مجله مهندسی بهداشت محیط، تابستان ۱۳۹۷، سال ۵، شماره ٤: ۳۵۹-۳۷٤

سنجش و ارزیابی ریسک اکولوژیکی فلزات سنگین (سرب، کادمیوم، مس و روی) در رسوبات مناطق ساحلی استان بوشهر

آرش حق‌شناس[۱]، مسعود حاتمی‌منش[۲]، مهربان صادقی[۳]، محسن میرزایی[*٤]، بهزاد محمدی بردکشکی[۵]

[۱] کارشناس ارشد، پژوهشکده، میگوی کشور، بوشهر، ایران

[۲] دانشجوی دکتری آلودگی های محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست ،دانشگاه ملایر، ایران

[۳] دانشیار گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهرکرد، ایران

[٤] دانشجوی دکتری آلودگی های محیط زیست، پژوهشکده انگور و کشمش ،دانشگاه ملایر، ایران

[۵] کارشناس ارشد برنامه ریزی شهری، شهرداری شیراز، شیراز، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۶/۱۱/۲۲ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۳/۳۰

چکیده

زمینه و هدف: خلیج فارس یکی از مهمترین اکوسیستم های آبی جهان است که در چند دهه اخیر در معرض آلاینده‌های محیط‌زیستی مختلف همچون فلزات سنگین ناشی از فعالیت‌های انسانی و طبیعی قرار گرفته است. بنابراین هدف مطالعه حاضر تعیین غلظت و ارزیابی ریسک اکولوژیکی فلزات سرب، کادمیوم، مس، روی در رسوبات ساحلی استان بوشهر در خلیج فارس است.

مواد و روش‌ها: جهت سنجش غلظت فلزات ٥٤ ایستگاه در طول خط ساحلی استان بوشهر انتخاب و در هر ایستگاه ۳ نمونه برداشت شد. پس از آماده‌سازی و هضم اسیدی نمونه‌ها، غلظت فلزات مذکور با استفاده از دستگاه پولاروگراف تعیین گردید.

یافته‌ها : میانگین غلظت کلی فلزات سنگین کادمیوم، سرب، مس و روی در رسوبات به ترتیب به میزان (۰/۸۹± ۲/٤۱، ۲۰/۰۱±۵۳ /۱۱، ۲/۷٦± ۳٤/۹۹، ۲/٦۲±۵۲/٤ میکروگرم بر کیلوگرم، بدست آمد. همچنین نتایج مقایسه غلظت فلزات سنگین در سواحل استان بوشهر (جم، دیر، بوشهر، دشتی، گناوه و دیلم) با استفاده از آزمون ANOVA نشان داد، بین غلظت فلزات رسوبات سواحل مختلف اختلاف معنی‌داری وجود دارد. یافته‌ها نشان داد بار آلودگی و خطر اکولوژیکی فلزات سنگین منطقه در طبقه خطر پایین و تاحدودی متوسط قرار دارد. همچنین خطر محیط‌زیستی فلزات به صورت (روی < سرب < مس < کادمیوم) ارزیابی گردید.

نتیجه‌گیری: براساس نتایج بدست آمده وضعیت آلودگی و خطر اکولوژیکی فلزات در منطقه برای فلزات (روی، سرب و مس) در حد پایین اما برای فلز کادمیوم در حد متوسط ارزیابی می‌گردد.

کلمات کلیدی: فلزات سنگین، ارزیابی ریسک اکولوژیکی، رسوبات، زون‌های ساحلی استان بوشهر، استاندارد کیفیت رسوب

[*] **نویسنده مسئول:** دانشجوی دکتری آلودگی های محیط زیست، پژوهشکده انگور و کشمش ،دانشگاه ملایر
ایمیل: mohsenmirzayi27@yahoo.com - تلفن تماس: ۰۹۱۳۹۷۹۱۵۵۸

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-06]

[DOI: 10.29252/jehe.5.4.359]

مقدمه

اکوسیستم‌های آبی بخصوص سواحل یکی از مهمترین زیستگاه‌های موجود در جهان بوده و دارای ارزش‌ها و فواید زیستی و اکولوژیکی بسیاری هستند. این مناطق در گردش انرژی و تامین مواد غذایی، تنوع زیستی، ایجاد زیستگاه‌های حیات وحش، و... نقش موثری ایفا می‌کنند[1]. این نواحی، به طور مستقیم یا غیر مستقیم در توسعه، بقا و پویایی تمام شاخه‌های اجتماع موجودات ضروری و سودمند می‌باشند[2و3]. اما با این حال امروزه بشر به منظور فراهم نمودن زندگی بهتر، با فعالیت‌های گوناگون خود در زمینه صنعتی و غیر صنعتی تا حدود زیادی در این بخش از طبیعت نیز دخالت نموده و مشکلاتی را برای محیط زیست اطراف خود بویژه در اکوسیستم‌های آبی وجود آورده، که آلودگی آب، ورود آلاینده‌های آلی و معدنی مختلف بویژه فلزات سنگین ناشی از فعالیت‌های مختلف شهری، صنعتی و کشاورزی از مهمترین این نوع معضلات محیط‌زیستی در این نواحی به شمار می‌آیند[4و5]. فلزات سنگین به دلیل خواصی همچون پایداری، سمیت زیاد، قابلیت تجمع زیستی (Bioaccumulation) در محیط‌زیست و بزرگنمایی زیستی (Bio magnification) در طول زنجیره غذایی و اثرات اکولوژیکی فراوان بر روی موجودات زنده، در زمره خطرناک‌ترین آلودگی های محیط زیستی به شمار می رود[6و7]. به طوری که امروزه آلودگی ناشی از فلزات سنگین در محیط‌زیست به علت اثرات ناسازگار آنها بر موجودات زنده و سلامتی بشر در حال تبدیل شدن به یک نگرانی جهانی است[8و9]. هر چند وجود برخی از عناصر مانند مس و روی به میزان کم در رژیم غذایی انسان به عنوان عناصر ضروری بافت‌های زنده الزامی است. اما وجود برخی از آنها درحتی غلظت‌های کم سمی، و موجب بروز صدمه و آسیب‌های جدی به موجودات زنده می‌گردند[10]. بنابراین با توجه به اهمیت بیولوژیکی و زیست محیطی فلزات سنگین بررسی و سنجش آنها در محیط‌های مختلف بویژه در اکوسیستم‌های آبی به علت اهمیت و نقش این محیط‌ها در چرخه زندگی موجودات و همچنین انسان بسیار ضروری است. به همین جهت محققان مختلفی به بررسی و ارزیابی خطرات اکولوژیکی فلزات سنگین در محیط های آبی مختلف پرداخته‌اند که از جمله این مطالعات می‌توان به پژوهش Pakzad و همکاران (۲۰۱٤) در بررسی فلزات سنگین در رسوبات سواحل دریای عمان، ایران[11]؛ Dehghani و همکاران (۲۰۱٤) در بررسی فلزات سرب و کادمیوم در سواحل عسلویه[9]؛ همچنین Dalia و همکاران (۲۰۱٤) در بررسی فلزات جیوه، کروم، کبالت، سرب. کادمیوم، نیکل، مس و روی در سواحل دریای سرخ[12]؛ Karbasdehi و همکاران (۲۰۱۵) فلزات آلومینیوم، روی،آهن، منگز، نیکل، کبالت، کروم و مس در سواحل خلیج فار؛[13] Li و همکاران ۲۰۱۵، در نواحی مصبی سواحل Shuangtaizi[14]؛ Zhang و همکاران ۲۰۱۵، فلزات جیوه سرب کادمیوم، روی و مس در سواحل دریای Bohai چین[15] اشاره کرد.

خلیج فارس یکی از مهمترین اکوسیستم‌های آبی جهان است که از نظر ساختار بوم‌شناسی و تقسیم‌بندی محیط‌های دریایی در منطقه فلات قاره واقع گردیده است و با وجود اهمیت ویژه زیست محیطی (به لحاظ تنوع و تراکم گونه ای و پارامترهای زیستگاهی)، اقتصادی، اجتماعی، سیاسی و استرتژیک، متاسفانه در معرض خطرات متعدد و فعالیت ناپایدار کننده، بویژه اقدامات مربوط به مدیریت آب، استحصال مواد نفتی، حمل و نقل آنها، فعالیتهای تجاری و تفریحی مختلف و در نتیجه آلودگی های شدید محیط زیستی بخصوص فلزات سنگین و مواد نفتی از منابع مختلف قرار دارد و موجودات خلیج را به شدت مورد تهدید قرار داده است.[6،7،16 و 17] گسترش شهرها، افزایش روز افزون تراکم انسانی در سواحل خلیج فارس، فقدان وجود سیستم تصفیه

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-06]

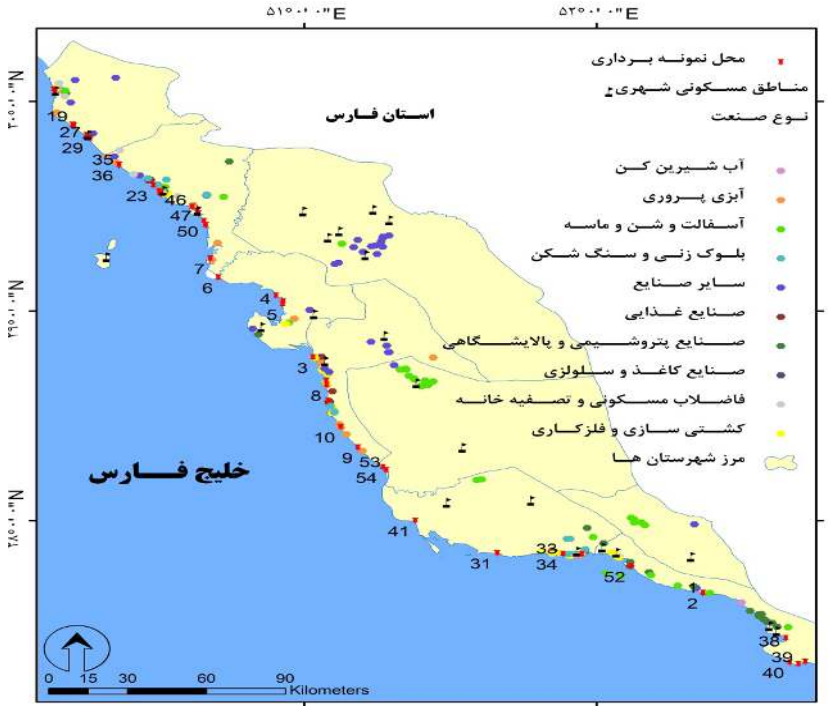
[DOI: 10.29252/jehe.5.4.359]

