بررسی و اندازه‌گیری فلزات سنگین (مس و روی) در رسوب و کفزیان رودخانه نمرود در استان تهران

مریم شاپوری[1*]، مینورضایی[2] و ابوالقاسم کمالی[3]

۱- گروه منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد سوادکوه
۲ و ۳- گروه منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۲/۱۹ تاریخ پذیرش:۱۳۹۴/۰۵/۲۵

چکیده

جامعه موجودات کفزی به عنوان مهم‌ترین منبع غذایی آبزیان به منظور ارزیابی شرایط آب رودخانه و محیط زیست مورد توجه قرار دارد. در این مطالعه اثر صنایع و کارگاه‌های پرورشی موجود در اطراف رودخانه نمرود بر کیفیت آب یا رسوب و جوامع کفزی مورد بررسی قرار گرفته است. در تحقیق حاضر، سه ایستگاه برای نمونه برداری در نظر گرفته شد. ایستگاه شاهد در بخش بالادست رودخانه نمرود و سپس با فاصله ۳۰ کیلومتر از هم، دو ایستگاه یکی در بخش ابتدایی (بالا دست) و دیگری در بخش پایینی (پایین دست) رودخانه انتخاب گردید. نمونه-برداری در دو فصل سرد و گرم سال (اواسط اسفند ماه و اواسط خردادماه سال ۱۳۸۸) از رسوبات و کفزیان مهم رودخانه (Chironomidae و *Gammarus pluex*) انجام گردید و غلظت فلزهای روی و مس با دستگاه جذب اتمی شعله‌ای مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج حاصل نشان داد که میزان غلظت مس از ۰/۱۷۰ ppm تا ۰/۹۶۶ ppm در نمونه‌های کفزی متغیر بوده و میزان غلظت روی در کفزیان از ۰/۱۸۷ ppm تا ۳/۸۴۶ ppm بدست آمد. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد رسوبات ایستگاه بالا دست در فصل سرد وگرم دارای بیشترین میزان مس در بین نمونه-ها می‌باشد و فلز روی بیشترین میانگین غلظت را در رسوبات ایستگاه بالادست در فصل سرد دارا می‌باشد. مقایسه میانگین غلظت عناصر مورد ارزیابی در رسوب و کفزیان با مقادیر استاندارد سازمان بهداشت جهانی، بیانگر مقادیر کمتر از حد استاندارد برای عناصر مس و روی بود.

واژگان کلیدی: مس، روی، *Gammarus pulex*، *Chironomidae*، رودخانه نمرود، استان تهران

*نگارنده پاسخگو: m_shapoori@iausk.ac.ir

مقدمه

فلزات سنگین که در شکل‌های مختلف و غلظت‌های متفاوت، به طور عمده از طریق تخلیه پساب‌های صنعتی و فاضلاب‌های شهری، در رودخانه‌ها و نهرها و نیز زهکشی زمین‌های کشاورزی، که با کودهای تهیه شده از لجن فاضلاب‌ها تغذیه می‌شوند به محیط راه می‌یابند، نه تنها موجودات آبزی و ماهیان را تهدید می‌نمایند، بلکه سبب بروز تغییر در اکوسیستم نیز می‌شوند (Qadir & Malik, 2011). فلزات سنگین همیشه در ترکیب طبیعی محیط زیست وجود دارند و در شرایط طبیعی در غلظت‌های پایین یافت می‌شوند، اما امروزه در اثر فعالیت‌های انسانی مقادیر قابل توجهی از آنها وارد محیط زیست می‌شوند (Gerbersmann *et al*., 1997).

