مجله بوم شناسی آبزیان

Journal homepage: http://jae.hormozgan.ac.ir

مقایسه نرخ انباشتگی فلزات سنگین سرب و کادمیوم در بی‌مهرگان کفزی و ماهی خیاطه (*Alburnoides eichwaldii*) در رودخانه تجن استان مازندران، ایران

مهدیه حسنی[۱]، حسین رحمانی[۱*]، خسرو جانی‌خلیلی[۱]، داریوش مقدس[۲]

[۱] گروه شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

[۲] اداره کل حفاظت محیط‌زیست مازندران

نوع مقاله:
پژوهشی

تاریخچه مقاله:
دریافت: ۹۶/۰۴/۲۱
اصلاح: ۹۷/۰۲/۰۱
پذیرش: ۹۷/۰۲/۲۴

کلمات کلیدی:
بی‌مهرگان کفزی
رودخانه تجن
سرب
کادمیوم
ماهی خیاطه

چکیده

این مطالعه به منظور بررسی روند انتقال فلزات سنگین (کادمیوم و سرب) از آب به بی‌مهرگان کفزی و ماهی خیاطه (*A. eichwaldii*) در فصول بهار و پاییز در ۵ ایستگاه در رودخانه تجن استان مازندران انجام شد. میزان فلزات سنگین سرب و کادمیوم در نمونه‌های آب، بی‌مهرگان کفزی و بافت‌های عضله و کبد ماهی خیاطه توسط دستگاه ICP-OES قرائت شد. نتایج نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین غلظت این فلزات در فصول و ایستگاه‌های مختلف در آب و بی‌مهرگان کفزی دیده نشد ($p>0.05$). در بی‌مهرگان کفزی میانگین غلظت فلز سرب در فصول بهار و پاییز به ترتیب ۵۸/۳۸۱±۶۴/۸۱۵ و ۷۱/۴۸±۶۷/۷۴ و فلز کادمیوم ۳/۳۲±۵/۲۴۹ و ۴/۵۳±۷/۱۴۸ میکروگرم بر گرم وزن خشک بود. بیشترین و کمترین میزان فلز سرب در بافت عضله ماهی ۲/۰۴ و ۰/۴۷۱ میکروگرم بر گرم وزن خشک بوده که در ایستگاه اول دارای اختلاف معنی‌داری با ایستگاه پنجم بود ($p<0.05$). بیشترین و کمترین غلظت فلز کادمیوم در عضله ماهی به ترتیب ۰/۰۰۶ و ۰/۰۰۲ میکروگرم بر گرم وزن خشک به دست آمد ($p<0.05$). در مطالعه حاضر، میزان انباشتگی فلزات سنگین سرب و کادمیوم در بی‌مهرگان کفزی بیشتر از عضله ماهی خیاطه است ($p<0.05$). روند انتقال فلزات سنگین در طول زنجیره غذایی مشخص گردید که تجمع فلزات سنگین با افزایش سطح غذایی روند معکوسی نشان می‌دهند و میزان فلزات سنگین در بی‌مهرگان کفزی بیشتر از بافت‌های مورد بررسی ماهی خیاطه بوده است.

مقدمــه

آب‌های سطحی، پتانسیل زیادی برای آلوده شدن دارند و از دیرباز به طور جدی از سوی جوامع شهری و مراکز صنعتی مورد تهدید بوده‌اند. با توجه به اینکه منابع آب‌های سطحی به عنوان عمده‌ترین منابع تأمین آب آشامیدنی مورد استفاده انسان قرار گرفته‌اند، حفاظت از آن‌ها سهم عمده‌ای در توسعه بهداشت ملی و منطقه‌ای دارد (Erfanmanesh and Afyuoni, 2011).
آلودگی اکوسیستم‌های آبی به آلاینده‌های مختلف همانند سایر اکوسیستم‌ها یکی از مشکلات جامعه جهانی محسوب می‌شود (Bagheri *et al.*, 2011) و برای موجودات زنده آبزی از جمله ماهیان تهدید اصلی به شمار می‌رود (Santos *et al.*, 2005).

* نویسنده مسئول، پست الکترونیک: Shemaya1975@yahoo.com

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1398.9.2.11.2]

پاسخ این موجودات زنده آبزی به آلاینده‌ها متفاوت بوده و کیفیت و شکل عناصر در آب، رسوب یا غذا، درجه جذب این عناصر را تعیین می‌کند (Begum *et al.*, 2009).

در سال‌های اخیر برای تأمین نیازهای غذایی، توجه بیشتری به منابع آبی معطوف گشته و آبزیان به عنوان یکی از منابع غذایی انسان‌ها، عناصر شیمیایی تخلیه شده به آب‌ها را در بدن خود تجمع نموده و این عناصر در جریان چرخه‌های زیستی به سطوح غذایی بالاتر و در نهایت انسان‌ها منتقل می‌شوند. ورود مواد آلوده کننده به آب‌ها و تجمع آن‌ها در بافت‌های مختلف آبزیان به واسطه خطراتی که برای انسان و دیگر موجودات ایجاد می‌کنند از دیدگاه بهداشتی، اقتصادی و اکولوژیکی حائز اهمیت می‌باشد (Kheyrvar and Dadollahi, 2010).

مطالعات متعدد نشان داده است که با ورود پساب‌ها، فاضلاب‌ها و روان‌آب‌های شهری، کشاورزی و صنعتی به داخل رودخانه‌ها و تجاوز به حریم و بستر رودخانه‌ها و تغییر کاربری آن‌ها، غلظت برخی آلاینده‌ها و مواد سمی از جمله مواد مغذی، فلزات سنگین، آفت‌کش‌ها، کدورت، اکسیژن بیولوژیکی و اکسیژن شیمیایی مورد نیاز افزایش یافته و سبب کاهش اکسیژن محلول، افزایش مواد مغذی، افزایش غلظت و تجمع فلزات سنگین و کاهش زی‌توده آبزیان در رودخانه‌ها گردیده است (Hinck *et al.*, 2009 ;Miserendino *et al.*, 2008 ;Kazemzadeh *et al.*, 2002 ;Tajrishy, 2001).

