

## سنجش و اندازه گیری آلودگی های فلزات سنگین در رسوبات ساحلی خلیج فارس

اکبر الصاق<sup>۱\*</sup>

[a\\_elsagh@iau-tmb.ac.ir](mailto:a_elsagh@iau-tmb.ac.ir)

محمد برمکی<sup>۲</sup>

تاریخ دریافت: ۸۹/۷/۱۰

تاریخ پذیرش: ۸۹/۱۱/۱۰

### چکیده

در سال های اخیر فعالیت های اقتصادی متعددی نظیر پالایش نفت خام، تولیدات آلومینیوم و روی، تعمیر و ساخت کشتی، تخلیه و بارگیری انواع مواد معدنی و شیمیایی و غیره در بندرعباس به عنوان مرکز توسعه جنوب کشور ایران شکل گرفته که این موضوع موجب تشدید بار آلودگی و تخریب اکوسیستم حساس آب های ساحلی منطقه شده است. لذا شناسایی و اندازه گیری و ردیابی عناصر فلزات سنگین در رسوبات آب های ساحلی با توجه به اثرات زیانباری که بر اکوسیستم های دریایی و از جمله آبزیان و به تبع آن بر انسان اثر می گذارد از اهمیت ویژه ای برخوردار است. بر این مبنا در این تحقیق میزان فلزات سنگین مس، سرب و آهن در رسوبات ساحلی مناطق هدف بندرعباس مورد سنجش قرار گرفت.

کلیه مراحل نمونه برداری و هضم رسوب طبق روش استاندارد موپام (MOOPAM) انجام یافت. میزان فلزات سنگین مس، سرب و آهن در رسوبات ساحلی توسط دستگاه طیف سنجی جذب اتمی مورد سنجش قرار گرفت. متوسط غلظت فلزات سنگین مس، سرب و آهن در رسوبات به ترتیب  $0/2 \pm 35/2$ ،  $0/1 \pm 149/6$  میکرو گرم بر گرم وزن خشک و  $42/91 \pm 7/15$  گرم بر کیلوگرم وزن خشک رسوب به دست آمد. این مقادیر با متوسط غلظت عناصر فوق در رسوبات جهانی و دیگر مناطق داخلی و خارجی مقایسه و تجزیه و تحلیل شد.

بررسی آماری (ANOVA : Single Factor) نشان داد که متوسط غلظت فلزات سنگین مس، سرب و آهن موجود در رسوب گذرگاه ها اختلاف معناداری دارند. دو عنصر سرب و آهن با ضریب هم بستگی  $0/12$  - بیشترین هم بستگی را دارند و بعد از آن عناصر سرب و مس با ضریب هم بستگی  $0/162$  - قرار دارند. با توجه به ضریب هم بستگی منفی و معنی دار بین این عناصر مشخص می شود که منشاء ایجاد فلزات سنگین مس، سرب و آهن در رسوبات یکسان است.

**واژه های کلیدی:** فلزات سنگین، خلیج فارس، بندرعباس، رسوبات ساحلی.

۱- عضو هیأت علمی گروه شیمی - دانشکده شیمی - دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال\* (مسئول مکاتبات).

۲- عضو هیأت علمی گروه شیمی - دانشکده شیمی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال.

## مقدمه

خلیج فارس از جنبه های مختلف نظیر ذخایر عظیم نفت و گاز، منابع غذایی، تنوع زیستی و ذخایر عظیم کانی و همجواری با صنایع پالایشگاهی نفت بندرعباس و گاز سرخون، آلومینیوم المهدی، فولاد هرمزگان، مجتمع کشتی سازی خلیج فارس و ... از اهمیت فوق العاده ای برخوردار است (۱). خلیج فارس پیشرفتگی آب اقیانوس هند در ناحیه جنوبی فلات ایران در حاشیه ای از اقیانوس هند است که در شمال غربی دریای عمان واقع شده است. خلیج فارس با طول تقریبی ۱۰۰۰ کیلومتر و عرض ۲۵۰ تا ۳۰۰ کیلومتر و مساحتی در حدود ۲۲۶۰۰۰ کیلومتر مربع و با عمق ۹۰-۱۰۰ متر عمده ترین آبراه حمل و نقل مواد نفتی جهان نیز محسوب می شود، به طوری که هر سال حدود ۲۰ تا ۳۰ هزار نفتکش با عبور از آن قریب به ۳۰٪ حجم ترافیک نفتکش ها را به خود اختصاص داده است و نشت حدود ۱۵۰۰۰ تن در مقیاس متریک مواد نفتی در اثر تراکم رفت و آمد نفتکش های مذکور، این دریا را به صورت آلوده ترین منطقه دریایی در آورده است (۲). این حجم نفت و عبور آن به وسیله نفتکش ها می تواند آلودگی دریا را دو چندان کند. این در شرایطی است که به علت بسته بودن دریای خلیج فارس، حدود ۳ تا ۵ سال زمان لازم است که آب آن تعویض گردد. در شمال تنگه هرمز نیز صنایع مستقر در ساحل و پساب های آن ها و نیز فاضلاب های شهری به خصوص شهرهای بزرگ مانند بندرعباس خطر آلودگی دریا را افزایش می دهد. همین طور در قسمت های دیگر خلیج فارس مانند بوشهر، راه اندازی پروژه های مهم پارس جنوبی مشکلات زیست محیطی فراوانی را در آینده باعث می شود. رسوبات خلیج فارس به دلیل ماهیت رسی و داشتن بار الکتریکی زیاد و همچنین ظرفیت تبادل کاتیونی بالا قدرت زیادی در جذب عناصر آلاینده دارد. رسوبات آب های ساحلی به عنوان ثبات میزان آلودگی ها می تواند در نظر گرفته شود (۳). فلزات سنگین به عنوان آلاینده، بر اثر عوامل طبیعی فرسایش خاک، سیلاب، چرخش آب اقیانوس و دریا، حریق چاه های نفتی یا عوامل مصنوعی فاضلاب های صنعتی و انسانی، نشت نفت و