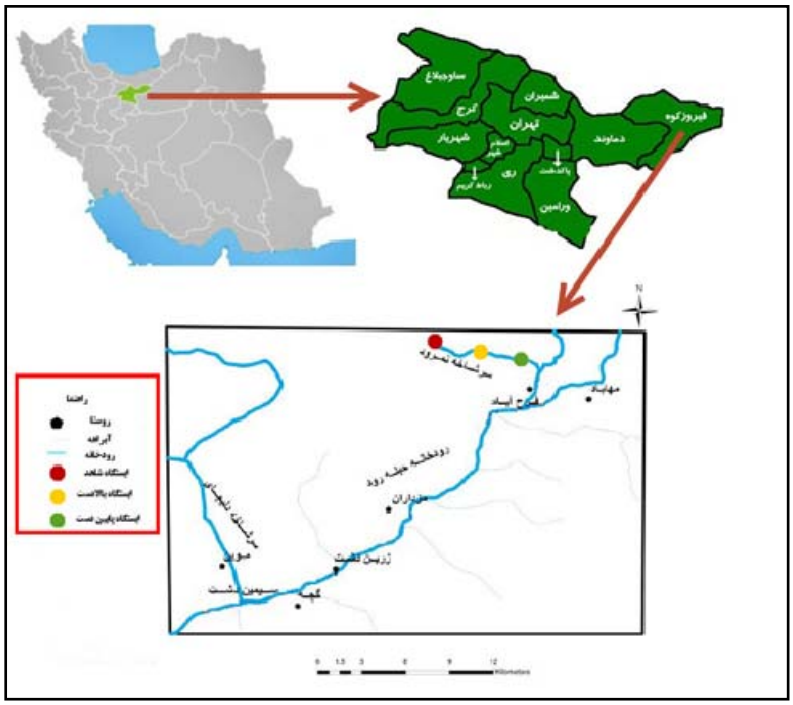
فلزات سنگین در محیط‌های تالابی، رودخانه و دریایی بسیار پایدارند و می‌توانند برای بسیاری از زیست‌مندان مضر باشند. این عناصر موجود در آب و رسوب ممکن است به سهولت و به مقدار زیاد در دسترس جانوران به ویژه کفزیان قرار گیرند. افزایش غلظت مواد مضر در آب و رسوب در محیط‌های رودخانه‌ای و دریایی، افزایش حجم این مواد را در بافت بدن موجودات آبی در پی دارد. این روند در صورت تداوم، سبب بروز تغییرات زیستی در آبزیان و ماهیان می‌شود و از طریق زنجیره غذایی به تشدید عوامل بیماری‌زا در انسان منجر می‌شود. کفزیان از مهم‌ترین و حیاتی‌ترین بخش‌های اکولوژی آب‌ها محسوب می‌شوند و از مهم‌ترین گروه بی‌مهرگان برای بررسی شرایط زیستی در آب‌ها به شمار می‌روند، زیرا با توجه به تنوع گونه‌ای گسترده و پاسخ‌های متغیر در برابر شرایط استرس تنها راه عملی و با صرفه اقتصادی در جهت تعیین سلامت آب‌ها بوده و تعیین کننده اثر فعالیت‌های انسانی بر شرایط کیفی آب‌ها به روش پایش بیولوژیک می‌باشند (Cheggour *et al*, 2001). ماکروبنتوزها به عنوان شاخص زیستی در اکوسیستم‌های آبی مورد بررسی قرار می‌گیرند زیرا غیر متحرک‌اند و در مقایسه با ماهی‌های متحرک نمونه‌برداری از آن‌ها نسبتاً ساده است و همچنین به دلیل طول عمر بیشتر، نوسان و تغییر در بیوماس و ترکیبات گونه‌ای کمتر آنها نسبت به پلانکتون‌ها بیشتر مورد توجه‌اند. بنابراین فون ماکروبنتوز می‌تواند فعل و انفعالاتی را که در اثر بارهای وارداتی، انواع پساب‌ها، فاضلاب‌ها ایجاد می‌شود، سریعاً منعکس کند (شاپوری و ذوالریاستین، ۱۳۹۰).

