# تعیین سطح آلودگی ناشی از فلزات سنگین در آب و رسوبات رودخانه بهمن‌شیر

**آزیتا کوشافر**[۱]
**احمد سواری**[۲*]
**نسرین سخایی**[۳]
**بیتا ارچنگی**[٤]
**فاطمه کریمی اورگانی**[٥]

۱، ۲، ۳، ۴. گروه زیست‌شناسی دریا، دانشکده علوم دریایی و اقیانوسی، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، خرمشهر، ایران
۵. گروه محیط‌زیست، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

***مسئول مکاتبات:**
Savari53@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۴/۲۵
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۰/۱۱
کد مقاله: ۱۳۹۷۰۲۰۴۰۵
**این مقاله برگرفته از رساله دکتری است.**

## چکیده

این تحقیق در سال ۱۳۹۳ باهدف تعیین و مقایسه میزان فلزات سنگین جیوه، کادمیوم، سرب، کبالت و وانادیوم در آب و رسوبات ۵ ایستگاه رودخانه بهمن‌شیر در ماه‌های میانی دو فصل تابستان و زمستان انجام شد. این رودخانه منطقه‌ای مصبی بوده که تابع نوسانات جذر و مدی است و به همین دلیل از ارزش شیلاتی و اکولوژیک بالایی برخوردار است، همچنین مهم‌ترین منبع تأمین آب شرب آبادان و خرمشهر می‌باشد. تحقیقات صورت گرفته نشان داده که این اکوسیستم ازنظر میزان فلزات سنگین در معرض خطر است. سنجش فلزات سنگین به روش جذب اتمی و با کمک دستگاه Perkin Elmer ۴۱۰۰ انجام شد. تجزیه‌وتحلیل داده‌ها به کمک نرم‌افزار SPSS هفده انجام شد و میانگین تیمارها به کمک آنالیز واریانس یک‌طرفه (ANOVA One-way) با یکدیگر مقایسه شدند. نتایج نشان داد بالاترین میانگین میزان کادمیوم، سرب و کبالت در آب در ایستگاه ۵ و جیوه و وانادیوم به ترتیب در ایستگاه‌های ۱ و ۴ در فصل تابستان به دست آمد. بالاترین میزان جیوه، کادمیوم، سرب و کبالت در رسوبات رودخانه در ایستگاه ۱ و وانادیوم در ایستگاه ۲ در فصل تابستان تعیین شد. مقایسه مقادیر به‌دست‌آمده با استانداردها بیانگر بالاتر بودن این فلزات نسبت به استانداردها بوده همچنین نتایج به‌دست‌آمده نشان داد که در آب رودخانه همچنین رسوبات میزان جیوه، سرب، کبالت و وانادیوم در فصل تابستان بالاتر از زمستان بود. دلیل افزایش بیشتر این فلزات در تابستان وجود مقدار کم آب نسبت به زمستان به دلیل تبخیر زیاد و کاهش دبی و همچنین افزایش فعالیت بسیاری از واحدهای صنعتی ازجمله پتروشیمی در این فصل می‌باشد که باعث افزایش بار آلودگی در رودخانه می‌باشد. ازجمله مواردی که باعث آلودگی در این رودخانه می‌شود را می‌توان به دلایلی همچون انتقال آب از سرشاخه‌های کارون، برگشت زهاب‌های کشاورزی و صنعتی و مصارف شهری را بیان کرد. تخلیه‌های ناگهانی در طول سال از سوی صنایع بالادست و افزایش میزان استفاده از کودهای شیمیایی و مزارع پرورش ماهی غیرمجاز نیز از عوامل آلودگی مقطعی رودخانه کارون می‌باشد که درنهایت وارد رودخانه بهمن‌شیر می‌گردند.

**واژگان کلیدی:** آلودگی آب، فلزات سنگین، رسوبات، رودخانه بهمن‌شیر.

## مقدمه

رودخانه‌ها به‌عنوان یکی از مهم‌ترین اکوسیستم‌های آبی جهت مصارف انسانی و سایر موجودات زنده در معرض آلودگی‌های زیست‌محیطی متعددی هستند. فلزات سنگین به‌عنوان یکی از گروه‌های اصلی آلاینده‌ها، از راه‌های مختلف نظیر پساب‌های شهری و کشاورزی و فاضلاب‌های صنعتی و بیمارستانی وارد رودخانه‌ها می‌شوند و خسارات جبران‌ناپذیری را بر موجودات زنده ازجمله انسان برجای می‌گذارند (عسکری ساری و ولایت زاده، ۱۳۹۳؛ Turkmen and Ciminli, 2007).



[ Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26 ]

پساب صنایع ازجمله منابع اصلی تخلیه فلزات سنگین به محیط‌زیست آبی محسوب می‌شوند. این ترکیبات توانایی تجزیه زیستی ندارند و در مقادیر معینی برای بسیاری از آبزیان سمی هستند. فلزات سنگین ممکن است در اجزای مختلف اکوسیستم و بافت‌های جانداران تجمع یافته و انتقال این آلاینده‌ها در طول زنجیره غذایی ممکن است در پایان به تهدید سلامت انسان منجر می‌شوند (Wang and Chen, 2010).

امروزه مشکلات آلودگی در کشور ما نیز مانند سایر کشورهای درحال‌توسعه، به‌واسطه پیشرفت تکنولوژیک و فعالیت‌های امروزی بشر، روزبه‌روز در حال افزایش می‌باشد و توجه بیشتری را می‌طلبد. از سوی دیگر بررسی تحقیقات پیشین و نقش منابع آب‌های زیرزمینی در بخش‌های مختلف کشاورزی، اقتصادی و اجتماعی به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک، اهمیت این منابع را بیش‌ازپیش نمایان می‌سازد (فعال، ۱۳۹۱؛ رضوانی و همکاران، ۱۳۹۲).

رسوبات رودخانه‌ها نیز محل اصلی تجمع آلاینده‌ها می‌باشد که با تجزیه‌وتحلیل میزان آن‌ها می‌توان سطوح آلودگی را مشخص نمود و راهکارهای مدیریتی را جهت کاهش آلاینده‌ها ارائه نمود (خیرور و دادالهی سهراب، ۱۳۸۹؛ ایماندل، ۱۳۷۸). اصولاً رسوبات به‌عنوان بزرگ‌ترین انبار برای ذخیره آلاینده‌ها در محیط‌های آبی و همین‌طور جایگاهی خاص برای ناپاکی‌هایی که می‌توانند برای دوره‌های طولانی از زمان باقی بمانند، می‌باشد (Gognou and Fisher, 1997). یکی از دلایلی که سبب اهمیت بررسی مواد متشکله رسوبات می‌شود این است که بسیاری از گونه‌های زیستی بخش اعظم دوره زندگی خود را در محیط رسوبی یا روی آن می‌گذرانند. ازاین‌رو مواد موجود در رسوبات از طریق چرخه زیستی وارد بدن موجودات دیگر و همچنین انسان می‌شود فلزات سنگین پس از ورود به یک منبع آبی به‌تدریج در بستر آن به‌صورت‌های مختلف همچون فاز معدنی جامد، جذب سطحی به رسوبات دانه‌ریز و یا بقایای مواد آلی، تجمع می‌یابند (Defew *et al*., 2005; Pote *et al*., 2008).

