مجله سلامت و محیط زیست، فصلنامه‌ی علمی پژوهشی
انجمن علمی بهداشت محیط ایران
دوره یازدهم، شماره چهارم، زمستان ۱۳۹۷، صفحات ۵۰۴ تا ۴۸۷

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

ارزیابی پتانسیل سمیت و مخاطره اکولوژیکی فلزات سنگین در رسوبات سطحی رودخانه سزار لرستان

ثمرمرتضوی*، مسعود حاتمی‌منش، فاطمه جودکی
گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه ملایر، همدان، ایران

اطلاعات مقاله:

تاریخ دریافت: ۹۷/۰۷/۱۵
تاریخ ویرایش: ۹۷/۱۰/۰۴
تاریخ پذیرش: ۹۷/۱۰/۱۰
تاریخ انتشار: ۹۷/۱۲/۲۱

واژگان کلیدی: خطر اکولوژیکی، سمیت حاد، ارزیابی خطر اصلاح شده، فلزات سنگین، رودخانه سزار

پست الکترونیکی نویسنده مسئول:
Mortazavi.s@gmail.com

چکیده

زمینه و هدف: نظر به سمیت، خطرات بهداشتی و اکولوژیکی فلزات سنگین در محیط‌زیست و تاثیرپذیری موجودات زنده، سنجش و ارزیابی غلظت آنها در سطوح مختلف بوم‌سازگان‌های آبی بسیار ضروری است. از این‌رو مطالعه حاضر به سنجش غلظت فلزات سرب، نیکل، مس و روی و ارزیابی مخاطره اکولوژیکی آنها در رسوبات سطحی رودخانه سزار در استان لرستان می‌پردازد.

روش بررسی: نمونه‌برداری از ۱۶ ایستگاه در طول رودخانه سزار انجام شد. پس از آماده سازی و هضم اسیدی نمونه‌ها، غلظت فلزات مذکور با استفاده از دستگاه جذب اتمی تعیین گردید.

یافته‌ها: میانگین کلی غلظت فلزات نیکل، روی، مس و سرب در رسوبات رودخانه به‌ترتیب به میزان ۷۱/۸۴ > ۴۰/۵۶ > ۷/۷۵ > ۵/۶۱ mg/kg به‌دست آمد. بررسی شاخص‌های پتانسیل سمیت حاد فلزات، ریسک اکولوژیکی و بار آلودگی بیانگر وضعیت آلودگی پایین در رسوبات رودخانه بود. خطر محیط‌زیستی فلزات در رسوبات منطقه به‌ترتیب نیکل > سرب> مس > روی ارزیابی گردید. همچنین یافته‌ها نشان داد در بین فلزات، فاکتور آلودگی و ارزیابی خطر اصلاح شده (mHQ) برای فلز نیکل به‌ترتیب در حد متوسط، و در طبقه آلودگی متوسط تا آلودگی قابل ملاحظه است.

نتیجه‌گیری: براساس نتایج، پتانسیل سمیت حاد و خطر اکولوژیکی وضعیت آلودگی فلزات سنگین در رسوبات منطقه، پایین ارزیابی می‌گردد. اما گسترش شدید فعالیت‌های انسانی مختلف در نواحی اطراف رودخانه، در کنار آلودگی فلز نیکل در رودخانه و احتمال اثرات سوء بیولوژیکی آن در محیط بر لزوم پایش مداوم رودخانه و ارزیابی خطر سلامت و خطر اکولوژیکی آن تاکید دارد.

Please cite this article as: 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.

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2022-01-28]

مقدمه

رشـد جمعیـت، توسعه صنعتـی و تغییـرات روزافزون سبک زندگـی بشری به‌علـت عوامل علمـی و تکنولوژیکی موجبات آلودگی‌هـای محیط‌زیستی را فراهم نمـوده است (۱). فلزات سنگیـن از مهمترین ایـن آلاینده‌ها هستند کـه می‌توانند از طریـق فعالیت‌هـای انسانـی و یـا فرایندهـای طبیعی وارد محیط‌هـای مختلف اعم از آب، خـاک و یا هوا شوند (۲). این آلاینده‌هـا به‌دلیل خواصی نظیر، سرطـان‌زا و جهش‌زا بودن، سمیـت، طول عمر و پایداری زیـاد، تجمع‌پذیری، بزرگنمایی زیستـی در زنجیره غذایـی می‌توانند موجب ایجاد مشکلات و تهدیـدات جدی بـرای سلامت انسان و سایـر موجودات زنده شونـد (۵-۳). فلزات سنگین از دو مسیر؛ مصرف مستقیم آب و غـذا و دیگری مسیر غیر هضمـی از طریق عبور از غشاهای نفوذپذیر ماننـد پوست، ماهیچه و شـش وارد زنجیره غذایی انسـان و موجودات زنـده بوم‌سازگان‌های آبـی می‌شوند (۶). تجمـع فلزات سنگین در موجودات زنده ممکن است به‌صورت فعـال یـا انتخابی باشـد و همچنین تفـاوت در تجمع فلزات سنگیـن می‌تواند ناشـی از تفاوت در جـذب و دفع گوناگون آنهـا و یا هـر دو باشـد (۷). برخی از فلزات ماننـد کادمیوم، جیـوه و سرب هیچ نقش و عملکـرد فیزیولوژیکی مهمی برای موجودات زنده نـدارد و حتی در غلظت‌های کم موجب ایجاد سمیـت یـا اثراتی همچون جهـش، سرطان، ناهنجـاری و ... در موجـود زنـده می‌شوند. به دنبال ورود ایـن فلزات به بدن موجودات زنده برحسب میـزان غلظت، نوع فلز، اندام هدف و وضعیـت فیزیولوژیکی موجود زنده سبب ایجاد اثرات مختلفی می‌شونـد. در حقیقت اثرات سمی فلـزات زمانی رخ می‌دهند که مکانیزم‌های سمیت‌زدایـی، ذخیره‌سازی، متابولیک و دفع نتوانـد برای مدت زمان طولانی میزان ورودی را کاهش دهند و در نتیجه در بدن تجمع یابند (۸).

فلزات سنگیـن می‌توانند با اجزا و ترکیبات مختلف محیط‌های آبـی واکنش دهند و با فازهای مختلف ژئوشیمیایی در رسوبات ترکیـب شوند (۴). همچنین رسوبـات می‌توانند به‌طور موثری به‌عنوان یک مخزن جهت ذخیره و بی‌خطرسازی فلزات سنگین از طریق فرایندهای جذب سطحی، هیدرولیز و رسوب همزمان در محیط‌هـای آبی یا به‌عنوان یک منبـع تولید فلزات در طی فراینـد تغییـر وضعیت محیط ماننـد تغییر pH یـا پتانسیل اکسیداسیـون و احیـا محیـط عمـل کنـد (۹، ۱۰). از این‌رو رسوبـات را می‌توان به‌عنـوان یکی از قطب‌ها یـا منابع تهدید کننـده سلامت انسان و موجـودات زنده آبـی به‌حساب آورد. حرکـت و انتقال فلزات سنگین در ماتریس آب و رسوبات تحت تاثیر اندازه ذرات و ترکیبات شیمیایی رسوبات است. به گونه‌ای که توزیع اندازه ذرات بـه میزان قابل ملاحظه‌ای بر غلظت کل فلـزات سنگین موثر بوده و هر یک از ویژگی‌های رسوبات مانند انـدازه، قطر، شکل، منبع، ویژگی‌های سطح ویژه که منحصر به فـرد است غلظت فلزات را تحت تاثیر قـرار می‌دهند (۴، ۱۱). بنابراین باتوجه به نقش و عملکرد رسوبات به‌عنوان محل تجمع، ذخیـره و منبع تولید آلاینده‌هـای مختلف نظیر فلزات سنگین و همچنین نقش آنها در زندگی موجودات زنده، ارزیابی غلظت آنها، میـزان سمیت و خطر اکولوژیکـی (Ecological Risk (ER)) آنهـا در رسوبات آبی محیط‌های مختلف ضروری است. زیرا به‌علت اثرات منفـی فلزات سنگین بر روی موجودات زنده و سلامـت اکوسیستم‌های طبیعی تولید و وجود آنها در محیط به‌عنـوان یک نگرانی ویژه در سراسر جهـان مطرح است (۱۲، ۱۳). از ایـن‌رو سنجش و ارزیابـی غلظت و صدمات اکولوژیکی آنهـا در بوم‌سازگان‌های آبی مورد توجه محققان مختلف گرفته است. از جملـه این محققان می‌توان به Bazzi (۲۰۱۵) که به بررسی غلظت فلزات در رسوبـات سطحی سواحل بندر چابهار پرداخت (۱۴)؛ Fu و همکاران (۲۰۱۶) که نتایج ارزیابی غلظت و خطـر اکولوژیکی (ER) فلزات سنگیـن نیکل، روی، سرب و مـس در رسوبـات رودخانه Jialu کشور چیـن گزارش کردند (۱۵)؛ و Mortazavi و همکـار (۲۰۱۸) کـه به ارزیابی خطر اکولوژیکی (ER) فلزات سنگین در رودخانه بشار یاسوج (ایران) پرداختند، اشاره نمود (۱۶).

