

ارزیابی آلودگی فلزات سنگین در رسوبات سواحل بندرعباس و تیاب در استان هرمزگان

محمد رضا طاهری زاده^۱، زهره برخورداری احمدی^۲، فاطمه شایسته^۳، محسن گدیری^۴

۱- گروه زیست دریا، دانشکده علوم وفنون دریایی، دانشگاه هرمزگان.

۲- گروه زیست دریا، دانشکده علوم وفنون دریایی، دانشگاه هرمزگان

۳- گروه شیلات، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه هرمزگان

۴- پژوهشکده اکولوژی خلیج فارس و دریای عمان، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بندرعباس، ایران

چکیده

در این تحقیق رسوبات مناطق بندر عباس و خور تیاب در استان هرمزگان جهت تعیین میزان آلودگی فلزات سنگین (آهن، مس، سرب، روی و نیکل) مورد بررسی قرار گرفتند. نمونه‌برداری از رسوبات این مناطق جهت تعیین شاخص غنی‌شدگی و شاخص ژئوشیمیایی با استفاده از گراب انجام شد و جهت تعیین غلظت فلزات سنگین از دستگاه جذب اتمی شعله استفاده گردید. نتایج براساس میانگین نشان داد که غلظت عناصر مورد مطالعه در ایستگاه‌های مختلف با یکدیگر اختلاف معنی‌داری داشتند. به‌طوریکه از لحاظ غلظت عناصر مورد مطالعه توسط استاندارد جهانی در منطقه بندر عباس نسبت به منطقه تیاب از آلودگی کم‌تری برخوردار بود. نتایج فاکتور غنی‌شدگی فلزات در آهن و مس بدون غنی‌شدگی، روی غنی‌شدگی متوسط، سرب غنی‌شدگی نسبتاً شدید و نیکل غنی‌شدگی شدید را نشان می‌دهد و از لحاظ شاخص ژئوشیمیایی مولر، درجه آلودگی خاک در رده خاک‌های غیر آلوده به جزء نیکل دارای درجه آلودگی متوسط می‌باشد وضعیت آلودگی در منطقه تیاب نسبت به منطقه بندر عباس به دلایل مختلف از جمله وجود سایت‌های پرورش میگو، توسعه شهر نشینی، صنعت، کشاورزی و همچنین فعالیت‌های غیر اصولی نفتی که در سواحل انجام می‌شود دارای آلودگی بیشتری می‌باشد.

نوع مقاله

مقاله پژوهشی اصیل

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۶/۱۰

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۳/۱۲

تاریخ چاپ الکترونیکی:

۱۴۰۴/۰۳/۱۵

*نویسنده مسئول:

کلید واژه‌ها: آلودگی، خلیج فارس، عناصر کمیاب، رسوبات ساحلی، منطقه جزر و مدی

مقدمه

اکوسیستم‌های آبی یکی از مهم‌ترین و غنی‌ترین اکوسیستم‌های جهان می‌باشند که نقش مهمی در زندگی بشر و سایر موجودات زنده دارند. به‌طوری‌که کیفیت این اکوسیستم‌ها به‌عنوان یکی از فاکتورهای اساسی جهت کنترل وضعیت سلامت و بیماری‌های انسان و حیوان در نظر گرفته می‌شود [۱]. این مناطق در گردش انرژی و تأمین مواد غذایی، تنوع زیستی، ایجاد زیستگاه‌های حیات‌وحش و ... نقش مؤثری ایفا می‌کنند [۲]. این نواحی، به‌طور مستقیم و غیرمستقیم در توسعه‌ی بقا و پویایی تمام شاخه‌های اجتماع موجودات ضروری و سودمند می‌باشند [۳-۴]، اما با این حال امروزه بشر به‌منظور فراهم نمودن زندگی بهتر، با فعالیت‌های گوناگون خود در زمینه صنعتی و غیرصنعتی تا حدود زیادی در این بخش از طبیعت نیز دخالت نموده و مشکلاتی را برای محیط زیست اطراف خود به‌ویژه اکوسیستم‌های آبی به‌وجود آورده است که آلودگی آب، ورود آلاینده‌های آلی و معدنی مختلف به‌ویژه فلزات سنگین ناشی از فعالیت‌های مختلف شهری، صنعتی و کشاورزی از مهم‌ترین نوع معضلات محیط زیستی در این نواحی به‌شمار می‌آیند [۵]. فلزات سنگین آلاینده‌های غیرآلی معمولی هستند که در فعالیت‌ها و فرآیندهای توسعه اجتماعی و اقتصادی تولید می‌شوند [۶]. فلزات سنگین نظیر جیوه، نیکل، مس، روی، سرب و کادمیوم به‌عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر در آلودگی اکوسیستم‌های آبی به‌خصوص اکوسیستم‌های دریایی، سواحل و خورها به‌شمار می‌آیند. این عناصر به‌دلیل پایداری، سمیت و قابلیت تجمع آن‌ها در زنجیره غذایی سبب ایجاد مشکلات زیستی می‌شوند [۷]، زیرا این عناصر دارای خواص و ویژگی‌هایی همچون سرطان‌زایی و جهش‌زایی زیاد، پایداری بسیار طولانی و تجمع‌پذیری بالا در سطوح مختلف زنجیره غذایی هستند [۸].

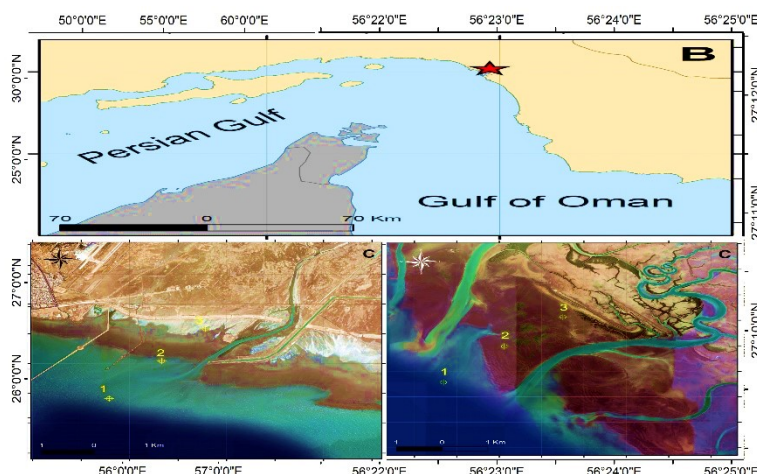
بررسی آلودگی فلزات سنگین در رسوبات ناشی از منابع آلودگی یک پیش‌نیاز مهم برای مطالعه خطر اکولوژیکی دریاها است. با توسعه سریع اقتصاد صنعتی و ظرفیت تولید صنایع مختلف مانند زغال سنگ، مواد ساختمان‌ها، متالوژی و صنایع شیمیایی نیز به سرعت در حال افزایش هستند و همچنین احتراق سوخت‌های فسیلی نفت و ناقص بودن مواد خام منجر به ورود فلزات سنگین و سایر آلاینده‌ها به محیط زیست شده است [۹].