فاضلاب و سرازیر شدن فاضلاب‌های شهری، صنعتی، خانگی و کشاورزی از شهرهای اطراف با املاح و آلودگی‌های فراوان به‌طور مستقیم و غیرمستقیم در معرض آلاینده‌های آلی و معدنی قراردارد.[۵ و ۱۸] این مسأله به نوبه‌ی خود می‌تواند مشکلاتی را برای سلامت و زندگی انسان نیز ایجاد نماید. به همین جهت بررسی و ارزیابی خطر محیط زیستی غلظت فلزات سنگین در این اکوسیستم از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است.[۱۸ و ۱۹] در میان مطابق شواهد موجود اصولاً 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 تایید 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.[۲۰] چرا که این شاخص براساس میزان غلظت، و فاکتور سمیت هر فلز پتانسیل خطر اکولوژیکی هر فلز و همچنین خطر محیط‌زیستی مجموع فلزات را مشخص می‌نماید.[۲۱] بنابراین با توجه به مطالب بیان شده و اهمیت اکوسیستم دریایی خلیج فارس مطالعه حاضر به سنجش و ارزیابی خطر اکولوژیکی برخی فلزات سنگین در رسوبات نواحی ساحلی استان بوشهر در خلیج فارس می‌پردازد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه شامل کل محدوده نوار ساحلی استان بوشهر، واقع در کران های شمالی خلیج فارس می‌باشد(شکل ۱). مطابق شواهد موجود در منطقه، فعالیت‌های شهری، کشاورزی، صنعتی گسترده‌ای در حال اجرا و توسعه است و پسابهای این مراکز اغلب بدون تصفیه یا با تصفیه اندک وارد منطقه ساحلی می‌شود. به منظور تحلیل مکانی مناسب منطقه، کل محدوده به شش زون با نام‌های: جم، دیر، بوشهر(بوشهر و تنگستان)، دشتی، گناوه و دیلم تفکیک و در هر زون به ترتیب ۷، ۹، ٦، ٤، ۱۵ و ۱۳ ایستگاه انتخاب گردید(شکل ۱).



[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-06]

[DOI: 10.29252/jehe.5.4.359]

شکل ۱: موقعیت منطقه مطالعاتی و ایستگاه های نمونه برداری

جمع‌آوری نمونه‌ها

جهت سنجش غلظت فلزات سنگین مورد بررسی در سراسر طول سواحل محدوده مورد مطالعه ٥٤ ایستگاه انتخاب و در هر ایستگاه ۳ نمونه در نقاط مختلف به طور همزمان از رسوبات سطحی(عمق ۰ تا ۵ سانتی‌متری) محل نمونه‌برداری برداشت گردید(شکل،۱). ایستگاه و نمونه‌ها به گونه‌ای انتخاب شد که تا حد امکان بتواند وضعیت ورود آلودگی‌های ناشی از فلزات سنگین و منابع آنها را به دریا نشان دهد (شکل ۱). و در نهایت سطوح فلزات سنگین (سرب، کادمیوم، کروم، مس، روی و آهن) در نمونه‌های جمع آوری شده از رسوبات کف دریا اندازه‌گیری شد. در کل تعداد ١٦٢ نمونه از رسوبات کف دریا در ٥٤ ایستگاه نمونه‌برداری با استفاده از دستگاه نمونه‌بردار وان وین گرب ۲۰× ۲۰ سانتیمتر برداشت شد. این نمونه‌ها در کیسه‌های پلاستیکی مخصوص، جمع آوری، و پس از کد گذاری در کلمن یخ قرارداده شدند، بعد از انجام نمونه‌برداری، نمونه‌های جمع آوری شده به آزمایشگاه منتقل و در دمای ٤ درجه سانتیگراد تا انجام آزمایشات نگهداری شدند.

آماده‌سازی و آنالیز نمونه‌ها

جهت آماده‌سازی نمونه به منظور انجام عمل هضم ابتدا؛ نمونه‌های جمع‌آوری شده، در آون در دمای ۱۰۰ درجه سانتیگراد به مدت ٢٤ ساعت قرار داده شدند تا کاملاً خشک شوند. یک گرم از هر نمونه خشک شده در لوله‌های هضم PTFE (Polytetrafluoroethylene) ریخته شد و۱۰ میلی لیتر اسید نیتریک ٦٥٪ (Merck، آلمان) و اسید پرکلریک ٧٠٪ (Merck، آلمان) با نسبت ١:٤ به آن اضافه گردید. لوله‌های مخصوص هضم به مدت یک ساعت در دمای ٤٠ درجه سانتی گراد بر روی هیتر قرار داده شدند و بعد از آن به آرامی دما تا ١٤٠ درجه سانتی گراد به مدت ۳ ساعت افزایش یافت. محتوای هر لوله از کاغذ صافی واتمن شماره یک عبور داده شد و با آب دیونیزه به حجم ۲۵ میلی لیتر رسانده شد[۲۲]. جهت کنترل کیفیت آنالیزها، سه نمونه blank نیز در کنار سایر نمونه‌ها مانند نمونه‌های مورد بررسی تهیه شد. و در نهایت نمونه‌ها توسط دستگاه پلاروگراف مدل ۷۹۷ VA Computrace ساخت شرکت Metrohm کشور سوئیس اندازه‌گیری گردید. همچنین جهت انجام تجزیه و تحلیل آماری تمام داده های بدست آمده از نرم افزارهای SPSS نسخه ۲۱ و ۲۰۱۰ Office Excel استفاده شد.

روش ارزیابی ریسک اکولوژیکی و بار آلودگی رسوبات

الف- شاخص بار آلودگی Pollution Load Index (PLI)

این شاخص جهت تعیین سطح آلودگی ارائه شده است و می‌توان تخمینی از سطح آلودگی فلزات را در اختیار ما قرار دهد. این شاخص از طریق حاصل ضرب شاخص‌های آلودگی فلزات به صورت فرمول زیر قابل محاسبه است.

$$PLI = \sqrt[7]{CF_{Cd} \times CF_{Pb} \times CF_{Zn} \times CF_{Cu}} \qquad (۱)$$

در این فرمول CF فاکتور آلودگی بوده از که فرمول زیر بدست می‌آید:

$$CF = \frac{C_i}{C_n} \qquad (۲)$$

در این رابطه C_i : غلظت فلزات سنگین در نمونه‌ی رسوب و C_n: غلظت همان فلز در ماده مرجع (میانگین شیل) است که این غلظت برای فلزات آهن، مس، روی، سرب و کادمیوم به ترتیب برابر ٤٧٠٠، ٤٥، ٩٥، ٢٠ و ۰/۳۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم می‌باشد. مقادیر شاخص بار آلودگی از صفر(غیر آلوده) تا ۱۰ بسیار آلوده تغییر می‌کنند که به طور معمول مقادیر کوچکتر از ۱ نشان دهنده عدم آلودگی و مقادیر بزرگتر از یک نشان-دهنده‌ی آلودگی نسبت به فلزات سنگین است [۱٤و۲۳].

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-06]

[DOI: 10.29252/jehe.5.4.359]

ب- ارزیابی خطر اکولوژیکی فلزات سنگین در منطقه مورد مطالعه

شاخص ارزیابی خطر اکولوژیکی اولین بار توسط هاکنسون (۱۹۸۰) به منظور ارزیابی خطر آلودگی رسوبات بوسیله فلزات سنگین استفاده گردید[۲۳]. که براساس میزان سمیت فلزات روش‌های اصلاحی بوسیله محققان مختلفی همچون Yi و همکاران(۲۰۱۱) و Wang و همکاران(۲۰۱۳) بکار گرفته شده است[۲۴و ۲۵]. براساس رویکرد Hakanson (۱۹۸۰) فاکتور پاسخ سمیت برای فلزات جیوه، کادمیوم، مس، سرب، نیکل، کروم و روی به ترتیب برابر ۴۰، ۳۰، ۵، ۵، ۲ و ۱ می‌باشد. که در این تحقیق پتانسیل خطر اکولوژیکی براساس معادله زیر محاسبه گردید [۲۰].

$$E_r^i = \frac{C^i}{C_0^i} \times T_r^i \qquad (۳)$$

$$RI = \sum_{i=1}^{7} E_r^i \qquad (۴)$$

در معادلات E_r^i : شاخص پتانسیل خطر اکولوژیکی، C^i و C_0^i به ترتیب مقدار اندازه‌گیری شده و مقدار مقادیر طبیعی (Background value)، T_r^i : برابر فاکتور پاسخ سمیت فلز، جدول ۱، میزان خطر اکولوژیکی و محیطی فلزات سنگین مورد بررسی را نمایش می‌دهد.