گاز، سوانح کشتی ها و تخلیه آب توازن می تواند وارد این اکوسیستم شود (۴). فلزات سنگین در رسوبات کف تجمع می یابند. در نتیجه اکوسیستم هایی مثل بنادر سواحل صنعتی که با ورود مزمینی از فلزات روبرو هستند، دارای بیشترین رسوبات آلوده می باشند. این ویژگی ها در محیط های واجد رسوبات، به علت تاثیرات سمی و قابلیت تجمع زیستی فلزات در نمونه های بیولوژیکی موجود در رسوبات، منجر به تاثیرات اکولوژیکی زیاد می شود. اولین عامل اثرات آلودگی فلزات در یک اکوسیستم، وجود فلزات سنگین در بیومس یک منطقه آلوده است که سلامت انسان را به مخاطره می اندازد (۵). برخی ویژگی ها و عوارض فلزات سنگین مس، سرب و آهن مورد نظر این تحقیق عبارتند از: مس در بدن انسان، در غلظت بالا بسیار خطرناک است. مقدار اضافی مس در بدن بیشتر در کبد، کلیه، مغز و بافت محافظ چشم ذخیره می شود و از آنجا وارد جریان خون می شود (۶). بعضی از عوارض افزایش مس در بدن تهوع، کم خونی و خون ریزی جدار نسوج بینی و معده می باشد (۷). مسمومیت مس هنگامی که با املاح آرسنیک همراه شود، بسیار شدیدتر است (۸). مختل شدن عملکرد فیتوپلانکتون ها به عنوان یکی از منابع مهم تولید اکسیژن در دریاها و در نتیجه بر هم خوردن تعادل جهانی موجودات آبی از مهم ترین عوارض نامطلوب حضور سرب در اکوسیستم های آبی است (۹). سرب یکی از چهار فلزی است که بیشترین عوارض را بر سلامتی انسان دارد. اختلال بیوسنتز هموگلوبین و کم خونی، افزایش فشار خون، آسیب به کلیه، سقط جنین و نارسایی نوزاد، اختلال سیستم عصبی، آسیب به مغز، ناباروری مردان، کاهش قدرت یادگیری و اختلالات رفتاری در کودکان از عوارض منفی افزایش غلظت سرب در بدن است. اغلب اثرهای سرب مادام العمر و غیرقابل برگشت است (۱۰). افزایش آهن در بدن انسان، ابتلا به انواع سرطان قسمت های گوارشی و حملات قلبی را باعث می گردد (۱۱). بیماری هموکروماتوسین یکی از شایع ترین بیماری های ناشی از عدم توانایی بدن در دفع مقادیر اضافی آهن تجمع یافته می باشد (۱۲). با توجه به اهمیت

ارایه نتایج به سازمان های ذیربط علاوه بر کمک به حفظ بهداشت و سلامت و توسعه پایدار جامعه، باعث پیشگیری از بروز برخی بیماری ها و مقدمه ای به منظور تحقیقات بعدی خواهد بود.

### روش بررسی

#### مواد و محلول های استاندارد

کلیه مواد شیمیایی از نوع معرف های تجزیه ای از شرکت مرک آلمان استفاده شد. تمامی نمونه های این تحقیق با آب دو بار تقطیر تهیه شد. محلول استاندارد یک گرم بر لیتر مس، روی، نیکل و سرب با  $HNO_3(2\%) - HCl(1\%)$  و آب ساخته شد (۱۶). همچنین به منظور رفع آلودگی احتمالی کلیه ظروف قبل از استفاده با نیتریک اسید ۱:۱ و آب مقطر شستشو و به مدت ۴ ساعت در دمای ۶۰ درجه سانتی گراد خشک شد.