ترکیبات سرب در محیط‌های دریایی بر حسب اندازه به صورت محلول، کلوئید و جامد یافت می‌شوند به طوری که با افزایش اندازه آن از میزان محلول کاسته و بر میزان کلوئید و جامد افزوده می‌شود. اولین نشانه مسمومیت با سرب، علائم عصبی، افزایش ناهنجاری عصبی در کودکان و افزایش فشار خون در بزرگ‌سالان است. نیمه عمر بیولوژیکی سرب در بافت‌های نرم ۲۱ روز، در عضلات ۵ سال و در استخوان ۲۰ سال گزارش شده است (Esmaeili Sari, 2003).

فلز کادمیوم در آب‌ها عموماً به صورت ترکیب آنیونی دیده می‌شود و حلالیت آن در آب تحت تأثیر عواملی نظیر نوع ترکیبات و pH آب است. جذب کادمیوم از طریق پوست بسیار محدود بوده و از طریق غذا بسته به رژیم غذایی جاندار متفاوت است ولی کلیه و کبد محل مناسبی جهت تجمع آن می‌باشد. نیمه عمر بیولوژیک کادمیوم در انسان در بافت‌های نرم و استخوان ده تا سی سال می‌باشد. مطالعات مرتبط نشان داده است که کادمیوم باعث سرطان کبد و بیضه در حیوانات شده و ازدیاد آن سبب بزرگ شدن قلب، افزایش فشار خون، تصلب شرائین و تخریب کلیه می‌گردد. سمیت حاد با کادمیوم ممکن است باعث مرگ حیوانات و پرندگان شده و مسمومیت شدید در آبزیان ایجاد کند (Esmaeili Sari, 2003)

ماهی خیاطه با نام علمی *Alburnoides eichwaldii* از خانواده Cyprinidae، بنتوپلاژیک و از ماهیان رودرو، ساکن آب شیرین و لب شور بوده که پراکنش آن در اروپا و آسیا، حوضه دریای سیاه، دریای خزر، دریای آرال، دریای بالتیک، دریای شمال و خلیج بیسکای می‌باشد (Coad, 2005). این ماهی دارای ارزش زیبایی شناختی و ذخیره ژنی می‌باشد که به لحاظ تعداد، یکی از فراوان‌ترین ماهیان رودخانه‌های جنوب دریای خزر است (Abdoli and Naderi, 2009). حساسیت بالای این ماهی نسبت به فعالیت‌های انسانی و تحمل کم نسبت به آب‌های آلوده و فاضلاب‌های صنعتی، کشاورزی یا شهری این ماهی را به یک شاخص زیستی مطلوب در رابطه با کیفیت زیست‌محیطی مبدل ساخته است (Cihar, 1999).

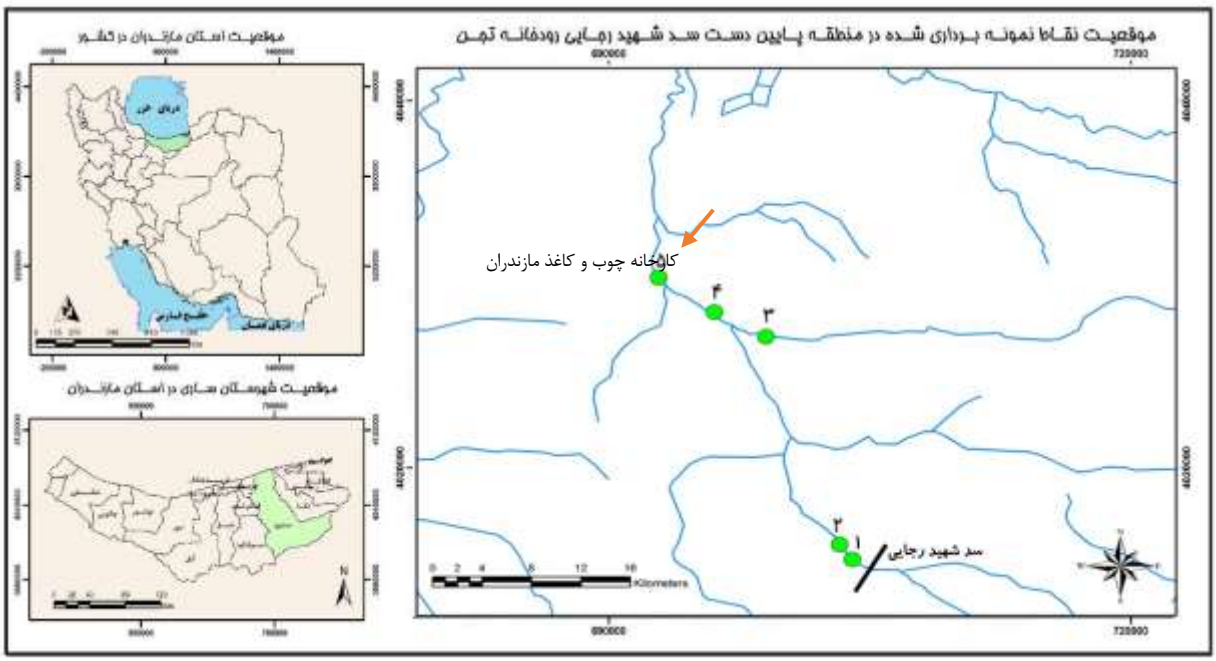
رودخانه تجن یکی از پر آب‌ترین رودخانه‌های حوضه جنوبی دریای خزر است که به صورت پراکنده و ناپیوسته در مناطق بی‌کربناته و سولفاته جریان دارد (Geographical Organization Of the armed forces, 2005). این رودخانه از گذشته نه چندان دور به دلیل دارا بودن زیستگاه مناسب تولیدمثلی برای مولدین ماهیان خاویاری و بسیاری از گونه‌های اقتصادی ماهیان استخوانی، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. متأسفانه این رودخانه مانند سایر رودخانه‌های کشور به دلیل ورود پساب کشاورزی، فاضلاب‌های شهری و صنعتی، برداشت شن و ماسه و احداث سازه‌های آبی نامناسب در عرض رودخانه، در معرض تهدیدات وسیعی قرار دارد که از مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به تخریب بستر و زیستگاه موجودات آبزی و جلوگیری از مهاجرت آبزیان به نواحی تولیدمثلی در بالادست رودخانه‌ها اشاره نمود (Saeedi *et al.*, 2006; Mehrdadi *et al.*, 2006; Ahmadi Mamaghani *et al.*, 2010). لذا این تحقیق جهت بررسی و مقایسه میزان انباشتگی فلزات سنگین سرب و کادمیوم در آب، بی‌مهرگان کف‌زی و بافت‌های عضله و کبد ماهی خیاطه (*A. eichwaldii*) به عنوان دومین یا سومین مصرف‌کنندگان در زنجیره غذایی رودخانه تجن انجام گردید.

