

## مطالعه غلظت فلزات سنگین در گونه *Pontogammarus maeoticus* و رسوبات ساحلی دریای خزر، واقع در استان گیلان

محسن محمدی گلنگش<sup>۱\*</sup>، عیسی سلگی<sup>۲</sup> و زهرا بزرگ پناه<sup>۱</sup>

<sup>۱</sup> صومعه سرا، دانشگاه گیلان، دانشکده منابع طبیعی، گروه علوم و مهندسی محیط زیست

<sup>۲</sup> ملایر، دانشگاه ملایر، دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست، گروه محیط زیست

تاریخ پذیرش: ۹۶/۲/۱۷

تاریخ دریافت: ۹۵/۲/۵

### چکیده

فلزات سنگین به علت پایداری در محیط‌زیست و ایجاد سمیت در موجودات زنده، به‌عنوان یکی از تهدیدات جدی در اکوسیستم‌های طبیعی بشمار می‌روند. این پژوهش به‌منظور بررسی میزان آلودگی فلزات سنگین (روی، سرب، کروم و کبالت) در رسوبات سطحی مناطق بندری و توریستی سواحل استان گیلان و تجمع آن‌ها در گونه (*Pontogammarus maeoticus*) در ۵ ایستگاه واقع در نواحی رضوانشهر، انزلی، کیشهر، چمخاله و چابکسر در سواحل دریای خزر انجام شده است. این‌گونه متعلق به شاخه‌ی سخت‌پوستان و گروه ناجورپایان می‌باشد. در هر ایستگاه ۳ نمونه رسوب و نیز ۵۰ تا ۷۰ گرم گاماروس با سه تکرار نمونه‌برداری شدند. یافته‌ها نشان داد که غلظت فلزات در نمونه‌های رسوب بصورت سرب > کبالت > کروم > روی بوده است و میانگین غلظت عناصر روی، کروم، کبالت و سرب در رسوبات پنج ایستگاه به ترتیب ۲۲/۸۷، ۱۶/۷۲، ۶/۵۵ و ۶/۰۲ میکروگرم برگرم به دست آمد. الگوی تجمع فلزات در نمونه‌های گاماروس به شکل کبالت > سرب > کروم > روی مشاهده شد و میانگین غلظت روی، کروم، سرب و کبالت در نمونه‌های گاماروس در پنج ایستگاه به ترتیب ۸/۶۸، ۲/۶۳، ۱/۱۳ و ۰/۹۴ میکروگرم برگرم به دست آمد. مقایسه‌ی غلظت فلزات در رسوبات با استانداردهای جهانی نشان داد که رسوبات ۵ ایستگاه در وضعیت غیرآلوده قرار دارند. همچنین براساس شاخص ژئوشیمیایی مولر (I<sub>geo</sub>)، کیفیت رسوبات ایستگاه‌های مورد مطالعه در کلاس صفر (غیرآلوده) قرار می‌گیرند. مقایسه میانگین غلظت فلزات در گاماروس با استانداردهای جهانی نشان داد که میزان سرب و کروم از استاندارد FAO بیشتر است. گاماروس در رژیم غذایی ماهیانی چون کپور وجود دارد و به دلیل انتقال عناصر سنگین در زنجیره غذایی، پایش سلامت منطقه ضروری است.

**واژه‌های کلیدی:** فلزات سنگین، دریای خزر، رسوبات، *Pontogammarus maeoticus*

\* نویسنده مسئول، تلفن: ۰۹۱۲۲۳۷۷۰۱۲، پست الکترونیکی: m\_mohammadi@guilan.ac.ir

### مقدمه

دریایی دارای اهمیت فراوانی است (۲۲). فلزات سنگین از جمله آلاینده‌های متداول و غیرآلی پایدار در اکوسیستم‌های دریایی هستند که به‌علت عدم تجزیه‌ی زیستی، ایجاد سمیت در گونه‌های مختلف آبی و بزرگ‌نمایی زیستی (Bioaccumulation) در آنها، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشند. به‌گونه‌ای که این آلاینده‌ها در سطوح بالای

با توجه به روند روبه رشد تراکم جوامع انسانی در مناطق ساحلی و توسعه مراکز خدماتی و صنعتی در این مناطق، اکوسیستم‌های ساحلی تحت تأثیر انواع آلاینده‌های آلی، معدنی و زیستی قرار دارند. به دلیل حساسیت اکولوژیکی مناطق ساحلی به آلاینده‌ها، انتقال آلودگی در زنجیره‌ی غذایی در زیستگاه‌های ساحلی نسبت به سایر زیستگاه‌های

این اکوسیستم در بخش‌های زیستی و غیرزیستی باشد (۴۱). از جمله آبزیان ساکن در دریای خزر گاماروس‌ها هستند که این ناجورپایان (*Amphipoda*) از رده سخت‌پوستان بوده و در سواحل جنوبی دریای خزر به‌وفور یافت می‌شوند. این موجودات نور‌گریز، بیشتر در بستر محیط‌های آبی زیست می‌نمایند (۱۹). از فراوانترین ناجورپایان حاشیه‌ی دریای خزر، جنس پنتو گاماروس است که گونه *Pontogammarus maeoticus* گونه‌ی غالب سواحل خزر می‌باشد. گاماروس‌های خزر از نظر بوم‌شناختی بسیار بااهمیت هستند، چراکه به‌طور طبیعی مورد تغذیه بسیاری از ماهیان باارزش اقتصادی از جمله تاس ماهی، ماهی سوف، اردک‌ماهی و کپور قرار می‌گیرند (۱۶). بررسی و پایش وضعیت کیفی رسوبات و کفزیانی چون گاماروس در مناطق بندری و توریستی در سواحل دریای خزر، با توجه به گستردگی منابع آلاینده در این نواحی، به لحاظ اکولوژیکی بسیار باارزش است. از این رو این پژوهش به منظور ارزیابی میزان آلودگی رسوبات سطحی مناطق بندری و توریستی به فلزات سنگین سرب، روی، کبالت و کروم و تجمع آن‌ها در گونه *Pontogammarus maeoticus* در سواحل خزر و مقایسه‌ی نتایج این مطالعه با استانداردهای جهانی و نتایج دیگر مطالعات انجام شده است.

### مواد و روشها

این مطالعه در سواحل دریای خزر که بطول تقریبی حدود ۲۷۰ کیلومتر است، از بندر آستارا تا چابکسر انجام شد و نمونه‌برداری از رسوبات و گاماروس‌های سواحل دریای خزر در استان گیلان در بهار ۱۳۹۲ صورت گرفت. نمونه‌ها از ۵ ایستگاه در سواحل رضوانشهر، انزلی، کباشهر، چمخاله و چابکسر در محدوده‌ی فعالیت‌های بندری و تمرکز فعالیت‌های انسانی که احتمال ورود مواد آلاینده در آن‌ها وجود داشت، انتخاب شدند (شکل ۱). موقعیت جغرافیایی هریک از ایستگاه‌ها در جدول ۱ آمده است.

