مجله سلامت و محیط زیست، فصلنامه‌ی علمی پژوهشی
انجمن علمی بهداشت محیط ایران
دوره چهاردهم، شماره چهارم، زمستان ۱۴۰۰، صفحات ۶۶۵ تا ۶۸۲

Available online: https://ijhe.tums.ac.ir
مقاله پژوهشی

ارزیابی ریسک بالقوه بوم‌شناختی عناصر آرسنیک، کادمیم، نیکل و وانادیوم در رسوبات سطحی سواحل جنوبی دریاچه خزر (مورد مطالعه: ساحل خزرآباد ساری)

آرزو خلیجیان[۱]، بهاره لرستانی[۱،*]، سهیل سبحان اردکانی[۱]، مهرداد چراغی[۱]، لیما طیبی[۲]

۱- گروه علوم و مهندسی محیط زیست، دانشکده علوم پایه، واحد همدان، دانشگاه آزاد اسلامی، همدان، ایران
۲- گروه علوم و مهندسی شیلات، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران

اطلاعات مقاله:

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۰/۰۶
تاریخ ویرایش: ۱۴۰۰/۱۱/۱۳
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۱/۱۶
تاریخ انتشار: ۱۴۰۰/۱۲/۲۱

واژگان کلیدی: آلاینده معدنی، ارزیابی ریسک بوم‌شناختی، رسوب، طیف‌سنجی نشر اتمی، دریاچه خزر

پست الکترونیکی نویسنده مسئول:
lorestanib@iauh.ac.ir

چکیده

زمینه و هدف: آلودگی خاک و رسوب به عناصر کمیاب و سمی با قابلیت ایجاد خطر برای سلامت انسان و محیط از مهمترین نگرانی‌های امروزی دنیا هستند. بنابراین، این پژوهش با هدف ارزیابی مخاطره بوم‌شناختی عناصر آرسنیک، کادمیم، نیکل و وانادیوم رسوبات سطحی ساحل خزرآباد ساری در سال ۱۳۹۸ انجام شد.

روش بررسی: در این مطالعه توصیفی-مقطعی، پس از جمع آوری ۳۶ نمونه رسوب از ۱۲ سایت منتخب و آماده‌سازی و هضم نمونه‌ها در آزمایشگاه، غلظت عناصر به روش طیف‌سنجی نوری پلاسمای جفت شده القایی تعیین شدند. همچنین، نسبت به محاسبه شاخص‌های خطرپذیری بالقوه بوم‌شناختی (E_r^i) و خطرپذیری بالقوه بوم‌شناختی تجمعی (RI) عناصر در نمونه‌ها اقدام شد. پردازش آماری نتایج نیز با استفاده از نرم‌افزار SPSS انجام شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که میانگین غلظت عناصر آرسنیک، کادمیم، نیکل و وانادیوم (mg/kg) در نمونه‌های رسوب به‌ترتیب برابر با ۱۲/۷، ۰/۱۹۱، ۳۵/۰ و ۳۱/۹ بوده است. نتایج محاسبه شاخص E_r^i نشان داد که ریسک بوم‌شناختی همه عناصر "کم" و میانگین مقادیر شاخص برای عناصر از ترتیب نزولی کادمیم > آرسنیک > نیکل > وانادیوم تبعیت کرده است. به‌علاوه، میانگین مقدار شاخص RI با ۵۳/۷، نشان‌دهنده "مخاطره بوم‌شناختی کم" عناصر در نمونه‌های رسوب بود.

نتیجه‌گیری: هرچند میانگین مقادیر شاخص RI نشان داد که با توجه به مقادیر عناصر در رسوبات، در حال حاضر منطقه مورد مطالعه با ریسک بوم‌شناختی مواجه نیست، ولی از آنجا که عناصر کادمیم و آرسنیک به‌ترتیب با ۴۶/۴ درصد و ۴۵/۴ درصد بیشترین سهم را در ایجاد ریسک بوم‌شناختی داشتند، از این‌رو، نسبت به شناسایی و مدیریت منابع تخلیه انواع آلاینده‌های آلی و معدنی و همچنین پایش دوره‌ای نمونه‌های آب و رسوب که به‌عنوان منبع ذخیره آلاینده‌ها و به‌تبع آن ایجاد مخاطرات محیطی برخوردارند، توصیه می‌شود.

Please cite this article as: Khalijian A, Lorestani B, Sobhanardakani S, Cheraghi M, Tayebi L. Potential ecological risk assessment of arsenic, cadmium, nickel and vanadium in the surface sediments of southern of Caspian Sea (case study: Khazar Abad, Sari Township). Iranian Journal of Health and Environment. 2022;14(4):665-82.

Copyright © 2022 Iranian Association of Environmental Health, and Tehran University of Medical Sciences. Published by Tehran University of Medical Sciences. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). Noncommercial uses of the work are permitted, provided the original work is properly cited.

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-11-03]

مقدمه

فلزات سنگین به‌عنوان ترکیبات معدنی آلاینده محیط‌زیست با ویژگی‌هایی از جمله نیم‌عمر زیستی طولانی‌مدت، پایداری در محیط، تجمع‌زیستی در بافت‌های بدن موجودات، غیر قابل تجزیه زیستی بودن و سمیت از قابلیت ایجاد خطر برای سلامت محیط و زیست‌مندان برخوردار بوده و به‌واسطه گسترش شهرها، فعالیت‌های صنعتی، معدنی و کشاورزی، احتراق سوخت‌های فسیلی، استفاده گسترده از کودهای آلی، لجن فاضلاب و فاضلاب شهری در فعالیت‌های کشاورزی و مدیریت فضای سبز شهری، دفع پسماند و فرونشست‌های جوی در زیست‌سپهر انتشار یافته و از این‌رو، امروزه، توجه زیادی را در سطح جهانی به‌خود معطوف داشته‌اند (۱-۳). در این خصوص، آلودگی خاک/رسوب به‌علت دوام و بقای طولانی‌تر فلزات سنگین در آنها در مقایسه با آب و هوا از اهمیت بیش‌تری برخوردار است (۴، ۵). قرار گرفتن طولانی مدت در معرض عنصر آرسنیک به‌عنوان یک شبه فلزی سمی، می‌تواند به آسیب‌های کلیوی و کبدی و همچنین، ابتلا به سرطان‌های ریه مثانه و پوست منجر شود (۶، ۷). این در حالی است که، علاوه بر عوارض اشاره شده، پوکی استخوان، کم‌خونی، افزایش فشار خون، بیماری‌های قلبی-عروقی و دیابت از پیامدهای قرار گرفتن در معرض عنصر کادمیم است (۷، ۸). از طرفی، اختلالات عصبی، جهش ژنتیکی، ناهنجاری‌زایی، اختلالات قلبی و سرطان ریه از مهمترین پیامدهای قرار گرفتن در معرض مقادیر بیشتر از حد مجاز نیکل محسوب می‌شود (۹-۱۱). همچنین، وانادیوم به‌عنوان یک عنصر سمی پس از ورود به بدن انسان می‌تواند به پروتئین خون متصل شود، هرچند که، تاکنون گزارشی در مورد قابلیت سرطان‌زایی این عنصر در دسترس نیست (۳، ۱۲).

ورود انواع ترکیبات آلاینده به بوم‌سازگان آبی، هر دو محیط آب و رسوب را تحت تاثیر قرار می‌دهد، اما رسوبات به‌دلیل پویایی کمتر در مقایسه با آب، از قابلیت تجمع مقادیر بیشتری از آلاینده‌ها و به‌ویژه فلزات سنگین در خود برخوردار هستند (۱۳). از طرفی، فلزات تجمع یافته در رسوبات در صورت تغییر در ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی آب می‌توانند دوباره به محیط آب وارد شده و موجودات زنده در معرض آنها قرار گیرند (۱۴). بدین سبب، تجمع فلزات در محیط رسوب از قابلیت ایجاد مخاطرات بوم‌شناختی برخوردار است (۱۵).

امروزه، از شاخص‌های ارزیابی آلودگی به منظور مدیریت محیط‌زیست و شناسایی و کاهش عوامل بالقوه مخاطره‌آمیز محیط‌زیستی استفاده می‌شود. در این خصوص، ارزیابی ریسک بالقوه آلودگی فلزات سنگین یک ابزار تشخیصی برای کنترل آلودگی محیط و به‌ویژه ریسک بوم‌شناختی ناشی از آلودگی آب به‌واسطه تجمع فلزات سنگین در رسوبات است.

