

## تعیین سطح ناپاکی رسوبات ساحلی استان بوشهر نسبت به فلزات سنگین (Cu, Pb, Ni, Cd)

سمیه حبیبی<sup>۱</sup>، علیرضا صفاهیه<sup>۱</sup> و حسین پاشا زانوسی<sup>۲</sup>

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

گروه فیزیک دریا، دانشکده علوم دریایی و اقیانوسی، دانشگاه علوم و فنون دریایی

### چکیده

برای مطالعه فلزات سنگین در سواحل استان بوشهر ۵ ایستگاه که شامل خوریات و بنادر استان می باشد مورد بررسی قرار گرفت. از هر ایستگاه سه نمونه رسوب جمع آوری شد. نمونه ها طی دو فصل از زمستان ۱۳۸۷ تا تابستان ۱۳۸۸ جمع آوری گردید. نمونه ها پس از خشک شدن و هضم به روش هضم اسیدی بوسیله دستگاه جذب اتمی با شعله مورد سنجش قرار گرفتند. نتایج بیانگر این است که غلظت فلز مس، نیکل، سرب و کادمیوم به ترتیب ۱۴/۵۴، ۵۵/۳۱، ۱۵/۱۳ و ۰/۷۶ میکروگرم بر گرم در وزن خشک مشاهده گردید. مقدار میانگین غلظت فلزات در ایستگاه های مختلف بجز فلز کادمیوم در فصل زمستان دارای اختلاف معنی داری بود. تغییرات فصلی بر روی میزان غلظت فلزات تاثیر داشته بطوری که در فصل زمستان مقدار غلظت فلزات کمتر از فصل تابستان بوده است. بطور کلی غلظت فلزات در رسوب منطقه مورد مطالعه در محدوده دیگر مطالعات انجام شده در منطقه خلیج فارس بوده و از حدود استاندارد تعیین شده برای رسوبات کمتر مشاهده شد و در آخر در بین ایستگاه های مطالعه شده، ایستگاه های ریگ و شیف غلظت بالاتری از فلزات را نشان دادند.

**واژگان کلیدی:** فلزات سنگین، غلظت، سطح ناپاکی، هضم اسیدی، بوشهر، جذب اتمی

## ۱. مقدمه

بخصوص فلزات سنگین را در این محیط ها افزایش دهند (Morillo et al., 2004).

فلزات سنگین از مهمترین آلاینده های پایدار و مضر در بین این ترکیبات می باشند. عناصر سنگین بطور طبیعی در اکوسیستم ها وجود دارند و تعدادی از آنها در بقاء موجودات زنده نقش حیاتی دارند (Demirak et al., 2006). اما در صورتی که غلظت آنها از حد معینی فراتر رود، ممکن است باعث تغییر در روند طبیعی اکوسیستم های آبی و عملکرد صحیح اندام های آبیان شوند (Canli and Atli, 2003). بخشی از فلزات سنگین پس از ورود به محیط های آبی به صورت محلول در می آیند. مقداری از این فلزات نیز توسط پیوند های سست سولفیدی و یا آلی به ذرات معلق متصل می شوند. ذرات معلق حاوی فلزات سنگین در صورت ته نشین شدن به کف می رسند و به مرور در رسوبات تجمع می یابند (Pote et al., 2008). که میزان تجمع فلزات به ساختار شیمیایی رسوبات، نوع ترکیبات موجود در آب، نرخ رسوب گذاری عناصر، شرایط فیزیکی و شیمیایی آنها (یونی، کمپلکسی) و همچنین ویژگی های فیزیکی شیمیایی آب از نظر pH، قلیائیت، وجود تجمع دهنده ها و غلظت اکسیژن محلول بستگی دارد (Karsten et al., 2008).

این مطالعه با هدف مطالعه تجمع غلظت فلزات سنگین (Ni, Cu, Pb, Cd) در رسوب سواحل بوشهر طی دو فصل سرد و گرم، مقایسه غلظت این فلزات در ایستگاه های مختلف و همچنین مقایسه غلظت این فلزات در رسوب با استاندارد های جهانی انجام پذیرفت.

اصولا رسوبات به عنوان بزرگ ترین انبار برای ذخیره آلاینده ها در محیط های آبی و همین طور جایگاهی خاص برای نا پاکی هایی که می توانند برای دوره های طولانی از زمان باقی بمانند، می باشد (Gagnon and Fisher, 1997).

یکی از دلایلی که سبب اهمیت بررسی مواد متشکله رسوبات می شود این است که بسیاری از گونه های زیستی بخش اعظم دوره زندگی خود را در محیط رسوبی یا روی آن می گذرانند. از این رو مواد موجود در رسوبات از طریق چرخه زیستی وارد بدن موجودات دیگر و همچنین انسان می شود فلزات سنگین پس از ورود به یک منبع آبی بتدریج در بستر آن به صورت های مختلف همچون فاز معدنی جامد، جذب سطحی به رسوبات دانه ریز و یا بقایای مواد آلی، تجمع می یابند (Clark, 1997).

