مجله مهندسی بهداشت محیط، بهار۱۴۰۲، سال ۱۰، شماره ۳: ۲۵۹-۲۷۵

ارزیابی سلامت اکوسیستم آبی زاینده رود

ثمر مرتضوی[۱]، گلنار مخفی*[۲]، اکرم کریمی[۳]، سیاوش رضازاده[۳]، محمد پارسی مهر[۴]

[۱] استادیار گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران
[۲] گروه محیط‌زیست ملایر، دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران
[۳] گروه محیط‌زیست ملایر، دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران
[۴] دانشجوی دکتری آلودگی محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۱/۰۲/۰۲، تاریخ پذیرش:۱۴۰۲/۰۳/۰۶

چکیده

زمینه و هدف: آلاینده‌های فلزات سنگین در رودخانه‌ها یکی از نگرانی‌های جدی محیط زیستی در اکوسیستم‌های آبی است و رسوبات به عنوان یک شناساگر محیطی، توانایی قابل قبولی در بیان میزان آلودگی محیط به فلزات سنگین دارند. بنابراین با هدف ارزیابی سلامت اکوسیستم آبی به بررسی آلودگی، با استفاده از شاخص‌های رسوب پرداختیم.

مواد و روش‌ها: در این پژوهش از رسوبات رودخانه‌ی زاینده رود در ۱۷ ایستگاه نمونه‌برداری شد و فلزات سرب، روی، آهن، کادمیوم، کبالت، نیکل، مس و کروم به روش هضم اسیدی و اندازه‌گیری با دستگاه جذب اتمی مورد بررسی قرار گرفت. همچنین شاخص‌های زمین انباشتگی، شاخص آلودگی نمرو و پتانسیل خطر اکولوژیکی محاسبه گردید.

یافته‌ها: میانگین غلظت فلزات در رسوبات به ترتیب آهن۱۷۶۲/۹۲، نیکل۲۰۱/۵۲، روی ۴۴/۰۷، کبالت ۲۳/۳۶، مس ۲۸/۶۷، سرب۱۱/۵۱، کروم ۱۰/۱۰۹ و کادمیوم۰/۸۷ برحسب mg/kg بدست آمد. براساس شاخصIgeo، میانگین غلظت عناصر کروم، آهن، مس، روی و سرب در تمام ایستگاه‌ها از میانگین پوسته زمین پایین‌تر و غلظت نیکل و کادمیوم در تمام ایستگاه‌ها بالاتر از مقدار پس‌زمینه، شناسایی شدند. در همه ایستگاه‌ها نیز شاخص پتانسیل خطر اکولوژیکی کادمیوم نسبت به سایر عناصر، بیشتر است.

نتیجه‌گیری: با توجه به وضعیت رسوبات رودخانه به لحاظ آلودگی به کادمیوم و خطر اکولوژیکی بسیار بالای آن و همچنین میزان نیکل، لازم است پایش رودخانه و موجودات زنده آن به منظور ارزیابی خطر سلامتی و اکولوژیکی آن، به صورت جامع و با رویکرد بررسی روند تغییرات مکانی و زمانی آلودگی فلزات سنگین در آب و رسوبات رودخانه مورد توجه قرار گیرد.

واژه های کلیدی: آلودگی رسوبات، شاخص زمین انباشتگی، شاخص آلودگی نمرو ، پتانسیل خطر اکولوژیکی.

* گروه محیط‌زیست ملایر، دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران
نویسنده مسئول: makhfi_g@yahoo.com-شماره تماس:۰۹۱۸۳۱۲۴۷۲۱

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-09-11]

[DOI: 10.61186/jehe.10.3.259]

مقدمه

فلزات سنگین به دلیل ماندگاری، سمیت محیطی بالا، تجمع زیستی در اکوسیستم‌های آبی یک نگرانی اساسی هستند [۱،۲]. آلودگی فلزات سنگین ممکن است از منابع طبیعی مانند هوازدگی سنگ یا فعالیت‌های انسانی از قبیل استخراج کانی‌های فلزی، کارخانه‌های مربوط به فلزات، استفاده از کود و سموم دفع آفات کشاورزی، فاضلاب های تصفیه نشده ناشی شود [۳،۴]. فلزات سنگین ناشی از منابع انسانی، متحرک و قابل دسترس هستند و از این رو خطرات بیشتری برای سلامت انسان و محیط زیست ایجاد می‌کنند [۵،۶]. فلزات سنگین آزاد شده از فعالیت‌های مختلف صنعتی در نهایت به محیط به ویژه آب‌های سطحی وارد می‌شوند [۷]. بنابراین با افزایش روند صنعتی شدن، میزان آلودگی فلزات سنگین به میزان قابل توجهی نیز افزایش یافته است [۸،۹]. رسوبات رودخانه‌ها تمایل به انباشت فلزات سنگین داشته که منبع بالقوه ثانویه‌ای از آلودگی فلزات سنگین در محیط-های آبی تحت پوشش خود می‌باشند [۱۰]. رسوب به عنوان یک جز مهم در اکوسیستم رودخانه‌ها، هم به عنوان یک مخزن و هم به عنوان یک منبع فلزات سنگین عمل می‌کند [۱۱، ۱۲] و هنگامی که شرایط فیزیکوشیمیایی یا هیدرولوژیکی تغییر می-کند، ممکن است فلزات سنگین از حالت رسوب خارج و مجدداً معلق شوند تا باعث آلودگی ثانویه در بدنه آبی گردند [۱۳]. فلزات سنگین می‌توانند با اجزا و ترکیبات مختلف محیط‌های آبی واکنش دهند و با فازهای مختلف ژئوشیمیایی در رسوبات ترکیب شوند [۱۴]. بنابراین با توجه به نقش و عملکرد رسوبات به عنوان محل تجمع، ذخیره و منبع تولید آلاینده‌های مختلف نظیر فلزات سنگین و همچنین نقش آنها در زندگی موجودات زنده، ارزیابی غلظت، میزان سمیت و خطر اکولوژیکی آنها (Ecological Risk) در رسوبات محیط های آبی مختلف ضروری است.

رسوبات به عنوان یک شناساگر محیط زیستی به طور گسترده‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرند و توانایی آن‌ها در بیان میزان آلودگی محیط به فلزات سنگین به خوبی مشخص شده است. در این راستا در سال‌های اخیر مطالعات فراوانی در زمینه تعیین غلظت و آلودگی فلزات سنگین رسوبات محیط‌های آبی بخصوص رودخانه‌ها در کشورهای مختلف و از جمله ایران انجام شده است. از جمله این پژوهش‌ها می‌توان به ارزیابی خطر اکولوژیکی(ER) فلزات سنگین در رسوبات رودخانه بشار یاسوج [۱۵]، بررسی غلظت فلزات سنگین (سرب،کادمیوم و مس) در رسوبات سطحی سواحل جزر ومدی بندر دیلم – خلیج فارس [۱۶]، تعیین روند آلودگی فلزات سنگین در آبهای سطحی و رسوبات رودخانه Houjing در یک منطقه بسیار صنعتی [۱۷]، اشاره نمود.