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1398.9.2.11.2]

مواد و روش‌ها

این مطالعه در رودخانه تجن با طول تقریبی ۱۶۰ کیلومتر، به عنوان یکی از مهم‌ترین رودخانه‌های حوضه جنوبی دریای خزر در استان مازندران، که از ارتفاعات البرز مرکزی سرچشمه می‌گیرد، انجام شده است. نمونه‌برداری از آب، بزرگ بی‌مهرگان کفزی و ماهی خیاطه *A. eichwaldii* با توجه به عوارض طبیعی و انسانی شامل شرایط توپوگرافی، زمین‌شناسی منطقه، امکان دسترسی به رودخانه، امکان صید گونه خیاطه و منابع آلاینده (از جمله کارخانه چوب و کاغذ مازندران) در فصول بهار و پاییز ۱۳۹۳ انجام گردید (شکل ۱).



شکل ۱. موقعیت ایستگاه‌های مورد مطالعه در رودخانه تجن استان مازندران

نمونه آب از وسط رودخانه و از عمق ۵ تا ۱۰ سانتی‌متری لایه سطحی برداشت شد. این نمونه بلافاصله از کاغذ صافی ۲۰ میکرون عبور داده و در ظروف شیشه‌ای تیره ریخته است. سپس جهت تثبیت آن، ۲ میلی‌لیتر اسید نیتریک ۶۵٪ به آن اضافه شد و نمونه‌ها در شرایط دمایی ۴ درجه به آزمایشگاه منتقل و در یخچال نگهداری گردید. برای آنالیز نمونه‌ها به طور خالص از فیلتر سلولز استات ۲ میکرون عبور داده شدند (Hamilton *et al.*, 2008).

نمونه‌برداری از بزرگ بی‌مهرگان کفزی به وسیله نمونه‌بردار سوربر به ابعاد ۳۰/۵×۳۰/۵ سانتی‌متر در سه نقطه از هر ایستگاه انجام شد و پس از جداسازی از گل و لای و رسوبات به صورت تازه درون کیسه‌های زیپ‌دار پلی‌اتیلنی و در مجاورت یخ به آزمایشگاه منتقل و در دمای ۲۰- درجه سانتی گراد نگهداری شدند.

در این پژوهش حدود ۷۰۰ قطعه ماهی خیاطه *A. eichwaldii* از ایستگاه‌های مختلف به وسیله دستگاه الکتروشوکر با شدت جریان ۱۰۰ تا ۲۰۰ ولت و فرکانس ۱/۵ آمپر صید و به صورت تازه و در مجاورت یخ به آزمایشگاه منتقل شد. بلافاصله نمونه عضله ماهی از قسمت زیر باله پشتی و کبد به صورت جداگانه درون ظروف پلی‌اتیلنی قرار داده شد و تا زمان آزمایش در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. جهت آماده‌سازی نمونه‌های بیولوژیک، ابتدا نمونه‌های فریز شده به مدت ۴۸ ساعت در فریزدرایر با دمای ۵۰- درجه سانتی‌گراد و فشار ۰/۰۰۰۲ میلی‌بار تا خشک شدن کامل قرار گرفتند. سپس به ۰/۲ گرم از وزن خشک، ۵ میلی‌لیتر اسید نیتریک ۶۵٪ اضافه شد. محلول به دست آمده پس از یک ساعت روی هات‌پلیت ۱۲۰ درجه

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-25]
[DOR: 20.1001.1.23222751.1398.9.2.11.2]

سلسیوس قرار گرفت و پس از سرد شدن، ۲۵ میلی‌لیتر آب دیونیزه به آن اضافه و با فیلتر سلولز استات ۲ میکرون صاف شد (Tabatabai and Dastgoshadeh, 2009). سپس از نمونه‌های بافت هر ایستگاه در هر فصل سه نمونه جهت قرائت میزان فلزات سنگین سرب و کادمیم، نمونه‌ها با صافی سلولز استات ۰/۲ میکرون صاف شده و سپس میزان غلظت فلزات سنگین توسط دستگاه ICP-OES (GBC- Integra XL- Australia) در حد ppb قرائت شد. برای اندازه‌گیری میزان انباشتگی زیستی (Bio Accumulation Factor) یا فاکتور انتقال فلز سنگین از فرمول زیر استفاده شد (McGeer *et al.*, 2003; Rashed, 2001).

$$BAF = Css / Cw$$

Css= غلظت فلز سنگین در بافت زیستی (µg/g.dry weight)، Cw= غلظت فلز سنگین در آب (µg/ml)

قبل از تجزیه و تحلیل داده‌ها، تست نرمالیته با استفاده از آزمون Shapiro-Wilk انجام شد. با توجه به نرمال بودن داده‌ها، برای مقایسه پارامترهای فیزیکوشیمیایی و میزان غلظت فلزات سنگین در فصول پاییز و بهار، از تست t و برای مقایسه غلظت فلزات سنگین در آب و بافت‌های زیستی (بزرگ بی‌مهرگان کفزی، بافت عضله و کبد ماهی خیاطه) در ایستگاه‌های مختلف و همچنین انباشتگی آن‌ها در آب و بافت‌های زیستی از آنالیز واریانس یک‌طرفه (One-way ANOVA) و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون دانکن به وسیله نرم‌افزار آماری SPSS نسخه ۲۲ استفاده شد.