در ایـن راستا یکـی از رودخانه‌های مهم که بـه دنبال رشد شهرنشینی و توسعه روزافزون صنعت کشاورزی و ساختمانی به شـدت تحت تاثیـر فعالیت‌های انسانی قـرار گرفته است

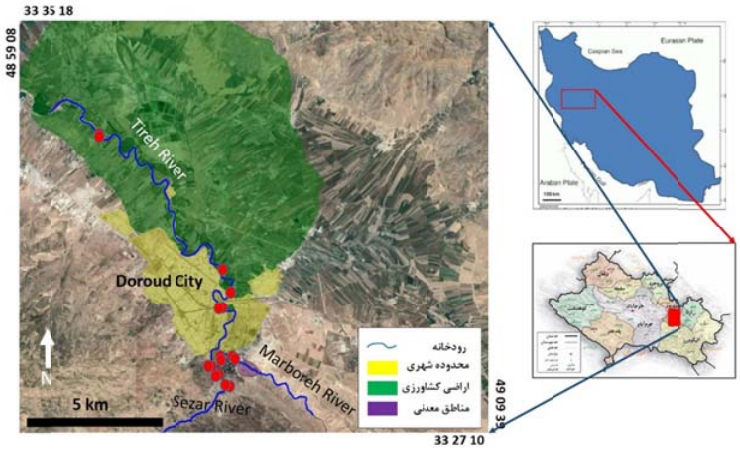
[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2022-01-28]

رودخانه سـزار و سرشاخه‌های آن (رودخانـه تیره و ماربره) در استـان لرستان است. مطابق شواهـد موجود روزانه حجم زیادی از آلاینده‌های محیطـی نظیر فلزات سنگین به همراه روانـاب و فاضلاب‌های شهـری، صنعتی و کشـاورزی بدون هیچگونـه تصفیـه یا با تصفیـه اندک وارد ایـن بوم‌سازگان آبـی می‌شود. ورود ایـن آلاینده‌ها به رودخانـه ضمن تجمع در رسوبـات منطقـه می‌تواند به نوبه خـود خطرات سلامتی و تهدیـدات اکولوژیکـی زیـادی را برای سلامـت و زندگی جامعـه محلی و موجـودات زنده این بوم‌سازگـان باتوجه به وجـود گونه‌های گیاهـی و جانوری مختلف نظیـر ماهیان و جوامع کـفزی فراوان رودخانه ایجاد نمایـد، از جهت دیگر برداشت آب رودخانه بـرای کاربری‌های کشاورزی، شهری و صنعتـی در کنار استفـاده از آن جهت مصارف شرب در کنار ورود آلاینده‌هـا به آن می‌توانـد تهدیدی جدی برای سلامت جوامع انسانی باشد. بنابراین بررسی و ارزیابی سمیت و خطر محیـط زیستی غلظت فلزات سنگین در این بوم‌سازگان آبی، باتوجـه به مطالعات اندک صورت گرفته در این ناحیه و نبود اطلاعـات پایـه در خصوص وضعیت آن در کنـار لزوم پایش آلاینده‌های رودخانـه از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است، لذا پژوهش حاضر با هدف ارزیابی پتانسیل سمیت و مخاطره اکولوژیکی فلـزات سنگین در رسوبات سطحی رودخانه سزار لرستان انجام گرفته است.

مواد و روش‌ها

- محدوده مورد مطالعه

منطقـه مورد مطالعـه شامل رودخانه سـزار در استان لرستان و دو سرشاخـه آن (تیـره، ماربره) است (شکـل ۱). رودخانه سـزار با وسعتی حوزه آبریـز ۹۲۰۰ km^2 یکی از رودخانه‌های سیستـم آبی زاگرس است. این رودخانـه یکی از سرشاخه‌های عمـده و تشکیل‌دهنده رودخانه بـزرگ دز است. به جهت دارا بودن آب فراوان و دائمی در چند دهه اخیر مورد توجه مدیران و برنامه‌ریزان بخش‌های مختلف کشاورزی، صنعتی، ماهیگیری و ... قـرار گرفتـه است. که بدنبال این امر ایـن رودخانه امروزه تحت تاثیـر آلودگی‌های نقطه‌ای و غیر نقطه‌ای ناشی از صنایع مختلف نظیر کارخانه خمیر مایه، کارخانه قند، آلودگی صنعت کشـاورزی و ماهیگیری و همچنین آلودگـی ناشی از رواناب و فاضلاب شهری و روستایی قرار دارد. رودخانه سزار آب‌های خود را از مناطق کوهستانی الیگودرز، ازنا، دورود، اشترینان و بروجرد در استان لرستان دریافت و در مسیر راه آهن سراسری به سوی جنوب ایـران سرازیر می‌شود. از شاخه‌های مهم رودخانه سزار، رود تیـره است که بعد از دریافت آب‌های اشترینان به رودخانه ماربـره می‌پیوند. رودخانه ماربره از سرشاخه‌های رود سزار و دز است کـه آب آن مورد مصارف آبیاری اراضی روستاهای اطراف شهرستـان دورود و ازنا قرار می‌گیـرد (۱۷). شکل ۱ موقعیت منطقه مورد مطالعه و نقاط نمونه‌برداری را نشان می‌دهد.



شکل ۱- موقعیت منطقه مطالعاتی و ایستگاه‌های نمونه برداری

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2022-01-28]

- جمع آوری نمونه‌ها

جهت سنجش غلظت فلزات سنگین رسوبات رودخانه سزار در استان لرستان پس از بررسی نقشه منطقه و بازدید از محدوده مطالعاتی، باتوجه به وضعیت منابع آلایندگی رودخانه، میزان و نوع کاربری‌های انسانی در حاشیه و نواحی اطراف رودخانه، ۱۶ ایستگاه در طول رودخانه انتخاب، سپس در هر ایستگاه ۳ نمونه (تکرار) از رسوبات سطحی (عمق cm ۰ تا ۵) محل نمونه‌برداری در یک پلات cm ۲۰×۲۰ به‌صورت تصادفی برداشته شد (جدول ۱). در واقع ایستگاه و نمونه‌ها به گونه‌ای انتخاب شد که ضمن قابلیت دسترسی و شاخص بودن در منطقه بتواند تا حد امکان وضعیت ورود آلودگی‌های ناشی از فلزات و منابع آنها را به رودخانه نشان دهد (شکل ۱). نمونه‌ها در کیسه‌های پلاستیکی مخصوص، جمع آوری و پس از کدگذاری در کلمن یخ قرار گرفت و به آزمایشگاه منتقل و در دمای ۴°C تا انجام آزمایشات نگهداری شد.

- آماده‌سازی و آنالیز نمونه‌ها

نمونه‌های جمع‌آوری شده جهت آماده‌سازی، در آون دمای ۷۰°C به مدت ۲۴ h قرار داده شد تا کاملا خشک شوند. ۱ g از هر نمونه خشک شده در لوله‌های هضم PTFE ریخته شد و ۱۰ mL اسید نیتریک (HNO_3) ۶۵ درصد و اسید پرکلریک ($HClO_4$) ۷۰ درصد با نسبت ۱:۴ به آن اضافه گردید. لوله‌های PTFE به مدت ۱ h در دمای ۴۰°C بر روی هیتر قرار داده شدند و بعد از آن به آرامی دما تا ۱۴۰°C به مدت ۳ h افزایش یافت. محتوای هر لوله از کاغذ صافی واتمن شماره یک عبور داده شد و با آب دیونیزه به حجم ۲۵mL رسانده شد. جهت کنترل کیفیت آنالیزها، سه نمونه شاهد نیز در کنار سایر نمونه‌ها قرار داده شد. و در نهایت نمونه‌ها توسط دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری گردید (۱۸). قابل ذکر است حد تشخص دستگاه (Limit Of Detection (LOD)) برای سنجش فلزات روی، سرب، نیکل و مس به ترتیب ۰/۲۰۹، ۱/۳۸۵، ۰/۲۹۲ و ۰/۲۳۱ mg/L و ریکاوری نتایج در محدوده ۹۰ تا ۹۷ درصد به‌دست آمد. همچنین جهت انجام تجزیه و تحلیل آماری تمام داده‌های به‌دست آمده و محاسبه شاخص‌های کیفیت رسوب از نرم افزار Excel استفاده شد.

- شاخص‌های محیط زیستی

الف) فاکتور آلودگی (Contaminiation factor (CF))

مقادیر فاکتور آلودگی و درجه آلودگی به‌ترتیب می‌توانند توصیفی از آلودگی مربوط به فلز سنگین مورد بررسی و آلودگی محیط رسوب را ارائه دهند، فاکتور آلودگی از تقسیم کردن غلظت فلز در نمونه برداشت شده به غلظت همان فلز در نمونه زمینه (در این پژوهش از میانگین شیل به‌عنوان زمینه استفاده شده است)، که برای سرب، نیکل، مس و روی به ترتیب برابر ۲۰، ۵۰، ۴۵ و ۹۵ mg/kg به‌دست آمد (جدول ۲) (۱۹). ضریب آلودگی هاکنسون (Hakanson) (۱۹۸۰)، از معادله ۱ به‌دست می‌آید (۲۰):

$$CF = \frac{C_i}{C_n} \quad (1)$$

در این معادله، C_i: غلظت فلز در نمونه و C_n: غلظت همان فلز در ماده مرجع (میانگین شیل) است.

