علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و دوم، شماره شش، شهریور ماه ۹۹

اولویت بندی میزان آلودگی فلزات با استفاده ازشاخص های بار آلودگی و پتانسیل خطرات بیولوژیک در رسوبات سطحی رودخانه‌های سواحل جنوب شرقی دریای خزر

صحابه طالش پور[۱]

لعبت تقوی[۲*]

l.taghavi@srbiau.ac.ir

حسن نصراله زاده ساروی[۳]

تاریخ دریافت: ۹۵/۱۰/۲۵ **تاریخ پذیرش:** ۹۶/۰۶/۰۸

چکیده

زمینه و هدف: رسوبات به‌عنوان مهم‌ترین محل ذخیره و جذب فلزات و آلاینده‌های دیگر در اکوسیستم‌های آبی محسوب می‌شوند و می توانند کیفیت سیستم‌های آبی را منعکس کنند. در این مطالعه میزان آلودگی رسوبات به فلزات روی، مس، سرب و کادمیوم براساس شاخص بار آلودگی (PLI) و ارزیابی میزان خطرات عناصر فلزی بر روی موجودات زنده براساس شاخص اولویت‌بندی پتانسیل خطرات بیولوژیک (MERMQ) در رسوبات سطحی رودخانه‌های سواحل جنوبی شرقی دریای خزر انجام شد.

روش بررسی: به منظور سنجش و تعیین شاخص‌های آلودگی فلزات، نمونه‌برداری از رسوبات سطحی مصب و فاصله ۱۰۰۰متر از مصب برخی رودخانه‌های سواحل جنوب شرقی دریای خزر شامل گرگان‌رود، قره‌سو، نکاءرود، تجن، تالار و بابلرود انجام پذیرفت. نمونه‌ها در آزمایشگاه با استفاده از مخلوط سه اسید نیتریک، فلوریدریک و کلریدریک آماده‌سازی گردید و سپس به وسیله دستگاه جذب اتمی مورد آنالیز قرار گرفتند.

یافته‌ها: نتایج تحقیق حاضر، گویای آن است که میزان شاخص MERMQ عناصر فلزی در رسوبات رودخانه‌های سواحل جنوبی دریای خزر بین ۰/۰۷۳ تا ۰/۱۲ و میزان شاخص آلودگی PLI بین ۰/۳۶ تا ۰/۵۸ متغیر بوده است. نتایج مقایسه غلظت فلزات در نمونه‌های رسوب سطحی با استاندارد کیفیت رسوب (NOAA) نشان داد که در تمام ایستگاه‌های مورد مطالعه مقدار عناصر اندازه‌گیری شده کم‌تر از مقدار ERL می‌باشد.

۱- کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست ، دانشگاه آزاد اسلامی، واحدعلوم و تحقیقات تهران، ایران.

۲- دانشیار گروه علوم و مهندسی محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران، ایران (مسوول مکاتبات).

۳- پژوهشکده اکولوژی دریای خزر، مؤسسه تحقیقاتی علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ساری، ایران .

نتیجه‌گیری: نتایج شاخص اولویت‌بندی پتانسیل خطرات بیولوژیک (MERMQ) برای رسوبات نشان داد که در مصب رودخانه‌های قره‌سو، تالار و فاصله ۱۰۰۰متر از مصب رودخانه بابلرود از لحاظ اولویت‌بندی میزان خطرات بیولوژیک در سطح اولویت پایین تا متوسط قرار دارد و در دیگر ایستگاه‌های مورد مطالعه در اولویت پایین قرار گرفته‌اند. نتایج شاخص آلودگی PLI نشان داد که میزان آلودگی رسوبات به فلزات در سطح آلودگی کم می‌باشد. نهایتاً می‌توان اشاره نمود که اعمال رهنمودهای مدیریتی صحیح از قبیل، دفع اصولی فاضلاب‌های شهری، روستایی و صنعتی، استفاده از آفت‌کش‌های مناسب و همچنین مطالعات هم‌زمان غلظت عناصر در آب، رسوب و جانداران در رودخانه‌ها به صورت دوره‌ای می‌تواند در بهبود وضعیت فعلی منطقه موثر باشد.

واژه‌های کلیدی: فلزات، رسوب، شاخص‌های آلودگی، رودخانه‌ها، دریای خزر

J. Env. Sci. Tech., Vol 22, No.6, August, 2020

Prioritizing the Amount of Contamination of Metals Using Pollution Load Factors and Potential Biologic Hazards in the Surface Sediments of the Rivers of the Southeast Coast of the Caspian Sea

Sahabeh talesh pour[1]

Lobat Taghavi[2*]

l.taghavi@srbiau.ac.ir

Nasrollahzadeh Saravi[3]

Accepted: 2017.08.30 Received: 2017.01.14

Abstract*:* Sediments are the most important storage and uptake of metals and other pollutants in aquatic ecosystems and can reflect the quality of aquatic systems. In this study, sediment contamination to zinc, copper, lead and cadmium metals based on pollution index (PLI) and evaluation of metal element hazards on living organisms based on biological hazard potential index (MERMQ) in surface sediments of rivers in the southeast coast of the Caspian Sea was performed.

Methods: In order to measure and determine the indicators of metal pollution, sampling of surface sediments of the estuary and a distance of 1000 meters from the estuary of some rivers on the southeastern shores of the Caspian Sea including Gorganrood, Qarahsu, Nekaroudeh, Tajna, Talar and Babolrood was performed. Samples were prepared in the laboratory using a mixture of three nitric acids, fluoride and hydrochloric acid and then analyzed by atomic absorption spectrometry.

