

بررسی غلظت فلزات سنگین در رسوبات منطقه چابهار حدفاصل پزم تا رمین

مجید یوسفی^۱، همیرا آگاه^۲، لعبت تقوی^۳

aaagah_hom@yahoo.com

۱- دانشجوی دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران

۲- استادیار پژوهشکده علوم دریایی پژوهشگاه ملی اقیانوس شناسی و علوم جوی

۳- دانشیار دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران

چکیده

فلزات سنگین به دلیل سمیت و پایداری یکی از مهم‌ترین مسایل محیط‌زیستی محسوب می‌شوند. در این مطالعه برای درک میزان مخاطرات ناشی از فلزات سنگین، غلظت برخی فلزات سنگین (آلومینیم، آهن، منگنز، کروم، وانادیم، نیکل، روی، آرسنیک، مس، سرب، کبالت، و کادمیم) در رسوبات سطحی ۱۱ ایستگاه در خلیج چابهار توسط دستگاه اسپکترومتری نشری پلاسما جفت شونده القائی ICP (OES) تعیین شدند. ایستگاه‌های نمونه برداری شامل ورودی خلیج، آب شیرین کن، تیس، کنارک، رمین و پزم و یک نمونه شاهد در دهانه ورودی به خلیج چابهار بود. نتایج تحقیق نشان داد که بجز مناطق عمیق پزم، غلظت آرسنیک در رسوبات منطقه مورد مطالعه بخصوص ایستگاه‌هایی مانند مناطق عمیق رمین و سواحل پزم و کنارک ۲.۵ تا ۳ بار بیش از حد آستانه این عنصر بود. غلظت‌های کروم (بجز رمین ۱ و تیس ۲)، نیکل (بجز تیس ۲) و کادمیم (بجز تیس ۲) در کلیه ایستگاه‌ها به ترتیب بین ۱-۲.۵، ۱-۵ و ۱-۴ برابر بیش از حد آستانه در استانداردهای بین‌المللی NOAA و ISQGs در رسوبات منطقه تجمع نموده بودند. بررسی‌های صورت گرفته نشان داد که منشا عمده فلزات سنگین مورد مطالعه منشا طبیعی بود بجز کروم و کادمیم که منشا انسان زاد داشتند. هر چند در برخی ایستگاه‌ها فعالیت‌های انسانی بر میزان غلظت فلزاتی مانند سرب، آرسنیک و نیکل تاثیر گذار بود.

واژگان کلیدی: فلزات سنگین، رسوبات، منشایابی، چابهار.

تاریخ دریافت مقاله : ۹۸/۱۰/۲۲

تاریخ پذیرش مقاله : ۹۹/۰۳/۰۷

۱- مقدمه

شدت گرفتن فعالیت‌های صنعتی، رشد جمعیت و ارتقاء سطح رفاه جوامع بشری در قرن اخیر، منجر به افزایش ورود بار آلودگی به محیط زیست و فزونی یافتن میزان آسیب‌های وارده بر محیط‌زیست شده است. علی‌رغم وضع قوانین بازدارنده و تلاش‌های صورت گرفته برای ممانعت از ورود آلاینده‌ها به محیط و نیز خودپالایی محیط، ولی در برخی موارد آسیب‌های جبران‌ناپذیری به سلامتی و حیات موجودات مختلف وارد شده است.

فلزات سنگین به عنوان آلاینده‌هایی که پایداری که قابلیت تجزیه بیولوژیکی ندارند، از جمله آلودگی‌های مطرح در سطح جهانی بشمار می‌آیند [۱]. هر چند بعضی از فلزات سنگین برای بدن انسان ضروری هستند، اما غلظت‌های بیش از حد مجاز آنها می‌تواند موجب بروز ضررهای جبران‌ناپذیری شود. برخی فلزات سنگین سمی بوده و اثرات سرطان‌زایی، جهش‌زایی، برهم زدن غدد درون‌ریز، ایمونوتاکسیسیته و.. آنها به اثبات رسیده است [۲]. تجمع آلودگی‌های فلزات سنگین بر بستر دریا و نیز در بدن جانداران موجب انتقال آنها در زنجیره غذایی و نهایتاً به انسان می‌شود. افزایش غلظت این آلاینده‌ها در دو قرن اخیر بخصوص در منابع آبی، زندگی و سلامت جانداران دریایی را مورد تهدید قرار داده است [۳]. در مناطقی که میزان تجمع این عناصر در رسوبات و بافت آبزیان به حد آستانه و یا به بیش از آن است، شرایط نگران‌کننده‌ای بوجود می‌آید [۴].