زنجیره غذایی سلامتی گونه‌های مصرف‌کننده به‌ویژه انسان را تهدید می‌نمایند (۳۰). مطالعات نشان داده است که آلودگی ناشی از فلزات سنگین اثرات منفی بر سیستم فیزیولوژی، روش تغذیه، رشد، تولیدمثل و مهاجرت موجودات زنده داشته و سبب کاهش تنوع گونه‌های دریایی می‌شوند و در نهایت مصرف غذای دریایی آلوده، حیات زیست‌مندان را به مخاطره می‌اندازند (۸). در بخش مطالعات زیستی، فلزات سنگین در دو گروه مورد بررسی قرار می‌گیرند. فلزات سنگینی نظیر سرب و جیوه که هیچ‌گونه نقش شناخته‌شده‌ای در بدن جانداران نداشته و غیرضروری به شمار می‌آیند و گروهی دیگر مانند روی و مس، جز فلزات ضروری محسوب می‌شوند. با وجود اینکه حذف عناصر ضروری مانند روی از رژیم غذایی زیست‌مندان سبب بروز بیماری‌هایی چون امراض پوستی می‌گردد، چنانچه مقادیر فلزات ضروری از حدود معینی فراتر رود، سبب به خطر افتادن حیات آبزیان می‌گردد (۳۹). دریای خزر بزرگ‌ترین دریاچه بسته جهان می‌باشد که زمان ماندگاری آلاینده‌های مختلف در آن، طولانی‌مدت است. از مهم‌ترین آلاینده‌های دریای خزر، فلزات سنگین می‌باشند که از طریق ورود فاضلاب‌های شهری، صنعتی، کشاورزی و نیز طی فرایندهای طبیعی فرسایش و رسوب وارد این اکوسیستم می‌شوند و می‌توانند بر اساس غلظت، سمیت و تنوع گونه‌ای، آسیب‌های مختلفی را به اکوسیستم‌های آبی وارد نمایند (۳۵). فلزات می‌توانند در طول زمان در رسوبات و بدن موجودات دریایی همچون سخت‌پوستان و صدف‌ها تجمع یابند (۳۲). توسعه‌ی مراکز صنعتی و جوامع انسانی باعث شده است که اثرات آلودگی‌هایی با منشأ خشکی در سواحل دریای خزر گسترش یافته و انواع آلاینده‌ها در بخش‌های مختلف در بستر و سواحل از روند روبه رشدی برخوردار باشند، بطوریکه بررسی آلاینده‌ها در رسوبات و آبزیان اکوسیستم خزر می‌تواند بیانگر روند تغییرات آلاینده‌ها بخصوص آلاینده‌های پایدار مانند فلزات سنگین، جهت پایش کیفیت

موقعیت ایستگاه‌های نمونه‌برداری براساس توان دسترسی به ایستگاه، همگن بودن منطقه و توان دسترسی به گونه‌های مورد مطالعه مورد ارزیابی قرار گرفت. پیش از نمونه‌برداری تمام ظروف با محلول شوینده شسته و به مدت ۲۴ ساعت داخل ظرف حاوی اسید نیتریک ۵ درصد قرار گرفتند و سپس با آب دو بار تقطیر آبکشی شدند (۳۸).

جدول ۱- مختصات جغرافیایی ایستگاه‌های مورد مطالعه

شماره ایستگاه	نام ایستگاه	مختصات جغرافیایی	فعالیت‌های انسانی
۱	رضوانشهر	۳۷° ۳۴' ۴۷" N ۴۹° ۱۱' ۰۷" E	گردشگری - صنعتی
۲	انزلی	۳۷° ۲۸' ۰۴" N ۴۹° ۳۲' ۳۹" E	بندری - گردشگری
۳	کیاشهر	۳۷° ۲۵' ۴۲" N ۴۹° ۵۸' ۵۰" E	بندری - گردشگری
۴	چمخاله	۳۷° ۱۳' ۲۴" N ۵۰° ۱۶' ۰۷" E	بندری - گردشگری
۵	چابکسر	۳۶° ۵۹' ۳۲" N ۵۰° ۳۲' ۴۴" E	گردشگری

۰/۰۰۱ گرم توزین شده و ۱۰ میلی‌لیتر اسید نیتریک غلیظ به همراه ۲ میلی‌لیتر آب اکسیژنه به آن اضافه شد. سپس نمونه‌ها جهت هضم اسیدی به مدت ۳ ساعت در دمای ۹۵ درجه سانتیگراد روی راکتور هضم قرار گرفتند (۱۹) و محلول حاصل از هضم هریک از نمونه‌ها توسط کاغذ صافی واتمن ۴۲، صاف گردید و در بالن ۲۵ میلی‌لیتری با آب دو بار تقطیر به حجم رسانده شد (۹). پس از رسم خط کالیبراسیون با استفاده از محلول‌های استاندارد، نمونه‌های هضم شده با کمک دستگاه ICP-OES مدل Liberty RL آنالیز شدند.

**نمونه‌برداری از رسوبات:** در هریک از ایستگاه‌های نمونه‌برداری، برای برداشت رسوب از بیلچه پلاستیکی استفاده شد و نمونه‌برداری با تهیه ۳ نمونه مرکب در طول تقریبی یک کیلومتر در هر ایستگاه از رسوبات سطحی در پیرامون نمونه‌های گاماروس انجام شد. نمونه‌ها در ظروف پلی‌اتیلنی که قبلاً اسید شویی و سپس با آب دیونیزه آبکشی شده بودند قرار داده جمع‌آوری شدند. در زمان نمونه‌برداری تمامی نمونه‌ها در یخدان حاوی یخ خشک نگهداری شد و در پایان به آزمایشگاه دانشکده منابع طبیعی دانشگاه گیلان منتقل گردید (۲۰). به منظور آماده‌سازی نمونه‌ها، رسوبات برداشت‌شده به مدت ۴۸ ساعت در آن در دمای ۸۰ درجه سانتیگراد قرار داده و بطور کامل خشک شدند. نمونه‌های خشک‌شده با استفاده از هاون چینی پودر

**نمونه‌برداری گاماروس:** براساس بررسی‌های اولیه در خصوص تراکم موجودات در هر ایستگاه، نمونه‌های گاماروس به وزن تقریبی ۵۰ تا ۷۰ گرم، با استفاده از الک با چشمه‌ی ۱ میلی‌متری و با سه تکرار جمع‌آوری شدند.