یافته ها

محدوده تغییرات فلزات سنگین در منطقه

محدوده تغییرات غلظت چهار فلز سنگین اندازه‌گیری شده در رسوبات ساحلی استان بوشهر به ترتیب برای سرب ۰/۱۳± ۷/۵۱ و ۰/۲۸± ۱۴/۷۶، کادمیوم ۰/۰۳± ۱/۰۲ و ۰/۱۶± ۳/۸۷، مس ۰/۱۶± ۲۹/۴۳ و ۱/۴ ± ۴۳/۲۰، و روی ۱/۱۸± ۴۷/۸۹ و ۰/۳۹ ± ۵۸/۲۹ میکرو گرم بر گرم بدست آمد. بیشرین و کمترین میانگین غلظت فلزات مورد بررسی مربوط به فلز روی و کادمیوم به میزان ۲/۶۲±۵۲/۴ و ۰/۸۹± ۲/۴۱ میکروگرم بر گرم وزن‌خشک رسوب بوده است. توالی غلظت کلی فلزات سنگین در رسوبات سواحل مختلف استان بوشهر به ترتیب به صورت Zn > Cu > Pb > Cd به میزان ۰/۸۹± ۲/۴۱، ۲۰/۰۱±۵۳ /۱۱، ۲/۷۶± ۳۴/۹۹ ، ۲/۶۲±۵۲/۴ بر حسب میکرو گرم بر گرم، اندازه‌گیری شد (جدول،۲).

مقایسه میانگین غلظت فلزات سنگین در زون‌های ساحلی استان بوشهر

نتایج بررسی مقایسه غلظت فلزات سنگین کادمیوم، سرب، مس و روی در سواحل مختلف استان بوشهر (جم، دیر،

جدول ۱: ارزیابی خطر اکولوژیکی فلزات سنگین

خطر اکولوژیکی و محیط زیستی	شاخص خطر RI	خطر اکولوژیکی هر فلز	E_r^i
خطر پایین	$RI \leq ۱۵۰$	خطر پایین	$E_r^i \leq ۴۰$
خطر متوسط	$۱۵۰ \leq RI \leq ۳۰۰$	خطر متوسط	$۴۰ \leq E_r^i \leq ۸۰$
خطر قابل ملاحضه(زیاد)	$۳۰۰ \leq RI \leq ۶۰۰$	خطر قابل ملاحضه	$۸۰ \leq E_r^i \leq ۱۶۰$
خطر خیلی زیاد	$RI \geq ۶۰۰$	خطر زیاد	$۱۶۰ \leq E_r^i \leq ۳۲۰$
-	-	خطر خیلی زیاد	$E_r^i \geq ۳۲۰$

جدول ۲: مقایسه غلظت کلی فلزات سنگین (کادمیوم، سرب، مس و روی) برحسب میکروگرم بر گرم وزن خشک رسوب در طول سواحل بوشهر

فلز	انحراف معیار± حداقل	انحراف معیار± حداکثر	انحراف معیار± میانگین

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-06]

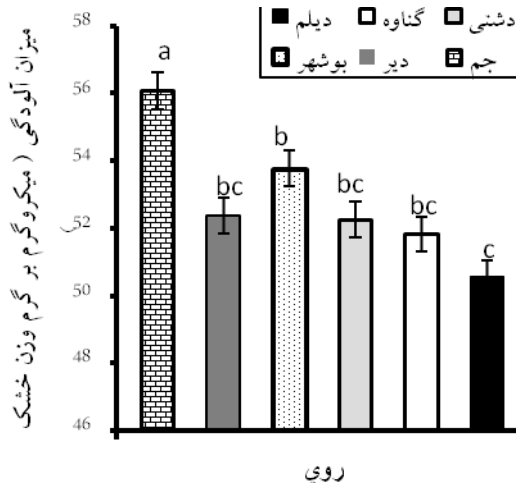
[DOI: 10.29252/jehe.5.4.359]

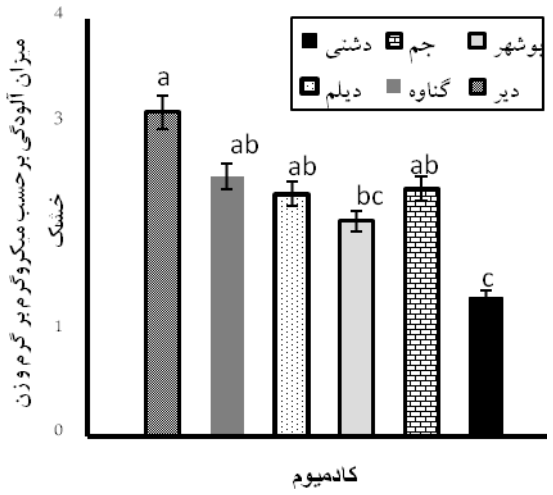
سرب	۷/۵۱ ±۰/۱۳	۱٤/۷٦ ±۰/۲۸	۱۱/ ۵۳±۲۰/۰۱
کادمیوم	۱/۰۲ ±۰/۰۳	٤/۸۵ ±۰/۱٦	۲/٤۱ ±۰/۸۹
مس	۲۹/٤۳ ±۰/۱٦	٤۳/۲۰ ± ۱/٤	۳٤/۹۹ ±۲/۷٦
روی	٤۷/۸۹ ±۱/۱۸	۵۸/۲۹ ± ۰/۳۹	۵۲/٤±۲/٦۲

بوشـهر، دشـتی، گنـاوه و دیلـم) بـا اسـتفاده از آزمـون ANOVA در سطح معنی‌داری ۹۵ درصـد نشـان داد کـه بـین غلظت فلزات مورد بررسی در سواحل مختلف اختلاف معنی-داری وجـود دارد(نمـودار، ۲). در واقـع یافتـه‌هـا نشـان داد؛ بیشترین و کمترین غلظت فلز روی به ترتیب به میـزان ۱/۳۱+ ۵٦/۲۹ و ۱/۳۵+ ۵۰/۲۵ میکروگرم برگـرم در سـواحل جـم و گناوه؛ فلز کادمیوم در سواحل دیر و دشـتی بـه میـزان ۱/۳۱+ ۳/۱۱ و ۰/۱۱+ ۱/۳۲ میکروگرم بر گرم ؛ بـرای سـرب ۱/۵۰+ ۱۳/۲۸ و ۰/۲٤+ ۷/۸ میکروگـرم برگـرم در سـواحل جـم و دشتی؛. همچنین بیشترین و کمترین غلظت فلز مس به ترتیـب در سواحل گناوه و دشـتی بـه میـزان ۳/۱۱+ ۳۷/۰۱ و ۱/۲۵+ ۳۱/۹٦ میکروگرم برگـرم وزن خشـک رسـوب بدسـت آمـده است (نمودار، ۲).

روش ارزیابی ریسـک اکولـوژیکی و بـار آلـودگی رسوبات

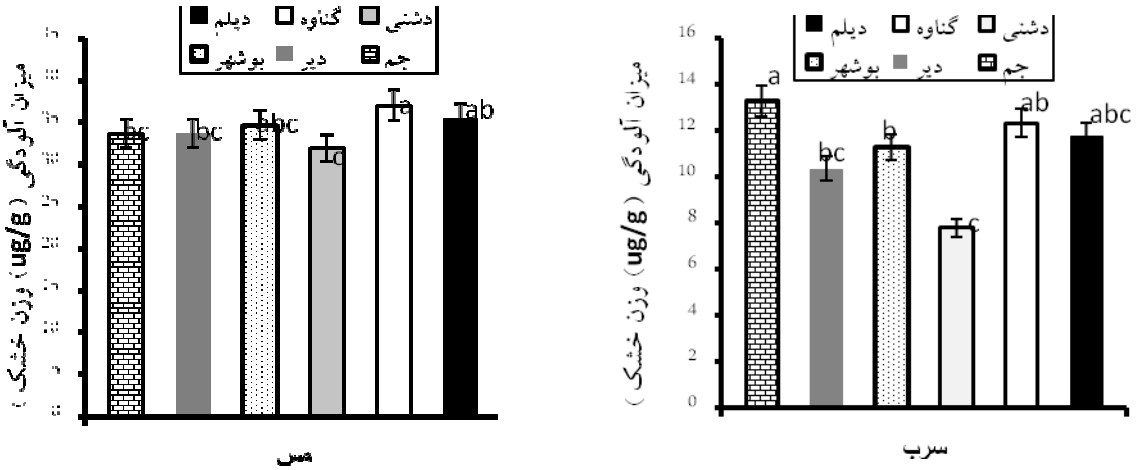
به طور کلی بررسی شـاخص بـار آلـودگی فلـزات نشـان می‌دهد که مقادیر PLI در طول سواحل مختلـف در محـدوده ۱/۳۱- ۰/۸۱ می‌باشد.





[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-06]

[DOI: 10.29252/jehe.5.4.359]



نمودار ۲: نتایج بررسی مقایسه میانگین غلظت فلزات (سرب، کادمیوم، روی و مس) در سواحل مختلف استان بوشهر با استفاده از آزمون ANOVA

که این موضوع نشان‌دهنده عدم آلودگی یا آلودگی پایین منطقه به فلزات سنگین است. همچنین براساس جدول می‌توان بیان کرد که ایستگاه ٤٢ (در بخش جنوبی سواحل جم) و ۳ (سواحل بوشهر) به ترتیب دارای بیشترین و کمترین بار آلودگی به میزان ۱/۳۱ و ۰/۸۱ می‌باشد (جدول، ۳).