رودخانه زاینده‌رود که از کوه‌های زاگرس در استان چهارمحال و بختیاری سرچشمه گرفته و به تالاب گاوخونی در استان اصفهان می‌ریزد، به جهت اهمیت آن در تامین آب کشاورزی، شرب و صنعتی به عنوان شاهرگ حیاتی منطقه مرکزی ایران محسوب می‌شود. این رودخانه به دلیل عبور از مناطق پرجمعیت انسانی و پر تراکم صنعتی و کشاورزی و تاثیر پذیری از ورود سموم کشاورزی و پساب‌های صنعتی و انسانی در مخاطره جدی قرار دارد. بنابراین بررسی مقدار فلزات سنگین و ارزیابی خطر اکولوژیکی(ER) آنها در رسوبات این رودخانه به منظور ارزیابی خطرات احتمالی ناشی از ورود این آلاینده‌ها به آب و زنجیره غذایی ضروری است. در این راستا در پژوهش حاضر سعی شده علاوه بر اندازه‌گیری غلظت فلزات سنگین(هشت فلز) در رسوبات بخشی از رودخانه زاینده رود در ۱۷ ایستگاه نمونه برداری، میزان آلودگی و پتانسیل خطر اکولوژیکی آنها با استفاده از شاخص‌های محیط زیستی مورد ارزیابی قرار گیرد. همچنین منشأیابی آن‌ها با استفاده از تکنیک-های آماری انجام شود. نتایج این مطالعه علاوه بر مشخص کردن وضعیت فعلی رودخانه به لحاظ آلودگی، می‌تواند به عنوان داده های پایه در برنامه‌های پایش و ارزیابی جامع روند مکانی و

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-09-11]

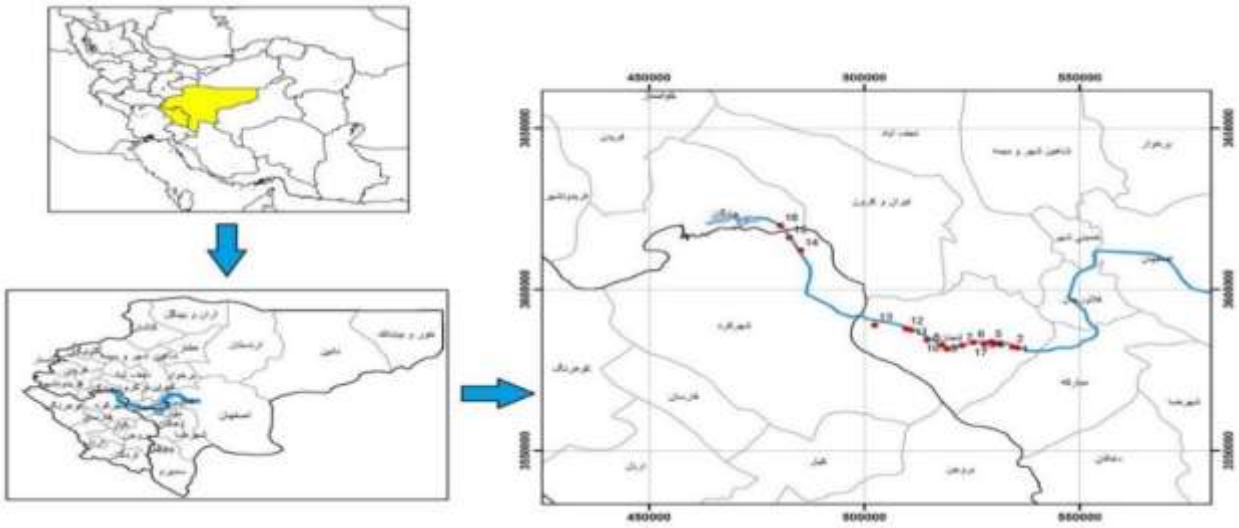
[DOI: 10.61186/jehe.10.3.259]

زمانی آلودگی فلزات سنگین در آینده در محدوده مورد مطالعه، مورد استفاده پژوهشگران و برنامه ریزان قرار گیرد.

مواد و روش ها

منطقه مورد مطالعه و داده های مورد استفاده

در این پژوهش آلودگی رسوبی رودخانه زاینده‌رود مورد بررسی قرار گرفت. این مسیر از پایین سد چادگان شروع می‌شود و به محل ورودی آب به شهرستان مبارکه می‌رسد. قسمتی از مسیر رودخانه دراستان اصفهان که شامل شهرستان-های چادگان و لنجان است و بخش دیگر آن در استان چهار محال بختیاری در شهرستان شهرکرد قرار دارد. از نظر محدود جغرافیایی منطقه مورد مطالعه در ´۲۲/۶۹۶ °۵۱ طول شرقی و ´۲۲/۴۷۱ °۳۲ عرض شمالی تا ´۴۷/۵۴۹ °۵۰ طول شرقی و ´۴۲/۹۹۷ °۳۲ عرض شمالی قرار گرفته است.



شکل ۱ - موقعیت رودخانه مورد مطالعه

نمونه برداری و آماده‌سازی نمونه‌ها

نحوه نمونه برداری به صورت سیستماتیک- تصادفی می‌باشد. جهت آماده‌سازی نمونه‌های رسوب ابتدا آنها را هوا خشک کرده تا وزن ثابتی پیدا کردند سپس نمونه‌ها را در یک هاون سنگی کوبیده تا به صورت پودر در آورده شوند و در نهایت نمونه‌های پودر شده رسوب ابتدا از الک مش ده (دو میلی‌متر) و در مرحله‌ی بعد از الک مش ۲۳۰ (۶۳ میکرون) عبور داده شدند. در این روش دو گرم از هرنمونه خشک شده (رسوب) توسط ترکیبی از اسید نیتریک، اسید پرکلریک و اسید کلریدریک به نسبت ۴:۴:۱۲ در دستگاه هضم‌کننده[1] ابتدا در دمای پایین (۴۰ درجه) به مدت ۱ ساعت و سپس در دمای ۱۴۰ درجه به مدت ۳ ساعت هضم می‌گردد. سپس نمونه‌ها با کاغذ فیلتر واتمن[2] شماره ۱ فیلتر شده و محلول صاف شده در ظروف پلی‌اتیلنی مخصوص در یخچال نگهداری و در نهایت نمونه‌ها با دستگاه جذب

۱- Hot block digester
۲- Whatman

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-09-11]

[DOI: 10.61186/jehe.10.3.259]

اتمی مدل Analiticaljena Contra700 [۳] آنالیز می شوند [۱۸].

شاخص کیفیت رسوبات

الف) شاخص زمین انباشتگی

شاخص زمین انباشتگی اولین بار توسط مولر معرفی شده است (۱۹۶۹) که روشی متداول برای تخمین شدت آلودگی رسوبات خاک و گرد و غبار به فلزات سنگین می‌باشد. و از تقسیم غلظت فلزات سنگین در نمونه به غلظت زمینه آن فلز، بدست می‌آید [۱۹].

$$I_{geo} = log_2\left(\frac{C_n}{1.5B_n}\right) \quad (۱)$$

در این معادله؛ Igeo : شاخص انباشت ژئوشیمیایی یا شاخص شدت آلودگی در رسوبات، Cn: غلظت فلز سنگین در رسوب و Bn : غلظت زمینه (غلظت عنصر در شیل)است. ضریب ۱/۵ به منظور کمینه کردن اثر تغییر احتمالی در غلظت‌های زمینه که بطور عمومی به تغییرات سنگ شناسی رسوبات و تاثیر عوامل زمینی نسبت داده می‌شود، منظور شده است [۲۰،۲۱]. رده بندی مربوط به شاخص شدت آلودگی مولر در جدول ۱ آمده است.

