



ORIGINAL RESEARCH PAPER (Marine Science)

Determination of Heavy Metals Contamination in Based on Land Accumulation and Ecological Risk Potential (Case study: Sediments of Caspian Sea Coastal Rivers)

Sahابه Taleshpour¹, Labat Taghavi^{2,*}, Hassan Saravi Nasrollahzadeh³

¹ Ph.D. Student in Environmental Science and Engineering, Faculty of Natural Resources and Environment, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

² Associate Professor of Environmental Sciences, Department of Environmental Science and Engineering, Faculty of Natural Resources and Environment, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

³ Caspian Sea Ecology Research Institute, Fisheries Science Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization

ARTICLE INFO

Code: A-10-1490-1

Article History:

Received: 22/10/2019

Revised: 06/06/2021

Accepted: 01/07/2021

Keywords:

Heavy metal
Ecological hazard potential index
Geochemical index of Mueller
Caspian Sea

*Corresponding author:

taghavi-lobat@yahoo.com

ABSTRACT

Background and Objectives: Sediments are considered the most critical storage and absorption of metals and other pollutants in aquatic ecosystems and can reflect the quality of marine systems. This study aimed to estimate the severity of sediment contamination with cadmium, lead, zinc, and copper based on ecological hazard potential (RI) and land accumulation (Igeo) indices in surface sediments of rivers on the southeast coast of the Caspian Sea.

Methods: Sampling of estuarine surface sediments and a distance of 1000 meters from the estuary of some rivers in the southeastern shores of the Caspian Sea, including Gorganrood, Gharasoo, Nekaroud, Tajan, Talar, and Babolrood, was performed to measure and determine the indicators of metal element pollution. Samples in the laboratory based on the method of sequential extraction were prepared and then analyzed by atomic absorption apparatus. The results were determined in micrograms per gram of dry matter.

Findings: The results showed that the values of I index of metallic elements in the sediments of the rivers of the southern shores of the Caspian Sea ranged from -3.41 to 1.08, and the values of the RI index ranged from 62.66 to 101.93.

Conclusion: Although the pollution of these areas with metallic elements is not dangerous at the border, the continuation of the pollution process will undoubtedly lead to many environmental risks in the long run. Therefore, applying proper management guidelines such as the appropriate disposal of urban, rural, and industrial wastewater and the use of appropriate pesticides can improve the current situation in the region, and systematic research is necessary, especially for the entry of other pollutants into the environment.

 [10.52547/joc.12.46.100](https://doi.org/10.52547/joc.12.46.100)

©2021 JOC. All rights reserved



NUMBER OF TABLES

8



NUMBER OF FIGURES

1



NUMBER OF REFERENCES

26

مقاله پژوهشی (علوم دریایی)

تعیین آلودگی فلزات سنگین مبتنی بر شاخص‌های زمین انباشت و پتانسیل خطر بوم‌شناختی (مطالعه موردی: رسوبات رودخانه‌های سواحل جنوب‌شرقی دریای خزر)

صحابه طالش پور^۱، لعبت تقوی^{۲*}، حسن نصراله زاده ساروی^۳

^۱ دانشجوی دکتری علوم و مهندسی محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی - واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران.

^۲ دانشیار علوم زیست محیطی، گروه علوم و مهندسی محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی - واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران.

^۳ پژوهشگر اکولوژی دریای خزر، مؤسسه تحقیقاتی علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی.

اطلاعات مقاله

چکیده

پیشینه و اهداف: رسوبات به عنوان مهم‌ترین ذخیره و جذب فلزات و سایر آلاینده‌ها در اکوسیستم‌های آبی محسوب می‌شوند و می‌توانند کیفیت سیستم‌های آبی را منعکس کنند. هدف از این مطالعه برآورد شدت آلودگی رسوبی به کادمیوم، سرب، روی و مس بر اساس شاخص‌های پتانسیل خطر اکولوژیکی (RI) و انباشت زمین (Igeo) در رسوبات سطحی رودخانه‌های سواحل جنوب شرقی دریای خزر بود.

روش‌ها: به منظور اندازه‌گیری و تعیین شاخص‌های آلودگی عناصر فلزی، نمونه‌برداری از رسوبات سطحی مصب و فاصله ۱۰۰۰ متری از مصب برخی از رودخانه‌های سواحل جنوب شرقی دریای خزر از جمله گرگان رود، قره‌سو، نکارود، تاجن، تالار و بابل‌رود اجرا شد. نمونه‌ها در آزمایشگاه بر اساس روش استخراج متوالی تهیه و سپس توسط دستگاه جذب اتمی آنالیز و نتایج بر حسب میکروگرم بر گرم ماده خشک تعیین شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که مقادیر شاخص Igeo عناصر فلزی در رسوبات رودخانه‌های سواحل جنوبی دریای خزر از ۳،۴۱- تا ۱،۰۸ و مقادیر شاخص RI از ۶۲،۶۶ تا ۱۰۱،۹۳ متغیر است.