نتایـج

در این مطالعه برخی فاکتورهای محیطی آب مثل هدایت الکتریکی، مواد جامد معلق، دما، اکسیژن محلول و شوری در فصول مختلف اندازه‌گیری شد که نتایج آن در جدول ۱ آمده است. نتایج تست t در فصول مختلف تفاوت معنی‌داری در این پارامترها نشان نداد ($p>0.05$) ولی در پارامترهای هدایت الکتریکی و مواد جامد معلق از ایستگاه ۱ تا ۵ روند افزایشی مشاهده گردید. روند تغییرات دما در فصول مختلف تا ایستگاه ۳ روند افزایشی داشت و بعد از آن مقدار آن‌ها کاهش یافته است. ولی مقدار اکسیژن محلول در هر دو فصل از ایستگاه اول تا پنجم روند کاهشی را نشان داده است.

مقادیر میزان فلزات سنگین روی و کادمیوم در آب در تمامی ایستگاه‌ها و هر دو فصل بهار و پاییز بسیار ناچیز بوده است. مقدار این فلزات سنگین تقریباً در تمامی ایستگاه‌ها و هر دو فصل در بافت بزرگ بی‌مهرگان کفزی بیشتر از بافت‌های عضله و کبد ماهی می‌باشد. بررسی غلظت فلزات سنگین سرب و کادمیوم در آب در فصل بهار بیشتر از فصل پاییز بوده ($p>0.05$) و مقایسه مقادیر دو فلز مورد مطالعه در هر دو فصل نشان داده که مقدار غلظت فلز سرب بیشتر از فلز کادمیوم بوده است (شکل۲) (جدول ۲).

تغییرات میزان غلظت فلزات سنگین سرب و کادمیوم در بافت‌های مختلف بزرگ بی‌مهرگان کف‌زی و کبد و عضله ماهی خیاطه در جدول ۲ آمده است. میزان غلظت فلز کادمیوم در بافت‌های عضله و کبد در هر دو فصول بهار و پاییز به طور قابل توجهی کمتر از فلز سرب بود. مقدار این فلزات در بزرگ بی‌مهرگان کفزی در فصل پاییز بیشتر از فصل بهار بود، اما این تفاوت معنی‌دار نمی‌باشد ($p>0.05$). مقایسه مقادیر مختلف فلز سرب در بافت کبد ماهی خیاطه بر اساس تست t در فصول مختلف اختلاف معنی‌داری نشان داد ($p<0.05$)؛ اما مقادیر فلز سرب در بافت عضله و مقادیر فلز کادمیوم در بافت‌های عضله و کبد در فصول مختلف تفاوت معنی‌داری مشاهده نگردید ($p>0.05$) (جدول ۲).

مقایسه میزان غلظت فلز سرب در بافت‌های مختلف اختلاف معنی‌داری نشان داد ($P<0.05$). با توجه به آزمون دانکن، مشخص گردید که کمترین میزان غلظت فلز سرب در بافت عضله ماهی خیاطه و بیشترین مقدار در بزرگ بی‌مهرگان کف‌زی است ($p<0.05$). از طرفی غلظت فلز سرب در بافت کبد، اختلاف معنی‌داری با غلظت آن در عضله و بنتوز ندارد ($p>0.05$). میزان

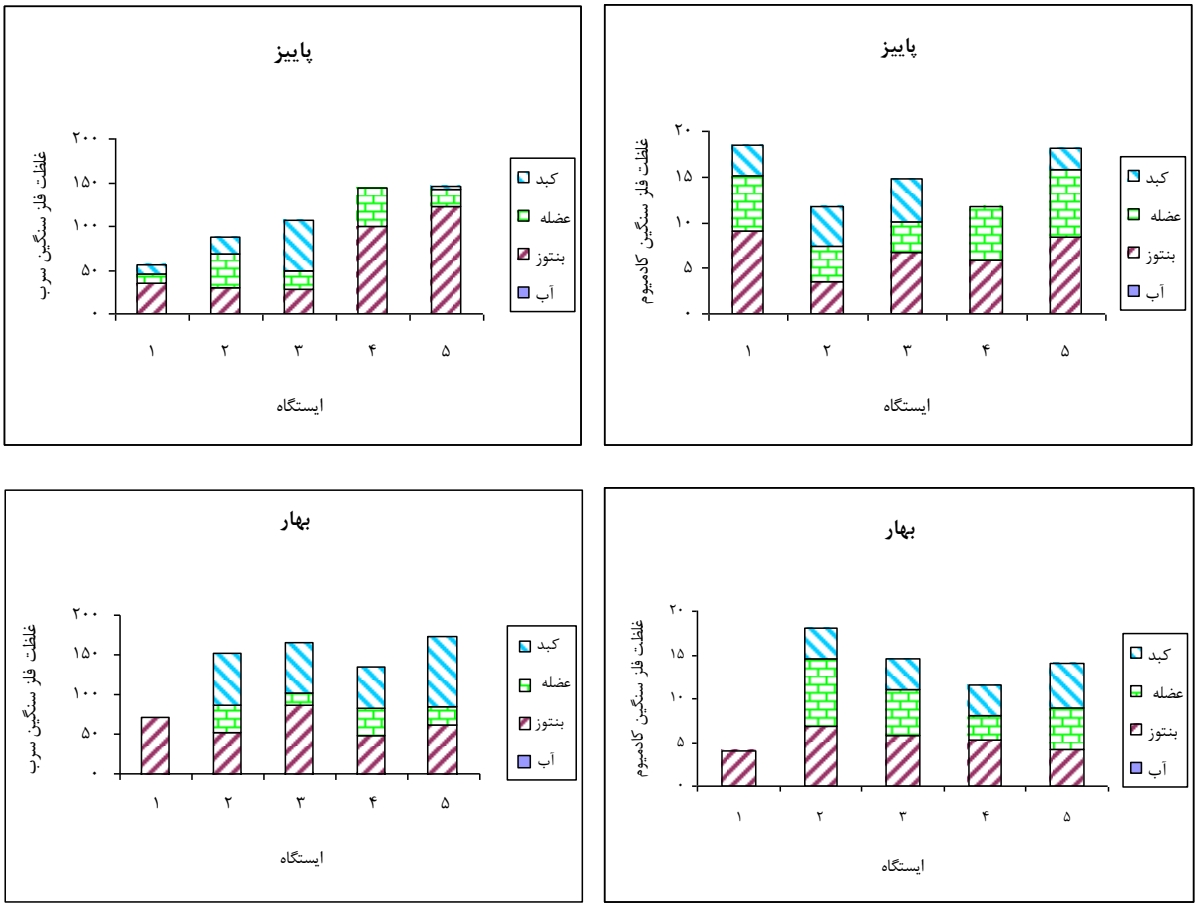
[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1398.9.2.11.2]

غلظت فلز کادمیوم نیز در بزرگ بی‌مهرگان کف‌زی و بافت‌های عضله و کبد ماهی اختلاف معنی‌داری را نشان نداد ($p<0.05$) (جدول ۲).