ب) درجه آلودگی (Degree of contamination)

اصولا مجموع ضرایب آلودگی آلاینده‌های مورد مطالعه، درجه کلی آلودگی رسوب را بیان می‌کند که به آن درجه آلودگی هاکنسون (Hakanson) گفته می‌شود (معادله ۲) (۲۰). همچنین قابل ذکر است مطابق رده‌بندی Hakanson (۱۹۸۰) جهت ارزیابی و طبقه‌بندی آلودگی رسوبات، بر مبنای میزان فاکتور آلودگی (CF)، اگر مقادیر شاخص CF<۱، آنگاه میزان در طبقه آلودگی پایین؛ اگر ۱≤CF<۳ میزان آلودگی متوسط؛ اگر ۳≤CF<۶ باشد میزان آلودگی قابل توجه و اگر CF≥۶ باشد آنگاه میزان ضریب آلودگی رسوبات در طبقه بسیار بالا ارزیابی می‌شود. همچنین درصورتی‌که Cd<۶ باشد بیانگر درجه آلودگی پایین؛ ۶≤Cd<۱۲ درجه آلودگی متوسط؛ ۱۲≤Cd<۲۴ درجه آلودگی قابل توجه و Cd≥۲۴ بیانگر آلودگی بسیار بالا در رسوبات منطقه خواهد بود.

$$Cd = \sum_{i=1}^{4} CF^i \quad (2)$$

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2022-01-28]

ج) شاخص آلودگی اصلاح شده (Modified degree of contamination (mCd)

به‌خاطر وجود محدودیت‌هایی که در شاخص درجه آلودگی توسط Hakanson (۱۹۸۰) ارائه شده بود، Abrahim (۲۰۰۵) معادله اصلاح شده ۳ را براساس شاخص درجه آلودگی ارائه نمود (۲۱):

$$mCd = \frac{\sum_{i=1}^{4} C_f^i}{n} \quad (۳)$$

در این معادله؛ CF فاکتور آلودگی و n تعداد پارامترهای مورد بررسی است. معادله ۴ این امکان را فراهم می‌سازد تا بتوان تعداد متنوعی از فلزات سنگین را بدون محدودیت مورد بررسی و مطالعه قرار داد. بر طبق رابطه عمومی این شاخص، به دلیل فرایند میانگین‌گیری فوق تاثیرات منفرد مقادیر انباشتگی آلاینده‌ها در نتیجه نهایی از الگوی عمومی آلودگی در منطقه، مستهلک و مخفی شده و از بین خواهد رفت. برمبنای تحقیقات Abrahim (۲۰۰۵) دسته‌بندی سطح آلودگی رسوبات براساس مقادیر کمی شاخص اصلاح شده درجه آلودگی بدین گونه است اگر ۰≤mCd<۱/۵ باشد، آنگاه درجه آلودگی بسیار پایین (طبقه ۱)؛ ۱/۵≤mCd<۲ درجه آلودگی پایین (طبقه ۲)؛ ۲≤mCd<۴ درجه آلودگی متوسط (طبقه ۳)؛ ۴≤mCd<۸ درجه آلودگی بالا (طبقه ۴)؛ ۸≤mCd<۱۶ درجه آلودگی بسیار بالا (طبقه ۵)؛ ۱۶≤mCd<۳۲ آلودگی شدیدا زیاد (طبقه ۶) و اگر میزان شاخص mCd≥۳۲ باشد بیانگر آلودگی با درجه مافوق زیاد (طبقه ۷) فلزات در رسوبات منطقه است (۲۱).

د) شاخص بار آلودگی (Pollution Load Index (PLI))

این شاخص جهت تعیین سطح آلودگی ارائه شده است و می‌تواند تخمینی از سطح آلودگی فلزات را در اختیار قرار دهد. این شاخص از طریق حاصل ضرب شاخص‌های آلودگی فلزات به‌صورت معادله ۴ قابل محاسبه است.

$$\mathrm{PLI} = \sqrt[4]{\mathrm{CF_{Pb}} \times CF_{Cr} \times \mathrm{CF_{Zn}} \times \mathrm{CF_{Cu}}} \quad (۴)$$

که در معادلات ۱ و ۴، CF: فاکتور آلودگی، C_i: غلظت فلزات سنگین در نمونه رسوب و C_n: میزان فراوانی فلز مورد نظر در زمینه محلی است. مقادیر شاخص بار آلودگی از صفر (غیر آلوده) تا ۱۰ بسیار آلوده تغییر می‌کنند که به‌طور معمول مقادیر کوچکتر از ۱ نشان دهنده عدم آلودگی و مقادیر بزرگتر از ۱ نشان‌دهنده آلودگی نسبت به فلزات سنگین است (۲۲).

- ارزیابی خطر اکولوژیکی فلزات سنگین در منطقه مورد مطالعه

شاخص ارزیابی خطر اکولوژیکی اولین بار توسط هاکنسون (۱۹۸۰) به منظور ارزیابی خطر آلودگی رسوبات بوسیله فلزات سنگین استفاده گردید. براساس میزان سمیت فلزات، روش‌های اصلاحی بوسیله محققان مختلفی همچون Yi و همکاران (۲۰۱۱) و Wang و همکاران (۲۰۱۳) بکار گرفته شده است (۲۳، ۲۴). براساس رویکرد Hakanson (۱۹۸۰) فاکتور پاسخ سمیت برای فلزات جیوه، کادمیوم، مس، سرب، نیکل، کروم و روی به ترتیب برابر ۴۰، ۳۰، ۵، ۵، ۵، ۲ و ۱ است. در این پژوهش، پتانسیل خطر اکولوژیکی براساس معادلات ۵ و ۶ محاسبه گردید (۸).

$$E_r^i = \frac{C^i}{C_0^i} \times T_r^i \quad (۵)$$

$$RI = \sum_{i=1}^{4} E_r^i \quad (۶)$$

در معادلات ۵ و ۶، E_r^i: شاخص پتانسیل خطر اکولوژیکی، C^i و $C_.^i$ به ترتیب مقدار اندازه گیری شده در محیط (رسوب) و مقدار طبیعی عنصر (Background value)، T_r^i : برابر فاکتور پاسخ سمیت فلز است.

در صورتی‌که RI<۱۵۰ باشد میزان خطر پایین؛ اگر ۱۵۰≤RI<۳۰۰ میزان خطر متوسط؛ اگر ۳۰۰≤RI<۶۰۰ خطر قابل ملاحظه (زیاد) و اگر RI ≥ ۶۰۰ خطر خیلی زیاد ارزیابی می‌گردد. همچنین در صورتی‌که E_r^i <۴۰ باشد میزان خطر پایین؛ ۴۰≤ E_r^i <۸۰ خطر متوسط؛ ۸۰ ≤ E_r^i < ۱۶۰ خطر قابل ملاحظه؛ ۱۶۰ ≤ E_r^i < ۳۲۰ میزان خطر زیاد و اگر E_r^i ≥ ۳۲۰ باشد میزان خطر خیلی زیاد در نظر گرفته می‌شود.

- ارزیابی سمیت فلزات (Potential Acute Toxicity)

جهت ارزیابی میزان سمیت فلزات سنگین در رسوبات از

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2022-01-28]

شاخص پتانسیل سمیت حاد فلزات استفاده شد. در واقع شاخص پتانسیل سمیت حاد رسوب را می‌توان به‌صورت مجموع واحدهای سمی ارزیابی و برآورد نمود. در این شاخص واحد سمی یا ((Toxicity Unite (TU به‌صورت نسبت غلظت فلز مورد نظر به مقدار PEL (Probable Effect Level) آن فلز محاسبه می‌گردد (معادله ۷). مقدار PEL بیانگر سطح غلظت بالای مواد شیمیایی است که می‌تواند باعث ایجاد عوارض نامطلوب در رسوبات منطقه گردد. مقدار PEL برای فلزات سرب، نیکل، روی و مس به ترتیب برابر ۱۱۲، ۴۲/۸، ۲۷۱ و ۱۰۸ است (۲۵).

$$TU = \frac{\text{Metals}}{\text{PEL}} \qquad (۷)$$

همچنین قابل ذکر است از $\sum TU$ می‌توان به‌منظور ارزیابی سمیت حاد مجموع چند فلز، در نمونه مورد نظر استفاده کرد. در این صورت چنانچه مقادیر $\sum TU$ بیشتر از ۴ باشد سمیت حاد وجود دارد، و اگر $\sum TU$ کمتر از ۴ باشد سمیت وجود ندارد (۲۵).