شکل ۱- موقعیت ایستگاه‌های مورد مطالعه در سواحل استان گیلان

نمونه‌ها پس از شست‌وشوی اولیه با آب دریا، از الک به داخل ظروف مخصوص جابجا شدند و سپس ظروف حاوی نمونه در یخدان‌های پلی‌اتیلنی حاوی یخ قرار داده شدند و به آزمایشگاه منتقل شدند (۲۹). به منظور آماده‌سازی، نمونه‌ها ابتدا با آب مقطر شستشو داده شدند و سپس حدود ۱۵ گرم گاماروس در دمای ۱۰۵ درجه سانتیگراد به مدت ۲۴ ساعت قرار گرفت تا خشک شوند. پس از ارزیابی وزن خشک براساس رسیدن به وزن ثابت، نمونه‌ها در هاون کوبیده و همگن شدند. در مرحله بعدی یک گرم از هر نمونه با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت

مقایسه چندگانه و معنی‌دار بودن اختلاف‌ها در سطح اطمینان ۹۵ درصد استفاده گردید و همبستگی بین غلظت فلزات در رسوب و گاماروس با استفاده از آزمون همبستگی پیرسون بررسی شد. جهت تعیین شدت آلودگی رسوبات به فلزات از شاخص ژئوشیمیایی مولر  $(I_{geo})$  (Geochemical Accumulation Index) براساس رابطه (۱) استفاده گردید (۲۷).

$$I_{geo} = \text{Log}_2 [C_n / (1.5 \times B_n)] \quad \text{رابطه (۱)}$$

که در این فرمول،  $C_n$ ، غلظت فعلی فلز سنگین در رسوبات و  $B_n$ ، غلظت زمینه‌ای فلز سنگین در پوسته زمین است. ضریب ۱/۵ به جهت کمینه کردن اثر تغییر احتمالی در غلظت‌های زمینه که بطور معمول، به تغییرات سنگ‌شناسی رسوبات و تأثیر عوامل زمینی نسبت داده می‌شود، منظور شده است. در جدول ۲ شدت آلودگی رسوبات با استفاده از مقادیر  $I_{geo}$  نمایش داده شده است. در این مطالعه جهت تعیین درجه آلودگی رسوبات به فلز سنگین، از مقادیر به‌کاررفته در مطالعه نصرآبادی و همکاران (۲۰۱۰) در سواحل دریای خزر، به‌عنوان غلظت زمینه‌ای فلزات استفاده شد (۲۸).

شده و سپس از الک ۶۳ میکرون عبور داده شدند. جهت هضم رسوبات، ۱۰ میلی‌لیتر مخلوط اسید نیتریک خالص غلیظ (۶۵ درصد) و اسیدکلریدریک به نسبت ۴:۱ به یک گرم رسوب خشک‌شده افزوده شد (۴۲). سپس نمونه‌های رسوب با استفاده از راکتور هضم (Digesting Reactor) در دمای ۴۰ درجه به مدت ۲ ساعت و باردیگر به مدت ۳ ساعت در دمای ۱۴۰ درجه هضم شدند. پس‌از آن نمونه‌ها در دمای اتاق قرار داده شدند. از آب دیونیزه جهت رقیق‌سازی استفاده شد و نمونه‌ها به حجم ۵۰ میلی‌لیتر رسانده شدند. نمونه‌ها با استفاده از کاغذ صافی واتمن ۴۲ میکرون فیلتر شده و به حجم رسانده شدند (۷). آنالیز غلظت فلزات سنگین در نمونه‌های رسوب با استفاده از دستگاه ICP-OES مدل Liberty RL انجام شد.

**پردازش داده‌ها:** پس از دریافت نتایج، به‌منظور مطالعات آماری در ابتدا داده‌های هرایستگاه با سه تکرار وارد نسخه ۲۳ نرم‌افزار SPSS شد و از آزمون Shapiro-wilk جهت بررسی نرمال بودن داده‌ها استفاده گردید. پس از نرمال بودن داده‌ها ( $P > 0.05$ ) با استفاده از آزمون ANOVA یک‌طرفه، وجود یا عدم وجود تفاوت معنی‌دار بین داده‌ها موردبررسی قرار گرفت. در ادامه از آزمون توکی جهت

جدول ۲- درجه‌بندی آلودگی رسوبات به فلزات سنگین براساس شاخص تجمع ژئوشیمیایی مولر

$I_{geo} < 0$	$0 < I_{geo} \leq 1$	$1 < I_{geo} \leq 2$	$2 < I_{geo} \leq 3$	$3 < I_{geo} \leq 4$	$4 < I_{geo} \leq 5$	$I_{geo} > 5$
میزان آلودگی	غیر آلوده	غیر آلوده تا متوسط	متوسط	متوسط تا زیاد	زیاد تا شدید	آلودگی شدید

## نتایج

و سرب در پنج ایستگاه به ترتیب ۲۲/۸۷، ۱۶/۷۲، ۶/۵۵ و ۶/۰۲ میکروگرم برگرم به دست آمد. بیشترین غلظت سرب به مقدار ۷/۳۳ میکروگرم برگرم و کمترین غلظت کروم، کبالت و روی به ترتیب به مقدار ۹/۰۶، ۴/۳ و ۱۸/۰۱ میکروگرم برگرم در ایستگاه کياشهر مشاهده شد. بیشترین میزان کروم و کبالت در ایستگاه رضوانشهر به ترتیب با مقادیر ۲۸/۶ و ۹/۰۴ میکروگرم برگرم بدست آمد. در چابکسر، بیشترین میزان روی و کمترین مقدار سرب به ترتیب با غلظت ۲۷/۱ و ۵/۲۳ میکروگرم برگرم مشاهده

براساس آنالیز نمونه‌ها، میانگین غلظت فلزات در رسوبات سطحی و گاماروس در جدول‌های (۳ و ۴) ارائه شده است. نتایج آزمون ANOVA یک‌طرفه نشان داد که غلظت فلزات سنگین مورد مطالعه در رسوبات ۵ ایستگاه، دارای تفاوت معنی‌داری است ( $P < 0.05$ ). بررسی نتایج روند توالی تغییرات غلظت فلزات در رسوبات تمام ایستگاه‌ها نشان داد که توالی از الگوی تغییرات  $Zn > Cr > Co > Pb$  برخوردار بوده است و میانگین غلظت روی، کروم، کبالت

گاماروس ایستگاه چابکسر با بیشترین میزان کروم، سرب و کبالت به ترتیب با مقادیر ۶/۳، ۱/۷ و ۱/۲۱ میکروگرم برگرم گزارش گردید. بیشترین میزان روی در کباشهر با غلظت ۱۳/۱ میکروگرم برگرم و کمترین میزان کروم، سرب و کبالت به ترتیب با مقادیر ۱/۴۲، ۰/۷ و ۰/۷ میکروگرم هر سه در ایستگاه چمنخاله مشاهده شدند. کمترین مقدار روی نیز با غلظت ۳/۰۴ در ایستگاه چابکسر بدست آمد (جدول ۴).

گردید (جدول ۳). نتایج آزمون ANOVA یک‌طرفه نشان داد که غلظت فلزات سنگین مورد مطالعه در نمونه‌های گاماروس ایستگاه‌های مختلف، دارای تفاوت معنی‌داری است ( $P < 0.05$ ). توالی غلظت فلزات در نمونه‌های گاماروس براساس الگوی تغییرات  $Zn > Cr > Pb > Co$  مشاهده شد و میانگین روی، کروم، سرب و کبالت در گاماروس های پنج ایستگاه به ترتیب ۸/۶۸، ۲/۶۳، ۱/۱۳ و ۰/۹۴ میکروگرم برگرم به دست آمد. در نمونه‌های

جدول ۳- میانگین غلظت فلزات ( $\mu\text{g/g}$ ) در رسوبات (حروف متفاوت بیانگر تفاوت معنی‌دار غلظت در ایستگاه‌های مختلف است ( $P < 0.05$ )).

