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

سمیه حبیبی[۱]، علیرضا صفاهیه*[۱]، حسین پاشازانوسی[۲]

۱. گروه زیست شناسی دریا، دانشکده علوم دریایی، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر
۲. گروه فیزیک دریا، دانشکده علوم دریایی، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر

چکیده

برای مطالعه میزان فلزات سنگین در سواحل استان بوشهر ۵ ایستگاه در خوریات و بنادر استان مورد بررسی قرار گرفتند. از هر ایستگاه سه نمونه رسوب جمع آوری شد. نمونه ها طی دو فصل شامل زمستان ۱۳۸۷ و تابستان ۱۳۸۸ جمع آوری گردید. نمونه ها پس از خشک شدن توسط اسید غلیظ هضم شده و محتوی فلزات در آنها بوسیله دستگاه جذب اتمی با شعله مورد سنجش قرار گرفتند. نتایج نشان داد که غلظت فلزات مس، نیکل، سرب و کادمیوم در رسوب به ترتیب برابر ۱۴/۵۴،۵۵/۳۱،۱۵/۱۳و۰/۷۶میکروگرم بر گرم در وزن خشک میباشد. بجز فلز کادمیوم میانگین غلظت سایر فلزات در ایستگاه های مختلف در فصل زمستان دارای اختلاف معنی داری بود. تغییرات فصلی بر روی میزان غلظت فلزات تاثیر داشته بطوری که در فصل زمستان 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 و از استانداردهای تعیین شده برای رسوبات کمتر بود. در بین ایستگاه های مطالعه شده، ایستگاه های بندرریگ و شیف غلظت بالاتری از فلزات را نشان دادند.

واژگان کلیدی: فلز سنگین, رسوب، آلودگی، بوشهر،خلیج فارس

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

Archive of SID
www.SID.ir

۱. مقدمه

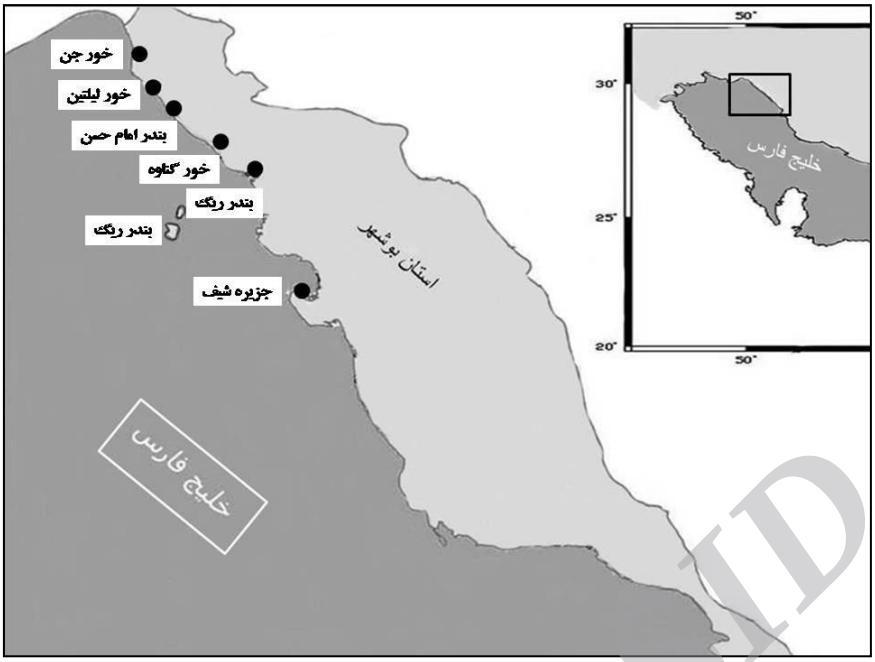
اصولا رسوبات به عنوان بزرگ ترین انبار برای ذخیره آلاینده ها در محیط های آبی و همین طور جایگاهی خاص برای نا پاکی هایی که می توانند برای دوره های طولانی از زمان باقی بمانند، می باشد(Gagnon and Fisher, 1997).یکی از دلایلی که سبب اهمیت بررسی مواد متشکله رسوبات می شود این است که بسیاری از گونه های زیستی بخش 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 وکشاورزی و آلودگی های ناشی از پسماند های جامد که عمدتا از طریق شناور های صیادی و بعضا مناطق روستایی وارد آب دریامی 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 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 دارندو 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 آبزیان 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 ویا 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.