جدول۱- طبقه بندی درجه آلودگی براساس شاخص شدت آلودگی مولر

وضعیت آلودگی رسوبات	درجه آلودگی	مقادیرIgeo
غیرآلوده	۰	۰
غیرآلوده تا آلودگی متوسط	۱	۱ - ۰
آلودگی متوسط	۲	۲ - ۱
آلودگی متوسط تا زیاد	۳	۳ - ۲
آلودگی زیاد	۴	۴ - ۳
آلودگی زیاد تا خیلی زیاد	۵	۵ - ۴

۳- Atomtic Absorption Spectroscopy (AAS)

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-09-11]

[DOI: 10.61186/jehe.10.3.259]

ب) فاکتور آلودگی

اصـــولا مقادیر ضـــریب آلودگی و درجه آلودگی به ترتیب می‌توانند توصـیفی از آلودگی مربوط به عنصـر سـنگین مورد بررسی و آلودگی محیط را ارائه دهد. در این رابطه Mx غلظت عنصـــر در نمو نه و Mb غل ظت ه مان فلز در ماده مرجع (میانگین شیل) می‌باشد که بیان کننده رابطه زیر است [۲۲].

$$C_f = \frac{M_x}{M_b} \quad (۲)$$

شاخص درجه آلودگی Cd

$$C_d = \sum_{i=1}^{8} C_f^i \quad (۳)$$

Cf: فاکتور آلودگی n: تعداد پارامتر های مورد بررسی [۲۳].

جدول۲- طبقه بندی درجه آلودگی

درجه آلودگی Pollution degree	مقدار ظریب CF	مقدار ظریب Cd	کلاس Class
ضریب آلودگی کم	Cf <۱	Cd <۶	۱
ضریب آلودگی متوسط	۱ ≤ Cf <۳	۶ ≤ Cd <۱۲	۲
ضریب آلودگی زیاد	۳ ≤ Cf <۶	۱۲ ≤ Cd <۲۴	۳

ج) شاخص درجه آلودگی بازبینی شده

CF: فاکتور آلودگی n : تعداد پارامتر های مورد بررسی

$$mC_d = \frac{\sum_{i-1}^{n} C_f^i}{n} \quad (۴)$$

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-09-11]

[DOI: 10.61186/jehe.10.3.259]

جدول۳ – طبقه بندی شاخص درجه آلودگی بازبینی

درجه آلودگی	مقدار ضریب mCd	Class
درجه بسیار پایین از آلودگی	mCd ≤۱/۵	۱
درجه پایین از آلودگی	۱/۵ ≤ mCd <۲	۲
درجه متوسط از آلودگی	۲ ≤ mCd <۴	۳
درجه بالا از آلودگی	۴ ≤ mCd <۸	۴
درجه بسیار بالا از آلودگی	۸ ≤ mCd <۱۶	۵
درجه بشدت بالا از آلودگی	۱۶ ≤ mCd <۳۲	۶
آلودگی با درجه ما فوق بالا	mCd > ۳۲	۷

چ) شاخص پتانسیل خطر زیست محیطی

شاخص ارزیابی پتانسیل خطر زیست محیطی برای اولین بار توسط هاکینسون در سال ۱۹۸۰ ارائه شد. از این شاخص به طور گسترده‌ای برای ارزیابی آلودگی رسوبات استفاده می‌شود [۲۴، ۲۵].

$$E_r^i = T_r^i \times C_f^i = T_r^i \left({C_s^i}/{C_n^i} \right) \quad (۵)$$

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

C_f^i فاکتور آلودگی یک عنصر منفرد، C_n^i مقدار زمینه عنصر، C_s^i مقدار عنصر در نمونه، T_r^i فاکتور سمیت بیولوژیکی یک عنصر منفرد

جدول۴- طبقه بندی شاخص پتانسیل خطر زیست محیطی

شاخص پتانسیل خطر زیست محیطی	Class
RI <۱۵۰	**کم**
۱۵۰ ≤ RI <۳۰۰	**متوسط**
۳۰۰ ≤ RI <۶۰۰	**زیاد**
۶۰۰ ≤ RI	**خیلی زیاد**

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-09-11]

[DOI: 10.61186/jehe.10.3.259]

ح) شاخص غنی شدگی

برای تعیین میزان غنی‌شدگی از فاکتور غنی‌شدگی استفاده می‌شود. این فاکتور نشاندهنده تاثیر عوامل خارجی بر رسوبات است. این شاخص در گروه شاخص‌های تک عنصر می‌باشد، به صورتی که عنصر مورد نظر را نسبت به عنصر زمینه مورد بررسی قرار می‌دهد. در این مطالعه از آهن به عنوان عنصر زمینه استفاده شده است زیرا منبع اصلی آن در خاک و رسوبات به صورت طبیعی وجود دارد. نحوه محاسبه فاکتور غنی شدگی به شرح زیر است:

$$Ef = \frac{\left(\frac{C_i}{C_{ref}}\right)_{Sample}}{\left(\frac{B_n}{B_{ref}}\right)_{Background}} \quad (۷)$$

در این رابطه Ci: غلظت فلز سنگین در رسوبات، Cref: غلظت عنصر مرجع در رسوبات، Bn: غلظت زمینه فلز در میانگین شیل یا رسوبات آلوده نشده و Bref: غلظت زمینه عنصر مرجع در میانگین شیل یا رسوبات آلوده نشده است. طبقه‌بندی این شاخص به شرح زیر است [۲۶].

جدول۵ - طبقه بندی شاخص غنی شدگی

طبقه	EF	طبقه بندی کیفی رسوبات
۱	EF < ۲	عدم غنی شدگی یا حداقل غنی شدگی
۲	۲ < EF <۵	غنی شدگی متوسط
۳	۵ < EF <۲۰	غنی شدگی قابل توجه
۴	۲۰ < EF <۴۰	غنی شدگی بسیار زیاد
۵	۴۰ ≤ EF	به شدت غنی شدگی

خ) شـــاخص آ لودگی نمرو(PInemerow)و شاخص آلودگی اصلاح شده (MPI)

این شاخص در سال ۱۹۹۱ توسط Nemerow ارائه گردید. در سال‌های بعد Brady و همکاران شاخص آلودگی اصلاح شده را معرفی نمودند که باعث بهبود شاخص آلودگی شده است و در محاســبات آن فاکتور غنی شــدگی به جای فاکتور آلودگی بکار می‌رود نحوه محاسبه این دو فاکتور به شرح زیر است.

$$PI = \sqrt{\frac{\left(Cf_{average}\right)^2 + (Cf_{max})^2}{2}} \quad (۸)$$

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-09-11]

[DOI: 10.61186/jehe.10.3.259]

$$MPI = \sqrt{\frac{\left(Ef_{average}\right)^2 + (Ef_{max})^2}{2}} \quad (۹)$$

در این رابطه‌ها Cf average: متوسط آلودگی، Cfmax : فاکتورآلودگی بشینه Ef average : متوسط فاکتورهای غنی‌شدگی و Efmax : فاکتور غنی‌شدگی بیشینه است [۲۷، ۲۸].

تحلیل‌های آماری

در این پژوهش علاوه بر محاسبه شاخص‌های رسوب برای بررسی آماری و تجریه و تحلیل داده‌ها از آزمون‌های آماری همبستگی پیرسون، تحلیل مولفه اصلی و تجزیه خوشه‌ای سلسله مراتبی نیز استفاده شد. به منظور تجزیه مؤلفه‌های اصلی در مرحله اول باید به بررسی و تشخیص مناسب بودن داده‌ها برای تحلیل عاملی پرداخت که می‌توان از روش ضریب KMO استفاده نمود، که مقدار این ضریب همواره بین صفر تا یک می‌باشد. برای اطمینان از مناسب بودن داده ها برای تحلیل عاملی افزون بر اینکه ماتریس همبستگی‌هایی که پایه تحلیل قرار گرفته است از آزمون کرویت بارتلت نیز استفاده شد [۲۹، ۳۰]. در این مطالعه به منظور خوشه‌بندی داده‌ها از روش Ward که براساس میانگین متغیرها در داخل خوشه محاسبه می‌شود و همچنین برای محاسبه فاصله بین دو متغیر از روش مربع فاصله اقلیدسی میانگین استفاده شده است. برای تجزیه و تحلیل داده ها از نرم افزارها Spss، Excel استفاده گردید.

