

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

آزیتا کوشافر<sup>۱</sup>  
احمد سواری<sup>۲\*</sup>  
نسرین سخایی<sup>۳</sup>  
بیتا ارجمنگی<sup>۴</sup>  
فاطمه کریمی اورگانی<sup>۵</sup>

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، کیالت 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 مدي 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 از نظر میزان فلزات سنگین در معرض خطر است. سنجش فلزات سنگین به روش جذب اتمی و با کمک دستگاه Perkin Elmer ۴۰۰ انجام شد. تجزیه و تحلیل 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 کیالت در آب در ایستگاه ۵ و جیوه و وانادیوم به ترتیب در رسوبات رودخانه در ایستگاه ۱ و ۴ در فصل تابستان به دست آمد. بالاترین میزان جیوه، کادمیوم، سرب و کیالت در رسوبات رودخانه در ایستگاه ۱ و وانادیوم در ایستگاه ۲ در فصل تابستان تعیین شد. مقایسه مقادیر به دست آمده با استانداردها بیانگر بالاتر بودن این فلزات نسبت به استانداردها بوده همچنین نتایج به دست آمده نشان داد که در آب رودخانه همچنین رسوبات میزان جیوه، سرب، کیالت 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 از جمله پتروشیمی در این فصل می‌باشد که باعث افزایش بار آلودگی در رودخانه می‌باشد. از جمله 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 می‌گردد.

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

### مقدمه

رودخانه‌ها به عنوان یکی از مهم‌ترین اکوسیستم‌های آبی جهت مصارف انسانی و سایر موجودات زنده در معرض آلودگی‌های زیست‌محیطی متعددی هستند. فلزات سنگین به عنوان 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 از جمله انسان بر جای می‌گذارند (عسکری ساری و ولایت زاده، ۱۳۹۳؛ Turkmen and Ciminli, 2007).



پساب صنایع از جمله 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 اکوسيستم 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 در حال توسعه، به‌واسطه پیشرفت تکنولوژیک و فعالیت‌های امروزی بشر، روزبه‌روز در حال افزایش می‌باشد و توجه بیشتری را می‌طلبید. 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 بیش از پیش نمایان می‌سازد (فعال، ۱۳۹۱؛ رضوانی و همکاران، ۱۳۹۲).

رسوبات رودخانه‌ها نیز محل اصلی تجمع آلاینده‌ها می‌باشد که با تجزیه و تحلیل میزان آن‌ها می‌توان سطح آلودگی را مشخص نمود و راهکارهای مدیریتی را جهت کاهش آلاینده‌ها ارائه نمود (خیرو و دادالهی شهراب، ۱۳۸۹؛ ایماندلو، ۱۳۷۸). اصولاً رسوبات به عنوان 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 مشکله رسوبات می‌شود این است که بسیاری از گونه‌های زیستی بخش اعظم دوره زندگی خود را در محیط رسوبی یا روی آن می‌گذرانند. از این‌رو 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 به تدریج در بستر آن به صورت‌های مختلف همچون فاز معدنی جامد، جذب سطحی به رسوبات دانه‌بریز و یا بقایای مواد آلی، تجمع می‌یابند (Defew *et al.*, 2005; Pote *et al.*, 2005).

استفاده از رسوبات جهت پایش زیستی فلزات سنگین در محیط دریا هرچند ارائه‌دهنده نتایج سودمندی در مورد پراکنش این آلاینده‌ها در محیط دریا می‌باشد اما مشکلاتی نیز به همراه دارد، اول آنکه غلظت فلزات در رسوبات بر اثر عواملی چون سرعت تمدنی، اندازه ذرات، سرعت رسوب‌گذاری ذرات معلق و میزان مواد آلی موجود در رسوبات دچار نوسان می‌گردد. دوم آنکه، این غلظت در برگیرنده 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 به دست‌آمده فلزات در رسوبات با میزان قابل دسترس 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؛ جاسمی‌زاده و همکاران، ۱۳۹۳؛ جاسمی‌زاده و همکاران، ۱۳۹۴). رودخانه بهمن‌شیر در جنوب غربی ایران و در استان خوزستان واقع شده که از انشعابات رودخانه کارون می‌باشد. این رودخانه در شهر خرم‌شهر از رودخانه کارون جدا شده و پس از عبور از شمال شهر آبادان به خلیج فارس می‌ریزد. بهمن‌شیر تنها منبع آب آشامیدنی و کشاورزی ساکنین شهرهای خرم‌شهر و آبادان و روستاهای اطراف آن‌ها می‌باشد و آلودگی آن بسیار بالا همیت است (فعال، ۱۳۹۱؛ جلیلیان، ۱۳۹۲).