شاخص خطرپذیری بالقوه بوم‌شناختی (Potential Ecological Risk Index) که در سال ۱۹۸۰ توسط هاکانسون براساس ویژگی‌ها و رفتار محیط‌زیستی فلزات سنگین معرفی شد (۱۵) نیز مدلی برای ارزیابی آلودگی فلزات سنگین در خاک و رسوب است (۱۶). علی‌رغم آن‌که، تاکنون در خصوص ارزیابی ریسک بالقوه بوم‌شناختی فلزات سنگین در رسوبات چندین مطالعه از جمله ارزیابی رسوبات دریاچه اولوبات ترکیه (۱۷)، ارزیابی رسوبات دریاچه دریاچه دانگ تینگ در چین (۱۸)، ارزیابی رسوبات دریاچه دالینوئر در چین (۱۹)، ارزیابی رسوبات دریاچه شی در چین (۲۰)، ارزیابی رسوبات خلیج دینگزی در چین (۲۱)، ارزیابی رسوبات سواحل شمال دریاچه چیلدیر در ترکیه (۲۲)، ارزیابی رسوبات خلیج قابس در تونس (۲۳)، ارزیابی رسوبات سواحل مدیترانه‌ای مصر (۲۴)، ارزیابی رسوبات تالاب نادور در مراکش (۲۵)، ارزیابی رسوبات مصب رودخانه یانگ تسه در چین (۲۶)، ارزیابی رسوبات سواحل دریای سرخ در مصر (۲۷)، ارزیابی رسوبات دریاچه وم بند در هندوستان (۲۸)، ارزیابی رسوبات ناحیه هورگادا سواحل دریای سرخ در مصر (۲۹)، ارزیابی رسوبات خلیج موناستیر در تونس (۳۰) و ارزیابی رسوبات رودخانه ژیان جیانگ در چین (۳۱) در دنیا انجام یافته است، ولی تعداد معدودی پژوهش مشابه در ایران انجام شده است که از جمله می‌توان به ارزیابی ریسک بالقوه بوم‌شناختی فلزات سنگین در رسوبات منطقه ویژه اقتصادی انرژی پارس (۳۲)، ارزیابی رسوبات رودخانه سزار (۳۳)، ارزیابی رسوبات دریاچه مهارلو (۳۴)، ارزیابی رسوبات سیاه‌رود مازندران (۳۵)، ارزیابی رسوبات تالاب بامدژ (۳۶)، ارزیابی رسوبات رودخانه کر (۳۷)، ارزیابی رسوبات رودخانه بشر

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-11-03]

(۳۸)، ارزیابی رسوبات خلیج چابهار (۳۹) و ارزیابی رسوبات تالاب بین‌المللی گمیشان (۴۰) اشاره کرد.

بهره‌برداری از ذخایر نفت و گاز و منابع شیلاتی و به‌علاوه، بازدید سالانه صدها هزار گردشگر از سواحل جنوبی دریاچه خزر منجر به تخلیه انواع آلاینده‌ها به این بوم‌سازگان شده و این دریاچه را در معرض آلودگی محیط‌زیستی قرار داده است (۴۱، ۴۲). از این‌رو، با توجه به آن‌که ساحل خزرآباد ساری به‌عنوان یکی از پرجاذبه‌ترین مناطق نوار ساحلی جنوبی دریاچه خزر در طول سال پذیرای حجم زیادی از گردشگران است و از طرفی، توسعه شهری و فعالیت‌های صنعتی، باغداری و کشاورزی در نواحی پیرامون این منطقه منجر به تخلیه آلاینده‌ها به محیط شده است، در این پژوهش نسبت به ارزیابی ریسک بالقوه بوم‌شناختی عناصر آرسنیک، کادمیم، نیکل و وانادیوم در رسوبات سطحی ساحل خزرآباد ساری در سال ۱۳۹۸ اقدام شد.

مواد و روش‌ها

_ معرفی محدوده مطالعاتی

ساحل خزرآباد در ۳۵ کیلومتری شمال شهر ساری بین طول جغرافیایی '۵۷ °۵۲ تا '۱۸ °۵۳ شرقی و عرض جغرافیایی '۴۶ °۳۶ تا '۵۱ °۳۶ شمالی واقع شده است (۴۳). نتایج مطالعه‌های کانی‌شناسی نشان‌دهنده حضور کانی‌های اوژیت، دیوپسید، مگنتیت، گوتیت، پلاژیوکلاز، انواع کوارتز، چرت، انواع کربنات، ارتوز، میکاها و کلریت، میکروکلین، اسفن، روتیل و زیرکن در رسوبات این منطقه هستند (۴۴).

_ نمونه‌برداری از رسوب

در این پژوهش توصیفی-مقطعی، پس از بازدید میدانی از منطقه مورد مطالعه و بررسی کاربری‌های مستقر و سهولت دسترسی از سویی، و لحاظ کردن محدودیت‌های موجود از جمله کمبود اعتبارات مالی از سوی دیگر، نسبت به انتخاب ۱۲ ایستگاه نمونه‌برداری به‌روش تصادفی سیستماتیک و ثبت مختصات جغرافیایی سایت‌ها توسط دستگاه GPS مدل ETREX 32X انجام شد. در مجموع ۳۶ نمونه رسوب سطحی از عمق cm ۱۵-۵ (سه نمونه رسوب از هر سایت) با استفاده از گرب پترسون با سطح مقطع cm^2 ۲۲۵ برداشت شد (۳۶، ۴۵). نقشه موقعیت استقرار ایستگاه‌های نمونه‌برداری در شکل ۱ نشان داده شده است.

_ آماده‌سازی نمونه‌های رسوب و تعیین محتوی عناصر در آنها

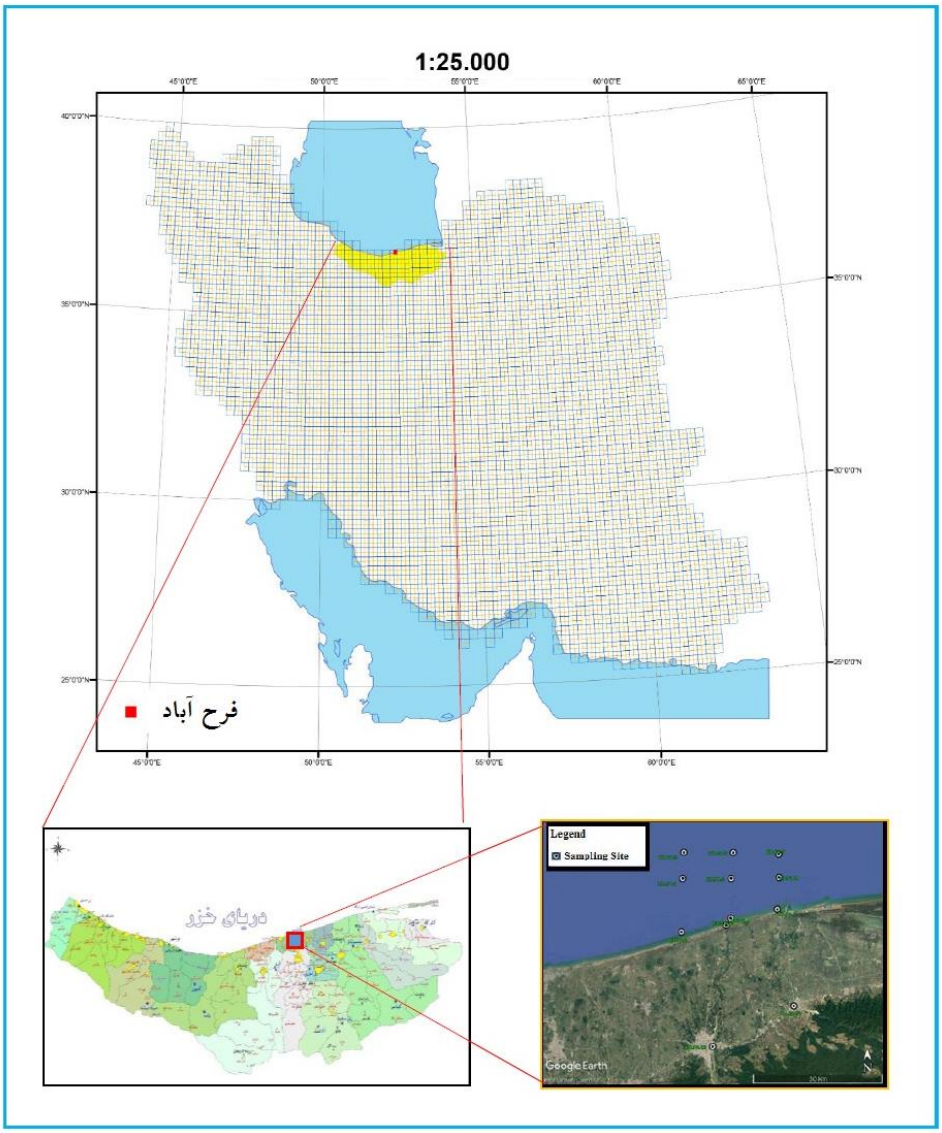
به منظور آماده‌سازی نمونه‌های رسوب، پس از هوا خشک کردن نمونه‌ها طی ۱۴ روز و آسیاب کردن آنها با هاون چینی، نمونه‌ها از الک‌هایی با قطر دهانه mμ ۶۳ عبور داده شدند (۴۶). برای هضم نمونه‌ها، ابتدا به یک گرم از هر نمونه رسوب مخلوطی شامل اسیدهای پرکلریک، نیتریک و هیدروژن با نسبت‌های حجمی به‌ترتیب برابر با ۳، ۲ و ۱ افزوده و پس از آن نمونه‌ها به‌مدت h ۲ با یکدیگر مخلوط و عمل هضم انجام شد. سپس، محلول حاصل توسط کاغذ صافی واتمن شماره ۴۲ صاف و توسط آب دوبار تقطیر به حجم رسانده شد. در نهایت، پس از ساخت محلول مادر (استوک) و استاندارد نمک هر یک از عناصر و کالیبره کردن دستگاه طیف‌سنج نشری پلاسمای جفت‌شده القایی (Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometry (ICP-OES))، غلظت عناصر آرسنیک، کادمیم، نیکل و وانادیوم در نمونه‌ها به‌ترتیب در طول موج‌های ۱۸۸/۹۸۰، ۲۲۶/۵۰۲، ۲۳۱/۶۰۴ و ۳۱۱/۸۳۷ nm خوانده شدند (۴۷، ۴۸). در این پژوهش، برای تعیین کنترل کیفیت (Quality Control) و تضمین کیفیت (Quality Assurance) اندازه‌گیری‌ها از مرجع استاندارد SQC-001(SRM) استفاده شد (۴۹) که نتایج نشان‌دهنده دقت خوب با نرخ بازیابی (Recovery Rate) برابر با ۱۰۱/۲-۹۷/۳ درصد برای آرسنیک، برابر با ۱۰۰/۷-۹۶/۵ درصد برای کادمیم، برابر با ۱۰۱/۴-۹۵/۸ درصد برای نیکل و برابر با ۱۰۰/۹-۹۶/۱ درصد برای وانادیوم بود.