استفاده از رسوبات جهت پایش زیستی فلزات سنگین در محیط دریا هرچند ارائه‌دهنده نتایج سودمندی درمورد پراکنش این آلاینده‌ها در محیط دریا می‌باشد اما مشکلاتی نیز به همراه دارد، اول آنکه غلظت فلزات در رسوبات براثر عواملی چون سرعت ته‌نشینی، اندازه ذرات، سرعت رسوب‌گذاری ذرات معلق و میزان مواد آلی موجود در رسوبات دچار نوسان می‌گردد. دوم آنکه، این غلظت دربرگیرنده مقادیر طبیعی آن‌ها در رسوبات نیز می‌باشد. همچنین حضور مواد آلی در رسوبات، غلظت فلزات اندازه‌گیری شده را تحت تأثیر قرار می‌دهد؛ اما مهم‌ترین مشکل عدم تطبیق مقادیر به‌دست‌آمده فلزات در رسوبات با میزان قابل‌دسترس این آلاینده‌های پایدار برای موجودات زنده می‌باشد (Guevara *et al*., 2005). بنابراین سنجش تراکم فلزات در رسوبات اطلاعات کاملی از قابلیت دسترسی زیستی آن‌ها برای موجودات زنده ارائه نمی‌کند. در حال حاضر بسیاری از رودخانه‌های ایران در معرض آلودگی فلزات سنگین ناشی از پساب‌های شهری، کشاورزی و صنعتی می‌باشند و این آلاینده‌ها روزبه‌روز نیز در حال افزایش هستند (باقری و همکاران، ۱۳۹۰؛ جاسمی زاده و همکاران،۱۳۹۳). رودخانه بهمن‌شیر در جنوب غربی ایران و در استان خوزستان واقع‌شده که از انشعابات رودخانه کارون می‌باشد. این رودخانه در شهر خرمشهر از رودخانه کارون جداشده و پس از عبور از شمال شهرآبادان به خلیج‌فارس می‌ریزد. بهمن‌شیر تنها منبع آب آشامیدنی و کشاورزی ساکنین شهرهای خرمشهر و آبادان و روستاهای اطراف آن‌ها می‌باشد و آلودگی آن بسیار بااهمیت است (فعال، ۱۳۹۱؛ جلیلیان، ۱۳۹۲).

مطالعاتی درزمینه‌ی سنجش میزان فلزات سنگین در رودخانه بهمن‌شیر و رودخانه‌های بالادست نظیر کارون، دز و رودخانه اروند گزارش گردیده (انصاری و همکاران، ۱۳۸۵؛ دهقان مدیسه و همکاران، ۱۳۸۵؛ خیرور و دادالهی سهراب، ۱۳۸۹؛ جلیلیان، ۱۳۹۲؛ باباپور منفرد و همکاران، ۱۳۹۲؛ جاسمی زاده و همکاران، ۱۳۹۳؛ عامری و همکاران، ۱۳۹۳)، اما این تحقیق باهدف سنجش و مقایسه فلزات سنگین جیوه، کادمیوم، سرب، کبالت و وانادیوم در آب و رسوبات رودخانه بهمن‌شیر در فصل تابستان و زمستان انجام شد.

## مواد و روش‌ها

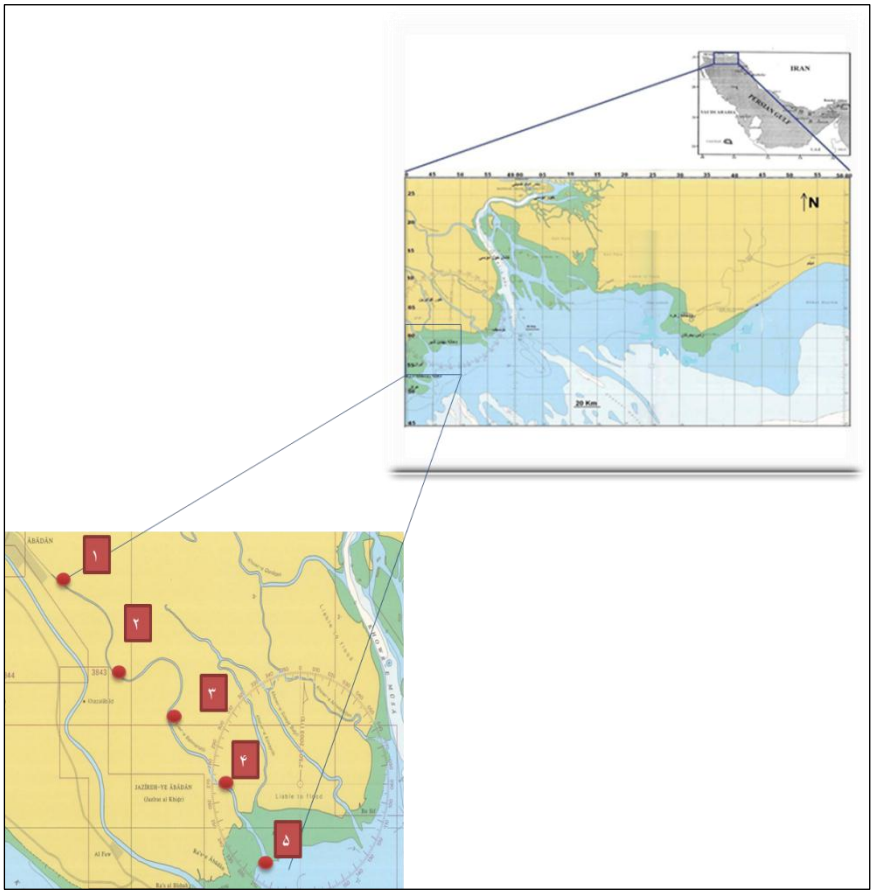
[ Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26 ]

رودخانه بهمن‌شیر به طول ۸۰ کیلومتر، در منتهی‌الیه جنوب غربی ایران در استان خوزستان در حدفاصل عرض جغرافیایی ۳۰ درجه و ۲۵ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۱۳ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۴۳ دقیقه شرقی واقع گردیده است. این رودخانه از انشعابات رودخانه کارون بوده که در حدفاصل جزیره آبادان و خرمشهر (محلی به نام حفار) منشعب شده است. رودخانه بهمن‌شیر در بالادست به رودخانه کارون و کانال حفار و در پایین‌دست به خلیج‌فارس منتهی می‌گردد (فعال، ۱۳۸۸؛ ولایت زاده و نجفی، ۱۳۹۲). در این تحقیق در فصول تابستان و زمستان سال ۱۳۹۳، آب و رسوبات رودخانه بهمن‌شیر از ۵ ایستگاه نمونه‌برداری شد. نمونه‌برداری در ماه‌های میانی دو فصل تابستان و زمستان صورت گرفته و تعیین ایستگاه‌ها با توجه به بررسی‌های اولیه جهت تعیین وضعیت جغرافیایی (طول و عرض) با استفاده از GPS و گرادیان شوری، دما و توپوگرافی بستر، شناخت کلی منطقه و محدوده تحت اثر صورت گرفت. رودخانه بهمن‌شیر رودخانه‌ای جذر و مدی بوده و انتخاب ایستگاه‌ها و نمونه‌برداری به صورتی انجام شد که هم بخش‌های آب شیرین و هم بخش‌های آب‌شور را در برداشت.

**جدول ۱: مشخصات جغرافیایی ایستگاه‌های انتخابی در رودخانه بهمن‌شیر در طی دوره مطالعه.**

| نام ایستگاه | طول و عرض جغرافیایی | شماره ایستگاه |
|---|---|---|
| ورودی بهمن‌شیر | ۴۸،۱۳،۵۷ E ۳۰،۲۵،۲۴N | اول |
| پل احمدآباد | ۴۸،۲۱،۰۵ E ۳۰،۱۸،۵۵ N | دوم |
| تنگ ۱ | ۴۸،۲۸،۲۲ E ۳۰،۱۱،۲۲ N | سوم |
| بندر چوئبده | ۴۸،۳۵،۱۳E ۳۰،۰۹،۵۷N | چهارم |
| مصب دریایی بهمن‌شیر | ۴۸،۴۲،۵۷E ۳۰،۰۰،۵۷N | پنجم |

[ Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26 ]




**شکل ۱: نقشه منطقه نمونه‌برداری و ایستگاه‌های موردمطالعه.**

**شکل ۲: عکس ماهواره‌ای موقعیت ایستگاه‌های نمونه‌برداری در رودخانه بهمنشیر.**

برای نمونه‌برداری از آب، بطری نمونه‌بردار روتنر به عمق یک متری فرستاده‌شده و نمونه‌برداری در هر ایستگاه با ۳ تکرار انجام شد. نمونه‌های آب در بطری‌هایی که از قبل استریل شده بودند ریخته و به آزمایشگاه منتقل شدند. بطری‌ها با محلول آب مقطر و اسید نیتریک ۲ درصد (ساخت شرکت مرک آلمان) شستشو گردیدند.



[ Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26 ]

نمونه‌برداری رسوبات با استفاده از گرب (Ekman grab) با سطح مقطع ۲۲۵ سانتیمتر از ۳۰ سانتیمتری بستر و در هر ایستگاه با ۳ تکرار انجام شد. نمونه‌های رسوب در بطری‌هایی که از قبل با محلول آب مقطر و اسید نیتریک ۱۰ درصد (ساخت شرکت مرک آلمان) استریل شده بودند به آزمایشگاه منتقل گردیدند. پس از نمونه‌برداری بطری‌های حاوی نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل‌شده و تا زمان انجام آزمایش در یخچال نگهداری شدند.

نمونه‌های آب به‌طور مستقیم درون دستگاه اتوسمپلر قرار داده می‌شوند. نمونه‌های رسوبات را به مدت ۱۲۰ تا ۱۵۰ دقیقه در آون با دمای ۶۵ درجه سلسیوس قرار داده تا به وزن ثابت رسیدند و سپس از داخل آون خارج شدند. برای هضم نمونه‌ها از روش مرطوب استفاده شد (ROPME, 1999). به این صورت که ۰/۵ گرم از نمونه در یک بالن ۲۵۰ میلی‌لیتر ریخته شد و به آن ۲۵ میلی‌لیتر اسیدسولفوریک غلیظ، ۲۰ میلی‌لیتر اسید نیتریک ۷ مولار و ۱ میلی‌لیتر محلول مولیبدات سدیم ۲ درصد اضافه شد و از سنگ جوش برای یکنواختی جوشیدن استفاده شد، سپس نمونه سرد شده و از بالای مبرد به‌آرامی ۲۰ میلی‌لیتر مخلوط اسید نیتریک غلیظ و اسید پرکلریک غلیظ به نسبت ۱:۱ به نمونه اضافه شد، سپس مخلوط حرارت داده شد تا بخارات سفیدرنگ اسید به‌طور کامل محو شد، مخلوط سرد شده و درحالی‌که بالن چرخانده می‌شد ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر از بالای مبرد به‌آرامی به آن اضافه شد. با حرارت دادن حدود ۱۰۰ دقیقه محلول کاملاً شفافی به دست آمد، این محلول پس از سرد شدن به داخل بالن ژوژه ۱۰۰ میلی‌لیتر انتقال داده شد و به حجم رسانده شد (Eboh *et al*., 2006).

سنجش فلزات سنگین موردمطالعه به روش جذب اتمی و سیستم کوره گرافیتی با کمک دستگاه Perkin Elmer ۴۱۰۰ انجام شد. حد تشخیص فلزات توسط این دستگاه جذب اتمی به روش کوره در حد ppb بود که دارای دقت حدود ۱۰۰۰ برابر سیستم شعله است. جهت اندازه‌گیری کادمیوم، سرب، وانادیوم و کبالت ابتدا به ۱۰ میلی‌لیتر محلول هضم شده نمونه‌ها، ۵ میلی‌لیتر محلول آمونیم پیرولیدین کاربامات ۵٪ اضافه‌شده و به مدت ۲۰ دقیقه نمونه‌ها به هم زده شدند تا عناصر به‌صورت فرم آلی‌فلزی در محلول کمپلکس شوند و سپس به نمونه‌ها ۲ میلی‌لیتر متیل ایزوبوتیل کتون اضافه شد و به مدت ۳۰ دقیقه نمونه‌ها به هم زده شدند و پس از ۱۰ دقیقه نمونه‌ها در دور ۲۵۰۰ دور در دقیقه سانتریفوژ شدند و عناصر موردنظر به فاز آلی منتقل شدند. پس از تنظیم کوره و سیستم EDL (منبع تولید اشعه کاتدی) دستگاه و اپتیمم کردن دستگاه جذب اتمی منحنی کالیبراسیون این عناصر به کمک استانداردهای این عناصر و ماتریکس مدیفایر پالادیم توسط نرم‌افزار WinLab ۳۲ رسم گردید و مقدار این عناصر در محلول‌های آماده‌شده اندازه‌گیری گردید (Ahmad and Shuhaimi-Othman, 2010; Olowu *et al*., 2010).

سنجش جیوه به روش جذب اتمی و سیستم هیبرید با کمک دستگاه Perkin Elmer ۴۱۰۰ انجام شد. حد تشخیص جیوه توسط این دستگاه جذب اتمی در حد ppb بود که دارای دقت حدود ۱۰۰۰ برابر سیستم شعله و کوره می‌باشد. پس از تنظیم سیستم EDL (منبع تولید اشعه کاتدی) دستگاه و اپتیمم کردن دستگاه جذب اتمی منحنی کالیبراسیون جیوه به کمک استانداردهای این عنصر و ماتریکس مدیفایر پالادیم توسط نرم‌افزارWinLab ۳۲ رسم و مقدار جیوه در محلول‌های آماده‌شده اندازه‌گیری گردید (Ahmad and Shuhaimi-Othman, 2010; Olowu *et al*., 2010).

تجزیه‌وتحلیل داده‌ها به کمک نرم‌افزارSPSS ۱۷ انجام شد و میانگین تیمارها به کمک آنالیز واریانس یک‌طرفه (One-way ANOVA) با یکدیگر مقایسه شدند که وجود یا عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد (P=0.05) تعیین گردید. همچنین در رسم نمودارها و جداول از نرم‌افزار Excel ۲۰۰۷ استفاده گردید. جهت تائید نرمال بودن داده‌ها از آزمون کشیدگی-چولگی استفاده شد.

## نتایج

مقادیر فلزات در آب به این صورت بوده که بالاترین میزان جیوه در فصل تابستان در ایستگاه اول (۰/۰۰۲±۰/۰۱۲۴ میلی‌گرم بر لیتر) و پایین‌ترین میزان این فلز در فصل زمستان در ایستگاه اول (۰/۰۰۳±۰/۰۰۰۸ میلی‌گرم بر لیتر) به دست آمد. به‌طورکلی میزان این فلز در



[ Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26 ]

ایستگاه‌های موردمطالعه در آب رودخانه بهمن‌شیر در فصل تابستان بالاتر از فصل زمستان بود. میزان جیوه در آب ایستگاه‌های موردمطالعه در رودخانه بهمن‌شیر در فصول تابستان و زمستان اختلاف معنی‌داری داشت (P<۰/۰۵). بالاترین میزان کادمیوم آب در فصل تابستان در ایستگاه دوم (۰/۰۰۲±۰/۰۱۲۴ میلی‌گرم بر لیتر) و پایین‌ترین میزان این فلز در فصل تابستان در ایستگاه سوم (۰/۰۰۳±۰/۰۰۰۸ میلی‌گرم بر لیتر) به دست آمد. میزان این فلز در ایستگاه‌های اول، دوم و پنجم در آب رودخانه بهمن‌شیر در فصل تابستان بالاتر از فصل زمستان بود. میزان کادمیوم در ایستگاه‌های موردمطالعه رودخانه بهمن‌شیر در فصول تابستان و زمستان اختلاف معنی‌داری نداشت (P>۰/۰۵). بالاترین میزان سرب آب رودخانه در فصل تابستان در ایستگاه پنجم (۰/۰۰۲±۰/۰۱۲۴ میلی‌گرم بر لیتر) و پایین‌ترین میزان این فلز در فصل زمستان در ایستگاه سوم (۰/۰۰۳±۰/۰۰۰۸ میلی‌گرم بر لیتر) به دست آمد. میزان این فلز در ایستگاه‌های موردمطالعه در آب رودخانه بهمن‌شیر در فصل تابستان بالاتر از فصل زمستان بود. میزان سرب در ایستگاه‌های موردمطالعه رودخانه بهمن‌شیر در فصول تابستان و زمستان اختلاف معنی‌داری داشت (P<۰/۰۵). بالاترین میزان وانادیوم موجود در آب در فصل تابستان در ایستگاه چهارم (۰/۰۰۲±۰/۰۱۲۴ میلی‌گرم بر لیتر) و پایین‌ترین میزان این فلز در فصل زمستان در ایستگاه دوم (۰/۰۰۳±۰/۰۰۰۸ میلی‌گرم بر لیتر) به دست آمد. میزان این فلز در ایستگاه‌های موردمطالعه در آب رودخانه بهمن‌شیر در فصل تابستان بالاتر از فصل زمستان بود، فقط در ایستگاه سوم میزان وانادیوم در فصل زمستان بالاتر از فصل تابستان به دست آمد. میزان وانادیوم آب در ایستگاه‌های موردمطالعه رودخانه بهمن‌شیر در فصول تابستان و زمستان اختلاف معنی‌داری داشت (P<۰/۰۵). بالاترین میزان کبالت در فصل تابستان در ایستگاه پنجم (۰/۰۰۲±۰/۰۱۲۴ میلی‌گرم بر لیتر) و پایین‌ترین میزان این فلز در فصل زمستان در ایستگاه سوم و چهارم (۰/۰۰۳±۰/۰۰۰۸ میلی‌گرم بر لیتر) به دست آمد. میزان این فلز در ایستگاه‌های موردمطالعه در آب رودخانه بهمن‌شیر در فصل تابستان بالاتر از فصل زمستان بود. میزان کبالت در ایستگاه‌های موردمطالعه رودخانه بهمن‌شیر در فصول تابستان و زمستان اختلاف معنی‌داری داشت (P<۰/۰۵) (جدول ۱).