با توجه به اهمیت موضوع و عوارض و خطرات این چنانی فلزات سنگین، محققان بسیاری در سراسر دنیا به سنجش فلزات سنگین در رسوبات ساحلی و اکوسیستم‌های دریایی پرداخته‌اند [۱۰]. در میان شواهد موجود، آلودگی اکوسیستم‌های آبی به فلزات سنگین می‌تواند از طریق بررسی آب، رسوبات و موجودات زنده و همچنین طیف وسیعی از شاخص‌های محیط‌زیستی همچون ارزیابی خطر اکولوژیکی، شاخص زمین انباشت شیمیایی، فاکتور آلودگی، شاخص بار آلودگی و غیره مورد تأیید قرار گیرد اما در این میان یکی از شاخص‌هایی که به دلیل اهمیت فراوان در چند سال اخیر توجهات قابل ملاحظه‌ای را به خود جلب کرده، شاخص ارزیابی خطر اکولوژیکی فلزات سمی در محیط‌های آبی است [۱۱]. این شاخص‌ها براساس میزان غلظت و فاکتور سمیت هر فلز، پتانسیل خطر اکولوژیکی هر فلز و همچنین خطر محیط زیستی مجموع فلزات را مشخص می‌کند [۱۲]. با وجود این فلزات سنگین از اجزاء تشکیل دهنده پوسته زمین هستند که به‌طور طبیعی در همه اکوسیستم‌ها حضور دارند و غلظتشان به‌طور قابل ملاحظه‌ای توسط فعالیت‌های انسانی افزایش می‌یابد. اثرات زیست‌محیطی زیان بار فلزات سنگین، آن‌ها را به یکی از مباحث اصلی مورد بررسی در تحقیقات زیست‌محیطی تبدیل کرده است [۱۳]. سواحل و مصب‌ها از مهم‌ترین مناطق برای فرونشینی بسیاری از آلاینده‌ها هستند. فلزات با ورود در بخش‌های مختلف اکوسیستم‌های آبی تنزل می‌یابند و در رسوبات تجمع می‌یابند و از آنجا وارد چرخه شیمیایی و بیولوژیکی شده و در ستون آب و موجودات زنده تأثیر می‌گذارند. رسوبات خلیج فارس به دلیل ماهیت رسی و داشتن بار الکتریکی زیاد و همچنین ظرفیت تبادل کاتیونی بالا قدرت زیادی در جذب عناصر آلاینده دارند [۱۴]. هدف تحقیق حاضر بررسی و توزیع میزان فلزات سنگین در اکوسیستم‌های مناطق مورد مطالعه به علت وجود مناطق حساس دریایی نظیر، جنگل‌های مانگرو، زیستگاه میگوها، انواع ماهی‌ها و سایر جوامع جانوری و گیاهان آبی که آسیب‌پذیر و شکننده هستند، می‌باشند. مسئله مهم دیگر سوخت‌گیری ناصحیح و ورود گازوئیل به آب بوده و علاوه بر آن بحث قاچاق سوخت که به‌صورت غیرقانونی در شناورها بارگیری و در بیشتر مواقع وارد آب می‌شوند که اهمیت شناسایی و بررسی فلزات سنگین در رسوبات ساحلی در این مناطق را دوچندان می‌نماید.

مواد و روش‌ها

منطقه نمونه‌برداری

نمونه‌برداری از رسوبات سطح تا عمق ۱۵ سانتی‌متری (جزر کامل، میانه و مد کامل) در پاییز ۱۴۰۱ از دو منطقه بندر عباس و خور تیاب در شهرستان میناب استان هرمزگان صورت گرفت (شکل ۱). مشخصات طول و عرض جغرافیایی ایستگاه‌های مورد مطالعه ذکر شده است جدول شماره (۱). در هریک از ایستگاه‌های مورد نظر ۱۰ نمونه رسوب و هر نمونه رسوب به وزن ۵۰ گرم با سه تکرار به‌طور تصادفی و به‌نحوی که کل مناطق را پوشش دهد به‌صورت نقطه از سطح سانتی‌متر تا عمق ۱۵ سانتی‌متری با گراپ برداشته شد و جهت آماده‌سازی و سنجش تهیه گردید. موقعیت نمونه‌ها به کمک دستگاه GPS Map (مدل GARMIN78 S) تعیین گردید. ایستگاه و نمونه‌ها به‌گونه‌ای انتخاب شد که تا حد امکان بتواند وضعیت ورود آلودگی‌های ناشی از فلزات سنگین و منابع آن‌ها را به دریا نشان دهد.



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی مناطق مورد مطالعه بندرعباس و تیاب

جدول شماره ۱. مشخصات طول و عرض جغرافیایی ایستگاه‌های بندرعباس و تیاب میناب

ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی
بندرعباس	۵۶°۳۷'۱۵"	۲۷°۱۶'۵۶"
	۵۶°۳۸'۰۸"	۲۷°۱۸'۴۸"
تیاب	۵۶°۳۸'۸۵"	۲۷°۰۷'۱۱"
	۵۶°۳۸'۴۵"	۲۷°۰۹'۲۳"

سپس نمونه‌ها در کیسه‌های پلاستیکی مخصوص جمع‌آوری، کدگذاری و در یخ قرار داده شدند. در ادامه نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل شده و درون فریزر و در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری گردید [۱۵]. جهت آماده‌سازی نمونه‌ها به‌منظور انجام عمل هضم، ابتدا نمونه‌های جمع‌آوری شده در آون در دمای ۱۱۱ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۲۴ ساعت قرار داده شدند تا کاملاً خشک شوند. روش نمونه‌برداری، آماده‌سازی، هضم نمونه‌ها و آزاد سازی عناصر بر اساس دستورالعمل موپام^۱ به دلیل هضم کامل رسوبات استفاده شد. مقدار ۰/۵ گرم از نمونه وزن شده را همراه با ۱ سی‌سی اسید نیتریک ۶۵ درصد، ۳ سی‌سی اسید کلریدریک ۳۷ درصد و ۶ سی‌سی اسید فلوریدریک ۴۰ درصد (لازم به ذکر است که کلیه اسیدها و سایر مواد شیمیایی مورد استفاده از نوع اولتراپور^۲ Merck آلمان با درجه خلوص بالا بوده) درون بمب تفلونی ریخته (اسید فلوریدریک باعث شکستن پیوندهای سیلیکاتی موجود در رسوب می‌شود) درون ماکروویو با قدرت ۱۰۰ در صد به مدت ۱ دقیقه و ۵۰ ثانیه قرار داده شد. سرانجام پس از خشک شدن بمب تفلونی مقدار ۳/۷ گرم اسید بورک را در استوانه‌ای از جنس پلی پروپیلن ریخته و ۲۰ سی‌سی آب مقطر دیونایز به آن اضافه کرده و محتویات بمب نیز به آن اضافه گردید. حال حجم آن را با آب مقطر دیونایز به حجم ۵۰ سی‌سی رسانده به خوبی توسط شیکر به‌هم زده تا اسید بوریک در آن حل گردد. سپس به مدت یک شبانه‌روز در دمایی ۴ درجه سانتی‌گراد در یخچال نگهداری شد [۱۶]. پس از آماده‌سازی و انحلال رسوبات، محلول‌های حاصل توسط کاغذ صافی واتمن صاف و پس از به هم زدن کامل و یکنواخت شدن محلول هضم شده، جهت اندازه‌گیری عناصر نیکل، روی، سرب، مس و آهن به دستگاه جذب اتمی (ساخت کارخانه آنالیتیک کشور آلمان مدل (contr AA700) دارای