در این مطالعه توزیع مکانی فلزات سنگین در رسوبات خلیج چابهار مورد بررسی قرار گرفت. خلیج چابهار در منتهی‌الیه جنوب شرقی ایران و در مجاورت آب‌های دریای عمان که به آب‌های آزاد، دریای عرب و اقیانوس هند متصل است، واقع شده است [۵]. شکل امگانی خلیج چابهار و چرخش محدود آب در آن، موجب شده تا این خلیج از نظر محیط زیستی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار شود [۶]. این خلیج با مساحت ۲۹۰ کیلومتر مربع دارای دو شهر مهم از نظر صنعتی و جمعیتی به نام‌های چابهار و کنارک است. همچنین در شمال غرب شهر چابهار یک ایستگاه آب‌شیرین‌کن احداث شده که در این مطالعه آب‌های این سه منطقه به‌عنوان ایستگاه‌های نمونه برداری انتخاب شدند. میانگین عمق این خلیج ۱۲ متر و

عمیق‌ترین نقاط آن به ۲۲ متر می‌رسد. این منطقه از نظر تولید زیستی در سطح بالایی قرار دارد؛ بطوریکه بستر مناسبی برای صید ماهی و میگو در منطقه فراهم آورده است [۷]. کنترل آلودگی‌های رسوبات این منطقه برای حفظ حیات آبزیان و کیفیت محصولات دریایی حائز اهمیت است.

تا کنون مطالعات اندکی در مناطق مختلف دریای عمان از منظر پایش غلظت فلزات سنگین در آب، رسوب و انواع آبزیان، بخصوص در مناطق فرا ساحل صورت گرفته است. عین‌الهی پور و همکاران (۱۳۸۹) در تحقیقی با عنوان "تعیین غلظت فلزات مس، سرب و نیکل در رسوب منطقه جزر و مدی سواحل چابهار" میزان فلزات سنگین موجود در سواحل جزر و مدی شمال دریای عمان (سواحل ایرانی) - خلیج گوراتر، بریس، رمین، اسکله شهید بهشتی و خلیج چابهار را مورد بررسی قرار دادند [۸]. در سال ۲۰۱۱ میزان آلودگی مس، سرب و نیکل در رسوبات منطقه بین جزر و مدی سواحل دریای عمان توسط عین‌الهی پور و

صفاهیهمورد بررسی قرار گرفت [۹]. کشاورزی و همکاران (۱۳۹۰) در طی مطالعه‌ای به بررسی توزیع فلزات سنگین در رسوبات ساحلی و دریایی خلیج چابهار پرداختند و مهمترین منابع آلاینده این خلیج را سوخت‌های حاوی سرب، رنگ و روغن قایق‌ها و لنج‌ها معرفی کردند [۶]. بزی (۱۳۹۳) میزان آلودگی فلزات سنگین مس، روی، سرب، کادمیوم، کروم، نیکل، آهن و منگنز در آب، رسوبات و موجودات دریایی خلیج چابهار را مورد بررسی قرار داد [۱۰].

آگاه و همکاران (۲۰۱۵) [۱۱] نتایج مطالعه فلزات سنگین در رسوب مناطق فراساحل چابهار در فصل پیش مانسون را به شرح ذیل گزارش نموده و منشا آلودگی را طبیعی و علت اصلی حضور آلودگی‌ها در منطقه را به عوامل محلی و نیز بندرها و تعمیرگاه‌های کشتی مرتبط دانستند:

Al: ۰/۸-۵/۵, Fe: ۱/۲-۳/۲%, K: ۰/۵-۱/۸, Mn: ۴۶۵-۹۱۳, Cr: ۸۷-۴۰۰, Ni: ۱۳/۵-۸۱, Zn: ۲۴-۶۹, Cu: ۵-۲۶, As: ۸/۷-۲۱, Pb: ۱۰/۳-۱۷, Co: ۴/۳-۱۴/۸, ppm.