نتایج بررسی خطر اکولوژیکی و ریسک محیط‌زیستی فلزات سنگین در جدول ۳ آورده شده است. به طور کلی این یافته‌ها نشان می‌دهد همه ایستگاه‌های مورد بررسی، از نظر خطر اکولوژیکی فلزات سنگین برای سه فلز سرب، مس و روی در طبقه خطر پایین قرار دارند(E_r^i <٤٠). اما فلز کادمیوم در ایستگاه‌های مختلف دارای خطر اکولوژیکی متوسط تا زیاد بوده است(٣٢٠ < E_r^i < ٤٠). بعلاوه روند تغییرات خطر کلی هر فلز در منطقه نشان می‌دهد به ترتیب خطر به صورت(روی < سرب < مس < کادمیوم) ارزیابی می‌گردد. در واقع بیشترین و کمترین خطر به ترتیب مربوط به فلز کادمیوم و روی است. همچنین یافته‌های بررسی شاخص خطر محیط زیستی(RI□□) این فلزات نشان داد که باتوجه به مقادیر بدست آمده که در محدوده ۳۱۳/٦۰– ۸٦/۷۳ می‌باشد، خطر محیط زیستی این فلزات در منطقه متوسط تا قابل ملاحضه می‌باشد(جدول، ۳).

جدول ۳: نتایج مقادیر شاخص خطر اکولوژیکی و محیط زیستی به فلزات اندازه‌گیری شده در رسوبات ساحلی مورد مطالعه

ایستگاه	فلزات سنگین					
	روی	مس	کادمیوم	سرب	RI□□*	PLI
۱	۰/٦۰	۳/۳۱	۱۰۰/۲٦	۳/٤۰	۱۰۷/۵۸	۰/۹۸
۲	۰/٦۱	۳/٤۷	۱۵۸/٦۸	۳/۱۱	۱٦۵/۸۸	۱/۰۸٦
۳	۰/۵٤	۳/۵۷	۸۰/۵۳	۲/۰۹	۸٦/۷۳	۰/۸۱
٤	۰/۵۳	۳/۳۵	۱۰۲/٦۳	۱/۹۱	۱۰۸/٤۳	۰/۸۳
۵	۰/۵۵	۳/٦۱	۱۱٦/۸٤	۲/۱٤	۱۲۳/۱۳	۰/۹۰
٦	۰/۵۱	٤/۵۲	۸۷/۰۰	۲/۳۰	۹٤/۳۳	۰/۸۹
۷	۰/۵۲	٤/۸۰	۱۱۰/۵۳	۲/۲۸	۱۱۸/۱۳	۰/۹٦
۸	۰/۵۵	۳/۸۱	۱۱۸/٤۲	۲/۱۲	۱۲٤/۸۹	۰/۹۱
۹	۰/۵۵	۳/٦۵	۱٤٦/۰۵	۲/٤۳	۱۵۲/٦۷	۰/۹۸

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-06]

[DOI: 10.29252/jehe.5.4.359]

۱۰	۰/۵٤	۳/۳۵	۱۰۲/٦۳	۲/۳٤	۱۰۸/۸٦	۰/۸۷
۱۱	۰/۵۳	۳/۳۱	۱۲۱/۵۸	۲/۵۳	۱۲۷/۹۵	۰/۹۲
۱۲	۰/۵٤	۳/۹۹	۱۳۸/۱٦	۲/۷۰	۱٤۵/٤۰	۱/۰۲
۱۳	۰/۵۲	٤/۰۸	۱۷۲/٦٦	۲/۷۷	۱۸۰/۰۲	۱/۰۸
۱٤	۰/۵٦	٤/۰۹	۱۸۷/۱۸	۲/۵۵	۱۹٤/۳۸	۱/۱۰
۱۵	۰/۵۲	٤/۱۲	۱۵۵/۹۲	۲/٦۰	۱٦۳/۱۷	۱/۰٤
۱٦	۰/۵۳	٤/۰٤	۱۷۲/۸۹	۲/۸۰	۱۸۰/۲٦	۱/۰۹
۱۷	۰/۵٤	۳/۹۷	۱٤۵/۳٤	۲/۸۱	۱۵۲/٦٦	۱/۰٤
۱۸	۰/۵۵	۳/۹۷	۱۸۲/۷٦	۲/۵۰	۱۸۹/۷۸	۱/۰۷
۱۹	۰/۵۲	٤/۰۸	۱٦۵/۷۹	۲/۵٤	۱۷۲/۹۳	۱/۰٤
۲۰	۰/۵٦	٤/۷۷	۲۱٦/۳۲	۲/۹۳	۲۲٤/۵۷	۱/۲۳
۲۱	۰/۵۵	۳/۷۸	۱٦٦/۵۸	۲/۹۰	۱۷۳/٦۹	۱/۰۷
۲۲	۰/۵٦	٤/۱٤	۱٤۵/۸۲	۲/۹۳	۱۵۳/٤۵	۱/۰۷
۲۳	۰/۵۳	٤/۰۹	۱٦۲/۳۲	۳/۳۵	۱۷۰/۲۹	۱/۱۲
۲٤	۰/۵۵	۳/٦۸	۲۲٤/۷٦	۲/۱۹	۲۳۱/۱۹	۱/۰۸
۲۵	۰/۵۲	۳/۷٤	۱۱٤/٤۷	۳/۱۱	۱۲۱/۸٤	۰/۹۸
۲٦	۰/۵۱	۳/۸٤	۲۱۰/۷۹	۳/۵۱	۲۱۸/٦٤	۱/۱۸
۲۷	۰/۵۳	۳/۹۷	۱۷۱/۱٦	۳/٤٤	۱۷۹/۱۰	۱/۱۳
۲۸	۰/۵٦	۳/۵۷	۲۲۱/۸٤	۱/۸۸	۲۲۷/۸۵	۱/۰۳
۲۹	۰/۵۳	۳/۸۷	۱۸٤/۷٤	۳/۳۵	۱۹۲/٤۹	۱/۱٤
۳۰	۰/۵۵	۳/۷۵	۱۱٤/٤۷	۲/۵۳	۱۲۱/۳۰	۰/۹٤
۳۱	۰/۵٦	۳/٦۱	۱۷۰/۵۳	۲/۷۹	۱۷۷/٦۹	۱/۰۸
۳۲	۰/۵٤	۳/٦۳	۲۲۵/۷۲	۲/٤۱	۲۳۲/۲۹	۱/۰۹
۳۳	۰/۵۵	۳/۹۱	۲٤٦/۳۲	۲/٦۳	۲۵۳/٤۱	۱/۱۷
۳٤	۰/۵٦	۳/۹٤	۱۲٤/۷٤	۲/۵٤	۱۳۱/۸	۰/۹۸
۳۵	۰/۵۷	۳/۷۸	۱۱۵/۲٦	۳/۲۹	۱۲۲/۹۱	۱/۰۲
۳٦	۰/۵۷	۳/۸۵	۱۹۰/۵۰	۳/۰۸	۱۹۸/۰۰	۱/۱۵
۳۷	۰/۵۹	٤/۰۱	۱٤۹/۲۱	۳/٦۹	۱۵۷/۵۰	۱/۱۵
۳۸	۰/۵۸	۳/۷۳	۱٦۱/۹۲	۳/٤٤	۱٦۹/٦٦	۱/۱۲
۳۹	۰/٦۱	۳/۸۵	۱۹٦/۵۸	۳/۵۷	۲۰٤/٦۱	۱/۲۲
٤۰	۰/۵۵	۳/۷۵	۲٤٦/۳۲	۳/۳۷	۲۵۳/۹۸	۱/۲۳
٤۱	۰/۵۱	۳/۸۵	۳۰۵/٦۱	۳/٦٤	۳۱۳/٦۰	۱/۳۰
٤۲	۰/۵۵	٤/۱۳	۲۸۹/۷٤	۳/٤۰	**۲۹۷/۸۲**	**۱/۳۱**
٤۳	۰/۵٦	۳/٦۳	۲٤۳/۹۵	۳/۳۵	۲۵۱/٤۹	۱/۲۲
٤٤	۰/۵۳	٤/۰۲۷	۱۸۹/٤۷	۳/۰۹	۱۹۷/۱۱	۱/۱٤
٤۵	۰/۵٦	۳/۹۷	۱۹۸/۰۰	۳/۳۸	۲۰۵/۹۲	۱/۱۹
٤٦	۰/۵۵	۳/۹۱	۲۱۷/۱۱	۳/۲۱	۲۲٤/۷۸	۱/۱۹
٤۷	۰/۵٤	٤/۲٤	۲۲۵/۷۹	۳/۳۷	۲۳۳/۹٤	۱/۲٤
٤۸	۰/۵٤	۳/۵٤	۲۳۲/۱۱	۳/۳۸	۲۳۹/۵٦	۱/۱۹
٤۹	۰/۵۲	۳/۵۷	۲۱۹/٤۷	۳/۱۹	۲۲٦/۷٦	۱/۱۵
۵۰	۰/۵۰	٤/۰٦	۹٤/۹۷	۳/٤۱	۱۰۲/۹۵	۰/۹۷

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-06]

[DOI: 10.29252/jehe.5.4.359]

۵۱	۰/۵٦	۳/٦۸	۲۲۵/۰۰	۱/۸۸	۲۳۱/۱۲	۱/۰٤
۵۲	۰/۵۸	٤/۰٤	۱٤۷/٦۳	۲/٦۸	۱۵٤/۹٤	**۱/۰٦**
۵۳	۰/۵٤	۳/۷٤	۱۱۲/۱۱	۲/۱۸	۱۱۸/۵۷	۰/۹۰
۵٤	۰/۵٦	۳/۸۹	۱۸۳/۲۷	۲/۰۷	۱۸۹/۷۸	۱/۰۲
میانگین سواحل دیلم	۰/۵۳	۳/۹۳	۱۸۳/۲٦	۲/۹۳	۱۹۰/٦٦	۱/۱۱
میانگین سواحل گناوه	۰/۵۵	۳/۸٦	۱۹٦/٦۵	۳/۰۹	۲۰٤/۱۵	۱/۱٦
میانگین سواحل دشتی	۰/۵۵	۳/۵۵	۱۰٤/۸٦	۱/۹۵	۱۱۰/۹۲	۰/۸۵
بوشهر	۰/۵۷	۳/۸۵	۱٦۲/۹۲	۲/۸۳	۱۷۰/۱٦	۱/۰۸
دیر	۰/۵۵	۳/۷٤	۲٤۵/۲۰	۲/۵۹	۲۵۲/۰۹	۱/۱۵
جم	۰/۵۹	۳/۷٤	۱۹۰/۲٦	۳/۳۲	۱۹۷/۹۱	۱/۱۷
میانگین کل سواحل	۰/۵٦	۳/۸۲	۱۸۰/٤۷	۲/۷۹	۱۸۷/٦۲	۱/۰۹