نتایج

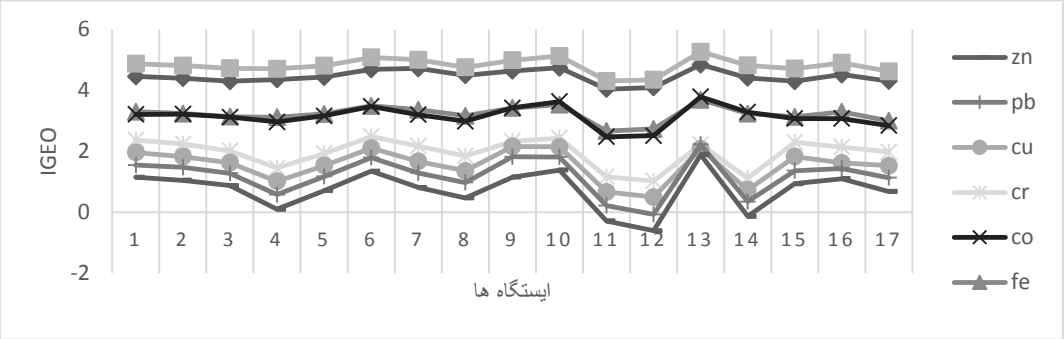
در میان هشت عنصر مورد مطالعه، حداقل میانگین غلظت فلزات در رسوب مربوط به فلز کادمیوم (۰/۰۵±۰/۸۷) و حداکثر میانگین غلظت فلزات مربوط به آهن (۱۰۸/۳۸±۱۷۶۲/۹۲) می‌باشد. روند تغییرات غلظت فلزات سنگین در خاک رودخانه مورد مطالعه به ترتیب آهن> نیکل> روی> مس> کبالت> سرب> کروم> کادمیوم کاهش یافته است. با بررسی شاخص‌های ارائه شده در این مطالعه و اهمیت میانگین غلظت کل عنصر آهن به عنوان عنصری مرجع برای سنجش غنی شدگی فلزی رسوب رودخانه مورد مطالعه، مشخص شد که میانگین غلظت عناصر کروم، آهن، مس، روی و سرب از میانگین پوسته زمین پایین‌تر بود. بیشترین انحراف استاندارد در غلظت عناصر سنگین مربوط به آهن (۱۰۸/۳۸) می‌باشد. مقادیر زیاد انحراف استاندارد نشاندهنده گسترده تغییرات وسیع غلظت‌های فلز در رسوب است.

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-09-11]

[DOI: 10.61186/jehe.10.3.259]

شاخص زمین انباشت ژئوشیمیایی(Igeo)

برا ساس نتایج بد ست آمده شاخص زمین انبا شت برای عنصر روی در ایستگاه‌های ۱۱، ۱۲ و ۱۴ در محدوده زیر صفر قرار دارد. مقدار این شاخص برای عناصر سرب، مس، کروم و روی (در سایر ایستگاه‌ها) در محدود بین ۱ تا ۳ می‌با شد که نشـان‌دهنده‌ی آلودگی متوسـط تا زیاد اسـت. همچنین مقدار شاخص زمین انباشت برای عناصر کبالت و آهن در محدوده ۳ تا ۴ و برای عناصر نیکل و کادمیوم در محدوده ۴ تا ۵ قرار دارند که به‌ترتیب نشادهنده آلودگی زیاد و آلودگی خیلی زیاد می‌باشد (شکل۲).



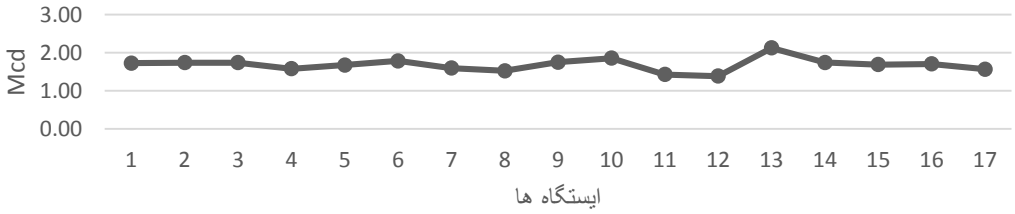
شکل۲ – شاخص زمین انباشت ژئوشیمیایی در ایستگاه‌های مورد مطالعه

فاکتور آلودگی و شاخص درجه آلودگی بازبینی شده Mcd

مطابق نتایج بدســـت آمده فاکتور آلودگی در رودخانه مورد مطالعه برای فلزات نیکل، کادمیوم و کبالت بیشـــتر از یک می‌با شد. بی‌شترین میزان فاکتور آلودگی در ایستگاه‌های ده و سـیزده بوده و مربوط به عنصـر کادمیوم می‌باشـد در رده دوم عنصر نیکل قرار دارد که بی‌شترین میزان فاکتور آلودگی برای این عنصر در ایستگاه‌های سه و سیزده قرار دارد. در شکل ۳ مقادیر شاخص درجه آلودگی بازبینی شده ارائه شده است با توجه به شکل مقدار این شاخص برای ایستگاه سیزده بیشتر از ۲ اســـت که در طبقه متوســـط آلودگی قرار می‌گیرد. ایســـتگاه های یازده و دوازده کمترین مقدار را به خود اختصـــاص داده‌اند و ســـایر ایســـتگاه‌ها در طبقه درجه پایین آلودگی قرار گرفته‌اند.

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-09-11]

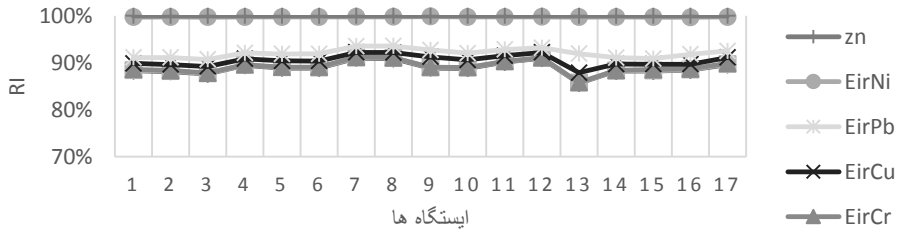
[DOI: 10.61186/jehe.10.3.259]



شکل۳- شاخص درجه آلودگی بازبینی شده در ایستگاه های مورد مطالعه

شاخص پتانسیل خطر زیست محیطی

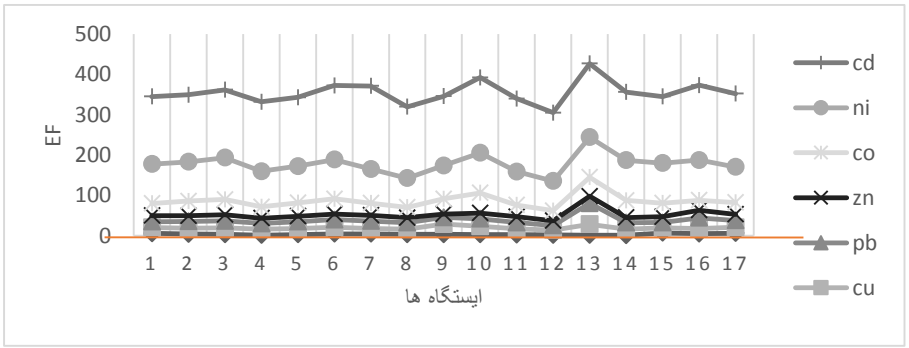
در شکل۴ مقادیر Eir به صورت تجمعی برای عناصر مختلف و مقدار نهایی RI نمایش داده شده است. ایستگاه سیزده دارای بیشترین مقدار و ایستگاه یازده کمترین مقدار به خود اختصاص داده‌اند. در همه ایستگاه‌ها شاخص خطر اکولوژیکی کادمیوم نسبت به سایر عناصر، بیشتر بوده است و تمام ایستگاه‌ها در طبقه متوسط شاخص پتانسیل ریسک اکولوژیک قرار دارند.