Zn	Co	Cr	Pb	
$26/04 \pm 0/05^b$	$9/04 \pm 0/04^a$	$28/6 \pm 0/2^a$	$5/85 \pm 0/05^c$	رضوانشهر
$21/3 \pm 0/05^d$	$6/02 \pm 0/04^c$	$13/36 \pm 0/2^c$	$5/49 \pm 0/25^d$	انزلی
$18/01 \pm 0/05^e$	$4/3 \pm 0/11^e$	$9/06 \pm 0/05^e$	$7/33 \pm 0/04^a$	کباشهر
$22/03 \pm 0/05^c$	$5/5 \pm 0/11^d$	$11/85 \pm 0/05^d$	$6/34 \pm 0/04^b$	چمنخاله
$27/1 \pm 0/05^a$	$7/86 \pm 0/05^b$	$20/76 \pm 0/15^b$	$5/23 \pm 0/04^d$	چابکسر
$22/87 \pm 0/05$	$6/55 \pm 1/7$	$16/72 \pm 7/33$	$6/02 \pm 0/04$	میانگین $\pm$ انحراف معیار

جدول ۴- میانگین غلظت فلزات ( $\mu\text{g/g}$ ) در نمونه‌های گاماروس (حروف متفاوت، نشانگر تفاوت معنی‌دار غلظت فلزات در ایستگاه‌های مختلف است ( $P < 0.05$ )).

Zn	Co	Cr	Pb	
$9/1 \pm 0/1^c$	$0/93 \pm 0/05^b$	$2/09 \pm 0/08^b$	$1/51 \pm 0/02^b$	رضوانشهر
$12/1 \pm 0/15^b$	$0/81 \pm 0/05^b$	$1/65 \pm 0/05^c$	$0/81 \pm 0/01^d$	انزلی
$13/1 \pm 0/06^a$	$0/95 \pm 0/05^b$	$1/7 \pm 0/1^c$	$0/9 \pm 0/01^c$	کباشهر
$6/02 \pm 0/02^d$	$0/74 \pm 0/05^b$	$1/42 \pm 0/02^d$	$0/7 \pm 0/01^e$	چمنخاله
$3/04 \pm 0/04^e$	$1/21 \pm 0/05^a$	$6/30 \pm 0/01^a$	$1/7 \pm 0/04^a$	چابکسر
$8/68 \pm 3/89$	$0/94 \pm 0/17$	$2/63 \pm 1/91$	$1/13 \pm 0/42$	میانگین $\pm$ انحراف معیار

جدول ۵ - همبستگی بین غلظت فلزات مختلف در رسوبات و گاماروس

Zn	Co	Cr	Pb	گاماروس رسوب
			$r = 0/91^{**}$ $P = 0/004$	Pb
		$r = 0/82^{**}$ $P = 0/001$		Cr
	$r = 0/52^*$ $P = .$			Co
$r = 0/77^{**}$ $P = 0/004$				Zn

\* همبستگی با احتمال خطای کمتر ۰/۰۵ معنی‌دار است. \*\* همبستگی با احتمال خطای کمتر ۰/۰۱ معنی‌دار است.

باشد اما تمایل این عنصر برای اتصال به گروه سولفیدریل (R-SH) در متالوتیونین‌ها که به‌عنوان منبع تأمین عناصر ضروری برای فعالیت‌های آنزیمی نقش مهمی دارند نیز مورد توجه می‌باشد (۱۱ و ۳۳). البته این عنصر در کنار مس علاوه بر میل ترکیبی با گروه‌های گوگردی با گروه‌های اکسیژنی و نیتروژنی نیز از میل ترکیبی مناسبی برخوردار می‌باشند که بر همین اساس در ساختار گروه‌های نکلئوفیل اسیدهای نوکلئیک، پپتیدها و پروتئین‌ها نیز وجود دارند و در فعالیت‌های آنزیمی، متابولیسم، تولیدمثل و تنظیم اسمزی نقش مهمی ایفا می‌کنند (۴۰). اگرچه وجود برخی از عناصر برای فرایندهای زیستی ضروری می‌باشند (۲) اما مطالعات نشان می‌دهند که تجمع عناصر ضروری با غلظت‌های بالا نیز در بدن موجودات زنده ایجاد مسمومیت می‌نمایند (۲ و ۳۴). پس از عنصر روی، جذب زیستی گاماروس برای عنصر کروم با میانگین غلظت  $2/62 \mu\text{g/g}$  و سپس عنصر سرب با میانگین غلظت  $1/13 \mu\text{g/g}$  به ترتیب در اولویت‌های جذب دوم و سوم قرار می‌گیرند. کروم یکی از عناصری است که منبع آلودگی آن بیشتر به صنایع وابسته است و به دو شکل ۶ ظرفیتی و ۳ ظرفیتی در محیط‌زیست یافت می‌شود. کروم ۶ ظرفیتی، بسیار سمی و سرطان‌زا اما ناپایدار است و به‌راحتی به عنصر ۳ ظرفیتی تبدیل می‌شود. کروم ۳ ظرفیتی نه تنها سمی نیست بلکه در فعالیت‌های زیستی نظیر متابولیسم چربی‌ها، پروتئین‌ها و انسولین نقش دارد (۸). با توجه به غلظت  $16/72 \mu\text{g/g}$  عنصر کروم در رسوبات، میتوان نتیجه گرفت که وجود صنایع کوچک و بزرگ و صنایع فلزی و آبرکاری در شهرک‌های صنعتی اطراف منطقه، نقش مهمی در افزایش غلظت این آلاینده دارند. از طرفی همبستگی مثبت و معنی‌دار این عنصر در رسوب و گاماروس توان انتقال این عنصر در زنجیره غذایی را نشان می‌دهد. با توجه به اینکه ضریب جذب کروم ۶ ظرفیتی این عنصر تا ۱۰ برابر بیشتر از شکل ۳ ظرفیتی آن گزارش شده است (۱۱)، نگرانی مربوط به آلوده بودن مناطق به کروم ۶ ظرفیتی با

براساس آنالیز آماری پیرسون، همبستگی قوی بین فلز سرب ( $r=0/91$ ) و کروم ( $r=0/82$ ) و نیز همبستگی مثبتی میان فلز کبالت ( $r=0/52$ )، روی ( $r=0/77$ ) در رسوبات و نمونه‌های گاماروس ایستگاه‌های مختلف برقرار بوده است. (جدول ۵). نتایج محاسبه شاخص زمین انباشت مولر مطابق جدول ۶ نشان می‌دهد که فلزات روی، کروم، کبالت و سرب در ۵ ایستگاه مورد بررسی،  $I_{geo} > 0$  قرار دارند.