نتیجه‌گیری: اگرچه آلودگی این مناطق به عناصر فلزی در مرز خطرناک نیست، اما ادامه روند آلودگی قطعاً در دراز مدت خطرات زیست محیطی زیادی را به دنبال خواهد داشت. بنابراین به‌کارگیری دستورالعمل‌های مدیریتی مناسب از جمله دفع صحیح پساب‌های شهری، روستایی و صنعتی و استفاده از سموم مناسب می‌تواند در بهبود وضعیت کنونی منطقه مؤثر باشد و تحقیقات دوره‌ای به ویژه برای ورود سایر آلاینده‌ها به منطقه ضروری است.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۷/۳۰
تاریخ بازبینی: ۱۴۰۰/۰۳/۱۶
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۴/۱۰

واژگان کلیدی:

فلز سنگین
شاخص پتانسیل خطر اکولوژیکی
شاخص ژئوشیمیایی مولر
دریای خزر

*نویسنده مسئول

✉ taghavi-lobat@yahoo.com

مقدمه

توسعه فن آوری و رشد روزافزون فعالیت‌های صنعتی از یک سو و رعایت نکردن الزامات محیط زیستی از سوی دیگر سبب شده است تا طی چند دهه اخیر مقادیر هنگفتی از آلاینده‌ها وارد محیط‌زیست شوند عناصر فلزی به دلیل سمیت، پایداری و خاصیت تجمع‌زیستی از جمله آلودگی‌های جدی و خطرناک محیط زیست می‌باشند [۱]. فلزاتی که به سیستم‌های آبی وارد می‌شوند معمولاً در ابتدا به مواد معلق در ستون آب متصل و سپس ته‌نشین شده و به رسوبات ملحق می‌شوند، بطوریکه رسوبات مخزنی برای تجمع عناصر فلزی به شمار می‌روند به‌گونه‌ای که این فلزات ممکن است از جایی که منشأ می‌گیرند در رسوبات ذخیره شوند و از این طریق به زنجیر غذایی راه یابند [2, 3].

فلزات دارای اثرات متفاوتی بر روی موجودات زنده می‌باشند به عنوان مثال: سمیت بالای کادمیوم، خسارت‌های جدی به مغز، جگر سفید، جگر سیاه، کلیه، سلول‌های قرمزخون و پلاکت‌ها می‌آورد [۴]. ترکیبات متعدد عنصر کادمیوم معدنی به سرعت در آب حل می‌شوند و کادمیوم پس از جذب بدن در فعالیت‌های متابولیسمی و آنزیمی شرکت نموده و سبب اختلال در آنها می‌گردد [۵]. آلودگی سرب باعث جلوگیری از سنتز هموگلوبین، آسیب به عملکرد کلیه‌ها، سیستم باروری، مفاصل، سیستم قلبی-عروقی، آسیب حاد و مزمن به سیستم عصبی مرکزی و سیستم عصبی جانبی می‌شود. در اطفال سمیت سرب باعث رشد ضعیف سلول‌های خاکستری مغز، و در نتیجه بهره‌مندی کم می‌شود [۶]. گرچه روی برای سلامتی یک ضرورت اساسی است، اما مصرف بیش از حد آن می‌تواند مضر باشد. عوارض جانبی حاد از مصرف زیاد روی شامل تهوع، استفراغ، از دست دادن اشتها، گرفتگی شکم، اسهال و سردرد می‌باشد [۷].

مطالعات گسترده‌ای در زمینه استفاده از رسوبات در ارزیابی میزان آلودگی بوم‌سازگان‌های آبی بخصوص رودخانه‌ها در رابطه با عناصر فلزی صورت گرفته است که در این زمینه می‌توان به کارهای پژوهشی زیر اشاره نمود [۸]. در رسوبات سطحی تالاب شادگان فلزات سنگین (سرب، مس و روی) را مورد مطالعه و ارزیابی ریسک قرار دادند و برای تعیین غلظت کل فلزات در رسوبات از روش تیزاب سلطانی و برای آنالیز غلظت فلزات در بخش‌های ژئوشیمیایی رسوب از روش استخراج پی در پی استفاده کردند، نتایج تجزیه و تحلیل بیان کرد که فلز مس در محدوده ریسک متوسط، فلز روی در محدوده ریسک پایین تا متوسط و فلز سرب بین دو محدوده ریسک متوسط و بالا قرار دارد. Mirzaei و همکاران (۲۰۱۵) [۹] به بررسی غلظت فلزات سنگین (کادمیوم، مس، منگنز، نیکل، سرب و روی) در رسوبات رودخانه زاینده رود پرداختند، نتایج حاکی از میزان بالای غلظت کادمیوم در ایستگاه پل وحید در فصل تابستان با مقدار 0.95 ± 0.0081 میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک است که از استاندارد کیفیت رسوب کانادا و نیویورک بالاتر است. شاخص مولر نیز میزان کادمیوم در پل وحید را

در وضعیت آلودگی متوسط نشان داد. Hashemi و همکاران (۲۰۱۳) [۱۰] به بررسی میزان فلزات سرب، نیکل، مس، روی، کروم و وانادیوم در رسوبات سطحی سواحل دریای خزر پرداختند که نتایج تحقیق آن‌ها برای فلزات مورد مطالعه عدم ریسک و فقط برای سرب ریسک پایین را نشان داد. افزایش جمعیت انسانی و همچنین افزایش فعالیت‌های کشاورزی و صنعتی منجر به افزایش آلاینده‌های مختلف شده است که بخش عمده‌ای از آنها وارد رودخانه‌های حوضه آبریز جنوب شرق دریای خزر می‌شود. لذا، این مطالعه با هدف تعیین میزان شاخص‌های زمین انباشت (Igeo) و پتانسیل خطر اکولوژیک (RI) فلزات کادمیوم، سرب، روی و مس در رسوبات سطحی رودخانه‌های سواحل جنوبی شرقی دریای خزر انجام شد تا با تعیین مقادیر کلی این عناصر فلزی و منشأیابی آن‌ها وضعیت آلودگی منطقه مشخص گردد و در صورت لزوم راهکارهای مناسب ارائه شوند.