*شاخص ریسک(خطر) RI(Risk Index) یا خطر اکولوژیکی محیط زیستی

بحث

شواهد حاکی از آن است که سواحل استان بوشهر تحت تاثیر آلودگی نفت سنگین، کشتی‌ها حامل آنها و ورود فاضلاب‌های شهری و صنعتی است [۲٦و۲۷]. بنابراین ارزیابی شرایط آلودگی در این اکوسیستم‌ها به منظور پیشگیری، کنترل و هشدار به جوامع بشری از اهمیت فراوانی برخوردار است. در این میان یکی از روش‌های ارزیابی شرایط آلودگی در محیط، آنالیز و بررسی آنها در رسوبات منطقه است. جهت بررسی میزان آلودگی در رسوبات روشهای متعددی وجود دارد که از جمله می‌توان به مقایسه با مقادیر مرجع، حد طبیعی و نرمال منطقه، مقایسه با استانداردهای جهانی و نیز مقایسه مقادیر اندازه‌گیری شده در سایر نقاط جهان اشاره کرد.توالی غلظت کلی فلزات سنگین در رسوبات سواحل مختلف استان بوشهر به ترتیب به صورت Zn > Cu > Pb > Cd به میزان ۰/۸۹± ۲/۳۱ ، ۲۰/۰۱±۵۳ /۱۱ ، ۲/۷٦± ۳٤/۹۹ ، ۲/٦۲±۵۲/٤ میکرو گرم بر گرم، اندازه‌گیری شد. خراسانی و همکاران ۱۳۸٤ میانگین غلظت کلی فلزات سرب، مس، آهن، روی و کروم را به ترتیب به میزان ۱۰/۵، ٤۸/٤۵، ۳٤/۵، ٦۸/۳ و ۷۱/۹ میکروگرم بر گرم وزن خشک اندازه‌گیری کردند که نسبت به غلظت‌های بدست آمده در پژوهش حاضر برای فلزات مس، روی به مراتب بیشتر، اما از غلظت سرب کمتر بوده است، آنها همچنین منشا آلودگی فلزات سنگین (مس، کروم، روی و سرب) در آب و رسوبات خلیج فارس را ناشی از نفت و تردد قایق و کشتی‌های مختلف ذکر کردند [۲۸]. deAstudillo و همکاران ۲۰۰۵ و Kilemade و همکاران ۲۰۰٤، غلظت بالای فلزات سنگین جیوه، کادمیوم، سرب، مس در رسوبات مناطقی ساحلی را ناشی از ورود فاضلابهای شهری و صنعتی و وجود منابع آنها در اطراف این سواحل بیان کردند [۲۹ و ۳۰]. Dehghani و همکاران (۲۰۱٤) بیان داشتند، افزایش فعالیت‌های صنعتی و پالایشگاهی در سواحل خلیج فارس، منجر به افزایش آلاینده های مختلف در خلیج فارس شده است [۹]. بنابراین با توجه به ورود فاضلاب‌های شهری و صنعتی (ازجمله صنایع پتروشیمی و پالایشگاهی، کشتی‌سازی و فلزکاری، آسفالت، شن و ماسه، صنایع غذایی و غیره) و همچنین وجود صنعت کشتیرانی در منطقه می توان غلظت بالای فلزات سنگین را ناشی از این عوامل دانست.

مقایسه غلظت فلزات سنگین در زون‌های ساحلی استان بوشهر

بررسی مقایسه غلظت فلزات سنگین کادمیوم، سرب، مس و روی در سواحل مختلف استان بوشهر (جم، دیر، بوشهر،

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-06]

[DOI: 10.29252/jehe.5.4.359]

دشتی، گناوه و دیلم) نشان داد که بین غلظت فلزات مورد بررسی در سواحل مختلف اختلاف معنی‌داری در سطح ۹۵درصد وجود دارد (جدول ۲). این مساله احتمالاً می‌تواند ناشی از عوامل متعددی از جمله: تفاوت در ویژگی‌های بافتی رسوبات، ساختار فیزیکی و شیمیایی رسوبات نظیر pH، دما، تاثیر عوامل محیطی در نرخ رسوب‌گذاری فلز از آب به رسوب، نوع فلز و قابلیت در دسترس بودن زیستی آنها باشد[۳]. یا ناشی از وجود منابع آلایندگی گوناگون نظیر صنایع پتروشیمی و پالایشگاهی، کشتی‌سازی و فلزکاری، آسفالت، شن و ماسه، صنایع غذایی، فاضلاب‌های مسکونی، کشتیرانی و غیره و همچنین تفاوت در تمرکز، تعداد و نوع صنایع موجود در طول سواحل باشد. که این عوامل موجب ورود میزان متفاوت فلزات سنگین ناشی از فعالیت‌های انسانی به آب دریا باشد، همچنین تاثیر میزان ترکیبات آلی زمینه‌ای، ترکیبات کانی شناسی رسوبات ته نشست شده در محیط آبی نیز می تواند توجیه کننده این یافته باشد [۴و ۲۷]. حبیبی و همکاران(۱۳۹۱)، یکی از دلیل تغییرات میزان غلظت آلاینده‌ها در سواحل مختلف استان بوشهر را ناشی از میزان تلاطم، جریانات آشوب‌های دریایی متفاوت بیان نمودند، همچنین قابل ذکر است که مطابق بررسی های صورت گرفته بخش‌های شمالی خلیج فارس به دلیل عمق کم، چرخش محدود و شوری بالا به میزان بیشتری تحت تاثیر آلاینده‌ها بخصوص فلزات سنگین هستند[۳۱-۳۴]. حسینی و همکاران (۱۳۹٤) نیز در پژوهشی بیان داشتند، میزان و روند تغییرات غلظت عناصر سنگین مس، سرب، نیکل، کبالت و کادمیوم در سواحل مختلف استان بوشهر (دیلم، گناوه، دیر و بوشهر) با هم تفاوت دارد، که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد [۵]. آنها دلایل مقادیر مختلف غلظت فلزات در سواحل مختلف را ناشی از تنوع در منابع آلوده‌کننده بالادستی ذکر کردند.

غلظت بالای فلز سرب، روی در سواحل جم وکادمیوم در سواحل دیر و جم در مقایسه با سایر سواحل را می‌توان ناشی از وجود واحدهای صنعتی پتروشیمی و پالایشگاهی و تخلیه پسابهای این واحدها به سواحل، وجود منابع و صنایع عظیم نفتی و تمرکز فعالیت‌های انسانی نظیر تردد کشتی‌ها و قایق‌ها، ریزش‌های نفتی حاصل از فعالیت‌های مربوط به بندرگاه، فاضلاب‌های شهری و خانگی و همچنین تجمع زباله‌ها و ضایعات ناشی از کشتی‌ها و لنج‌های ماهیگیری در سواحل جم و دیر دانست. چرا که فلزات سنگین به خصوص کادمیوم و سرب از فاضلاب پالایشگاه‌ها، مجتمع پتروشیمی و صنایع وارد محیط آبی می‌شوند و در نهایت در رسوبات ساحلی رسوب می‌کنند [۹]. باید توجه داشت، که این سه فلز در ترکیب رنگ ها مورد استفاده قرار می‌گیرند و ممکن است آلودگی ایجاد شده، ناشی از عملیات رنگ آمیزی موجود در اسکله‌ها و هم چنین رهاسازی این عناصر، از رنگ بدنه کشتی‌ها و شناورها باشد ([۱۷، و ۳۵]). از سویی دیگر Arfaeinia و همکاران (۲۰۱٦) در مطالعه‌ای که به بررسی غلظت عناصر سنگین در سواحل خلیج فارس پرداختند و بیان داشتند که تمرکز و غلظت آلاینده‌ها در سواحل عسلویه به علت تمرکز بالای صنایع به مراتب بیشتر از سایر نواحی می‌باشد [۱۸].

به طور کلی فراوانی کادمیوم در طبیعت پایین می‌باشد [۳٦] و معمولا 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 [۳۷]. 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 آن بالاست [۲ و ۹]. دلیل این امر احتمالا به علت ورود رواناب ها و حمل ذرات رسوبی حاوی این فلز به دریا مربوط شود. نوسان در جریانات ورودی به دریا، بارندگی‌ها، زهکشی آب و رواناب ها از عوامل مهم تغییر معنادار غلظت فلز کادمیوم در آب دریا می باشد[۳۸]. یافته‌های نشان داد، بیشترین غلظت فلز مس در سواحل گناوه اندازه‌گیری شده است. علت این امر را می‌توان به تراکم بالای کشتی‌ها و قایق‌ها و همچنین وجود صنایع فلزی مختلف در این منطقه ارتباط داد. فلز مس

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-06]

[DOI: 10.29252/jehe.5.4.359]

عمدتا در ترکیبات مورد استفاده در کشتی‌ها و شناورها و همچنین پساب های شهری و سموم کشاورزی وجود دارد. مس در ترکیبات رنگ‌های مورد استفاده برای کشتی‌ها و شناورها وجود دارد که این رنگها، پس از مدتی تمامی مس خود را در دریا رها می‌کنند [۳۱].