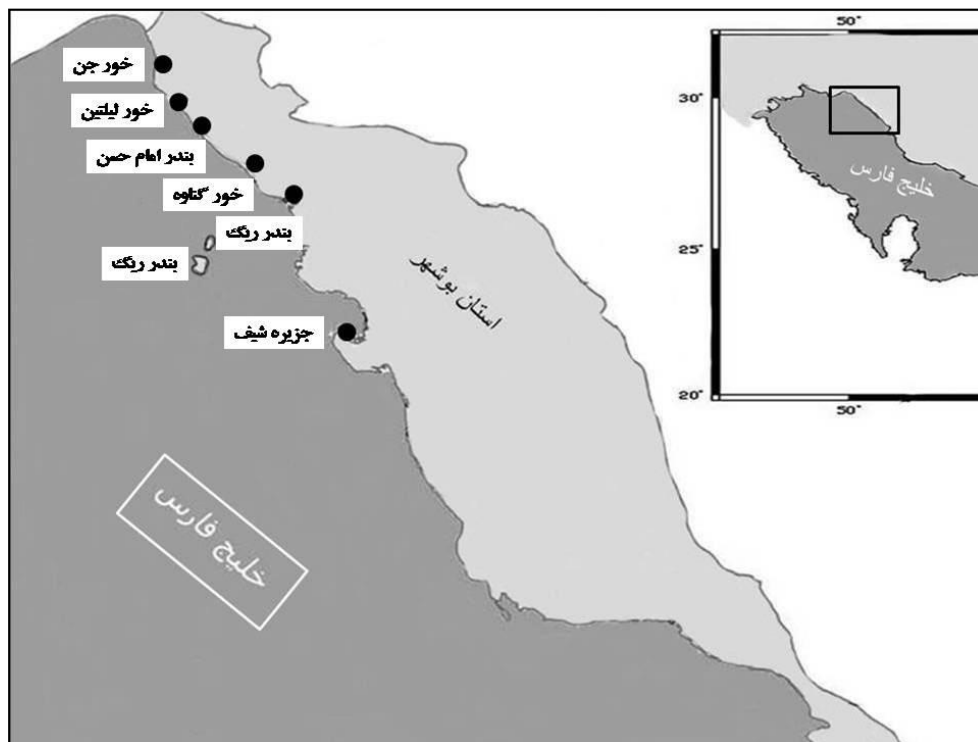
مهمترین منابع آلوده کننده سواحل دفع و تخلیه فضولات کشتی ها، تخلیه آب توازن و مواد نفتی از شناور های کوچک و بزرگ و فاضلاب ناشی از صنایع می باشد. پساب های مناطق روستایی و کشاورزی و آلودگی های ناشی از پسماند های جامد که عمدتاً از طریق شناور های صیادی و بعضاً مناطق روستایی وارد آب دریایی شوند، دیگر منابع آلوده کننده سواحل می باشند (امینی رنجبری و میرکی، ۱۳۸۵).

مطالعات مختلف نشان دادند که پسماند های ناشی از فعالیت های انسانی در صورت ورود به اکوسیستم های آبی، می توانند غلظت مواد زائد

## ۲. مواد و روش ها

تابستان ۱۳۸۸ در امتداد خط ساحلی ۵ ایستگاه ذکر شده جمع آوری گردید. نمونه های جمع آوری شده شامل رسوب برداشت شده از عمق ۲۰-۰ سانتی متری (Kanakaraju *et al.*, 2008a) می باشد، از هر ایستگاه ۳ نمونه رسوب جمع آوری شد. نمونه ها را درون کیسه هایی با مشخصات کامل (نام ایستگاه ، فصل نمونه برداری و تاریخ) در یخدانی محتوای یخ پودر شده به فریزر با دمای  $20^{\circ}\text{C}$ - منتقل گردید (Delman *et al.*, 2006).

این بررسی در منطقه بین جذر و مدی برخی سواحل استان بوشهر بین طول جغرافیایی  $53^{\circ}58'$  تا  $29^{\circ}52'$  شمالی و  $50^{\circ}12'48/07''$  غربی تا  $50^{\circ}53'33/19''$  شمالی در ۵ ایستگاه بترتیب از غرب به شرق لیلین، بندر امام حسن، خور گناوه، بندر ریگ و جزیره شیف برای فصل زمستان و در فصل تابستان به جای بندر امام حسن از منطقه خور جن نمونه برداری انجام گرفت. نمونه ها در دو فصل زمستان ۱۳۸۷ و



شکل ۱ موقعیت ایستگاه های نمونه برداری

درون هاون چینی پودر گردیده و از الک استیلی با قطر دهانی ۶۳ میکرون عبور داده شد (Yap *et al.*, 2002). نمونه ها تا مرحله هضم درون ظروف پلی اتیلنی نگهداری شدند (Ozden, 2009).

نمونه های رسوب را از فریزر خارج گردیده تا در دمای آزمایشگاه یخ زدایی شود. نمونه مقداری از نمونه ها را در فویل آلومینیومی ریخته و سپس به مدت حداقل ۱۶ ساعت در آن با دمای  $^{\circ}\text{C}$  ۱۰۵ قرار داده می شود. نمونه های خشک شده

نهایی نمونه (میلی لیتر)  $W$  : وزن نمونه خشک شده (گرم).

پردازش داده ها برای حصول اطمینان از نرمال بودن داده ها از آزمون نرمالیته استفاده شد. کلیه آزمون ها در سطح معنی داری ۰/۰۵ بررسی شد. با استفاده از نرم افزار SPSS (نسخه ۱۱/۵) انجام شد. برای مقایسات میانگین غلظت فلزات در ایستگاه های مختلف از روش آماری آنالیز واریانس یک طرفه، در صورت وجود اختلاف معنی دار جهت مقایسات چندگانه از پس آزمون Tukey استفاده گردید.

### ۳. نتایج

در جدول ۱ مقادیر حداکثر، حداقل، میانگین و انحراف معیار فلزات سنگین در رسوبات ایستگاه های بین جذر و مدی بوشهر در دو فصل تابستان و زمستان و در جدول ۳ و ۲ تغییرات غلظت فلزات سنگین در ۵ ایستگاه و دو فصل مشاهده می شود. چنانچه از مقادیر جدول پیداست میانگین کل در نمونه های رسوب از توالی  $Ni > Cu > Pb > Cd$  برخوردار است.