رودخانه نمرود در دهستان قزقانچای بخش فیروزکوه، شهرستان دماوند واقع شده است. این رودخانه جزء رودخانه‌های دائمی منطقه به شمار می‌رود و از ریزابه‌های حبله‌رود، در حوزه دشت کویر می‌باشد. طول این رودخانه ۵۱ کیلومتر و ارتفاع سرچشمه آن ۳۰۰۰ متر می‌باشد (امیری، ۱۳۹۴). با توجه به اینکه رودخانه نمرود در مسیر جاده فیروزکوه واقع شده و تحت تأثیر آلاینده‌هایی از قبیل مراکز توریستی، تفریحی، پمپ بنزین، فاضلاب‌های خانگی روستاهای مجاور، پساب کشاورزی مزارع و کارگاه‌های تکثیر و پرورش ماهی می‌باشد، بنابر این احتمال آلوده بودن رودخانه در برخی نواحی به فلزات سنگین وجود دارد. لذا در تحقیق حاضر، غلظت فلزهای سنگین مس و روی در دو ماکروبنتوز مهم رودخانه و رسوب در بالا دست و پایین دست رودخانه نمرود مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفت و با ایستگاه شاهد و استاندارد سازمان بهداشت جهانی مقایسه شده است.

مواد و روش‌ها

با توجه به عوامل طبیعی و یا مصنوعی مؤثر در وضعیت رودخانه مانند دسترسی به شهر، روستا، پساب‌های آلاینده، مکان‌های تفریحی و توریستی، ایستگاه‌های نمونه‌برداری مشخص گردید. بنابراین ۳ ایستگاه مطالعاتی از منطقه لزور به عنوان ایستگاه شاهد تا منطقه پرورش ماهی در نظر گرفته شد (شکل ۱). ایستگاه لزور در طول جغرافیایی ۵۵ ً۵۴ ً ۳۵ ً و عرض جغرافیایی ۴۱ ً ۳۲ ً ۵۲ ً به عنوان ایستگاه شاهد

در نظر گرفته شد. ایستگاه بالادست در مجاور روستای ارجمند، به دلیل نزدیکی به روستا و احتمال وارد شدن فاضلاب‌های خانگی و پساب‌های کشاورزی ناشی از کود، سموم دفع آفات و حشره‌کش‌ها انتخاب شد، این ایستگاه در طول جغرافیایی N ۴۷′ ۳۵ عرض جغرافیایی E ۳۰′ ۵۲ و ارتفاع ۲۱۰۱ متر قرار دارد. ایستگاه پایین دست به‌دلیل اختلاط پساب کارگاه‌های تکثیرو پرورش با آب رودخانه و به منظور بررسی کیفیت آب رودخانه در این منطقه در نظر گرفته شد و موقعیت آن در طول جغرافیایی N ۴۳′ ۳۵ و عرض جغرافیایی E ۳۹′ ۵۲ و ارتفاع ۱۸۱۹ متری قرار دارد. فاصله دو ایستگاه از هم در حدود ۳۰ کیلومتر بوده است.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه (رودخانه نمرود – استان تهران)

نمونه‌برداری

نمونه‌برداری از سه ایستگاه شاهد، بالادست و پایین دست رودخانه در دو فصل سرد و گرم سال ۱۳۸۸ از رسوبات و بنتوز انجام شد. از میان ماکروبنتوزها اعضا Chironomidae و *Gammarus pluex* نمونه‌های غالب در رودخانه بودند و به همین دلیل به منظور بررسی آلودگی فلزات سنگین در تحقیق حاضر انتخاب شدند. براساس دستورالعمل EPA (۲۰۰۶) با استفاده از گراب ۰/۱ متر مربعی تعداد ۳ نمونه کامل از رسوب بستر برداشت گردید و به کمک الک ۵۰۰ میکرومتری با استفاده از آب جاری رودخانه شستشو داده شد و موجودات جدا گردید. نمونه‌برداری در ایستگاه‌های با بستر قلوه‌سنگی توسط نمونه‌بردار سوربر با ۳ تکرار در هر ایستگاه انجام شد. ماکروبنتوزهای شسته شده به ظروف پلی اتیلن یا پاکت‌های پلاستیکی منتقل و تا زمان هضم به صورت منجمد نگهداری شدند.