^۱- Moopam

^۲-Ultra Pure

شعله تزریق گردید. همچنین برای تفکیک سهم عوامل طبیعی از عوامل انسانی در فلزات سنگین منطقه از شاخص غنی‌شدگی^۳ زمین استفاده شد. عامل غنی‌شدگی به‌عنوان شاخص متداول نسبت غلظت فلزات سنگین در نمونه‌های سطحی منطقه به غلظت آن‌ها در ماده مرجع بوده و میزان غنی‌شدگی رسوبات از اثر عوامل انسانی بدست می‌آید. بر این اساس جهت تعیین فاکتور غنی‌شدگی از رابطه $EF = Sc/Rc$ استفاده گردید که در این رابطه EF فاکتور غنی‌شدگی، SC غلظت عنصر اندازه‌گیری شده در رسوب و RC غلظت عنصر در ماده مرجع می‌باشد [۱۷].

طبقه‌بندی فاکتور غنی‌شدگی بر اساس کلاس غنی‌شدگی و میزان فاکتور غنی‌شدگی محاسبه می‌شود که کلاس غنی‌شدگی به‌ترتیب در بدون غنی‌شدگی (کم‌تر از یک)، اندک (بین ۱ تا ۳)، متوسط (بین ۳ تا ۵)، نسبتاً شدید (بین ۵ تا ۱۰)، شدید (بین ۱۰ تا ۲۵)، خیلی شدید (بین ۲۵ تا ۵۰) و بی‌نهایت شدید (بیشتر از ۵۰) می‌باشد.

به‌منظور برآورد شدت آلودگی رسوبات منطقه از شاخص زمین‌انباشتگی مولر استفاده گردید. روند محاسبات در رابطه زیر مشاهده می‌شود:

$$I_{geo} = \log_2(Cn/1.5Bn)$$

که در رابطه I_{geo} شاخص انباشت ژئوشیمیایی فلز با شاخص شدت آلودگی، $\log_2$ ، لگاریتم بر پایه ۲، Cn غلظت فلز سنگین در رسوب یا خاک و Bn غلظت زمینه می‌باشد. غلظت زمینه، میانگین عناصر در رسوبات جهانی است [۱۸]. شاخص ژئوشیمیایی مولر، رسوبات را از نظر درجه آلودگی به هفت گروه از رده غیرآلوده تا آلودگی بسیار شدید طبقه‌بندی نموده است (جدول ۲). در ادامه نیز با تعیین ژئوشیمیایی رسوبات در کلیه ایستگاه‌ها، درجه آلودگی هر ایستگاه تعیین گردید.

تجزیه و تحلیل آماری داده‌های حاصل از اندازه‌گیری غلظت فلزات در رسوبات با نرم افزار SPSS 26 انجام پذیرفت. جهت رسم نمودار و جداول از نرم افزار EXCEL 2013 استفاده شد. جهت تعیین دقیق وجود یا عدم وجود تفاوت معنی‌دار مقدار غلظت فلزات سنگین بین مناطق مختلف از آزمون Tukey در سطح آماری ۹۵ درصد استفاده شد. همچنین برای ارزیابی صحت داده‌ها نیز از موارد استاندارد SRM (Standard Reference Material, TORT-2) استفاده شد.

جدول ۲. راهنمای برآورد شدت آلودگی رسوبات از شاخص I_{geo}

شاخص زمین‌انباشتگی (I_{geo})	کلاس I_{geo}	درجه آلودگی خاک
<۰	کلاس صفر	غیرآلوده
۰-۱	کلاس یک	غیرآلوده تا آلودگی متوسط
۱-۲	کلاس دو	آلودگی متوسط
۲-۳	کلاس سه	آلودگی متوسط تا شدید
۳-۴	کلاس چهار	آلودگی شدید
۴-۵	کلاس پنج	آلودگی شدید تا بسیار شدید
>۵	کلاس شش	آلودگی بسیار شدید

^۳ - Enrichment Factor

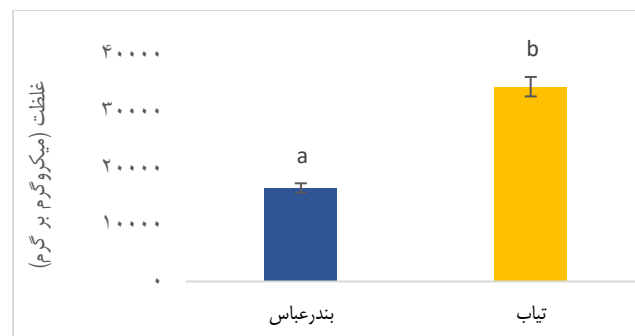
نتایج

نتایج نشان داد که از لحاظ غلظت عناصر روی، مس، سرب و نیکل در رسوبات دو منطقه بندرعباس و خور تیاب هرگزگان اختلاف معنی داری وجود دارد ($P < 0.05$). به طوریکه غلظت این عناصر در رسوبات خور تیاب میناب از منطقه بندرعباس به طور معنی داری بیشتر بود ($P < 0.05$). در بین این عناصر میزان نیکل در منطقه تیاب میناب نسبت به سایر عناصر بیش تر و میزان فلز مس در هر دو منطقه از بقیه عناصر کم تر می باشد (شکل ۲).



شکل ۲. مقایسه میانگین ($M \pm SD$) عناصر مس، سرب، روی و نیکل در منطقه بندر عباس و تیاب میناب (حروف نامشابه در هر ستون بیانگر اختلاف معنی دار ($P < 0.05$) است).

مقایسه عنصر آهن در رسوبات دو منطقه بندر عباس و تیاب نشان داد که مقدار آهن در منطقه تیاب نسبت به بندرعباس با اختلاف معنی داری دارای بیشترین مقدار می باشد ($P < 0.05$) (شکل ۳).



شکل ۳. مقایسه میانگین ($M \pm SD$) عنصر آهن در رسوبات دو منطقه بندر عباس و تیاب (حروف نامشابه در هر ستون بیانگر اختلاف معنی دار ($P < 0.05$) است).

بر اساس نتایج محاسبه شده در جدول (۳) در بین فلزات مورد مطالعه، سرب در بندر عباس دارای غنی شدگی نسبتاً شدید، تیاب دارای غنی شدگی شدید، روی در هر دو منطقه دارای غنی شدگی متوسط، نیکل در هر دو منطقه غنی شدگی شدید و آهن و مس بدون غنی شدگی را نشان داد. نتایج برای هر دو ایستگاه در جدول ۳ ارائه گردید.