### روش کار

مطابق نقشه محدوده مورد مطالعه (شکل ۱) و موقعیت گذرگاه ها (جدول ۱)، نمونه برداری در تابستان سال ۱۳۸۸ انجام یافت.

موضوع و عوارض و خطرات فلزات سنگین، محققان بسیاری در سراسر دنیا به سنجش فلزات سنگین در رسوبات ساحلی و اکوسیستم دریایی پرداخته اند (۱۵-۱۳). تحقیق حاضر نیز بر این مبنا که اکوسیستم منطقه به علت عمق کم آب و نیمه بسته بودن آن و محدودیت ورود منابع و تبخیر زیاد و وجود مناطق حساس دریایی نظیر تالاب ها، جنگل های مانگرو، زیستگاه میگو، انواع ماهی، لاک پستان دریایی و سایر جوامع جانوری و گیاهی آبری که آسیب پذیر و شکننده می باشند، اهمیت شناسایی و بررسی آلودگی فلزات سنگین رسوبات ساحلی این مناطق را دو چندان می نماید، انجام یافته است. بنابر این پس از انتخاب محدوده مطالعاتی بندرعباس، بر اساس کانون آلودگی محیط، عمق و ایستگاه ها و گذرگاه های اسکله شهید باهنر، نیروگاه توانیر، اسکله فولاد، پالایشگاه نفت، اسکله شهید رجایی و مجتمع کشتی سازی خلیج فارس به منظور سنجش و اندازه گیری آلودگی های ناشی از فلزات سنگین مس، سرب و آهن در رسوبات ساحلی تعیین شدند. با توجه به این که جهت شیب منطقه مطالعاتی شمال به جنوب است و جهت غالب این شیب در بستر دریا نیز به همین شکل ادامه دارد، گذرگاه ها (ترانسکت ها) عمود بر ساحل انتخاب شد.



شکل ۱- خط ساحلی محدوده مورد مطالعه

## جدول ۱- موقعیت گذرگاه های نمونه برداری

گذرگاه	ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی
۱	اسکله شهید باهنر	۵۶° ۱۲' ۱۶"	۲۷° ۰۸' ۱۸"
۲	نیروگاه توانیر	۵۶° ۰۸' ۲۶"	۲۷° ۰۷' ۳۶"
۳	اسکله فولاد	۵۶° ۰۷' ۰۶"	۲۷° ۰۶' ۱۰"
۴	پالایشگاه نفت	۵۶° ۰۶' ۱۱"	۲۷° ۰۵' ۴۱"
۵	اسکله شهید رجائی	۵۶° ۰۴' ۳۶"	۲۷° ۰۴' ۱۱"
۶	مجتمع کشتی سازی	۵۵° ۵۹' ۰۱"	۲۷° ۰۲' ۱۶"

میلی لیتر نیتریک اسید غلیظ اضافه و روی حمام شنی تا نزدیک خشک شدن حرارت داده شد، در مرحله بعد پس از رسیدن به دمای آزمایشگاه ۷ میلی لیتر HF اضافه و مجدداً روی حمام شنی تا نزدیک خشک شدن حرارت داده شد. پس از رسیدن به دمای آزمایشگاه ۱۰ میلی لیتر مخلوط ۳ به ۱ کلریدریک اسید و نیتریک اسید به نمونه اضافه کرده گردید و مجدداً تا نزدیک خشک شدن حرارت داده شد و پس از رسیدن به دمای آزمایشگاه نمونه جهت تزریق به دستگاه طیف سنجی جذب اتمی در بالن حجمی ۵۰ میلی لیتری صاف و به حجم - رسانده شد.

## دستگاه

دستگاه طیف سنجی جذب اتمی Varian مدل AA-۲۴۰ ساخت کشور آمریکا-استرالیا جهت اندازه گیری مقادیر غلظت فلزات سنگین مس، سرب و آهن در رسوبات ساحلی مورد استفاده قرار گرفت. شاخص های عملیاتی طیف سنجی در جدول ۲ نشان داده شده است (۱۸).

نمونه برداری، آماده سازی و هضم کامل رسوبات منطبق بر دستورالعمل استاندارد مویام عمل شد (۱۷). با توجه به این که عمق منطقه مورد نظر غالباً کمتر از ۶ متر و یا ۱۰-۶ متر می باشد، بر روی هر گذرگاه سه ایستگاه در اعماق ۰-۳، ۳-۶ و ۶-۹ متر انتخاب و از هر ایستگاه دو نمونه رسوب سطحی جمع آوری گردید. نمونه برداری توسط نمونه بردار اکمن گراب (با سطح مقطع ۱۵ × ۱۵ سانتی متر مربع) صورت گرفت، پس از بالا آوردن رسوب، در ظروف پلی اتیلنی (کد گذاری شده) ریخته شد و پس از انتقال به آزمایشگاه در دمای ۴۰- درجه سانتی گراد در فریزدرایر به مدت ۲۴ ساعت به صورت خشک درآمد. سپس رسوبات را از الک ۶۳-۲۰۰۰ میکرون گذرانیده شد و نمونه های کم تر از ۶۳ میکرون در هاون عقیق پودر گردید، به طوری که از الک ۶۳ میکرون غربال گردد. (با این عمل نمونه ها یکنواخت شده و با افزایش سطح تماس عمل هضم آسان تر و سریع تر صورت می پذیرد) آنگاه نیم گرم رسوب خشک پودر شده داخل بشر تفلونی ریخته شد و ۱۵-۱۰