نمونه‌های ماکروبنتوز به وسیله مراجع (Pennak, 1978; Maccafferty & Provonsha, 1981) شناسایی شدند.

آماده سازی نمونه‌ها

به منظور هضم نمونه‌های جانوری و رسوب از

دستور MOOPAM (1999) استفاده شد. نمونه‌های ماکروبنتوز و رسوب در هوای آزمایشگاه از حالت انجماد خارج شد و در آون ۶۰ درجه به مدت ۲۴ ساعت خشک گردیده و سپس با استفاده از هاون عقیق، پودر و یکنواخت شدند. مقدار ۱ گرم از نمونه‌های بافت و ۲ گرم از نمونه رسوب به دقت وزن و در ارلن مایر ریخته شد. مقدار ۸ میلی لیتر نیتریک اسید ۶۵ درصد و ۴ میلی لیتر پرکلریدریک اسید ۷۰ درصد به نمونه‌ها اضافه گردید. فقط نمونه‌های بافت به همراه اسید در زیر هود به مدت بیست و چهار ساعت قرار گرفت، سپس در دمای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد حرارت داده شدند. نمونه‌ها بعد ازخنک شدن، با استفاده از کاغذ صافی واتمن صاف گردید و به حجم ۲۰۰ میلی لیتر رسانده شد. غلظت فلزها با دستگاه جذب اتمی شعله‌ای مدل Spector AA 200 مورد ارزیابی قرار گرفت. لازم به ذکر است مقدار حساسیت برای عناصر مختلف در روش جذب اتمی در حدود ۰/۰۰۰۳ الی ۲۰ ppm بود.

آنالیز آماری

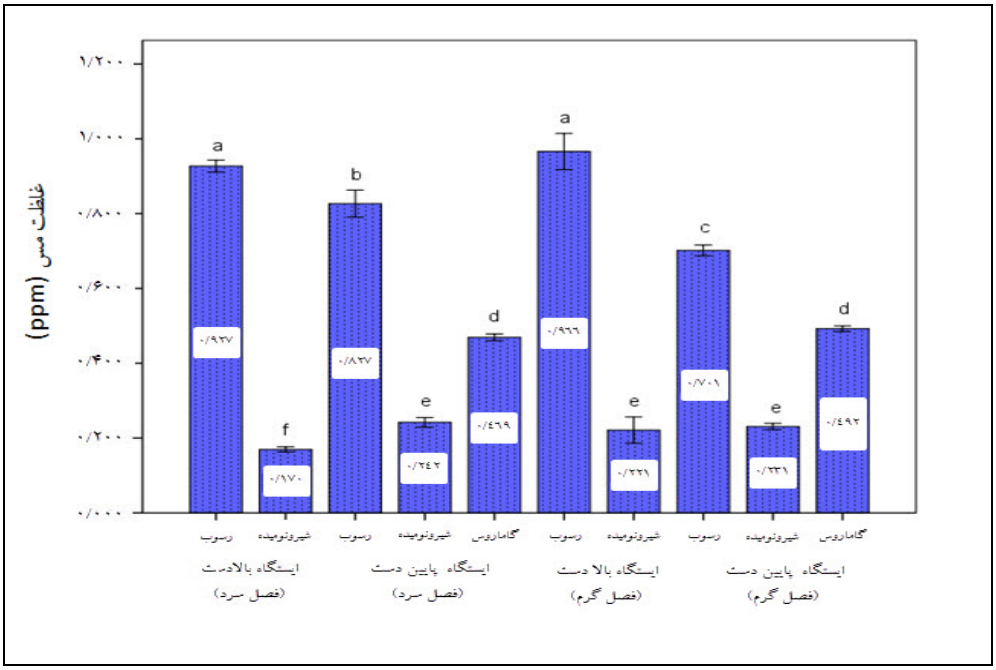
تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS V.21 و Excell و انجام آزمون آنالیز واریانس یکطرفه One Way ANOVA و آزمون‌های تکمیلی دانکن (Duncan) و LSD در سطح معناداری ۹۵ درصد انجام شد.