همچنین بر اساس محاسبات انجام شده و نتایج حاصل از جدول (۳) و مقایسه آن با شاخص ژئوشیمیایی مولر در بین عناصر مورد مطالعه سرب و روی در دسته مناطق غیر آلوده تا آلودگی متوسط، نیکل در رده آلودگی متوسط و آهن و مس در دسته مناطق غیر آلوده قرار گرفته شد.

جدول ۳. شاخص انباشت ژئوشیمیایی و غنی‌شدگی ایستگاه‌های بندرعباس و تیاب میناب

مناطق و ایستگاه											مقادیر غنی‌شدگی فلزات سنگین
مناطق و ایستگاه‌های مورد مطالعه	شماره ایستگاه	سرب $\mu\text{g/g}$	روی $\mu\text{g/g}$	نیکل $\mu\text{g/g}$	آهن $\mu\text{g/g}$	مس $\mu\text{g/g}$	سرب $\mu\text{g/g}$	روی $\mu\text{g/g}$	نیکل $\mu\text{g/g}$	آهن $\mu\text{g/g}$	مس $\mu\text{g/g}$
بندرعباس	۱	۰/۷۶	۰/۱۹	۰/۶۲	-۳/۶۲	-۰/۴۲	۸/۶۱	۳/۷	۱۲/۵۴	۰/۰۰۵۱	۰/۰۰۳۸
	۲	۰/۴۲	۰/۱۷	۰/۷۴	-۳/۵۹	-۳/۰۹	۳/۶۳	۱/۳۱	۳/۶۰	۰/۰۰۴۷	۰/۰۰۳۶
	۳	۰/۵۲	۰/۱۵	۰/۷۵	-۴/۰۶	-۳/۲۱	۸/۹۷	۳/۹۷	۱۲/۴۷	۰/۰۰۶۳	۰/۰۰۱۲
	۴	۰/۷۴	۰/۱۸	۰/۳۷	-۴/۰۳	-۳/۳۹	۸/۶۰	۱/۲۱	۱۲/۴۹	۰/۰۰۰۴۵	۰/۰۰۰۱۴
	۵	۰/۴۰	۰/۲۳	۰/۷۴	-۴/۱۶	-۳/۶۴	۴/۹۷	۲/۳۸	۸/۳۹	۰/۰۰۳۴	۰/۰۰۰۱۲
	۶	۰/۴۱	۰/۱۹	۰/۷۱	-۴/۱۷	-۲/۶۱	۹/۲۱	۳/۷۶	۸/۴۱	۰/۰۰۰۴۵	۰/۰۰۰۱۷
	۷	۰/۳۸	-۰/۰۳	۰/۹۱	۴/۰۷	-۳/۵۱	۵/۱۸	۱/۵۰	۵/۲۷	۰/۰۰۰۹۰	۰/۰۰۰۱۲
	۸	۰/۵۳	-۰/۰۱	۰/۶۴	-۴/۰۲	-۳/۶۴	۵/۲۰	۱/۳۷	۸/۵۸	۰/۰۰۱۵	۰/۰۰۰۱۳
	۹	۰/۳۸۴	-۰/۰۵۷	۰/۳۸	-۴/۱۶	-۳/۴۹	۶/۸۸	۲/۱۲	۸/۴۱	۰/۰۰۰۴۳	۰/۰۰۰۳۸
	۱۰	۰/۵۲	۰/۲۰۱	۰/۷۴	-۳/۷۶	-۳/۶۴	۸/۷۲	۲/۵۶	۹/۴۳	۰/۰۰۲۱	۰/۰۰۰۳۶
تیاب	۱۱	۰/۹۴	۰/۷۱	۱/۲۹	-۳/۳۰	-۳/۰۴	۱۳/۰۲	۴/۶۷	۱۹/۶۵	۰/۰۱۳	۰/۰۰۰۳۸
	۱۲	۰/۵۷	۰/۳۸	۱/۱۹	-۳/۵۸	-۳/۴۲	۱۲/۸۱	۳/۸۱	۱۹/۸۹	۰/۰۰۲۱	۰/۰۰۰۳۶
	۱۳	۰/۶۷	۰/۴۰	۱/۱۳	-۳/۲۹	-۳/۱۵	۱۳/۷۱	۳/۸۷	۲۰/۶۵	۰/۰۰۰۵۹	۰/۰۰۲۱
	۱۴	۰/۷۲	۰/۴۳	۲/۱۱	-۳/۶۳	-۲/۹۹	۵/۴۶	۳/۸۳	۲۳/۷۳	۰/۰۰۱۳	۰/۰۰۱۳
	۱۵	۰/۵۶	۰/۳۸	۱/۲۱	-۳/۶۱	-۳/۴۲	۵/۵۰	۴/۰۴	۲۳/۴۷	۰/۰۰۱۸	۰/۰۰۱۰
	۱۶	۰/۷۰	۰/۴۳	۲/۱۱	-۴/۵۹	-۳/۲۸	۷/۹۴	۳/۸۶	۱۹/۹۶	۰/۰۰۱۲	۰/۰۰۱۸
	۱۷	۰/۷۳	۰/۴۰	۲/۱۱	-۳/۶۰	-۲/۹۱	۸/۰۸	۳/۸۷	۲۰/۷۸	۰/۰۰۲۱	۰/۰۰۱۲
	۱۸	۰/۶۲	۰/۷۱	۱/۱۹	-۳/۶۴	-۲/۸۴	۸/۷۳	۳/۶۲	۱۹/۶۰	۰/۰۰۵۹	۰/۰۰۱۲
	۱۹	۰/۶۷	۰/۳۵	۲/۱۱	-۳/۲۷	-۲/۱۵	۵/۴۷	۳/۶۰	۱۹/۷۶	۰/۰۰۴۵	۰/۰۰۰۵۹
	۲۰	۰/۹۱	۰/۴۲	۱/۹۹	-۳/۵۹	-۳/۰۸	۷/۵۴	۴/۰۹	۱۹/۵	۰/۰۰۷۸	۰/۰۰۰۶۰

غلظت ماده مرجع، میانگین عناصر در رسوبات جهانی است. همچنین نتایج حاصل مقایسه فلزات سنگین در محدوده مورد بررسی با استاندارد کیفیت رسوب کانادا در جدول ۴ ارائه شده است.