Results: The results of the present study indicate that the MERMQ index of metallic elements in the sediments of rivers on the southern shores of the Caspian Sea ranged from 0.073 to 0.12 and the PLI pollution index ranged from 0.36 to 0.58. The results of comparing the concentration of metals in surface sediment samples with the sediment quality standard (NOAA) showed that in all studied stations the amount of measured elements is less than the amount of ERL.

Conclusion: Results of MERMQ for sediments demonstrated that in estuaries of Gharesou and Talar river and 1000 metres from Babolroud, the prioritization of biological hazards is in low to medium level and in other stations in the study is in low level. Besides, the results of PLI in sediments Indicated that level of sediments' pollution to heavy metals is in low level.

Key words: Metals, Sediment, Pollution Indicators, Rivers, Caspian Sea

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

2- Associate Professor, Department of Environmental Science, Faculty of Natural Resources and Environment, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran* (Correspondent)

3- Caspian Sea Ecology Institute, Fisheries Research Institute of Iran, Organization for Research, Education and Promotion of Agriculture, Sari, Iran

مقدمه

آب برای زندگی ضروری و منبع کلیدی برای سلامتی انسان است. مطالعات نشان می‌دهد که تا سال ۲۰۲۵ تقریباً ۳/۵ میلیارد نفر در کشورها دچار بحران آب بوده و کم‌تر از۱/۲ میلیارد نفر به آب سالم دسترسی داشته و تا سال ۲۰۲۵ بیش از ۴/۵ میلیارد نفر مردم جهان در معرض صدمات و زیان‌های ناشی از کمبود و آلودگی آب قرار خواهند گرفت که یکی از بحرانی‌ترین چالش‌هایی است که بشر امروزی با آن روبه‌رو است (۱). توسعه صنایع و افزایش بی رویه جمعیت شهرها، روستاها و در پی آن توسعه مناطق کشاورزی، استفاده از کودها و سموم دفع آفات موجب می‌گردد تا میزان زیادی فاضلاب شهری، صنعتی و همچنین پساب‌های کشاورزی که دارای ترکیبات شیمیایی مختلف خصوصاً فلزات می‌باشند وارد اکوسیستم‌های آبی گردد (۲، ۳). آلودگی ناشی از فلزات به خصوص فلزات سمی در اکوسیستم‌های آبی به دلیل دارا بودن قابلیت تجمع زیستی در موجودات زنده یک نگرانی عمده است (۴). 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. به‌طوری‌که رسوبات مخزنی جهت تجمع فلزات مختلف به شمار می‌روند به گونه‌ای که این فلزات ممکن است از جایی که منشا می‌گیرند در رسوبات ذخیره شوند و از این طریق به زنجیره غذایی راه یابند (۵، ۶، ۷). بنابراین رسوبات به عنوان مهم‌ترین محل ذخیره و جذب فلزات و آلاینده های دیگر محسوب می‌شوند و می‌تواند کیفیت سیستم‌های آبی را منعکس کنند و به عنوان شناساگر آلاینده‌های نامحلول استفاده شوند (۸). فلزات دارای اثرات متفاوتی برروی موجودات زنده می‌باشند. عنصر سرب، دارای ظاهری خاکستری رنگ بوده و از نظر انتشار، گسترده‌ترین عنصر سنگین و سمی در محیط زیست است که به ویژه از زمان مصرف آن در بنزین از پراکنش بسیار وسیعی در سطح جهان برخوردار است (۹). سرب هیچ گونه عملکرد مثبتی در بدن ندارد و هیچ نقشی در فعالیت‌های آنزیمی و متابولیکی بازی نمی‌کند، سازمان بهداشت جهانی (WHO) در سال ۱۹۹۲ حد مجاز مصرف فلز سرب را ۰/۰۵ میکروگرم بر گرم برای انسان گزارش کرد. روی فلزی نقره‌ای رنگ می‌باشد. واکنش‌ها و تبادلات کاتیونی و ایجاد کمپلکس با ترکیبات آلی (اسید هیومیک و اسید فولیک) از عوامل افزایش غلظت روی در رسوبات می باشد. حلالیت روی در آب، خاک و موجود زنده بوسیله pH کنترل می‌شود. غلظت ۶۷۵ تا ۲۲۸۰ میلی‌گرم در لیتر روی در آب حالت مسمومیت ایجاد می‌کند (۱۰، ۱۱). این عنصر به صورت یک یون دو ظرفیتی است که برای فرآیندهای فیزیولوژیک نظیر رشد و تقسیم سلولی، متابولیسم، بهبود زخم‌ها، سیستم دفاعی و تولید مثل ضروری است. در بسیاری از موارد روی غیرسمی تلقی می‌شود ولیکن سمیت مزمن در خصوص روی وجود دارد و علایمی چون سردرد، حالت تهوع، از دست دادن آب بدن عدم توازن در الکترولیت هاو سرگیجه ایجاد می‌شود. همچنین ازکارافتادگی کلیه دراثر مقادیر زیاد کلریدروی گزارش شده است. روی در مقادیر بیش از حد مجاز به آب طعم نامطلوبی می‌دهد. مس خالص، نرم و چکش خوار است بخشی از آن که در برابر هوای آزاد قرار دارد به رنگ قرمز مایل به نارنجی است. مس یک ماده معدنی ضروری برای اندام‌های زنده است. خون نرم‌تنان و سخت‌پوستان از ماده‌ای به نام هموسیانین ساخته شده است و ماده اصلی هموسیانین، مس است. اندام‌های اصلی بدن انسان که در آن مس یافت می‌شود عبارتند از: کبد، ماهیچه و استخوان‌ها (۱۲). ۳۰ گرم سولفات مس برای انسان کشنده است. مس موجود در آب‌آشامیدنی با غلظتی بیش از ۱ میلی‌گرم در لیتر موجب لک شدن لباس‌ها و اقلام در آب می‌گردد. مقدار بی خطر مس در آب آشامیدنی انسان بین ۱/۵ تا ۲ میلی‌گرم در هر لیتر می‌باشد (۱۳). کادمیوم فلزی نرم به رنگ سفید نقره‌ای براق است و از آلاینده‌های مهم زیست محیطی بوده که در تمامی اکوسیستم‌ها اعم از آب، هوا، غذا و گیاهان یافت می‌شود. کادمیوم آلاینده‌ای است که از لحاظ شیمیایی شباهت زیادی با روی دارد. این دو فلز ویژگی آنتاگونیسمی با یکدیگر دارند و با یکدیگر برای جذب در بافت آبزیان رقابت می‌کنند. مسمومیت با کادمیوم سبب بروز بیماری