_ ارزیابی ریسک بالقوه بوم‌شناختی عناصر

خطرپذیری بالقوه بوم‌شناختی (E_r^i) هر عنصر و از طرفی شاخص خطرپذیری بالقوه بوم‌شناختی تجمعی عناصر در نمونه‌های رسوب (RI) با استفاده از معادلات ۱ تا ۳ محاسبه شدند (۱۵، ۱۶، ۵۰).

$$C_f^i = \frac{C_s^i}{C_n^i} \quad (1)$$

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-11-03]



شکل ۱- نقشه موقعیت استقرار سایت‌های نمونه‌برداری از رسوب

$$E_r^i = Ti\ .\ C_f^i \quad (۲)$$

$$RI = \sum_{i=1}^{n} E_r^i \quad (۳)$$

پارامترهای معادله ۱ شامل: C_f^i (ضریب آلودگی هر عنصر)، C_s^i (غلظت فلز سنگین در نمونه رسوب بر حسب mg/kg) و C_n^i (غلظت زمینه عنصر در شیل) است (۲۴). مقادیر C_n^i برای عناصر آرسنیک، کادمیم، نیکل و وانادیوم به‌ترتیب برابر با ۵/۲۰، ۰/۲۳۰، ۴۵/۷ و ۱۲۰ mg/kg (۵۱-۵۳) در نظر گرفته شد.

در معادله ۲: Ti بیانگر ضریب واکنش سمیت هر عنصر است که برای آرسنیک، کادمیم، نیکل و وانادیوم به‌ترتیب برابر با ۱۰، ۳۰، ۵ و ۲ لحاظ شد (۳، ۱۱، ۱۶، ۵۰).

مقادیر $E_r^i < ۴۰$ بیانگر "ریسک کم"، $۴۰ < E_r^i \leq ۸۰$ نشان‌دهنده "ریسک متوسط"، $۸۰ < E_r^i \leq ۱۶۰$ بیانگر "ریسک قابل توجه"، $۱۶۰ < E_r^i \leq ۳۲۰$ و $E_r^i > ۳۲۰$ نیز به‌ترتیب نشان‌دهنده

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-11-03]

"ریسک زیاد" و "ریسک خیلی زیاد" هستند. همچنین، مقادیر RI < ۱۵۰ نشان‌دهنده "ریسک بوم‌شناختی کم"، ۳۰۰ < RI > ۱۵۰ بیانگر "ریسک بوم‌شناختی متوسط" و ۶۰۰ < RI > ۳۰۰ نشان‌دهنده "ریسک بوم‌شناختی قابل توجه" است. در حالیکه، ۶۰۰ < RI "ریسک بوم‌شناختی زیاد" را توصیف می‌کند (۱۵).

_ *پردازش آماری داده‌ها*

پردازش آماری نتایج با استفاده از ویرایش ۲۲ نرم‌افزار SPSS در سطح معنی‌داری ۰/۰۵۰ انجام شد. برای بررسی نرمال بودن توزیع داده‌ها از آزمون شاپیرو-ویلک (Shapiro-Wilk) و برای مقایسه میانگین غلظت عناصر بین سایت‌های نمونه‌برداری از آزمون تحلیل واریانس یک‌طرفه (One-way ANOVA) و به‌دنبال آن آزمون چند دامنه‌ای دانکن (Duncan's Multiple Range Test) استفاده شد.

یافته‌ها

آمار توصیفی مربوط به غلظت عناصر مورد مطالعه در نمونه‌های رسوب در جدول ۱ آورده شده است.

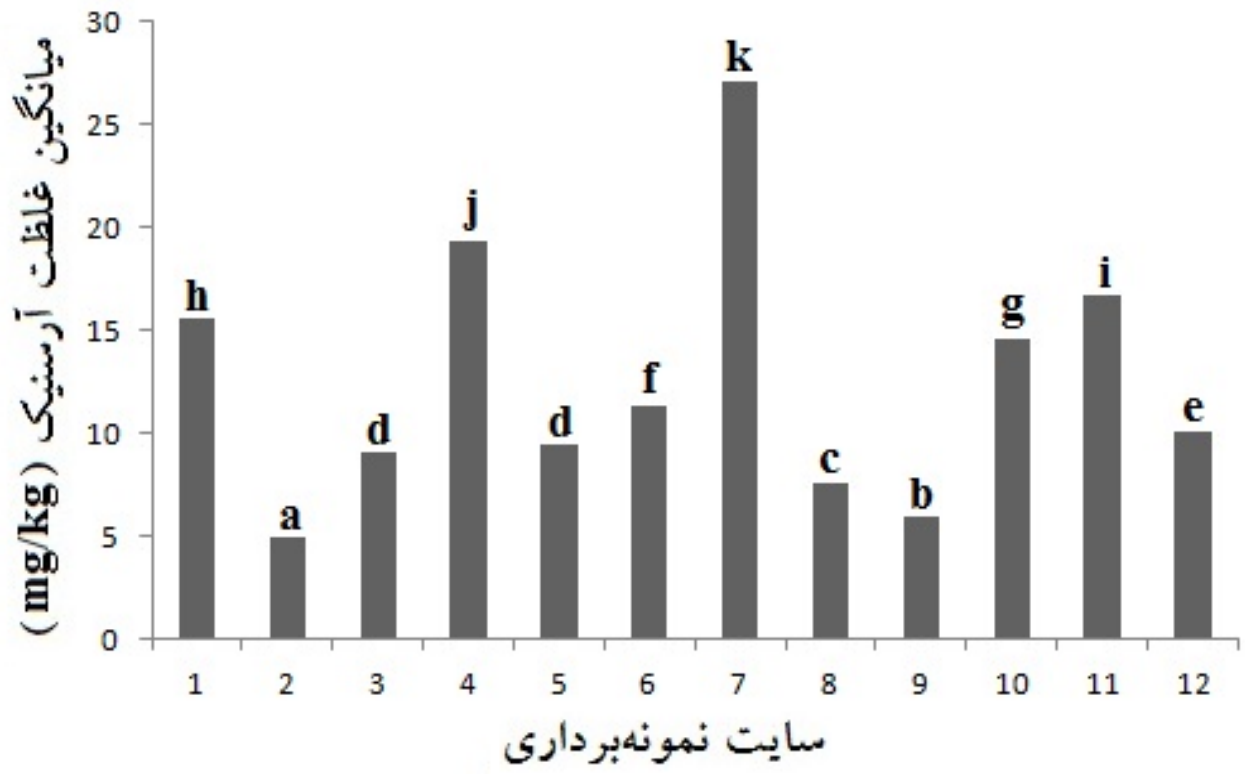
جدول ۱- آمار توصیفی محتوی عناصر* در نمونه‌های رسوب منطقه مورد مطالعه

سایت نمونه برداری	عنصر (mg/kg, D.W.)			
	آرسنیک	کادمیم	نیکل	وانادیوم
۱	۱۵/۶	۰/۲۰۰	۴۰/۳	۲۳/۹
۲	۵/۰۰	۰/۱۹۷	۳۱/۸	۱۷/۴
۳	۹/۵۰	۰/۱۸۰	۲۵/۰	۱۹/۳
۴	۱۹/۴	۰/۲۰۰	۴۵/۲	۴۸/۶
۵	۹/۴۰	۰/۱۸۰	۳۳/۸	۲۹/۹
۶	۱۱/۳	۰/۱۸۷	۳۳/۹	۳۱/۵
۷	۲۷/۱	۰/۱۹۳	۴۳/۱	۷۲/۰
۸	۷/۶۰	۰/۱۸۳	۲۴/۸	۱۹/۸
۹	۵/۹۰	۰/۱۹۳	۲۷/۶	۲۶/۴
۱۰	۱۴/۸	۰/۱۹۳	۲۳/۸	۲۷/۹
۱۱	۱۶/۷	۰/۱۹۰	۴۱/۸	۳۴/۰
۱۲	۱۰/۱	۰/۱۹۷	۴۸/۶	۳۲/۰
میانگین	۱۲/۷	۰/۱۹۱	۳۵/۰	۳۱/۹
انحراف معیار	۶/۳۴	۰/۰۰۷	۸/۶۷	۱۵/۱
ضریب تغییرات (درصد)	۴۹/۹	۳/۶۶	۲۴/۸	۴۷/۳

* داده‌ها مربوط به میانگین سه تکرار است.