جدول ۴. فلزات مورد مطالعه از نظر حداقل، حداکثر، میانگین کل، میانگین جهانی، انحراف معیار و استاندارد کیفیت رسوب کانادا (بر حسب mg/kg)

منطقه	فلز	میانگین کل	حداقل	حداکثر	انحراف معیار	میانگین جهانی	استاندارد کیفیت رسوب کانادا
بندر عباس	Fe	۱۷۴۲۰	۹۵۹۰	۲۳۲۴۰	۳۵۰۰/۵۰	۴۶۰۰۰	۴۸۰۰۰
	Zn	۱۷۵/۶۸	۱۲۴/۷۶	۲۲۶/۶۹	۵۰/۹۲	۳۳	۳۱۵
	Cu	۰/۰۰۸۵۲	۰/۰۰۵۷۵	۰/۰۱۱۳	۰/۰۰۲	۳۳	۵/۲۳
	Pb	۸۱/۷۹	۶۹/۱۱۵	۹۴/۴۷	۱۲/۶۷	۱۹	۹۱/۳
	Ni	۳۲۸/۱۳	۱۸۸/۷۹	۴۶۷/۴۱۱	۱۳۹/۳۴	۵۲	۷۵
تیاب	Fe	۳۵۱۸۵	۳۳۷۸۰	۳۶۰۵۶	۴۹۰۵/۵۵	۴۶۰۰۰	۴۸۰۰۰
	Zn	۳۶۷/۷۴	۳۴۳/۴۶	۳۸۹/۲۳	۲۳	۳۳	۳۱۵
	Cu	۰/۰۲۲۷	۰/۰۱۹۶	۰/۰۲۵۷	۰/۰۰۳	۳۳	۵/۲۳
	Pb	۱۲۳/۷۲	۱۰۴/۱۱۶	۱۴۳/۳۲	۱۹/۶۰	۱۹	۹۱/۳
	Ni	۱۰۲۰/۹۸	۱۰۱۴/۳۷	۱۰۲۷/۶۰	۶/۶۱	۵۲	۷۵

بحث و نتیجه گیری

امروزه یکی از تهدیدات مهم جوامع زیستی و اکولوژیکی سواحل و سایر اکوسیستم‌های آبی ورود انواع آلاینده‌های آلی و معدنی به‌خصوص فلزات سنگین است زیرا سواحل به‌دلایل مختلفی نظیر توسعه شهرنشینی سریع، افزایش تراکم جمعیت، استحصال و بهره‌برداری از صنایع نفت و پتروشیمی، ورود فاضلاب و روان‌آب‌های شهری و کشاوری به‌شدت در معرض انواع آلاینده‌ها نظیر فلزات قرار دارد [۱۹]. در مطالعه حاضر غلظت فلزات سنگین در رسوبات ایستگاه بندر عباس $Cu < Pb < Zn < Ni < Fe$ و در خور تیاب نیز $Cu < Pb < Zn < Ni < Fe$ مشاهده گردید. در بین ایستگاه‌های مورد مطالعه اختلاف معنی‌داری در بین این فلزات وجود داشت. بیشترین میزان فلزات مربوط به خور تیاب و کم‌ترین میزان فلزات مربوط به ایستگاه بندر عباس مشاهده شد. به این ترتیب بیشترین مقدار فلزات در بین دو ایستگاه مورد مطالعه مربوط به فلز آهن در خور تیاب با میانگین کل ۳۵۱۷۶ میکروگرم بر گرم وزن خشک و کم‌ترین مقدار در فلز مس در ایستگاه بندر عباس با میانگین ۰/۰۰۸۵ میکروگرم بر گرم وزن خشک مشاهده شد. با بررسی‌های انجام شده در این پژوهش با استانداردهای جهانی نشان داد که نیکل از استانداردهای جهانی بالاتر بوده است. از آنجایی که نیکل دارای خطرات فراوان از جمله سرطان‌زایی و ایجاد آلرژی است لازم است اقدامات جدی برای بررسی بیشتر منشأ نیکل و راه‌کاری اساسی جهت کاهش آن صورت گیرد [۲۰]. فراوانی حمل و نقل کشتی‌ها در اسکله‌های مختلف، مجاورت با محل تعمیر و نگهداری کشتی‌ها و نیز تخلیه و بارگیری انواع مواد سوختی، کالاهای نفتی، مواد معدنی، غذایی و غیره و ریزش مواد آلاینده در اسکله‌های مختلف که با دستاورد Elsagh و Barmaki [۲۱] که به سنجش و اندازه‌گیری آلودگی‌های فلزات سنگین در رسوبات ساحلی خلیج فارس پرداختند، نشان داد که متوسط غلظت فلزات سنگین مس، سرب و آهن موجود در رسوب با یگدیگر اختلاف معنی‌داری دارند. Mirza و همکاران طی مطالعه‌ای در مورد بررسی آلودگی و ارزیابی اثرات بوم‌شناختی برخی از فلزات سنگین (جیوه، کادمیوم، مس، سرب، نیکل و وانادیوم) در رسوبات سطحی خلیج چابهار، میزان غلظت فلزات سنگین $Hg > Cd > Cu > Pb > Ni > V$ گزارش کردند