## جدول ۲- شرایط دستگاه برای اندازه گیری عناصر

عناصر	طول موج (nm)	عرض شکافت (nm)	جریان (mA)	روش
Cu	۳۲۴/۸	۰/۷۰	۴/۰	FAAS
Pb	۲۸۳/۳	۰/۷۰	۴/۰	FAAS
Fe	۳۹۲/۰	۰/۲۰	۵/۰	FAAS

تجزیه و تحلیل آماری داده ها با استفاده از نرم افزار SPSS/۱۵ انجام یافت.

مقدار غلظت خوانده شده توسط دستگاه با استفاده از فرمول فوق، به مقدار واقعی برحسب میکرو گرم بر گرم وزن خشک رسوب تبدیل شد (۱۹).

#### یافته ها

متوسط غلظت فلزات سنگین در نمونه ها، ضریب هم بستگی بین عناصر در نمونه ها، متوسط غلظت فلزات سنگین در رسوب های بعضی نقاط و سواحل خلیج فارس (۲) و نواحی مختلف دنیا و متوسط غلظت برخی از عناصر در پوسته زمین، استاندارد رسوبات جهانی و شیل و شاخص ژئوشیمیایی (۲۰) به ترتیب در جداول ۳ تا ۹ آمده است.

$$C_r = C_i \cdot V/m$$

$C_r$ : غلظت واقعی

$C_i$ : غلظت دستگاه

$V$ : حجم نهایی نمونه

$m$ : وزن خشک انتخاب شده

جدول ۳- مناطق مطالعاتی و متوسط غلظت فلزات سنگین در نمونه های خشک رسوب سطحی از عمق ۰-۳، ۳-۶، ۶-۹ متر

گذرگاه	ایستگاه	مس میکرو گرم بر گرم	سرب میکرو گرم بر گرم	آهن گرم بر کیلوگرم
۱	اسکله شهید باهنر	۳۱/۱ ± ۰/۷	۲۶۰/۲ ± ۰/۱	۳۰/۶۳ ± ۱/۱۵
۲	نیروگاه توانیر	۴۶/۷ ± ۰/۲	۱۹۵/۷ ± ۰/۱	۵۳/۴۰ ± ۱/۹۰
۳	اسکله فولاد	۲۷/۲ ± ۰/۲	۲۰۹/۹ ± ۰/۱	۳۱/۸۳ ± ۱/۹۰
۴	پالایشگاه نفت	۴۲/۲ ± ۰/۱	۸۱/۲ ± ۰/۱	۳۸/۲۵ ± ۰/۶۲
۵	اسکله شهید رجایی	۳۲/۵ ± ۰/۲	۷۰/۱ ± ۰/۱	۲۹/۶۲ ± ۰/۶۱
۶	مجتمع کشتی سازی	۳۱/۷ ± ۰/۱	۸۰/۴ ± ۰/۱	۷۳/۷۳ ± ۱/۹۱
(n=۶)	میانگین ± خطای استاندارد	۳۵/۲ ± ۰/۲	۱۴۹/۶ ± ۰/۱	۴۲/۹۱ ± ۷/۱۵

(SE میانگین ± n=۶)

جدول ۴- ضریب هم بستگی بین عناصر

	Cu	Pb	Fe
Cu	۱	-۰/۱۶۲۰	-۰/۲۶
Pb	-۰/۱۶۲۰	۱	-۰/۱۲
Fe	-۰/۲۶	-۰/۱۲	۱

جدول ۵- متوسط غلظت فلزات سنگین در نمونه خشک رسوب سطحی نقاطی

از خلیج فارس بر حسب ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )

ایستگاه - عنصر	کروم	کادمیم	مس	نیکل	سرب	روی
رودخانه ی کل (شور)	۹۴	۲/۹۷	۱۳/۳۵	۸۴/۵	۳۴/۹۸	۳۱/۵۳
تنگه خوران (پل خلیج فارس)	۹۹/۸۷	۲/۵۳	۱۳/۴۵	۸۶/۶	۳۷/۸۷	۳۰/۴۸
روبروی تنگه خوران (غرب تنگه)	۸۷/۱	۳/۵۵	۶/۷۶	۵۴/۳۵	۳۶/۷۸	۲۰/۹۸
روبروی بندر لافت	۶۲/۱	۲/۵۵	۵/۶	۴۰	۲۵	۱۴/۴۴
گورزین	۸۰	۳/۷۹	۱۷/۵۴	۱۰۲/۸۲	۳۴/۵۲	۳۹/۱۷
بندر خمیر	۹۱/۴۲	۳	۱۷/۵۴	۸۲/۶۱	۳۹/۶۴	۳۱
ترعه خوران	۵۳/۵۳	۲/۷۲	۱۴/۹۱	۸۲	۴۵/۸۵	۳۴/۸۴
روبروی بندر گوران	۶۴/۲۷	۳	۱۰/۵۷	۵۴/۱	۲۶/۹۱	۳۶/۲۷

جدول ۶- متوسط غلظت فلزات سنگین در نمونه خشک رسوب سطحی بعضی

سواحل خلیج فارس بر حسب ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )

سواحل - عنصر	سال تحقیق	نیکل	روی	مس	سرب	کادمیم	آهن
کویت	۱۹۷۶	۹۷	۴۵	۲۱	۲۳	۱/۵	۱۵۰۰
کویت	۱۹۸۲	۹۱	۵۷	۲۳	۲۷	۱/۹	۱۶۰۰
جزیره خارک	۱۹۹۰	۴۴	۱۳۷	۳۱	۳۳	۵	۴۶۰
کویت	۱۹۹۲	۱۸۵/۵	۱۱۲	۳۹/۱	-	-	۲۲۶۰
عربستان	۱۹۹۲	۴۱/۶	۲۶/۳	۹/۹	-	-	۵۳۰

جدول ۷- متوسط غلظت فلزات سنگین در نمونه خشک رسوب سطحی

نواحی مختلف دنیا بر حسب ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )

عنصر - مکان	اسکاتلند	جنوب غربی انگلستان	رسوبات مناطق کم عمق ژاپن
Ag	۰/۲	۰/۱	-
Cd	۱/۶	۰/۱	۰/۲۲
Cu	۱۶	۴۴	۲۷
Ni	۳۰	۲۸	۱۴
Pb	۹/۲	۵۰	۵۵
Zn	۸۵	۱/۲	۵۱
Fe	۱۴۰۰	۲۷۷۰	۳۹۷۰

جدول ۸- متوسط غلظت در پوسته زمین، استاندارد جهانی و شیل بر حسب ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )

عنصر	Pb	Cu	Fe
پوسته زمین	۱۴	۵۰	۴۱۰۰۰
استاندارد رسوبات جهانی	۱۹	۳۳	۴۶۰۰۰
شیل / رس	۲۳	۳۹	۴۶۷۰۰

جدول (۹) شاخص ژئوشیمیایی ( $I_{\text{geo}}$ )

عنصر	Cu	Pb	Fe
رده بندی	-۰/۷۳۲۸۶	۲ / ۱۱۶۴۴۲	-۰ / ۷۰۷۰۷
درجه آلودگی	فاقد آلودگی	آلودگی متوسط	فاقد آلودگی

 $I_{\text{geo}}$  : Geochemical Accumulation Index

## بحث و نتیجه گیری

گیری شده به عنوان  $C_n$  و غلظت جدول (۸) به عنوان  $B_n$  و رده بندی درجه آلودگی رسوبات در فرمول مولر، عمل شد :

آلودگی بسیار شدید  $> 5$

آلودگی شدید ۴-۵

آلودگی زیاد ۳-۴

آلودگی متوسط ۲-۳

آلودگی کم ۱-۲

فاقد آلودگی  $< 0-1$

همان گونه که در جدول (۹) مشاهده می شود، بر اساس شاخص ژئوشیمیایی پیشنهادی مولر، کیفیت رسوبات مناطق از نظر میزان عنصر سرب در کلاس دو و برای عناصر مس و آهن در کلاس صفر قرار گرفتند.

هم چنین با عنایت به جداول ۵ تا ۷ و نتایج حاصل از این تحقیق در می یابیم که متوسط غلظت فلز سنگین مس در رسوبات سواحل مورد تحقیق از رسوبات سواحل نقاط دیگر خلیج فارس (جدول ۵) بیشتر و با رسوبات سواحل خارجی خلیج فارس (جدول ۶) و رسوبات سواحل برخی نقاط دیگر جهان (جدول ۷) در یک حد می باشد. متوسط غلظت فلز سنگین آهن در رسوبات سواحل مورد تحقیق از رسوبات سواحل خارجی خلیج فارس (جدول ۶) و رسوبات سواحل برخی نقاط دیگر جهان (جدول ۷) بیشتر می باشد. متوسط غلظت فلز