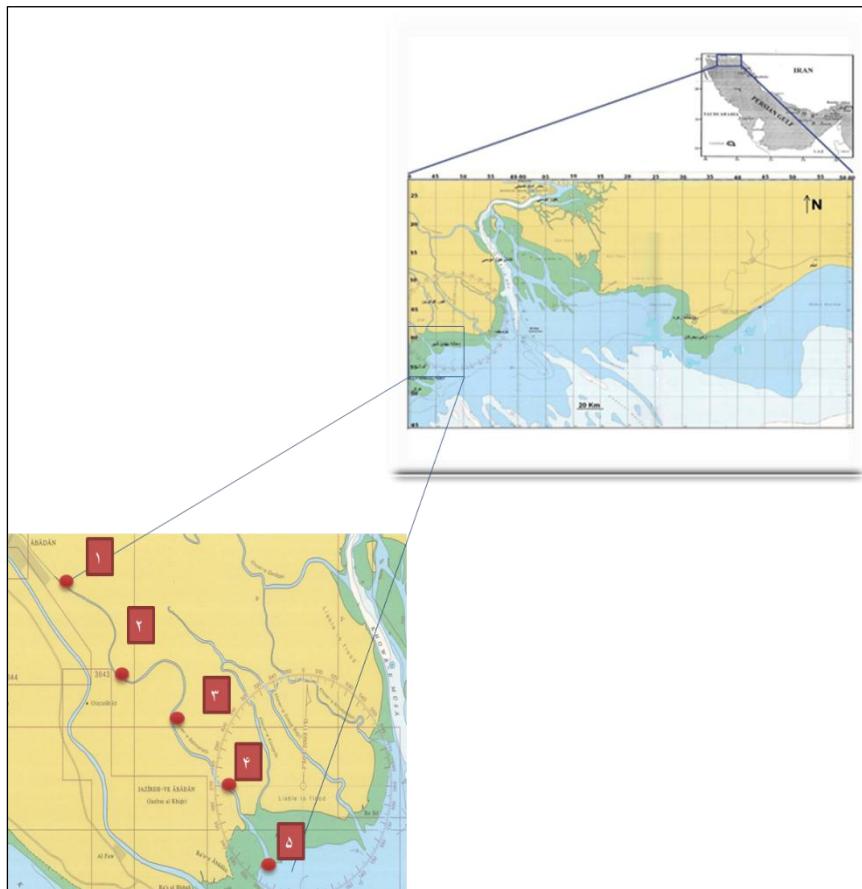
مطالعاتی در زمینه سنجش میزان فلزات سنگین در رودخانه بهمن‌شیر و رودخانه‌های بالادست نظیر کارون، دز و رودخانه ارونده گزارش گردیده (انصاری و همکاران، ۱۳۸۵؛ دهقان مدیسه و همکاران، ۱۳۸۵؛ خیرو و دادالهی شهراب، ۱۳۸۹؛ جلیلیان، ۱۳۹۲؛ باباپور منفرد و همکاران، ۱۳۹۲؛ جاسمی‌زاده و همکاران، ۱۳۹۳؛ عامری و همکاران، 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

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 کanal حفار و در پایین‌دست به خلیج فارس 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
وروودی بهمن‌شیر	۴۸,۱۳,۵۷ E ۳۰,۲۵,۲۴ N	اول
پل احمدآباد	۴۸,۲۱,۰۵ E ۳۰,۱۸,۵۵ N	دوم
تنگ ۱	۴۸,۲۸,۲۲ E ۳۰,۱۱,۲۲ N	سوم
بندر چوبده	۴۸,۳۵,۱۳ E ۳۰,۰۹,۵۷ N	چهارم
مصب دریابی بهمن‌شیر	۴۸,۴۲,۵۷ E ۳۰,۰۰,۵۷ N	پنجم



شکل ۱: نقشه منطقه نمونهبرداری و ایستگاه‌های موردمطالعه.



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

برای نمونهبرداری از آب، بطری نمونهبردار روتیر به عمق یک متری فرستاده شده 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 مقطّر و اسید نیتریک ۲ درصد (ساخت شرکت مرک آلمان) شستشو گردیدند.