برای انجام عمل هضم، ۱ گرم رسوب خشک و پودر شده، با ۱۰ میلی لیتر مخلوط اسید نیتریک غلیظ (Merck, ۶۵٪) و اسید پیرکلریک (Merck, ۶۰٪) به نسبت ۴:۱ به درون لوله آزمایش ریخته می شود. برای هضم اولیه، بالن در دمای  $40^{\circ}C$  بمدت ۱ ساعت و سپس برای هضم کامل، نمونه به مدت ۴ ساعت در دمای  $140^{\circ}C$  بر روی دستگاه هضم (Hot block digester) قرار می گیرد. بعد از سرد شدن محلول در دمای آزمایشگاه، بوسیله آب دوبار تقطیر به حجم ۴۰ میلی لیتر رسانده و سپس از کاغذ صافی واتمن ۴۲ عبور داده می شود (Yap et al., 2002). برای تعیین غلظت فلزات سنگین از دستگاه جذب اتمی با شعله، مارک GBC مدل SavantAAΣ استفاده شد. محاسبه غلظت نهایی فلز با استفاده از روش زیر بر حسب میکروگرم بر گرم در وزن خشک صورت گرفت.

$$M = C.V/W$$

$M$  : غلظت فلز در نمونه (میکروگرم بر گرم)  $C$  : غلظت فلز در نمونه (میلی گرم بر لیتر)  $V$  : حجم

جدول ۱ مقادیر حداکثر، حداقل، میانگین و انحراف معیار فلزات سنگین در رسوبات (میکروگرم بر گرم)

فلزات	حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف معیار
Cu	۵/۶۰	۲۵/۲۰	۱۴/۵۴	۵/۷۱
Ni	۱۹/۶۷	۶۶/۰۴	۴۹/۷۸	۱۱/۰۳
Pb	۷/۹۶	۲۳/۵۶	۱۳/۲۵	۳/۴۷
Cd	۰/۶۴	۰/۹۶	۰/۷۶	۰/۰۸

تفاوت معنی داری مشاهده نشد و همین طور بین دو ایستگاه لیلین و امام حسن نیز اختلافی وجود نداشت ولی بین ایستگاه های گناوه، ریگ و شیف

میانگین اعداد فلز کادمیوم فصل زمستان  $0.08 \pm 0.08$  بود. در مورد فلز کادمیوم بین ایستگاه های امام حسن، گناوه، ریگ و شیف

غلظت را نسبت به دیگر ایستگاه ها و ایستگاه امام حسن (۶۱/۱۳±۰/۶۱) کمترین غلظت را نشان داد (جدول ۲). در مورد میزان فلز مس فصل تابستان میانگین داده ها ۱۸/۱۴±۵/۳۷ میکروگرم بر گرم مشاهده شد. مقایسه میانگین غلظت مس در ایستگاه های مختلف تفاوت معنی داری را بین ایستگاه های مختلف نشان داد. در مورد مس در ایستگاه های گناوه و ریگ بدون اختلاف معنی دار می باشند. ایستگاه های گناوه (۲۳/۶۰±۱/۴۴) و ریگ (۲۳/۴۰±۱/۱۰) بطور معنی داری بیشترین غلظت را نسبت به دیگر ایستگاه ها و ایستگاه خور جن (۱۰/۸۶±۰/۱۲) کمترین غلظت را نشان داد (جدول ۳).

با ایستگاه لیلتن اختلاف معنی دار مشاهده گردید. ایستگاه لیلتن (۰/۹۲±۰/۰۳) بیشترین مقدار کادمیوم را نشان داد (جدول ۲). میانگین کلی فصل تابستان فلز کادمیوم ۰/۷۳±۰/۰۷ مشاهده شد. مقایسه میانگین غلظت کادمیوم در ایستگاه های مختلف تفاوت معنی داری را بین ایستگاه های مختلف نشان نداد (جدول ۳).

میزان فلز مس فصل زمستان موجود در نمونه های آنالیز شده دارای میانگین ۱۰/۹۴±۳/۳۰ میکروگرم بر گرم بود. مقایسه میانگین غلظت مس در ایستگاه های مختلف تفاوت معنی داری را بین ایستگاه های مختلف نشان داد. این فلز در ایستگاه شیف (۱۴/۵۴±۰/۵۹) بطور معنی داری بیشترین

جدول ۲ میزان فلز سنگین رسوبات زمستان (میانگین ± انحراف معیار) بر حسب میکروگرم بر گرم

ایستگاه ها	کادمیوم	مس	نیکل	سرب
خور لیلتن	۰/۹۲±۰/۰۳	۱۳/۳۶±۰/۳۳	۵۲/۳۲±۶/۶۳	۱۱/۱۴±۱/۲۲
بندرامام حسن	۰/۸۲±۰/۰۲	۶/۱۳±۰/۶۱	۲۱/۹۱±۲/۰۶	۸/۵۶±۰/۵۲
خور گناوه	۰/۷۸±۰/۰۶	۱۲/۱۳±۱/۲۸	۴۲/۶۴±۸/۱۳	۱۲/۴۳±۱/۱۰
بندر ریگ	۰/۷۲±۰/۰۴	۸/۵۵±۰/۶۰	۵۲/۲۶±۱/۸۸	۱۲/۸۱±۱/۱۰
جزیره شیف	۰/۷۶±۰/۰۶	۱۴/۵۴±۰/۵۹	۵۲/۱۶±۰/۷۲	۱۱/۹۵±۱/۷۸

میزان میانگین فلز نیکل ۴۹/۷۸±۱۱/۰۳ میکروگرم بر گرم مشاهده شد. مقایسه میانگین غلظت نیکل در ایستگاه های مختلف تفاوت معنی داری را بین ایستگاه های مختلف نشان داد. در مورد فلز نیکل بین ایستگاه های لیلتن و خور جن تفاوت معنی داری مشاهده نشد. بیشترین غلظت فلز نیکل نیز در این دو ایستگاه (۴۲/۳۸±۴/۱۳ و ۶۲/۳۳±۱/۶۰) مشاهده شد (جدول ۳).