شاخص بار آلودگی به عنوان یک سیستم استاندارد برای تشخیص آلودگی است که مقایسه میزان آلودگی میان سایت‌های مختلف و در زمانهای مختلف را امکان‌پذیر می‌سازد[۳۹]، این شاخص امکان ارزیابی کلی از وضعیت سمیت ناشی از سهم چند فلز را در یک نمونه رسوب به محققین می‌دهد[۴۰]. شاخص بار آلودگی فلزات داد که مقادیر PLI در طول سواحل مختلف در محدوده ۱/۳۱– ۰/۸۱ می‌باشد. که این موضوع نشان‌دهنده آلودگی پایین در منطقه است. همچنین براساس یافته‌ها در بین سواحل مختلف سواحل شهرستان جم دارای بیشترین بار آلودگی به میزان ۱/۷۱ و بعد از ان به ترتیب بندر گناوه، دیر، دیلم، بوشهر و دشتی بار آلودگی بیشتری دارند. بالا بودن بار آلودگی در این سواحل بویژه در سواجل جم می‌تواند ناشی از تمرکز بالای صنایع پتروشیمی بویژه فازهای مختلف عسلویه و تمرکز فعالیت انسانی نظیر حمل و نقل قایق‌ها و کشتی‌ها، و ورود فاضلاب شهری و... باشد.

نتایج بررسی خطر اکولوژیکی و ریسک محیط‌زیستی فلزات سنگین نشان داد، همه ایستگاه‌های مورد بررسی، از نظر خطر اکولوژیکی فلزات سنگین برای سه فلز سرب، مس و روی در طبقه خطر پایین قرار دارند(E_r^i <۴۰). اما فلز کادمیوم در ایستگاه‌های مختلف دارای خطر اکولوژیکی متوسط تا زیاد بوده بوده است(۳۲۰ > E_r^i > ۴۰). بعلاوه روند تغییرات خطر کلی هر فلز در منطقه نشان می‌دهد به ترتیب خطر به صورت(روی < سرب < مس < کادمیوم) ارزیابی می‌گردد. در واقع بیشترین و کمترین خطر به ترتیب مربوط به فلز کادمیوم و روی است. همچنین یافته‌های بررسی شاخص خطر محیط زیستی(RI□□) این فلزات نشان داد که باتوجه به مقادیر بدست آمده که در محدوده ۳۱۳/۶۰– ۸۶/۷۳ ، خطر محیط زیستی این فلزات در منطقه متوسط تا قابل ملاحضه می‌باشد. علاوه بر این مقاسیه خطر محیط زیستی غلظت فلزات سنگین در سواحل مختلف نشان می‌دهد که به ترتیب سواحل دیر، گناوه، جم، دیلم، بوشهر و دشتی داری بیشترین خطر محیط زیستی هستند(جدول،۲).

مقایسه غلظت فلزات در رسوبات سطحی با استاندارد های جهانی

از طرف دیگر باتوجه به اینکه که در اکوسیستم‌های آبی موجودات زنده فراوانی در تماس با رسوبات بستر بوده و یا در آن زندگی می‌کنند، رسوبات می‌توانند به عنوان یک مسیر مهم در مواجهه موجودات آبزی به آلاینده‌ها عمل نمایند. به همین جهت استانداردهایی برای رسوبات تدوین گردیده که می‌توان از آنها جهت درجه‌بندی رسوبات آلوده و نیز پیش‌بینی احتمال بروز اثرات سوء زیستی در آبزیانی که در تماس با این رسوبات قرار دارند استفاده نمود. به همین جهت به منظور تعیین میزان آلودگی رسوبات سطحی منطقه مورد مطالعه به فلزات جیوه، سرب، کادمیوم، کروم، نیکل، مس، روی و آهن مقدار میانگین غلظت آنها با استانداردهای کیفیت رسوب کانادا SQGs (Sediment Quality Guidelines) و راهنمای کیفیت رسوب آمریکا NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) مقایسه شد. استانداردهای SQGs و NOAA ، برای ارزیابی درجه آلودگی و بررسی میزان تاثیر آلاینده‌ها بر روی موجودات زنده مورد استفاده قرار می‌گیرند[۴۱]. در استاندارد NOAA دو خطر برای آلودگی فلزات در رسوبات بیان شده است که به صورت ERL (Effect RangLow) حدی که کمتر از ۱۰ درصد جوامع بیولوژیکی در خطرند وERM (Effect Range Medium) حدی که کمتر از ۵۰ درصد جوامع بیولوژیکی در خطرند ارائه شده است. استاندارد کیفیت رسوب (SQGs) با دو شاخص TEC (Threshold effect concentration) و PEC (Probable

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-06]

[DOI: 10.29252/jehe.5.4.359]

Effect Concentration)که به ترتیب نشان دهنده آستانه تاثیر غلظت، غلظت تاثیر می‌باشند، نشان داده می‌شوند. در استاندارد کیفیت رسوب کانادا دو سطح LEL (Lowest Effect Level) مشخص کننده سطحی از آلودگی است که برای عمده جانوران کفزی قابل تحمل بوده و اثر خاصی در جوامع بیولوژیک مشاهده نمی‌شود، و SEL (Sever Effect Level) نشان دهنده آلودگی شدید است که سلامت موجودات بنتیک را به خطر می اندازد و اگر آلودگی از این حد بالاتر باشد. باید آزمایشات دقیق سمیت رسوب تعیین گردد[42]. به طور کلی میانگین غلظت فلزات مس، کادمیوم از استانداردهای ERL، LEL و TEC بیشتر بوده است. بنابراین می توان گفت غلظت این دو فلز می‌تواند تا حدودی تهدیدی برای موجودات مختلف در منطقه باشد(جدول،٤).از طرفی غلظت سرب و روی در رسوبات در مقایسه با این استانداردها بیان شده پایین‌تر بود که نشان دهنده عدم آلودگی جدی منطقه به این فلزات است.به همین جهت برای این فلزات در منطقه مورد مطالعه نگرانی زیادی وجود ندارد. همچنین غلظت فلزات سرب، کادمیوم و مس در مقایسه با غلظت زمینه به مراتب بیشتر بوده است. که نشان از تاثیر فعالیتهای انسانی در محل می‌باشد. لذا با توجه به موقعیت این سواحل و به توسعه روزافرون نواحی شهری و صنعتی اطراف آن و بار آلودگی ناشی ازاین فعالیتها، اتخاذ راه‌کارهای مناسب که بتواند در جهت کمک به کاهش آلاینده‌ها موثر باشد، ضروری است.

جدول ٤: مقایسه میانگین غلظت کلی فلزات سرب، کادمیوم، روی و مس (میلی‌گرم بر کیلوگرم) با استانداردهای NOAA و SQGs

راهنما		سرب	مس	روی	کادمیوم	منبع
background guidelines	**Metal**	٥/٠٠	١٥/٠٠	١٠٠	٠/٣	(٤٣)
ERL		٤٧	٣٤	١٥٠	١/٢	(٤١)
ERM		٢١٨	٢٧٠	٤١٠	٩/٦	(٤١)
TEC		٣٨/٨	٣١/٦	١٢١	٠/٩٩	(٤١)
PEC		١٢٨	١٤٩	٤٥٩	٤/٩٨	(٤٢)
LEL		٣١	١٦	١٢٠	٠/٦	(٤٢،٤٤)
SEL		٢٥٠	١١٠	٨٢٠	١٠	(٤٤)
میانگین درمطالعه حاضر		١١/٥٣	٣٣/٤٩	٥٢/٤	٢/٤١	-

جدول ٥: مقایسه میانگین غلظت کلی فلزات مورد مطالعه با برخی از سواحل مناطق دیگر

	سرب	*مس*	*روی*	*کادمیوم*	*مرجع*
خلیج فارس (بندر امام خمینی)	٦/٥	١٥/٤	٤٨/٢	-	(١٩)
	(٥/٦-٨/١)	(١٢/٩-١٨/٣)	(٤٢/٦ -٥٩/٦)	-	
مصب Shuangtaizi ، چین	٦/٨٨	٦/٥	٥٣/٦٥	٠/٤٩	(١٤)
تنگه هرمز(خلیج فارس)	٢٢/٥	٤٨/٨	٢٧/٥	-	(٥١)
دریای سیاه، ترکیه	٠/٠٣-٣١/١	٤-٩٥/٥	٣٣/٩-٢٦٧/٤	٠/٠٢-٠/٩٣	(٥٢)
دریای سرخ، مصر	١٠/٥	٤/١٠	٢١/٤	١/٠٠	(٥٣)
دریای عمان	٢١/٤٢	٩/٩٩	٣٦/٧٢	١/٤٢	(١١)
دریای خزر	١٧/٠٨	٢٩/٦٥	٧٦/٩٢	-	(٥٤)

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-06]

[DOI: 10.29252/jehe.5.4.359]

خلیج فارس بندر عسلویه	۹/۳	۱۵/۴۳	۲۱/۰۸	–	(۴۸)
میانگین عناصر در رسوبات جهانی	۱۹	۳۳	۹۵		(۵۵)
غلت کلی فلزات در مطالعه حاضر	۱۱/۵۳	۳۳/۴۹	۵۲/۴	۲/۴۱	

جهت تعیین میزان آلایندگی رسوبات به عناصر سنگین بایستی میزان غلظت عناصر در منطقه با یک استاندارد شناخته شده مقایسه شود بهترین نوع مقایسه، مقایسه با استانداردهای موجود برای همان منطقه است، در این مطالعه به دلیل عدم وجود استاندارد خاص برای آلودگی منطقه مورد مطالعه، از استانداردهای جهانی و موجود در دیگر کشورها استفاده شد. اگر چه در مقایسه‌ها باید محتاط بود زیرا تفاوتهای مختلفی در خصوصیات و یا پارامترهای فیزیکی- شمیایی، بین غلظت آنها در محل و زمان های مختلف وجود دارد [۲۷و۴۵] و در واقع میانگین غلظت آنها بسته به نوع فلز و محل اندازه‌گیری کمتر یا بیشتر بوده است. اما به طور کلی غلظت فلزات در رسوبات منطقه مورد مطالعه همسان با مقادیر تعیین شده برای دیگر مطالعات انجام شده در منطقه خلیج فارس بوده است (جدول، ۵).