**جدول ۱: میانگین میزان فلزات سنگین در آب ۵ ایستگاه موردمطالعه رودخانه بهمن‌شیر (میلی‌گرم بر لیتر).**

| فصول | ایستگاه | جیوه | کادمیوم | سرب | وانادیوم | کبالت |
|---|---|---|---|---|---|---|
| تابستان | اول | ۰/۰۱۲۴±۰/۰۰۲$^{a}$ | ۰/۰۳۰۶±۰/۰۰۵$^{a}$ | ۱/۷۳۳±۰/۰۶$^{a}$ | ۰/۰۱۳۳±۰/۰۰۱$^{a}$ | ۰/۰۴۹۶±۰/۰۰۶$^{a}$ |
| | دوم | ۰/۰۰۹۷±۰/۰۰۴$^{b}$ | ۰/۰۶۷±۰/۰۰۳$^{b}$ | ۱/۸۱۱±۰/۰۶$^{a}$ | ۰/۰۲۱۳±۰/۰۰۱$^{b}$ | ۰/۰۶۹۶±۰/۰۰۵$^{b}$ |
| | سوم | ۰/۰۰۸۴±۰/۰۰۳$^{c}$ | ۰/۰۱۲±۰/۰۰۶$^{c}$ | ۱/۸۵۲±۰/۰۸$^{a}$ | ۰/۰۱۶±۰/۰۰۵$^{c}$ | ۰/۰۶۹±۰/۰۰۲$^{bc}$ |
| | چهارم | ۰/۰۱۲۰±۰/۰۰۱$^{ad}$ | ۰/۰۱۲۶±۰/۰۰۲$^{cd}$ | ۱/۸۶۲±۰/۰۳$^{a}$ | ۰/۰۲۷۳±۰/۰۰۸$^{d}$ | ۰/۰۷۲۳±۰/۰۰۸$^{d}$ |
| | پنجم | ۰/۰۱۲۱±۰/۰۰۱$^{ae}$ | ۰/۰۳۶۳±۰/۰۰۵$^{e}$ | ۱/۸۹۰±۰/۰۳$^{a}$ | ۰/۰۲۲۳±۰/۰۰۶$^{e}$ | ۰/۰۹۱۶±۰/۰۰۸$^{e}$ |
| زمستان | اول | ۰/۰۰۰۸±۰/۰۰۳$^{f}$ | ۰/۰۲۸±۰/۰۰۵$^{f}$ | ۰/۱۱۵۳±۰/۰۲$^{b}$ | ۰/۰۱۱۳±۰/۰۰۶$^{f}$ | ۰/۰۰۳۶±۰/۰۰۵$^{f}$ |
| | دوم | ۰/۰۰۰۹±۰/۰۰۶$^{f}$ | ۰/۰۳۳±۰/۰۰۲$^{g}$ | ۰/۱۱۹۰±۰/۰۰۵$^{b}$ | ۰/۰۱۲±۰/۰۰۴$^{g}$ | ۰/۰۰۵۳±۰/۰۰۵$^{g}$ |
| | سوم | ۰/۰۰۰۹±۰/۰۰۵$^{f}$ | ۰/۰۲۴±۰/۰۰۲$^{h}$ | ۰/۱۰۱۶±۰/۰۰۶$^{b}$ | ۰/۰۱۷۳±۰/۰۰۳$^{h}$ | ۰/۰۰۴۳±۰/۰۰۳$^{h}$ |
| | چهارم | ۰/۰۰۶۳±۰/۰۰۳$^{g}$ | ۰/۰۳۲±۰/۰۰۴$^{gi}$ | ۰/۱۶۰±۰/۰۰۶$^{b}$ | ۰/۰۱۷±۰/۰۰۴$^{ci}$ | ۰/۰۰۴۶±۰/۰۰۱$^{hi}$ |
| | پنجم | ۰/۰۰۰۹±۰/۰۰۵$^{f}$ | ۰/۰۳۴±۰/۰۰۱$^{gj}$ | ۰/۲۲۸۰±۰/۰۰۶$^{c}$ | ۰/۰۱۵±۰/۰۰۱$^{cj}$ | ۰/۰۰۵±۰/۰۰۱$^{j}$ |

در خصوص مقادیر فلزات در رسوبات بالاترین میزان جیوه موجود در رسوب در فصل تابستان در ایستگاه اول (۰/۰۳±۰/۷۲۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و پایین‌ترین میزان این فلز در فصل زمستان در ایستگاه سوم (۰/۰۵±۰/۵۱۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم) به دست آمد. میزان این فلز در ایستگاه‌های موردمطالعه در رسوبات رودخانه بهمن‌شیر در فصل تابستان بالاتر از فصل زمستان بود. میزان جیوه در ایستگاه‌های موردمطالعه رودخانه بهمن‌شیر در فصول تابستان و زمستان اختلاف معنی‌داری داشت (P<۰/۰۵). بالاترین میزان کادمیوم در رسوبات در فصل تابستان در

[ Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26 ]

ایستگاه اول (۰/۰۵±۳/۰۳۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و پایین‌ترین میزان این فلز در فصل زمستان در ایستگاه پنجم (۰/۰۱±۰/۱۲۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم) به دست آمد. میزان این فلز در ایستگاه‌های موردمطالعه در رسوبات رودخانه بهمن‌شیر در فصل تابستان بالاتر از فصل زمستان بود. میزان کادمیوم در ایستگاه‌های موردمطالعه رودخانه بهمن‌شیر در فصول تابستان و زمستان اختلاف معنی‌داری نداشت (P<۰/۰۵). بالاترین میزان سرب موجود در رسوب در فصل تابستان در ایستگاه اول (۰/۰۸±۳/۰۷۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و پایین‌ترین میزان این فلز در فصل زمستان در ایستگاه پنجم (۰/۰۱±۰/۳۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) به دست آمد. میزان این فلز در ایستگاه‌های موردمطالعه در رسوبات رودخانه بهمن‌شیر در فصل تابستان بالاتر از فصل زمستان بود. میزان سرب رسوبات در ایستگاه‌های موردمطالعه رودخانه بهمن‌شیر در فصول تابستان و زمستان اختلاف معنی‌داری داشت (P<۰/۰۵). بالاترین میزان وانادیوم رسوبات در فصل تابستان در ایستگاه دوم (۰/۰۶±۳/۷۴۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و پایین‌ترین میزان این فلز در فصل زمستان در ایستگاه پنجم (۰/۰۵±۱/۲۹۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم) به دست آمد. میزان این فلز در رسوبات ایستگاه‌های موردمطالعه در رودخانه بهمن‌شیر در فصل تابستان بالاتر از فصل زمستان بود، فقط در ایستگاه سوم میزان وانادیوم در فصل زمستان بالاتر از فصل تابستان به دست آمد. میزان وانادیوم رسوبات در ایستگاه‌های موردمطالعه رودخانه بهمن‌شیر در فصول تابستان و زمستان اختلاف معنی‌داری داشت (P<۰/۰۵).