نتایج

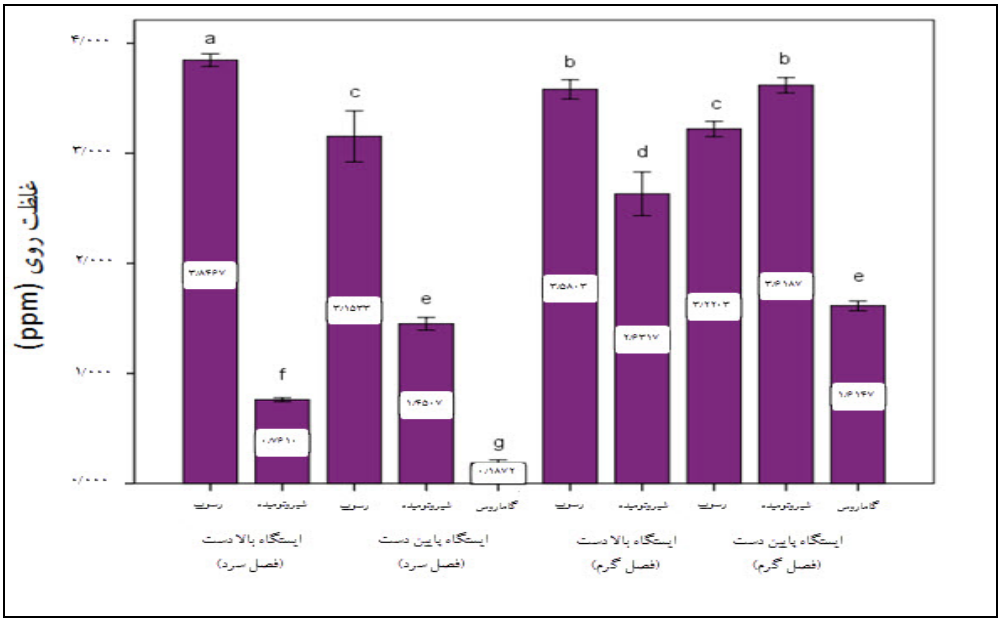
در تحقیق حاضر، میزان مس در ماکروبنتوزها و رسوب، در رودخانه نمرود مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج حاصله بیانگر ناچیز بودن میزان فلز مس در ایستگاه شاهد است، میزان مس موجود قابل سنجش دستگاهی نبود (شکل ۲).

میزان مس موجود در رسوبات ایستگاه بالادست در فصل گرم و سرد سال، اختلاف معنی‌داری از نظر آماری نداشت ولی در رسوبات ایستگاه پایین دست اختلاف معنی‌داری بدست آمد ($p<۰/۰۵$). میزان مس موجود در شیرونومیده‌های ایستگاه بالا دست در فصل سرد اختلاف معنی‌دار با سایر نمونه‌های شیرونومیده دارد ($p<۰/۰۵$). اختلاف معنی‌داری در میزان مس تجمع یافته در گاماروس‌ها در هیچ کدام از فصول گرم و سرد مشاهده نگردید. تجمع پذیری مس در ماکروبنتوزها همواره کمتر از میزان این فلز در رسوبات ایستگاه مربوطه بوده است. در شکل (۳) میزان فلز روی در رسوب و ماکروبنتوزها در دو ایستگاه بالا و پایین دست ارائه شده است، قابل ذکر است که میزان این فلز در ماکروبنتوز و رسوبات ایستگاه شاهد بسیار ناچیز بود (کمتر از میزان حساسیت دستگاه جذب اتمی).