جدول ۶- درجه‌بندی آلودگی رسوبات به فلزات سنگین مورد مطالعه

<i>Pb</i>	<i>Zn</i>	<i>Cr</i>	<i>Co</i>	<i>I<sub>geo</sub></i> مقادیر
< ۰	< ۰	< ۰	< ۰	

### بحث

مقایسه بین غلظت فلزات سنگین در رسوبات ایستگاه‌های مختلف نشان می‌دهد که مقادیر قابل‌توجهی از فلزات مورد مطالعه در رسوبات ساحلی انباشته شده‌اند و وجود اختلاف معنی‌دار بین غلظت فلزات در ایستگاه‌های مختلف مطابق جدول (۳) نشان‌دهنده تأثیرگذاری منابع مختلف آلاینده‌ها در منطقه می‌باشد. با توجه به اینکه گاماروس‌ها در رسوبات مناطق ساحلی زندگی می‌کنند، به دلیل رژیم غذایی ریزه‌خواری به شدت در معرض آلاینده‌هایی قرار دارند که در رسوبات تجمع می‌یابند. در مطالعات اکولوژیکی، جذب زیستی یکی از مهمترین مباحث مهم در ارزیابی کیفی اکوسیستم‌ها به شمار می‌رود که به عوامل متعددی مانند خصوصیات فیزیکی شیمیایی نظیر، pH و درجه حرارت وابسته می‌باشد. اما همواره نوع عنصر و ضروری بودن آن‌ها در چرخه‌ی زیستی توانسته است نقش قابل‌ملاحظه‌ای در فرایند جذب زیستی ایفا کند (۲۳). در بین عناصر مورد مطالعه، عنصر روی به‌عنوان یک عنصر ضروری با میانگین غلظت  $8/68$  بیش از ۳ برابر کروم، بیش از  $7/5$  برابر سرب و بیش از ۹ برابر کبالت، از بیشترین تجمع زیستی در بین عناصر مورد مطالعه برخوردار بوده است. اگرچه غلظت بالای روی در بدن گاماروس‌ها می‌تواند به غلظت بالای این عنصر در رسوبات وابسته

مصنوعی برای آلودگی سرب، تغییرات بار آلودگی در سواحل استان گیلان، متأثر از انواع پساب‌های کشاورزی، صنعتی، حمل‌ونقل جاده‌ای و دریایی در حاشیه‌ی نوار ساحلی، تمرکز جوانب انسانی در کنار تأثیرپذیری از منابع طبیعی بویژه بهره‌برداری منابع سرب و روی از حوضه‌ی آبخیز سفیدرود می‌باشند. باتوجه به جهت جریان‌های دریایی خزر که از غرب به شرق می‌باشند، آلودگی رودخانه‌ها و سایر منابع آلاینده در غرب، می‌تواند مناطق شرقی مانند چمخاله و چابکسر را تحت تأثیر قرار دهند (۵). در مناطق غربی اثر انتقال بار آلودگی رودخانه‌های منتهی به تالاب انزلی، حمل‌ونقل دریایی و فعالیت‌های بندری در بنادر انزلی و آستارا، تمرکز جوامع ساحلی، وجود کارخانه‌ی چوب و کاغذ، نیروگاه سیکل ترکیبی در کنار بار آلودگی دریافتی از کشور آذربایجان می‌تواند از منابع مؤثر بر آلودگی ایستگاه‌های غربی رضوانشهر و انزلی باشند (۲۴). عنصر روی نیز با غلظت بالایی در نوار ساحلی وجود دارد که مراکز صنعتی کوچک و بزرگ محلی، سموم کشاورزی، مدیریت ناقص پسماندهای شهری و صنعتی از منابع تأمین‌کننده مصنوعی این عنصر می‌باشند که در کنار منابع طبیعی ورودی این عنصر نقش دارند (۱۴).

منشأ صنعتی و جذب زیستی آن در سواحل را نمی‌توان به‌دوراز انتظار دانست. پس از کروم در بین عناصر مورد مطالعه، کبالت با میانگین غلظت  $6/55 \mu\text{g/g}$  و سرب با میانگین غلظت  $6/02 \mu\text{g/g}$  در رسوبات، از یک دامنه‌ی نزدیک به هم را برخوردار بودند، اما علی‌رغم اینکه عنصر سرب یک عنصر غیر ضروری زیستی شناخته‌شده است و غلظت آن در رسوبات بستر به نسبت کمتر از کبالت است اما از وضعیت جذب زیستی بالاتری برخوردار می‌باشد. در این بخش شاید می‌توان به شکل‌های آلی این عنصر در رسوبات اشاره کرد که در مقایسه با شکل‌های معدنی از ضریب جذب بیشتری برخوردار می‌باشند (۱۳ و ۳۶). باتوجه به آسیب‌های جدی ناشی از سرب مانند آسیب‌رسانی به سیستم عصبی، سیستم ایمنی کلیه‌ها و جانشینی سرب بجای کلسیم در استخوان‌ها، تجمع زیستی این عنصر در کفزیان و انتقال آن در زنجیره‌ی غذایی، تهدیدی جدی برای سلامت اکوسیستم و انسان به‌عنوان مصرف‌کننده‌ی نهایی به شمار می‌رود (۱). نتایج به‌دست‌آمده از آنالیز آماری نشان می‌دهد که اختلاف معنی‌داری بین غلظت سرب در گاماروس و رسوبات در تمامی ایستگاه‌ها دیده می‌شود ( $P < 0/05$ ). این موضوع، وجود منابع مستقل تأثیرگذار بر آلودگی مناطق مورد مطالعه را نشان می‌دهد. باتوجه به وجود منابع متعدد طبیعی و

جدول ۷- مقایسه غلظت فلزات سنگین ( $\mu\text{g/g}$ ) در رسوبات با سایر مطالعات

منطقه	سرب	کبالت	کروم	روی	منبع
دریای خزر	۱۸	-	۸۵/۲	۸۵/۳	(۱۲)
سواحل بوشهر	۲۱/۵	-	-	۲۶/۲	(۳۴)
چین	۳۴/۷	-	۱۰۱/۴	۱۳۱/۱	(۱۵)
تالاب انزلی	۲۴	۲۲	۱۱۸	۱۲۰	(۱۴)
کره	۱/۰۲-۳/۲۴	-	۰/۵-۴/۱۱	۴۰/۰۸-۶۴/۶۱	(۱۰)
تالاب میقان-اراک	-	۱۰-۶۰	-	۶۴-۲۶۳	(۳۷)
یونان	۷۷	-	۴۷	۱۸۴	(۱۱)
خور احمدی	۲/۱۴	۱۲/۲۴	-	-	(۶)
رودخانه Liao - چین	-	۲۳/۴	-	-	(۲۰)
تالاب انزلی	۵۹/۰۴	-	۸۵	-	(۳۱)
سواحل بوشهر	۲۱/۱۲	-	-	۲۹/۱۹	(۳)
گیلان- دریای خزر	۶/۰۲	۶/۵۵	۱۶/۷۲	۲۲/۸۷	مطالعه حاضر