بالاترین میزان کبالت رسوبات در فصل تابستان در ایستگاه اول (۰/۰۵±۲/۰۰۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و پایین‌ترین میزان این فلز در فصل زمستان در ایستگاه پنجم (۰/۰۶±۱/۰۷۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) به دست آمد. میزان این فلز در ایستگاه‌های موردمطالعه در رسوبات رودخانه بهمن‌شیر در فصل تابستان بالاتر از فصل زمستان بود. میزان کبالت در ایستگاه‌های موردمطالعه رودخانه بهمن‌شیر در فصول تابستان و زمستان اختلاف معنی‌داری داشت (P<۰/۰۵) (جدول ۲).

**جدول ۲. میانگین میزان فلزات سنگین در رسوبات ۵ ایستگاه موردمطالعه رودخانه بهمن‌شیر (میلی‌گرم بر کیلوگرم).**

| فصول | ایستگاه | جیوه | کادمیوم | سرب | وانادیوم | کبالت |
|---|---|---|---|---|---|---|
| تابستان | اول | ۰/۷۲۱±۰/۰۳$^{a}$ | ۳/۰۳۶±۰/۰۵$^{a}$ | ۳/۰۷۰±۰/۰۸$^{a}$ | ۲/۴۰۳±۰/۰۶$^{a}$ | ۲/۰۰۶±۰/۰۵$^{a}$ |
| | دوم | ۰/۷۱۲±۰/۰۵$^{b}$ | ۲/۰۹۴±۰/۰۷$^{b}$ | ۱/۰۱۹±۰/۰۴$^{b}$ | ۳/۷۴۱±۰/۰۶$^{b}$ | ۱/۸۱۸±۰/۰۶$^{b}$ |
| | سوم | ۰/۶۴۱±۰/۰۵$^{c}$ | ۰/۳۴۶±۰/۰۲$^{c}$ | ۰/۸۹۹±۰/۰۲$^{c}$ | ۲/۵۷۷±۰/۰۷$^{c}$ | ۱/۴۷۱±۰/۰۶$^{c}$ |
| | چهارم | ۰/۶۷۴±۰/۰۴$^{d}$ | ۰/۳۰۰±۰/۰۱$^{d}$ | ۰/۷۵۱±۰/۰۲$^{d}$ | ۱/۶۹۹±۰/۰۵$^{d}$ | ۱/۳۳۱±۰/۰۸$^{d}$ |
| | پنجم | ۰/۶۸۰±۰/۰۴$^{e}$ | ۰/۲۰۳±۰/۰۱$^{e}$ | ۰/۴۵۱±۰/۰۲$^{e}$ | ۱/۵۰۸±۰/۰۵$^{e}$ | ۱/۲۱۷±۰/۰۸$^{e}$ |
| زمستان | اول | ۰/۶۲۳±۰/۰۵$^{f}$ | ۲/۲۶۹±۰/۰۵$^{f}$ | ۲/۹۱۷±۰/۰۶$^{f}$ | ۲/۰۰۸±۰/۰۴$^{f}$ | ۱/۸۰۳±۰/۰۴$^{f}$ |
| | دوم | ۰/۶۱۱±۰/۰۵$^{g}$ | ۱/۷۹۲±۰/۰۶$^{g}$ | ۰/۸۸۲±۰/۰۳$^{g}$ | ۳/۲۹۸±۰/۰۹$^{g}$ | ۱/۶۵۸±۰/۰۴$^{g}$ |
| | سوم | ۰/۵۱۸±۰/۰۵$^{h}$ | ۰/۲۵۷±۰/۰۳$^{h}$ | ۰/۸۰۶±۰/۰۵$^{h}$ | ۲/۵۰۴±۰/۰۷$^{h}$ | ۱/۳۱۵±۰/۰۶$^{h}$ |
| | چهارم | ۰/۵۳۳±۰/۰۲$^{i}$ | ۰/۲۰۹±۰/۰۱$^{i}$ | ۰/۶۴۸±۰/۰۲$^{i}$ | ۱/۵۰۲±۰/۰۵$^{i}$ | ۱/۲۸۶±۰/۰۵$^{i}$ |
| | پنجم | ۰/۵۴۰±۰/۰۲$^{j}$ | ۰/۱۲۱±۰/۰۱$^{j}$ | ۰/۳۵۰±۰/۰۱$^{j}$ | ۱/۲۹۸±۰/۰۵$^{j}$ | ۱/۰۷۰±۰/۰۶$^{j}$ |

**جدول ۳: مقایسه میانگین میزان فلزات سنگین در آب رودخانه بهمن‌شیر با استانداردهای جهانی (میلی‌گرم بر لیتر).**

| استانداردهای جهانی | جیوه | کادمیوم | سرب | وانادیوم | کبالت |
|---|---|---|---|---|---|
| استاندارد ملی ایران | ۰/۰۰۱ | ۰/۰۰۵ | ۰/۰۱ | ۰/۱ | ۰/۰۰۵ |
| حفاظت محیط‌زیست آمریکا | ۰/۰۰۲ | ۰/۰۰۵ | ۰/۰۱۵ | ۰/۰۱ | ۰/۰۰۵ |



[ Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26 ]

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| سازمان بهداشت جهانی | ۰/۰۰۲ | ۰/۰۰۳ | ۰/۰۱ | – | – |
| تحقیق حاضر | ۰/۰۰۰۸–۰/۰۱۲۴ | ۰/۰۱۲–۰/۰۶۷ | ۰/۱۰۱۶–۱/۸۹۰ | ۰/۰۱۱۳–۰/۰۲۷۳ | ۰/۰۰۳۶–۰/۰۹۱۶ |

با توجه به مقایسه نتایج به‌دست‌آمده میزان جیوه، کادمیوم، سرب، وانادیوم و کبالت در آب در مقایسه با آستانه مجاز استاندارد ملی ایران و استانداردهای جهانی نظیر آژانس حفاظت محیط‌زیست آمریکا و سازمان بهداشت جهانی بالاتر بود (جدول ۳).

در جدول ۴ میزان فلزات سنگین موردمطالعه در رسوبات رودخانه بهمن‌شیر با مقادیر استانداردها و سایر مناطق جهان مقایسه و ارائه‌شده است.

**جدول ٤: مقایسه میانگین میزان فلزات سنگین در رسوبات رودخانه بهمن‌شیر با سایر مناطق جهان (میلی‌گرم بر لیتر).**

| مناطق مختلف | جیوه | کادمیوم | سرب | وانادیوم | کبالت |
|---|---|---|---|---|---|
| رسوبات آب شیرین | – | ۰/۹۹ | ۳۵/۸ | – | – |
| رسوبات دریایی | – | ۵/۱ | ۴۵۰ | – | – |
| پوسته زمین | ۰/۰۰۰۶۴–۰/۱۸ | ۰/۱ | ۱۷ | – | ۲۰–۲۵ |
| تحقیق حاضر | ۰/۷۲۱–۰/۵۱۸ | ۰/۱۲۱–۳/۰۳۶ | ۰/۳۵۰–۳/۰۷ | ۱/۲۹۸–۳/۷۴۱ | ۱/۰۷–۲/۰۰۶ |