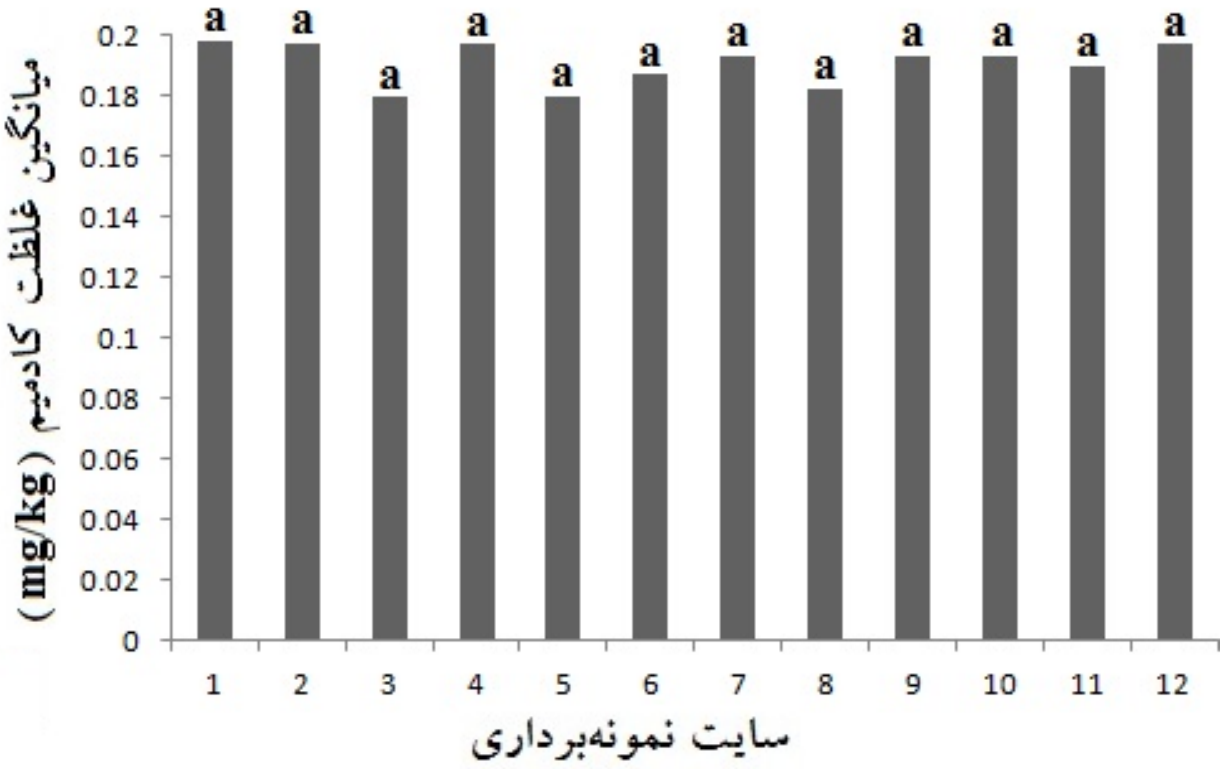
[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-11-03]

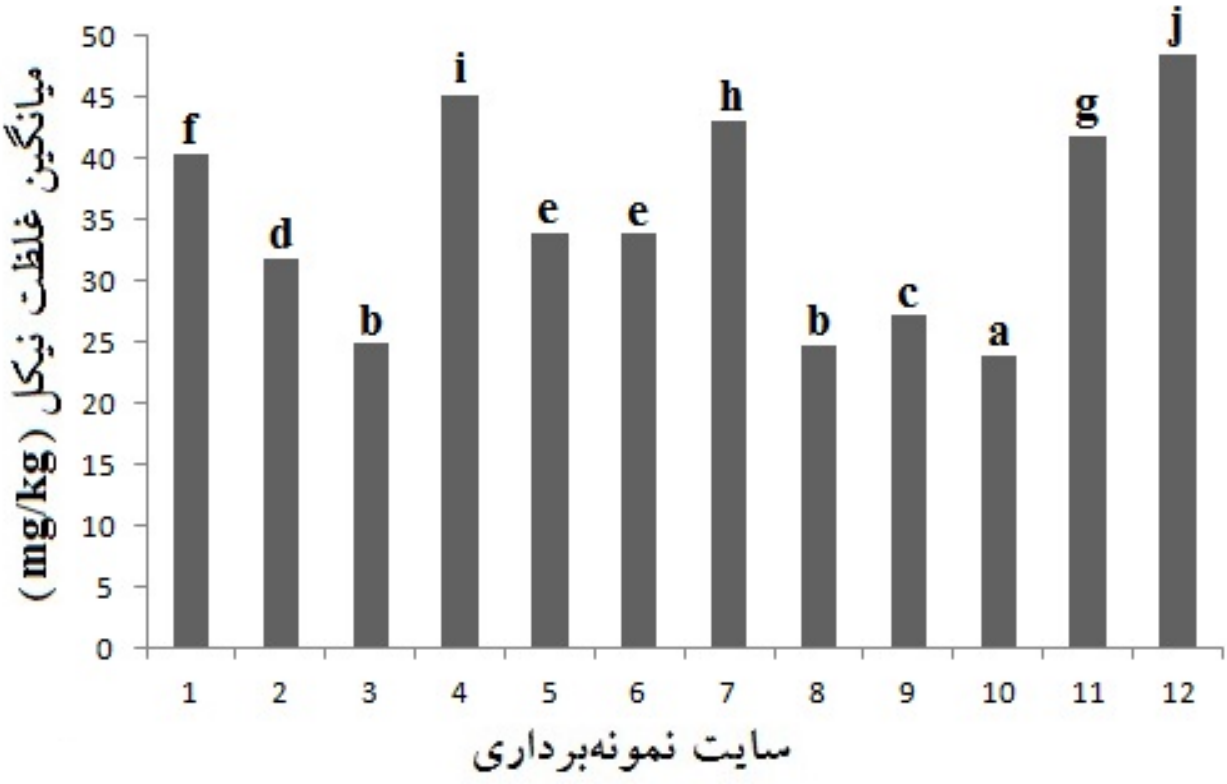
نتایج مندرج در جدول ۱ بیانگر آن است که مقادیر عنصر آرسنیک از ۵/۰۰ تا ۲۷/۱ mg/kg با میانگین ۱۲/۷ mg/kg، مقادیر عنصر کادمیم از ۰/۱۸۰ تا ۰/۲۰۰ mg/kg با میانگین ۰/۱۹۱ mg/kg، مقادیر عنصر نیکل از ۲۳/۸ تا ۴۸/۶ mg/kg با میانگین ۳۵/۰ mg/kg و مقادیر عنصر وانادیوم از ۱۷/۴ تا ۷۲/۰ mg/kg با میانگین ۳۱/۹ mg/kg متغیر بود. نتایج محاسبه ضریب تغییرات عناصر در نمونه‌های رسوب نیز نشان داد که کمینه مقادیر ضریب با ۳/۶۶ درصد مربوط به عنصر کادمیم بوده و مقادیر این پارامتر توصیفی برای عناصر آرسنیک، نیکل و وانادیوم نیز به‌ترتیب برابر با ۴۹/۹، ۲۴/۸ و ۴۷/۳ درصد بوده است. نتایج آزمون شاپیرو-ویلک (جدول ۱) نشان داد که با توجه به سطح معنی‌داری (p) بزرگ‌تر از ۰/۰۵۰، داده‌های مربوط به محتوی همه عناصر در نمونه‌های رسوب از توزیع نرمال برخوردار هستند. نتایج آزمون تحلیل واریانس یک‌طرفه عناصر آرسنیک، کادمیم، نیکل و وانادیوم در نمودار ۱ آورده شده است. نتایج مربوط به عنصر آرسنیک نشان داد که سایت‌های ۳ و ۵ از حیث میانگین غلظت این عنصر در نمونه‌های رسوب اختلاف معنی‌دار آماری با هم نداشته‌اند ($p > ۰/۰۵۰$)، در صورتی که، سایر سایت‌های نمونه‌برداری از این حیث اختلاف معنی‌دار آماری با هم داشتند ($p < ۰/۰۵۰$). و یا این‌که، هیچ‌کدام از سایت‌های نمونه‌برداری از حیث میانگین غلظت عنصر کادمیم در نمونه‌های رسوب اختلاف معنی‌دار آماری با هم نداشته‌اند ($p > ۰/۰۵۰$) که این تفاسیر را می‌توان برای سایر عناصر مورد مطالعه نیز ملحوظ داشت.



نمودار ۱- گروه‌بندی آماری سایت‌های نمونه‌برداری از حیث میانگین غلظت عناصر مورد مطالعه

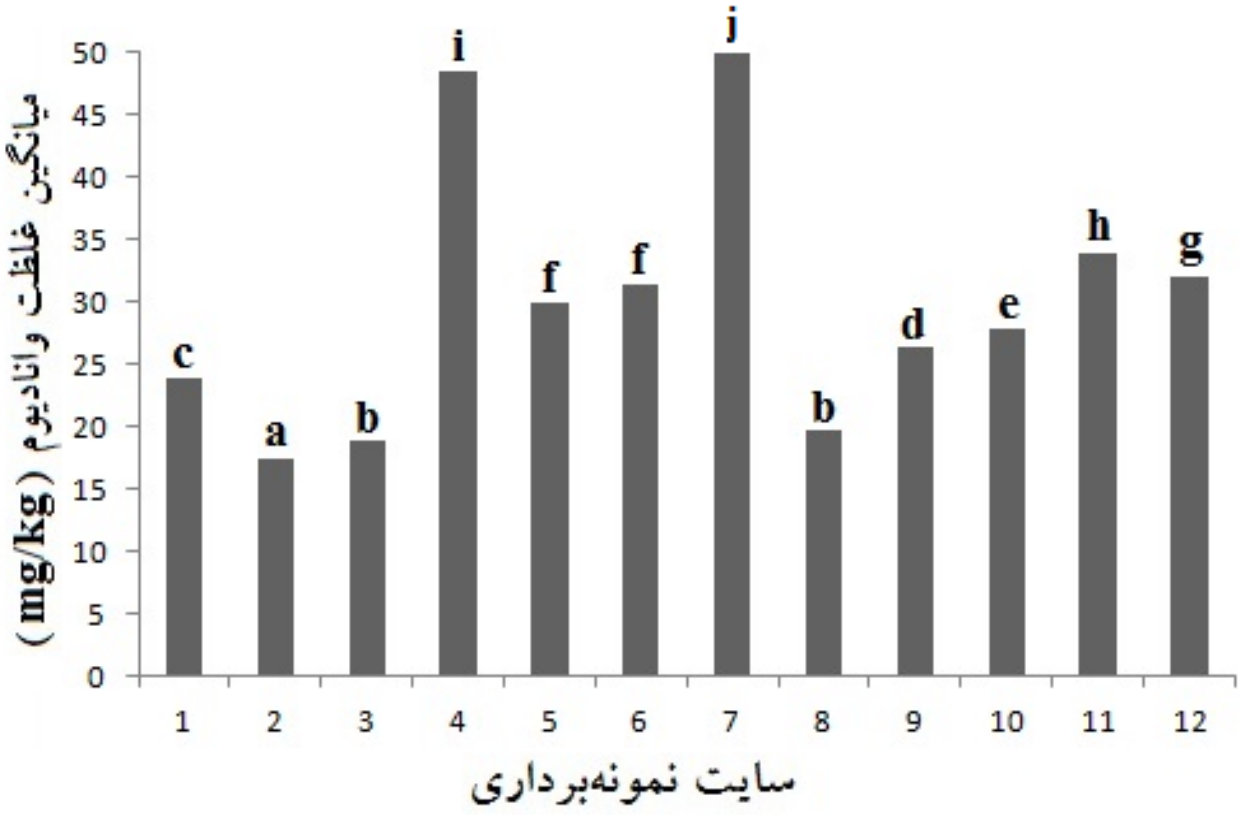
[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-11-03]