شکل۴ – مقادیرتجمعی Eir و مقدار نهایی RI در ایستگاه‌های مورد مطالعه

شاخص غنی شدگی

در شکل۵ شاخص غنی شدگی ارائه شده است این شاخص نیز مانند شاخص آلودگی و شاخص اصلاح شده بر این موضوع تاکید می‌کند که بیشترین میزان آلودگی برای عنصر کادمیوم و نیکل می‌باشد. برای عنصر کبالت در ایستگاه‌های ۱۰، ۱۳ و ۱۴ و همچنین برای عنصر سرب در ایستگاه ۱۴، مقدار این شاخص بیشتر از ۴۰ (بسیار غنی شده) می‌باشد.



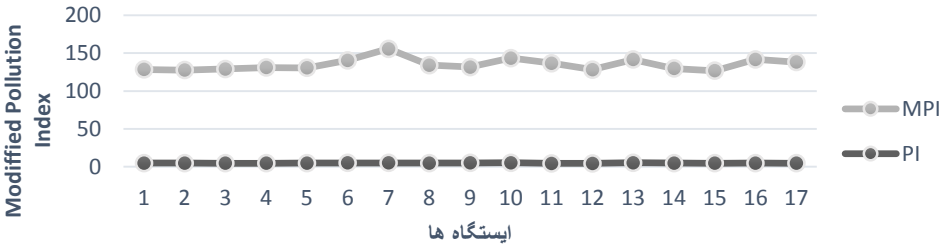
شکل۵ – شاخص غنی‌شدگی در ایستگاه های مورد مطالعه

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-09-11]

[DOI: 10.61186/jehe.10.3.259]

شاخص آلودگی نمرو(PInemerow)و شاخص آلودگی اصلاح شده (MPI)

مطابق با شکل ۶ مقادیر شاخص آلودگی نمرو و شاخص اصلاح شده ارائه شده است که بیشترین مقدار را ایستگاه ۷ و کمترین را ایستگاه شماره ۵ به خود اختصاص داده اند.



شکل۶ - شاخص آلودگی نمرو و شاخص آلودگی اصلاح شده در ایستگاه های مورد مطالعه

تحلیل همبستگی

نتایج آزمون همبستگی پیرسون نشان داد که بین میانگین غلظت عناصر مس و کادمیوم با ضریب همبستگی برابر با ۰/۶۲۲ ، مس و کبالت با ضریب همبستگی برابر با ۰/۷۶۶ ، نیکل و کبالت با ضریب همبستگی برابر با ۰/۶۹۳، روی و سرب با ضریب همبستگی برابر با ۰/۶۰۶، آهن و کبالت با ضریب همبستگی برابر با ۰/۶۲۷ و آهن و نیکل با ضریب همبستگی برابر با ۰/۶۹۳ در سطح معنی دار ۰/۰۱ همبستگی مثبت وجود دارد. همچنین بین میانگین غلظت عناصر کادمیوم و کبالت با ضریب همبستگی برابر با ۰/۵۶۸، سرب و کادمیوم با ضریب همبستگی برابر با ۰/۵۹۶، سرب و کبالت با ضریب همبستگی برابر با ۰/۴۹۳، روی و نیکل با ضریب همبستگی برابر با ۰/۵۹۲ و آهن و مس با ضریب همبستگی برابر با ۰/۵۷۸ در سطح معنی دار ۰/۰۵ همبستگی مثبت وجود دارد.

تحلیل مولفه اصلی

با توجه به اینکه مقدار آماره KMO برابر با ۰/۵۴ است پس داده ها برای انجام تحلیل عاملی مناسب‌اند. همچنین نتایج آزمون کرویت بارتلت نیز معنی‌دار است. پس فرض مخالف تایید می‌شود، بدین معنی که بین متغیرها همبستگی معنی داری وجود دارد. نتایج نشان می‌دهد که در مولفه اول عناصر کادمیوم، کبالت، مس، سرب، نیکل و آهن تاثیر گذار هستند در مولفه دوم کروم و روی و در مولفه سوم آهن موثر است. همچنین مقادیر ویژه برای مولفه‌های ۲،۱ و ۳ به ترتیب ۲/۹۳ ، ۱/۸۷ و ۱/۴۵ می‌با شد که مولفه اول به تنهایی ۳۶/۷ در صد و مولفه دوم ۲۳/۴ درصد و در نهایت مولفه سوم ۱۸/۱ درصد تغییرات را به خود اختصاص داده‌اند.

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-09-11]

[DOI: 10.61186/jehe.10.3.259]

علاوه بر تحلیل مولفه اصلی، در این پژوهش جهت تقسیم متغیرها به گروه‌های متجانس از روش خوشه‌بندی سلسله‌مراتبی HCA استفاده شد. به طوری که متغیرهای هر گروه بیشترین شباهت و متغیرهای گروه‌های مختلف کمترین شباهت را با هم دارند. کمینه نمودن متوسط فاصله بین تمام زوج متغیرها (فلزات سنگین و ایستگاه‌ها) در این پژوهش جهت این آزمون مدنظر قرار گرفت. طبق آنالیز خوشه‌های عناصر به دو گروه عمده تقسیم می شوند: گروه اول شامل عنصر آهن است و گروه دوم شامل سرب، نیکل، روی، کادمیوم، کروم، مس و کبالت است. نتایج نشان می‌دهد که گروه اول دارای منشا زمین‌شناسی هستند و گروه دوم دارای منشا انسانی می‌باشند.

بحث

رودخانهٔ زاینده رود شریان حیاتی برای استان اصفهان و فلات مرکزی ایران است. آلوده شدن آب رودخانه با انواع آلوده‌کننده‌های معدنی و آلی و به دنبال آن شوری آب سبب ایجاد خطرات جدی برای سلامت محیط زیست و کشاورزی استان شده است. نتایج این پژوهش که با هدف ارزیابی سلامت اکوسیستم آبی در رودخانه زاینده رود انجام یافت، نشان داد که بیشترین میانگین غلظت مربوط به آهن و کمترین میانگین آن مربوط به کادمیوم می‌باشد. علت این نتیجه می‌تواند به ماهیت متفاوت عناصر مورد مطالعه مربوط گردد. روند تغییرات غلظت فلزات سنگین در رسوب رودخانه مورد مطالعه به ترتیب $Fe > Ni > Zn > Cu > Co > Pb > Cr > Cd$ کاهش یافته است. بیشترین غلظت آهن در ایستگاه ۹ (پارک ساحلی زرین شهر)، روی در ایستگاه ۱۳(قسمت شرق آبگیر بابا شیخ علی) و ۱۶ (رو ستای حجت آباد)، نیکل در ایستگاه‌های ۳(قرق آقا) و ۱۳(قسمت شرق آبگیر بابا شیخ علی)، سرب در ایستگاه ۱۳(قسمت شرق آبگیر بابا شیخ علی)، مس ایستگاه‌های ۱۳و ۹، کروم ایستگاه ۱۵ (رو ستای گرمدره)، کبالت ایستگاه‌های ۱۳ و ۱۰(ورودی آبگیر بابا شیخ علی) و کادمیوم ایستگاه ۱۳ می‌باشد.