## بحث و نتیجه‌گیری

رودخانه‌ها یکی از آسیب‌پذیرترین محیط‌ها نسبت به آلودگی هستند (راست منش و همکاران،۱۳۹۲). رودخانه بهمن‌شیر تنها منبع آب آشامیدنی و کشاورزی ساکنین شهرهای خرمشهر و آبادان و روستاهای اطراف آن‌ها می‌باشد و آلودگی آن بسیار بااهمیت است (سبز علیزاده،۱۳۸۷؛ جلیلیان،۱۳۹۲). در این پژوهش بالاترین میانگین میزان کادمیوم، سرب و کبالت در آب در ایستگاه ۵ و جیوه و وانادیوم به ترتیب در ایستگاه‌های ۱ و ۴ در فصل تابستان به دست آمد. پایین‌ترین میزان جیوه، وانادیوم و کبالت در آب رودخانه بهمن‌شیر در ایستگاه ۱ در فصل زمستان و کادمیوم و سرب به ترتیب در فصل تابستان و زمستان در ایستگاه ۳ بود. دلیل اصلی این تفاوت در این است که ایستگاه اول تنها آب شیرین رودخانه را دریافت می‌کند و کمتر تحت تأثیر پساب یا پایین‌دست آن می‌باشد درصورتی‌که در ایستگاه‌های ۴ و ۵ تحت تأثیر پساب و پایین‌دست آن می‌باشد و مقدار بالای فلزات سنگین را نشان داده است. همچنین ایستگاه ۴ که بندر چویبده می‌باشد محل تردد لنج‌های صیادی می‌باشد. در تابستان این پدیده‌ها با شدت بیشتری تکرار شده، دلیل افزایش بیشتر در تابستان وجود مقدار کم آب نسبت به زمستان و همچنین افزایش فعالیت بسیاری از واحدهای صنعتی ازجمله پتروشیمی در این فصل می‌باشد که باعث افزایش بار آلودگی در رودخانه می‌باشد. بررسی جداول ۱ و ۲ نشان می‌دهد که میزان فلزات سنگین سرب، کادمیوم، وانادیوم، جیوه و کبالت در فصل تابستان در آب و رسوب رودخانه بهمن‌شیر بالاتر از فصل زمستان می‌باشد. در فصل زمستان براثر بارش، وزش بادها و جریانات آبی، تلاطم و جریان‌های آبی افزایش می‌یابد. با افزایش آشوب‌های دریایی و افزایش بار مواد معلق رسوبی، جذب فلزات از آب توسط ذرات معلق، بالا می‌گیرد. در تابستان که منطقه با کاهش رواناب‌های ورودی و جریانات آبی مواجه می‌گردد، درنتیجه مواد آلی و معلق محتوای فلزات در بستر ته‌نشست می‌یابد و غلظت فلزات سنگین تجمع یافته در مواد معلق و مواد آلی رسوب بستر به حداکثر خود رسیده و نسبت به فصل زمستان افزایش قابل‌ملاحظه‌ای را نشان می‌دهد (Dons and Beck, 1993; Huse, 1999).

بنابراین با توجه به نتایج به دست آمد در آب رودخانه میزان جیوه، سرب، کبالت و وانادیوم در فصل تابستان بالاتر از زمستان بود. کادمیوم نیز در ایستگاه‌های ۱، ۲ و ۵ در فصل تابستان بالاتر به دست آمد، اما در ایستگاه ۳ و ۴ در فصل زمستان بالاتر بود. همچنین میزان فلزات



[ Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26 ]

سنگین در رسوبات نیز در فصل تابستان بالاتر از فصل زمستان به دست آمد. در فصل تابستان به دلیل کاهش جریان آب و درنتیجه دبی آب، میزان خود پالایی کاهش پیداکرده و درنتیجه میزان مواد آلی افزایش می‌یابد درحالی‌که در فصول پاییز و زمستان به دلیل مناسب بودن شرایط برای تولیدکنندگان اولیه و مصرف مواد مغذی، افزایش نزولات جوی و افزایش فعالیت خود پالایی در رودخانه میزان مواد آلی کاهش می‌یابد و کمتر در رسوبات بستر ته‌نشین می‌شوند (جاسمی زاده و همکاران، ۱۳۹۳؛ Gray *et al*., 2002). تحقیقات نشان داده است که فصول گرم و خشک‌سال در تجمع فلزات سنگین در ماهیان، آب و رسوبات رودخانه نقش مؤثری دارد (Obasohan and Eguavoen, 2008).

رسوبات بستر رودخانه به علت توانایی بالا در جذب آلاینده‌ها می‌توانند نماینده مناسبی برای بررسی شدت آلودگی در رودخانه‌ها باشند (راست منش و همکاران،۱۳۹۲). در این پژوهش بالاترین میزان جیوه، کادمیوم، سرب و کبالت در رسوبات رودخانه در ایستگاه ۱ و وانادیوم در ایستگاه ۲ در فصل تابستان تعیین شد. پایین‌ترین میزان کادمیوم، سرب، وانادیوم و کبالت در ایستگاه ۵ و جیوه در ایستگاه ۳ در فصل زمستان سنجش گردید. به‌طورکلی از مهم‌ترین دلایل بالا بودن غلظت فلزات سنگین در رسوبات منطقه وجود صنایع مختلف در منطقه و تخلیه پساب‌های صنعتی به رودخانه که حاوی انواع فلزات سنگین هستند، می‌باشد، در این صنایع از رنگ‌های صنعتی ازجمله رنگ‌های ضدزنگ برای کشتی‌ها و شناورهای دریایی به‌عنوان جلبک‌کش و ماده پوششی محافظ چوب استفاده می‌گردد (ایمان دل،۱۳۷۸؛ دارمی اصل،۱۳۸۴).

دهقان مدیسه و همکاران (۱۳۸۵) در تحقیقی در رسوبات رودخانه بهمن‌شیر بیشترین مقدار کبالت، کادمیوم، سرب و مس را در تابستان گزارش داده و از میان عناصر بررسی‌شده مقادیر سرب در ایستگاه‌ها و فصول مختلف از ثبات بیشتری برخوردار است و کادمیوم نسبت به سایر عناصر دارای دامنه تغییرات بیشتری بوده است که با تحقیق حاضر همخوانی دارد.

خیرور و دادالهی سهراب (۱۳۸۹) میانگین میزان کادمیوم و سرب در رسوبات رودخانه اروند را ۷/۵ و ۴۷/۰۷ میلی‌گرم در کیلوگرم گزارش کرده است که نسبت به تحقیق حاضر بالاتر بوده است. رودخانه اروند نیز همانند رودخانه بهمن‌شیر از دیرباز به‌طور مستمر باعث ارتباط و انتقال فرآورده‌های نفتی و صادرات کالاهای تجاری از طریق سه بندر مهم خود یعنی آبادان، خرمشهر و بصره بوده که فعالیت گسترده شناورهای تجاری، صیادی، نظامی، مسافربری و حمل‌ونقل کالا موجبات ورود مواد نفتی حاوی فلزات سنگین به این رودخانه شده است. عامری و همکاران (۱۳۹۳) بیشترین میزان جیوه در رودخانه کارون و اروند، در رسوب ایستگاه یک (محدوده صابون‌سازی خرمشهر) و در آب و آب بین رسوبی ایستگاه شش (محدوده اسکله پالایشگاه آبادان) گزارش داده است. همچنین میانگین میزان جیوه در رسوب، آب و آب بین رسوبی کلیه ایستگاه‌ها، بالاتر از استانداردهای جهانی موجود تعیین گردید که با تحقیق حاضر همخوانی دارد.

در گزارش جاسمی زاده و همکاران (۱۳۹۳) بالاترین و پایین‌ترین میزان نیکل در رسوبات رودخانه بهمن‌شیر در فصل زمستان (۹۶/۷ میلی‌گرم در کیلوگرم) و تابستان (۱۷/۳ میلی‌گرم در کیلوگرم) گزارش‌شده است. همچنین بالاترین و پایین‌ترین میزان وانادیوم نیز در فصل زمستان (۲۵/۶ میلی‌گرم در کیلوگرم) و تابستان (۱/۰۴ میلی‌گرم در کیلوگرم) تعیین گردید که با نتایج این تحقیق همخوانی ندارد. باباپور مفرد و همکاران (۱۳۹۲) در تحقیقات خود دریافتند که در آب رودخانه کارون و دز میزان وانادیوم، کبالت و سرب در فصل بهار در کلیه ایستگاه‌های شاخص بالاتر از سایر فصول سال بوده‌اند و میزان کادمیوم نیز در فصل تابستان در کلیه ایستگاه‌های نمونه‌برداری بالاتر از سایر فصول سال بوده است. در خصوص سرب و کبالت و وانادیوم نتایج حاصل از تحقیقات این محققین با تحقیق موردنظر ما همخوانی دارد.