- شاخص ارزیابی خطر اصلاح شده (Modified hazard quotient (mHQ)

شاخص ارزیابی خطر اصلاح شده (mHQ) ابزاری است که درجه و میزان خطر هر فلز برای محیط‌های آبی و موجودات زنده را تعیین می‌کند. در حقیقت شاخص mHQ به‌منظور ارزیابی آلودگی رسوبات منطقه، از مقایسه غلظت فلزات در رسوب با توزیع اثرات سینوپتیک اکولوژیکی نامطلوب برای سطوح آستانه کمی، حد مجاز یا آستانه اثر (Threshold Effect Level (TEL)، حد احتمال اثر (Probable Effect Level (PEL) و سطح اثر شدید (Sever Effect Level (SEL) به‌دست می‌آید (۲۶)، این شاخص از معادله ۸ محاسبه می‌گردد (میزان TEL برای سرب، نیکل، مس و روی به ترتیب برابر ۳۵، ۱۸، ۳۵/۷ و ۱۲۵) است (۲۷).

$$mHQ = \left[C_i \left(\frac{1}{TEL_i} + \frac{1}{PEL_i} + \frac{1}{SEL_i}\right)\right]^{\frac{1}{2}} \qquad (۸)$$

در این معادله: C_i غلظت فلز اندازه‌گیری شده در نمونه رسوب، TEL، PEL و SEL است. براساس مقادیر کمی شاخص ارزیابی خطر اصلاح شده، اگر $mHQ \geq ۳/۵$ باشد آنگاه رسوبات شدیدا آلوده (خیلی شدید) درنظر گرفته می‌شوند؛ اگر $۳ \leq mHQ < ۳/۵$ آلودگی خیلی زیاد؛ $۲/۵ \leq mHQ < ۳$ آلودگی زیاد؛ $۲ \leq mHQ < ۲/۵$ آلودگی قابل ملاحظه؛ $۱/۵ \leq mHQ < ۲$ آلودگی متوسط؛ $۱ \leq mHQ < ۱/۵$ آلودگی پایین؛ $۰/۵ \leq mHQ < ۰$ آلودگی خیلی پایین و در صورتی‌که $mHQ < ۰/۵$ باشد بیانگر عدم وجود آلودگی یا آلودگی ناچیز در رسوبات منطقه است (۲۶).

یافته‌ها

محدوده تغییرات غلظت (حداقل و حداکثر غلظت) چهار فلز سنگین اندازه‌گیری شده در رسوبات کف رودخانه سزار در استان لرستان برحسب (mg/kg) در جدول ۱ آورده شده است. همچنین توالی میانگین غلظت کلی فلزات سنگین در رسوبات به‌ترتیب به‌صورت (نیکل> روی> مس> سرب) به‌دست آمد (جدول ۱). همچنین مقایسه میانگین کلی غلظت فلزات در ایستگاه‌های مختلف بیانگر این موضوع است. برای سرب بیشترین میزان غلظت در ایستگاه ۱۴ به میزان ۱۱/۱۵ mg/kg و برای نیکل، روی و مس در ایستگاه شماره سه به ترتیب به‌میزان ۱۱۰/۱۳، ۱۳/۴۲ و ۵۶/۴۴ mg/kg به‌دست آمد.

- نتایج شاخص‌های محیط زیستی

نتایج بررسی فاکتور آلودگی (CF) فلزات سنگین در رسوبات ایستگاه‌های مختلف رودخانه نشان داد ضریب و درجه آلودگی (Cd) فلزات سرب، مس و روی در همه ایستگاه‌ها در طبقه آلودگی کم قرار دارند. اما در خصوص فلز نیکل میزان فاکتور آلودگی در محدوده ۲/۲۰-۰/۷۴ یعنی در دو طبقه پایین و متوسط بوده است (جدول ۲). همچنین یافته‌های بررسی درجه آلودگی فلزات مورد مطالعه در ایستگاه‌های مختلف نشان داد درجه آلودگی در منطقه پایین بوده است. همچنین نتایج حاصل از بررسی شاخص آلودگی اصلاح شده (mCd) نشان داد، وضعیت آلودگی رسوبات منطقه از نظر غلظت فلزات

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2022-01-28]

جدول ۱- میانگین غلظت فلزات مورد بررسی در ایستگاه‌های مختلف (mg/kg)

پارامتر / ایستگاه	Pb	Ni	Cu	Zn	TOC
۱	۲/۲۹	۴۶/۴۴	۴/۴۰	۳۴/۰۸	۱/۹۳
۲	۳/۸۳	۴۸/۲۹	۳/۶۸	۴۵/۹۴	۱/۹۴
۳	۹/۶۳	۱۱۰/۱۳	۱۳/۴۲	۵۶/۴۴	۱/۸۱
۴	۵/۸۶	۹۴/۸۱	۱۰/۷۲	۴۹/۷۴	۱/۸۳
۵	۴/۰۵	۶۵/۰۳	۵/۴۹	۳۸/۰۸	۱/۹۵
۶	۶/۴۲	۸۲/۴۴	۸/۴۸	۴۳/۳۲	۱/۸۳
۷	۳/۳۸	۶۲/۳۷	۷/۱۵	۳۳/۰۷	۱/۸۹
۸	۸/۸۶	۷۱/۱۰	۷/۹۲	۳۴/۴۱	۱/۸۹
۹	۸/۰۳	۶۱/۸۹	۶/۵۵	۳۳/۰۰	۱/۸۹
۱۰	۲/۱۵	۳۷/۲۴	۳/۷۵	۲۳/۵۵	۱/۹۴
۱۱	۲/۲۷	۷۰/۱۲	۸/۰۰	۳۵/۶۷	۱/۸۷
۱۲	۴/۴۸	۷۳/۶۱	۸/۷۳	۴۰/۵۳	۱/۸۶
۱۳	۵/۵۱	۸۱/۲۱	۹/۴۱	۴۰/۸۹	۱/۷۸
۱۴	۱۱/۲۵	۹۴/۶۱	۱۲/۶۴	۵۱/۷۴	۱/۷۸
۱۵	۶/۹۲	۷۹/۰۸	۳/۷۷	۴۵/۶۴	۱/۸۱
۱۶	۴/۸۹	۷۱/۱۴	۹/۹۱	۴۴/۰۱	۱/۸۹
میانگین کلی	۵/۶۱±۲/۵	۷۱/۸۴±۱۸/۹۰	۷/۷۵±۳/۰۵	۴۰/۵۶±۲/۰۸	۱/۸۷±۰/۰۵

اندازه‌گیری شده، در طبقه درجه آلودگی بسیار پایین (طبقه ۱) قرار دارد (جدول ۲).

یافته‌های سنجش شاخص بار آلودگی فلزات در رسوبات اندازه‌گیری شده نشان داد مقادیر PLI برای تمام ایستگاه‌ها کمتر از ۱ است. این امر بیانگر عدم آلودگی منطقه به فلزات سنگین است و همچنین بیشترین میزان بار آلودگی رودخانه در ایستگاه شماره ۳ و ۱۴ به میزان یکسان برابر ۰/۶۴ به‌دست آمد (جدول ۳).

- ارزیابی خطر اکولوژیکی (Er) فلزات سنگین در منطقه مورد مطالعه

نتایج بررسی خطر اکولوژیکی (Er) و محیط زیستی (RI) فلزات سنگین در جدول ۴ آورده شده است. به‌طور کلی این یافته‌ها نشان می‌دهد اکثر ایستگاه‌های مورد بررسی، از نظر خطر اکولوژیکی فلزات سنگین در طبقه خطر پایین قرار دارند (خطر اکولوژیکی هر فلز کمتر یا مساوی ۴۰). به‌علاوه روند تغییرات خطر کلی فلزات منطقه به‌ترتیب نیکل > سرب> مس > روی ارزیابی گردید (جدول ۴).

-شاخص پتانسیل سمیت حاد فلزات و ارزیابی خطر اصلاح شده (mHQ)

یافته‌های حاصل از بررسی پتانسیل سمیت حاد فلزات سنگین در رسوبات رودخانه سزار نشان داد میزان پتانسیل سمیت فلزات در همه ایستگاه‌های مورد مطالعه کمتر از ۴ بوده که این امر نشان از عدم وجود سمیت حاد در رسوبات منطقه است (جدول ۵). همچنین نتایج شاخص ارزیابی خطر اصلاح شده فلزات برای فلز سرب نشان داد میزان ارزیابی خطر اصلاح شده در طبقه خیلی پایین و ناچیز؛ میزان مس طبقه پایین و ناچیز؛ فلز روی در طبقه خیلی پایین قرار دارند. علاوه براین نتایج نشان داد برای فلز نیکل میزان شاخص ارزیابی خطر اصلاح شده در رسوبات در طبقه آلودگی متوسط تا آلودگی قابل ملاحظه بوده است (جدول ۵).

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2022-01-28]

جدول ۲- نتایج محاسبه شاخص‌های فاکتور آلودگی، درجه آلودگی و درجه آلودگی اصلاح شده مربوط به فلزات اندازه‌گیری شده در رسوبات سطحی منطقه

ایستگاه	فاکتور آلودگی				درجه آلودگی
	Pb	Ni	Cu	Zn	
۱	۰/۱۱	۰/۹۳	۰/۱۰	۰/۳۶	۱/۵۰
۲	۰/۱۹	۰/۹۷	۰/۰۸	۰/۴۸	۱/۷۲
۳	۰/۴۳	۲/۲۰	۰/۳۰	۰/۵۹	۳/۵۳
۴	۰/۲۹	۱/۹۰	۰/۲۴	۰/۵۲	۲/۹۵
۵	۰/۲۰	۱/۳۰	۰/۱۲	۰/۴۰	۲/۰۳
۶	۰/۳۲	۱/۶۵	۰/۱۹	۰/۴۵	۲/۶۰
۷	۰/۱۷	۱/۲۵	۰/۱۶	۰/۳۵	۱/۹۲
۸	۰/۴۴	۱/۴۲	۰/۱۸	۰/۳۶	۲/۴۰
۹	۰/۴۰	۱/۲۴	۰/۱۵	۰/۳۵	۲/۱۳
۱۰	۰/۱۱	۰/۷۴	۰/۰۸	۰/۲۵	۱/۱۸
۱۱	۰/۱۶	۱/۴۰	۰/۱۸	۰/۳۸	۲/۱۲
۱۲	۰/۲۲	۱/۴۷	۰/۱۹	۰/۴۳	۲/۳۲
۱۳	۰/۲۸	۱/۶۲	۰/۲۱	۰/۴۳	۲/۵۴
۱۴	۰/۵۶	۱/۸۹	۰/۲۸	۰/۵۴	۲/۲۸
۱۵	۰/۳۵	۱/۵۸	۰/۰۸	۰/۴۸	۲/۴۹
۱۶	۰/۲۴	۱/۴۲	۰/۲۲	۰/۴۶	۲/۳۵
شاخص آلودگی اصلاح شده	۰/۲۸	۱/۴۴	۰/۱۷	۰/۴۳	-