میانگین کل برای فلز نیکل در فصل زمستان ۴۲/۹۲±۱۳/۷۳ میکروگرم بر گرم بود. مقایسه میانگین غلظت نیکل در ایستگاه های مختلف تفاوت معنی داری را بین ایستگاه های مختلف نشان داد. برای فلز نیکل بین ایستگاه های لیلتن، گناوه، ریگ و شیف تفاوت معنی داری مشاهده نشد در حالی که با ایستگاه امام حسن اختلاف معنی دار بود. کمترین غلظت فلز در ایستگاه امام حسن (۲۱/۹۱±۲/۰۶) مشاهده شد (جدول ۲). همین طور برای فصل تابستان

کمترین غلظت در ایستگاه امام حسن ( $۸/۵۶ \pm ۰/۵۲$ ) مشاهده شد (جدول ۲). در مورد فلز سرب فصل تابستان میانگین کل  $۱۳/۲۵ \pm ۳/۴۷$  مشاهده گردید. مقایسه میانگین غلظت سرب در ایستگاه های مختلف تفاوت معنی داری را بین ایستگاه های مختلف نشان داد. برای فلز سرب ایستگاه های لیلین، خور جن، گناوه و شیف با هم مشابه ولی با ایستگاه ریگ دارای اختلاف معنی دار بودند. بیشترین غلظت در ایستگاه ریگ ( $۲۱/۹۵ \pm ۱/۹۱$ ) مشاهده شد (جدول ۳).

میانگین داده های فلز سرب فصل زمستان  $۱۱/۳۸ \pm ۱/۸۷$  مشاهده شد. مقایسه میانگین غلظت سرب در ایستگاه های مختلف تفاوت معنی داری را بین ایستگاه های مختلف نشان داد. برای فلز سرب بین ایستگاه های لیلین، گناوه، ریگ و شیف تفاوت معنی داری مشاهده نشد و همین طور بین دو ایستگاه لیلین و امام حسن نیز اختلافی وجود نداشت ولی بین ایستگاه های گناوه، ریگ و شیف با ایستگاه امام حسن اختلاف مشاهده گردید. بیشترین غلظت در ایستگاه های گناوه ( $۱۲/۴۳ \pm ۱/۱۰$ ) و ریگ ( $۱۲/۸۱ \pm ۱/۱۰$ ) و

جدول ۳ میزان فلز سنگین رسوبات تابستان (میانگین  $\pm$  انحراف معیار) بر حسب میکروگرم بر گرم

ایستگاه ها	مس	نیکل	سرب	کادمیوم
خور لیلین	$۱۳/۶۳ \pm ۰/۶۶$	$۶۲/۳۸ \pm ۴/۱۳$	$۱۲/۶۹ \pm ۱/۳۹$	$۰/۶۸ \pm ۰/۰۵$
خور جن	$۱۰/۸۶ \pm ۰/۱۲$	$۵۱/۳۳ \pm ۱/۶۰$	$۱۳/۶۲ \pm ۱/۰۰$	$۰/۷۸ \pm ۰/۰۸$
خور گناوه	$۲۳/۶۰ \pm ۱/۴۴$	$۵۳/۴۶ \pm ۳/۸۵$	$۱۳/۱۴ \pm ۰/۸۶$	$۰/۸۰ \pm ۰/۰۸$
بندر ریگ	$۲۳/۴۰ \pm ۱/۱۰$	$۵۶/۳۲ \pm ۰/۰۰$	$۲۱/۹۵ \pm ۱/۹۱$	$۰/۶۷ \pm ۰/۰۴$
جزیره شیف	$۱۹/۲۱ \pm ۰/۶۷$	$۵۳/۰۶ \pm ۱/۰۰$	$۱۴/۲۳ \pm ۱/۰۶$	$۰/۷۰ \pm ۰/۰۲$

ورودی و جریانات آبی مواجه می گردد، در نتیجه مواد آلی و معلق محتوای فلزات در بستر دریا ته نشست می یابد و غلظت فلزات سنگین تجمع یافته در مواد معلق و مواد آلی رسوب بستر به حداکثر خود رسیده و نسبت به فصل زمستان افزایش قابل ملاحظه ای را نشان می دهد. در کلیه سواحل استان بوشهر دو عامل اصلی جهت جریان های دریایی و جهت وزش باد های غالب منطقه (باد های قوس و شمال)، باعث جابجایی آلاینده ها می شوند (آیین جمشیدی، ۱۳۸۷).

میانگین غلظت فلزات موجود در رسوبات، در هر دو فصل بین ایستگاه های مختلف اختلاف معنی

غلظت هر چهار فلز مس، نیکل، سرب و کادمیوم رسوب برای هر دو فصل اختلاف معنی داری داشته است. غلظت فلزات در فصل تابستان بیشتر از فصل زمستان مشاهده شد.

یکی از عوامل موثر بر میزان غلظت فلزات سنگین در بستر، مواد آلی و معلق موجود در آب است (Pote et al., 2008). در فصل زمستان بر اثر بارش، وزش بادهای و جریانات آبی، تلاطم و برهم زنی آب های افزایش می یابد. با افزایش آشوب های دریایی و افزایش بار مواد معلق رسوبی، جذب فلزات از آب توسط ذرات معلق، بالا می گیرد. در تابستان که منطقه با کاهش رواناب های

دریا و خورها بوسیله جریانات و دینامیک حرکت آب ها کنترل می شود (Maanan, 2003). منطقه امام حسن بعثت شرایط خاص (باز بودن منطقه و نداشتن اسکله ساحلی بزرگ جهت گرفتن اثرات امواج) میزان تلاطم و آشوب های دریایی<sup>۱</sup> بیشتری را دارا می باشد. در نتیجه مواد معلق در آب فرصت ته نشینی کمتری را خواهند داشت. که ممکن است این عوامل دلیل کم بودن میزان میانگین غلظت فلزات مس، نیکل، سرب و کادمیوم در ایستگاه امام حسن باشد.