جدول ۱. نوسانات فاکتورهای فیزیکوشیمیایی آب رودخانه تجن در ۵ ایستگاه در فصول بهار و پاییز

فاکتور	فصل	ایستگاه‌ها				
		۱	۲	۳	۴	۵
دما (°C)	بهار	۱۱/۴۵	۱۲/۱۵	۲۳/۲۵	۲۰/۵	۲۱
	پاییز	۱۳/۴	۱۴/۲	۱۷/۷	۱۷/۷	۱۷/۶
هدایت الکتریکی	بهار	۴۱۶	۴۲۱	۴۵۵	۴۲۶	۶۲۶
(میکروموهس بر سانتی‌متر)	پاییز	۴۶۰	۴۷۰	۳۷۶	۵۲۷	۷۰۱
شوری (ppm)	بهار	۰/۳	۰/۳	۰/۲	۰/۳	۰/۳
	پاییز	۰/۳	۰/۳	۰/۲	۰/۳	۰/۴
کل مواد جامد معلق	بهار	۲۸۴	۲۸۳	۲۴۵	۲۹۰	۳۴۲
(میلی‌گرم در لیتر)	پاییز	۲۹۷	۲۹۸	۲۲۲	۳۰۸	۴۱۰
اکسیژن محلول	بهار	۱۱/۲۵	۱۰/۵	۸/۵	۸/۶	۷/۵
(میلی‌گرم در لیتر)	پاییز	۸/۵	۷	۷/۴	–	–



شکل ۲. مقادیر غلظت فلزات سنگین سرب و کادمیوم در آب، بنتوز و بافت‌های کبد و عضله در ایستگاه‌ها و فصول مختلف

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1398.9.2.11.2]

فاکتور انتقال (میزان انباشتگی زیستی) فلزات سنگین سرب و کادمیوم از آب به بزرگ بی‌مهرگان کفزی و بافت‌های کبد و عضله ماهی خیاطه نشان داد که بیشترین میزان نسبت بافت به آب در فلز سنگین سرب در فصل پاییز در بزرگ بی‌مهرگان کف‌زی و کمترین نسبت در مقدار فلز کادمیوم در فصل بهار در بافت کبد ماهی خیاطه بود. جدول آنالیز واریانس نیز تفاوت معنی‌داری را در شاخص انباشتگی فلزات سنگین مورد مطالعه در بافت‌های مختلف نشان نداد ($p>0.05$) (جدول ۲).

جدول ۳. غلظت فصلی فلزات سنگین سرب و کادمیوم در آب (میلی‌گرم در لیتر) و بافت‌های مختلف (میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک) و شاخص انباشتگی آن‌ها

	سرب	کادمیوم
آب		
بهار	۰/۲۲۳±۰/۳۲۲	۰/۰۳۲۷±۰/۰۱۸۶
پاییز	۰/۱۱۷±۰/۰۴۷	۰/۰۲۴۶±۰/۰۰۵۲
مقدار p	۰/۲۸۹	۰/۱۲۴
بزرگ‌بی‌مهرگان کفزی		
بهار	۶۴/۸۱۵±۵۸/۳۸۱	۵/۲۴۹±۳/۳۲
پاییز	۶۷/۷۴±۷۱/۴۸	۷/۱۴۸±۴/۵۳
مقدار p	۰/۹۰۴	۰/۲۰۷
شاخص انتقال از آب به بنتوزها (بهار)	۸۲۲/۱۱±۴۲۵/۸۷۷	۲۰۲/۵۴±۴۰/۴۰۶
شاخص انتقال از آب به بنتوزها (پاییز)	۸۸۷/۰۵۴±۳۲۷/۰۷۶	۲۸۳/۲۴±۳۹/۸۶
عضله ماهی خیاطه		
بهار	۲۶/۴۲±۱۶/۴۸	۵/۰۷۵±۲/۹۵۸
پاییز	۲۷/۹۴±۳۴/۰۶	۵/۳۰۶±۳/۶۵۲
مقدار p	۰/۸۸۹	۰/۸۶۲
شاخص انتقال از آب به ماهی (بهار)	۲۲۴/۶۵۳±۱۳۰/۲	۱۷۶/۰۶۶±۱۰۴/۸۷۲
شاخص انتقال از آب به ماهی (پاییز)	۲۴۹/۲۶۵±۱۹۱/۵	۱۹۳/۲۴۶±۱۲۶/۶۹۶
کبد ماهی خیاطه		
بهار	۶۹/۲۳±۴۸/۵۸	۴/۲۴±۱/۵۳۴
پاییز	۲۷/۷۶±۳۰/۰۵	۵/۵۶۳±۲/۹۳
مقدار p	۰/۰۳۱	۰/۲۱۷
شاخص انتقال از آب به ماهی (بهار)	۵۰۴/۴۳±۴۳۱/۲۷	۱۵۹/۶۴±۹۰/۵۵
شاخص انتقال از آب به ماهی (پاییز)	۲۲۱/۸۶۹±۲۶۹/۹۳۶	۱۸۱/۷۴±۱۱۷/۶۸

بحث

رودخانه تجن با آب‌دهی سالانه ۵۸۶۸ مترمکعب یکی از رودخانه‌های مهم حوضه جنوبی دریای خزر می‌باشد که در سال‌های اخیر، آلاینده‌های مختلف نظیر سموم و کودهای کشاورزی و آبزی‌پروری و پساب مراکز صنعتی مانند کارخانه چوب و کاغذ مازندران و پساب مناطق شهری و روستایی به این رودخانه وارد شده‌اند (Ebadi and Zare, 2005; Kalantari and Ebadi, 2006). در این مطالعه غلظت فلزات سنگین سرب و کادمیوم در آب، بزرگ بی‌مهرگان کف‌زی و ماهی خیاطه بررسی گردید.