جدول ۳- نتایج بررسی شاخص بار آلودگی رسوبات سطحی رودخانه سزار در ایستگاه‌های مختلف

ایستگاه	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶
PLI	۰/۲۵	۰/۲۹	۰/۶۴	۰/۵۱	۰/۳۴	۰/۴۶	۰/۳۳	۰/۴۵	۰/۴۰	۰/۲۰	۰/۳۵	۰/۴۱	۰/۴۵	۰/۶۴	۰/۳۹	۰/۴۳

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2022-01-28]

جدول ۴- نتایج مقادیر شاخص خطر اکولوژیکی (Er) و خطر محیط زیستی (RI) فلزات اندازه‌گیری شده در رسوبات سطحی مورد مطالعه

ایستگاه	Er				`RI
	Pb	Ni	Cu	Zn	
۱	۰/۵۷	۲/۶۴	۰/۴۹	۰/۳۶	۶/۰۶
۲	۰/۹۶	۴/۸۳	۰/۴۱	۰/۴۸	۶/۶۸
۳	۲/۱۶	۱۱/۰۱	۱/۴۹	۰/۵۹	۱۵/۲۶
۴	۱/۴۶	۹/۴۸	۱/۱۹	۰/۵۲	۱۲/۶۶
۵	۱/۰۱	۶/۵۰	۰/۶۱	۰/۴۰	۸/۵۳
۶	۱/۶۱	۸/۲۴	۰/۹۴	۰/۴۵	۱۱/۲۴
۷	۱/۸۴	۶/۲۴	۰/۷۹	۰/۳۵	۸/۲۲
۸	۲/۲۲	۷/۱۱	۰/۸۸	۰/۳۶	۱۰/۵۷
۹	۲/۰۱	۶/۱۹	۰/۷۳	۰/۳۵	۹/۲۷
۱۰	۰/۵۴	۳/۷۲	۰/۴۲	۰/۲۵	۴/۹۳
۱۱	۰/۸۲	۷/۰۱	۰/۸۹	۰/۳۸	۹/۰۹
۱۲	۱/۱۲	۷/۳۶	۰/۹۷	۰/۴۳	۹/۸۸
۱۳	۱/۳۸	۸/۱۲	۱/۰۵	۰/۴۳	۱۰/۹۷
۱۴	۲/۸۱	۹/۴۶	۱/۴۰	۰/۵۴	۱۴/۲۲
۱۵	۱/۷۳	۷/۹۱	۰/۴۲	۰/۴۸	۱۰/۵۴
۱۶	۱/۲۲	۷/۱۱	۱/۱۰	۰/۴۶	۹/۹۰
مجموع	۲۲/۴۶	۱۱۴/۹۵	۱۳/۷۸	۶/۸۳	۱۵۸/۰۲

بحث

با توجه به اهمیت، خطرات بهداشتی و اکولوژیکی فلزات سنگین در محیط زیست و تاثیرپذیری موجودات زنده بوم‌سازگان‌های مختلف بویژه محیط‌های آبی به این آلاینده‌ها، سنجش و ارزیابی غلظت آنها در سطوح مختلف بوم‌سازگان‌های آبی به‌منظور ارزیابی خطرات و تهدیدات انسانی آنها از ملاحظات محیط زیستی مرتبط محسوب می‌شود. در این راستا سنجش و آنالیز کیفیت رسوبات نقش مهمی را در ارزیابی وضعیت آلودگی در اکوسیستم‌های آبی دارد. از طرفی از آنجا که رسوبات دائما آلاینده‌ها را جذب کرده و توانایی ته نشین کردن آلودگی‌های فلزی انتقال یافته از محیط‌های خشکی به ستون آب را دارا هستند شاخص محیطی بسیار مناسبی هستند که به شدت تحت تاثیر آلودگی‌های شدید ناشی از فعالیت‌های انسانی و تا حدودی طبیعی قرار دارند (۲۸).

به‌طور کلی توالی میانگین غلظت فلزات در رسوبات رودخانه به ترتیب به صورت (نیکل> روی > مس > سرب) به‌دست آمد. به‌گونه‌ای که میانگین کلی غلظت فلزات نیکل، سرب، مس و روی به ترتیب برابر ۱۸/۹۰±۷۱/۸۴، ۲/۰۸±۴۰/۵۶، ۳/۰۵±۷/۷۵ و ۲/۵±۵/۶۱ mg/kg به‌دست آمد. ورود فاضلاب و رواناب شهری و روستایی، گسترش فعالیت‌های انسانی نظیر

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2022-01-28]

جدول ۵- نتایج مقادیر شاخص پتانسیل سمیت حاد فلزات و ارزیابی خطر اصلاح شده (mHQ) در رسوبات سطحی مورد مطالعه

ایستگاه	پتانسیل سمیت حاد فلزات					ارزیابی خطر اصلاح شده(mHQ)			
	Pb	Ni	Cu	Zn	∑TU	Pb	Ni	Cu	Zn
۱	۰/۰۲	۱/۰۹	۰/۰۴	۰/۱۳	۱/۲۷	۰/۲۶	۱/۷۳	۰/۵۶	۰/۶۶
۲	۰/۰۳	۱/۱۳	۰/۰۳	۰/۱۷	۱/۳۷	۰/۳۴	۱/۷۶	۰/۵۱	۰/۷۷
۳	۰/۰۸	۲/۵۷	۰/۱۲	۰/۲۱	۲/۹۸	۰/۵۱	۲/۶۶	۰/۹۸	۰/۸۶
۴	۰/۰۵	۲/۲۲	۰/۱۰	۰/۱۸	۲/۵۵	۰/۴۲	۲/۴۷	۰/۸۸	۰/۸۰
۵	۰/۰۴	۱/۵۲	۰/۰۵	۰/۱۴	۱/۷۵	۰/۳۵	۲/۰۵	۰/۶۳	۰/۷۰
۶	۰/۰۶	۱/۸۳	۰/۰۸	۰/۱۶	۲/۲۲	۰/۴۴	۲/۳۱	۰/۷۸	۰/۷۴
۷	۰/۰۳	۱/۴۶	۰/۰۷	۰/۱۲	۱/۶۸	۰/۳۲	۲/۰۱	۰/۷۲	۰/۶۶
۸	۰/۰۸	۱/۶۶	۰/۰۷	۰/۱۳	۱/۹۴	۰/۵۱	۲/۱۴	۰/۷۵	۰/۶۷
۹	۰/۰۷	۱/۴۵	۰/۰۶	۰/۱۲	۱/۷۰	۰/۴۹	۲/۰۰	۰/۶۹	۰/۶۵
۱۰	۰/۰۲	۰/۸۷	۰/۰۳	۰/۰۹	۱/۰۱	۰/۲۵	۱/۵۵	۰/۵۲	۰/۵۵
۱۱	۰/۰۳	۱/۶۴	۰/۰۷	۰/۱۳	۱/۸۷	۰/۳۱	۲/۱۳	۰/۷۶	۰/۶۸
۱۲	۰/۰۴	۱/۷۲	۰/۰۸	۰/۱۵	۱/۹۹	۰/۳۶	۲/۱۸	۰/۷۹	۰/۷۳
۱۳	۰/۰۵	۱/۹۰	۰/۰۹	۰/۱۵	۲/۱۸	۰/۴۰	۲/۲۹	۰/۸۲	۰/۷۳
۱۴	۰/۱۰	۲/۲۱	۰/۱۲	۰/۱۹	۲/۶۲	۰/۵۸	۲/۴۷	۰/۹۵	۰/۸۲
۱۵	۰/۰۶	۱/۸۵	۰/۰۳	۰/۱۷	۲/۱۱	۰/۴۵	۲/۲۶	۰/۵۲	۰/۷۷
۱۶	۰/۰۴	۱/۶۶	۰/۰۹	۰/۱۶	۱/۹۶	۰/۳۸	۲/۱۴	۰/۸۴	۰/۷۶

ساخت‌وساز، فعالیت‌های کشاورزی و صنعتی، ماهیگیری و گردشگری از عوامل موثر بر محیط زیست رودخانه و در نتیجه ورود آلاینده‌های فلزات سنگین است. Jiang و همکاران در سال ۲۰۱۳ غلظت فلزات سنگین کادمیوم، سرب، مس و روی را در رسوبات رودخانه Xiawangang (کشور چین) ناشی از ورود فاضلاب‌ها، فاضلاب‌های شهری و صنعتی حامل این آلاینده‌ها به رودخانه عنوان کردند (۲۹). اصولا فلزات سرب، روی و مس دارای کاربرد فراوانی در محیط‌های شهری، کشاورزی و صنعتی هستند، که از طریق رواناب و پساب‌های شهری و صنعتی وارد محیط‌های آبی می شوند و در طی فرایندهای مختلف در رسوبات تجمع می‌یابند (۱۶).