میانگین این فلز برای نمونه‌های شیرونومیده (ppm۰/۰۲±۰/۰۰۴) و گاماروس (ppm۰/۰۱±۰/۰۰۲) و در رسوبات (ppm۰/۰۳±۰/۰۰۵) به دست آمد. بر اساس نتایج شکل (۳) غلظت روی در رسوبات نواحی بالادست و پایین دست در زمستان و تابستان اختلاف معنی‌دار ($p<۰/۰۵$) داشت. به طور کلی غلظت روی در رسوبات ایستگاه پایین دست در مقایسه با ایستگاه بالادست دارای میزان کمتری است. غلظت روی در شیرونومیده‌های ایستگاه پایین دست در هر دو فصل سرد وگرم از ایستگاه بالادست بیشتر ارزیابی شد ($p<۰/۰۵$). غلظت فلز روی در بدن گاماروس در هر فصل کمتر از غلظت آن در سایر رسوبات و شیرونومیده بوده است ($p<۰/۰۵$).



شکل ۲- میزان میانگین غلظت مس در رودخانه نمرود در دو فصل سال ۱۳۸۸



شکل ۳- میزان میانگین غلظت روی در رودخانه نمرود در دو فصل سرد و گرم سال ۱۳۸۸

بحث و نتیجه‌گیری

با صنعتی شدن سریع و توسعه اقتصادی، فلزات سنگین از منابع مختلف مانند کودهای شیمیایی، آبیاری، رودخانه‌ها، پساب‌ها، رسوبات جوی و منابع کانونی به خاک و رسوب نفوذ می‌کنند. خاک و رسوب معمولاً به عنوان آخرین گیرنده فلزات سنگین همواره مورد توجه قرار گرفته است (Banata *et al.*, 2005). بسیاری از ماکروبنتوزها مواد غذایی خود را از رسوب به دست می‌آورند و خود غذای سایر آبزیان شده و به این ترتیب آلاینده‌ها در زنجیره غذایی انتقال می‌یابند (Takarina *et al.*, 2008; Takarina & Adiwibowo, 2011).

طبق نتایج حاصله، میزان غلظت مس در بالا دست و پایین دست رودخانه در کفزیان مورد بررسی (گاماروس و شیرونومیده) در مقایسه با ایستگاه شاهد بالا بوده است. این امر را می‌توان ناشی از منابع انسانی و طبیعی همچون استفاده از نهاده‌های کشاورزی به ویژه کود، سموم و کود بی‌کیفیت، ورود زه آب‌های اراضی زراعی، زیاد بودن نسبت سطح به حجم رسوبات دانه‌ریز و بالا بودن بار مواد آلی، افزایش نسبت سطح به حجم در رسوبات و در نتیجه احتمال جذب سطحی بیشتر آلاینده‌ها بر روی آنها، مقاومت به انحلال در آب و لذا تجمع در رسوب و فساد گیاهی در پیرامون منطقه نسبت داد (Buccolieri *et al.*,2006). این مساله در مطالعات خراسانی و همکاران (۱۳۸۴) که به ارزیابی غلظت تجمع یافته عناصر روی، مس، آهن، کروم و سرب در رسوبات بندر عباس اقدام نمودند، باقری و همکاران (۱۳۹۱) که به ارزیابی پراکنش آلودگی فلزات سنگین رسوبات خلیج گرگان پرداختند و خراط صادقی و کرباسی (۱۳۸۵) که به بررسی غلظت و منشأ عناصر سنگین در رسوبات بستر رودخانه شیرود پرداختند نیز مورد تاکید قرار گرفته است و با نتایج تحقیق حاضر همخوانی دارد. همان‌طور که نتایج به دست آمده نشان می‌دهد، بیشترین میانگین غلظت فلز مس در رسوبات ایستگاه بالادست فصل سرد با (ppm۰/۹۲۷±۰/۰۰۵) و رسوبات همان ایستگاه در فصل گرم (ppm۰/۹۶۶±۰/۰۰۵) به دست آمد که با ایستگاه شاهد و پایین دست دارای اختلاف معنی‌داری بود ($P<0/05$). کمترین میانگین غلظت این فلز در شیرونومیده در ایستگاه بالا دست در فصل سرد (ppm۰/۱۷۰±۰/۰۰۴) ارزیابی گردید. بیشترین میانگین غلظت فلز روی، در رسوبات ایستگاه بالا دست در فصل سرد (ppm۳/۸۴۶۷±۰/۰۰۵) مشاهده شده و کمترین میزان متعلق به گاماروس‌های ایستگاه پایین دست در فصل سرد (ppm۰/۱۸۷۲±۰/۰۰۲) بود. همان طور که در قبل اشاره شده است، ایستگاه بالادست رودخانه در مجاورت روستای ارجمند قرار دارد و دلیل بالا بودن میزان فلز روی در این منطقه احتمالاً به دلیل ورود فاضلاب‌های خانگی از روستا و همچنین به علت استفاده از کودهای مختلف و سموم دفع آفات و حشره کش‌ها در مزارع اطراف رودخانه می‌باشد. فاضلاب‌های شهری دارای میزان قابل توجهی مس و روی هستند و بدین ترتیب در مناطق ورودی فاضلاب غلظت مس و روی در محیط معمولاً افزایش می‌یابد (Clark, 1992). در تحقیق حاضر نیز با توجه به ایستگاه شاهد که میزان فلز مس در آن کمتر از حساسیت دستگاهی بوده است، به‌نظر می‌رسد وجود مس در مناطق مورد مطالعه منشأ کانونی داشته یعنی حاصل ورود فاضلاب‌های شهری و تردد خودروها است.