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1398.9.2.11.2]

علیرغم این که این گونه ماهی به‌طور بالقوه می‌تواند یک شاخص زیستی آب‌های تمیز باشد (Cihar, 1999)، ولی به دلیل نبود اطلاعات کافی در مورد آلودگی فلزات سنگین در این گونه، مقایسه‌های انجام شده با گونه‌های دیگر از خانواده کپور ماهیان در این حوضه یا حوضه‌های دیگر انجام گردید.

بررسی تغییرات خصوصیات فیزیکوشیمیایی آب تا حدود زیادی نشان داد که در ایستگاه‌های نواحی پایین‌دست به دلیل عمق کم، عرض زیاد و گل‌آلودگی زیاد آب، پارامترهایی مثل هدایت الکتریکی افزایش قابل توجهی داشته، خصوصاً در ایستگاه پنجم علیرغم موارد ذکر شده، ورود پساب کارخانه چوب و کاغذ مازندران که حاوی مقادیر زیادی از یون‌های کلردار و مواد رنگی زیادی هستند نیز روی هدایت الکتریکی، کدورت و شوری تأثیرگذار بوده و سبب افزایش آن‌ها شده است (Mortazavi, Asadi ;Mohammadloo, 2010 Shirin, 2013). علاوه براین استفاده از آفت‌کش‌ها در زمین‌های کشاورزی حاشیه رودخانه می‌تواند به آلودگی فلزات سنگین کمک نماید (Santoro *et al.*, 2009).

بر اساس نظریهٔ Abel (1996)، فلزات سنگین نه‌تنها تهدیدی برای ماهی‌ها به شمار می‌روند، بلکه برای مصرف‌کنندگان از غذاهای آلوده به این فلزات نیز خطر بزرگی محسوب می‌شوند. فلزات سنگین مورد مطالعه از عناصر سمی بوده و اثرات سوئی را بر مصرف‌کنندگان بر جای می‌گذارند، به‌طوری‌که سرب ازنظر انتشار، گسترده‌ترین عنصر سنگین و سمی در محیط‌زیست است و به میزان زیاد در محیط‌های آبی یافت می‌شود. این فلز سنگین در صورت جذب از طریق غذا برای مصرف‌کنندگان بسیار سمی بوده و موجب اختلالات سیستم اعصاب و مشکلات رفتاری در آن‌ها می‌شود. کادمیوم به عنوان فلز سمی دیگر به مقدار زیادی از طریق غذا جذب شده و اثرات سوء خود از جمله مشکلات اسکلتی، برونشیت، آمفیزم، کم خونی و سنگ کلیه را در مصرف‌کنندگان انسانی موجب می‌شود (Esmaeili Sari, 2003).

مقادیر فلز سنگین کادمیوم در ایستگاه‌های مختلف در فصول بهار و پاییز در رودخانه تجن در محدوده مجاز بوده (کمتر از ۰/۱ میلی‌گرم در لیتر)، همچنین مقدار سرب در این رودخانه کمتر از محدوده طبیعی آن در رودخانه‌های جهان (۱ تا ۱۰ میلی‌گرم در لیتر) بود (Esmaeili Sari, 2003). البته در ایستگاه ۱ در فصل بهار مقدار سرب آب به بیشترین مقدار خود در این مطالعه رسید (۰/۶۷ میلی‌گرم در لیتر)، به این دلیل که این ایستگاه بلافاصله پس از خروجی دهانه سد شهید رجایی قرار دارد و از آب ذخیره شده پشت سد برای فعالیت‌های کشاورزی زمین‌های پایین‌دست در نیمه اول سال استفاده می‌شود. باز شدن دریچه خروجی سد، احتمال می‌رود رسوبات ته‌نشین شده که حاوی مقادیر بیشتر ترکیبات سرب بوده و منشأ معدنی دارند، سبب افزایش فلز سرب شده است.

مقدار غلظت فلزات سنگین سرب و کادمیوم در ترکیب بدنی بزرگ بی‌مهرگان کفزی در ایستگاه‌ها و فصول مختلف نوساناتی داشت که معمولاً در فصل پاییز در ایستگاه‌های پایین‌دست و در فصل بهار در ایستگاه‌های بالادست مقادیر این فلزات بیشتر بود. دلیل این امر را می‌توان به متفاوت بودن غلظت این فلزات در فصول مختلف در آب رودخانه و همچنین ترکیب گونه‌ای بزرگ بی‌مهرگان کفزی رودخانه تجن ازنظر گروه‌های تغذیه‌ای نسبت داد. بر اساس مطالعات Shokri Saravi و همکاران (2011) در مناطق مختلف رودخانه تجن گروه‌های تغذیه‌ای جمع‌کننده و فیلتر کننده، بیشترین فراوانی را دارا بودند. زیرا گروه‌هایی از کفزیان که در گروه‌های تغذیه‌ای جمع‌کننده طبقه‌بندی می‌شوند نسبت به گروه‌های شکارچی و فیلترکننده می‌توانند مقادیر بیشتری از فلزات سنگین را جذب نمایند (Santoro *et al.*, 2009).

بر اساس نتایج این تحقیق، تجمع فلزات سنگین سرب و کادمیوم در بافت عضله در مقایسه با بافت کبد کمتر بود، زیرا غلظت فلزات سنگین معمولاً در ماهیچه کمترین و در بافت کبد به علت نقش فیزیولوژیکی در متابولیسم ماهی، بالاترین هستند، جایی‌که اندام هدف فلزات سنگین فعالیت متابولیکی آن‌ها است (Visnjic-Feftic *et al.*, 2010 Bensalem *et al.*, 2014). نرخ انباشتگی بالای فلزات در کبد می‌تواند به علت بالاتر بودن تمایل عناصر برای واکنش با اکسیژن کربوکسیلات، گروه آمینو، نیتروژن و یا سولفور گروه مرکاپتو در پروتئین متالوتیونین در این بافت باشد (Al-Yousuf *et al.*, 2000; Usero *et al.*, 2005).