روش پژوهش

۱. مواد و روش‌ها

به منظور سنجش و تعیین شاخص‌های آلودگی عناصر فلزی، نمونه برداری از رسوبات سطحی مصب و ۱۰۰۰ متر از مصب رودخانه‌های گرگان‌رود، قره‌سو، نکاءرود، تجن، تالار و بابل‌رود در سواحل جنوب شرقی دریای خزر انجام پذیرفت. انتخاب محل نمونه‌برداری براساس حضور منابع آلاینده، توزیع آن‌ها، پیوستن رودخانه‌ها به دریا، مناطق با اهمیت بندرگاهی و حمل‌ونقل، امکانات و تجهیزات موجود و سهولت و دسترسی به محل جهت انجام نمونه‌برداری صورت گرفت.

در هر ایستگاه نمونه رسوب از لایه سطحی (۵۰-۰ سانتی‌متر) در دو عمق مصب و ۱۰۰۰ متر با دستگاه (گراب ون‌وین)^۱ جمع‌آوری شدند: نمونه‌برداری با کمک پژوهشکده اکولوژی دریای خزر انجام شد و در مجموع از هر ایستگاه (گرگان‌رود، قره‌سو، نکاءرود، تجن، تالار، بابل‌رود) تعداد ۱۲ نمونه جمع‌آوری گردید. سپس نمونه‌ها در ظروف پلی‌اتیلنی جمع‌آوری و در نهایت در جعبه محتوی یخ در دمای ۴ درجه سانتیگراد با ثبت مشخصات به آزمایشگاه پژوهشکده اکولوژی دریای خزر (ساری، مازندران) انتقال داده شد و تا زمان آنالیز در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری گردید. مختصات جغرافیایی ایستگاه‌های نمونه‌برداری در شکل ۱ و جدول ۱ آورده شده است.

شد. جدول (۲) و (۳) راندمان و حد تشخیص عناصر فلزی را بر اساس (RM: 2711) را بیان می‌کند.

جدول ۲: راندمان عناصری فلزی را براساس SRM: 2711

Table 2: Efficiency of metal elements SRM: 2711

| Recovery (%) | Measured value (µg/g) | Certified value (µg/g) | Elements |
|--------------|-----------------------|------------------------|----------|
| 102.08 | 2.95 | 2.89 | Fe |
| 98.56 | 41.1 | 41.7 | Cd |
| 98.97 | 1150 | 1162 | Pb |
| 100.55 | 352.32 | 350.4 | Zn |
| 98.25 | 112 | 114 | Cu |

جدول ۳: دسته‌بندی مولر برای شاخص Igeo در رسوبات

[۱۲]

Table 3: Müller classification for Igeo index in sediments

| کیفیت رسوب براساس شاخص زمین انباشت | طبقه Igeo | Igeo |
|-------------------------------------|-----------|--------------|
| (unpolluted) | Class 0 | Igeo < 0 |
| (unpolluted to moderately polluted) | Class 1 | 0 < Igeo < 1 |
| (moderately polluted) | Class 2 | 1 < Igeo < 2 |
| (moderately to strongly polluted) | Class 3 | 2 < Igeo < 3 |
| (strongly polluted) | Class 4 | 3 < Igeo < 4 |
| (strongly to extremely polluted) | Class 5 | 4 < Igeo < 5 |
| (extremely polluted) | Class 6 | 5 < Igeo |

در مطالعه حاضر از شاخص زمین انباشت ژئوشیمیایی (Igeo) مولر و شاخص پتانسیل خطر اکولوژیک (RI) برای تخمین آلودگی رسوبات به عناصر فلزی و تعیین وضعیت میزان خطرات اکولوژیک ناشی از عناصر فلزی رسوبات استفاده شد. همچنین در تمام شاخص‌های مورد استفاده از عنصر آهن (Fe) به‌عنوان فلز یا عنصر مرجع استفاده گردید. کمترین حد تشخیص دستگاه (Shimadzu-AA-670G) برای فلزات مورد مطالعه (برحسب (mg/kg.dw) عبارت است از: Cu:0/1 - Cd:0/03 - Zn:0/1 - Pb:0/3

۳. شاخص زمین انباشت ژئوشیمیایی (Igeo)

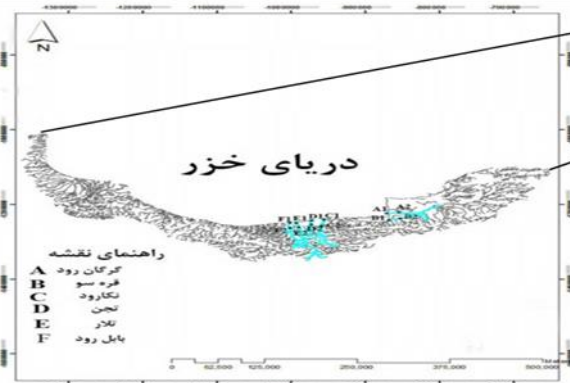
شاخص زمین انباشت توسط مولر در سال ۱۹۶۹ ارائه گردید و شاخصی است که جهت بررسی و دسته‌بندی میزان آلودگی مناطق یا رسوبات مناطق مختلف یک اکوسیستم آبی برای عناصر فلزی مورد بررسی که در یک مطالعه مورد استفاده قرار می‌گیرد [۱۳].

$$I_{geo} = \text{Log}_2 \left(\frac{C_n}{1.5 B_n} \right) \dots \dots \dots (1)$$

Igeo = شاخص زمین انباشت

1.5 = ضریب سنگ‌شناسی به‌علت واریانس فرسایشی خاک و سنگ‌ها

Cn = غلظت فلز n در نمونه رسوب مورد مطالعه (میلی‌گرم بر کیلوگرم)



شکل ۱: ایستگاه‌های نمونه‌برداری از رسوبات رودخانه سواحل جنوب‌شرقی دریای خزر

Fig. 1: Sampling stations of river sediment southeast coast of the Caspian Sea.