در اطراف ایستگاه های نمونه برداری مناطق مسکونی قرار دارند و فاضلاب این مناطق به صورت تصفیه نشده وارد محیط دریایی می شود. این عامل خود می تواند باعث افزایش آلاینده های مختلف از جمله فلزات در این ایستگاه ها شود. از جمله این ایستگاه ها، ایستگاه شیف می باشد. این منطقه به دلیل جدایی از خشکی، فاضلاب های خود را بدون تصفیه بطور کلی در آب دریا تخلیه می کنند. تنها راه ارتباطی جزیره با خشکی از طریق قایق های موتوری و چوبی می باشد، از طرفی آلاینده های حاصل از شهر صنعتی بوشهر، که در نزدیکی این جزیره واقع شده، ممکن است باعث بالا بودن مس این منطقه شده باشد. Kilemade و همکاران در سال ۲۰۰۴ غلظت فلزات سنگین کادمیوم، سرب، مس و روی را در رسوبات بندر Cork اندازه گیری کردند و دریافتند که این رسوبات دارای غلظت بالایی از این فلزات سنگین می باشد. علت وجود این آلودگی ها را

<sup>۱</sup>Turbation

داری را نشان داد ( $P < 0.05$ ). ولی برای فلز کادمیوم بین ایستگاه های مختلف در فصل تابستان تفاوت معنی داری مشاهده نشد ( $P > 0.05$ ).

سرب برای ساخت مواد مختلف، در صنایع مکانیکی، ساخت باتری، کابل، مواد رنگی یا رنگ دانه ها، گازوئیل و بنزین به کار می رود (Belitz et al., 2001). تمامی ایستگاه های مورد مطالعه دارای فعالیت های صیادی با استفاده از شناور های صیادی و تردد کشتی می باشند. در نتیجه تردد این شناور ها باعث افزایش آلاینده ها از جمله فلزاتی مانند مس، سرب در این مناطق می شود و غلظت این فلزات را در این ایستگاه ها بالا می برد.

کمترین میزان مس و سرب در ایستگاه امام حسن مشاهده شد. ایستگاه امام حسن در منطقه ای قرار دارد که اصولاً کشتی ها و شناور های کمتری در این منطقه پهلوگیری می کنند و نسبت به سایر ایستگاه ها دارای ترافیک دریایی کمتری می باشد. در بدنه شناور ها از رنگ ها به عنوان عامل محافظت کننده، استفاده می شود. همانطوری که ذکر شد، این رنگ ها حاوی سرب و مس می باشند. لذا با کاهش تردد کشتی ها مصرف سوخت های فسیلی نیز کاهش یافته، بنابراین از منابع آلاینده سرب و مس در این ایستگاه کاسته می شود.

Bilos و همکاران در سال ۱۹۹۸ گزارش دادند که تغییرات زیاد فلزات سنگین در رسوب یا ذرات معلق بعثت تغییرات دینامیک آب می باشد. از طرفی عامل اصلی ته نشینی رسوبات در آب ها

ها و صنایع کنار دریا، معادن، گنداب ها و فاضلاب ها است (Dons and Beck, 1993; Huse, 1999). نیکل از جمله عناصر مهم آلاینده محیط زیست و نیز از اجزای تشکیل دهنده نفت می باشد (مرتضوی و همکاران، ۱۳۸۳).

بطور کلی تمامی ایستگاه ها غلظت بالایی از نیکل را نشان دادند که علت آن می تواند به نفت خیز بودن منطقه برگردد. ایستگاه های لیلتن، گناوه، ریگ و شیف در فصل تابستان دارای بالاترین مقدار نیکل بودند. ایستگاه های گناوه، ریگ و شیف در نزدیکی جزیره خارک واقع شده اند. در جزیره خارک فعالیت های نفتی مختلفی صورت می گیرد، در نتیجه امکان نشت نفتی در این منطقه وجود دارد و با توجه به نزدیکی این جزیره به ایستگاه های گناوه، ریگ و شیف، آلاینده های نفتی وارد شده به محیط، اثرات بیشتری را بر روی این ایستگاه خواهد گذاشت و با توجه به اینکه نیکل از اجزای تشکیل دهنده نفت می باشد، لذا ممکن است بالا بودن میزان نیکل در این ایستگاه به این دلیل باشد. در مورد ایستگاه لیلتن جریانات باد قوس که از سمت جنوب به شمال است در طول مسیر خود از حوزه نفتی بحرگان عبور می کند و به لیلتن می رسد. که احتمالاً دلیل بالا بودن این فلز در لیلتن وجود این حوزه نفتی در مسیر جریان آب به سمت لیلتن می باشد.

منبع اصلی کادمیم موجود در دریا ها، فاضلاب های صنعتی و شهری است. میزان کادمیم رسوب در تمام ایستگاه های مورد مطالعه کم بوده و دارای میانگین  $0/76$  میکروگرم بر گرم وزن

عواملی چون فاضلاب ها، فاضلاب های شهری و صنعتی در منطقه عنوان کردند.