در بین فلزات اندازه‌گیری شده بیشترین غلظت اندازه‌گیری شده مربوط به فلز نیکل بوده که از میانگین پوست زمین (۱۰ mg/kg) هم بیشتر بود. نیکل از جمله فلزات مهم آلاینده محیط زیست است که می‌تواند از منابع نقطه‌ای و غیر نقطه‌ای مختلف نظیر صنایع مرتبط با نفت و پتروشیمی، فاضلاب شهری و روستایی وارد اکوسیستم‌های آبی گردد (۱، ۳۰)، و قسمت اعظم آن به‌صورت کلوئیدی است و شدیدا در

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2022-01-28]

رودخانه‌هــا و مصب‌ها رســوب می‌کند. در ایــن راستا با توجه بــه عدم وجود صنایــع مرتبط با نفــت و پتروشیمی در منطقه وجود نیکل می‌تواند ناشی از ورود فاضلاب شهری، کشاورزی و روستایی و یا ناشی از تاثیر فاکتورهای محیطی و زمین شناسی بستــر و اطراف رودخانه و کانی شناســی منطقه باشد (۳۱). از منابــع دیگر نیکل در منطقه می‌توان به کاربرد کودهای فسفره در مزارع کشــاورزی اطراف رودخانــه و در نتیجه انتقال آن از طریق رواناب به بستر رودخانه و رسوب‌گذاری اشاره نمود (۳۲، ۳۳).

اگرچه مقایسه غلظــت فلزات محیط‌های مختلف به‌دلیل وجود تفاوت‌هــا در ساختار و دانه‌بندی رسوبــات، نوع منبع آلاینده و مقدار مواد آلی امری دشوار و باید در این خصوص این ارزیابی‌ها و مقایسات محتاط بود، اما نتایج حاصل از مقایسه غلظت فلزات رودخانــه سزار با سایــر بوم‌سازگان آبی نشــان می‌دهد غلظت فلزات در رسوبات این رودخانه‌ها در محدوده مقادیر اندازه‌گیری شــده در مطالعات مشابه صورت گرفتــه در سایر مناطق جهان اســت که بستــه به نوع فلز و محل اندازه‌گیــری ممکن است از غلظــت فلز اندازه‌گیری شده کمتر یا بیشتر باشد (جدول ۶). از مهمتریــن دلایل این موضوع می‌توان بــه عوامل مختلفی نظیر خصوصیات و یا پارامترهای فیزیکی- شیمیایی محیط رودخانه، دانه‌بنــدی و اندازه ذرات، میزان مــواد آلی، نوع منابع آلاینده و میــزان آلاینده ورودی در محل و زمان‌های مختلف اشاره نمود (۳۱). از جملــه این مطالعات می‌توان به مطالعه Fu و همکاران (۲۰۱۶) که به بررسی غلظت فلزات سنگین نیکل، روی، سرب و مــس در رسوبات رودخانه Jialu کشور چین پرداختند اشاره نمود (۱۵). همچنین Mortazavi و همکار (۲۰۱۸) میانگین غلظت فلزات سرب، مس و روی را در رسوبات رودخانه بشار در طــی دو فصل تر و خشک به‌ترتیب به میزان ۱۲/۲۳، ۲۶/۹۳ و ۳۹/۸۸؛ ۱۴/۴۵، ۳۹/۲ و mg/kg ۴۶/۱۶ به‌دست آوردند (۱۶) همانطــور که مشاهده می‌شــود بسته به نوع فلز و زمان و مکان مطالعه غلظت فلزات نسبت به مطالعه حاضر ممکن است بیشتر یا کمتر باشد.

جدول ۶- مقایسه میانگین غلظت کلی فلزات (mg/kg) مورد مطالعه با برخی از رودخانه‌های ایران و جهان

مکان / پارامتر		Pb	Cu	Zn	Ni	رفرنس
رودخانه سوارناموخی، هند		۲۷/۰۶	۱۰۸/۳	۴۰/۹۳	۶	(۳۴)
رودخانه کارنافولی بنگلادش		۴۳/۶۹	ND*	ND*		(۸)
رودخانه زرد، چین		۱۷/۱۸	۱۷/۳۴	۲۲/۴۲	–	(۳۵)
رودخانه جایلو، چین		۲۹/۳۵	۳۹/۲۲	۱۰۷/۵۸	۴۲/۴۴	(۱۵)
بشار یاسوج	تابستان	۱۴/۴۵	۳۹/۲	۴۶/۱۶	–	(۱۶)
	زمستان	۱۲/۲۳	۲۶/۹۳	۳۹/۸۸	–	(۱۶)
میانگین رسوبات جهانی		۱۹	۳۳	۹۵	۷۲	(۳۶)
میانگین پوسته زمین		۱۴	۴۰	۷۵	۱۰۰	(۳۶)
روخانه سزار، لرستان		۵/۶۱±۲/۵	۷/۷۵±۳/۰۵	۴۰/۵۶±۲/۰۸	۷۱/۸۴±۱۸/۹۰	مطالعه حاضر

*ND: غیر قابل ردیابی

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2022-01-28]

از آنجایی‌کـه در بوم‌سازگان‌هـای آبی موجـودات زنده فراوانی در تمـاس با رسوبـات بستر بوده و یـا در آن زندگی می‌کنند، رسوبات می‌توانند به‌عنوان یک مسیر مهم در مواجهه موجودات آبزی به آلاینده‌هـا عمل نمایند. در این راستـا استانداردهایی نظیـر استانداردهـای کیفیت رسـوب کانـادا ((Sediment Quality Guidelines (SQGs) و راهنمای کیفیت رسوب آمریکـا (National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) بـرای رسوبـات تدویـن گردیـده که می‌توان از آنها جهـت درجه‌بندی رسوبات آلوده و نیـز پیش‌بینی احتمال بروز اثرات سـوء زیستی در آبزیانی که در تمـاس با این رسوبات قـرار دارند استفاده نمـود (۳۷). در استانـدارد NOAA دو خطر بـرای آلودگی فلزات در رسوبات بیان شـده است که به‌صـورت ERL (Effect Rang Low) حـدی که کمتـر از ۱۰ درصد جوامـع بیولوژیکی در خطرند و ERM(Effect Range Medium) حـدی که کمتر از ۵۰ درصد جوامع بیولوژیکـی در خطرند ارائه شده است. استاندارد کیفیت رسـوب (SQGs) با دو شاخص TEC (Threshold effect concentration) و PEC (Probable Effect Concentration) بیانگـر آستانـه تاثیـر غلظـت و غلظت موثر نشـان داده می‌شوند. در استانـدارد کیفیت رسوب کانادا دو سطـح LEL (Lowest Effect Level) مشخـص کننده سطحـی از آلودگی است که برای عمـده جانوران کف‌زی قابل تحمل بوده و اثر خاصی در جوامع بیولوژیک مشاهده نمی‌شود، و SEL (Sever Effect Level) نشـان دهنده آلودگی شدید اسـت که سلامت موجودات بنتیک را بـه خطر می‌اندازد و اگر آلودگـی از این حـد بالاتر باشد. باید آزمایشـات دقیق سمیت رسوب تعیین گـردد (۳۸). در مطالعه حاضـر میانگین غلظت فلـزات سرب، مس و روی در رسوبات رودخانه سزار در مقایسه بـا استانداردهـای ERL، ERM، TEC، LEL کمتر بود، این امـر نشان‌دهنده عـدم آلودگی جدی منطقه بـه سرب، مس و روی بـرای موجودات زنده بوده است. اما بالا بودن مقادیر نیکل نسبت بـه استانداردهای بیان شده در ایـن بوم‌سازگان نشانگر پتانسیـل تاثیـر منفی آن بـر روی جانوران کـف‌زی آن و در نتیجه زنجیره غذایی کف‌زی ایـن بوم سازگان‌ها است (جدول ۷). همچنین با توجه بـه موقعیت رودخانه‌های مذکور و وجود فعالیت‌های گسترده انسانی در محدوده و نواحی اطراف منطقه مورد مطالعه نظیر پروژه‌های متعدد کشاورزی، صنعتی، شهری و ... سایر پروژه‌های در دست اجرا و در نتیجه بار آلودگی ناشی از فعالیت‌هـای مربوطه، اتخاذ راهکارهای مناسبی که بتواند در جهت کمک به کاهش آلاینده‌ها موثر باشد، ضروری است.