جدول ۱: مختصات جغرافیایی ایستگاه‌های نمونه‌برداری

Table 1: Geographical coordinates the sampling stations

| نام ایستگاه | کد ایستگاه | طول جغرافیایی | عرض جغرافیایی |
|-------------|------------|---------------|---------------|
| گرگانرود | A | ۵۳ ۵۹ ۴۳ | ۳۶ ۵۸ ۲۷ |
| قره سو | B | ۵۴ ۰۲ ۰۵ | ۳۶ ۴۹ ۴۷ |
| نکارود | C | ۵۳ ۱۳ ۰۸ | ۳۶ ۵۰ ۰۸ |
| تجن | D | ۵۳ ۰۶ ۴۹ | ۳۶ ۴۸ ۵۲ |
| تالار | E | ۵۲ ۴۴ ۴۳ | ۳۶ ۴۳ ۴۸ |
| بابلرود | F | ۵۲ ۳۹ ۱۷ | ۳۶ ۴۲ ۵۳ |

۲. آنالیز نمونه‌های رسوب

برای تعیین غلظت فلزات کادمیوم، سرب، روی و مس، مطابق با دستورالعمل تیزاب سلطانی^۱ به وسیله روش اصلاح شده استخراج پی در پی^۲ نمونه‌های رسوب در دمای محیط خشک و سپس با الک ۶۲ میکرون الک شد. سپس ۱ گرم از خاک الک شده را وزن و به داخل ظرف پلی اتیلن ریخته و مخلوطی از سه اسید نیتریک، فلوریدریک و کلریدریک به مقدار ۸، ۲ و ۴ میلی لیتر به آن اضافه نموده و روی هیتر به مدت یک ساعت در دمای ۸۰ درجه سانتیگراد و ۳ ساعت در دمای ۱۵۰ درجه سانتیگراد قرار داده شد تا عمل هضم انجام شود [۱۱]. سپس نمونه‌های هضم شده از فیلتر واتمن شماره ۴۲ عبور داده شد و در نهایت با آب مقطر یون زدایی شده به حجم ۲۵ میلی لیتر رسانده شد.

مقادیر عناصر فلزی بوسیله دستگاه جذب اتمی شعله (Shimadzu-670) و دستگاه کوره گرافیتی (Shimadzu-AA-670G) تعیین شد. جهت حصول اطمینان از عدم وجود ناخالصی در غلظت‌های نهایی گزارش شده برای فلزات مورد مطالعه، در مراحل مختلف آزمایش از نمونه‌های Blank استفاده شد. در نهایت غلظت‌های به‌دست آمده از این نمونه‌ها از غلظت‌های به‌دست آمده فلزات، در نمونه‌های رسوب کم

³ Geo-accumulation index

⁴ Potential ecological risk index (RI)

⁵ Geo-accumulation index

¹ Direct Aqua Regia

² Sequential extraction method

جنوبی دریای خزر با راهنمای کیفیت رسوبات ارائه شده NOAA^۲ مقایسه شد (جدول ۱۱).

استاندارد NOAA با شاخص‌های ERL^۳ و ERM^۴ نشان داده می‌شود و برای ارزیابی درجه آلودگی و بررسی میزان تأثیر آلاینده‌ها بر روی موجودات زنده مورد استفاده قرار می‌گیرد. به‌طور کلی این شاخص‌ها نشان می‌دهند که آیا میزان عناصر اندازه‌گیری شده در رسوبات اثرات مضر بر روی موجودات دریایی دارد یا خیر؟

اگر مقدار عنصر اندازه‌گیری شده کمتر از مقدار ERL باشد یعنی عوارض جانبی حضور فلز در رسوبات به ندرت رخ می‌دهد و اگر میزان غلظت فلز بین مقدار ERL و ERM باشد نشان دهنده این است که عوارض جانبی حضور فلز در رسوبات احتمالاً به صورت گهگاه اتفاق می‌افتد و اگر میزان غلظت فلز در رسوبات بیشتر از ERM باشد که عوارض جانبی فلز اغلب اتفاق می‌افتد.

نتایج و بحث

غلظت کل فلزات روی، مس، سرب و کادمیوم در نمونه‌های رسوب مصب و ۱۰۰۰ متر از رودخانه‌های مورد مطالعه در جدول (۵) ارائه شده است.

۱. نتایج شاخص زمین انباشت مولر (Igeo)

براساس نتایج به‌دست آمده از به‌کارگیری شاخص زمین انباشت در مطالعه حاضر و مقایسه آنها با طبقه‌بندی مولر جدول (۳) می‌توان گفت براساس عناصر روی، مس و سرب کیفیت رسوب در تمام ایستگاه‌ها در طبقه غیرآلوده قرار می‌گیرند و برای عنصر کادمیوم در تمام ایستگاه‌ها در طبقه غیرآلوده-آلودگی متوسط قرار می‌گیرد.

۲. نتایج شاخص پتانسیل خطر اکولوژیک (RI)

نتایج حاصل از ارزیابی شاخص پتانسیل خطر اکولوژیک RI در ایستگاه‌های مورد مطالعه در سواحل جنوبی دریای مازندران در جدول (۷) ارائه شده است. همانطور که نتایج نشان می‌دهد تمام ایستگاه‌های مورد مطالعه از لحاظ میزان خطر اکولوژیک برای موجودات زنده در سطح پایین می‌باشد.