ادامه نمودار ۱- گروه‌بندی آماری سایت‌های نمونه‌برداری از حیث میانگین غلظت عناصر مورد مطالعه

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-11-03]



ادامه نمودار ۱- گروه‌بندی آماری سایت‌های نمونه‌برداری از حیث میانگین غلظت عناصر مورد مطالعه

حروف غیر مشترک (a، b، c و ...) در نمودار ۱، بیانگر اختلاف معنی‌دار آماری ($p < ۰/۰۵$) بین سایت‌های مختلف نمونه‌برداری از حیث میانگین مقادیر عناصر براساس نتایج آزمون تحلیل واریانس یک‌طرفه (آزمون تعقیبی دانکن) است. نتایج محاسبه شاخص خطرپذیری بالقوه بوم‌شناختی عناصر مورد مطالعه در نمونه‌های رسوب در جدول ۲ آورده شده است. نتایج مندرج در جدول ۲ بیانگر آن است که میانگین مقادیر شاخص خطرپذیری بالقوه بوم‌شناختی برای عناصر آرسنیک، کادمیم، نیکل و وانادیوم به‌ترتیب برابر با ۲۴/۲، ۲۴/۹، ۳/۸۳ و ۰/۵۳۲ است. از طرفی، میانگین مقدار شاخص RI برابر با ۵۳/۷ حاصل شد.

بحث

نتایج این پژوهش که با هدف ارزیابی ریسک بالقوه بوم‌شناختی عناصر آرسنیک، کادمیم، نیکل و وانادیوم در ۳۶ نمونه رسوب سطحی برداشت شده از نواحی ساحلی خزرآباد ساری در سال ۱۳۹۸ انجام یافت، نشان داد که کمینه میانگین مقادیر عناصر آرسنیک، کادمیم، نیکل و وانادیوم به‌ترتیب برابر با ۵/۰۰، ۰/۱۸۰، ۲۳/۸ و ۱۷/۴ mg/kg و به سایت‌های دور از ساحل و بیشینه میانگین مقادیر این عناصر نیز با ۲۷/۱، ۰/۲۰۰، ۴۸/۶ و ۴۸/۶ mg/kg به سایت‌های دور از ساحل مربوط بود. از این‌رو، با افزایش فاصله از ساحل، از نرخ آلودگی رسوب کاسته شده است که این موضوع را می‌توان با مجاورت سایت‌های ساحلی به نواحی تجمع جمعیت و به‌تبع آن تخلیه پساب شهری و صنعتی، فاضلاب بهداشتی و همچنین زه‌آب زمین‌های کشاورزی و یا باغات کشت مرکبات و کیوی از طریق جریانات رودخانه‌ای به دریا از مسیر این ایستگاه‌ها مرتبط دانست. در پژوهش‌های مشابه، de Mora و همکاران (۲۰۰۴) (۵۴) و به‌علاوه، Ganjali و همکار

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-11-03]

جدول ۲- مقادیر شاخص‌های ریسک بالقوه بوم‌شناختی و ریسک بالقوه بوم‌شناختی تجمعی عناصر در نمونه‌های رسوب

سایت	E_r^i				RI	درجه ریسک بوم‌شناختی
	آرسنیک	کادمیم	نیکل	وانادیوم		
۱	۳۰/۰	۲۶/۱	٤/٤۱	۰/۳۹۸	٦۰/۹	کم
۲	۹/٦۲	۲۵/۷	۳/٤۸	۰/۲۹۰	۳۹/۱	کم
۳	۱۸/۳	۲۳/۵	۲/۷٤	۰/۳۲۲	٤٤/۸	کم
٤	۳۷/۳	۲٦/۱	٤/۸۰	۰/۸۱۰	٦۹/۱	کم
۵	۱۸/۱	۲۳/۵	۳/۷۰	۰/٤۹۸	٤۵/۸	کم
٦	۲۱/۷	۲٤/٤	۳/۷۱	۰/۵۲۵	۵۰/٤	کم
۷	۵۲/۱	۲۵/۲	٤/۷۲	۱/۲۰	۸۳/۲	کم
۸	۱٤/٦	۲۳/۹	۲/۷۱	۰/۳۳۰	٤۱/۵	کم
۹	۱۱/۳	۲۵/۲	۳/۰۲	۰/٤٤۰	٤۰/۰	کم
۱۰	۲۸/۵	۲۵/۲	۲/٦۰	۰/٤٦۵	۵٦/۷	کم
۱۱	۳۲/۱	۲٤/۸	٤/۵۷	۰/۵٦۷	٦۲/۰	کم
۱۲	۱۹/٤	۲۵/۷	۵/۳۲	۰/۵۳۳	۵۱/۰	کم
میانگین	۲٤/٤	۲٤/۹	۳/۸۳	۰/۵۳۲	۵۳/۷	کم

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-11-03]

(۲۰۱۶) (۵۵) نیز آلودگی بیشتر نمونه‌های رسوب سایت‌های واقع در نوار ساحلی خلیج عمان به فلزات سنگین در مقایسه با رسوب ایستگاه‌های دور از ساحل و همچنین آلودگی بیشتر نمونه‌های رسوب سطحی سایت‌های مجاور مناطق توسعه یافته شهری و صنعتی تالاب بین‌المللی انزلی در مقایسه با سایر سایت‌های منطقه مورد مطالعه به کادمیم را گزارش کرده‌اند. مقایسه یافته‌ها با دستاورد سایر پژوهش‌های مشابه انجام یافته در ایران و سایر کشورها در جدول ۳ نشان داده شده است.

جدول ۳- مقایسه میانگین محتوی گزارش شده عناصر کمیاب در نمونه‌های رسوب با یافته‌های پژوهش حاضر

استان/ منطقه	عنصر (mg/kg)				منبع
	آرسنیک	کادمیم	نیکل	وانادیوم	
مازندران/ خزرآباد	۱۲/۷	۰/۱۹۱	۳۵/۰	۳۱/۹	مطالعه حاضر
گیلان/ رودخانه شفارود	–	–	۵۰/۸	–	(۵۶)
مرکزی/ تالاب میقان	–	۰/۲۷۰	–	–	(۵۷)
خوزستان/ خورموسی	–	۰/۱۰۰	۳۹/۷	–	(۵۸)
مازندران/ سیاه‌رود	۰/۰۱۳	–	۰/۰۱۳	–	(۳۵)
مازندران/ نکا	–	۱/۰۷	۴۵/۷	–	(۵۹)
مازندران/ رودخانه هراز	۳۳/۶	۳/۴۵	۴۳/۶	–	(۶۰)
گلستان/ خلیج گرگان	–	۱/۲۲	–	–	(۶۱)
کهگیلویه و بویراحمد/ سد کوثر	–	۵/۶۷	۷۴/۰	–	(۶۲)
هرمزگان/ قشم	–	۱/۰۱	–	–	(۶۳)
هرمزگان/ ذخیره‌گاه زیست‌کره حرا	–	۳/۵۴	۷۹/۹	–	(۶۴)
خوزستان/ خورموسی	۵/۰۵	۰/۰۶۲	۹۴/۵	۱۰/۹	(۶۵)
مرکزی/ تالاب میقان	–	–	۳۱/۵	–	(۶۶)
خوزستان/ تالاب بامدژ	۲/۸۹	۹/۶۷	۴۷/۰	–	(۶۷)
همدان/ تالاب آق گل	–	–	۳۴/۲	–	(۴۵)
همدان/ تالاب آق گل	–	۰/۲۵۰	–	–	(۱۳)
همدان/ رودخانه دره مرادبیگ		۰/۳۳۰	۴۲/۹		(۶۸)
فارس/ رودخانه کر	۳/۱۱–۱۰/۱	۰/۳۱۰	۴۰/۱۵۳–۰	–	(۳۷)
سیستان و بلوچستان/مکران	۶/۲۰	۲/۲۹	۵۸/۰	۴۵/۵	(۳۹)
گلستان/تالاب گمیشان	۰/۶۵۵	۰/۱۴۹	۰/۱۴۹	–	(۴۰)

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-11-03]

هرچند که، نتایج آزمون تحلیل واریانس یک‌طرفه نشان داد به‌جز در مورد میانگین مقادیر عنصر کادمیم که بین سایت‌های نمونه‌برداری اختلاف معنی‌دار آماری وجود نداشت، بیشتر سایت‌ها از حیث میانگین مقادیر عناصر آرسنیک، نیکل و وانادیوم بـا هـم اخـتـلاف معـنی‌دار آمـاری داشـتند. Mohammadi Galengash و همکاران (۲۰۱۸) نیز در مطالعه خود اختلاف معنی‌دار آماری بین سایت‌های نمونه‌برداری از حیث میانگین غلظت فلزات نیکل و وانادیوم در رسوبات ساحلی دریاچه خزر را گزارش کردند (۶۹).