جدول ۷- مقایسه میانگین غلظت کلی فلزات سرب، کروم، مس و روی (mg/kg) با استانداردهای NOAA و SQGs

پارامتر / استاندارد	Pb	Cu	Zn	Ni	رفرنس
Metal background guidelines	۵	۱۵	۱۰۰	۱۰	(۳۸)
ERL	۴۷	۳۴	۱۵۰	۲۰/۹	(۳۷)
ERM	۲۱۸	۲۷۰	۴۱۰	۵۱/۶	(۳۷)
TEC	۳۸/۸	۳۱/۶	۱۲۱	۳۵	(۳۷)
PEC	۱۲۸	۱۴۹	۴۵۹	۹۳/۳	(۳۹)
LEL	۳۱	۱۶	۱۲۰	۱۶	(۴۰ ,۳۹)
SEL	۲۵۰	۱۱۰	۸۲۰	۷۵	(۳۸)
رودخانه سزار، لرستان	۵/۶۱±۲/۵	۷/۷۵±۳/۰۵	۴۰/۵۶±۲/۰۸	۷۱/۸۴±۱۸/۹۰	مطالعه حاضر

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2022-01-28]

- شاخص‌های محیط زیستی

ارزیابی وضعیت آلودگی رسوبات بستر ایستگاه‌های مختلف رودخانه بر مبنای فاکتور آلودگی (CF) فلزات حاکی از آن بود میزان آلودگی فلزات سرب، مس و روی پایین بوده، اما وضعیت آلودگی نیکل در رسوبات در دو طبقه پایین و متوسط قرار داشت. که این امر نشان دهنده وجود منابع تولید این آلاینده (اعم از طبیعی و انسانی) در منطقه و خطر احتمالی آن برای موجودات زنده را دارد. به‌علاوه بررسی درجه آلودگی (Cd) و شاخص آلودگی اصلاح شده (mCd) فلزات مورد مطالعه در ایستگاه‌های مختلف نشان داد درجه آلودگی در منطقه پایین بوده و از نظر شاخص آلودگی اصلاح شده وضعیت آلودگی رسوبات در طبقه درجه بسیار پایین آلودگی قرار دارد. این مطلب بیانگر تاثیر منابع انسانی است، چرا که این فلزات بیشتر از تخلیه پساب‌های صنعتی، خانگی و رواناب شهری ناشی می‌شوند (۴۱). شاخص بار آلودگی (PLI) فلزات به‌طور گسترده‌ای به‌عنوان یک شاخص جامع اکولوژیکی در ارزیابی کیفیت رسوبات به‌کار گرفته می‌شود (۴۰). یافته‌ها نشان داد محدوده تغییرات مقدار این شاخص در نمونه‌های رسوب رودخانه کمتر از مقدار واحد (کمتر از ۱) بوده است. این موضوع نشان‌دهنده عدم آلودگی منطقه به فلزات سنگین و سمیت پایین آنها است. مقادیر بالای PLI نشان از پیشرفت شرایط بد آلودگی و در نتیجه کیفیت پایین رسوبات رودخانه به‌علت حضور فلزات سنگین دارد.

ارزیابی خطر اکولوژیکی (Er) و محیط‌زیستی فلزات سنگین (RI)، رسوبات رودخانه را در تمام ایستگاه‌ها در ارتباط با چهار فلز بررسی شده در طبقه خطر اکولوژیکی پایین دسته‌بندی کرد. همچنین براساس محاسبات صورت گرفته بیشترین و کمترین خطر اکولوژیکی به‌ترتیب مربوط به فلز نیکل و روی در رودخانه است. همچنین تحلیل شاخص خطر محیط زیستی این فلزات نشان داد براساس مقادیر به‌دست آمده (کمتر از ۱۵۰) خطر محیط زیستی این فلزات در رسوبات رودخانه پایین است، که این یافته‌ها با نتایج Mortazavi و همکار (۲۰۱۸) تقریبا مطابقت دارد (جدول ۴) (۱۶). یافته‌های بررسی پتانسیل سمیت حاد فلزات سنگین در رسوبات رودخانه سزار حاکی از آن است که میزان پتانسیل سمیت حاد فلزات در همه ایستگاه‌های مورد مطالعه کمتر از ۴ بوده که این امر نشان از عدم وجود سمیت حاد در رسوبات منطقه است. همچنین نتایج شاخص ارزیابی خطر اصلاح شده (mHQ) فلزات حاکی از آن بود برای فلز سرب میزان ارزیابی خطر اصلاح شده در طبقه خیلی پایین و ناچیز؛ میزان مس در طبقه پایین و ناچیز؛ فلز روی در طبقه خیلی پایین قرار دارند. علاوه براین نتایج نشان داد برای فلز نیکل میزان شاخص ارزیابی خطر اصلاح شده در رسوبات در طبقه آلودگی متوسط تا آلودگی قابل ملاحظه بوده است که این امر نشان از خطر این فلز برای موجودات زنده رودخانه‌های مذکور دارد. مطالعات متعدد حاکی از آن است فلزاتی نظیر نیکل و سرب از عوامل موثر در بیماری‌های خاص در انسان مانند مشکلات کلیوی، کبدی، سرطان و غیره هستند. این فلزات می‌توانند عملکرد اکولوژیکی منطقه‌ای را که دارای غلظت بالایی هستند را تحت تاثیر قرار دهند (۲). از این‌رو کاهش سطوح فلزات سنگین در محیط و ارزیابی غلظت آنها در اندام‌های مختلف موجودات زنده بویژه زنجیره غذایی بوم‌سازگان‌های آبی مورد استفاده انسان به منظور جلوگیری از خطر بالقوه این آلاینده‌ها در محیط زیست باید مورد توجه قرار گیرد. همچنین قابل ذکر است با توجه به محدودیت‌های زمانی و مالی، همچنین نبود پیشینه مطالعاتی در منطقه جهت مقایسه نتایج و ارزیابی روند تغییرات میزان فلزات سنگین در طول زمان، عدم مطالعه سایر بخش‌های بوم‌سازگان نظیر آب، موجودات زنده گیاهی و جانوری پیشنهاد می‌شود مطالعه جامعی در خصوص منشایابی فلزات سنگین در منطقه و همچنین ارزیابی خطر سلامتی ناشی از آنها بواسطه مصرف موجودات آبزی رودخانه و تولیدات کشاورزی منطقه صورت گیرد.

نتیجه گیری

مطالعه حاضر به منظور اندازه‌گیری غلظت فلزات سنگین سرب، نیکل، مس و روی و ارزیابی سمیت و خطر اکولوژیکی آنها در رسوبات سطحی رودخانه سزار استان لرستان، و دو سرشاخه آن (ماربره و تیره) صورت گرفت. براساس یافته‌های موجود می‌توان

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2022-01-28]

نتیجه گرفت اگرچه میزان آلودگی فلزات رسوبات رودخانه‌های مذکور از نظر پتانسیل سمیت حاد، خطر اکولوژیکی، بار آلودگی در وضعیت آلودگی پایین قرار دارند. اما توسعه صنایع مختلف اعم از کشاورزی، صنعت و حمل و نقل در محدوده رودخانه و ورود فاضلاب شهری و روستایی تصفیه نشده به این رودخانه‌ها موجب نگرانی است. همچنین، براساس نتایج بررسی ارزیابی خطر اصلاح شده (mHQ)، فاکتور آلودگی فلزات در رسوبات و پیش‌بینی احتمال بروز اثرات سوء آنها بر موجودات زنده با استفاده از شاخص‌های فاکتور آلودگی و معیارها کیفیت رسوب SQGs و NOAA می‌توان نتیجه گرفت، بالا بودن مقادیر نیکل نسبت به استانداردهای ERL، ERM، TEC، LEL در رسوبات سطحی رودخانه در کنار میزان آلودگی متوسط آن در این بوم‌سازگان نشان دهنده پتانسیل تاثیر منفی آن بر روی جانوران کف‌زی این بوم‌سازگان آبی و در نتیجه زنجیره غذایی کف زی آن خواهد بود. لذا این امر لزوم پایش مداوم رسوبات رودخانه و موجودات زنده آن را به منظور ارزیابی خطر سلامتی و اکولوژیکی آن می‌طلبد.

ملاحظات اخلاقی

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

تشکر و قدردانی

در انجام این پژوهش از آقای مهندس میرشاولد، خانم مهندس بهاره روزبهانی و خانم مهندس فرناز محمودی به‌ترتیب ریاست آزمایشگاه مرکزی و کارشناسان محترم آن در دانشگاه ملایر کمال تشکر را دارد.

References

1. Khan MYA, Gani KM, Chakrapani GJ. Spatial and temporal variations of physicochemical and heavy metal pollution in Ramganga River—a tributary of River Ganges, India. Environmental Earth Sciences. 2017;76(5):231.
2. Nazarpour A, Ghanavati N, Babaenejad T. Evaluation of the level of pollution and potential ecological risk of some heavy metals in surface soils in the Ahvaz oil-field. Iranian Journal of Health and Environment. 2017;10(3):391-400 (in Persian).
3. Pandey S, Parvez S, Sayeed I, Haque R, Bin-Hafeez B, Raisuddin S. Biomarkers of oxidative stress: a comparative study of river Yamuna fish Wallago attu (Bl. & Schn.). Science of the Total Environment. 2003;309(1-3):105-15.
4. Rajeshkumar S, Li X. Bioaccumulation of heavy metals in fish species from the Meiliang Bay, Taihu Lake, China. Toxicology Reports. 2018;5:288-95.