متوسط غلظت فلزات سنگین مس، سرب و آهن در رسوبات به ترتیب  $0.2 \pm 0.1$ ،  $35.2 \pm 0.1$ ،  $149.6 \pm 0.1$  میکروگرم بر گرم وزن خشک و  $42.91 \pm 7.15$  گرم بر کیلوگرم وزن خشک رسوب به دست آمد. با توجه به نمودارهای ۱ تا ۴ و مقایسه با حدود استاندارد فلزات سنگین در رسوبات جهانی (جدول ۸) و با در نظر گرفتن فرمول ژئوشیمیایی پیشنهادی مولر در سال ۱۹۷۹ (۲۱) :

$$I_{\text{geo}} = \text{Log}_2 (C_n / (1/5 B_n))$$

که در آن هر کدام از عوامل بدین صورت تعریف می شوند :

$I_{\text{geo}}$  : شاخص شدت آلودگی در رسوبات

$C_n$  : غلظت فعلی فلز سنگین در رسوبات با قطر کم تر از ۶۳ میکرون

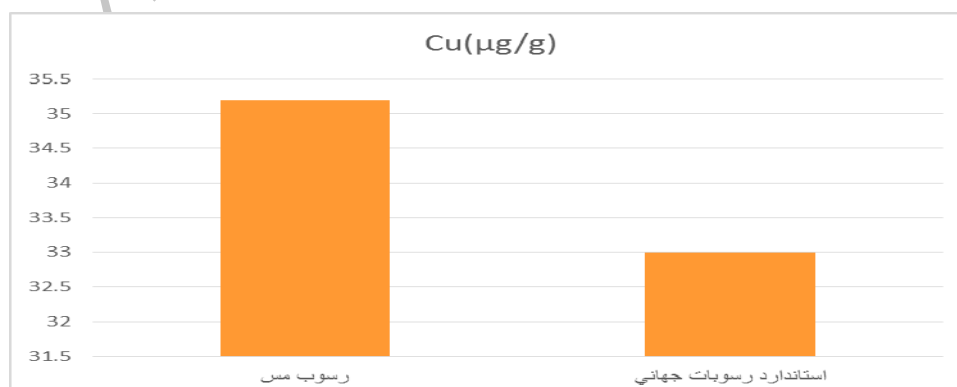
$B_n$  : غلظت زمینه ای فلز سنگین در رسوب، شیل

ضریب ۱/۵ : به جهت احتمال اختلاف در غلظت اولیه رسوبات، به دلیل تاثیر عوامل زمینی می باشد

مولر شاخص ژئوشیمیایی میزان آلودگی را از صفر تا ۵ به بالا طبقه بندی کرده است. برای تعیین درجه آلودگی عناصر مس، سرب و آهن در رسوبات، با احتساب نتایج غلظت عنصر اندازه

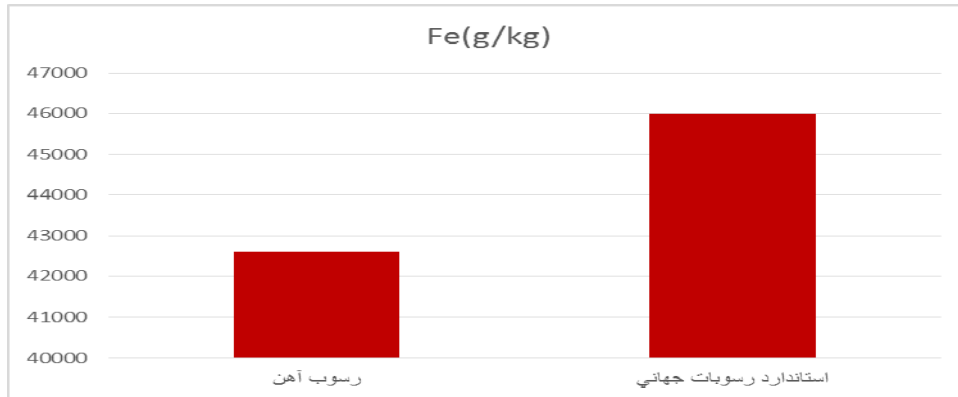
که با توجه به مقدار به دست آمده و متوسط غلظت مس در پوسته زمین (جدول ۸) و آزمون آماری ضریب هم بستگی، می تواند به سبب ماهیت و جنس زمین باشد. آلودگی سرب، بیشترین مقدار در رسوبات گذرگاه اسکله شهید باهنر، که می تواند به طور کلی ناشی از ترکیبات نفتی، تخلیه آب توازن کشتی ها، فاضلاب های صنعتی و شهری باشد و کم ترین در گذرگاه مجتمع کشتی سازی اندازه گیری شد. در مورد آهن، بیشترین مقدار آهن را در ایستگاه مجتمع کشتی سازی مشاهده می کنیم که می تواند به سبب حمل و نقل نفت خام و رنگ آمیزی شناورها و کشتی ها باشد و کم ترین در اسکله شهید رجائی به دست آمد. با توجه به موقعیت شهر بندرعباس و نظر به توسعه منطقه مذکور و پروژه های متعدد در دست اجرا در این محدوده و بار آلودگی ناشی از فعالیت های فعلی صنایع، اتخاذ راه کارهای مناسبی که بتواند در جهت کاهش آلاینده ها کمک کند، ضروری است. در این مورد و با عنایت به مسلم بودن نقش صنایع در آلوده کردن سواحل بندر عباس و با توجه به نتیجه گیری های به دست آمده در این تحقیق رعایت ضوابط و استانداردهای ملی حفاظت از محیط زیست و اعمال این ضوابط در صنایع همجوار ضروری می باشد. در نهایت، با توجه به وضعیت محدوده خلیج فارس، انجام پژوهش هایی در زمینه سنجش توان خودپالایی منطقه و تعیین میزان فلزات سنگین آبیانی، که در سفره غذایی خانوار جای می گیرند، پیشنهاد می شود.