در تحقیق انجام شده واندایوم و نیکل بیشترین میزان غلظت فلزات سنگین در رسوبات سطحی خلیج چابهار را نشان دادند. در پژوهش حاضر بیشترین میزان غلظت فلزات سنگین در رسوبات سطحی از مناطق مورد مطالعه مربوط به فلز نیکل و روی بود. به طور کلی هر دو منطقه چابهار و هرمزگان از لحاظ غلظت نیکل دارای میزان بالایی بودند [۲۲]. در مطالعه Hosseini و همکاران نیز در بررسی آلودگی فلزات سنگین در رسوبات مناطق مختلف استان بوشهر (دیلیم، گناوه، دیر و بوشهر)، توالی غلظت فلزات در رسوبات تمام ایستگاه‌ها به ترتیب $Cd < Pb < Co < Cu < Ni$ را نشان داد این مطالعات نیز مشابه با نتایج حاضر Ni دارای بیشترین میزان بود. محققان مختلف غلظت بالای فلزات سنگین نواحی ساحلی را ناشی از منابع طبیعی، نوع و بافت رسوبات، مقدار فلز در بافت رسوب، ویژگی ژئوشیمیایی رسوبات، عمق آب، نوع و جهت جریانات دریایی و انسانی به خصوص ورود فاضلاب‌های صنعتی، شهری، حمل و نقل و تردد قایق‌ها و کشتی‌ها بیان نمودند [۲۳]. عناصر سرب و مس در ترکیب رنگ‌ها از جمله رنگ‌های مورد استفاده برای کشتی‌ها و شناورها وجود دارد. این دو عنصر در پساب‌های شهری و خانگی نیز وجود دارند [۲۴]. مهم‌ترین راه ورود سرب به زمین و دریا افزایش بنزین سرب‌دار می‌دانند، زمین‌های دفن لجن و فاضلاب نیز دارای غلظت‌های بالای سرب هستند [۲۵]. شاید بتوان گفت که غلظت بالای سرب در مناطق مورد مطالعه، به خصوص در مجاورت مسیر رفت و آمد وسایل نقلیه و تردد قایق‌ها هستند. سرب در ترکیبات نفتی یافت می‌شود و از آنجا که عمده منبع ورود سرب به محیط‌زیست می‌تواند ناشی از فعالیت‌های انسانی و فاضلاب‌های شهری و صنعتی و کشاورزی از ساحل و ورودی آب رودخانه‌ها به محیط دریا باشد، لذا در سواحل که محل ورود آلاینده‌ها به دریاست و همچنین به علت توقف و تردد کشتی‌ها و شناورها و نشست مواد نفتی، از میانگین بالاتری برخوردار است. در مجموع میزان سرب از طرف ساحل به دریا کاهش می‌یابد که نشان دهنده وابستگی این عنصر به منابع آلاینده در ساحل و ورود فاضلاب‌های شهری و کشاورزی است [۲۴]. Dehghani و همکاران فعالیت‌های صنعتی و پالایشگاهی را عامل مهم افزایش آلاینده‌های مختلف به‌ویژه فلزات سنگین در رسوبات سطحی سواحل خلیج فارس بیان کردند [۲۵]. افزایش فعالیت‌های صنعتی و به طور کلی، اختلاف بین غلظت‌های فلزات سنگین می‌تواند به دلایل مختلف مانند تعداد و نوع آلاینده‌های موجود در محیط، فاصله از منبع آلودگی تا محل نمونه‌برداری، بافت رسوب و ترکیبات کانی شناسی، فیزیکی و شیمیایی، خواص رسوبات مانند pH و دما، میزان مواد آلی رسوب و همچنین تأثیر عوامل محیطی بر رسوب باشد [۲۶]. Wang و همکاران بر روی ارزیابی فلزات سنگین (Cd، Pb، Cr، Cu، Zn، Hg و As) در رسوبات سطحی دریایی خلیج دایا در جنوب چین نشان داد که تمام غلظت فلزات سنگین کمتر از معیارهای استاندارد اولیه است [۲۷]. سرب، کروم و کادمیوم ناشی از تخلیه فاضلاب‌های صنعتی هستند و کبالت و نیکل هم از پوسته زمین منتشر می‌شوند و ورود کودهای شیمیایی کشاورزی به آب‌های سطحی سبب افزایش کبالت و نیکل شده و در نهایت این عناصر در رسوبات ته نشین می‌شوند [۲۸]. Sojka همکاران با مطالعه فلزات در رسوبات و آب بیان داشت که کادمیوم، کروم، مس، نیکل و سرب منشأ طبیعی دارند و نیز مناطق شهری و نیمه صنعتی مجاور مناطق ساحلی سبب افزایش این فلزات در رسوبات می‌شوند و ورود رودخانه‌ها به محیط های ساحلی سبب افزایش نیکل می‌شود [۲۹]. در مطالعه‌ای که توسط Huang و همکاران تحت عنوان ارزیابی خطر فلزات سنگین در رسوبات سطحی در منبع آب آشامیدنی رودخانه Xiangjiang در جنوب چین انجام شد، نتایج نشان داد که مقدار مواد آلی و اندازه ذرات رسوب تأثیر مشخصی در غنی‌سازی فلزات سنگین دارند و پیشنهاد کردند که فعالیت‌های انسانی منبع اصلی فلزات سنگین در رسوبات بوده و توزیع فلزات سنگین ممکن است تحت تأثیر خواص رسوب باشد [۳۰]. در مطالعه حاضر فاکتور غنی‌شدگی فلزات در نمونه‌های آهن و مس در هر دو منطقه بندرعباس و تیاب میناب بدون غنی‌شدگی، میزان غنی‌شدگی روی در دو منطقه مورد مطالعه دارای غنی‌شدگی متوسط، سرب دارای غنی‌شدگی شدید، میزان غنی‌شدگی نیکل در بندرعباس نسبتاً شدید و در منطقه تیاب میناب دارای غنی‌شدگی شدید بود. طبق می‌شود نتایج مطالعه Perumal و همکاران (۲۰۲۱)، بر روی ارزیابی رسوبات سطحی جنوب هند در خلیج پالک از نظر آلاینده‌های فلزات Ni، Cd، Zn، Cr، Mn، Pb و Cu نشان داد که سطح متوسط آلودگی برای شاخص‌های آلودگی EF و Igeo ناشی از مس، روی، سرب و کروم می‌باشد [۳۱].

در پژوهش حاضر نتایج مقادیر شاخص ژئوشیمیایی مولر نشان داد که مقادیر فلزات سنگین برای تمامی نمونه‌ها به جز نیکل کمتر از صفر بوده که بیانگر غیر آلوده بودن مناطق مورد مطالعه بود. مقادیر شاخص ژئوشیمیایی مولر برای نیکل آلودگی متوسط را نشان داد. به‌طور کلی بر اساس نتایج حاضر، رسوبات خوریات استان هرمزگان در مناطق مورد مطالعه از لحاظ آلودگی، نیکل در رده سطوح بالاتر آلودگی و سایر عناصر (روی، مس، آهن و سرب) در رده سطوح بسیار پایین آلودگی قرار می‌گیرند Robledo Ardila و همکاران (۲۰۲۴) بررسی ارزیابی آلودگی فلزات سنگین در رسوبات دریای مدیترانه را مورد مطالعه قرار دادند. نتایج نشان دهنده، غلظت بالای جیوه، نیکل و مس بود در حالی که کروم، روی، کادمیوم، باریم و وانادیم دارای آلودگی متوسط بودند. برای ارزیابی نتایج فلزات سنگین، دستورالعمل‌های کیفیت رسوب و شاخص‌های آلودگی (Igeo و سیگنال ژئوشیمیایی نوع-GST) مورد استفاده قرار گرفت، که روند ثابت کاهش غلظت را از منطقه ساحلی به سوی دریای آزاد نشان داد. تجزیه و تحلیل اجزای اصلی بر نقش مهم مس، روی، و کروم در رسوب تاکید می‌کند. این مطالعه نشان می‌دهد که الگوهای توزیع فلزات سنگین با تخلیه فاضلاب در نواحی ساحلی مرتبط است [۳۲]. Vaezi و همکاران طی مطالعه‌ای در مورد بررسی غلظت برخی آلاینده‌های فلزی (Ba، As، Co، Cr، Cu، Mn، Ni، Sr و Al) در رسوبات خور موسی گزارش کردند که شاخص مولر Igeo بیانگر آلودگی کمی در منطقه خور موسی بود که با تحقیق حاضر نیز Igeo بیانگر آلودگی کمی را در رسوبات استان هرمزگان نشان داد [۳۳]. نتایج مطالعه Rodrigue و همکاران، بر روی ارزیابی آلودگی فلزات سنگین کادمیوم، مس، سرب و روی در نمونه‌های رسوبی از کانال ویرید در ساحل عاج نشان داد که غلظت‌های Zn، Pb و Cd به جز Cu در نمونه‌های رسوبی به‌دلیل فعالیت‌های انسانی بیشتر از غلظت متناظر پوسته قاره‌ای است. ضریب EF و شاخص Igeo برای کادمیوم، سرب و روی نشان داد که رسوبات آلوده بوده، درحالی که مس به‌طور کلی بدون آلودگی بود، آن‌ها گزارش کردند که غلظت‌های کادمیوم، سرب و روی احتمالاً منجر به اثرات مضر بر ارگانیسم‌های ساکن در رسوب می‌شود. این نتایج نشان دهنده خطر بالای زیست‌محیطی و نیاز به نظارت بر محیط‌زیست است که از توسعه یک استراتژی کارآمد برای کاهش آلودگی حمایت می‌کند [۳۴].