بر اساس تحقیق شنبه زاده و همکاران (۱۳۹۲) میزان فلزات سنگین در آب و رسوب رودخانه تمبی مسجدسلیمان در فصول گرم و خشک بالاتر گزارش‌شده است که نشان‌دهنده تأثیر فصول خشک و تبخیر آب در افزایش غلظت فلزات سنگین در آب می‌باشد که با نتایج این تحقیق همخوانی دارد. کمره یی و همکاران (۱۳۸۸) نیز تائید می‌کنند که آب رودخانه‌ها در فصول کم باران و گرم سال به فلزات سنگین آلوده است و غلظت این آلاینده‌ها در فصل تابستان نسبت به زمستان افزایش بیشتری می‌یابد.

Zhang (۲۰۱۶) به مقایسه میزان فلزات روی، مس، نیکل، سرب، کرم و کادمیوم دریازده رودخانه در چین پرداخته و از مجموع ۱۱ رودخانه، رودخانه‌هایی که در مجاورت با شهرها قرار دارند از میزان فلزاتی بالاتر از استاندارد برخوردار بوده است که این با تحقیق موجود



[ Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26 ]

همخوانی دارد. Wang و همکاران (۲۰۱۰) در دریای بوهایی چین به سنجش فلزات سنگین سرب، کادمیوم، جیوه و مس پرداختند که به این نتیجه رسیدند که این دریاچه نسبت به فلز سرب و جیوه در وضعیت بحرانی قرار داشته و همچنین به این نتیجه دست یافتند که آب‌های ساحلی نزدیک مصب ها و شهرها از آلودگی بالایی برخوردارند که این با تحقیق حاضر نیز همخوانی دارد.

Mir mohammad Ali و همکاران (۲۰۱۶) در رودخانه کارنافولی بنگلادش میزان فلزات سنگینی چون سرب، کادمیوم، کروم و آرسنیک را در آب و رسوب محاسبه کرده و به این نتیجه دست‌یافت که میزان همه این فلزات در رسوب بالاتر از میزان آن در آب بوده است و این بیانگر پایین بودن کیفیت رسوبات بوده، نتایج تحقیقات وی با نتایج این تحقیق همخوانی دارد.

به‌طورکلی به دلیل اینکه رودخانه بهمن‌شیر جزر و مدی است لذا انتشار پساب‌ها به‌ویژه از پتروشیمی آبادان در سرتاسر رودخانه صورت می‌پذیرد که این از دلایل اصلی آلودگی رودخانه بهمن‌شیر ناشی از فلزات سنگین است. همچنین پساب‌های کشاورزی زمین‌های اطراف رودخانه، وجود فاضلاب‌های شهری و روستایی و تخلیه آن به رودخانه نیز از سایر عوامل آلودگی رودخانه بهمن‌شیر می‌باشد (سبز علیزاده، ۱۳۸۷؛ فعال، ۱۳۹۱). علاوه بر این‌ها امروزه افزایش جمعیت در منطقه و افزایش پساب‌های شهری، وجود صنایع نفتی و پتروشیمی و افزایش پساب‌های صنعتی و تردد و حضور لنج‌ها و قایق‌ها افزایش بیش‌ازحد آلاینده‌ها را به همراه داشته است. با توجه به اینکه رودخانه تأمین‌کننده آب شرب مردم، کشاورزی و احشام می‌باشد بالاتر بودن آلاینده‌ها از حد استاندارد تأثیر نامطلوبی بر زندگی آبزیان و مردم ساکن آن منطقه را دارد. با توجه به اینکه رودخانه دز و کارون در بالادست به هم ملحق می‌شوند و درنهایت در پایین‌دست به رودخانه بهمن‌شیر وارد می‌شوند، می‌توان گفت ازجمله مواردی که باعث آلودگی در طول این دو رودخانه می‌شود را می‌توان به دلایلی همچون انتقال آب از سرشاخه‌های کارون، برگشت زهاب‌های کشاورزی و صنعتی و مصارف شهری اشاره کرد. تخلیه‌های ناگهانی در طول سال از سوی صنایع بالادستی و افزایش میزان استفاده از کودهای شیمیایی و مزارع پرورش ماهی غیرمجاز نیز از دیگر عوامل آلودگی مقطعی رودخانه کارون می‌باشد که درنهایت وارد رودخانه بهمن‌شیر می‌گردند.

جهت جلوگیری از پیشرفت این مشکلات می‌توان تدابیر زیر را به کار گرفت، مشخص نمودن کانون‌های آلاینده و هدایت آن‌ها در جهت انجام امور پایش آلاینده‌ها، پیشگیری از ورود آلاینده‌ها در منبع اصلی تغذیه‌کننده رودخانه، انجام تحقیقات مشابه جهت سایر آلاینده‌ها خصوصاً انواع فلزات سنگین، پایش دوره‌ای فلزات سنگین، انجام مطالعات بر روی سمیت حاد فلزات سنگین بر زیستمندان رودخانه بهمن‌شیر، انجام مطالعه اثرات ناشی از فلزات سنگین بر جامعه انسانی حاشیه‌نشین رودخانه، برداشت، احیا و جایگزینی رسوبات آلوده در منطقه، گسترش آگاهی‌های عمومی در جهت اهمیت رودخانه و حفظ اکوسیستم آن و اعمال روش‌های مدیریتی صحیح در خصوص وضعیت کلی اکوسیستم رودخانه.

## منابع

**انصاری، م.، چرم، م.، شفاعی بجستان، م. و محمودی کردستانی، س.، ۱۳۸۵.** بررسی وضعیت آلودگی رسوبات رودخانه کارون بزرگ با عناصر سنگین آلاینده، حدفاصل بند قیر تا جنوب اهواز (ام المطیر)، هفتمین سمینار بین‌المللی مهندسی رودخانه، اهواز، سازمان آب و برق خوزستان، دانشگاه شهید چمران اهواز، ۶ ص.

**ایماندل، ک.، ۱۳۷۸.** بررسی دانه‌بندی مواد آلی و تعیین میزان تجمع فلزات سنگین در رسوبات رودخانه چالوس. مجله علوم و تکنولوژی محیط‌زیست، پیش‌شماره بهار. صفحات ۱۸-۱۳.

**بابا پور مفرد، ا.، رستمی، ص.، اعلا نژاد، م.، فروزان فر، م.، خاکسار، ا. و رمضانی، ز.، ۱۳۹۲.** تعیین مقدار برخی از فلزات سنگین در آب رودخانه‌های کارون و دز. دوماهنامه علمی ـ پژوهشی جنتاشاپیر، ویژه‌نامه: صفحات ۱۰۰-۸۷.

**باقری، ح.، شارمد، ت.، خیرآبادی، و.، درویش بسطامی، ک. و باقری، ز.، ۱۳۹۰.** سنجش و ارزیابی آلودگی فلزات سنگین در رسوبات رودخانه گرگان رود. فصلنامه اقیانوس‌شناسی، ۲ (۵): صفحات ۳۹-۳۵.



[ Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26 ]

**خیرور، ن. و دادالهی سهراب، ع.، ۱۳۸۹.** غلظت فلزات سنگین در رسوبات و ماهی شیربت (*Barbus grypus*) در اروندرود. مجله علوم و تکنولوژی محیطزیست، ۱۲ (۲): صفحات ۱۳۱-۱۲۳.

**جاسمی زاده، ز.، سواری، ا. و ابراهیمی قوام‌آبادی، ل.، ۱۳۹۳.** مقایسه آلاینده‌های فلزی رسوبات رودخانه بهمن‌شیر متأثر از پساب‌های وارده با استانداردهای جهانی. اولین همایش ملی پدافند غیرعامل در علوم دریایی، هرمزگان، صفحات ۶۷-۶۰.

**جلیلیان، ص.، ۱۳۹۲.** بررسی فلزات سنگین روی، آهن و مس رودخانه بهمن‌شیر در بازه زمانی ۱۳۹۰-۱۳۸۹. دومین همایش ملی توسعه پایدار کشاورزی و محیطزیست سالم، ۱۱ ص.