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2022-01-28]

5. Hatami Manesh M, Mirzaei M, Gholamali Fard M, Riyahi Bakhtiyari AR, Sadeghi M. Evaluation of copper, zinc, and chromium concentration in landfill soil and hospital waste ash of Shahrekord municipal solid waste landfill. Iranian Journal of Health and Environment. 2015;8(1):57-66 (in Persian).
6. Egila J, Daniel V. Trace metals accumulation in freshwater and sediment insects of Liberty Dam, Plateau State Nigeria. International Journal of Basic and Applied Sciences. 2011;11:128-40.
7. Obasohan E, Oronsaye J, Eguavoen O. A comparative assessment of the heavy metal loads in the tissues of a common catfish (Clarias gariepinus) from Ikpoba and Ogba Rivers in Benin City, Nigeria. African Scientist. 2008;9:13-23.
8. Ali MM, Ali ML, Islam MS, Rahman MZ. Preliminary assessment of heavy metals in water and sediment of Karnaphuli River, Bangladesh. Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management. 2016;5:27-35.
9. Wu Q, Zhou H, Tam NF, Tian Y, Tan Y, Zhou S, et al. Contamination, toxicity and speciation of heavy metals in an industrialized urban river: implications for the dispersal of heavy metals. Marine Pollution Bulletin. 2016;104(1-2):153-61.
10. Li H, Shi A, Zhang X. Particle size distribution and characteristics of heavy metals in road-deposited sediments from Beijing Olympic Park. Journal of Environmental Sciences. 2015;32:228-37.
11. Kongchouy N, Dean JR. Bioaccessibility of heavy metals in the seaweed Caulerpa racemosa var. corynephora: Human health risk from consumption AU - Intawongse, Marisa. Instrumentation Science & Technology. 2018;46(6):628-44.
12. Liu L, Wang L, Yang Z, Hu Y, Ma M. Spatial and temporal variations of heavy metals in marine sediments from Liaodong Bay, Bohai Sea in China. Marine Pollution Bulletin. 2017;124(1):228-33.
13. Gargouri D, Gzam M, Kharroubi A, Jedoui Y. Use of sediment quality indicators for heavy metals contamination and ecological risk assessment in urbanized coastal zones. Environmental Earth Sciences. 2018;77(10):381.
14. 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).
15. Fu J, Zhao C, Luo Y, Liu C, Kyzas GZ, Luo Y, et al. Heavy metals in surface sediments of the Jialu River, China: their relations to environmental factors. Journal of Hazardous Materials. 2014;270:102-109.
16. 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.
17. Pouladvand M, Fereidouni FA, Seyfabadi SJ, Ahmadi MR. The Study of lymphology and large-scale demographic structure -sezar invertebrates (Dorud region) as an indicator of biology (production potential) and water pollution. 4th Conference of Geology and the Environment; 2008; Iran (in Persian).
18. Yap C, Ismail A, Tan S, Omar H. Correlations between speciation of Cd, Cu, Pb and Zn in sediment and their concentrations in total soft tissue of green-lipped mussel Perna viridis from the west coast of Peninsular Malaysia. Environment International. 2002;28(1-2):117-26.
19. Muller G. Index of geoaccumulation in sediments of the Rhine River. Geojournal. 1969;2:108-18.
20. Hakanson L. An ecological risk index for aquatic pollution control. A sedimentological approach. Water Research. 1980;14(8):975-1001.
21. Abrahim G. Holocene sediments of Tamaki Estuary: Characterisation and impact of recent human activity on an urban estuary in Auckland, New Zealand [dissertation]. Auckland: University of Auckland; 2005.
22. Al-Taani AA, Batayneh AT, El-Radaideh N, Ghrefat H, Zumlot T, Al-Rawabdeh AM, et al. Spatial distribution and pollution assessment of trace metals in surface sediments of Ziqlab Reservoir, Jordan. Environmental Monitoring and Assessment. 2015;187(2):32.
23. Yi Y, Yang Z, Zhang S. Ecological risk assessment

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2022-01-28]

of heavy metals in sediment and human health risk assessment of heavy metals in fishes in the middle and lower reaches of the Yangtze River basin. Environmental Pollution. 2011;159(10):2575-85.
24. Wang J, Liu W, Yang R, Zhang L, Ma J. Assessment of the potential ecological risk of heavy metals in reclaimed soils at an opencast coal mine. Disaster Advances. 2013;6(S3):366-77.
25. Pedersen F, Bjørnestad E, Andersen HV, Kjølholt J, Poll C. Characterization of sediments from Copenhagen Harbour by use of biotests. Water Science and Technology. 1998;37(6-7):233-40.
26. Benson NU, Adedapo AE, Fred-Ahmadu OH, Williams AB, Udosen ED, Ayejuyo OO, et al. A new method for assessment of sediment-associated contamination risks using multivariate statistical approach. MethodsX. 2018;5:268-76.
27. MacDonald DD, Ingersoll CG, Berger T. Development and evaluation of consensus-based sediment quality guidelines for freshwater ecosystems. Archives of Environmental Contamination and Toxicology. 2000;39(1):20-31.
28. Zhang L, Liao Q, Shao S, Zhang N, Shen Q, Liu C. Heavy metal pollution, fractionation, and potential ecological risks in sediments from Lake Chaohu (Eastern China) and the surrounding rivers. International Journal of Environmental Research and Public Health. 2015;12(11):14115-31.
29. Jiang M, Zeng G, Zhang C, Ma X, Chen M, Zhang J, et al. Assessment of heavy metal contamination in the surrounding soils and surface sediments in Xiawangang River, Qingshuitang District. PLOS One. 2013;8(8):e71176.
30. Haritonidis S, Malea P. Seasonal and local variation of Cr, Ni and Co concentrations in Ulva rigida C. Agardh and Enteromorpha linza (Linnaeus) from Thermaikos Gulf, Greece. Environmental Pollution. 1995;89(3):319-27.
31. Bilos C, Colombo JC, Presa MJ. Trace metals in suspended particles, sediments and Asiatic clams (Corbicula fluminea) of the Río de la Plata Estuary, Argentina. Environmental Pollution. 1998;99(1):1-11.
32. Alahabadi A, Malvandi H. Contamination and ecological risk assessment of heavy metals and metalloids in surface sediments of the Tajan River, Iran. Marine Pollution Bulletin. 2018;133:741-49.
33. Mirzaei M, Solgi E. Evaluation of heavy metals concentration (cadmium, copper, manganese, nickel, lead and zinc) in sediments of Zayandehrood River. Journal of Research in Environmental Health. 2016;1(4):251-65 (in Persian).
34. Patel P, Raju NJ, Reddy BSR, Suresh U, Sankar D, Reddy T. Heavy metal contamination in river water and sediments of the Swarnamukhi River Basin, India: risk assessment and environmental implications. Environmental Geochemistry and Health. 2018;40(2):609-23.
35. 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;144:264-72.
36. Karimi M, Ghasempour Shirazi SMR. The geochemical distribution and the degree of pollution of heavy metals (lead, zinc, nickel, chromium, and arsenic) inediments Kour River (South Marvdasht). Journal of Applied Geology. 2012;8(2):133-45 (in Persian).
37. Long ER, Macdonald DD, Smith SL, Calder FD. Incidence of adverse biological effects within ranges of chemical concentrations in marine and estuarine sediments. Environmental Management. 1995;19(1):81-97.
38. Niu H, Deng W, Wu Q, Chen X. Potential toxic risk of heavy metals from sediment of the Pearl River in South China. Journal of Environmental Sciences. 2009;21(8):1053-58.
39. Persaud D, Jaagumagi R, Hayton A. Guidelines for the Protection and Management of Aquatic Sediment Quality in Ontario. Toronto, Canada: Ontario Ministry of the Environment and Energy: 1993.
40. Shyleshchandran MN, Mohan M, Ramasamy EV.

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2022-01-28]

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.

41. Mortazavi S, Saberinasab F. Concentration zoning and ecological risk assessment of heavy metals in sediments of the Meigan Wetland. Ecohydrology. 2017;4(2):533-45 (in Persian).

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2022-01-28]

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

Original Article

Evaluation of toxicity and ecological risk assessment of heavy metals in surface sediments of Sezar River, Lorestan Province

S Mortazavi*, M Hatami-Manesh, F Joudaki

Department of Environmental Science, Faculty of Natural Resources and Environments, Malayer University, Hamedan, Iran

ARTICLE INFORMATION:

Received: 07 October 2018
Revised: 25 December 2018
Accepted: 31 December 2018
Published: 12 March 2019

Keywords: Ecological risk, Acute toxicity, Modified hazard quotient, Heavy metals, Seazr River

***Corresponding Author:**
mortazavi.s@gmail.com

ABSTRACT

Background and Objective: Considering the toxicity, health and ecological hazards of heavy metals in the environment and the impact on organisms, it looks essential to measure and evaluate their concentrations at the various levels in indigineous ecological strctures. The present study evaluated the concentration of Lead, Nickel, Copper and Zinc and their ecological risk assessment in surface sediments of Sezar River in Lorestan province.

Materials and Methods: 16 stations along the Sezar River were selected for sampling. After preparation and acid digestion of the samples, the concentrations of these metals were determined by Atomic absorbtion.

Results: The average total concentration of the detected metals Ni, Zn, Cu and Pb in the sediment was 71.84 > 40.56> 7.75 > 5.61 mg/kg, respectively. In addition, the evaluation of the Potential acute toxicity, ecological risk, and Pollution Load Index represented a low pollution in the sediments. The environmental risk of the metals in the sediment was evaluated as: Ni> Pb> Cu> Zn. The findings showed that among metals, the contamination factor and modified hazard quotient (mHQ) for nickel was moderate and in the mediun to severe pollution level to the contamination, respectively.

Conclusion: According to the results, it can be concluded that Potential acute toxicity, pollution and ecological risk in the region for investigated metals were low. However, a rapid expansion of various human activities in the area and the pollution of nickel in the river along with the probability of its biological effects require continuous monitoring of the river in order to assess the health risk and its ecological risk.

Please cite this article as: 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.

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2022-01-28]