۳. نتایج مقایسه میانگین غلظت عناصر فلزی در رسوبات

سطحی از رودخانه‌های مورد مطالعه با استاندارد جهانی

نتایج مقایسه غلظت عناصر روی، مس، سرب و کادمیوم در نمونه‌های رسوب سطحی سواحل جنوبی دریایی خزر که در جدول (۵) آورده شده است با استاندارد کیفیت رسوب نشان داد که در تمام ایستگاه‌های مورد مطالعه مقدار عناصر اندازه‌گیری شده کمتر از مقدار ERL می‌باشد.

Bn = غلظت پیشینه جهانی ژئوشیمیایی فلز Chabukdhara, M, et al. (2012)

غلظت زمینه‌ای ارائه شده در شیل جهانی فلزات سنگین (میلی‌گرم بر کیلوگرم)

Fe: 46700 – Pb:20 – Zn:95: Cd:0.3 – Cu:45

۴. شاخص پتانسیل خطر اکولوژیک (RI)

شاخص پتانسیل خطر اکولوژیک (RI) اولین بار توسط هاکنسون در سال ۱۹۸۰ معرفی گردید و شاخصی است که میزان خطرات اکولوژیک ناشی از عناصر فلزی رسوبات را برای موجودات زنده‌ای که بطور مستقیم و غیرمستقیم در ارتباط با رسوبات هستند را مورد بررسی قرار می‌دهد. در معیار ارزیابی ریسک، درصد غلظت هر فلز در بخش تبدیلی برای بررسی در دسترس بودن فلزات در رسوب به کار برده می‌شود و نشان می‌دهد که آیا غلظت اندازه‌گیری شده فلزات می‌توانند برای اکوسیستم آبی مورد بررسی خطرانی به دنبال داشته باشند [۱۴].

$$RI = \sum_{i=1}^n T_{ri} \times C_{fi} \quad C_{fi} = \frac{C_{si}}{C_{ni}} \quad (2)$$

RI = شاخص پتانسیل خطرات اکولوژیک

T_{ri} = فاکتور پاسخ سمی عناصر فلزی i

C_{fi} = فاکتور آلودگی عناصر فلزی i

C_{si} = غلظت اندازه‌گیری شده فلز i

C_{ni} = غلظت فلز i در پیشینه جهانی ژئوشیمیایی [۱۵]

مقادیر این شاخص در جدول (۴) آورده شده است [۱۶].

جدول ۴: طبقه‌بندی خطرات اکولوژیک یک محیط آبی براساس میزان RI عناصر فلزی [۱۷]

Table 4: Classification of ecological hazards of an aquatic environment based on RI

| مخاطره بوم شناسی | RI |
|-----------------------|---------------------|
| کم | $RI < 150$ |
| متوسط | $150 \leq RI < 300$ |
| زیاد | $300 \leq RI < 600$ |
| به طور قابل توجه بالا | $RI > 600$ |

۵. مقایسه میانگین غلظت عناصر فلزی در رسوبات سطحی از رودخانه‌های مورد مطالعه با استاندارد جهانی

در این مطالعه، برای تعیین میزان آلودگی رسوبات سطحی مصب و فاصله ۱۰۰۰ متری از مصب رودخانه‌های مورد مطالعه در سواحل

³ Effect Range-Low

⁴ Effect Range-Medium

¹ Potential ecological risk index (RI)

² the US National Oceanic and Atmospheric Administration

جدول ۵: غلظت فلزات روی، مس، سرب، کادمیوم و آهن در نمونه‌های رسوب از ایستگاه‌های مورد مطالعه

Table 5: Concentrations of zinc, copper, lead, cadmium and iron in sediment samples from the studied stations

| نام ایستگاه | کد ایستگاه | کادمیوم (Cd) mg/kg | سرب (pb) mg/kg | روی (Zn) mg/kg | مس (Cu) mg/kg | آهن (Fe) mg/kg |
|-------------------------|------------|--------------------|----------------|----------------|---------------|----------------|
| مصب گرگانرود | A1 | ۰/۷۳ | ۲۱/۵۳ | ۳۹/۸۸ | ۱۲/۵۷ | ۲۰۴۷/۷۳۶ |
| ۱۰۰۰ متر گرگانرود | A2 | ۰/۶۸ | ۲۲/۰۸ | ۵۸/۷۳ | ۲۴/۴۶ | ۲۱۲۷/۲۶۵ |
| مصب قره سو | B1 | ۰/۶۵ | ۲۳/۴۰ | ۷۸/۹۶ | ۳۱/۵۰ | ۲۱۶۲/۳۸۶ |
| ۱۰۰۰ متر قره سو | B2 | ۰/۷۳ | ۱۹/۲۲ | ۶۹/۲۵ | ۲۲/۰۴ | ۲۱۷۵/۰۳ |
| مصب نکارود | C1 | ۰/۷۰ | ۲۷/۶۹ | ۳۳/۷۵ | ۱۴/۲۲ | ۱۸۰۹/۶۱ |
| ۱۰۰۰ متر نکارود | C2 | ۰/۶۸ | ۲۸/۹۶ | ۳۵/۶۹ | ۱۶/۸۵ | ۱۸۹۷/۶۶۹ |
| مصب تجن | D1 | ۰/۹۵ | ۲۳/۸۴ | ۲۶/۰۷ | ۶/۳۴ | ۱۹۰۱/۶۷۳ |
| ۱۰۰۰ متر تجن | D2 | ۰/۶۵ | ۳۰/۲۵ | ۲۷/۴۳ | ۱۲/۱۸ | ۲۰۰۲/۷۶۸ |
| مصب تالار | E1 | ۰/۶۸ | ۲۳/۳۵ | ۵۶/۵۶ | ۳۱/۴۰ | ۲۰۸۹/۸۹۷ |
| ۱۰۰۰ متر تالار | E2 | ۰/۶۵ | ۲۲/۸۰ | ۴۰/۳۳ | ۲۰/۳۴ | ۲۰۱۲/۴۷۶ |
| مصب بابلرود | F1 | ۰/۵۸ | ۲۲/۱۰ | ۳۶/۶۳ | ۱۵/۸۲ | ۲۰۹۷/۹۵۸ |
| ۱۰۰۰ متر بابلرود | F2 | ۰/۵۵ | ۲۳/۷۷ | ۸۱/۲۰ | ۲۷/۵۹ | ۲۰۶۴/۸۶۸ |
| انحراف معیار غلظت فلزات | | ۰/۰۹ | ۳/۱۰ | ۶۴/۸۶ | ۷/۶۶ | |