بالاخص رودخانه شفا رود را می‌توان از عوامل تأثیرگذار برای تغییر غلظت کروم نسبت به سایر ایستگاه مرتبط دانست (۲۴). غلظت کبالت نیز می‌تواند وابسته به مصرف سوخت‌های فسیلی و نیروگاه رضوانشهر باشد (۳۷). احداث سد شفا رود و عملیات خاکبرداری در عرصه‌های منابع طبیعی و انتقال از طریق رودخانه‌های اطراف از جمله رودخانه شفا رود نیز می‌تواند برافزایش غلظت این عنصر مؤثر باشند. البته این الگوی تغییرات با در نظر گرفتن کاربری کشاورزی مشابه برای تمام ایستگاه‌ها، اثرات مهم سدسازی بر روی رودخانه شفا رود در غرب و اثرات سدسازی بر روی رودخانه پل‌رود در شرق، می‌تواند اثر منابع طبیعی این آلاینده‌ها را تقویت کند. اثرات نامطلوب کبالت در شکل‌های رادیواکتیو و جایگزینی به‌جای کلسیم از مشکلاتی است که در خصوص این عنصر گزارش شده است (۲۶). براساس مطالعات موردبررسی در جدول (۷) میانگین غلظت کبالت در مطالعه‌ی حاضر از سایر مطالعات کمتر می‌باشد. اما غلظت کروم از میزان اندازه‌گیری شده این فلز در رسوبات سواحل کره توسط چوون و هیون (۲۰۱۲) بیشتر می‌باشد (۱۰).

میانگین غلظت سرب با مقدار  $6/02 \mu\text{g/g}$  در مطالعه کنونی از میانگین غلظت سرب گزارش شده در سواحل خزر توسط دمورا و همکاران (۲۰۰۴) و نیز پایدار و همکاران (۲۰۰۳) کمتر می‌باشد (۱۲ و ۳۱). اما همین مقدار آلودگی نیز از غلظت سرب گزارش شده توسط عبدالله پور و همکاران (۲۰۱۲) در رسوبات خور احمدی در جنوب ایران بیشتر می‌باشد (۶). وضعیت آلودگی روی نیز مطابق با جدول (۷) در بین مطالعات موردبررسی در داخل و خارج از کشور کمتر از همه قرارداد است. با توجه به اینکه این عنصر یکی از عناصر ضروری زیستی است، در مقایسه با سایر سواحل از وضعیت نسبتاً مناسبی برخوردار است. نتایج بدست آمده، نشان می‌دهد که مقادیر فلز روی در ایستگاه‌های غربی و شرقی نسبت به ایستگاه‌های مرکزی از غلظت بیشتری برخوردار می‌باشند. منابع روی و سرب بخشی وابسته به فرسایش خاک و بخشی دیگر وابسته به منابع مصنوعی مانند صنایع فلزی، آبکاری و فعالیت‌های صنعتی می‌باشند (۱۸). در بخش غربی و ایستگاه رضوانشهر وجود کارخانه چوب و کاغذ و نیروگاه سیکل ترکیبی و فاضلاب تخلیه شده در رودخانه‌های منطقه

جدول ۸- مقایسه غلظت فلزات سنگین ( $\mu\text{g/g}$ ) در رسوبات با استانداردهای جهانی

منبع	Zn	Co	Cr	Pb	
(۱۷)	۱۲۱	-	۴۳/۴	۳۵/۸	SQGs(TEC)
(۱۷)	۴۵۹	-	۱۱۱	۱۲۸	SQGs(PEC)
(۲۱)	۱۵۰	-	۸۱	۴۷	NOAA(ERL)
(۲۱)	۴۱۰	-	۳۷۰	۲۱۸	NOAA(ERM)
مطالعه حاضر	۲۲/۸۷	۶/۵۵	۱۶/۷۲	۶/۰۲	

جدول ۹- مقایسه غلظت فلزات سنگین ( $\mu\text{g/g}$ ) در نمونه‌های گاماروس با استانداردهای جهانی

منبع	Zn	Co	Cr	Pb	
(۱۳)	۵۰	-	۲۰	۲	UK(MAFF)
(۳۲)	۱۵۰	-	۱۰	۱/۵	NHMRC
(۳۶)	۱۰۰	-	۱	۰/۵	FAO
مطالعه حاضر	۸/۶۸	۰/۹۴	۲/۶۳	۱/۱۳	



Ministry of Agriculture, Fisheries and ) MAFF Australian National Health and ) NHRMC, (Food Medical Research Council)(جدول ۹). میزان سرب و کروم از حدود استاندارد FAO، فراتر است. بالاتر بودن غلظت عناصر در رسوب نسبت به گاماروس در هر ایستگاه نشان می‌دهد، باوجود اینکه گاماروس‌ها توانایی جذب فلزات سنگین را دارا هستند، اما نمی‌توانند بعنوان شاخص برای پایشگری زیستی فلزات سنگین محسوب شوند. از آنجایی که ناجورپایان دارای کاروتنوئید و اسید چرب ضروری DHA و EPA هستند و نقش مهمی را در اکوسیستم‌های آبی به‌عنوان غذا برای ماهیان، پرندگان و پستانداران دریایی ایفا می‌کنند (۲۵) و باتوجه به اینکه گاماروس در رژیم غذایی بسیاری از ماهیان خزر نظیر ماهیان خاویاری، سوف و کپور وجود دارد و از این‌گونه به‌عنوان غذای زنده در پرورش ماهیان سرد آبی نیز استفاده می‌شود (۴)، همواره امکان انتقال فلزات از طریق این‌گونه در زنجیره‌های غذایی اکوسیستم‌ها وجود دارد و این امر می‌تواند تهدیدی برای سلامت زیست‌مندان منطقه باشد.

در (جدول ۸)، مقایسه بین نتایج این مطالعه باحد مجاز توصیه‌شده فلزات در رسوبات توسط دو استاندارد بین‌المللی NOAA و SQGs انجام شده است (۱۷ و ۲۱). استاندارد SQGs با دو شاخص غلظت احتمال تأثیر PEC (Probable Effect Concentration) و غلظت آستانه تأثیر TEC (Threshold Effect Concentration) و استاندارد NOAA با شاخص‌های دامنه اثر متوسط ERM (ERM Effects Range Median) و دامنه اثر کم ERL (ERL Effects Range) تعریف شده‌اند، بطوریکه ERL نشان‌دهنده کمترین میزان تأثیر و شاخص TEC نشان‌دهنده آستانه تأثیر غلظت می‌باشند. براساس این جدول میزان روی، سرب و کروم در رسوبات ۵ ایستگاه کمتر از حد استانداردهای جهانی قرار داشتند که بیانگر غیرآلوده بودن رسوبات منطقه‌ی مورد مطالعه است. همچنین در جدول ۶ نتایج شاخص تجمع زمین انباشت مولر برای کلیه فلزات در تمامی ایستگاه‌ها کمتر از صفر بدست آمد که بیانگر بی‌خطر بودن رسوبات ایستگاه‌های مورد مطالعه از نظر آلودگی به فلزات روی، سرب، کروم و کبالت می‌باشد. از مقایسه‌ی میزان فلزات مشاهده‌شده در گاماروس با استانداردهای FAO،