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1398.9.2.11.2]

به طور کلی، انباشتگی فلزات در بافت‌های مختلف ماهی، به عملکرد هر بافت، مسیر جذب و فیزیولوژی رفتار گونه‌های ماهی از قبیل زیستگاه، تغذیه و درجه آلودگی بستگی دارد (Alam *et al.*, 2002; Kalantzi *et al.*, 2013).

بر اساس نظریه Viarengo (1989) توانایی موجودات برای جذب، تجمع، برداشت یا سم‌زدایی فلزات سنگین به‌طور اساسی با هم فرق می‌کند. گونه‌هایی که دارای مقادیر مشخصی از متالوتیونئین‌ها و لیزوزوم‌ها باشند می‌توانند سمیت این فلزات را از بین ببرند. با این حال بنا به نظر Roesijadi (1994)، اگر مقادیر فلزات سنگین زیاد باشد، سمیت آن‌ها افزایش می‌یابد، زیرا توانایی متالوتیونئین‌ها و لیزوزوم‌ها برای از بین بردن اثر سمی آن‌ها محدود است؛ از سویی با توجه به نظریه Cappuzzo و همکاران (1985)، هنگامی که فلزات سنگین بیش از حد در محیط وجود داشته باشند به عنوان بازدارنده‌های آنزیمی عمل می‌کنند.

با توجه به نتایج حاصل، میزان انباشتگی فلزات سنگین سرب و کادمیوم در بی‌مهرگان کفزی بیشتر از انباشتگی این فلزات در ماهی خیاطه است. Mora و همکاران (2004) به این نکته اشاره کرده‌اند که معمولاً انباشتگی زیستی فلزات در بی‌مهرگان کفزی به طور قابل توجهی بیشتر از ماهی می‌باشد. Tao و همکاران (2012) نیز مقایسه‌ای را بین میزان انباشتگی فلزات سرب و کادمیوم در طول زنجیره غذایی انجام دادند. آن‌ها نیز به این نتیجه رسیدند که انباشتگی زیستی فلزات سنگین در بی‌مهرگان کفزی بیشتر از میزان انباشتگی در ماهی‌های مورد مطالعه آن‌ها بود. ایشان نتیجه گرفتند که تولیدکننده اولیه، مقادیر فلز سنگین بیشتری را نسبت به سطوح غذایی بالاتر انباشته می‌کنند. اما ماهیان به علت توانایی حرکت در فواصل طولانی‌تر، قادرند در پاسخ به آلودگی‌های وارد شده به منبع آبی، به مکان جدیدی مهاجرت کنند و میزان کمتری از فلزات را انباشته کنند.

یافته‌های این بررسی نشان داد که غلظت‌های کم فلزات کادمیوم و کروم در محیط، مسیری را برای افزایش انباشتگی زیستی مقدار استعمال شده در ماهی پیدا می‌کنند که به موجب آن، سلامت مصرف‌کننده را شدیداً مورد تهدید قرار می‌دهند. بنابراین، نظارت زیستی منظم آبزیان به منظور پایش سلامت آن‌ها امری ضروری است.

منابع

Abel, P.D. 1996. Water Pollution Biology. Ellis Horwood, Chichester, England. 286 p.

Abdoli, A., Naderi, M. 2009. Biodiversity of fishes of the southern basin of the Caspian Sea. Abzian Scientific Publication. 242 p. (in Persian)

Ahmadi Mamaghani, Y.A., Khorasani, N., Rafiei, G. 2010. Investigation of pollution sources water quality of Tajan River. Journal of Natural Environment. 63(4): 317-327. (in Persian)

Alam, M.G., Allinson, G., Stagnitti, F., Tanaka, A. Westbrooke, M. 2002. Arsenic contamination in Bangladesh groundwater: a major environmental and social disaster. International Journal of Environmental Health Research. 12: 235-253.

Al-Yousuf, M.H., El-Shahawi, M.S., Al-Ghais, S.M. 2000. Trave metals in liver, skin and muscle of *Lethrinus lentjan* fish species in relation to body length and sex. The Science of the Total Environment. 256: 87-94.

Bagheri, H., Sharmad, T., Kheyabadi, V., Drvish Bastami, K., Bagheri, Z. 2011. Measurement and evaluation of heavy metals contamination in the Gorganroud River sediments. Journal of Oceanography. 2(5): 29-34. (in Persian)

Bensalem, Z., Capelli, N., Laffray, X., Elise, G., Ayadi, H., Aleya, L. 2014. Seasonal variation of heavy metals in water, sediment and roach tissues in a landfill draining system pond (Etueffont, France). Ecological Engineering. 69: 25-37.

Begum, A., Harikrishna, S., Khan, I. 2009. Analysis of heavy metals in water, sediments and fish samples of Madivala lakes of Bangalore, Karnataka. International Journal of Chemtech Research. 1: 245-249.

Cappuzzo, J.M., Burt, W.V., Duedall, I.W., Park, P.K. Kester, D.R. 1985. The impact of waste disposal in near shore environment, in wastes in the ocean. John Wiley & Sons, New York.

Cihar, J. 1999. A field guaide in colour to fresh water fish. Blitz edition. Leicester.

Coad, B. 2005. Iranian freshwater fishes. Available from http/.www.briancoad.com.

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1398.9.2.11.2]

Ebadi, A.G., Zare, S. 2005. Measurement of organophosphorus pesticide in fish from the Tajan River. Pakistan Journal of Biological Sciences. 8(10): 1463-1465.

Erfanmanesh, A., Afyouni, M. 2011. Environmental pollution: Water, soil and air. Arkane Danesh. 330 p. (in Persian)

Esmaeili Sari, A. 2003. Pollution, Health and Environmental. Naghshe Mehr. 767 p. (in Persian)

Geographical Organization of the Armed Forces. 2005. Geography Culture Country Rivers, Basin Persian Gulf and Oman Sea. 4: 328 p. (in Persian)

Hamilton, M.A., Rode, P.W., Merchant, M.E., Sneddon, J. 2008. Determination and comparison of heavy metals in selected seafood, water, vegetation and sediments by inductively coupled plasma optical emission spectrometry from an industrialized and pristine waterway in southwest Louisiana. Microchemical Journal. 88: 52–55.