بالابودن غلظت عناصر روی، نیکل، سرب، کبالت و کادمیوم در منطقه شرق آبگیر بابا شیخ علی و پارک ساحلی زرین شهر می‌تواند به دلیل برنج کاری در زرین شهر و مجاورت با مجتمع فولاد سبا، ذوب آهن اصفهان و پالایشگاه زغال سنگ اصفهان باشد. در این راستا می‌توان به مطالعه جعفری و همکاران در سال ۱۳۸۸ اشاره نمود که بیان می‌کنند یکی از منابع مهم آلودگی برنج کاری در محدوده زرین شهر می باشد [۳۱]. از سوی دیگر بالا بودن غلظت عنصر کبالت در ورودی آبگیر بابا شیخ علی می‌تواند به دلیل نزدیکی به کارخانه باتری‌سازی باشد. لازم به ذکر است غلظت بالای عنصر روی در منطقه حجت آباد و عنصر کروم در نزدیکی روستای گرمدره به‌دلیل شرایط خاص منطقه که در مجاورت منطقه نظامی قرار دارد، بوده که البته امکان تعیین دقیق منبع آلودگی در این رابطه امکان‌پذیر نمی‌باشد. نتایج بدست آمده با مطالعه چمنی که به ارزیابی آلودگی سرب و کادمیوم در رودخانه زاینده رود در سال ۲۰۲۰ پرداخته است مطابقت دارد. وی بیان می‌کند افزایش قابل توجهی در سطح آلاینده‌های رودخانه مشاهده شد است و برداشت آب برای اهداف کشاورزی و دامداری به طور قابل توجهی خطر آلودگی را در زنجیره غذایی افزایش می‌دهد [۳۲]. از طرف دیگر میرزایی و همکاران در سال ۱۳۹۷ به بررسی نقش کاربری اراضی در کیفیت آب رودخانه زاینده رود پرداختند و نتایج آن‌ها حاکی از ارتباط مستقیم میان کاهش کیفیت آب و افزایش کاربری کشاورزی و فعالیت صنایع در منطقه بود است [۳۳].

بررسی شاخص زمین انباشتگی نشان داد که عنصر کادمیوم در تمام ایستگاه‌ها در وضعیت به شدت آلوده قرار دارد؛ از آنجا که این شاخص در واقع نشان‌دهنده شدت آلودگی می‌باشد می‌توان بیان نمود رودخانه زاینده‌رود از نظر آلودگی به کادمیوم در شرایط بسیار نامناسبی قرار داشته و آلودگی از سد تنظیمی که در واقع بالادست رودخانه قرار دارد، شروع

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-09-11]

[DOI: 10.61186/jehe.10.3.259]

شـــده و با گذر از مناطق مســـکونی و صـــنایع که در امتداد رودخانه قرار دارند، بیشتر می شود. همچنین بررسی شاخص ضریب آلودگی و درجه آلودگی نیز نشان می‌دهد میزان عنصر کادمیوم در تمام ایســـتگاه‌ها در طبقه خیلی آلوده قرار دارد و عنصر نیکل نیز در ایستگاه‌های ۱۳ و ۱۴ در طبقه خیلی آلوده قرار گرفته ا ست، که دلیل آن می‌تواند مجاورت صنایع فولاد سبا و ذوب آهن ا صفهان با شد. برا ساس شاخص پتانسیل خطر اکولوژیکی، در همه ایستگاه‌ها شاخص خطر اکولوژیکی کادمیوم نسبت به سایر عنا صر، بیشتر بوده و تمام ایستگاه‌ها در طبقه متوســط شــاخص پتانســیل ریســک اکولوژیک قرار دارند. نتایج این شاخص‌ها با مطالعه کریمیان و همکاران که در سال ۲۰۲۰، به ارزیابی آلودگی فلزات سنگین در رودخانه زاینده‌رود پرداختند، مطابقت دارد. آنها دو عنصـر کادمیوم و سرب را در ۶ ایستگاه مورد برر سی قرار داده و بیان کردند میانگین غلظت فلزات در تمام ایستگاه‌ها از سطح پس زمینه فراتر رفته است. همچنین شاخص‌های درجه آلودگی و درجه آلودگی ا صلاح شده، آلودگی بسیار بالایی را در منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد [۳۴].

نتایج حاصـــل از تحلیل مولفه اصـــلی نشـــان می‌دهد که بین متغیرها همبســتگی معنی‌داری وجود دارد. همبســتگی معنی‌دار آهن با اغلب عناصـر نیز گویای نقش هیدروکسـیدهای آهن در جذب فلزات سنگین می‌با شد. همچنین نتایج تحلیل خو شه‌ای مبین آن است که در بین فلزات انتخاب شده، Ni، Zn، Cu، Co، Pb، Cr و Cd عمدتاً از فعالیت‌های انسانی(فا ضلاب صنعتی و خانگی و م صرف زیاد کود و سم) ن شأت گرفته‌اند، در حالی که Fe می‌تواند ناشی از انتشار منابع طبیعی باشد.

از بعد دیگر، عنصر کادمیوم توانایی تجمع بالایی در موجودات زنده دارد و آبشـــش، کلیه، مجاری گوارشـــی و کبد اولین اندام‌های هدف برای تجمع کادمیوم هستند و به سبب توانایی تجمع بالا، این ا ندام ها متحمل تغییرات پاتوبیولوژ یک و بافت‌شناسی می‌شوند. به طوری که عروجعلی و همکاران در سال ۱۳۹۲ با برر سی ماهی ا سترلیاد بیان کردند که با افزایش کادمیوم در اب میزان هموگلوبین در خون افزایش یافته که ن شاندهنده اثرات مخرب کادمیوم می‌با شد که در دراز مدت موجب اثرات دائمی بر بافت‌های خون ساز می شود [۳۵]. علاوه بر این در انسان‌ها نیز موجب نار سایی کلیه و کبد می‌گردد و جز مواد سرطان‌زا محسوب می شود. عنصر کبالت یکی از عناصر ضروری بدن انسان است که در ساختار ویتامین B12 حضور دارد. این فلز، سیستم خون‌سازی بدن را تحریک کرده و تولید هموگلوبین را افزایش می‌دهد. با این وجود، قرار گرفتن در معرض مقادیر بالای این فلز، منجر به ایجاد بیماری پلی سیتمی و پا سخ‌های خونی، عصبی و نیز پا سخ‌های ایمنی می شود. همچنین تماس طولانی مدت با کبالت، به صورت خوراکی، موجب افزایش معنی‌داری در مقدار این فلز در کبد، کلیه، شـش، طحال و مغز می‌گردد. سـرب یکی از مهمترین عنا صر سمی ا ست که از طریق خوردن آب و غذا و از راه تنفس وارد بدن می‌شـــود. به محض بلعیدن، این فلز با بیومولکول‌های بدن مانند پروتئین‌ها و آنزیم‌ها به شـــکل ترکیبات بیوتوکسیک پایدار درمی‌آید. در نتیجه ساختار آنها، تغییر کرده و فعل و انفعالات زیسـتی آنها با مشـکل مواجه می شود. آلودگی سرب باعث جلوگیری از سنتز هموگلوبین، آ سیب به عملکرد کلیه‌ها، سیستم باروری، مفا صل، سیستم قلبی‌عروقی، آ سیب حاد و مزمن به سیستم عصبی مرکزی و سـیسـتم عصـبی جانبی می‌شـود. سـرب در گیاهان به طور فیزیکی باعث بلوکه کردن جایگاه جذب بسیاری از یون‌ها در ریـ شه می شود. مهار فتو سنتز علامت شناخته شده سمیت سـرب اسـت. گیاهانی که در معرض سـرب قرار می‌گیرند کاهش میزان فتو سنتز را ن شان می‌دهند که نا شی از تخریب فراســـاختار کلروپلاســـت، جلوگیری از ســـنتز کلروفیل، پلاســـتوکوئینون و کارتنوئیدها، ممانعت از انتقال الکترون و جلوگیری از فعالیت آنزیم‌های چرخه کالوین ا ست. سرب با