میزان سرب ریگ نسبت به ایستگاه های دیگر در هر دو فصل بیشتر است. که علت آن را احتمالاً می توان بالاتر بودن تردد کشتی ها بخصوص کشتی های تجاری در این منطقه دانست. Avelar و همکاران در سال ۲۰۰۰ منبع اصلی فلز سرب در محیط آبی را به دو دلیل، سوخت های فسیلی و سرب موجود در جو و اتمسفر ارتباط دادند. طی بررسی های Kanakarajue و همکاران در سال ۲۰۰۴ بر روی رسوبات منطقه Muara Tebas در کشور مالزی مقدار سرب موجود در رسوب منطقه را  $40-60$  میکروگرم بر گرم در وزن خشک مشاهده کردند. طبق استاندارد آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا (USEPA) منطقه از نظر آلودگی به سرب، در حد آلودگی کم قرار دارد. دلیل این مقدار آلودگی را سوخت های فسیلی استفاده شده برای قایق های موتوری ماهیگیری و تفریحی ذکر کردند.

قسمت اعظم نیکل به صورت کلوئیدی بوده و شدیداً در مصب ها رسوب می کند. پس احتمالاً لجن حاصل از لایروبی اسکله ها و کانالهای کشتیرانی آلوده می باشد. لجن فاضلاب شهری هم مقادیر قابل توجهی از نیکل را در خود دارد (Clark, 1992). غلظت نیکل در بین ایستگاه های مختلف دارای اختلافات معنی داری بود. این می تواند بیان کننده این امر باشد که در این مناطق منابع آلودگی به صورت نقطه ای وجود دارد. منابع اصلی ورود عنصر نیکل به آب ها، الکترودهای قطب مثبت مورد استفاده در کشتی



منطقه خلیج فارس بدلیل قرار گرفتن در عرض جغرافیایی پایین باید دارای مقدار فلز کادمیوم کمی باشد ولی بدلیل نفت خیز بودن منطقه مقدار کادمیوم منطقه نمونه برداری نسبت به مناطق ذکر شده در جدول ۲ تقریباً بیشتر است. اختلاف بین غلظت فلز کادمیوم برای ایستگاه های مختلف ناچیز بود. بالاترین میزان کادمیوم در فصل زمستان در ایستگاه لیلتن ثبت شد.

خشک اندازه گیری شد. باید ذکر شود که فراوانی کادمیوم به طور کلی در طبیعت پایین می باشد (Kanakaraju *et al.*, 2008a). معمولاً در عرض جغرافیایی بالا سطح بالای از کادمیوم دیده می شود. بطوری که در منطقه Kurile Islands در شمال غرب اقیانوس آرام، درماسل *Mytilus trossulus* افزایش غیر معمول کادمیوم مشاهده شد. البته این منطقه به منطقه فراجوشی نیز موسوم می باشد (Kavun *et al.*, 2002). بنابراین

جدول ۲ مقایسه غلظت فلزات رسوبات سواحل بوشهر با سایر نقاط جهان (میکروگرم بر گرم)

منطقه	Cd	Ni	Pb	Cu	منبع
رسوبات دریایی	۰/۴۲	۲۲۵	۸۰	۲۵۰	Wedepohl, 1995
پوسته زمین	۰/۱	۵۵	۱۷	۳۹	Taylor and McLenna, 1995
خاک	۰/۲	-	۰/۱۳	۵۵	Mason, 1966
بحرین	۰/۰۴-۰/۱۸	۱/۸۲	۰/۶۷-۰/۹۹	۴۸/۳	De Mora <i>et al.</i> , 2004
امارات متحده عربی	۰/۰۲-۰/۱۱	۱۳۹	۰/۶۹-۵/۸۸	۵۸/۴۳	De Mora <i>et al.</i> , 2004
سواحل قطر	۰/۰۳-۰/۰۹	۲۰/۸	۰/۴۳-۳/۸۸	۸/۱۷	De Mora <i>et al.</i> , 2004
خوریات ماهشهر	۰/۶	۱۰۲/۷	۱۴/۷	۲۷	دهقان مدیسه، ۱۳۸۶
محدوده دریایی راپمی	۰/۱-۰/۷	۵۵-۱۰۴	۴/۲-۱۷/۵	۱۰-۳۳	ROPME, 2003
خلیج فارس (خوزستان)	۲/۱	۷۳/۶	۲۳/۵	۲۱/۸	سبزیعلیزاده، ۱۳۸۷
سواحل بوشهر	-	۱۰/۶۸-۶۰/۷۶	۸/۹۱-۲۴/۲۲	۱۱/۳۳-۴۱/۶۳	اسلامی، ۱۳۸۷
سواحل چابهار	-	۲۰/۷۹	۳۱/۹۷	۲۷/۳۶	عین الهی، ۱۳۸۷
بوشهر	۰/۷۶	۵۰/۱۲	۱۳/۳۸	۱۴/۵۴	مطالعه حاضر

مطالعه (۰/۷۶ میکروگرم بر گرم) کمی بالاتر از مقادیر اندازه گیری شده کادمیوم در محدوده راپمی (۰/۷-۰/۱ میکروگرم بر گرم) بود. اما مقادیر سرب، نیکل و مس از این مطالعه در محدوده بین مقادیر اندازه گیری شده در محدوده راپمی قرار داشت. در مقایسه مقدار فلزات سنگین در سواحل بوشهر با منطقه خوزستان غلظت هر چهار فلز از این منطقه

با بررسی نتایج حاصل از این مقایسه مشخص شد که میزان سرب، نیکل و مس رسوبات منطقه مورد مطالعه از میانگین این فلزات در رسوبات دریایی و پوسته زمین کمتر می باشد اما میزان کادمیوم منطقه، بالاتر از رسوبات دریایی و پوسته زمین است (Wedepohl, 1995; Taylor and McLenna, 1995). مقادیر اندازه گیری شده کادمیوم در این

نیکل هستند. در عین حال بیشترین غلظت فلز نیکل در سواحل جزیره Masirah مشاهده شد. در حالی که این بخش از سواحل دارای کمترین فعالیت های انسانی است. اولین عامل مد نظر تاثیر لکه نفتی ایجاد شده بود. در حالی که با بررسی نسبت نیکل به وانادیوم مشخص گردید که غلظت فلز وانادیوم بسیار ناچیز است. این محققین دریافتند که فلز نیکل در رسوب این مناطق بیشتر منشا طبیعی دارد که منشا آن را سنگ Ophiolites در بستر عنوان کردند.