سنگین سرب در رسوبات سواحل مورد تحقیق از رسوبات سواحل نقاط دیگر خلیج فارس (جدول ۶ و ۵) و رسوبات سواحل برخی نقاط دیگر جهان (جدول ۷) بسیار بیشتر می باشد. بررسی آماری (ANOVA : Single Factor) نشان داد که متوسط غلظت فلزات سنگین مس، سرب و آهن موجود در رسوب گذرگاه ها اختلاف معناداری دارند. دو عنصر سرب و آهن با ضریب هم بستگی ۰/۱۲- بیشترین هم بستگی را دارند و بعد از آن عناصر سرب و مس با ضریب هم بستگی ۰/۱۶۲۰- قرار دارند. با توجه به ضریب هم بستگی منفی و معنی دار بین این عناصر مشخص می شود که منشاء ایجاد فلزات سنگین مس، سرب و آهن در رسوبات یکسان است. با توجه به این که این سه عنصر در ترکیب رنگ ها مورد استفاده قرار می گیرد، ممکن است آلودگی ایجاد شده ناشی از عملیات رنگ آمیزی موجود در اسکله ها و هم چنین رها سازی این عناصر، از رنگ بدنه کشتی ها و شناورها باشد و یا این که می تواند منشا زمینی داشته باشد. منابع انسان ساخت این فلزات، بیشتر فرسایش خاک حوزه های ساحلی و آلودگی ناشی از منابع صنعتی، کشاورزی و شهری در حوزه های آبریز می باشد. بررسی آماری (ANOVA : Single Factor) نیز نشان داد که متوسط غلظت فلزات سنگین مس، سرب و آهن موجود در رسوب گذرگاه ها با یکدیگر اختلاف معنی داری دارند. در خصوص مس، بیشترین مقدار در رسوبات گذرگاه نیروگاه توانیر و کم ترین در گذرگاه اسکله فولاد به دست آمد،