نمونه برداری 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 نمونه برداری بطری‌های حاوی نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل شده و تا زمان انجام آزمایش در یخچال نگهداری شدند.

نمونه‌های آب به طور 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 اسید سولفوریک 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 به آرامی ۲۰ میلی‌لیتر محلوط اسید نیتریک غلیظ و اسید پرکلریک غلیظ به نسبت ۱:۱ به نمونه اضافه شد، سپس محلوط حرارت داده شد تا بخارات سفیدرنگ اسید به طور کامل محو شد، محلوط سرد شده و در حالی که بالن چرخانده می‌شد ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر از بالای مبرد به آرامی 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).

سنجهش فلزات سنگین مورد مطالعه 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 پیروولیدین کاریامات ۵٪ اضافه شده و به مدت ۲۰ دقیقه نمونه‌ها به هم زده شدند تا عناصر به صورت فرم آلی‌فلزی در محلول کمپلکس شوند و سپس به نمونه‌ها ۲ میلی‌لیتر متیل ایزو بوتیل 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 اپتیم کردن دستگاه جذب اتمی منحنی کالیبراسیون این عناصر به کمک استانداردهای این عناصر و ماتریکس مدیافایر پالادیم توسط نرم‌افزار WinLab Ahmad and Shuhaimi-Othman, 2010; Olowu *et al.*, 2010 رسم گردید و مقدار این عناصر در محلول‌های آماده شده اندازه‌گیری گردید (Olowu *et al.*, 2010).

سنجهش 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 اپتیم کردن دستگاه جذب اتمی منحنی کالیبراسیون جیوه به کمک استانداردهای این عنصر و ماتریکس مدیافایر پالادیم Ahmad and Shuhaimi-Othman, 2010; WinLab رسم و مقدار جیوه در محلول‌های آماده شده اندازه‌گیری گردید (Olowu *et al.*, 2010).

تجزیه و تحلیل داده‌ها به کمک نرم‌افزار SPSS 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 تأیید 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 ( $124\pm0.2$  میلی‌گرم بر لیتر) و پایین‌ترین میزان این فلز در فصل زمستان در ایستگاه اول ( $8\pm0.3$  میلی‌گرم بر لیتر) به دست آمد. به طور کلی میزان این فلز در

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 ( $P < 0.05$ ). بالاترین میزان کادمیوم آب در فصل تابستان در ایستگاه دوم ( $0.124 \pm 0.002$  میلی‌گرم بر لیتر) و پایین‌ترین میزان این فلز در فصل تابستان در ایستگاه سوم ( $0.008 \pm 0.000$  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 ( $P > 0.05$ ). بالاترین میزان سرب آب رودخانه در فصل تابستان در ایستگاه پنجم ( $0.124 \pm 0.002$  میلی‌گرم بر لیتر) و پایین‌ترین میزان این فلز در فصل زمستان در ایستگاه سوم رودخانه در فصل تابستان در ایستگاه پنجم ( $0.008 \pm 0.000$  میلی‌گرم بر لیتر) به دست آمد. میزان این فلز در ایستگاه‌های موردمطالعه در فصل تابستان بالاتر از فصل زمستان بود. میزان سرب در ایستگاه‌های موردمطالعه رودخانه بهمن‌شیر در فصول تابستان و زمستان اختلاف معنی‌داری داشت ( $P < 0.05$ ). بالاترین میزان وانادیوم موجود در آب در فصل تابستان در ایستگاه چهارم ( $0.124 \pm 0.002$  میلی‌گرم بر لیتر) و پایین‌ترین میزان این فلز در فصل زمستان در آب رودخانه بهمن‌شیر در فصل تابستان بالاتر از فصل زمستان در ایستگاه دوم ( $0.008 \pm 0.000$  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 نداشت ( $P > 0.05$ ). بالاترین میزان کبالت در فصل تابستان در ایستگاه پنجم ( $0.124 \pm 0.002$  میلی‌گرم بر لیتر) و پایین‌ترین میزان این فلز در فصل زمستان در ایستگاه سوم و چهارم ( $0.008 \pm 0.000$  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 ( $P < 0.05$ ) (جدول ۱).