Hinck, J.E., Norstrom, R.J., Orazio, C.E., Schmitt, C.J., Tillitt, D.E. 2009. Persistence of organochlorine chemical residues in fish from the Tombigbee River (Alabama, USA): Continuing risk to wildlife from a former D.D.T manufacturing facility. Environmental Pollution. 157: 582-591.

Kalantari, M.R., Ebadi, A.G. 2006. Measurement of some heavy metals in sediments from two great rivers (Tajan and Neka) of Iran. Journal of Applied Sciences. 6(5): 1028-1032. (in Persian)

Kalantzi, I., Shimmield, T.M., Pergantis, S.A., Papageorgiou, N., Black, K.D., Karakassis, I. 2013. Heavy metals, trace elements and sediment geochemistry at four Mediterranean fish farms. Science Total Environmental. 444: 128-37.

Kazemzadeh, E., Esmaili Sari, A., Ghasempouri, S.M. 2002. Investigation of fish farms pollution in the Haraz River. Marine Sciences. 3(2): 27-34. (in Persian)

Kheyrvar, N., Dadollahi, S.A. 2010. Heavy metals (Ni, Pb, Cd and Cu) concentrations in *Barbus grypus* and sediments from Arvand River. Journal of Sceinces and Environmental Technology. 12(2): 123-131. (in Persian)

McGeer, J.C., Brix, K.V., Skeaff, J.M., Deforest, D.K., Brigham, S.I., Adams, W.J., Green, A. 2003. Inverse relationship between bioconcentration factor and exposure concentration for metals: implications for hazard assessment of metals in the aquatic environment. Environmental Toxicology & Chemistry. 22: 1017-1037.

Mehrdadi, N., Ghobadi, M., Nasrabadi, T., Hoveidi, H. 2006. Evaluation of the quality and self-purification potential of Tajan River using equal model. Journal of Environmental health Science and Engineering. 3: 199-204.

Miserendino, M.L., Brand, C., Di Prinzio, C.Y. 2008. Assessing Urban Impacts on Water Quality, Benthic Communities and Fish in Streams of the Andes Mountains, Patagonia (Argentina). Water, Air and Soil Pollution. 194: 91-110.

Mohammadloo, A.R. 2010. The process of water and waste water treatment of Mazandaran Wood and Paper Industry. The 4th conference and exhibition on environmental Engineering. Tehran. Tehran University. https://www.civilica.com/Paper-CEE04-CEE04_505.html. (in Persian)

Mora, D.S., Fowler, S.W., Wyse, E., Azemard, S. 2004. Distribution of heavy metals in marine bivalves, fish and costal sediments in the Gulf of Oman. Marine Pollution Bulletin. 49: 410-424.

Mortazavi, S., Asadi Shirin, G. 2013. Review production processes and qualitative characteristics of pulp and paper wastewater (Case study: Mazandaran Wood and Paper industry). National Conference on Environmental Hazards of Zagros. Khorramabad. https://www.civilica.com/ Calendar-CEZ01. (in Persian)

Rashed, M.N. 2001. Monitoring of environmental heavy metals in fish from Nasser Lake. Environmental International Journal. 27: 27-33.

Roesijadi, G. 1994. Behavior of metallothionein-bound metals in a natural population of an estuarine mollusk. Marine Environmental Research. 38(3):147-168.

Saeedi, M., Karbassi, A.R., Nabi Bidhendi, Gh.R. Mehrdadi, N. 2006. Impact of anthropogenic activities on heavy metals pollution in Tajan River water, Mazandaran province. Journal of Environmental Studies. 32(40): 41-50. (in Persian)

Santoro, A., Bio, G., Mastrolitti, S., Fagioli, F. 2009. Bioaccumulation of heavy metals by aquatic macroinvertebrates along the Basento River in the south of Italy. Water, Air and Soil Pollution. 201: 19-31.

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1398.9.2.11.2]

Santos, I.R., Silva-Filho, E.V., Schaefer, C.E., Albuquerque-Filho, M.R. Campos, L.S. 2005. Heavy metal contamination in coastal sediments and soils near the Brazilian Antarctic station, king George Island. Marine Pollution Bulletin. 50: 185- 194.

Shokri Saravi, M., Rahmani, H., Ahmadi, M.R. 2015. An assessment of macroinvertebrate functional feeding groups as water quality indicators in the Tajan River. Journal of Animal Researches. 28(1): 52-61. (in Persian)

Tabatabai, A., Dastgoshadeh, F. 2009. Measurement of Heavy Metal in Biological Samples, Plant and Fish. Environmental Protection Agency. 2 p. (in Persian)

Tajrishy, M. 2001. A review of water quality problems facing the country. 2nd Asian conferences on water and wastewater management proceeding, Ministry of Energy, Tehran. pp. 1-10.

Tao, Y., Yuan, Z., Xiaona, H., Wei, M. 2012. Distribution and bioaccumulation of heavy metals in aquatic organisms of different trophic levels and potential health risk assessment from Taihu Lake, China. Ecotoxicology and Environmental Safety. 81: 55-64.

Usero, J., Marilla, J., Graccia, I. 2005. Heavy metal concentration in mollusk from the Atlantic Coast of Sothern Spain. Chemosphere. 59: 1175-1181.

Viarengo, A. 1989. Heavy metals in marine invertebrates: mechanisms of regulation and toxicity at the cellular level. Reviews in Aquatic Science. 1: 295-317.

Visnjic-Jeftic, Z., Jaric, I., Jovanovic, L., Skoric, S., Smederevac-Lalic, M., Nikcevic, M., Lenhardt, M. 2010. Heavy metal and trace element accumulation in muscle, liver and gills of the Pontic shad (*Alosa immaculata* Bennet 1835) from the Danube River (Serbia). Microchemichal. 95: 341-344.

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1398.9.2.11.2]