"ایتای ایتای" در کشور ژاپن شد که درد شدید و شکستن بی- دلیل استخوان از نشانه‌های این بیماری است. کادمیوم پس از جذب بدن در فعالیت‌های متابولیسمی و آنزیمی شرکت نموده و سبب اختلال در آن‌ها می‌گردد (۹، ۱۴). استفاده از رسوبات در ارزیابی میزان آلودگی اکوسیستم‌های آبی به خصوص رودخانه‌ها در مطالعات زیادی انجام پذیرفته است (۱۵، ۱۶، ۱۷، ۱۸). مطالعات ژئوشیمیایی رسوبات موجود در پیکره‌های آبی مانند رودخانه‌ها، مصب‌ها و بستردریاها، می‌تواند گام موثری برای یافتن منشاء رسوبات، الگوی پراکنش عناصر و ارزشیابی زیست محیطی وضعیت آلاینده های موجود در یک منطقه باشد (۱۹). بنابراین هدف از مطالعه حاضر بررسی شاخص‌های بار آلودگی (PLI) و اولویت بندی پتانسیل خطرات بیولوژیک (MERMQ) در رسوبات سطحی رودخانه های سواحل جنوبی شرقی دریای خزر براساس میزان فلزات کادمیوم، سرب، روی و مس می‌باشد.

مواد و روش‌ها

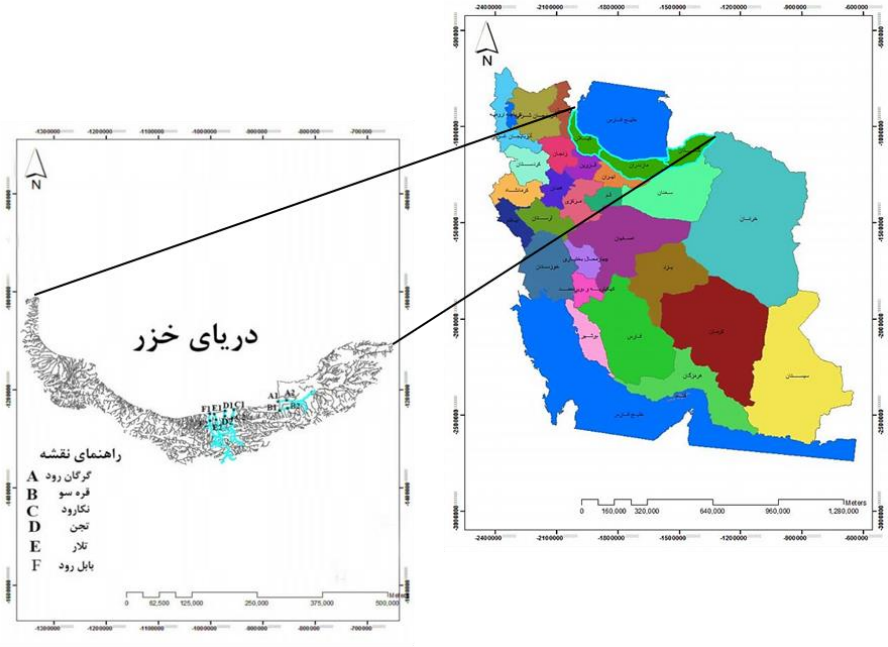
معرفی منطقه مورد مطالعه و روش نمونه‌برداری

به منظور سنجش و تعیین شاخص‌های آلودگی عناصر فلزی نمونه‌برداری از رسوبات سطحی مصب و ۱۰۰۰ متر از مصب برخی رودخانه‌های سواحل جنوب شرقی دریای خزر شامل گرگانرود، قره‌سو، نکاء رود، تجن، تالار و بابلرود در سه تکرار انجام پذیرفت. در هر ایستگاه نمونه‌های ترکیبی بوسیله دستگاه (گرب ون وین) برداشت شد. سپس نمونه‌ها در ظروف پلی اتیلنی ریخته و نهایتاً در جعبه محتوی یخ در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد با ثبت مشخصات به آزمایشگاه پژوهشکده اکولوژی دریای خزر (ساری، مازندران) انتقال‌داده‌شد و تا زمان بررسی در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری گردید. مختصات جغرافیایی ایستگاه‌های نمونه‌برداری درجدول (۱) و شکل (۱) آورده شده است.