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-09-11]

[DOI: 10.61186/jehe.10.3.259]

ایجاد اختلال در جذب فلزات ضـروری مثل منیزیم و آهن مانع از سنتز کلروفیل می شود [۳۶]. روی در درک مزه و طعم، عنصر ضروری به شمار می‌رود و کمبود آن سبب بی‌اشتهایی، اختلال در فعالیت متالوآنزیم‌ها، کمبود رشـد، اعمال بینایی، تاخیر در بهبود زخم‌های بدن، ه ضم غذا، تولید مثل، تنفس، اعمال کلیه و تنظیم قند خون می‌گردد. روی می‌تواند سرعت فعل و انفعال‌های موجود در خاک را کاهش دهد و از آنها جلوگیری کنـد. همچنین اثرات معکوس بر فعـالیـت میکروارگانیسـم‌ها و کرم‌های خاکی دارد و بدین گونه باعث تخریب و آ سیب به مواد ارگانیک می شود [۳۷]. کروم یکی از عناصر معمول کمیاب است و به طور طبیعی در فرم عنصری وجود ندارد و تنها در ترکیبات وجود دارد. کروم شش ظرفیتی دارای سمیت بیشتری نسبت به دیگر اشکال کروم دارد که این به دلیل داشـتن تحرک بالا اسـت. کروم با آماس پوسـت که بیماری آلرژیک در انسان است در ارتباط می باشد [۳۸].

بنابراین با توجه به خ صو صیات عنا صری همچون کادمیوم، کبالت، نیکل، کادمیوم و سرب که توانایی تجمع زیستی آنها به وسیله موجودات آبزی به خوبی تشخیص داده شده است و همچنین اثرات فیزولوژیکی که بر موجودات آبزی و گیاهان می‌گذارند و موجب سمیت و افت کیفیت آنها می شوند. لازم است برای جلوگیری از زوال بیولوژیکی به شناسایی منابعی که تعادل اکولوژیکی را تهدید می‌کند پرداخت و از نقطه نظر سلامت عمومی به آن توجه ویژه‌ای گردد.

نتیجه گیری

با جمع بندی نتایج حاصل از محاسبه شاخص‌های مختلف به نظر می‌رسد، ایستگاه‌های آبگیر بابا شیخ علی، ورودی آبگیر بابا شـیخ علی، پارک سـاحلی زرین شـهر و نقاط نزدیک رو ستاهای حجت آباد و گرمدره در و ضعیت به شدت آلوده قرار دارند و در میان عناصر مورد بررسی عناصر کادمیوم و نیکل بیشترین سهم را در ایجاد آلودگی داشته که دلیل اصلی آن وجود صـنایع مانند ذوب آهن اصـفهان، پالایشـگاه زغال‌سنگ، مجتمع فولاد سبا و باتری سازی می‌باشد. از آنجا که رودخانه زاینده‌رود بزرگ‌ترین رودخانه فلات مرکزی ایران است و در واقع نقطه حیاتی مرکز ایران به شمار می‌رود. زاینده‌رود نقش بسـیار مهم و قابل توجهی در تامین آب روستاها، مزارع، باغ‌ها و زمین‌های کشاورزی دارد. با توجه به وضـعیت رسـوبات رودخانه به لحاظ آلودگی Cd و خطر اکولوژیکی بسـیار بالای آن همچنین میزان Ni، لازم اسـت پایش رودخانه و موجودات زنده آن به منظور ارزیابی خطر سـلامتی و اکولوژیکی آن، به صـورت جامع و با رویکرد بررسی روند تغییرات مکانی و زمانی آلودگی فلزات سنگین در آب و رسوبات رودخانه مورد توجه قرار گیرد.

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-09-11]

[DOI: 10.61186/jehe.10.3.259]

References

1. Zhang C, Yu Z-g, Zeng G-m, et al. Effects of sediment geochemical properties on heavy metal bioavailability. Environment International 2014;73: 270-81.
2. Redwan M, Elhaddad E. Heavy metals seasonal variability and distribution in Lake Qaroun sediments, El-Fayoum, Egypt. Journal of African Earth Sciences 2017;134: 48-55.
3. Ji H, Li H, Zhang Y, et al. Distribution and risk assessment of heavy metals in overlying water, porewater, and sediments of Yongding River in a coal mine brownfield. Journal of Soils and Sediments 2018;18(2): 624-39.
4. Hoang H-G, Chiang C-F, Lin C, et al. Human health risk simulation and assessment of heavy metal contamination in a river affected by industrial activities. Environmental Pollution 2021;285: 117414.
5. Benson NU, Adedapo AE, Fred-Ahmadu OH, et al. New ecological risk indices for evaluating heavy metals contamination in aquatic sediment: A case study of the Gulf of Guinea. Regional Studies in Marine Science 2018;18: 44-56.
6. Zhu F, Qu L, Fan W, et al. Study on heavy metal levels and its health risk assessment in some edible fishes from Nansi Lake, China. Environmental Monitoring and Assessment 2015;187(4): 161.
7. Khadse GK, Patni PM, Kelkar PS, Devotta S. Qualitative evaluation of Kanhan river and its tributaries flowing over central Indian plateau. Environmental Monitoring and Assessment 2008;147(1): 83-92.
8. Vu CT, Lin C, Yeh G, Villanueva MC. Bioaccumulation and potential sources of heavy metal contamination in fish species in Taiwan: assessment and possible human health implications. Environmental Science and Pollution Research 2017;24(23): 19422-34.
9. Ahmed MK, Baki MA, Islam MS, et al. Human health risk assessment of heavy metals in tropical fish and shellfish collected from the river Buriganga, Bangladesh. Environmental Science and Pollution Research 2015;22(20): 15880-90.
10. Nguyen TTH, Zhang W, Li Z, et al. Assessment of heavy metal pollution in Red River surface sediments, Vietnam. Marine Pollution Bulletin 2016;113(1): 513-9.
11. Huang Z, Liu C, Zhao X, et al. Risk assessment of heavy metals in the surface sediment at the drinking water source of the Xiangjiang River in South China. Environmental Sciences Europe 2020;32(1): 23.
12. Pejman A, Nabi Bidhendi G, Ardestani M, et al. A new index for assessing heavy metals contamination in sediments: A case study. Ecological Indicators 2015;58: 365-73.
13. Kouidri M, Dali youcef N, Benabdellah I, et al. Enrichment and geoaccumulation of heavy metals and risk assessment of sediments from coast of Ain Temouchent (Algeria). Arabian Journal of Geosciences 2016;9(5): 354.
14. Rajeshkumar S, Li X. Bioaccumulation of heavy metals in fish species from the Meiliang Bay, Taihu Lake, China. Toxicology Reports 2018;5: 288-95.
15. 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.
16. seiedi j, masavi dehmordi l, khaki e. Survey of Heavy Metals (Cd, Pb and Cu) pollution in Sediment of Deilam Port in Persian Gulf. Journal of Environmental Science and Technology 2022;23(12): 201-10.
17. Hoang H-G, Lin C, Tran H-T, et al. Heavy metal contamination trends in surface water and sediments of a river in a highly-industrialized region. Environmental Technology & Innovation 2020;20: 101043.
18. Solgi E, Beigmohammadi F, Zamanian A. Application of pollution indices to investigate of heavy metals sequestration in soil (Case Study of Nahavand Cement Factory). Applied Soil Research 2020;8(3): 188-201[In Persian].
19. khalili r, zali a, motaghi h. Evaluation of Heavy Metals in Water and Sediments of Haraz River, Using Pollution Load Index (PLI) and Geoaccumulation Index (Igeo). Iranian Journal of Soil and Water Research 2021;52(4): 933-42[In Persian].
20. Muller G. Index of Geoaccumulation in Sediments of the Rhine River. GEO Journal 1969;2: 108 - 18.