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

فصل	ایستگاه	جیوه	کادمیوم	سرب	وانادیوم	کبالت
تابستان	اول	$0.124 \pm 0.002^a$	$0.036 \pm 0.005^a$	$0.173 \pm 0.04^a$	$0.133 \pm 0.001^a$	$0.496 \pm 0.006^a$
	دوم	$0.097 \pm 0.004^b$	$0.077 \pm 0.003^b$	$0.181 \pm 0.04^a$	$0.212 \pm 0.001^b$	$0.696 \pm 0.005^b$
	سوم	$0.084 \pm 0.003^c$	$0.028 \pm 0.006^c$	$0.185 \pm 0.08^a$	$0.16 \pm 0.005^c$	$0.69 \pm 0.007^c$
	چهارم	$0.120 \pm 0.001^{ad}$	$0.126 \pm 0.002^{cd}$	$0.186 \pm 0.04^a$	$0.223 \pm 0.008^d$	$0.916 \pm 0.008^e$
زمستان	پنجم	$0.121 \pm 0.001^{ae}$	$0.363 \pm 0.005^e$	$0.189 \pm 0.03^a$	$0.223 \pm 0.006^e$	$0.916 \pm 0.008^e$
	اول	$0.088 \pm 0.003^f$	$0.28 \pm 0.005^f$	$0.115 \pm 0.02^b$	$0.112 \pm 0.005^f$	$0.36 \pm 0.005^f$
	دوم	$0.096 \pm 0.006^f$	$0.33 \pm 0.004^g$	$0.119 \pm 0.005^b$	$0.12 \pm 0.005^g$	$0.053 \pm 0.005^g$
	چهارم	$0.09 \pm 0.005^f$	$0.24 \pm 0.002^h$	$0.106 \pm 0.006^b$	$0.17 \pm 0.004^{ci}$	$0.43 \pm 0.003^h$
پنجم	اول	$0.09 \pm 0.005^f$	$0.34 \pm 0.004^g$	$0.228 \pm 0.006^c$	$0.15 \pm 0.001^{cj}$	$0.5 \pm 0.01^j$
	دو	$0.09 \pm 0.005^f$	$0.34 \pm 0.004^g$	$0.228 \pm 0.006^c$	$0.15 \pm 0.001^{cj}$	$0.5 \pm 0.01^j$

در خصوص مقادیر فلزات در رسوبات بالاترین میزان جیوه موجود در رسوب در فصل تابستان در ایستگاه اول ( $0.721 \pm 0.03$  میلی‌گرم بر کیلوگرم) و پایین‌ترین میزان این فلز در فصل زمستان در ایستگاه سوم ( $0.008 \pm 0.005$  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 ( $P < 0.05$ ). بالاترین میزان کادمیوم در رسوبات در فصل تابستان در

ایستگاه اول ( $0.05 \pm 0.36$  میلی گرم بر کیلوگرم) و پایین‌ترین میزان این فلز در فصل زمستان در ایستگاه پنجم ( $0.01 \pm 0.121$  میلی گرم بر کیلوگرم) به دست آمد. میزان این فلز در ایستگاه‌های موردمطالعه در رسویات 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 ( $P > 0.05$ ). بالاترین میزان کادمیوم در رسویت در ایستگاه اول ( $0.08 \pm 0.70$  میلی گرم بر کیلوگرم) و پایین‌ترین میزان این فلز در فصل زمستان در ایستگاه پنجم ( $0.01 \pm 0.35$  میلی گرم بر کیلوگرم) به دست آمد. میزان این فلز در ایستگاه‌های موردمطالعه در رسویات رودخانه بهمن‌شیر در فصل تابستان بالاتر از فصل زمستان بود. میزان سرب در ایستگاه اول ( $0.05 \pm 0.07$  میلی گرم بر کیلوگرم) به دست آمد. میزان این فلز در ایستگاه‌های موردمطالعه در رسویات رودخانه بهمن‌شیر در فصل تابستان بالاتر از فصل زمستان بود ( $P < 0.05$ ). بالاترین میزان سرب در ایستگاه دوم ( $0.06 \pm 0.741$  میلی گرم بر کیلوگرم) و پایین‌ترین میزان این فلز در ایستگاه پنجم ( $0.05 \pm 0.298$  میلی گرم بر کیلوگرم) به دست آمد. میزان این فلز در رسویات ایستگاه‌های موردمطالعه در رودخانه بهمن‌شیر در فصل تابستان بالاتر از فصل زمستان بود، فقط در ایستگاه سوم میزان واندیوم در فصل زمستان بالاتر از فصل تابستان به دست آمد. میزان واندیوم رسویات در ایستگاه‌های موردمطالعه رودخانه بهمن‌شیر در فصول تابستان و زمستان اختلاف معنی‌داری نداشت ( $P > 0.05$ ).