جدول ۱- مختصات جغرافیایی ایستگاه‌های نمونه برداری

Table 1- Geographical coordinates the sampling stations

نام ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی
گرگانرود	۵۳ ۵۹ ۴۳	۳۶ ۵۸ ۲۷
قره سو	۵۴ ۰۲ ۰۵	۳۶ ۴۹ ۴۷
گهرباران	۵۳ ۱۳ ۰۸	۳۶ ۵۰ ۰۸
تجن	۵۳ ۰۶ ۴۹	۳۶ ۴۸ ۵۲
تالار (میرود)	۵۲ ۴۴ ۴۳	۳۶ ۴۳ ۴۸
بابلرود	۵۲ ۳۹ ۱۷	۳۶ ۴۲ ۵۳



شکل۱ -ایستگاه‌های نمونه‌برداری از رسوبات رودخانه سواحل جنوب شرقی دریای خزر

Figure 1- Sampling stations of river sediment southeast coast of the Caspian Sea.

آنالیز نمونه‌های رسوب

جهت تعیین غلظت فلزات کادمیوم، سرب، روی و مس، نمونه های رسوب در دمای محیط خشک گردید و با الک ۶۲ میکرون الک شد. سپس ۱ گرم از خاک الک شده را وزن کرده و به داخل ظرف پلی اتیلن ریخته و مخلوطی از سه اسید نیتریک، فلوریدریک و کلریدریک به مقدار ۸، ۲ و ۴ میلی‌لیتر به آن اضافه نموده و روی هیتر به مدت یک ساعت دردمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد و ۳ ساعت در دمای ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد تا عمل هضم انجام شود سپس نمونه‌های هضم شده از فیلتر واتمن شماره ۴۲ عبور داده شد و در نهایت با آب یون زدایی شده به حجم ۲۵ میلی‌لیتر رسانده شد. مقادیر عناصر فلزی بوسیله دستگاه جذب اتمی شعله (Shimadzu-670) و دستگاه کوره گرافیتی (Shimadzu –AA-67OG) اندازه گیری گردید.

در مطالعه حاضر از شاخص اولویت‌بندی پتانسیل خطرات بیولوژیک (MERMQ)[۱] و شاخص بار آلودگی (PLI)[۲] برای تعیین وضعیت آلودگی فلزات، بررسی سهم طبیعی یا آنتروپوژنیک بودن فلزات، بررسی پتانسل خطرات اکولوژیک و بیولوژیک ناشی از فلزات موردمطالعه استفاده شد. همچنین در تمام شاخص های مورد استفاده از عنصر آهن (Fe) به‌عنوان فلز یا عنصر مرجع استفاده گردید.

شاخص اولویت‌بندی پتانسیل خطرات بیولوژیک (MERMQ)

این شاخص برای بررسی پتانسیل سمیت عناصر فلزی رسوبات یک اکوسیستم آبی و همچنین اولویت‌بندی مدیریت مناطقی از اکوسیستم آبی براساس میزان آلودگی ناشی از این فلزات مورد استفاده قرار می‌گیرد. از طرفی پتانسیل سمیت فقط برای موجودات زنده‌ای بررسی می شود که یا در رسوبات زندگی می کنند یا این‌که از موجودات زنده درون رسوبات به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم استفاده می‌کنند (۲۰).

$$MERMQ = \frac{\sum_{i=1}^{n} \frac{Ci}{ERMi}}{n} \qquad (۱)$$

- ✓ MERMQ = شاخص اولویت‌بندی پتانسیل خطرات بیولوژیک

۱-Mean Effect range median quotient (MERMQ)
۲-Pollution load index (PLI)

- ✓ C_i = غلظت فلز iدر رسوبات مورد بررسی
- ✓ ERM_i[۱] = متوسط غلظتی از فلز i که بالاتر از آن، سمیت فلز اتفاق می افتد (ارایه شده در دستورالعمل های بین‌المللی) (۱۷، ۲۱).
- ✓ n = تعداد فلزات مورد بررسی در مطالعه حاضر

جدول ۲- مقادیر ثابت ERM_i (برحسب µg)

Table 2- Fixed amounts ERMi(By µg)

کادمیوم(Cd)	سرب(pb)	روی(Zn)	مس(Cu)
۹/۶	۲۱۸	۴۱۰	۲۷۰

براساس این شاخص اولویت‌بندی و احتمال خطرات بیولوژیک رسوبات یک محیط آبی را که ناشی از تمام فلزات مورد مطالعه است برای موجودات زنده درون آن به چهار وضعیت تقسیم بندی می‌کنند که در جدول (۳) آورده شده است.

جدول۳- اولویت‌بندی و احتمال خطرات بیولوژیک رسوبات یک محیط آبی برای موجودات زنده درون آن برحسب MERMQ فلزات سنگین

Table 3- Mean Effect range median quotient (MERMQ)

میزان MERMQ	اولویت برحسب میزان خطر	احتمال سمی بودن محیط
≤ ۰/۱	اولویت پایین	٪۹
۰/۱ < MERMQ≤ ۰/۵	اولویت پایین- متوسط	٪۲۱
۰/۵ < MERMQ≤ ۱/۵	اولویت متوسط- بالا	٪۴۹
> ۱/۵	اولویت بالا	٪۷۶

شاخص بار آلودگی (PLI)[۲]

این شاخص از جمله ابزارهایی است که صرف‌نظر از بررسی تاثیرات اکولوژیک عناصرفلزی، فقط بار آلودگی عناصرفلزی را در مکان‌ها یا ایستگاه‌های مختلف رسوبات اکوسیستم‌های آبی بررسی می‌کند. اگر این شاخص کم‌تر از ۱ باشد (PLI <۱) بیان گر این است که محیط به عناصر فلزی مورد مطالعه، آلودگی ندارد و اگر بین ۱و۳ باشد (۱ <PLI< ۳) دارای آلودگی متوسط ولی اگر بیش‌تر از ۳ (PLI > ۳) باشد، نشان دهنده حضور آلودگی عناصر فلزی در محیط است. این شاخص براساس رابطه زیر بدست می‌آید (۲۲).