نتیجه‌گیری نهایی

براساس نتایج به‌دست آمده از شاخص انباشت ژئوشیمیایی مولر می‌توان نتیجه گرفت که رسوبات مورد مطالعه از نظر شدت آلودگی به عناصر روی، سرب، آهن و مس در طبقه غیرآلوده (کلاس صفر) بوده و نیکل در رده آلودگی متوسط می‌باشد. همچنین از بین دو منطقه مورد مطالعه، منطقه تیاب میناب نسبت به بندرعباس آلودگی بیشتری را نشان داد که این آلودگی ورود فاضلاب شهری و صنعتی، حمل و نقل تردد قایق‌ها و کشتی‌ها بوده که آلودگی‌ها بیشتر ناشی از سوخت‌گیری ناصحیح و ورود گازوییل به آب بوده و علاوه بر آن بحث قاچاق سوخت که به‌صورت غیر قانونی در شناورها بارگیری و در بیشتر مواقع وارد آب می‌شوند، اهمیت بررسی فلزات سنگین در رسوبات ساحلی را در این مناطق دو چندان می‌نماید.

تشکر و قدردانی

نویسندگان از اداره کل حفاظت محیط‌زیست هرمزگان (آزمایشگاه مرکزی محیط‌زیست) از سرکارخانم دکتر مریم سلیمی زاده برای همکاری در انجام این پژوهش صمیمانه سپاسگزاری می‌نمایند.

این بخش باید در حد یک پاراگراف نوشته شود.

تأییدیه اخلاقی: کلیه مراحل انجام این مطالعه با رعایت مسایل اخلاقی انجام شد.

تعارض منافع: در مطالعه حاضر هیچگونه تعارض منافی وجود ندارد.

منابع مالی: هزینه‌های مالی توسط دانشجو و گرنت استاد راهنما استفاده شد.

منابع

- 1- Yipel M and Yarsan E. A risk assessment of heavy metal concentrations in fish and an invertebrate from the Gulf of Antalya. *Bulletin of environmental contamination and toxicology*. 2014;93(5) 542- 548.
- 2- Maanan M, Saddik M, Maanan M, Chaibi M, Assobhei O, Zourarah B. Environmental and ecological risk assessment of heavy metals in sediments of Nador lagoon, Morocco. *Ecological Indicators*. 2014;48 (C). 616-626.
- 3- Nalina E, Puttaiah E. Studies on the ground water quality of Kadur and its surrounding area Karnataka-A statistical analysis. *J Aquat Bio*. 2006; 21. 105-110.
- 4- Dunder MS, Altundag H. Investigation of heavy metal contaminations in the lower Sakarya river water and sediments. *Environmental monitoring and assessment*. 2007; 128. 177 -181.
- 5- Cheung RY, Chan KM. Metal concentrations in tissues of rabbitfish (*Siganus oramin*) collected from Tolo Harbour and Victoria Harbour in Hong Kong. *Marine Pollution Bulletin*. 1999; 39(1-12). 234-238.
- 6- Kaur J, Sengupta P, Mukhopadhyay S. Critical review of bioadsorption on modified cellulose and removal of divalent heavy metals (Cd, Pb, and Cu). *Industrial & Engineering Chemistry Research*. 2022; 61(5). 1921-1954.
- 7- Kishe MA, Machiwa JF. Distribution of heavy metals in sediments of Mwanza Gulf of Lake Victoria, Tanzania. *Environment international*. 2003; 28(7). 619-25.
- 8- Al-Taani AA, Batayneh AT, El-Radaideh N, Ghrefat H, Zumlot T, Al-Rawabdeh AM, Al-Momani T, Taani A. Spatial distribution and pollution assessment of trace metals in surface sediments of Ziqlab Reservoir, Jordan. *Environmental monitoring and assessment*. 2015; 187(32). 1-14.
- 9- Long Z, Zhu H, Bing H, Tian X, Wang Z, Wang X, Wu Y. Contamination, sources and health risk of heavy metals in soil and dust from different functional areas in an industrial city of Panzhuhua City, Southwest China. *Journal of Hazardous Materials*. 2021; 420. 126638.
- 10- Yang T, Meng J, Jeyakumar P, Cao T, Liu Z, He T, Cao X, Chen W, Wang H. Effect of pyrolysis temperature on the bioavailability of heavy metals in rice straw-derived biochar. *Environmental Science and Pollution Research*. 2021; 28(2). 2198-2208.
- 11- Gurumoorthi K, Venkatachalapathy R. Spatial and seasonal trend of trace metals and ecological risk assessment along Kanyakumari coastal sediments, southern India. 2016; 2(3). 269-287.
- 12- Abraham, G.M.S. Holocene Sediments of Tamaki Estuary: Characterization and Impact of Recent Human Activity on an Urban Estuary in Auckland New Zealand. Ph.D. Thesis, University of Auckland, Auckland, New Zealand, 2005 361 p.
- 13- Coulibaly S, Atse BC, Koffi KM, Sylla S, Konan KJ, Kouassi NG. Seasonal accumulations of some heavy metal in water, sediment and tissues of black-chinned tilapia *Sarotherodon melanotheron* from Biétri Bay in Ebrié Lagoon, Ivory Coast. *Bulletin of environmental contamination and toxicology*. 2012; 88(4). 571-576.
- 14- Elsagh A, Barmaki M. Determination of pollution caused by heavy metals Cu, Zn, Ni and Pb in the Persian Gulf coastal sediments. *J Environmental Science and Technology*. 2014;15 (2). 1-11.
- 15- Ruangsomboon S, Wongrat L. Bioaccumulation of cadmium in an experimental aquatic food chain involving phytoplankton (*Chlorella vulgaris*), zooplankton (*Moina macrocopa*), and the predatory catfish *Clarias macrocephalus* × *C. gariepinus*. *Aquatic toxicology*. 2006; 78(1). 15 -18.