از جمله این مطالعات می‌توان به مطالعه Karbasdehi و همکاران(۲۰۱۶) که محدود غلظت روی و مس را در سواجل نایبند(بوشهر) به ترتیب را بین۱۵/۶- ۵/۴ و ۸/۳- ۱/۶۰ میکروگرم بر گرم بدست آوردند که نسبت به غلظت بدست آمده در این پژوهش به مراتب کمتر می‌باشد[۱۳]. Monikh و همکاران (۲۰۱۳) غلظت فلزات کادمیوم، مس و سرب را در رسوبات نواحی خور موسی (خلیج فارس) به ترتیب به میران بین ۰/۶۳- ۰/۲۷، ۱۷۰/۱۹ ۹-/۱۱ و ۶/۸۷- ۲/۵ ۰/۰۲۷ و ۰/۰۳ میکروگرم بر گرم بدست آورند[۴۶]، که به ترتیب نسبت به مطالعه حاضر کمتر بوده است. که علت این امر را می‌تواند ریزش رودخانه‌ها به دریا و همچنین میزان فعالیت‌های انسانی متفاوت یا تاثیر فاکتورهای محیطی و زمین شناسی همچون تغییرات دینامیک آب در نقاط مختلف بیان کرد. Bilos و همکاران در سال ۱۹۹۸ گزارش دادند که تغییرات زیاد فلزات سنگین در رسوب یا ذرات معلق به علت تغییرات دینامیک آب می‌باشد [۴۷، ۴۸ و ۴۹]. از طرفی عامل اصلی ته‌نشینی رسوبات در آب دریا و خورها بوسیله جریانات و دینامیک حرکت آبها کنترل می‌شود [۵۰]. به طورکلی محیط زیست سواحل بوشهر تحت تاثیر صدمات و مخاطرات فراوان ناشی از فعالیت‌های انسانی به علت افزایش رشد جمعیت و گسترش فعالیتهای صنعتی مرتبط با صنایع نفت و پتروشیمی، صنعت ماهی‌گیری و گردشگری قرار دارد. که این موضوع نیاز شدید به پایش دوره‌ای آلاینده‌ها و انجام تحقیقات علمی مناسب را می‌طلبد.

نتیجه‌گیری

مطالعه حاضر به منظور اندازه¬گیری غلظت فلزات سنگین سرب، کادمیوم، مس و روی و ارزیابی خطر اکولوژیکی آنها در رسوبات سطحی سواحل استان بوشهر صورت گرفت. به طور کلی براساس نتایج بدست آمده از تحقیق حاضر می¬توان بیان کرد، بین غلظت فلزات در سواحل مختلف استان بوشهر اختلاف معنی‌داری در سطح ۹۵ درصد وجود دارد. و در بین سواحل مختلف؛ سواحل جم نسبت به سایر نواحی از میزان، بارآلودگی فلزات سنگین و خطر اکولوژیکی بیشتری برخوردار است. همچنین براساس نتایج، محاسبه شاخص¬های اکولوژیکی فلزات و مقایسه غلظت آنها با معیارهای استاندارد کیفیت رسوب (SQGs و NOAA) می¬توان نتیجه گرفت، رسوبات از نظر فلزات اندازه¬گیری شده دارای آلودگی و خطر اکولوژیکی کم تا قابل ملاحظه هستند.

سپاسگزاری

بدین وسیله نویسندگان مقاله مراتب سپاس و قدردانی خود را از سازمان منطقه ویژه اقتصادی انرژی پارس و همچنین جناب آقای مهندس احمدزاده و مهندس پور محمد

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-06]

[DOI: 10.29252/jehe.5.4.359]

شاهین به خاطر راهنمایی‌ها و همکاری‌های بـی دریغشـان در انجام این پروژه را اعلام می‌دارند.

References

1. 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. Ecol Indic 2015 : 31(48):616-26.
2. Nalina E, Puttaiah E. Studies on the ground water quality of Kadur and its surrounding area Karnataka-A statistical Analysis. J Aquat Bio. 2006;21:105-10.
3. Dundar M, Altundag H. Investigation of heavy metalcontaminations in the lower Sakarya river water and sediments. Environ Monit Assess 2007;128:177-81.
4. Lamanso R C, Chan KM. Metal concentration in the tissues of rabbitfish collected from Tolo Harbour in Hong kong. Mar Pollut Bull. 1991; 39:123-34.
5. Hosseini M, Nabavi S, Golshani R, Nabavi S, Raeesi Sa. The heavy metals pollution (cd, co, pb, cu and ni) in sediment, liver and muscles tissues of flounder *Psettodes erumei* from busheher province, Persian Gulf. Journal of Animal Research 2015;24(4):441-449[In Persian].
6. Zhu YG, Williams PN, Meharg AA. Exposureto inorganic arsenic from rice: a global health issue?. Environ Pollut, . 2008;154, (169-171).
7. Stewart A. Accumulation of Cd by a freshwater mussel (Pyganodon grandis) is reduced in the presence of Cu, Zn, Pb, and Ni. Can J Fish Aquat Sci. 1999;56(3):467-78.
8. Jinfeng Z, Xuelu G. Heavy metals in surface sediments of the intertidal Laizhou Bay, Bohai Sea, China: Distributions, sources and contamination assessment. Mar Pollut Bull. 2015;98(1-2): 320-327
9. Dehghani M, Nabipour I, Dobaradaran S, Godarzi H. Cd and Pb Concentrations in the Surface Sediments of the Asaluyeh Bay, Iran. J Community Health 2014;3(10): 22-30.
10. Soylak M, Peker DSK, Turkoglu O. Heavy metal contents of refined and unrefined table salts from Turkey, Egypt and Greece. Environ Monit Assess. 2008;143(1):267-72.
11. Pakzad HR, Pasandi M, Soleimani M, Kamali M. Distribution and origin of heavy metals in the sand sediments in a sector of the Oman Sea (the Sistan and Baluchestan province, Iran). Quat Int. 2014; 345: 138e47.
12. Dalia M.S. Aly Salem, Azza Khaled, Ahmed El Nemr , Amany El-Sikaily .Comprehensive risk assessment of heavy metals in surface sediments along the Egyptian Red Sea coast. Egypt J Aquat Res 2014; 40(4): 349-362
13. Karbasdehi, V.N., Dobaradaran, S., Nabipour, I., Ostovar, A., Vazirizadeh, A., Ravanipour, M., Nazmara, S., Keshtkar, M., Mirahmadi, R. and Noorinezhad, M., A new bioindicator, shell of Trachycardium lacunosum, and sediment samples to monitors metals (Al, Zn, Fe, Mn, Ni, V, Co, Cr and Cu) in marine environment: The Persian Gulf as a case. Iranian J Environ Health Sci Eng 2016. 14(1), p.16.
14. Li C, Yanyan Yin CS, Menghan Sun, Tao P, Shao M. Spatial distribution and risk assessment of heavy metals in sediments of Shuangtaizi estuary, China. Mar Poll Bull http://dxdoiorg/101016/jmarpolbul201505051. 2015.
15. Zhang J, Gao X. Heavy metals in surface sediments of the intertidal Laizhou Bay, Bohai Sea, China: Distributions, sources and contamination assessment. Mar Poll Bull. 2015;http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2015.06.035.
16. Alt"nda A, Yi!iti S. Assessment of heavy metals concentrations in the food web of lake Bey#ehirTurkey. Chemosphere. 2005;60:522-56.
17. Heidari B, Riahi Bakhtiari A, Yousefi Z. The Survey of Concentration and correlation nickel and vanadium in surface sediments and rock oysters (*Saccostrea cucullata*) and Hendorabi island and the coast of Bandar Lengeh, Journal of Marine Biology 2011; 2 (3): 23-45[In persian]
18. Arfaeinia H, Nabipour I, Ostovar A, Asadgol Z, Abuee E, Keshtkar M, et al. 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. Environ Sci Pollut R 2016; 23:9871-9890..
19. Abdollahi S Z, et al. Contamination levels and spatial distributions of heavy metals and PAHs in surface sediment of Imam Khomeini Port, Persian Gulf, Iran. Mar poll bull 2013; 71:336-345.
20. Gurumoorthi K, Venkatachalapathy R. Spatial and seasonal trend of trace metals and ecological risk assessment along Kanyakumari coastal sediments, southern India. Pollution 2016;2(3):269-87.
21. Abrahim G.M. Holocene sediments of Tamaki Estuary: Characterisation and impact of recent human activity on an urban estuary in Auckland, New Zealand. Phd. Thesis, University of Auckland, Auckland, New Zealand2005; P 162 [Thesis]
22. Yap C, Ismail A, Tan S, Oma H. Correlations between speciation of Cd, Cu, Pb and Zn in sediment and their concentrations in total soft tissue of green-lipped mussel Perna viridis from the west coast of Peninsular Malaysia. Environ Int. 2002;28(1):117-26.
23. Hakanson L. An ecological risk index for aquatic pollution control, a sedimentological approach. Water

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-06]

[DOI: 10.29252/jehe.5.4.359]

Res 1980;14, 975–1001.