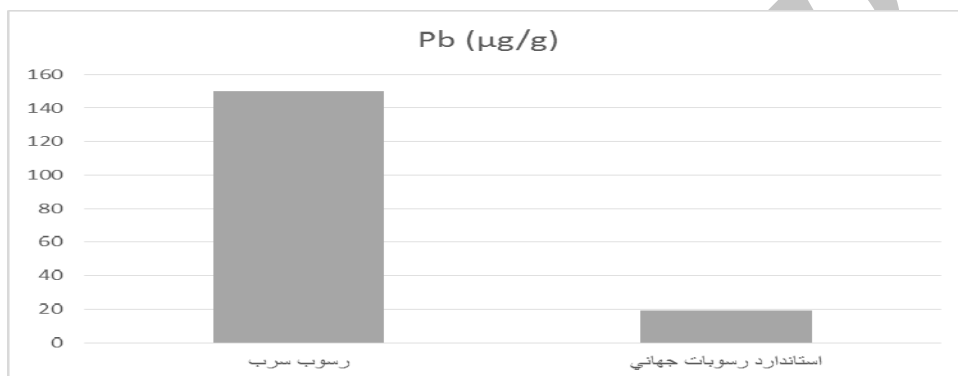


نمودار ۱- مقایسه متوسط غلظت مس در نمونه های خشک رسوب سطحی با حد رسوبات جهانی

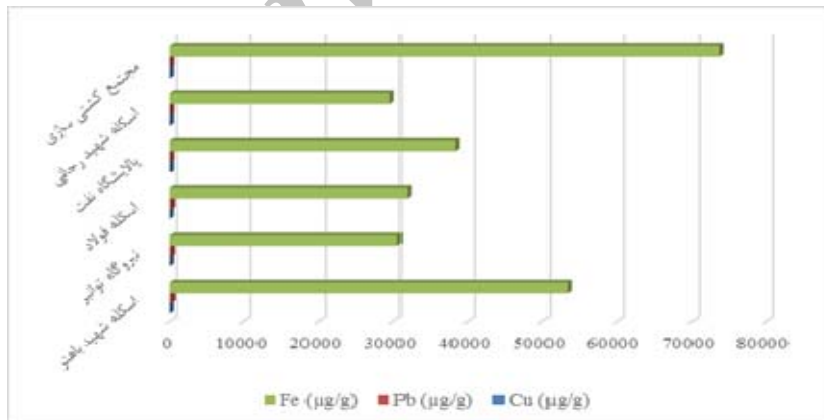




نمودار ۲- مقایسه متوسط غلظت آهن در نمونه های خشک رسوب سطحی با حد رسوبات جهانی



نمودار ۳- مقایسه متوسط غلظت سرب در نمونه های خشک رسوب سطحی با حد رسوبات جهانی



نمودار ۴- مقایسه متوسط غلظت عناصر در نمونه های خشک رسوب سطحی در گذرگاه ها

## تشكر و قدردانى

بدین وسیله مراتب سپاس و قدردانی خود را از راهنمایی ها و مساعدت استاد فرهیخته، جناب آقای دکتر محمد ربانی در سازمان انرژی اتمی ایران و دانشکده علوم و فنون دریایی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال را اعلام می‌داریم.

## منابع

7. Elsagh, A., Rabani, M., 2010. Determination of heavy metals in salt from filtration with water washing method and comparing with standard, 2<sup>nd</sup> Iranian Congress for Trace Elements, p.5.
8. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. (ATSDR).1999. Toxicological Profile for Mercury, Atlanta, GA: U.S.Department of Health and Human Services, Public Health Service.
9. Dixie, F., 1998. Dangers of Lead Linger, U.S, Food and Drug Administration, FDA Consumer Magazine January-February, pp.1-8.
10. Derek, W. J., 1999. Exposure or Absorption and the Crucial Question of Limit for Mercury, J, Can, Dent, Assoc, pp. 46-65.
11. Bryan, B., Timothy, C., 1999. General and Applied Toxicology, Second Edition, Macmillan Publishers.Vol, 3, pp.2052 –2062, 2145-2155.
12. Elsagh, A., Rabani, M., 2010. Determination of heavy metals like Ni, Cr, Mn and Co in salt that getting from infiltration with water washing method and comparing with impure salt, The National Chemistry Conference, Islamic Azad University, Shahreza Branch, p.373.
13. Kirsh, H., 1982. Cadmium emission from coal-fired power plant, In: proceeding of the 3<sup>rd</sup> International cadmium conference, Miami, Florida, February, London, pp.64-68.
14. Andriano, D.C., 1986. Trace elements in the terrestrial, Berlin, Heidelberg, New York, Springer-Verlag, p.533.
1. Elsagh, A., Mollaie, M., Messbah, A., 2009. Cadmium pollution study on the surface in the Bandar Abbas shore line, The 4<sup>th</sup> National conference of Geology and Environment, Islamic Azad University, Eslamshahr Branch, p.121.
2. Purse, B.H. 1973., The Persian Gulf, Holocene carbonate sedimentation and diagenesis in a shallow epicontinental sea, Springer-Verlag, New York, Berlin, pp.1-11.
3. Pourang, N., Nikouyan, A., Dennis, J.H., 2005. Trace element concentrations in fish, surficial sediments and water from northern part of the Persian Gulf. Environmental Monitoring and Assessment, Vol, 109, pp.293- 316.
4. Sadiq, M., 1992. Toxic metal chemistry in marin environments marcel Dkker, Inc, Us, pp.250-303.
5. Massaro, E.J., 1997. Handbook of Human Toxicology, National Health and Environmental Effects Research Laboratory, CRC Press, Boca Raton, New York, pp.38-54, 118-119, 135-136, 150-151, 163-176, 429-433.
6. Berlin, M., 1985. Editors. Handbook of the Toxicology of Metals, V.2, 2<sup>nd</sup> ed. London, Elsevier Science Publishers B.V, pp.376-405.

- Egypt and Greece, Environ Monit Assess, Vol, 143, pp.267-272.
19. Berman, S., 1990. Fourth Round Intercomparison for Trace Metals in Marine Sediments and Biological Tissues (NOAA/BT<sup>4</sup>), Canada.
  20. Leep, N.W., 1998. Effect of heavy metal pollution on plants, Applied science publication London, Vol, 1.
  21. Muller, G., 1979. Schwermetalle in den Sedimenten des Rheins, Veränderungen seit 1971, Umschau79, pp.778-783.
  15. Hutton, M., Wadgtz, A., 1988. Environmental Levels of cadmium and Lead in the vicinity of a major refuse incinerator, Atoms, Environ.
  16. Heinrich, K.F.J., 1974. Adv, in A.A.S Analysis, Vol, 17, p.309.
  17. Ropme, 1991. Manual of Oceanographic Observations and pollutant Analysis Methods (MOPAM), Kuwait.
  18. Soylak, M., Peker, D., 2008. Heavy metals contents of refined and unrefined table salts from Turkey,

Archive of SID