- 16- Moopam. Manual of oceanographic observations and pollutant analysis methods. 3rd ed, *Regional organization for the protection of the marine environment Kuwait*. 1999; 321.
- 17- Sinex SA, Helz GR. Regional geochemistry of trace elements in Chesapeake Bay sediments. *Environmental Geology*. 1981; 3: 315 -323.
- 18- Muller G. Schwermetalle in den sedimenten des RheinseVeränderungen seitt 1971. Umschau. 1979; 79:778-783.
- 19- Arfaenia H, Nabipour I, Ostovar A, Asadgol Z, Abuee E, Keshtkar M, Dobaradaran S. Assessment of sediment quality based on acid-volatile sulfide and simultaneously extracted metals in heavily industrialized area of Asaluyeh, Persian Gulf: concentrations, spatial distributions, and sediment bioavailability/toxicity. *Environmental Science and Pollution Research*. 2016; 23:9871-9890.
- 20- Moazeni M, Hayeripour S, Mohamadi M, Foladi H. Study of some heavy metals consentation (Cd, Cu, Pb, Ni) in surface sediments of the Naiband National Park. *Persian Gulf, Iran*. 2013; 5(15). 23-32. (in Persian)
- 21- Kosaj N, Jafarian, Rahmani, Abdulwahid, Patimar and Hosni. Assessment of heavy metal pollution and investigation of the source of environmental pollution in the sediments of Qeshm, Bandar Khmeir and Bandar Laft regions of Hormozgan province in the Persian Gulf. *Fisheries Science and Technology*. 2021; 10(2). 151-163. (in Persian)
- 22- Mirza R, Moinuddin M. pollution and evaluation of ecological effects of some heavy metals in Surface sediments of Chabahar Bay. *Scientific-research journal of oceanography*. 2016; 8 (31). 1-9. (in Persian)
- 23- Aghadadashi V, Neyestani MR, Mehdiinia A, Bakhtiari AR, Molaei S, Farhangi M, Esmaili M, Marnani HR, Gerivani H. Spatial distribution and vertical profile of heavy metals in marine sediments around Iran's special economic energy zone; Arsenic as an enriched contaminant. *Marine pollution bulletin*. 2019; 138. 437-450.
- 24- Luoma SN, Rainbow PS. Metal contamination in aquatic environments: science and lateral management. *Cambridge: Cambridge university press*. 2008; 5(3). 492-494.
- 25- Dehghani M, Nabipour I, Dobaradaran S, Godarzi H. Cd and Pb concentrations in the surface sediments of the Asaluyeh Bay, Iran. *Journal of Community Health Research*. 2014; 3(1). 22-30.
- 26- Allami H, Afzali A, Mirzaei R. Determination and investigation of heavy metal concentrations in sediments of the Persian Gulf coasts and evaluation of their potential environmental risk. *Analytical Methods in Environmental Chemistry Journal*. 2020; 3(04). 60-71.
- 27- Wang H, Fan Z, Kuang Z, Yuan Y, Liu H, Huang H. Heavy metals in marine surface sediments of Daya Bay, Southern China: Spatial distribution, sources apportionment, and ecological risk assessment. *Frontiers in Environmental Science*. 2021; 9. 755873.
- 28- El-Alfy MA, El-Amier YA, El-Eraky TE. Land use/cover and eco-toxicity indices for identifying metal contamination in sediments of drains, Manzala Lake, Egypt. *Heliyon*. 2020; 6(1). e03177.
- 29- Sojka M, Jaskuła J, Siepak M. Heavy metals in bottom sediments of reservoirs in the lowland area of western Poland: Concentrations, distribution, sources and ecological risk. *Water*. 2018; 11(1). 56.

- 30- Huang Z, Liu C, Zhao X, Dong J, Zheng B. Risk assessment of heavy metals in the surface sediment at the drinking water source of the Xiangjiang River in South China. *Environmental Sciences Europe*. 2020; 32(23). 1-9.
- 31- Perumal K, Antony J, Muthuramalingam S. Heavy metal pollutants and their spatial distribution in surface sediments from Thondi coast, Palk Bay, South India. *Environmental Sciences Europe*. 2021;33(1):63.
- 32- Robledo Ardila PA, Álvarez-Alonso R, Árcega-Cabrera F, Durán Valseiro JJ, Morales García R, Lamas-Cosío E, Ocegüera-Vargas I, DelValls A. Assessment and Review of Heavy Metals Pollution in Sediments of the Mediterranean Sea. *Applied Sciences*. 2024 Feb 9;14(4):1435. doi.org/10.3390/app14041435.
- 33- Vaezi A, Karbasi A, Fakhraei M, Valikhani Samani A, Heydari M. Investigating the concentration and pollutant of metal sources in the sediments of Khor Musa, Persian Gulf. *Environmental Science, Journal*. 2013; 40 (2). 345-360. (in Persian)
- 34- Rodrigue KA, Yao B, Trokourey A, Kopoin A. Assessment of heavy metals contamination in sediments of the Vridi Canal (Côte d'Ivoire). *Journal of Geoscience and Environment Protection*. 2016; 4(10). 65-73.

Assessment of heavy metal pollution in the sediments of Bandar Abbas and Tiab estuary in the Hormozgan province

Mohammad Reza Taherizadeh¹, Zohre Barkhovdari Ahmady², Fatemeh Shayesteh³, Mohsen Gozari⁴

1-University of Hormozgan, Faculty of Department of Marine Biology Faculty of Marine Science and Technology University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran.

2- Marine Biology Dept, Faculty of Marine Science and Technologies, University of Hormozgan,

3- Dept. of Fishereis, Faculty of Marine Science and Technologies, University of Hormozgan,

4- Persian Gulf and Oman Sea Ecology Research Center, Iranian Fisheries Sciences Research Institute (IFSRI), Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Bandar Abbas, Iran,

ABSTRACT

In this research, the sediments of Bandar Abbas and Tiab estuary areas in Hormozgan province were conducted to determine the amount of heavy metal contamination (iron, copper, lead, zinc and nickel). Sampling of the sediments of these areas was done to determine the enrichment index and geochemical index using grab, and the flame atomic absorption device was used to determine the concentration of heavy metals. The results based on the mean ($M \pm SD$) shows that the concentrations of the studied elements in different stations were significantly different from each other ($P < 0.05$). So that in terms of the concentration of elements studied by FAO/WHO global standard in Bandar Abbas region (nickel 328.13 ± 139.34 , zinc 175.68 ± 50.92 , copper 0.0086 ± 0.002 , lead 12.67 ± 81.79 and iron 17520 ± 691.21 $\mu\text{g/g}$) compared to Tiab region (nickel 1065.56 ± 71 , zinc 367.74 ± 23 , copper 0.227 ± 0.003 , lead $72/19 \pm 60$ 123 and iron 35176 ± 872.38 $\mu\text{g/g}$) exhibited less contamination. The results of the enrichment factor of metals in iron and copper without enrichment, zinc with moderate enrichment, lead with relatively strong enrichment and nickel with severe enrichment, and in terms of Müller's geochemical index, the degree of soil pollution in the category of non-contaminated soils, with nickel component have a moderate degree of pollution. The pollution situation in Tiab region is more severe compared in Bandar Abbas region due to various reasons such as the presence of shrimp breeding sites, urbanization development, industry, agriculture and also due to the unprincipled oil activities that are carried out on the coasts.

KEYWORDS: Pollution, Persian Gulf, Trace elements, Coastal sediments, Tidal zone

ARTICLE TYPE

Original Research

ARTICLE HISTORY

Received: 31 August 2024

Accepted: 02 June 2025

ePublished: 05 June 2025

* Corresponding Author:

Email address: taheri.1965@gmail.com

Tel: 09173671293

© Published by Tarbiat Modares University

ISSN: 2322-5513