بالاترین میزان کبالت رسویات در فصل تابستان در ایستگاه اول ( $0.05 \pm 0.06$  میلی گرم بر کیلوگرم) و پایین‌ترین میزان این فلز در فصل زمستان در ایستگاه پنجم ( $0.06 \pm 0.107$  میلی گرم بر کیلوگرم) به دست آمد. میزان این فلز در ایستگاه‌های موردمطالعه در رسویات رودخانه بهمن‌شیر در فصل تابستان بالاتر از فصل زمستان بود. میزان کبالت در ایستگاه‌های موردمطالعه رودخانه بهمن‌شیر در فصول تابستان و زمستان اختلاف معنی‌داری نداشت ( $P > 0.05$ ) (جدول ۲).

جدول ۲. میانگین میزان فلزات سنگین در رسویات ۵ ایستگاه موردمطالعه رودخانه بهمن‌شیر (میلی گرم بر کیلوگرم).

فصل	ایستگاه	جیوه	کادمیوم	سرب	واندیوم	کبالت
اول		$0.721 \pm 0.3^a$	$3.036 \pm 0.5^a$	$3.070 \pm 0.8^a$	$2.403 \pm 0.6^a$	$0.056 \pm 0.05^a$
دوم		$0.712 \pm 0.5^b$	$2.094 \pm 0.7^b$	$1.019 \pm 0.4^b$	$2.741 \pm 0.6^b$	$0.818 \pm 0.6^b$
سوم	تابستان	$0.641 \pm 0.5^c$	$0.346 \pm 0.2^c$	$0.899 \pm 0.7^c$	$2.577 \pm 0.6^c$	$0.471 \pm 0.6^c$
چهارم		$0.674 \pm 0.4^d$	$0.300 \pm 0.1^d$	$0.751 \pm 0.2^d$	$1.699 \pm 0.5^d$	$1.331 \pm 0.8^d$
پنجم		$0.680 \pm 0.4^e$	$0.203 \pm 0.1^e$	$0.451 \pm 0.2^e$	$1.508 \pm 0.5^e$	$1.217 \pm 0.8^e$
اول		$0.623 \pm 0.5^f$	$2.69 \pm 0.5^f$	$2.08 \pm 0.4^f$	$2.08 \pm 0.4^f$	$1.803 \pm 0.4^f$
دوم		$0.611 \pm 0.5^g$	$1.792 \pm 0.6^g$	$0.882 \pm 0.3^g$	$2.98 \pm 0.9^g$	$0.658 \pm 0.4^g$
سوم	زمستان	$0.518 \pm 0.5^h$	$0.257 \pm 0.3^h$	$0.806 \pm 0.5^h$	$2.04 \pm 0.7^h$	$1.315 \pm 0.6^h$
چهارم		$0.533 \pm 0.2^i$	$0.209 \pm 0.1^i$	$0.648 \pm 0.2^i$	$1.502 \pm 0.5^i$	$1.286 \pm 0.5^i$
پنجم		$0.540 \pm 0.2^j$	$0.121 \pm 0.1^j$	$0.350 \pm 0.1^j$	$0.298 \pm 0.1^j$	$0.707 \pm 0.1^j$

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

استانداردهای جهانی	کبالت	واندیوم	سرب	کادمیوم	جیوه
استاندارد ملی ایران	$0.005$	$0.1$	$0.1$	$0.005$	$0.01$
حفظاظ محیط‌زیست	$0.005$	$0.01$	$0.015$	$0.005$	$0.02$
آمریکا					

سازمان بهداشت جهانی	۰/۰۰۲	۰/۰۰۳	۰/۰۱	-	-
تحقيق حاضر	۰/۰۰۸-۰/۰۱۴	۰/۰۱۲-۰/۰۶۷	۰/۰۱۶-۱/۰۸۹۰	۰/۰۲۷۳	۰/۰۰۳۶-۰/۰۹۱۶

با توجه به مقایسه نتایج به دست آمده 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 ارائه شده است.

جدول ۴: مقایسه میانگین میزان فلزات سنگین در رسوبات رودخانه بهمن‌شیر با سایر مناطق جهان (میلی گرم بر لیتر).