۲. مواد و روش ها

این بررسی در منطقه بین جذر و مدی برخی سواحل استان بوشهر بین طول جغرافیایی۵۳/۸۸ ´ ۵۲ °۲۹ شمالی″۴۸/۰۷ ´ ۱۲ °۵۰ غربی تا ۳۳/۱۹ ´ ۵۳ °۵۰ غربی در ۵ ایستگاه بترتیب از غرب به شرق لیلتین، 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 تابستان ۱۳۸۸در 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°C۲۰- منتقل گردید(Delman *et al.*, 2006).

Archive of SID

www.SID.ir



شکل۱. موقعیت ایستگاه های نمونه برداری

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 آون با دمای ºC ۱۰۵ قرار داده می شود. نمونه های خشک شده 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).

برای انجام عمل هضم، ۱ گرم رسوب خشک و پودر شده، با ۱۰ میلی لیتر مخلوط اسید نیتریک غلیظ (Merck, ٪۶۵) و اسید پرکلریک(Merck, ٪۶۰) به نسبت ۴:۱ به درون لوله آزمایش ریخته می شود. برای هضم اولیه ، بالن در دمای ºC ۴۰ بمدت ۱ ساعت و سپس برای هضم کامل، نمونه به مدت ۴ ساعت در دمای ºC ۱۴۰ بر روی دستگاه هضم(Hot block digester) قرار می گیرد. بعد از سرد شدن محلول در دمای آزمایشگاه ، بوسیله آب دوبار تقطیر به حجم۴۰ 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 رابطه 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 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.

Archive of SID
www.SID.ir

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 ۲و۳ 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 بود.

جدول۱ 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

میانگین غلظت فلز کادمیوم در فصل زمستان ۰/۰۸±۰/۸۰ بود. در مورد فلز کادمیوم بین ایستگاه های امام حسن، گناوه، ریگ و شیف تفاوت معنی داری مشاهده نشد و همین طور بین دو ایستگاه لیلتین و امام حسن نیز اختلافی وجود نداشت ولی بین ایستگاه های گناوه، ریگ و شیف با ایستگاه لیلتین اختلاف معنی دار مشاهده گردید. ایستگاه لیلتین(۰/۰۳±۰/۹۲) بیشترین مقدار کادمیوم را نشان داد(جدول۲). میانگین کلی فلز کادمیوم در فصل تابستان ۰/۰۷±۰/۷۳ بود. مقایسه میانگین غلظت کادمیوم در ایستگاه های مختلف تفاوت معنی داری را بین ایستگاه های مختلف نشان نداد(جدول۳).

میزان فلز مس فصل زمستان موجود در نمونه های آنالیز شده دارای میانگین۳/۳۰±۱۰/۹۴ 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(۰/۵۹±۱۴/۵۴) بطور معنی داری بیشترین غلظت را نسبت به دیگر ایستگاه ها و ایستگاه امام حسن(۰/۶۱±۶/۱۳) کمترین غلظت را نشان داد(جدول۲). در مورد میزان فلز مس فصل تابستان میانگین داده ها ۵/۳۷±۱۸/۱۴ 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(۱/۴۴±۲۳/۶۰) و ریگ(۱/۱۰±۲۳/۴۰) بطور معنی داری بیشترین غلظت را نسبت به دیگر ایستگاه ها و ایستگاه خور جن(۰/۱۲±۱۰/۸۶) کمترین غلظت را نشان داد(جدول۳).

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

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

Archive of SID

www.SID.ir

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 لیلتین، 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(۲/۰۶±۲۱/۹۱) مشاهده شد(جدول۲). همین طور برای فصل تابستان میزان میانگین فلز نیکل ۱۱/۰۳±۴۹/۷۸ 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 لیلتین و خور جن تفاوت معنی داری مشاهده نشد. بیشترین غلظت فلز نیکل نیز در این دو ایستگاه(۴/۱۳±۶۲/۳۸ و ۱/۶۰±۵۱/۳۳) مشاهده شد(جدول۳).