نتایج محاسبه ضریب تغییرات عناصر در نمونه‌های رسوب نیز نشان داد که بیشینه مقادیر این پارامتر توصیفی با ۴۹/۹ و ۴۷/۳ درصد به‌ترتیب مربوط به عناصر آرسنیک و وانادیوم بود. از این‌رو، می‌توان اذعان داشت که احتمالا به‌جز مقادیر کادمیم که با ۳/۶۶ درصد از کمترین نرخ تغییرات در نمونه‌های رسوب برخوردار بود و این موضوع احتمالا می‌تواند بیانگر نشات گرفتن این عنصر از منابع طبیعی باشد، محتوی سایر عناصر در نمونه‌های رسوب می‌تواند تحت تاثیر عوامل خارجی (Extrinsic Factors) یعنی فعالیت‌های انسانی (Anthropogenic Sources) بوده باشد.

نتایج محاسبه شاخص خطرپذیری بالقوه بوم‌شناختی (Potential Ecological Risk Index) عناصر مورد ارزیابی در نمونه‌های رسوب نشان داد که میانگین مقادیر شاخص خطرپذیری بالقوه بوم‌شناختی عناصر مورد مطالعه از ترتیب نزولی کادمیم > آرسنیک > نیکل > وانادیوم تبعیت کرده و بیشینه مقادیر شاخص با ۲۴/۹ و ۲۴/۴ به‌ترتیب مربوط به عناصر کادمیم و آرسنیک بوده است که بیشترین سهم را در ایجاد ریسک بوم‌شناختی ایفا کرده‌اند (جدول ۲). از طرفی، از آنجا که میانگین مقادیر شاخص E_r^i برای عناصر مورد ارزیابی کوچک‌تر از ۴۰ بود، می‌توان اذعان داشت که ریسک بوم‌شناختی همه عناصر در نمونه‌های رسوب برداشت شده از ساحل خزرآباد ساری "کم" بوده است. علاوه بر این، مقادیر محاسبه شده شاخص RI در همه سایت‌های نمونه‌برداری کوچک‌تر از ۱۵۰ حاصل شد و با توجه به این‌که میانگین مقدار این شاخص برابر با ۵۳/۷ بود، لذا، شاخص خطرپذیری بالقوه بوم‌شناختی تجمعی عناصر در نمونه‌های رسوب در دسته "ریسک بوم‌شناختی کم" قرار داشت. از این‌رو، توجه به مدیریت و کنترل منابع احتمالی انتشار عناصر کادمیم و آرسنیک در منطقه مورد مطالعه از جمله انتشار کادمیم ناشی از احتراق سوخت‌های فسیلی و یا استهلاک لنت ترمز حاصل از تردد وسایل نقلیه موتوری، کاربرد سموم و کودهای شیمیایی به‌ویژه کودهای فسفاته، باقیمانده آفت‌کش‌ها یا علف‌کـش‌های حـاوی آرسنیـک (Herbicides/ Arsenical Pesticides) مانند آرسنیت سرب و کلسیم، تخلیه باقیمانده ترکیبات دارویی حاوی آرسنیک مانند تری اکسید آرسنیک و یا تخلیه باقیمانده ترکیبات حفاظت از چوب در ایستگاه‌های مجاور نوار ساحلی باید بیش از پیش مدتوجه قرار گیرد. Bagheri و همکار (۲۰۱۵) نیز با مطالعه پراکنش فلزات سنگین در رسوبات سطحی سواحل سیسنگان در جنوب دریاچه خزر، منشاء آرسنیک موجود در نمونه‌ها را با فعالیت‌های کشاورزی و به‌خصوص استفاده از کودها و قارچ‌کش‌ها در مزارع برنج مرتبط دانستند (۷۰). Malvandi و همکار (۲۰۱۹) میانگین مقادیر شاخص E_r^i عناصر آرسنیک و نیکل در رسوبات سیاه‌رود مازندران را کوچک‌تر از ۴۰ و فاقد ریسک بوم‌شناختی گزارش کردند. از طرفی، مقادیر شاخص RI همه سایت‌های نمونه‌برداری نیز کوچک‌تر از ۱۵۰ و واجد درجه آلودگی "کم" گزارش شد (۳۵). نتایج ارزیابی رسوبات رودخانه کر در استان فارس نشان داد که با توجه به مقادیر شاخص RI، در ۴۰ درصد از سایت‌های نمونه‌برداری خطرپذیری بالقوه بوم‌شناختی عناصر مورد مطالعه از جمله نیکل، "قابل توجه" تا "زیاد" بوده است (۳۷). Kalani و همکاران (۲۰۲۱) مقادیر شاخص RI عناصر آرسنیک، کادمیم و نیکل در همه سایت‌های نمونه‌برداری از رسوب تالاب بین‌المللی گمیشان را کوچک‌تر از ۱۵۰ گزارش کردند. همچنین، میانگین مقادیر شاخص E_r^i نشان داد به‌جز در مورد عنصر کادمیم که واجد "ریسک بوم‌شناختی متوسط" بود، برای عناصر کادمیم و نیکل کوچک‌تر از ۴۰ و فاقد ریسک بوم‌شناختی بودند (۴۰). Agah (۲۰۲۱) گزارش کردند که هرچند میانگین مقادیر شاخص E_r^i کادمیم در رسوبات خلیج چابهار بیانگر "ریسک بوم‌شناختی زیاد" بود، ولی میانگین مقادیر این شاخص برای عناصر آرسنیک، نیکل و وانادیوم

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-11-03]

نشان‌دهنده "ریسک بوم‌شناختی اندک" بود (۳۹).

نتیجه‌گیری

این پژوهش با هدف ارزیابی ریسک بالقوه بوم‌شناختی عناصر آرسنیک، کادمیم، نیکل و وانادیوم رسوبات سطحی ساحل خزرآباد ساری در سال ۱۳۹۸ انجام یافت. مقادیر شاخص‌های خطرپذیری بالقوه بوم‌شناختی و از طرفی خطرپذیری بالقوه بوم‌شناختی تجمعی عناصر بر "ریسک بوم‌شناختی کم" دلالت داشت. به‌علاوه، نتایج نشان داد که میانگین مقادیر شاخص E_r^i عناصر مورد مطالعه از ترتیب نزولی کادمیم (۲۴/۹) > آرسنیک (۲۴/۴) > نیکل (۳/۸۳) > وانادیوم (۰/۵۳۲) تبعیت کرده است. هرچند میانگین مقادیر شاخص RI نشان داد که با توجه به مقادیر عناصر در رسوبات، در حال حاضر منطقه مورد مطالعه با ریسک بوم‌شناختی مواجه نیست، ولی از آنجا که عناصر کادمیم و آرسنیک به‌ترتیب با ۴۶/۴ و ۴۵/۴ درصد بیشترین سهم را در ایجاد ریسک بوم‌شناختی داشتند، از این‌رو، نسبت به شناسایی و مدیریت منابع تخلیه انواع آلاینده‌های آلی و معدنی و همچنین پایش دوره‌ای نمونه‌های آب و رسوب که به‌عنوان منبع ذخیره (Sink) آلاینده‌ها و به‌تبع آن ایجاد مخاطرات محیطی برخوردارند توصیه می‌شود.

تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل مستخرج از رساله دکتری تخصصی با عنوان "امکان‌سنجی غنی‌سازی و بی‌تحرک‌سازی عناصر آرسنیک، کادمیوم، نیکل و وانادیوم در رسوبات ساحل فرح‌آباد دریاچه خزر با استفاده از هیدروکسی آپاتیت و شلتوک برنج" مصوب دانشگاه آزاد اسلامی واحد همدان در سال ۱۳۹۸ و با کد ۱۷۱۴۸۰۰۶۲۶۵۶۲۲۸۱۳۹۸۱۶۲۲۹۵۷۲۸ است.

ملاحظات اخلاقی

نویسندگان کلیه نکات اخلاقی شامل عدم سرقت ادبی، انتشار دوگانه، تحریف داده‌ها و داده‌سازی را در این مقاله رعایت کرده‌اند.

References

1. Hazratzadeh S, Sobhanardakani S. Assessment of Zn, Pb, Cd, and Cu contamination in surface soils of urban Parks in city of Hamedan. Iranian Journal of Soil Research. 2018;32(3):399-413 (in Persian).

2. Rezaei Raja O, Sobhanardakani S, Cheraghi M. Health risk assessment of citrus contaminated with heavy metals in Hamedan city, potential risk of Al and Cu. Environmental Health Engineering and Management Journal. 2016;3(3):131-35.

3. Sobhanardakani S. Ecological and human health risk assessment of heavy metal content of atmospheric dry deposition, a case study: Kermanshah, Iran. Biological Trace Element Research. 2019;187(2):602-10.