$$PLI = \sqrt[n]{CF1 * CF2 * CF3 * \dots * CFn} \qquad (۲)$$

$$CF = {C_{sample}}/{C_{background}}$$

- ✓ PLI = شاخص بار آلودگی
- ✓ CF_n = فاکتور آلودگی فلز سنگین مورد بررسی
- ✓ C_{sample} = غلظت اندازه گیری شده فلز سنگین در مطالعه حاضر

نتایج

غلظت فلزات روی، مس، سرب و کادمیوم در نمونه‌های رسوب مصب و ۱۰۰۰ متر از مصب رودخانه‌های مورد مطالعه (گرگانرود، قره سو، نکارود، تجن، تالار و بابلرود) از سواحل جنوب شرقی دریای مازندران در جدول (۴) آورده شده است

۱-Effect range median

۲-Pollution load index (PLI)

جدول ۴- غلظت فلزات در روی، مس، سرب و کادمیوم در نمونه‌های رسوب از ایستگاه‌های مورد مطالعه

Table 4- Concentrations of the metals zinc, copper, lead and cadmium in sediment samples from the stations studied

نام ایستگاه	کد ایستگاه	کادمیوم (Cd) µg/g.dw	سرب (pb) µg/g.dw	روی µg/g.dw(Zn)	مس µg/g.dw(Cu)
مصب گرگانرود	A1	۰/۷۳	۲۱/۵۳	۳۹/۸۸	۱۲/۵۷
۱۰۰۰ متر گرگانرود	A2	۰/۶۸	۲۲/۰۸	۵۸/۷۳	۲۴/۴۶
مصب قره سو	B1	۰/۶۵	۲۳/۴۰	۷۸/۹۶	۳۱/۵۰
۱۰۰۰متر قره سو	B2	۰/۷۳	۱۹/۲۲	۶۹/۲۵	۲۲/۰۴
مصب نکارود	C1	۰/۷۰	۲۷/۶۹	۳۳/۷۵	۱۴/۲۲
۱۰۰۰ متر نکارود	C2	۰/۶۸	۲۸/۹۶	۳۵/۶۹	۱۶/۸۵
مصب تجن	D1	۰/۹۵	۲۳/۸۴	۲۶/۰۷	۶/۳۴
۱۰۰۰ متر تجن	D2	۰/۶۵	۳۰/۲۵	۲۷/۴۳	۱۲/۱۸
مصب تالار	E1	۰/۶۸	۲۳/۳۵	۵۶/۵۶	۳۱/۴۰
۱۰۰۰ متر تالار	E2	۰/۶۵	۲۲/۸۰	۴۰/۳۳	۲۰/۳۴
مصب بابلرود	F1	۰/۵۸	۲۲/۱۰	۳۶/۶۳	۱۵/۸۲
۱۰۰۰ متر بابلرود	F2	۰/۵۵	۲۳/۷۷	۸۱/۲۰	۲۷/۵۹

نتایج شاخص اولویت‌بندی پتانسیل خطرات بیولوژیک (MERMQ)

در جدول ۵ نتایج شاخص MERMQ برای رسوبات مصب و ۱۰۰۰ متر از مصب رودخانه‌های مورد مطالعه نشان داده شده است. همان‌طور که نتایج نشان می‌دهد در ایستگاه‌های مصب رودخانه‌های قره‌سو، تالار و ۱۰۰۰متر ازمصب رودخانه بابل رود از لحاظ اولویت‌بندی میزان خطرات بیولوژیک شاخص MERMQ در سطح اولویت پایین تا متوسط قرار دارد ودر دیگر ایستگاه‌های موردمطالعه در اولویت پایین قرار گرفته‌اند.

جدول۵- اولویت‌بندی و احتمال خطرات بیولوژیک برای موجودات زنده درون آن برحسب MERMQ فلزات سنگین در رسوبات مصب و ۱۰۰۰ متر از مصب رودخانه‌های سواحل جنوبی دریای خزر

Table 5- The MERMQ of heavy metal in sediments of estuary and 1,000 meters of estuary of rivers from the southern coast of the Caspian Sea.

اولویت‌بندی	میزان MERMQ	نام ایستگاه
اولویت پایین	۰/۰۸	مصب گرگانرود
اولویت پایین	۰/۱۰	۱۰۰۰ متر گرگانرود
اولویت پایین- متوسط	۰/۱۲	مصب قره سو
اولویت پایین	۰/۱	۱۰۰۰متر قره سو
اولویت پایین	۰/۰۸۳	مصب نکارود
اولویت پایین	۰/۰۸۸	۱۰۰۰ متر نکارود
اولویت پایین	۰/۰۷۳	مصب تجن
اولویت پایین	۰/۰۸	۱۰۰۰ متر تجن
اولویت پایین- متوسط	۰/۱۱	مصب تالار
اولویت پایین	۰/۰۸۷	۱۰۰۰ متر تالار
اولویت پایین	۰/۰۷۷	مصب بابلرود
اولویت پایین- متوسط	۰/۱۲	۱۰۰۰ متر بابلرود

نتایج شاخص بار آلودگی (PLI)

در جدول ۶ نتایج شاخص PLI برای رسوبات در مصب و ۱۰۰۰ متر از مصب رودخانه‌های مورد مطالعه نشان داده شده است. همان‌طور که نتایج نشان می‌دهد در مطالعه حاضر PLI کم‌تر از یک ۱ بوده که بیان‌گر میزان آلودگی رسوبات به فلزات سنگین در سطح آلودگی کم می‌باشد .