جدول ۶: مقایسه مقادیر شاخص زمین انباشت براساس فلزات روی، مس، کادمیوم و سرب در رسوبات سطحی در ایستگاه‌های مورد مطالعه

Table 6: Comparison of land accumulation index values based on zinc, copper, cadmium and lead in surface sediments in the studied stations

| نام ایستگاه | کد ایستگاه | مقادیر شاخص زمین انباشت | | | |
|-------------------|------------|-------------------------|-------|---------|-------|
| | | روی | مس | کادمیوم | سرب |
| مصب گرگانرود | A1 | -۱/۸۳ | -۲/۴۲ | ۰/۶۹ | -۰/۴۷ |
| ۱۰۰۰ متر گرگانرود | A2 | -۱/۲۷ | -۱/۴۶ | ۰/۵۸ | -۰/۴۴ |
| مصب قره سو | B1 | -۰/۸۵ | -۱/۰۹ | ۰/۵۸ | -۰/۳۵ |
| ۱۰۰۰ متر قره سو | B2 | -۱/۰۴ | -۱/۶۱ | ۰/۶۹ | -۰/۶۴ |
| مصب نکارود | C1 | -۲/۰۷ | -۲/۲۴ | ۰/۶۴ | -۰/۱۱ |
| ۱۰۰۰ متر نکارود | C2 | -۱/۹۹ | -۲/۰۰ | ۰/۵۹ | -۰/۰۵ |
| مصب تجن | D1 | -۲/۴۵ | -۳/۴۱ | ۱/۰۸ | -۰/۳۳ |
| ۱۰۰۰ متر تجن | D2 | -۲/۳۷ | -۲/۴۷ | ۰/۵۳ | ۰/۰۱ |
| مصب تالار | E1 | -۱/۳۳ | -۱/۱۰ | ۰/۵۸ | -۰/۳۶ |
| ۱۰۰۰ متر تالار | E2 | -۱/۸۲ | -۱/۷۳ | ۰/۵۳ | -۰/۳۹ |
| مصب بابلرود | F1 | -۱/۵۹ | -۲/۰۹ | ۰/۳۶ | -۰/۴۴ |
| ۱۰۰۰ متر بابلرود | F2 | -۰/۸۱ | -۱/۲۹ | ۰/۲۹ | -۰/۳۳ |

جدول ۷: میزان شاخص پتانسیل خطر اکولوژیک RI در ایستگاه‌های مورد مطالعه در سواحل جنوبی دریای مازندران

Table 7: RI ecological risk potential index in the studied stations on the southern shores of the Caspian Sea

| نام ایستگاه | کد ایستگاه | میزان RI ایستگاه‌های مورد مطالعه |
|-------------------|------------|----------------------------------|
| مصب گرگانرود | A1 | ۸۰/۱۹ |
| ۱۰۰۰ متر گرگانرود | A2 | ۷۶/۸۵ |
| مصب قره سو | B1 | ۷۵/۱۸ |
| ۱۰۰۰ متر قره سو | B2 | ۸۰/۹۸ |
| مصب نکارود | C1 | ۷۸/۸۵ |
| ۱۰۰۰ متر نکارود | C2 | ۷۷/۴۸ |
| مصب تجن | D1 | ۱۰۱/۹۳ |
| ۱۰۰۰ متر تجن | D2 | ۷۴/۲۰ |
| مصب تالار | E1 | ۷۷/۹۲ |
| ۱۰۰۰ متر تالار | E2 | ۷۳/۳۸ |
| مصب بابلرود | F1 | ۶۲/۶۶ |

| ۶۴/۸۶ | | F2 | | ۱۰۰۰ متر بابل رود | |
|--|-----------|------|----------------|-------------------|------------|
| جدول ۸: مقادیر و درصد بروز اثرات براساس استاندارد کیفیت رسوب NOAA (Long و همکاران، ۱۹۹۵) | | | | | |
| Table 8: Amounts and percentage of effects based on NOAA sediment quality standard | | | | | |
| درصد بروز اثرات | | | استاندارد NOAA | | عناصر فلزی |
| >ERM | ERL - ERM | <ERL | ERM | ERL | |
| ۹۰/۲ | ۳۰/۸ | ۸/۰ | ۲۱۸ | ۴۶/۷ | سرب |
| ۶۵/۷ | ۳۶/۶ | ۶/۶ | ۹/۶ | ۱/۲ | کادمیوم |
| ۶۹/۸ | ۴۷/۰ | ۶/۱ | ۴۱۰ | ۱۵۰ | روی |
| ۸۳/۷ | ۲۹/۱ | ۹/۴ | ۲۷۰ | ۳۴ | مس |