مشابه نتایج تحقیق حاضر، حیدرپور در سال ۱۳۹۲ نشان داد که منشأ اکثر فلزات سنگین اندازه‌گیری شده در آب و رسوبات سطحی رودخانه حبله‌رود (از سر شاخه نمرود تا دلیچای) به استثنای عناصر سرب، روی و مس طبیعی بوده و عناصر ذکر شده به دلیل فعالیت‌های انسانی سبب آلودگی اندک در رسوبات منطقه گردیده است.

ماکروبنتوزها به دلیل تحرک کم، بیوماکرهای مناسبی برای مطالعه تأثیر آلاینده‌ها می‌باشند. نتایج پژوهش حاضر نیز این مورد را تأیید می‌نماید (شکل ۲ و ۳). مطالعات متعددی نشان داده است که آلاینده‌های مختلف مانند فلزهای سنگین در پراکنش بنتوزها نقش داشته است مانند Takarina و Adiwibowo که نشان دادند میزان فزات سنگین مس، روی، سرب و کروم در خلیج جاکارتا متأثر از صنایع آلوده کننده در بالا دست بوده و باعث کاهش تنوع و تراکم کفزیان منطقه گردیده است به طوری که میزان فلزات سنگین با الگوی تراکم و پراکنش کفزیان در منطقه مشابه بوده و هماهنگی داشت (Takarina & Adiwibowo, 2011).

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که ایستگاه‌های بررسی شده در مقایسه با ایستگاه شاهد دارای غلظت‌های مس و روی بالاتر و معنی‌دار از نظر آماری

بودند که نشان دهنده‌ی تأثیر ورود آلاینده‌ها از طریق فاضلاب‌های خانگی، پساب‌های کشاورزی و سموم دفع آفات و در نهایت دخالت انسان در محیط می‌باشد، هر چند که با توجه به استانداردهای سازمان بهداشت جهانی (Buchman, 2008) غلظت فلز مس و روی در بدن گاماروس و شیرونومیده کمتر از میزان مجاز می‌باشد. از آنجایی که گاماروس‌ها و شیرونومیده جزء مصرف کنندگان اولیه به حساب می‌آیند و از طرفی بچه ماهیان از آنها تغذیه می‌کنند، در صورت انتقال و تجمع این مواد در بدن سایر آبزیان، این موضوع در بلند مدت می‌تواند زنگ خطری برای محیط محسوب شود (Yabanli *et al*., 2014).

منابع

امیری، م. ۱۳۹۴. شناسایی کفزیان رودخانه نمرود در استان تهران پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی، واحد سوادکوه، ایران.

باقری، ح.، درویش بسطامی، ک.، شارمند، ت.، و باقری، ز . ۱۳۹۱ .ارزیابی پراکنش آلودگی فلزات سنگین در خلیج گرگان، مجله اقیانوس‌شناسی، ۱۱(۳):۷۲-۶۵.