جدول۶- میزان شاخص بارآلودگی(PLI)رسوبات سطحی مصب و ۱۰۰۰ متر از مصب رودخانه های سواحل جنوبی دریای خزر

Table 6- The pollution index sediments of estuary and 1,000 meters of estuary of rivers from the southern coast of the Caspian Sea

میزان PLI	نام ایستگاه
۰/۴۲	مصب گرگانرود
۰/۵۱	۱۰۰۰ متر گرگانرود
۰/۵۸	مصب قره سو
۰/۵۲	۱۰۰۰متر قره سو
۰/۴۲	مصب نکارود
۰/۴۵	۱۰۰۰ متر نکارود
۰/۳۶	مصب تجن
۰/۴۰	۱۰۰۰ متر تجن
۰/۵۵	مصب تالار
۰/۴۶	۱۰۰۰ متر تالار
۰/۴۲	مصب بابلرود
۰/۵۵	۱۰۰۰ متر بابلرود

مقایسه غلظت فلزات در رسوبات سطحی با استانداردهای جهانی

به منظور تعیین میزان آلودگی رسوبات سطحی منطقه مورد مطالعه به فلزات سرب، مس، روی و کادمیم مقدار میانگین غلظت آن‌ها با استاندارد NOAA مقایسه شد (جدول ۷). استاندارد NOAA، جهت ارزیابی درجه آلودگی و بررسی میزان تاثیر آلاینده‌ها بر روی موجودات زنده مورد استفاده قرار می‌گیرند. استاندارد NOAA با شاخص‌های ERL[1] و ERM[2] نشان داده می‌شوند. به طور کلی این‌شاخص‌ها نشان می‌دهند که آیا میزان عناصر اندازه گیری شده در رسوبات آیا اثرات مضر بر روی موجودات دریایی دارد یا خیر. اگر مقدار عنصر اندازه گیری شده کم‌تر از مقدار ERL باشد یعنی عوارض جانبی فلز در رسوبات به ندرت رخ می‌دهد و کم‌تر از ۱۰ درصد احتمال بروز اثرات روی موجودات آبزی را دارد. اگر میزان غلظت فلز بین مقدار ERL و ERM باشد نشان‌دهنده این است که عوارض‌جانبی حضور فلز در رسوبات احتمالاً به صورت گهگاه اتفاق می‌افتد و احتمالا بین ۲۵ تا ۵۰ درصد احتمال بروز اثرات مضر روی موجودات آبزی وجود دارد، و اگر میزان غلظت فلز در رسوبات بیش‌تر از ERM باشد که عوارض جانبی فلز اغلب اتفاق می‌افتد و احتمالا بیش از ۶۰ درصد اثرات مضر روی موجودات آبزی اتفاق می‌افتد. که نتایج مقایسه غلظت عناصر روی، مس، سرب و کادمیوم در نمونه‌های رسوب سطحی سواحل جنوبی دریایی خزر که در جدول ۷ آورده شده است با استاندارد کیفیت رسوب نشان داد که در تمام ایستگاه های مورد مطالعه مقدار عناصر اندازه گیری شده کم‌تر از مقدار ERL می‌باشد.

جدول ۷- مقادیر و درصد بروز اثرات براساس استاندارد کیفیت رسوب NOAA (۲۳)

Table 7- values and percentage effects on sediment quality standard NOAA (23)

فلزات	استاندراد NOAA		درصد بروز اثرات		
	ERL	ERM	< ERL	ERL - ERM	> ERM
سرب	۴۶/۷	۲۱۸	۸/۰	۳۰/۸	۹۰/۲
کادمیوم	۱/۲	۹/۶	۶/۶	۳۶/۶	۶۵/۷
روی	۱۵۰	۴۱۰	۶/۱	۴۷/۰	۶۹/۸
مس	۳۴	۲۷۰	۹/۴	۲۹/۱	۸۳/۷

نتیجه گیری

آلودگی در رسوبات به علت داشتن یک محیط نسبتاً پایدار بهتر از محیط متحرک و ناپایدار آب قابل اندازه گیری و ارزیابی می‌باشد که می‌تواند اهمیت رسوبات را در ارزیابی آلودگی شیمیایی محیط های آبی نشان دهد (۲۴). در مطالعه حاضر غلظت کل فلزات کادمیوم، سرب، مس و روی از رسوبات سطحی مصب و ۱۰۰۰ متر از مصب رودخانه‌های سواحل‌جنوبی دریای خزر سنجش شد و به منظور تعیین میزان آلودگی رسوبات به این عناصرفلزی از شاخص بار آلودگی (PLI) و به منظور ارزیابی میزان خطرات فلزات بر روی موجودات زنده از شاخص اولویت‌بندی پتانسیل خطرات بیولوژیک (MERMQ) در رسوبات و همچنین از استاندارد NOAA، جهت ارزیابی درجه آلودگی و بررسی میزان تاثیر آلاینده‌ها بر روی موجودات زنده استفاده گردید. نتایج نشان داد که میزان شاخص MERMQ عناصرفلزی در رسوبات رودخانه‌های سواحل جنوبی دریای خزر بین ۰/۰۷۳ تا ۰/۱۲ و میزان شاخص آلودگی رسوب PLI بین ۰/۳۶ تا ۰/۵۸ متغییر بوده است وهمچنین در ایستگاه‌های مصب رودخانه‌های قره سو، تالار و ۱۰۰۰ متر از مصب رودخانه بابلرود از لحاظ اولویت بندی میزان خطرات بیولوژیک شاخص MERMQ در سطح اولویت پایین تا متوسط قرار دارد و این افزایش در مقدار این