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-09-11]

[DOI: 10.61186/jehe.10.3.259]

21. Jaskuła J, Sojka M. Assessment of spatial distribution of sediment contamination with heavy metals in the two biggest rivers in Poland. CATENA 2022;211: 105959.

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

23. Mirzaei M, Marofi S, Solgi E, et al. Ecological and health risks of soil and grape heavy metals in long-term fertilized vineyards (Chaharmahal and Bakhtiari province of Iran). Environmental Geochemistry and Health 2020;42(1): 27-43.

24. Zhang S, Chen B, Du J, et al. Distribution, Assessment, and Source of Heavy Metals in Sediments of the Qinjiang River, China. International Journal of Environmental Research and Public Health 2022;19(15): 9140.

25. Chai L, Li H, Yang Z, et al. Heavy metals and metalloids in the surface sediments of the Xiangjiang River, Hunan, China: distribution, contamination, and ecological risk assessment. Environmental Science and Pollution Research 2017;24(1): 874-85.

26. Oura LE, Kouassi KE, Konan ATS, et al. Spatial distribution of heavy metals in sediments of the Ivory Coastal zone (Toukouzou Hozalem-Assinie) in correlation with anthropic activities. Chemistry and Ecology 2022;38(1): 72-94.

27. Duodu GO, Goonetilleke A, Ayoko GA. Comparison of pollution indices for the assessment of heavy metal in Brisbane River sediment. Environmental Pollution 2016;219: 1077-91.

28. Tahity T, Islam MRU, Bhuiyan NZ, et al. Heavy Metals Accumulation in Tissues of Wild and Farmed Barramundi from the Northern Bay of Bengal Coast, and Its Estimated Human Health Risks. Toxics 2022;10(8): 410.

29. Yan X, An J, Yin Y, et al. Heavy metals uptake and translocation of typical wetland plants and their ecological effects on the coastal soil of a contaminated bay in Northeast China. Science of The Total Environment 2022;803: 149871.

30. Li Y, Ma L, Ge Y, Abuduwaili J. Health risk of heavy metal exposure from dustfall and source apportionment with the PCA-MLR model: A case study in the Ebinur Lake Basin, China. Atmospheric Environment 2022;272: 118950.

31. Jafari J, Anvarifar H, Ghandali M, et al. A Review to Pollution Trend in Zayandeh Roud River. National Conference on Human, Environment and Sustainable Development 1388.

32. Chamani A. Evaluation of Lead and Cadmium Contamination in the Zayandeh Rud River. In: Mohajeri S, Horlemann L, Besalatpour AA, Raber W, editors. Standing up to Climate Change: Creating Prospects for a Sustainable Future in Rural Iran. Cham: Springer International Publishing; 2020. p. 225-38.

33. Mirzayi m, Eisa Sl, RasoolAL SMA. Role of land use in quality of water in Zayanderood River. Water Engineering 1397;11(38): 61-70.

34. Karimian S, Chamani A, Shams M. Evaluation of heavy metal pollution in the Zayandeh-Rud River as the only permanent river in the central plateau of Iran. Environmental Monitoring and Assessment 2020;192(5): 316.

35. Mahboobi Soofiani N, Dorafsahn S. Cadmium sub-lethal concentration effects on the haematological parameters of sterlet (Acipenser ruthenus). Journal of Fisheries Science and Technology 2013;2(2): 11-22.

36. Karimian B, Landi A, Hojati S, Ahadian J. Physicochemical and mineralogical characteristics of dust particles deposited in Ahvaz city. Iranian Journal of Soil and Water Research 2016;47(1): 159-73.

37. Abbasitabar H, Solgi E, Shayesteh K, Mortazavi S. Resources and Chemical Structure of Heavy Metals in Soil and Its Effect on Human Health and the Environment. Human & Environment 2022;20(1): 63-76.

38. Wuana RA, Okieimen FE. Heavy Metals in Contaminated Soils: A Review of Sources, Chemistry, Risks and Best Available Strategies for Remediation. ISRN Ecology 2011;2011: 402647.

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-09-11]

[DOI: 10.61186/jehe.10.3.259]

Journal of Environmental Health Engineering, May 2023; Vol.10, No. 3: 259- 275

Water ecosystem health assessment of Zayandeh Rood River

Samar Mortazavi[1], Golnar Makhfi*[2], Akram Karimi[3], Siavash Rezazadeh[3], Mohamad Parsi Mehr[4]

[1] Assistant Professor, Faculty of Natural Resources and Environment, Malayer University, Malayer, Iran
[2] Department of Environmental Science, Faculty of Natural Resources and Environments, Malayer University, Hamedan, Iran
[3] Department of Environmental Science, Faculty of Natural Resources and Environments, Malayer University, Hamedan, Iran
[4] Ph.D student of Environmental Pollution, Faculty of Natural Resources and Environment ,Malayer University, Malayer, Hamedan, Iran.

Email: *makhfi_g@yahoo.com*

Received: 27 April 2023 , Accepted: 27 May 2023

ABSTRACT

Background: Heavy metal pollutants in rivers are one of the serious environmental concerns in aquatic ecosystems. Sediments, as an environmental indicator, have an acceptable ability to express the degree of environmental pollution with heavy metals. Therefore, with the aim of evaluating the health of the water ecosystem of Zayandeh Rood, we investigated pollution using sediment indicators.

Methods: In this study, the sediments of Zayandeh Rood River were sampled at 17 stations. Metals lead, zinc, iron, cadmium, cobalt, nickel, copper and chromium were measured by acid digestion method with atomic absorption device. Also, land accumulation indices, Nemerow pollution index and ecological risk potential were calculated.

Results: The average concentration of metals in sediments is 1762.92 iron, 201.52 nickel, 44.07 zinc, 23.36 cobalt, 28.67 copper, 11.51 lead, 10.09 chromium, and 0.87 cadmium mg/kg. According to the Igeo index, the average concentration of chromium, iron, copper, zinc and lead elements in all stations was lower than the average of the earth's crust, and the concentration of nickel and cadmium in all stations was higher than the background value. In all stations, the ecological risk potential index of cadmium was higher than other elements.

Conclusion: Considering the condition of river sediments in terms of cadmium and nickel pollution and their very high ecological risk, it is necessary to comprehensively monitor the river and its living organisms. Also, in order to evaluate its health and ecological risk with the approach of examining the trend of spatial and temporal changes, heavy metal pollution in water and river sediments should be taken into consideration.

Keywords: sediment pollution, land accumulation index, Nemerow pollution index, ecological risk potential.

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-09-11]

[DOI: 10.61186/jehe.10.3.259]