4. Sabet Aghlidi P, Cheraghi M, Lorestani B, Sobhanardakani S, Merrikhpour H. Analysis, spatial distribution and ecological risk assessment of arsenic and some heavy metals of agricultural soils, case study: South of Iran. Journal of Environmental Health Science and Engineering. 2020;18(2):665-76.

5. Mohebian M, Sobhanardakani S, Taghavi L, Ghoddousi J. Analysis and potential ecological risk assessment of heavy metals in the surface soils collected from various land uses around Shazand Oil Refinery Complex, Arak, Iran. Arabian Journal of Geosciences. 2021;14(19):1-16.

6. Tasleem Jan A, Azam M, Siddiqui K, Ali A, Choi I, Haq QMR. Heavy metals and human health: Mechanistic insight into toxicity and counter defense system of antioxidants. International Journal of Molecular Sciences.

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-11-03]

2015;16(12):29592-630.

7. Sobhanardakani S. Health risk assessment of inorganic arsenic through groundwater drinking pathway in some agricultural districts of Hamedan, west of Iran. Avicenna Journal of Environmental Health Engineering. 2018;5(2):73-77.

8. Sobhan Ardakani S, Maanijou M, Asadi H. Investigation of Pb, Cd, Cu and Mg concentrations in groundwater resources of Razan Plain. Avicenna Journal of Clinical Medicine. 2015;21(4):319-29.

9. Qu M, Li W, Zhang C. Assessing the risk costs in delineating soil nickel contamination using sequential Gaussian simulation and transfer functions. Ecological Informatics. 2013;13:99-105.

10. Mohammadi MJ, Yari AR, Saghazadeh M, Sobhanardakani S, Geravandi S, Afkar A, et al. A health risk assessment of heavy metals in people consuming Sohan in Qom, Iran. Toxin Reviews. 2018;37(4):278-86.

11. Habibi H, Sobhanardakani S, Cheraghi M, Lorestani B, Kiani Sadr M. Potential ecological risk assessment of arsenic and some heavy metals in street dusts collected from industrial, commercial and residential areas of city of Hamedan in 2019 using the ecotoxicological criteria. Journal of Environmental Health Enginering. 2021;8(2):1-13 (in Persian).

12. Talebzadeh F, Sobhanardakani S, Tayebi L. Feasibility study of use of Rana ridibunda toe bone as a bioindicator for monitoring of heavy metals (Pb, Cd, Ni and V) pollution in Qarasoo River water. Journal of Animal Environment. 2017;8(4):117-24 (in Persian).

13. Sobhanardakani S, Ghoochian M. Analysis of heavy metals in surface sediments from Agh Gel Wetland, Iran. 2016; Iranian Journal of Toxicology. 2016;34:41-46.

14. Mohammadi-Roozbahani M, Sobhanardakani S, Mashalpoor Fard R. Analysis of Al, Zn and Pb content in sediments and correlation with metals accumulation in benthic communities (Case study: Macrobenthos communities of Khor Musa). Journal of Wetland Ecobiology. 2017;9(1):17-28 (in Persian).

15. Hakanson L. An ecological risk index for aquatic pollution control. A sedimentological approach. Water Research. 1980;14(8):975-1001.

16. Mohammad Moradi B, Sobhanardakani S, Cheraghi M. Ecological risk of heavy metals in surface soils of urban parks. Iranian Journal of Health and Environment. 2018;10(4):429-42 (in Persian).

17. Katip A, Karaer F, Başkaya HS, Ileri S, Sarmaşik S. Fraction distribution and risk assessment of heavy metals and trace elements in sediments of Lake Uluabat. Environmental Monitoring and Assessment. 2012;184(9):5399-413.

18. Qian Y, Zheng M, Gao L, Zhang B, Liu W, Jiao W, et al. Heavy metal contamination and its environmental risk assessment in surface sediments from Lake Dongting, People's Republic of China. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology. 2005;75(1):204-10.

19. Hou D, He J, Lü C, Ren L, Fan Q, Wang J, et al. Distribution characteristics and potential ecological risk assessment of heavy metals (Cu, Pb, Zn, Cd) in water and sediments from Lake Dalinouer, China. Ecotoxicology and Environmental Safety. 2013;93:135-44.

20. Lin C, He M, Liu X, Guo W, Liu S. Contamination and ecological risk assessment of toxic trace elements in the Xi River, an urban river of Shenyang city, China. Environmental Monitoring and Assessment. 2013;185(5):4321-32.

21. Pan J, Pan J-F, Wang M. Trace elements distribution and ecological risk assessment

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-11-03]

of seawater and sediments from Dingzi Bay, Shandong Peninsula, North China. Marine Pollution Bulletin. 2014;89(1-2):427-34.

22. Kükrer S, Şeker S, Abacı ZT, Kutlu B. Ecological risk assessment of heavy metals in surface sediments of northern littoral zone of Lake Çıldır, Ardahan, Turkey. Environmental Monitoring and Assessment. 2014;186(6):3847-57.

23. El Zrelli R, Courjault-Radé P, Rabaoui L, Castet S, Michel S, Bejaoui N. Heavy metal contamination and ecological risk assessment in the surface sediments of the coastal area surrounding the industrial complex of Gabes city, Gulf of Gabes, SE Tunisia. Marine Pollution Bulletin. 2015;101(2):922-29.

24. Soliman NF, Nasr SM, Okbah MA. Potential ecological risk of heavy metals in sediments from the Mediterranean coast, Egypt. Journal of Environmental Health Science and Engineering. 2015;13(1):1-12.

25. 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. 2015;48:616-26.

26. Wang H, Wang J, Liu R, Yu W, Shen Z. Spatial variation, environmental risk and biological hazard assessment of heavy metals in surface sediments of the Yangtze River estuary. Marine Pollution Bulletin. 2015;93(1-2):250-58.

27. El Nemr A, El-Said GF, Khaled A, Ragab S. Distribution and ecological risk assessment of some heavy metals in coastal surface sediments along the Red Sea, Egypt. International Journal of Sediment Research. 2016;31(2):164-72.

28. Shyleshchandran MN, Mohan M, Ramasamy EV. Risk assessment of heavy metals in Vembanad Lake sediments (south-west coast of India), based on acid-volatile sulfide (AVS)-simultaneously extracted metal (SEM) approach. Environmental Science and Pollution Research. 2018;25(8):7333-45.

29. Abdelkader A, Abuelregal M, El-Metwally M, Hassaan M, Sanad E. Ecological risk assessment of heavy metals in Hurghada coastal sediment, Red Sea, Egypt. Pollution. 2018;4(4):759-74.

30. Damak M, Fourati R, Ellech B, Kallel M. Assessment of organic and metallic contamination in the surface sediment of Monastir Bay (Eastern Tunisia): spatial distribution, potential sources, and ecological risk assessment. Marine Pollution Bulletin. 2019;149:110500.

31. 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(1):23.

32. Haghshenas A, Hatami-manesh M, Mirzaei M, Mir Sanjari M, Hossein Khezri P. Measurement and evaluation of ecological risk of heavy metals in surface sediments of Pars Special Economic Energy Zone. Iranian South Medical Journal. 2017;20(5):448–69 (in Persian).

33. Mortazavi S, Hatami-Manesh M, Joudaki F. Evaluation of toxicity and ecological risk assessment of heavy metals in surface sediments of Sezar river, Lorestan province. Iranian Journal of Health and Environment. 2019;11(4):487-504 (in Persian).

34. Karimian Torghabeh A, Mahmudy Gharaie MH, Jahandari A. Mineralogical and ecological assessment of heavy metals in the surface sediment of Maharlou Lake, Shiraz, Iran. Iranian Journal of Crystallography and Mineralogy. 2019;27(4):795-808 (in Persian).

35. Malvandi H, Hassanzadeh N. Potential ecological risk assessment of heavy metal contamination in surface sediment of the Siahrood River, Mazandaran province. Journal of Research

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-11-03]

in Environmental Health. 2019;5(3):217-29 (in Persian).

36. Vaezi A, Karbassi A, Fakhraee M, Valikhani Samani A, Heidari M. Assessment of sources and concentration of metal contaminants in marine sediments of Musa estuary, Persian Gulf. Journal of Environmental Studies. 2014;40(2):345-60 (in Persian).

37. Sheykhi V, Moore F. Environmental risk assessment of heavy metals pollution in aquatic ecosystem—A case study: Sediment of Kor River, Iran. Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal. 2016;22(4):899-910.

38. Mortazavi S, Hatami M. Assessment of ecological hazard of heavy metals (Cr, Zn, Cu, Pb) in surface sediments of the Bashar River, Yasouj, Iran. Archives of Hygiene Sciences. 2018;7(1):47-60.

39. Agah H. Ecological risk assessment of heavy metals in sediment, fish, and human hair from Chabahar Bay, Makoran, Iran. Marine Pollution Bulletin. 2021;169:112345.

40. Kalani N, Riazi B, Karbassi A, Moattar F. Measurement and ecological risk assessment of heavy metals accumulated in sediment and water collected from Gomishan international wetland, Iran. Water Science and Technology. 2021;84(6):1498-508.

41. Jafari N. Review of pollution sources and controls in Caspian Sea region. Journal of Ecology and the Natural Environment. 2010;2(2):25-29.

42. Nejat S, Hermidas Bavand D, Farshchi P. Environmental challenges in the Caspian Sea and international responsibility of its littoral states. Caspian Journal of Environmental Sciences. 2018;16(2):97-110.

43. Sharifi Kiasari F, Talaeian M, Nasrollahzadeh Saravi H. Study on the presence of microplastics in the surface sediments of the Caspian coast (A case study of Farahabad coast in Sari). Journal of Environmental Science Studies. 2020;5(2):2644-50 (in Persian).