1- Effect Range-Low
2- Effect Range-Medium

عناصر می‌تواند به دلیل عبور این رودخانه‌ها ازشهرک‌های صنعتی و حجم بالای شهرنشینی اطراف این رودخانه‌ها باشد و در دیگر ایستگاه‌های مورد مطالعه در اولویت پایین قرار دارد. در مطالعه حاضر PLI کم‌تر از یک بوده که نشان می‌دهد میزان آلودگی رسوبات به این فلزات در سطح آلودگی کم می باشد. محتشم زاده و همکاران (۲۵) در بررسی فلزات سنگین کادمیوم، مس، سرب و روی دریای خزر در دو ایستگاه تنکابن و امیرآباد غلظت فلزات بخش ناپایدار و قابل دسترس براساس شاخص‌های مختلف، دامنه عدم آلودگی تا آلودگی کم را برای رسوبات سطحی این‌منطقه نشان داده است که با تحقیق حاضر مطابقت دارد. همچنین نتایج مطالعه حاضر با نتایج مطالعه Yu و همکاران (۲۰)، Suresh و همکاران (۷) هم‌خوانی دارد. Hashemi و همکاران (۲۶) 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 و همچنین میانگین غلظت فلزات سرب، مس، روی و کروم در مقایسه با استاندارد NOAA پایین تر بود که نشان دهنده عدم آلودگی منطقه به این فلزات می باشد که با نتیجه مطالعه حاضر مطابقت دارد. مقصودی و همکاران (۲۷) به بررسی آلودگی فلزات در رسوبات سطحی رودخانه بابلرود پرداختند که نتایج آن‌ها نشان داد که رسوبات سطحی این رودخانه از لحاظ آلودگی به عناصر نقره و کادمیم دارای آلودگی شدید تا بسیار شدید می‌باشند و عنصر روی دارای آلودگی متوسط تا آلودگی زیاد و عناصر وانادیوم، نیکل، مس و آهن دارای آلودگی در حد آلودگی کم تا متوسط است و بیان کردند که سهم انسان ساخت در تولید آلودگی به‌خصوص در مورد کادمیوم و نقره بیش‌تر از منابع طبیعی می‌باشد. مغزی و همکاران (۲۸) به بررسی آلودگی فلزات سنگین در رسوبات رودخانه بابلرود با استفاده از شاخص‌های کیفی پرداختند که نتایج آنها نشان داد که فلزات سرب و کبالت در محدوده غیرآلوده تا آلودگی متوسط و کادمیوم در محدوده آلودگی بسیار شدید براساس شاخص انباشت ژئوشیمیایی قرار دارند و در شاخص غنی سازی که تاثیر فعالیت‌های انسانی را نشان می‌دهد فلز کادمیوم در محدوده بسیار غنی‌شده در رسوبات سطحی این رودخانه قرارداشت. Islam و همکاران (۲۹) به بررسی شاخص PLI در رسوبات رودخانه شهری در بنگلادش پرداختند که مقدار این شاخص در رسوبات سطحی این رودخانه بالای یک اندازه گیری شد که کاهش کیفیت رسوب و آلودگی رسوبات رودخانه مورد مطالعه را به فلزات سنگین نشان می‌دهد. آن‌ها بیان کردند ورود فاضلاب های شهری از دلایل افزایش فلزات در رسوبات این رودخانه می‌باشد. که این تحقیق با تحقیق حاضر که (PLI) کم‌تر از ۱ بود مطابقت ندارد و این امر بیان‌گر این می‌باشد که اگر چه فعالیت های انسانی و صنعتی شدن در این مناطق گسترده شده است اما هنوز اثرات این عوامل بر آلودگی رسوبات و ایجاد خطر جدی برای این مناطق در حد بحرانی نیست. البته با توجه به افزایش جمعیت شهری و رشد صنعتی تدریجی منطقه انجام تحقیقات دوره ای به خصوص برای ورود سایرآلاینده‌ها به محیط ضروری است و هر چند آلودگی این مناطق به فلزات در مرز خطرنیست و لیکن ادامه روند آلودگی، قطعا در دراز مدت خطرات زیست محیطی زیادی را به دنبال خواهد داشت. لذا باید در خصوص آب برگشتی کشاورزی و همچنین دفع اصولی فاضلاب های صنعتی اقدام مؤثری به‌عمل آورد.

منابع

1. Taghavi, L ;1394, A review of development plans and policies in the water resources sector and a model for measuring its sustainability. Journal of Sustainability, Development and Environment, Volume 2, Number 4.
2. Lamanso, R. Cheung ,Y. Chan, K, M. 1999. Metal concentration in the tissues of rabbitfish collected from ToloHarbour in Hong kong. Journal of Marine Pollution Bulletin, 39: 123-134.