مناطق مختلف	جیوه	کادمیوم	سرب	وانادیوم	کبالت
رسوبات آب شیرین	-	۰/۹۹	۳۵/۸	-	-
رسوبات دریابی	-	۵/۱	۴۵۰	-	-
پوسته زمین	۰/۰۰۶۴-۰/۱۸	۰/۱	۱۷	-	۲۰-۲۵
تحقيق 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 بالایمیت است (سیز 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 درصورتی که 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 بدر چوپیده می‌باشد محل ترد 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 از جمله 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 آبی و معلق محتوای فلزات در بستر تهنشست می‌یابد و غلظت فلزات سنگین تجمع یافته در مواد معلق و مواد آبی رسوب بستر به حداقل خود رسیده و نسبت به فصل زمستان افزایش قابل ملاحظه‌ای 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

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 پایابی کاهش پیداکرده و درنتیجه میزان مواد آلی افزایش می‌باید درحالی‌که در فصول پاییز و زمستان به دلیل مناسب بودن شرایط برای تولید کنندگان اولیه و مصرف مواد معدنی، افزایش نزولات جوی و افزایش فعالیت خود پایابی در رودخانه میزان مواد آلی کاهش می‌باید و کمتر در رسوبات بستر تهشیش می‌شوند (جامسی زاده و همکاران، ۱۳۹۳؛ Gray *et al.*, 2002). تحقیقات نشان داده است که فصول گرم و خشک سال در تجمع فلزات سنگین در ماهیان، آب و رسوبات رودخانه نقش مؤثری دارد (Obasohan and Eguavoen, 2008).

رسوبات بستر رودخانه به علت توائی بala 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. به طور کلی از مهم‌ترین دلایل بala بودن غلظت فلزات سنگین در رسوبات منطقه وجود صنایع مختلف در منطقه و تخلیه پاسپارهای صنعتی به رودخانه که حاوی انواع فلزات سنگین هستند، می‌باشد، در این صنایع از رنگ‌های صنعتی ازجمله رنگ‌های ضدزنگ برای کشتی‌ها و شناورهای دریایی به عنوان 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 بررسی شده مقادیر سرب در ایستگاه‌ها و فصول مختلف از ثبات بیشتری برخوردار است و کادمیوم نسبت به سایر عناصر دارای دامنه تعیینات بیشتری بوده است که با تحقیق حاضر همخوانی دارد.

خیرو و دادالهی سهراب (۱۳۸۹) میانگین میزان کادمیوم و سرب در رسوبات رودخانه ارونده را  $7/5$  و  $47/07$  میلی‌گرم در کیلوگرم گزارش کرده است که نسبت به تحقیق حاضر بالاتر بوده است. رودخانه ارونده نیز همانند رودخانه بهمن‌شیر به طور مستمر باعث ارتباط و انتقال فرآوردهای 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 حمل و نقل کالا موجبات ورود مواد نفتی حاوی فلزات سنگین به این رودخانه شده است. عامری و همکاران (۱۳۹۳) بیشترین میزان جیوه در رودخانه کارون و ارونده، 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 جامسی زاده و همکاران (۱۳۹۳) بالاترین و پایین‌ترین میزان نیکل در رسوبات رودخانه بهمن‌شیر در فصل زمستان  $7/96$  میلی‌گرم در کیلوگرم) و تابستان ( $3/7$  میلی‌گرم در کیلوگرم) گزارش شده است. همچنین بالاترین و پایین‌ترین میزان وانادیوم نیز در فصل زمستان ( $6/25$  میلی‌گرم در کیلوگرم) و تابستان ( $4/10$  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 تمیز مسجدسلیمان در فصول گرم و خشک بالاتر گزارش شده است که نشان‌دهنده تأثیر فصول خشک و تبخر آب در افزایش غلظت فلزات سنگین در آب می‌باشد که با نتایج این تحقیق همخوانی دارد. کمره بی و همکاران (۱۳۸۸) نیز تأیید 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 می‌باید.

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

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 مصب‌ها و شهرها از آلدگی بالای 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 دست یافت 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.

به طورکلی 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 آلدگی 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 آلدگی رودخانه بهمن‌شیر می‌باشد (سبز علیزاده، 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 بیش از حد 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 آبیان و مردم ساکن آن منطقه را دارد. با توجه به اینکه رودخانه دز و کارون در بالادست به هم ملحق می‌شوند و درنهایت در پایین دست به رودخانه بهمن‌شیر وارد می‌شوند، می‌توان گفت از جمله مواردی که باعث آلدگی 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 آلدگی مقطعی رودخانه کارون می‌باشد که درنهایت وارد رودخانه بهمن‌شیر می‌گردد.