حیدرپور، ف. ۱۳۹۲. ارزیابی غلظت فلزات سنگین در آب و رسوبات سطحی رودخانه حبله‌رود (از سرشاخه نمرود تا دلیچای) در استان سمنان پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی شاهرود، ایران.

خراسانی، ن.، شایگان، ج.، و کریمی شهری، ن. ۱۳۸۴. بررسی غلظت فلزات سنگین روی، مس، آهن، کروم و سرب در رسوبات سطحی سواحل بندرعباس، مجله منابع طبیعی ایران، ۵۸: ۸۶۹-۸۶۱.

خراط صادقی، م. و کرباسی، ع .۱۳۸۵. بررسی غلظت و منشأ عناصر سنگین در رسوبات بستر رودخانه شیرود .فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط زیست، ۸: ۵۱- ۴۳.

شاپوری، م. و ذوالریاستین، ن.۱۳۹۰. هیدروبیولوژی. انتشارات حافظ برتر اندیش. ایران.

Banata, K. M., Howari, F. M. & Al-Hamada, A. A. 2005. Heavy metals in urban soils of Central Jordan: Should we worry about their environmental risks? *Environmental Research*, 97: 258–273.

Buccolieri, A., Buccolieri, G., Cardellicchio, N., Dell'Atti, A., Di Leo, A. & Maci, A. 2006. Heavy metals in marine sediments of Taranto Gulf (Ionian Sea, southern Italy). *Marine chemistry*, 99(1): 227-235.

Buchman, M. F. 2008. NOAA screening quick reference tables. NOAA Office of response and restoration division (OR and R), Report 08-1. National Oceanic and Atmospheric Administration, Seattle. USA.

Cheggour, M., Chafik, A., Langston, W. J., Burt, G. R., Benbrahim, S. & Texier, H. 2001. Metals in sediments and the edible cockle *Cerastoderma edule* from two Moroccan Atlantic lagoons: Moulay Bou Selham and Sidi Moussa. *Environmental Pollution*, 115(2): 149-160.

Clark, R B. 1992. Marin pollution. third edition. Clarendon Press. Oxford.

EPA. 2006. Environmental Protection Agency, Method for chemical analysis of water and wastes. EPA, Ohio. USA.

Gerbersmann, C., Heisterkamp, M., Adams, F. C. & Broekaert, J.1997. Two methods for the speciation analysis of mercury in fish involving microwave-assisted digestion and gas chromatography-atomic emission spectrometry. *Analytica Chimica Acta*, 350(3): 273-85.

Maccafferty, P. & Provonsha, A. 1981. Aquatic Entomology. The fishers and ecologists illustrated guide to insect and their relatives. Jones and Bartlett publishers. London.

MOOPAM. 1999. Manual of Oceanographic Observations and Pollutant Analysis Methods. ROPME. Kuwait.

Pennak, R. W. 1978. Fresh water invertebrates of United States. Second edition. John Wiley & Sons. USA.

Qadir, A. & Malik, R. N. 2011. Heavy metals in eight edible fish species from two polluted tributaries (Aik and Palkhu) of the River Chenab, Pakistan. *Biological trace element research*, 143(3): 1524-1540.

Takarina, N. & Adiwibowo, A. 2011. Impact of heavy metals contamination on the biodiversity of marine benthic organisms in Jakarta bay. *Journal of Coastal Development*, 14:168-171.

Takarina, N.D., Sunardi, Y. & Reza, A. 2008. Spesiasi logam beratdi sedimen muara dan perairan Teluk Jakarta. *Journal Kimia Lingkungan*, 9(2): 153-160.

Yabanli, M., Yozukmaz, A., Alparsian, Y. & Acar, U. 2014. Evaluation of heavy metals

Journal of Food, Agriculture and Environments (JFAE), 9 (2): 165-168.

and selenium contents in the muscle tissues of Rainbow Trout *Oncorhynthus mykiss* (Walbaum, 1792) in western Anatolia.