3. Ma, X., H. Zuo, M. Tian, L. Zhang, J. Meng, X. Zhou, N. Min, X. Chang and Y. Liu. 2016. "Assessment of heavy metals contamination in sediments from three adjacent regions of the Yellow River using metal chemical fractions and multivariate analysis techniques." Chemosphere 144: 264-272.
4. Burger ,J. Gochfeld, M. 2006. Locational differences in heavy metals and metalloids in pacific blueMytilusedulis from Adak Island in the Aleutian Chain, Alaska. Science of Total Environment, 368: 937-950.
5. França, S.Vinagre, C. Caçador, I. Cabral, N. 2005. Heavy metal concentration in sediment, benthic invertebrates and fish in three salt marsh areas subjected to differevt pollution loads in the Tagus Estuary (Portugal), journal of Marine Pollution Bulletin. 50: 993-1018.
6. Kazemi, A., Bakhtiari, A. R., Kheirabadi, N., Barani, H., & Haidari, B. 2012. 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, 88(1), 100-103.
7. Suresh, G., Sutharsan, P., Ramasamy, V., & Venkatachalapathy, R. (2012). Assessment of spatial distribution and potential ecological risk of the heavy metals in relation to granulometric contents of Veeranam lake sediments, India. Ecotoxicology and Environmental Safety, 84, 117-124.
8. Acevedo-Figueroa, D., Jiménez, B. D., Rodriguez-Sierra, C. J. 2006. Trace metals in sediments of two estuarine lagoons from Puerto Rico. Environmental Pollution, 141(2), 336-342.
9. Ismaili Sari, AS. 1381. Pollutants, health and environmental standards. Tehran: Mehr Publication.
10. Habibian, T. 1387. Biological accumulation of heavy metals (nickel, zinc and lead) in pseudo-shirodi fish and lobster beds (Mahshahr and Mevahi). Thesis of Khozestan University of Science and Research.
11. Li, M., Yang, W., Sun, T., & Jin, Y.2016. 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. Marine pollution bulletin, 103(1), 227-239.
12. Jonson , MD PhD, Larry ,E.ed .2013.Copper .Merck Manual Home Health Handbook.
13. Grass ,G. Rensing ,Ch.Solioz ,M. 2011.Minireviews Metallic copper as an Antimicrobial Surface .Environmental microbiology , Mar .p.1541-1547.
14. Monferran, M. V., Garnero, P. L., Wunderlin, D. A., & de los Angeles Bistoni, M.2016. Potential human health risks from metals and As via Odontesthes bonariensis consumption and ecological risk assessments in a eutrophic lake. Ecotoxicology and environmental safety, 129, 302-310.
15. Li, X., Thornton, I. 20011. Chemical partitioning of trace and major elements in soils contaminated by mining and smelting activities. Applied Geochemistry, 16(15), 1693-1706.

16. Honglei, L., Liqing, L., Chengqing, Y., Baoqing, S.2008. Fraction distribution and risk assessment of heavy metals in sediments of Moshui Lake. Journal of Environmental Sciences, 20(4), 390 - 397.
17. Birch, G. F., Taylor, S. E., Mattal, C. 2001. Small-scale spatial and temporal variance in the concentration of heavy metals in aquatic sediments: a review and some new concepts. Environmental Pollution, 113(3), 357-372.
18. Sakan, S. M., Đorđević, D. S., Manojlović, D. D., &Predrag, P. S. 2009. Assessment of heavy metal pollutants accumulation in the Tisza river sediments. Journal of Environmental Management, 90(11), 3382-3390.
19. Shajan, K.P. 2001. Geochemistry of bottom sediments from a river estuary shelf mixing zone on the tropical southwest coast of India. Bulletin of the Geological Survey of Japan, 52(8), 371-382.
20. 19.Yu, G. Y, Liu. S, Yu, S. Wu, A. Leung, X. Luo, B. Xu, H. Li and M. Wong. 2011. "Inconsistency and comprehensiveness of risk assessments for heavy metals in urban surface sediments." Chemosphere 85(6): 1080-1087.
21. McCready, S. G. F. Birch andE. R. Long. 2006. "Metallic and organic contaminants in sediments of Sydney Harbour, Australia and vicinity—a chemical dataset for evaluating sediment quality guidelines." Environment International 32(4): 455-465.
22. Pejman, A., G. N. Bidhendi, M. Ardestani, M. Saeedi and A. Baghvand. 2015. "A new index for assessing heavy metals contamination in sediments: A case study." Ecological Indicators 58: 365-373.
23. Long, E. R., D. D. MacDonald, S. L. Smith and F. D. Calder. 1995. "Incidence of adverse biological effects within ranges of chemical concentrations in marine and estuarine sediments." Environmental management 19(1): 81-97.
24. Meiggs, T. 1980. The use of sediment analysis in forensic investigations and procedural requirements for such studies. Journal of in Contaminants and Sediments, 297-308.
25. Mohtashamzadeh M. Nasrallahzadeh Saravi, h. Pure 1393. Evaluation of heavy metal pollution of zinc using geochemical aggregate index of molars on surface rocks of the southern coast of the Caspian Sea. Kharazmi International Educational and Research Institute.
26. Hashemi, S, J. Bakhtiari, A, R. Lak, R. 2013. Source Identification and Distribution of Lead, Copper, Zinc, Nickel, Chromium and Vanadium in Surface Sediments of Caspian Sea.JMazandUniv Med Sci. 23: 36-50 (Persian).
27. Maghsoudi, AS. Vaney, m. Yazdi, M. 1394. Pollution of Heavy Metals and Investigating the Intensity of Enrichment and Geochemical Indices in the River Nekarod. 167-174.
28. Moghazi, Q. Saidi m Jamshidi, O. 2011 Estimation of Heavy Metals Contamination in Babolrood River Sediments Using Sediment Pollution Indices, 6th National Congress of Civil Engineering, Semnan University.

29. Islam, M. S., Ahmed, M. K., Raknuzzaman, M., Habibullah-Al-Mamun, M., & Islam, M. K. 2015. Heavy metal pollution in surface water and sediment: A preliminary assessment of an urban river in a developing country. Ecological Indicators, 48, 282-291.