میانگین داده های فلز سرب فصل زمستان ۱/۸۷±۱۱/۳۸ 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 لیلتین، گناوه، ریگ و شیف تفاوت معنی داری مشاهده نشد و همین طور بین دو ایستگاه لیلتین 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(۱/۱۰±۱۲/۴۳) و ریگ(۱/۱۰±۱۲/۸۱) و کمترین غلظت در ایستگاه امام حسن(۰/۵۲±۸/۵۶) مشاهده شد(جدول۲). درمورد فلز سرب فصل تابستان میانگین کل ۳/۴۷±۱۳/۲۵ 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 لیلتین، خور جن، گناوه و شیف با هم مشابه ولی با ایستگاه ریگ دارای اختلاف معنی دار بودند. بیشترین غلظت در ایستگاه ریگ(۱/۹۱±۲۱/۹۵) مشاهده شد(جدول۳).

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

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

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.

۴. بحث و نتیجه گیری

در یک محیط آبی انجام مطالعاطی در خصوص آلودگی رسوبات بستر از دیدگاه های مختلف شایان توجه است. نخست آنکه آلودگی رسوبات در قابلیت دسترسی زیستی آلاینده های مختلف(بخصوص فلزات سنگین) برای کف زیان، آبزیان کف زی خوار و همچنین گیاهان آبزی از اهمیت ویژه برخوردار است. ثانیا در صورتی که میزان آلودگی رسوبات از مقادیری که بسته به توان خود پالایی سیستم مورد نظر متغییر است متجاوز گردد، سریعا موجب بر هم زدن تعادل بوم شناختی و زوال زیستی اکوسیستم می گردد. فلزات سنگین پس از ورود به یک منبع آبی بتدریج در بستر آن به صورت های مختلف همچون فاز معدنی

Archive of SID

www.SID.ir

جامد، جذب سطحی به رسوبات دانه ریز و یا بقایای مواد آلی، تجمع یافته(Clark, 1997) و اصولا رسوبات به عنوان بزرگ ترین انبار برای ذخیره فلزات 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).

میزان فلزات سنگین در رسوبات بیشتر از آب می باشد این امر به خاطر قدرت تجمع فلزات در رسوبات می باشد. همچنین رسوب گذاری شدید می تواند میزان زیادی از فلزاتی را که جذب سطحی رسوبات شده اند را حبس نموده و با خود ته نشین کند(Clark, 1997).

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 بادها و جریانات آبی، تلاطم و بر هم 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 ورودی و جریانات آبی مواجه می گردد، درنتیجه 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 داری را نشان داد($P<۰/۰۵$). ولی برای فلز کادمیوم بین ایستگاه های مختلف در فصل تابستان تفاوت معنی داری مشاهده نشد($P>۰/۰۵$).

سرب برای ساخت مواد مختلف، در صنایع مکانیکی، ساخت باطری، 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 اصولا 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 بعلت تغییرات دینامیک آب می باشد. از طرفی عامل اصلی ته نشینی رسوبات در آب ها دریا و خورها بوسیله جریانات و دینامیک حرکت آب ها کنترل می شود(Maanan, 2003). منطقه امام حسن بعلت شرایط خاص(باز بودن منطقه و نداشتن اسکله ساحلی بزرگ جهت گرفتن اثرات امواج) میزان تلاطم و آشوب های دریایی[1] 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

1. Turbation

Archive of SID

www.SID.ir

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 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 احتمالا 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 ۶۰-۴۰ 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 احتمالا 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 دراین مناطق منابع آلودگی به صورت نقطه ای وجود دارد. منابع اصلی ورود عنصر نیکل به آب ها، الکترودهای قطب مثبت مورد استفاده در کشتی 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 لیلتین، 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 لیلتین جریانات باد قوس که از سمت جنوب به شمال است در طول مسیر خود از حوزه نفتی بحرگان عبور می کند و به لیلتین می رسد. که احتمالا دلیل بالا بودن این فلز در لیلتین وجود این حوزه نفتی در مسیر جریان آب به سمت لیلتین می باشد.

منبع اصلی کادمیم موجود در دریا ها، فاضلاب های صنعتی و شهری است. میزان کادمیوم رسوب در تمام ایستگاه های مورد مطالعه کم بوده و دارای میانگین ۰/۷۶ میکروگرم بر گرم وزن خشک اندازه گیری شد. باید ذکر شود که فراوانی کادمیوم به طور کلی در طبیعت پایین می باشد(Kanakaraju *et al.*, 2008a). معمولا در عرض جغرافیایی بالا سطح بالای از

Archive of SID

www.SID.ir

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 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 تقریبا بیشتر است. اختلاف بین غلظت فلز کادمیوم برای ایستگاه های مختلف ناچیز بود. بالاترین میزان کادمیوم در فصل زمستان در ایستگاه لیلتین ثبت شد.