مقدار سرب و مس تنها از کمترین حد اثر (LAL) بیشتر بود اما از سایر سطوح مربوط به استانداردهای تعیین شده کمتر بوده است. بنابر این می توان گفت که غلظت این فلز در رسوبات منطقه مورد مطالعه تهدید خاصی را برای موجودات مختلف ایجاد نمی کند.

میزان کادمیوم از مقدار LAL که ۰/۰۴ میکروگرم بر گرم می باشد، بالاتر بوده و در حدود استاندارد کانادا می باشد. این مقدار از سایر استانداردها کمتر است، در نتیجه نمی تواند اثر خاصی بر جوامع بنتیک داشته باشد.

کمتر بود. علت این امر را می توان ریزش رودخانه اروند به این منطقه دانست، زیرا این رودخانه به همراه خود فاضلاب های صنعتی، شهری و کشاورزی را وارد آب های خلیج فارس منطقه خوزستان می کند(سبزیلیزاده، ۱۳۸۷).

در مقایسه سه فلز نیکل، مس و سرب سواحل مورد مطالعه با منطقه سواحل شهرستان بوشهر، نتایج بدست آمده در محدوده فلزات این منطقه قرار داشت(اسلامی، ۱۳۸۷).

با مقایسه نیکل با استاندارد های کیفیت رسوب مشخص شد که غلظت نیکل در رسوبات منطقه از بیشتر سطوح استاندارد ها بیشتر بود. با توجه به اینکه مناطق نمونه برداری در محدوده مناطق نفت خیز واقع شده است، لذا این مقدار از نیکل ممکن است جز طبیعی رسوبات منطقه باشد و با توجه به اینکه در سطوح خطرناکی قرار دارد، می تواند یک تهدید جدی را برای سلامت محیط زیست و موجودات منطقه به دنبال داشته و نیازمند نظارت بیشتر در منطقه می باشد. De mora و همکاران در سال ۲۰۰۴ با بررسی غلظت نیکل در رسوبات سواحل دریای عمان دریافتند که رسوبات این سواحل دارای غلظت بالایی از فلز

جدول ۳ مقایسه مقادیر فلزات رسوبات سواحل بوشهر با مقادیر استاندارد بر اساس کیفیت رسوب NOAA و محیط

زیست کانادا(میکروگرم بر گرم)

رسوبات سواحل بوشهر	USEPA <sup>۱</sup> 1999, Bowen, 1979		استاندارد محیط زیست کانادا(CCME, 1999) <sup>۲</sup>		کیفیت رسوب آمریکا NOAA <sup>۳</sup> (Long et al., 1995)		
	۴HAL	۵LAL	۶ISQGs	۷PEL	۸ERL	۹ERM	
۱۴/۵۴	۲۷۰	۲	۱۸/۷۰	۱۰۸	۳۴	۲۷۰	Cu
۱۳/۳۸	۲۱۸	۲	۳۰/۲۰	۱۱۲	۴۶/۷	۲۱۸	Pb
۰/۷۶	۹/۶	۰/۰۴	۰/۷۰	۴/۲۰	۱/۲۰	۹/۶	Cd
۵۰/۱۲	۵۰	۳	۱۵/۹	۴۲/۸	۲۰/۹	۵۱/۶	Ni

۱-United State Environmental Protection Agency

۲-Canadaian Council of Ministers of the Environment

۳-National Oceanic and Atmospheric Administration

۴-Highest Alert Level

۵-Lowest Alert Level

۶-Canadian Interim Marine Sediment Quality

۷-Probable Effects Level

۸-Effects Range Low

۹-Effects Range Medium

سبزیلی زاده، س.، ۱۳۸۷. بررسی میزان فلزات سنگین (Cu, Pb, Hg, Ni, Co, Zn, Cd) و تعیین آلودگی آنها در رسوبات منطقه لیفه و بوسیلف. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر. ۱۱۸ صفحه.

عین الهی، ف.، ۱۳۸۷. بررسی تجمع فلزات سنگین (Ni, Cu, Pb) در رسوبات ناحیه بین جذر و مدی و صدف *Saccostera cucullata* از سواحل چابهار. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر. ۹۳ صفحه.

Avelar, W. E. P., F. L. M. Mantelatto, A. C. Tomazelli, D. M. L. Silva, T. Shuhama, and J. L. C. Lopes, 2000. The marine mussel *Perna perna* (Mollusca, Bivalvia, Mytilidae) as an indicator of contamination by heavy metals in the Ubatuba bay, Sao Paula, Brazil. *Water, Air and Soil Pollution* 118: 65-72.

Belitz, H. D., W. Grosch, and P. Schieberle, 2001. *Lehrbuch der lebensmittelchemie*. Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag. ISBN: 3-540-41096-15.

Bilos, C., J. C. Colombo and M. J. Rodriguez Presa, 1998. Trace Metals in Suspended Particles, Sediments and Asiatic clams (*Corbicula fluminea*) of the Rio de la Plata Estuary, Argentina. *Environmental Pollution* 99: 1-11.

Bowen, H. J. M., 1979. *Environmental chemistry of the element*. Academic press. London. 217p.

Canli, M., and G. Atli, 2003. The relationships between heavy metal dissolved in sea water and influences of sex and size on metal accumulation and tissue distribution in the Norway lobster *Nephrops norvegicus*. *Marine Environment Research* 36:217-236.