24. Yi Y, Yang Z, Zhang S. Ecological risk assessme nt of heavy metals in sediment and human health risk assessment of heavy metals in fishes in the middle and lower reaches of the Yangtze River basin. Environ Pollut 2011; 159: 2575- 2585
25. Wang J, Liu W, Yang R, Zhang L, Ma J. Assessment of the potential ecological risk of heavy metals in reclaimed soils at an opencast coal mine. Disaster Adv. 2013 Jul 1;6:366-77.
26. Guan Q, Wang L, Pan B, Guan W, Sun X, Cai A. Distribution features and controls of heavy metals in surface sediments from the riverbed of the Ningxia-Inner Mongolian reaches, Yellow River, China. Chemosphere 2016;144:29-42.
27. Haghshenas A, Hatami-manesh M, Mirzaei et al. Measurement and Evaluation of Ecological Risk of Heavy Metals in Surface Sediments of Pars Special Economic Energy Zone. Iran South Med J. 2017; 20 (5) :448-469
28. Khorasani K, SHaygan J, karimi Shahri N. A Survey of Heavy metal Concentration in the Upper Sesdiment Layers of Bandar Abbas Coasts. IJNNR. 2006;58(4):869-1.
29. deAstudillo LR, Yen IC, Berkele I. Heavy metals in sediments, mussels and oysters from Trinidad and Venezuela. Rev Biol Trop. 2005;53:41-53.
30. Kilemade M, Hartl M, Sheehan D, Mothersill C, Van Pelt F, O'Brien N, et al. An assessment of the pollutant status of surficial sediment in Cork Harbour in the South East of Ireland with particular reference to polycyclic aromatic hydrocarbons. Mar Poll Bull. 2004;49:1084-96.
31. Habibi S, Safahieh A,Pash H. Determination of impurity levels of heavy metal(Cd,Ni, Pb and Cu)Bushehr coastal sediments. IJSTS 2011; 11:84-95[In persian].
32. Davari A, Danehkar A, Khorasani N, Poorbagher H. Heavy metal contamination of sediments in mangrove forests of the Persian Gulf. JFAE. 2010;8:1280-1284.
33. Zhou F, Guo H, Hao Z. Spatial distribution of heavy metals in hong kongs marine sediments and their human impacts: A GIS based chemometric approach. Marine Poll Bull 2007;54:1372- 1384
34. Reynolds R. Pysical oceanography of the Persian Gulf, Strait of Hormuz, and the Gulf of Oman- Result from the Mitchell Expedition. Mar Poll Bull. 1993;27: 35-59.
35. Al-Taani AA, Batayneh AT, El-Radaideh N, Ghrefat H, Zumlot T, et al. Spatial distribution and pollution assessment of trace metals in surface sediments of Ziqlab Reservoir, Jordan. Environ Monit Assess 2015;328(1):117-26.
36. Kanakaraju D, Ibrahim F, Berseli MN. Comparative study of heavy metal concentrations in razor clam (Solen regularis) in Moyan and Serpan, Sarawak. GJER. 2008;2(2):87-91.
37. Kavun VY, Shulkin V, Khristoforova N. Metal accumulation in mussels of the Kuril Islands, north-west Pacific Ocean. Mar Environ Res 2002;53:219-26..
38. Duzzin B, Pavoni B, Donazzolo R. Macroinvertebrate Communities and sediments as pollution indicators for heavy metals in the river Adige (Italy). Water Res 1995; 22: 1353-1363
39. Angula, E. The Tomlinson Pollution Index applied to heavy metal, Mussel–Watch data: A useful index to assess coastal pollution. Sci. Total Environ. 1996; 187: 19–56
40. Rahman SH, Khanam D, Adyel TM, Islam MS, Ahsan MA, Akbor MA. Assessment of heavy metal contamination of agricultural soil around Dhaka Export Processing Zone (DEPZ), Bangladesh: implication of seasonal variation and indices. Appl. Sci 2012; 2(3):584-601.
41. Long ER, Macdonald DD, Smith SL, Calder FD. Incidence of adverse biological effects within ranges of chemical concentrations in marine and estuarine sediments. J Environ Manage 1995; 19(1):81-97.
42. Hongyi NI, Wenjing DE, Qunhe WU, Xingeng CH. Potential toxic risk of heavy metals from sediment of the Pearl River in South China. J Environ Sci 2009; 21(8):1053-8.
43. SEPA (Swedish Environmental Protection Agency). Quality criteria for lakes and watercourses. Chapter 6: Metals. Suggested revision for EPA guidelines, as of 4/27/98. Swedish Environmental Protection Agency. 1998:pp. 18-23.
44. Persaud D, Jaagumagi R, Hayton A. Guidelines for the protection and management of aquatic sediment quality in Ontario. Standards Development Branch. Ontario Ministry of Environment and Energy, Toronto, Canada.1993, 27 pp .
45. Haritonidis S, Malea P. Seasonal and local variation of Cr, Ni and Co concentrations in *Ulva rigida C*. Agardh and *Enteromorpha linza* (Linnaeus) from Thermaikos Gulf, Greece. . Environ Pollut. 1995;89:319-27.
46. Monikh FA, Safahieh A, Savari A, Doraghi A. Heavy metal concentration in sediment, benthic, benthopelagic, and pelagic fish species from Musa Estuary (Persian Gulf).Environ Monit Assess. 2013 ;185(1):215-22.
47. Bilos C, Colombo JC, Presa MJ. Trace metals in suspended particles, sediments and Asiatic clams (*Corbicula fluminea*) of the Río de la Plata Estuary, Argentina. Environ. Pollut. 1998 ;99(1):1-1.
48. Delshab H, Farshchi P, Keshavarzi B. Geochemical distribution, fractionation and contamination assessment of heavy metals in marine sediments of the Asaluyeh port, Persian Gulf. Mar poll bull 2017 Feb 15;115(1):401-11.

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-06]

[DOI: 10.29252/jehe.5.4.359]

49. Kiani Harchegani M. S.H.R. Sadeghi(2013) Spatial variations of relationship between heavy metals transportation and particle size distribution of suspended sediments. J of Water and Soil Conservation, Vol. 20(1), 169-184[In Persian].

50. Maanan M. Heavy metal concentrations in marine molluscs from the Moroccan coastal region. Environ. Pollut 2008;153(1):176-83.

51. Bastami KD, Afkhami M, Mohammadizadeh M, Ehsanpour M, Chambari S, Aghaei S, Esmaeilzadeh M, Neyestani MR, Lagzaee F, Baniamam M. Bioaccumulation and ecological risk assessment of heavy metals in the sediments and mullet Liza klunzingeri in the northern part of the Persian Gulf. Mar poll bull 2015 15;94(1):329-334.

52. Topcuoglu S, Kirbasoglu C, Gungor N. Heavy metals in organisms and sediments from Turkish Coast of the Black Sea 1997-1998. Environ Int 2002:27, 521-6.

53. Mansour AM, Nawar AH, Madkour HA. Metal pollution in marine sediments of selected harbours and industrial areas along the Red Sea coast of Egypt. Ann Naturhist Mus Wien Ser . 2010; 113, 225-244. 2011

54. Hashemi SJ, Riahi Bakhtiari A, Lak R. Source Identification and Distribution of Lead, Copper, Zinc, Nickel, Chromium and Vanadium in Surface Sediments of Caspian Sea J Mazand Univ Med Sci 2013;23(1):36-50 [In Persian].

55. Karimi M, Ghassempoorshirazi M.. Geochemical distribution and pollution rate of heavy metals (Pb, Zn, Ni, Cr & As) in Kor river sediments (south of Marvdasht). JAG 2012;8(2):133-145[In persian].

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-06]

[DOI: 10.29252/jehe.5.4.359]

Journal of Environmental Health Engineering, August 2018; Vol. 5, No. 4: 359-374

Determination and Ecological Risk Assessment of Heavy Metals (Cd, Pb, Cu, Zn) in Surface Sediments of Coastal Regions of Bushehr Province

Arash Haghshenas[1], Masoud Hatami-manesh[2], Mehraban Sadeghi, Mohsen Mirzaei[3]*, Behzad Mohammadi Bardkashki[5]

1. MSc, Institute of Shrimp, Bushehr, Iran
2. PhD student of Environment. Department of Environment, Faculty of Natural Resources, Malayer University, Iran
3. Associate professor, Department of Environmental Health Engineering, Shahrekord University of Medical Sciences. Shahrekord, Iran.
4. PhD student of Environment, Institute of Grapes and Raisins, Malayer University, Iran
5. MSc of Civil Planning, Shiraz Municipality, Shiraz, Iran

**** E-mail: mohsenmirzayi27@yahoo.com***

Received: 11 Feb 2018 ; Accepted: 20 Jun 2018

ABSTRACT

Background: Persian Gulf is one of the most important ecosystems in the world that in recent decades has been exposed to various environmental pollutants such as heavy metals from human and natural activities. Therefore, the aim of this study investigates the concentration of heavy metals (cadmium, lead, copper and zinc) and ecological risk assessment of them in coastal sediments in of Bushehr province in Persian Gulf.

Methods: In order to assess the concentration of metals, 54 stations along the coastal zones were selected and in each station three samples of sediment and plant were taken. After preparation and digestion of the samples, the concentrations of these metals were determined by using polarography.

Results: The average of total concentration of detected metals Zn, Cu, Pb and Cd in sediment 52.40 ± 2. 62, 34.99±2.76, 11.53 ±2.01 and 2.41± 0.89 µg/g, respectively. Also, the results of comparison of heavy metals concentration in coastal areas in Bushehr Province (Jam, Deir, Bushehr, Dashti, Genaveh and Deilam) with ANOVA test showed there was a significant difference between the concentrations of sediments in different coastal areas. The results showed that the Pollution Load Index (PLI) and ecological risk represents less to moderately pollution in the region. Also, the environmental risk of metals in the region was evaluated as (Cd>Cu> Pb> Zn).

Conclusion: According to the results, the pollution and ecological risk of metals in the region for Zn, Cu and Pb is low but for Cd is moderateevaluated.

Key words: Heavy Metals, Ecological Risk Assessment, Sediments, Coastal zones of Bushehr province, Sediment Quality Index.

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-06]

[DOI: 10.29252/jehe.5.4.359]