مدت خطرات محیط زیستی زیادی را به دنبال خواهد داشت. بنابراین اعمال رهنمودهای مدیریتی صحیح از قبیل، دفع اصولی فاضلاب‌های شهری، روستایی، صنعتی و استفاده از آفت‌کش‌های مناسب می‌تواند در بهبود وضعیت فعلی منطقه مؤثر باشد و همچنین انجام تحقیقات دوره‌ای به‌خصوص برای ورود سایر آلاینده‌ها به محیط ضروری است. [۱۳، ۱۸-۲۹]

مشارکت نویسندگان

در نگارش این مقاله، کارهای نمونه‌برداری توسط تیم پژوهشکده اکولوژی دریای خزر به سرپرستی نویسنده سوم مقاله (حسن نصرالله زاده ساروی) انجام گرفت.

تمرکز نویسنده اول (صحابه طالاش پور) در بخش آزمایشگاه، سنجش و کارهای آماری بوده است. نویسنده مسئول مقاله (لعبت تقوی) در تمامی مراحل راهنمایی‌ها و مساعدت‌های لازم را بر عهده داشتند از قبیل: روش‌ها، تجهیزات، نگارش و ترجمه.

تشکر و قدردانی

بدی وسیله از زحمات و مساعدت‌های صمیمانه استاد گرامی راهنما سرکار خانم دکتر تقوی و استاد مشاور محترم جناب آقای دکتر نصرالله‌زاده تشکر و قدردانی می‌گردد. همچنین از کارکنان محترم پژوهشکده اکولوژی دریای خزر که نمونه‌برداری این تحقیق را انجام دادند، کمال تشکر و سپاسگزاری را دارم.

تعارض منافع

«هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان بیان نشده است.»

References

- MacFarlane G, Burchett M. Cellular distribution of copper, lead and zinc in the grey mangrove, *Avicennia marina* (Forsk.) Vierh. *Aquatic botany*. 2000;68(1):45-59.
- Feng D, Chen X, Tian W, Qian Q, Shen H, Liao D, et al. Pollution characteristics and ecological risk of heavy metals in ballast tank sediment. *Environ Sci Pollut Res Int*. 2017;24(4):3951-3958. doi: 10.1007/s11356-016-8113-z pmid: 27913956
- 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. *Bull Environ Contam Toxicol*. 2012;88(1):100-103. doi: 10.1007/s00128-011-0412-y pmid: 22009458
- Nyyad M, Abdullahi Z. Gracilaria red algae capacity for biosorption of cadmium: An isothermal study and response surface methodology. (Persian). *Oceanograph J*. 1397:35.
- Monferran MV, Garnero PL, Wunderlin DA, Bistoni Mde L. Potential human health risks from metals and As via *Odontesthes bonariensis* consumption and ecological risk assessments in a eutrophic lake.