جدول۲ مقایسه غلظت فلزات رسوبات سواحل بوشهر با سایر نقاط جهان(میکروگرم بر گرم)

منطقه	Cd	Ni	Pb	Cu	منبع
رسوبات دریایی	۰/۴۲	۲۵	۸۰	۲۵۰	Wedepohl, 1995
پوسته زمین	۰/۱	۵۵	۱۷	۳۹	Taylor and Mclenna, 1995
خاک	۰/۲	-	۰/۱۳	۵۵	Mason, 1966
بحرین	۰/۱۸ ۰/۰۴-	۱/۸۲	۰/۹۹ ۰/۶۷-	۴۸/۳	De Mora *et al.*, 2004
امارات متحده عربی	۰/۱۱ ۰/۰۲-	۱۳۹	۰/۷-۵/۹	۵۸/۴۳	De Mora *et al.*, 2004
سواحل قطر	۰/۰۹ ۰/۰۳-	۲۰/۸	۳/۹ ۰/۴۳-	۸/۱۷	De Mora *et al.*, 2004
خوریات ماهشهر	۰/۶	۱۰۲/۷	۱۴/۷	۲۷	دهقان مدیسه، ۱۳۸۶
محدوده راپمی	۰/۱-۰/۷	۵۵-۱۰۴	۴-۱۸	۱۰-۳۳	ROPME, 2003
سواحل خوزستان	۲/۱	۷۳/۶	۲۳/۵	۲۱/۸	سبزعلیزاده، ۱۳۸۷
سواحل خوزستان	۵-۶	۹۴-۱۰۲	۱۴-۴۰	۱۷-۵۱	چراغی و همکاران, ۱۳۹۱
سواحل بوشهر	-	۱۱-۶۱	۹-۲۴	۱۱-۴۲	اسلامی ، ۱۳۸۷
سواحل چابهار	-	۲۰/۷۹	۳۱/۹۷	۲۷/۳۶	عین الهی، ۱۳۸۷
سواحل بوشهر	۰/۷۶	۵۰/۱۲	۱۳/۳۸	۱۴/۵۴	مطالعه حاضر

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 مطالعه(۰/۷۶میکروگرم بر گرم) کمی بالاتر از مقادیر اندازه گیری شده کادمیوم در محدوده راپمی(۰/۷-۰/۱میکروگرم 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 کمتر بود. علت این امر را می توان ریزش رودخانه اروند به این منطقه دانست، زیرا ین رودخانه به همراه خود فاضلاب های صنعتی، شهری و کشاورزی را وارد آب های خلیج فارس منطقه خوزستان می کند(سبزعلیزاده، ۱۳۸۷). از سوی دیگر صنایع پتروشیمی بندر امام نیز میتوانند در افزایش آلودگی این منطقه به فلزات سنگین دخیل باشند (چراغی و همکاران، ۱۳۹۱). 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 بیشترسطوح استاندارد ها بیشتر بود. با توجه به اینکه

Archive of SID

www.SID.ir

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 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 استاندارد ها کمتر است، در نتیجه نمی تواند اثر خاصی بر جوامع بنتیک داشته باشد.

جدول۳ 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[1], 1999 Bowen, 1979		استاندارد محیط زیست کانادا(CCME[2], 1999)	کیفیت رسوب آمریکا (Long *et al*., 1995) NOAA[3]		
مطالعه حاضر	HAL[4]	LAL[5]	ISQGs[6]	PEL[7]	ERL[8]	ERM[9]	
۵۴/۱۴	۲۷۰	۲	۷۰/۱۸	۱۰۸	۳۴	۲۷۰	Cu
۳۸/۱۳	۲۱۸	۲	۲۰/۳۰	۱۱۲	۷/۴۶	۲۱۸	Pb
۷۶/۰	۶/۹	۰۴/۰	۷۰/۰	۲۰/۴	۲۰/۱	۶/۹	Cd
۱۲/۵۰	۵۰	۳	۹/۱۵	۸/۴۲	۹/۲۰	۶/۵۱	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

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 فل 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

Archive of SID

www.SID.ir

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 شیف غلظت بالاتری از فلزات را نشان دادند.