## منابع

۱. بدری، ن.، امراللهی بیوکی، ن.، و رنجبر، م.، ۱۳۹۵. مطالعه‌ی رفتار جهت‌گیری خرچنگ منزوی *savarus* (Heller, 1865) *Diogenes* تحت تأثیر نشانه‌های شیمیایی و آلودگی سرب، مجله پژوهش‌های جانوری، ۲۹(۳)، صفحات ۳۲۵-۳۳۶.
۲. حسینی، م.، نبوی، م.، گلشنی، ر.، نبوی، ن.، و رئیسی سراسیاب، ع.، ۱۳۹۴. آلودگی فلزات سنگین (نیکل، مس، سرب، کبالت و کادمیوم) در رسوب و بافت‌های کبد و ماهیچه کفشک ماهی *Psettodes erumei* در استان بوشهر، خلیج فارس، مجله پژوهش‌های جانوری، ۲۸(۴)، صفحات ۴۴۹-۴۴۱.
۳. حیدری چهارلنگ، ب.، ریاحی بختیاری، ع.، یآوری، و.، و سلحشور، س.، ۱۳۹۰. بررسی اندازه‌گیری غلظت فلزات سنگین کادمیوم، سرب و روی در صدف‌های دوکفه‌ای *Saccostrea* of Benthic, *Euryglossa orientalis* and *Cynoglossus arel.*, and Benthic-Pelagic, *Johnius belangerii.*, Fish from Three Estuaries, Persian
۴. عظیمی، ع.، حسینی، س.، سوداگر، م.، اصلان پرویز، ح.، ۱۳۹۰. جایگزینی پودر گاماروس بابخشی از پودر ماهی کیلکای دریای خزر بر عملکرد رشد، ضریب تبدیل غذایی و بقاء بچه ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*)، مجله علمی شیلات ایران، ۲۰(۳)، صفحات ۶۳-۷۴.
۵. لارستانی، ق.، ۱۳۹۱. هیدرودینامیک دریای خزر و تأثیر آن بر مورفولوژی خط ساحلی دلتای سفیدرود، رساله دکترای جغرافیای طبیعی ژئومورفولوژی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، ۷۲ صفحه.
6. Abdolapur, M. F., Peery, S., Karami, O., Hosseini, M., Bastami, A. A., and Ghasemi, A. F., 2012. Distribution of Metals in the Tissues

- Gulf. Bull Environment Contamantal Toxicology. 18, PP: 319-32.
7. Abdul-Wahab, S. A., and Jupp, B. P., 2009. Levels of heavy metals in subtidal sediments in the vicinity of thermal power/desalination plants: a case study, Desalination. 244, PP: 261-282.
  8. Ahmed, K., Mehedi, Y., Haque, R., and Mondol, P., 2010. Heavy metal concentrations in some macrobenthic fauna of the Sundarbans mangrove forest, south west coast of Bangladesh. Environmental Monitoring and Assessment. 177, PP: 505-514.
  9. ASTM E1022 – 94, 2013. Standard guide for conducting bioconcentration tests with fishes and saltwater bivalve molluscs. ASTM International, West Conshohocken, PA. Available in: www.astm.org.
  10. Choon, K. N., and Hyun, J. P., 2012. Distribution of heavy metals in tidal flat sediments and their bioaccumulation in the crab *Macrophthalmus japonicus* in the coastal areas of Korea. Geosciences Journal. 16, PP: 153-164.
  11. Christophoridis, C., Dedepsidis, D., and Fytainos, K., 2009. Occurrence and distribution of selected heavy metals in the surface sediments of Thermaikos Gulf, N. Greece. Assessment using pollution indicators. Journal of Hazardous Materials. 168, PP: 1082-1091.
  12. De Mora, S., Sheikholeslami, M. R., Wyse, E., Azemard, S., and Cassi, R., 2004. An assessment of metal contamination in coastal sediments of the Caspian Sea. Marine Pollution Bulletin. 48, PP: 61-77.
  13. Elnabris, K. J., Muzyed, S. K., and El-Ashgar, N. M., 2013. Heavy metal concentrations in some commercially important fishes and their contribution to heavy metals exposure in Palestinian people of Gaza Strip (Palestine). Journal of the Association of Arab Universities for Basic and Applied Sciences. 13(1), PP: 44-51.
  14. Esmaeilzadeh, M., Karbassi, A., and Moattar, F., 2016. Assessment of metal pollution in the Anzali Wetland sediments using chemical partitioning method and pollution indices. Acta Oceanologica Sinica. 35(10), PP: 28-36.
  15. Gao, X., and Chen, C. T. A., 2012. Heavy metal pollution status in surface sediments of the coastal Bohai Bay. Water Research 46, PP: 1901-1911.
  16. Ghareyazie, B., and Mottaghi, A., 2012. Studing *Pontogammarus maeoticus* among Southern coast of Caspian Sea. Middle-East Journal of Scientific Research. 12 (11), PP: 1484-1487.
  17. Hongyi, N., Wenjing, D., Qunhe, W., and Xingeng, C., 2009. Potential toxic risk of heavy metals from sediment of the Pearl River in South China. J Environment Science. 21 (8), PP: 1053-1058.
  18. Karbassi, A. R., Monavari, S. M., Nabi Bidhendi, G. h. R., Nouri, J., and Nematpour, K., 2008. Metal pollution assessment of sediment and water in the Shur River. Environmental Monitoring and Assessment. 147(1-3), PP: 107-116.
  19. Lewtas, K. L. M., Birch, G. F., and Foster-Thorpe, C., 2014. Metal accumulation in the greentail prawn, *Metapenaeus bennettiae*, in Sydney and port Hacking estuaries, Australia. Environmental Science and Pollution Research. 21(1), PP: 704-716
  20. Lin, C., Wang, J., Liu, S., He, M., and Liu, X., 2013. Geochemical baseline and distribution of cobalt, manganese, and vanadium in the Liao River Watershed sediments of China. Journal Geosciences. 17(4), PP: 455-464.
  21. Long, E. R., Robertson, A., Wolfe, D. A., Hameedi, J., and Sloane, G. M., 1995. Estimates of the spatial extent of sediment toxicity in major US estuaries. Environment Science and Technology. 30(12), PP: 3585-3592.
  22. Mollazadeh, N., Esmaili, A., and Ghasempouri, M., 2011. Distribution of Mercury in Some Organs of Anzali wetland Common cormorant (*Phalacrocorax carbo*). International Conference on Environmental Engineering and Applications. 2, PP: 190-195.
  23. Mohammadi, M., 2012. Biomonitoring Total Mercury in the Persian Gulf Using the Rock Oyster (*Saccostrea cucullata*). Caspian Journal of Environmental Sciences 10(2), PP: 145-155.
  24. Monte, M. C., and Fuente, E., 2009. "Waste management from pulp and paper production in the European Union." Waste management. 29(1), PP: 293-308.
  25. Moren M., Malde M.K., Olsen R.E., Hemre G.I., Dahl L., Karlsen O., and Julshamn K., 2007. Fluorine accumulation in Atlantic salmon (*Salmo salar*), Atlantic cod (*Gadus morhua*),