- Ecotoxicol Environ Saf.* 2016;**129**:302-310. doi: [10.1016/j.ecoenv.2016.03.030](https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2016.03.030) pmid: 27060257
6. Bai J, Jia J, Zhang G, Zhao Q, Lu Q, Cui B, et al. Spatial and temporal dynamics of heavy metal pollution and source identification in sediment cores from the short-term flooding riparian wetlands in a Chinese delta. *Environ Pollut.* 2016;**219**:379-388. doi: [10.1016/j.envpol.2016.05.016](https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.05.016) pmid: 27209339
 7. Osredkar J, Sustar N. Copper and Zinc, Biological Role and Significance of Copper/Zinc Imbalance. *Rev Article Open Access Clinic Toxicol.* 2011. doi: [10.4172/2161-0495.S3-001](https://doi.org/10.4172/2161-0495.S3-001)
 8. Cheraghi Z, Mortazavi E, Eldromio AS. Risk Assessment and Evaluation of Heavy Metals (Pb, Cu and Zn) in Sediment Surface of Shadegan Wetland. (Persian). *J Environ Sci Technol.* 2018.
 9. Mirzaei M, Selgi AS. Determination of heavy metal concentrations of cadmium, copper, manganese, nickel, lead, and lead (in Zayandehrood river basins. *J Res Environ Health.* 2015.
 10. Hashemi S, J., Bakhtiari AR, 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**:36-50.
 11. Li M, Yang W, Sun T, Jin Y. Potential ecological risk of heavy metal contamination in sediments and macrobenthos in coastal wetlands induced by freshwater releases: A case study in the Yellow River Delta, China. *Mar Pollut Bull.* 2016;**103**(1-2):227-239. doi: [10.1016/j.marpolbul.2015.12.014](https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2015.12.014) pmid: 26719069
 12. Sobhanardakani S, Ghoochian M, Taghavi L. Assessment of heavy metal contamination in surface sediment of the Darreh-Morad Beyg River. *Iran J Health Sci.* 2016;**4**(3):22-34. doi: [10.18869/acadpub.jhs.4.3.22](https://doi.org/10.18869/acadpub.jhs.4.3.22)
 13. Ma X, Zuo H, Tian M, Zhang L, Meng J, Zhou X, et al. Assessment of heavy metals contamination in sediments from three adjacent regions of the Yellow River using metal chemical fractions and multivariate analysis techniques. *Chemosphere.* 2016;**144**:264-272. doi: [10.1016/j.chemosphere.2015.08.026](https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2015.08.026) pmid: 26363329
 14. Pejman A, Bidhendi GN, Ardestani M, Saeedi M, Baghvand A. "A new index for assessing heavy metals contamination in sediments: A case study.". *Ecol Indicator.* 2015;**58**:365-373. doi: [10.1016/j.ecolind.2015.06.012](https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.06.012)
 15. Turekian KK, Wedepohl KH. Distribution of the elements in some major units of the earth's crust. *Geological society of America bulletin.* 1961;**72**(2):175-192.
 16. Hakanson L. An ecological risk index for aquatic pollution control. A sedimentological approach. *Water research.* 1980;**14**(8):975-1001.
 17. Mohammad Moradi B, Sobhanardakani S, Cheraghi M. Ecological risk of heavy metals in surface soils of urban parks. *Iran J Health Environ.* 2018;**10**(4):429-442.
 18. Bagheri Z, Riahi Bakhtiari AS, Bagheri H. Study on concentration and origin of lead and cadmium surface sediments of Bandar Abbas coast by sequential extraction method in Oceanography. (Persian)2013.
 19. Gati G, Pop C, Brudasca F, Gurzau AE, Spinu M. The ecological risk of heavy metals in sediment from the Danube Delta. *Ecotoxicology.* 2016;**25**(4):688-696. doi: [10.1007/s10646-016-1627-9](https://doi.org/10.1007/s10646-016-1627-9) pmid: 26944291
 20. Hashemi SJ, Riahi Bakhtiari AS, Lak R. Origin and distribution of heavy metals in surface sediments of the seaside Caspian. (Persian). *J Mazandaran Univ Med Sci* 1391.
 21. Islam MS, Ahmed MK, Raknuzzaman M, Habibullah-Al-Mamun M, Islam MK. Heavy metal pollution in surface water and sediment: A preliminary assessment of an urban river in a developing country. *Ecol Indicator.* 2015;**48**:282-291. doi: [10.1016/j.ecolind.2014.08.016](https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2014.08.016)
 22. Lin Q, Liua E, Zhang En, Li K, Shen J. Spatial distribution, contamination and ecological risk assessment of heavymetals in surface sediments of Erhai Lake, a large eutrophic plateau lake in southwest China. *Catena.* 2016;**145**:193-203. doi: [10.1016/j.catena.2016.06.003](https://doi.org/10.1016/j.catena.2016.06.003)
 23. Mohtashamzadeh M, Nasrollahzadeh Saravi H, Pure M. Evaluation of heavy metal zinc contamination using aggregation index Geochemical Müller surface sediments of the southern coast of the Caspian Sea.1393.
 24. Pandey B, Agrawal M, Singh S. Ecological risk assessment of soilcontamination by trace elementsaround coal mining area. *J Soils Sediment.* 2016;**16**:159-168. doi: [10.1007/s11368-015-1173-8](https://doi.org/10.1007/s11368-015-1173-8)
 25. Qu Ch, Li B, Wu H, Wang Sh, Li F. Probabilistic ecological riskassessment of heavy metals in sediments from China's major aquatic bodies. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment.* 2015;**30**(1):271-282. doi: [10.1007/s00477-015-1087-4](https://doi.org/10.1007/s00477-015-1087-4)
 26. Sharifi Z, Hossaini S, M T, Renella G. Risk assessment for sedimentand stream water polluted by heavy metalsreleased by a municipal solid waste composting plant. *J Geochemic Explor.* 2016;**169** doi: [10.1016/j.gexplo.2016.08.001](https://doi.org/10.1016/j.gexplo.2016.08.001)
 27. Sobhanardakani S, Taghavi L. Nickel, lead and zinc contamination in the surface sediments of Agh Gel Wetland, Iran. *Archive Hygiene Sci.* 2016;**5**(3):172-178. doi: [10.32598/IJT.10.4.210.10](https://doi.org/10.32598/IJT.10.4.210.10)
 28. Tang W, Zhang C, Zhao Y, Shan B, Song Z. Pollution, toxicity, and ecological risk of heavy metals in surface river sediments of a large basin undergoing rapid economic development. *Environ Toxicol Chemist.* 2016;**9**(1):1-7.
 29. Wang P, Wang Ch, Qian J, Hou J. Heavy metal pollutionstatus and ecological risks of sediments under the influence of water transfers in Taihu Lake, China. *Environ Sci Pollut Res Int.* 2016. doi: [10.1007/s11356-016](https://doi.org/10.1007/s11356-016)

AUTHOR(S) BIOSKETCHES

Taleshpour, S., PhD Student in Environmental Science and Engineering, Faculty of Natural Resources and Environment, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

Sahabeh818@gmail.com



Taghavi, L., Associate Professor of Environmental Sciences, Department of Environmental Science and Engineering, Faculty of Natural Resources and Environment, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

taghavi-lobat@yahoo.com



Saravi Nasrollahzadeh, H., Caspian Sea Ecology Research Institute, Fisheries Science Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization

hnsaravi@gmail.com



HOW TO CITE THIS ARTICLE

Citation (Vancouver) Taleshpour S, Taghavi L, Nasrollahzadeh Saravi H. Determination of heavy metals contamination in based on land accumulation and ecological risk potential (Case study: Sediments of Caspian Sea coastal rivers). *J Oceanography*. 2021; 12(46):100-108.

<http://doi.org/10.52547/joc.12.46.100>

<http://joc.inio.ac.ir/article-1-1455-fa.html>

<https://orcid.org/0000-0002-8311-5238>



COPYRIGHTS

©2021 The author(s). This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, as long as the original authors and source are cited. No permission is required from the authors or the publishers.