منابع

اسلامی اندار 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.

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

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.

چراغی، م.، دادالهی ،ع.، صفاهیه ،ع. غانمی، ک. و دورقی، ع. ۱۳۹۱ بررسی تجمع فلزات سنگین در بستر، برگ و ریشه گیاه حرا *(Avicennia marina)* در استان خوزستان. مجله علوم وفنون دریایی ۵۶-۴۶(۴)۱۱ .

Avelar, W.E.P., Mantelatto, F.L.M., Tomazelli, A.C., Silva, D.M L., Shuhama, T., 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 Pollut. 118: 65-72.

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

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

Canli, M., and Atli, G., 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. Mar. Environ. Res. 36: 217-236.

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

CCME(Canadian Council of Minister of the Environment). 1999. *Can. Environ. Quality. guidel*. from publication No.1299.

Delman, O., Demirak, A., and Balci, A., 2006. Determination of heavy metals (Cd, Pb) and trace elements (Cu, Zn) in sediments and fish of the southeast ern Aegean sea (Turkey) by atomic absorption spectrometry. Food Chem. 65: 157-162.

De Mora, S., Fowler, S.W., Wyse, E., and Azemard, S., 2004. Distribution of heavy metals in marine bivalves, fish and coastal sediments in the Gulf of Oman. Mar. Pollut. Bull. 49: 410-424.

Demirak, A., Yilmaz, F., Tuna, A.L., and Ozdemir, N., 2006. Heavy metals in water, sediment and tissue of *Leuciscus cephalus* from a stream in southwestern Turkey. Chem. Soc. Rev 63:1451-1458.

Dons, C., and Beck, P.A., 1993. Priority hazardous substances in Norway. *SFT-Report* 93:22- 115 pp.

Gognou, C., and Fisher, N.S., 1997. The bioavailability of sediment bound Cd, Co, and Ag to the mussel *Mytilus edulis*. Can .J Fish. Aquat. Sci 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., Ibrahim, F. and M. N. Berseli, 2008a. Comparative Study of Heavy Metal Concentrations in Razor Clam (*Solen*

Archive of SID

www.SID.ir

concentertions in marine and estuarine sediments. Environ. Manag. 19: 81-97.
Maanan, M., 2008. Heavy metal concentrations in marine 100 mollusks from the Moroccan coastal region. Environ. Pollut. 153: 176-183.
Mason, B.J., 1966. Introduction to geochemistry, 3 ed. John Wiley, New York. 327p.
Morillo,J., Usero, G., and Gracia, I., 2004. Heavy metal distribution in marine sediments from the southwest of Spain. Chem. 55:431-442.
Ozden, O., Erkan, N., and Deval, M. C., 2009, Trace mineral profiles of the bivalve species Chamelea gallina and *Donax trunculus*. Food. Chem. 113 : 222–226.
Pote, J., Haller, L., Loizeau, J., Bravo, A. G., Sastre V. 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. Bioresour. Technol. 99:7122-7131.
ROPME 2003. State of the marine environment report. Regional Organization of the Protection of Marine Environment. Kuwait. 217p.
regularis) in Moyan and Serpan, Sarawak. *Glob.* J. Environ. Res. 2: 87-91.
Kanakaraju, D., Jios, C.A., and Long, S.M., 2008b. Heavy metal concenteration in the razor clams (SOLEN SPP) from Muara Tebas, Sarawak. Malays. J. Anal. Sci. 12: 53-58.
Karsten, J., Gjengedal, E., and Mobbsa, H.J., 2008. Trace element exposure in the environment from MSW landfill leachate sediments measured by a sequential extraction technique. J. Hazard. 153:751-758.
Kavun, V. Y. and Shulkin, V.M., 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. Mar.Biol. 31: 109-115.
Kilemade, M., Hartel, M.G.J., Sheehan, D., Mothersill, C., Pelt, F.N.A.M., Berien N.M.O. and Halloran, J.O., 2004. An assessment of the pollutant status of surficial sediment in Cork harbor in the south east of Irland with particular refrence to polycyclic aromatic hydrocarbons. Mar. Pollut. Bull.49:1084-1096.
Long, E.R., MacDonald, D.D., Smith, S.L., and Culder, F.D., 1995. Incidence of adverse biological effects within ranges of chemical

Archive of SID

www.SID.ir