جهت جلوگیری از پیشرفت این مشکلات می‌توان تدبیر 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 تنفسیه کننده 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 حاسیه‌نشین رودخانه، برداشت، احیا و جایگزینی رسوبات آلدود 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 آلدگی 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 ۱۳-۱۸.
- 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 - پژوهشی جنت‌شاپیر، ویژه‌نامه: صفحات ۸۷-۱۰۰.
- باقری، ح، شارمد، ت، خیرآبادی، و، درویش بسطامی، ک، و باقری، ز، ۱۳۹۰. سنجش و ارزیابی آلدگی فلزات سنگین در رسوبات رودخانه گرگان رود. فصلنامه اقیانوس‌شناسی، ۲ (۵): صفحات ۳۵-۳۹.

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

**جامسی زاده، ز.، سواری، ا. و ابراهیمی قوام‌آبادی، ل.** ۱۳۹۳. مقایسه آلاینده‌های فلزی رسوبات رودخانه بهمن‌شهر متأثر از پساب‌های واردۀ 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 بهمن‌شهر در بازه زمانی ۱۳۸۹-۱۳۹۰. دومین همایش ملی توسعه پایدار کشاورزی و محیط‌زیست سالم، ۱۱ ص.

**دارمی اصل، ر.** ۱۳۸۴. بهره‌برداری پایدار از منطقه آزاد ارونده 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 ارشی، ف. ۱۳۸۵. بررسی میزان فلزات سنگین (سرپ، کبات، مس، نیکل، روی و کادمیوم) در رسوبات رودخانه بهمن‌شهر به روش ولتاوی. هفتمین سمینار بین‌المللی مهندسی رودخانه، اهواز، سازمان آب و برق خوزستان، دانشگاه شهید چمران اهواز، ۸ ص.

**راست منش، ف.، زراسوندی، ع. و صفائی، س.** ۱۳۹۲. بررسی آلدگی 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، اع.، نوجوان، م. و صبهای، م.** ۱۳۹۲. ارزیابی میزان آلدگی فلزات سنگین (کادمیوم، کبات، سرپ، روی و منگنز) در آبخوان اشتهدار. فصلنامه علوم و مهندسی محیط‌زیست، ۱(۱): صفحات ۲۱-۱۳.

**سبز‌علیزاده، س.** ۱۳۸۷. بررسی میزان فلزات سنگین (کادمیوم، کبات، روی، نیکل، جیوه، سرپ و مس) و تعیین آلدگی آن‌ها در رسوبات منطقه لیفه و بوسيف. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرم‌شهر، ۱۱۸ ص.

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

**عامری، م.ر.، نیک پور، ا. و غانمی، ک.** ۱۳۹۳. تعیین میزان جیوه در آب، رسوب و آب بین رسوبی در محدوده شهری رودخانه‌های کارون و ارونده و ارتباط آن‌ها با منابع آلوه‌کننده 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 آبیان، انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز، چاپ اول، ۲۸۰ ص.

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

**فعال، ز.،** ۱۳۹۱. بررسی کیفی آب رودخانه بهمن‌شهر با استفاده از جلیکها به عنوان شاخص‌های زیستی. فصلنامه علمی محیط‌زیست، ۵(۲): ۱۰-۱۱.

**کمره بی، ب.، میرحسینی، س.ح.، جعفری، ع.، عسکری، ق.، بیرجندی، م. و رستمی، ز.** ۱۳۸۸. اندازه‌گیری غلظت فلزات سنگین (آرسنیک، باریم، کادمیوم، جیوه، سرپ، کروم) در منابع آب و رودخانه شهر بروجerd در سال ۱۳۸۷-۱۳۸۸. فصلنامه علمی - 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 contaminants 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.

- Huse, A., 1999.** Environmentally hazardous substances in products. Data for 1997. SFT-Report 99/03. TA-1613/1999. 73 p.
- Mir Mohammnad, A., Mohammad loghman, A., Saiful Islam, M. D. and Zillur Rahman, M. d., 2016.** Preliminary 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 Ogbia 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 (*Triplophysa pappenheimi*, *Gobio hwangensis*) 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.