44. Bagheri H. Sedimentology and mineralogical characteristics of the coastal sediments in the southern part of the Caspian Sea (Iran). Journal of Marine Science and Technology Rrsearch. 2017;11(4):43-60 (in Persian).

45. Sobhan Ardakani S, Taghavi L. Nickel, lead and zinc contamination in the surface sediments of Agh Gel wetland, Iran. Archives of Hygiene Sciences. 2016;5(3):172-78.

46. Al-Naimi HA, Al-Ghouti MA, Al-Shaikh I, Al-Yafe M, Al-Meer S. Metal distribution in marine sediment along the Doha Bay, Qatar. Environmental Monitoring and Assessment. 2015;187(3):1-14.

47. Nematollahi MJ, Moore F, Keshavarzi B, Hamzeh MA. Surficial and vertical distribution of heavy metals in marine and intertidal sediments in the Iranian sector of Gowatr bay. Journal of Marine Science and Technology. 2014;13(2):31-40 (in Persian).

48. Bazzi A. Determining the level of heavy metal pollution in surface sediments of the Gulf of Chabahar. Iranian Journal of Health and Environment. 2015;8(1):45-56 (in Persian).

49. Xu D, Wang Y, Zhang R, Guo J, Zhang W, Yu K. Distribution, speciation, environmental risk, and source identification of heavy metals in surface sediments from the karst aquatic environment of the Lijiang River, Southwest China. Environmental Science and Pollution Research. 2016;23(9):9122-33.

50. Hosseini N, Sobhanardakani S. Evaluation of the impact of traffic volume on pollution and potential ecological risk of Zn, Pb, and Ni in suburban roadside soils in Hamedan, Iran. Iranian Journal of Soil Research. 2021;35(2):119-35 (in Persian).

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-11-03]

51. Azimzadeh B, Khademi H. Estimation of background concentration of selected heavy metals for pollution assessment of surface soils of Mazandaran province, Iran. Journal of Water and Soil. 2013;27(3):548-59 (in Persian).

52. Mazloomi S, Esmaeili Sari A, Bahramifar N, Moeinaddini M. Assessment of the metals and metalloids level in street dust of the east and west of Tehran. Iranian Journal of Health and Environment. 2017;10(2):281-92 (in Persian).

53. Amouei A, Cherati A, Naghipour D. Heavy metals contamination and risk assessment of surface soils of Babol in northern Iran. Health Scope. 2018;7(1):e62423.

54. de Mora S, Fowler SW, Wyse E, Azemard S. Distribution of heavy metals in marine bivalves, fish and coastal sediments in the Gulf and Gulf of Oman. Marine Pollution Bulletin. 2004;49(5-6):410-24.

55. Ganjali S, Ghasemi A. Heavy metal contamination in the sediments of Anzali international wetland, northern Iran based on type regional development. Iranian Journal of Toxicology. 2016;10(5):1-6.

56. Karbasi A, Bayati I, Nabi Bidhendi GR. Investigation on the heavy metal pollution intensity in Shefa-Rud river bed sediments. Journal of Environmental Studies. 2006;32(39):41-48 (in Persian).

57. Sobhanardakani S, Jamshidi K, Niazi A. Investigation of Fe, Pb, Cd and Cu concentrations in sediments of Mighan Wetland using geo-accumulation index. Journal of Wetland Ecobiology. 2014;6(2):67-77 (in Persian).

58. Sobhanardakani S, Mohammadi Roozbahani M, Mashalpoor Fard R. Assessment of Cd, Cr and Ni concentrations in macrobenthos communities of Khor Musa and correlation with metals accumulation in sediments. Journal of Natural Environment. 2016;69(3):681-96 (in Persian).

59. Sohrabi T, Ismail A, Nabavi M. Distribution and normalization of some metals in surface sediments from South Caspian Sea. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology. 2010;85(5):502-508.

60. Nasrabadi T, Bidhendi GN, Karbassi A, Mehrdadi N. Evaluating the efficiency of sediment metal pollution indices in interpreting the pollution of Haraz River sediments, southern Caspian Sea basin. Environmental Monitoring and Assessment. 2010;171(1):395-410.

61. Tabari S, Saeedi Saravi SS, Bandany GA, Dehghan A, Shokrzadeh M. Heavy metals (Zn, Pb, Cd and Cr) in fish, water and sediments sampled form Southern Caspian Sea, Iran. Toxicology and Industrial Health. 2010;26(10):649-56.

62. Karbassi AR, Torabi F, Ghazban F, Ardestani M. Association of trace metals with various sedimentary phases in dam reservoirs. International Journal of Environmental Science and Technology. 2011;8(4):841-52.

63. Kazemi A, Bakhtiari AR, Kheirabadi N, Barani H, Haidari B. Distribution patterns of metals contamination in sediments based on type regional development on the intertidal coastal zones of the Persian Gulf, Iran. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology. 2012;88(1):100-103.

64. Nowrouzi M, Pourkhabbaz A. Application of geoaccumulation index and enrichment factor for assessing metal contamination in the sediments of Hara Biosphere Reserve, Iran. Chemical Speciation & Bioavailability. 2014;26(2):99-105.

65. Khademi N, Riyahi-Bakhtiari A, Sobhanardakani S, Rezaie-Atagholipour M, Burger J. Developing a bioindicator in the Northwestern Persian Gulf, Iran: trace elements in bird eggs and in coastal sediments. Archives of Environmental Contamination and Toxicology. 2015;68(2):274-82.

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-11-03]

66. Sobhanardakani S, Jamshidi K. Assessment of metals (Co, Ni, and Zn) content in the sediments of Mighan Wetland using geo-accumulation index. Iranian Journal of Toxicology. 2015;9(30):1386-90.

67. Vaezi A, Karbassi A, Valavi S, Ganjali M. Ecological risk assessment of metals contamination in the sediment of the Bamdezh wetland, Iran. International Journal of Environmental Science and Technology. 2015;12(3):951-58.

68. Sobhanardakani S, Ghoochian M, Taghavi L. Assessment of heavy metal contamination in surface sediment of the Darreh-Morad Beyg River. Iranian Journal of Health Sciences. 2016;4(3):22-34.

69. Mohammadi Galangash M, Sanati AM, Bozorgpanah Kharat Z. Investigation of total petroleum hydrocarbons (TPH) and index metals (Ni & V) on Gammarus's tissue (Pontogammarus maeoticus) and coastal sediments of the Caspian Sea; Guilan Province. Journal of Aquatic Ecology. 2018;7(4):9-19 (in Persian).

70. Bagheri H, Azimi A. The distribution of heavy metals in surface sediments of Sisangan Coasts-The Southern Coast of Caspian Sea. Journal of Oceanography. 2015;6(21):27-36.

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-11-03]

Available online: https://ijhe.tums.ac.ir

Orginal Article

Potential ecological risk assessment of arsenic, cadmium, nickel and vanadium in the surface sediments of southern of Caspian Sea (case study: Khazar Abad, Sari Township)

Arezoo Khalijian[1], Bahareh Lorestani[1,*], Soheil Sobhanardakani[1], Mehrdad Cheraghi[1], Lima Tayebi[2]

1- Department of the Environment, College of Basic Sciences, Hamedan Branch, Islamic Azad University, Hamedan, Iran
2- Department of Fisheries Science, Faculty of Natural Resources and Environment, Malayer University, Malayer, Iran

ARTICLE INFORMATION:

Received: 27 December 2021
Revised: 02 February 2022
Accepted: 05 February 2022
Published: 12 March 2022

Keywords: Inorganic pollutant, Ecological risk assessment, Sediment, Atomic emission spectroscopy, Caspian Sea

***Corresponding Author:**
lorestanib@iauh.ac.ir

ABSTRACT

Background and Objective: Soils and sediments contamination with trace and toxic elements lead to potential ecological risk and adverse effects on human health and so have been the cause of increasing concern worldwide. Therefore, this study was carried out to potential ecological risk assessment of As, Cd, Ni and V in surface sediments of Khazar Abad, southern parts of Caspian Sea in 2019.

Materials and Methods: In this descriptive cross-sectional study, a total of 36 surface sediment samples were collected from 12 sampling sites. After samples preparation, the elemental contents were determined using ICP-OES. Also, potential ecological risk factor (E_r^i) and cumulative potential ecological risk index (RI) were calculated. All statistical analyses were performed by SPSS software.

Results: Based on the results obtained, the mean contents of As, Cd, Ni and V in analyzed samples were found to be 12.7, 0.191, 35.0, and 31.9 mg/kg, respectively. The computed values of E_r^i showed that factor values were decreased in the order Cd > As > Ni > V. Additionally, the mean values of RI with 53.7 indicated that all the examined elements have the "low potential ecological risk".

Conclusion: Accordingly, although the examined elements have shown a low potential ecological risk, cadmium with 46.4% and arsenic with 45.4% mean values of RI can cause for concern. Therefore, source identification and management of organic and inorganic pollutants and also periodic monitoring of water and sediments as the sink of environmental pollution are recommended.

Please cite this article as: Khalijian A, Lorestani B, Sobhanardakani S, Cheraghi M, Tayebi L. Potential ecological risk assessment of arsenic, cadmium, nickel and vanadium in the surface sediments of southern of Caspian Sea (case study: Khazar Abad, Sari Township). Iranian Journal of Health and Environment. 2022;14(4):665-82.

Copyright © 2022 Iranian Association of Environmental Health, and Tehran University of Medical Sciences. Published by Tehran University of Medical Sciences. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). Noncommercial uses of the work are permitted, provided the original work is properly cited.

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-11-03]