. *Integrated Environmental Assessment and Management*. 3(2): 18-31.
- Sivaperumal, P., sankar, T.V., viswanathan Nair, P.G. 2007. Heavy metal concentrations in fish, shellfish and fish products from internal markets of India vis-a-vis international standards. *Food Chemistry*. 102(3): 612-620.
- Shulkin, V.M., Presley, B.J. 2003. Metal concentration in mussel *Crenomytilus grayanus* and oyster *Crassostrea gigas* in relation to contamination of ambient sediment. *Environment International*. 29: 493- 502.
- Soto-Jiménez, M., Páez-Osuna, F., Morales- Hernández, F. 2001. Selected trace metals in oysters (*Crassostrea iridescens*) and sediments from the discharge zone of the submarine sewage outfall in Mazatlán Bay (south east Gulf of California): Chemical fractions and bioaccumulation factors. *Environmental Pollution*. 114(3): 357-70.
- Timur, P. 2014. Trace Metals in *Thais clavigera* along coastal waters of the east coast of Peninsular Malaysia. *Sains Malaysiana*. 43: 529-534.
- Vázquez-Sauceda, M.D.L., Aguirre-Guzmán, G., Sánchez-Martínez, J., Pérez-Castañeda, R. 2011. Cadmium, Lead and Zinc concentrations in water, sediment and oyster (*Crassostrea virginica*) of San Andres Lagoon, Mexico. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*. 86(4): 410-414.
- Yi, Y.J., Yang, Z.F., Zhang, S.H. 2011. Ecological risk assessment of heavy metals in sediment and human health risk assessment of heavy metals in fishes in the middle and lower reaches of the Yangtze River Basin. *Environmental Pollution*. 159: 2575-2585.
- Yap, C.K., Cheng, W.H. 2013. Distributions of heavy metal concentrations in different tissues of the mangrove snail *Nerita lineata*. *Sains Malaysiana*. 42(5): 597-603.
- Yap, C.K., Ismail, A., Tan, S.G., Abdul Rahim, I. 2003. Can the shell of the Green-lipped mussel *Perna viridis* from the west coast of Peninsular Malaysia be a potential biomonitoring material for Cd, Pb and Zn? *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 57: 623-630.

- Yap, C.K., Noorhaidah, A., Azlan, A., Ismail, A., Siraj, S.S., Tan. S.G. 2009. *Telescopium telescopium* as potential biomonitors of Cu, Zn, and Pb for the tropical intertidal area. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 72: 496-506.
- Zhang, H., Shan, B. 2008. Historicals records of heavy metals accumulation in sediment and the relationship with agricultural intensification in the Yangtze-Huaihe region, China. *Science of the Total Environment*. 399: 113-120.