- rainbow trout (*Onchorhynchus mykiss*) and Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*) fed diets with krill or amphipod meals and fish meal based diets with sodium fluoride (NaF) inclusion. *Aquaculture*. 269, PP: 525-531.
26. Mukherjee, S., and Kaviraj, A., 2011. Ecotoxicological assessment of cobalt used as supplement in the diet of common carp *Cyprinus carpio*. *Bulletin of environmental contamination and toxicology*. 87(5), PP: 527-530.
  27. Muller, G., 1990. Chemical decontamination of dredged materials, Sludges, Combustion Residues, Soils and Other Materials Contaminated with Heavy Metals, in J.W. Patterson and R. Passino (eds.), *Metals Speciation, Separation, and Recovery*. 2, PP :447- 496.
  28. Nasrabadi, T., Bidhendi, G. N., Karbassi, A., and Mehrdadi, N., 2010. Evaluating the efficiency of sediment metal pollution indices in interpreting the pollution of Haraz River sediments, southern Caspian Sea basin. *Environmental monitoring and assessment*. 171(4), PP: 395-410.
  29. Neff, J. M., and Durell, G. S., 2012. Bioaccumulation of petroleum hydrocarbons in arctic amphipods in the oil development area of the Alaskan Beaufort Sea. *Integrated environmental assessment and management*, 8(2), PP: 301-319.
  30. Olsen, G. H., Coquillé, N., Le Floch, S., Geraudie, P., Dussauze, M., Lemaire, P., and Camus, L., 2016. Sensitivity of the deep-sea amphipod *Eurythenes gryllus* to chemically dispersed oil. *Environmental Science and Pollution Research*. 23(7), PP: 6497-6505.
  31. Paydar, M., Sharif Fazeli, M., Riahi, A., 2003. Determination of Heavy Metal Content in *Astacus leptodactylus caspicus* in Anzali Lagoon. *Iranian Scientific Fisheries Journal*. 12(2), PP: 1-14.
  32. Pourang, N., Dennis, J. H., and Ghoorchian, H., 2004. Tissue distribution and redistribution of trace elements in shrimp species with the emphasis on the roles of metallothionein. *Ecotoxicology*. 13, PP:519-533.
  33. Pourang, N., Richardson, C. A., Mortazavi, M. S., 2010. Heavy metal concentrations in the soft tissues of swanmussel (*Anodonta cygnea*) and surficial sediments from Anzali wetland, Iran. *Environmental Monitoring and Assessment*. 163, PP:195-213.
  34. Shah, S. L., 2010. Hematological changes in *Tinca tinca* after exposure to lethal and sublethal dose of Mercury, Cadmium and lead. *Iranian Journal of fisheries sciences*. 9(3), PP: 434-443.
  35. Shokrzade, M., Saeedi Saravi, S. S., and Zehtab Yazdi, Y., 2009. Lindane residues in cultivated cucumber and in the most consumed fish in Caspian Sea, Iran. *Toxicology and Industrial Health*. 25 (8), PP: 517-523.
  36. Sivaperumal, P., Sankar, T. V., and Nair, P. V., 2007. Heavy metal concentrations in fish, shellfish and fish products from internal markets of India vis-a-vis international standards. *Food chemistry*. 102(3), PP: 612-620.
  37. Sobhanardakani, S., and Jamshidi, K., 2015. Assessment of metals (Co, Ni, and Zn) content in the sediments of Mighan Wetland using geo-accumulation index. *Iran J Toxicology*. 30, PP: 1386-1390.
  38. Soliman, Y. S., and Wade, T. L., 2008. Estimates of PAHs burdens in a population of ampeliscid amphipods at the head of the Mississippi Canyon (N. Gulf of Mexico). *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*. 55(24), PP: 2577-2584.
  39. Unlu, S., Topcuglu, S., Alpar, B., Kirbasoglu, C., and Yilmaz, Y. Z., 2008. Heavy metal pollution in surface sediment and mussel samples in the Gulf of Gemlik. *J. Environmental. Monitoring and Assessment*. 144, PP:178-169.
  40. Viarengo, A., and Nott, J., 1993. Mechanisms of heavy metal cation homeostasis in marine invertebrates. *Comparative biochemistry and physiology*. C. *Comparative pharmacology and toxicology*. 104(3), PP: 355-372.
  41. Veerasingam, S., Raja, P., Venkatachalapathy, R., Mohan, R., and Sutharsan, P., 2010. Distribution of petroleum hydrocarbon concentration in coastal sediment along Tamilnadu Coast, India. *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*. 5, PP: 5-8.
  42. Yap, C. K., Ismail, A., Tan, S. G., and Omar, H., 2002. Correlations between speciation of Cd, Cu, Pb and Zn in sediment and their concentrations in total soft tissue of green-lipped mussel *Perna*. *Environment International*. 28, PP: 117.126.

## The study of Heavy Metals Concentration in *Pontogammarus Maeoticus* and Surficial Sediment in Coastal Areas of the Caspian Sea; Guilan Province

Mohammedi Galangash M.<sup>1</sup>, Solgi E.<sup>2</sup> and Bozorgpanah Z.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Environmental Sciences and Engineering Dept., Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Sowmeh Sara, I.R. of Iran

<sup>2</sup> Environment Dept., Faculty of Natural Resources and Environment, Malayer University, I.R. of Iran

### Abstract

Heavy metals are frequently released into the aquatic ecosystems from various sources and can cause adverse effects on consumers due to their toxicity. The present research was carried out in order to evaluate the contamination level of heavy metals (Zn, Pb, Cr and Co) in coastal areas of the Caspian Sea at Guilan Province. The metals concentrations in *Gammarus* (*Pontogammarus maeoticu*) tissues as well as their surrounding sediment were investigated at five sampling sites including Rezvanshahr, Anzali, Kiashahr, Chamkhaleh and Chaboksar. Three surficial sediment samples and about 50-70 g *Gammarus Sp* specimens were collected with three replicates at each site. All biota and sediment samples were analyzed by using ICP-OES spectrophotometry. The average level of Zn, Cr, Co, and Pb in sediment samples were obtained 22.87, 16.72, 6.55 and 6.02 µg/g, respectively. In *Gammarus* tissues, metals bioaccumulation pattern was observed in the order of Zn > Cr > Pb > Co with the average amount of 8.86, 2.63, 1.13 and 0.94 µg/g, respectively. The results revealed that all metals levels were lower than NOAA sediment standard criteria. The quality assessment of sediment by Muller geochemical index (Igeo) illustrated that the sediment of the study area is categorized as an unpolluted class. Toxicity of lead and its high accumulation in *Gammarus* body can be regarded as a threat for food chain of the ecosystem.

**Keywords:** Heavy Metals, Caspian Sea, Sediment, *Gammarus*