Clark, R. B., 1997. *Marine Pollution*. 4. Ed. Clarendon press, Oxford. 161pp.

CCME (Canadian Council of Minister of the Environment). 1999. *Canadian environmental quality guidelines*, from publication No.1299: ISBN 1-896997-34-1.

#### ۴. بحث نتیجه گیری

مقدار غلظت فلزات مس، نیکل، سرب و کادمیوم در دو فصل زمستان و تابستان اختلاف معنی داری را نشان داد و مقدار غلظت هر چهار فلز در فصل تابستان بیشتر از فصل زمستان بوده است. از نظر تفاوت بین ایستگاه ها نسبت به هر چهار فلز مقدار میانگین غلظت فلزات در ایستگاه های مختلف بجز کادمیوم زمستان دارای اختلاف معنی داری بود. این فلزات در دو فصل نیز اختلاف معنی داری را نشان داد. در فصل زمستان میانگین غلظت فلزات مس، سرب، نیکل و کادمیوم نسبت به تابستان کمتر بود. بطور کلی غلظت فلزات در رسوب منطقه مورد مطالعه در محدوده دیگر مطالعات انجام شده در منطقه خلیج فارس بوده و از حدود استاندارد تعیین شده برای رسوبات کمتر مشاهده شد و در آخر در بین ایستگاه های مطالعه شده، ایستگاه های گناوه، ریگ و شیخ غلظت بالاتری از فلزات را نشان دادند.

#### منابع

اسلامی انداز گلی، ط.، ۱۳۸۷. بررسی تجمع فلزات سنگین (Ni, Cu, Pb) در رسوبات ناحیه بین جذر و مدی و صدف *Barbatia helblingii* از سواحل بوشهر. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر. ۹۰ صفحه.

دهقان مدیسه، س.، ۱۳۸۶. شناسایی مناطق حساس و تحت اثر در خوریات ماهشهر با استفاده از شاخص های اکولوژیک و بیولوژیک. رساله دکترا، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر. ۱۴۴ صفحه.

- Kavun, V. Y., and V. M. Shulkin, 2005. Changes in the microelement composition in organs and tissues of the bivalve *Crenomytilus grayanus* acclimatized in a biotope with long-term heavy metal contamination. *Russian Journal of Marine Biology* 31: 109-115.
- Kilemade, M., M. G. J. Hartel, D. Sheehan, C. Mothersill, F. N. A. M. Pelt, N. M. O. Berien, and J. O. Halloran, 2004. An assessment of the pollutant status of surficial sediment in Cork harbor in the south east of Ireland with particular reference to polycyclic aromatic hydrocarbons. *Marine Pollution Bulletin* 49:1084-1096.
- Long, E.R., D.D.MacDonald, S.L.Smith, and F.D.Culder, 1995. Incidence of adverse biological effects within ranges of chemical concentrations in marine and estuarine sediments. *Environmental Management* 19: 81-97.
- Maanan, M., 2008. Heavy metal concentrations in marine molluscs from the Moroccan coastal region. *Environmental Pollution* 153 : 176-183.
- Mason, B.J., 1966. Introduction to geochemistry, 3 Ed. John Wiley, New York. 327p.
- Morillo, J., G. Usero, and I. Gracia, 2004. Heavy metal distribution in marine sediments from the southwest of Spain. *Chemosphere* 55:431-442.
- Ozden, O., N. Erkan, and M. C. Deval, 2009. Trace mineral profiles of the bivalve species *Chamelea gallina* and *Donax trunculus*. *Food Chemistry* 113 : 222-226.
- Pote, J., L. Haller, J. Loizeau, A. G. Bravo, V. Sastre, and W. Wildi, 2008. Effects of the sewage treatment plant outlet pipe extension on the distribution of contaminants in the sediments of the Bay of Vidy, lake Geneva, Switzerland. *Bioresource technology* 99:7122-7131.
- ROPME, 2003. State of the marine environment report. Regional Organization of the Protection of Marine Environment. Kuwait. 217p.
- Delman, O., A. Demirak, and A. Balci, 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* 65: 157-162.
- De Mora, S., S. W. Fowler, E. Wyse, and S. Azemard, 2004. Distribution of heavy metals in marine bivalves, fish and coastal sediments in the Gulf of Oman. *Marine Pollution Bulletin* 49:410-424.
- Demirak, A., F. Yilmaz, A.L. Tuna, and N. Ozdemir, 2006. Heavy metals in water, sediment and tissue of *Leuciscus cephalus* from a stream in southwestern Turkey. *Chemosphere* 63:1451-1458.
- Dons, C., and P. A. Beck, 1993. Priority hazardous substances in Norway. *SFT-Report* 93:22- 115 pp.
- Gognou, C., and N. S. Fisher, 1997. The bioavailability of sediment bound Cd, Co, and Ag to the mussel *Mytilus edulis*. *Canadian Journal Fish Aquatic science* 54: 147-156.
- Huse, A., 1999. Environmentally hazardous substances in products. Data for 1997. *SFT-Report* 99/03. TA-1613/1999. 73 p.
- Kanakaraju, D., F. Ibrahim, and M. N. Berseli, 2008a. Comparative Study of Heavy Metal Concentrations in Razor Clam (*Solen regularis*) in Moyan and Serpan, Sarawak. *Global Journal of Environmental Research* 2 :87-91.
- Kanakaraju, D., C. A. Jios, and S. M. Long, 2008b. Heavy metal concentration in the razor clams (SOLENSPP) from Muara Tebas, Sarawak. *The Malaysian Journal of Analytical Sciences* 12: 53-58.
- Karsten, J., E. Gjengedal, and H.J. Mobbsa, 2008. Trace element exposure in the environment from MSW landfill leachate sediments measured by a sequential extraction technique. *Journal of Hazardous Materials* 153:751-758.