**دارمی اصل، ر.، ۱۳۸٤.** بهره‌برداری پایدار از منطقه آزاد اروند به شیوه پهنه‌بندی تناسب اراضی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد محیطزیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات اهواز، صفحات ۶۶ و ۵۴.

**دهقان مدیسه، س.، سبزعلیزاده، س.، اسماعیلی، ف. و کیان ارثی، ف.، ۱۳۸۵.** بررسی میزان فلزات سنگین (سرب، کبالت، مس، نیکل، روی و کادمیوم) در رسوبات رودخانه بهمن‌شیر به روش ولتامتری. هفتمین سمینار بین‌المللی مهندسی رودخانه، اهواز، سازمان آب و برق خوزستان، دانشگاه شهید چمران اهواز.، ۸ ص.

**راست منش، ف.، زراسوندی، ع. و صفایی، س.، ۱۳۹۲.** بررسی آلودگی فلزات سنگین در رسوبات رودخانه خرم‌آباد. سی و دومین گردهمایی و نخستین کنگره بین‌المللی تخصصی علوم زمین. سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.، ۸ ص.

**رضوانی، م.، قربانیان، ا.ع.، نوجوان، م.، و صهبا، م. ۱۳۹۲.** ارزیابی میزان آلودگی فلزات سنگین (کادمیوم، کبالت، سرب، روی و منگنز) در آبخوان اشتهارد. فصلنامه علوم و مهندسی محیطزیست، ۱ (۱): صفحات ۲۱-۱۳.

**سبز علیزاده، س.، ۱۳۸۷.** بررسی میزان فلزات سنگین (کادمیوم، کبالت، روی، نیکل، جیوه، سرب و مس) و تعیین آلودگی آن‌ها در رسوبات منطقه لیفه و بوسیف. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر.، ۱۱۸ ص.

**شنبه زاده، س.، وحید دستجردی، م.، حسن‌زاده، ا. و کیانی زاده، ط.، ۱۳۹۲.** بررسی غلظت برخی از فلزات سنگین در آب و رسوب رودخانه تمبی مسجدسلیمان قبل و بعد از ورود فاضلاب به آن. مجله تحقیقات نظام سلامت، ۹ (۱۰): ۱۱۱۶-۱۱۰۸.

**عامری، م.ر.، نیک پور، ی. و غانمی، ک.، ۱۳۹۳.** تعیین میزان جیوه در آب، رسوب و آب بین رسوبی در محدوده شهری رودخانه‌های کارون و اروند و ارتباط آن‌ها با منابع آلوده‌کننده اطراف هر ایستگاه. اولین همایش ملی توسعه پایدار دریا محور خرمشهر، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر.، ۶ ص.

**عسکری ساری، ا. و ولایت زاده، م.، ۱۳۹۳.** فلزات سنگین در آبزیان.، انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز، چاپ اول، ۳۸۰ ص.

**فعال، ز.، ۱۳۸۸.** بررسی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آب رودخانه بهمن‌شیر.، مجله علمی شیلات ایران، ۱۸ (۱): صفحات ۱۷۲-۱۶۷.

**فعال، ز.، ۱۳۹۱.** بررسی کیفی آب رودخانه بهمن‌شیر با استفاده از جلبک‌ها به‌عنوان شاخص‌های زیستی. فصلنامه علمی محیطزیست، ۵۲: ۱۰-۱.

**کمره یی، ب.، میرحسینی، س.ح.، جعفری، ع.، عسکری، ق.، بیرجندی، م. و رستمی، ز.، ۱۳۸۸.** اندازه‌گیری غلظت فلزات سنگین (آرسنیک، باریم، کادمیوم، جیوه، سرب، کروم) در منابع آب و رودخانه شهر بروجرد در سال ۱۳۸۸-۱۳۸۷. فصلنامه علمی ـ پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی لرستان، ۱۱ (۴): صفحات ۵۱-۴۵.

**ولایت زاده، م. و نجفی، م.، ۱۳۹۲.** اکولوژی رودخانه‌ها و تالاب‌های استان خوزستان، انتشارات ترقی، چاپ اول، تهران، ۱۸۸ ص.

**Ahmad, A. K. and Shuhaimi-Othman, M., 2010.** Heavy metal concentration in sediments and fishes from Lake Chini, Pahang, Malaysia. Journal of Biological Sciences. 10 (2): 93-100.

**Defew, L. H., Mair, J. M. and Guzman, H. M., 2005.** An assessment of metal contamination in mangrove sediments and leaves from Punta Mala Bay, Pacific Panama. Marine Pollution Bulletin. 50: 547–552.

**Dons, C. and Beck, P. A., 1993.** Priority hazardous substances in Norway. SFT-Report 93, 22- 115 pp.

**Eboh, L., Mepba, H. D. and Ekpo, M. B., 2006.** Heavy metal contaminats and processing effects on the composition, storage stability and fatty acid profiles of five common commercially available fish species in Oron Local Government, Nigeria. Food Chemistry. 97 (3): 490-497.

**Gognou, C., and Fisher N. S., 1997.** The bioavailability of sediment bound Cd, Co, and Ag to the mussel *Mytilus edulis.* Canadian Journal Fish Aquatic science. 54: 147-156.

**Guevara, R., Rizzo, A. and Sanchez, R., 2005.** Heavy metal inputs in northern Patagonia lakes from short sediment core analysis,. Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry. 265 (3): 481–493.

**Gray, J. S., Wu, R. S. S. and Or, Y. Y., 2002.** Effects of hypoxia and organic enrichment on the coastal marine environment. Marine Ecology progress series. 238: 249-279.

[ Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26 ]

**Huse, A., 1999.**Environmentally hazardous substances in products. Data for 1997. *SFT*-Repor*t* 99/03. TA-1613/1999. 73 p.

**Mir Mohammnad, A., Mohammad loghman, A., Saiful Islam, M. D. and Zillur Rahman, M. d., 2016.** Perliminary assessment of heavy metals in water and sediment to karnaphuliRiver. Bangladesh. Environmental Nanotechnology, Monitoring and Management, 5:27-35.

**Obasohan E.E.,and Eguavoen OI., 2008.** Seasonal variations of bioaccumulation of heavy metals in a freshwater fish (Erpetoichthys calabaricus) from Ogba River. Benin City, Nigeria. Indian Journal of Animal Research.42(3):171-9.

**Olowu, R. A., Ayejuyo, O. O., Adewuyi, G. U., Adejoro, I. A., Denloye, A. A. B., Babatunde, A. O. and Ogundajo, A. L., 2010.** Determination of Heavy Metals in Fish Tissues, Water and Sediment from Epe and Badagry Lagoons, Lagos, Nigeria. Journal of Chemistry. 7(1): 215-221.

**Pote, J., Haller, L., Loizeau, J., Bravo, A. G., Sastre,V., and Wildi, W., 2008.** Effects of the sewage treatment plant outlet pipe extension on the distribution of contaminants in the sediments of the Bay of Vidy, lake Geneva, Switzerland. Bioresource technology. 99: 7122-7131.

**Regional Organization for the Protection of the Marine Environment (ROPME), 1999.** Manual of oceanographic observations and pollutant analysis methods. ROPME. Kuwait, Vo1 20.

**Turkmen, M. and Ciminli, C., 2007.** Determination of metals in fish and mussel species Byinductively coupled plasma-atomic emission spectrometry.Food Chemistry.103: 670-675.

**Wang, Y., Chen, P., Cui, R., Si, W., Zhang, Y. and Ji, W., 2010.** Heavy metal concentrations in water, sediment, and tissues of two fish species (Triplohysa pappenheimi, Gobio hwanghensis) from the Lanzhou section of the Yellow River, China. Environmental Monitoring and Assessment. 165(1-4):97-102.

**Wang, J., Chen, S. and Xia, T., 2010.**Environmental risk assessment of heavy metals in Bohai sea, North China, International Society for Environmental Information science:1632-1642.

**Zhang, Y., 2016.** Heavy metal pollution fractionation and potential ecological risks in sediments from Lake Chaohu (estern china) and the surrounding rivers. Research and public health.12: 14115-14131.

[ Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26 ]