نعمت‌الهی و همکاران (۲۰۱۴) به بررسی میزان فلزات سنگین در سواحل و رسوبات دریایی چابهار و خلیج گواتر پرداخته و میزان آلودگی فلزات سنگین Cr, CO, Ni, Mn, Fe و در رسوبات خلیج گواتر را بیش از چابهار اعلام

ایستگاه‌های انتخابی نمایانگر آب‌های فراساحلی مناطقی هستند که از تجمع نسبی بالاتری از جمعیت برخوردار بوده و دارای فعالیت‌های بندری و تاسیسات آب شیرین کن و برخی صنایع هستند.

نمونه‌ها پس از نمونه‌برداری به درون ظروف پلی‌اتیلنی تمیز و برچسب‌خورده انتقال یافت و بوسیله یخدان محتوی یخ به آزمایشگاه منتقل شد و پس از انجماد به دستگاه فریز درایر برای خشک شدن منتقل گردید [۱۶]. دانه‌بندی نمونه‌ی رسوبات ایستگاه‌هایی که دارای رسوبات دانه‌درشت بودند توسط دستگاه الک شیکر و برای رسوبات دانه‌ریز توسط دستگاه دانه‌بندی لیزری^۲ اندازه‌گیری شدند (جدول (۱)).

۲-۲- آنالیز نمونه‌ها

۲-۲-۱- مواد آلی

اندازه‌گیری مواد آلی^۳ به روش سوزاندن در کوره^۴ (LOI) انجام گرفت. وزن معینی از بخش دانه‌ریز نمونه‌ی رسوب (۶۳ میکرون) در بوته‌های چینی از پیش وزن‌شده، منتقل شد و به مدت ۶ ساعت در دمای $430 \pm 20^\circ\text{C}$ آون قرار گرفت. پس از سرد شدن مجدداً وزن‌کشی شد و در نهایت درصد مواد آلی از رابطه ۱ محاسبه گردید (جدول (۲)) [۱۷].

$$\text{TOM} = 100 - [(C-A) \times 100] / (B-A) \quad (1)$$

۲-۲-۲- فلزات سنگین

عملیات آماده‌سازی رسوبات شامل، خشک کردن تحت خلا (توسط دستگاه فریز درایر)، جداسازی بخشی از رسوبات با اندازه کوچکتر از ۶۳ میکرون، انتقال به ظروف شیشه‌ای تیره‌ی برچسب‌خورده بود. نمونه‌های رسوب تا پیش از آنالیز در فریزر تحت ۵۰- درجه سانتیگراد نگهداری شدند. یک گرم نمونه‌های رسوب خشک و همگن شده (۶۳ میکرون) به همراه ترکیبی از HNO_3 و HCl به نسبت یک به سه در ظرف تفلونی ریخته و در دمای ۸۵ درجه سانتی‌گراد در طی سه ساعت هضم اسیدی شد.

کرده و دلیل آنرا تخلیه ترکیبات رس حاوی فلزات سنگین، در رودخانه باهوکلات ذکر نمود [۱۲]. سیستانی و همکاران (۲۰۱۵) در تحقیقی به بررسی فلزات سنگینی (Cu, Pb, Ni) در گل و لای سواحل جذر و مدی و ساحلی ایران در دریای عمان پرداخته و به این نتیجه رسیدند که غلظت فلزات سنگین Cu, Pb, Ni در رسوبات جذر و مدی و ساحلی این منطقه در فصل تابستان بیش از زمستان بود [۱۳]. راپمی^۱ (۲۰۰۶، ۲۰۰۳، ۲۰۰۰) و دمورا و همکاران (۲۰۰۴) مطالعاتی درباره گستره‌ی فلزات سنگین در رسوبات سواحل جنوبی دریای عمان به انجام رسانده و میزان بالایی از فلز نیکل در این محدوده را گزارش نمودند [۱۴، ۱۵]. مطالعات پیشین نشان می‌دهند که هر چند آلودگی فلزات سنگین این منطقه بجز چند عنصر، کم است ولی در سال‌های اخیر میزان آلودگی فلزات سنگین روند افزایشی داشته است [۱۱، ۱۴].

مطالعات محدود پیشین در منطقه چابهار عمدتاً در مناطق ساحلی صورت گرفته است. در این مطالعه ضمن تعیین توزیع مکانی فلزات سنگین رسوبات مناطق فراساحلی در محدوده چابهار از پزم تا رمین، به منشایابی آلاینده‌های فوق، میزان مواد آلی (TOM) و دانه‌بندی رسوبات منطقه مورد مطالعه پرداخته شد. همچنین نتایج این تحقیق با نتایج مطالعات در سایر آب‌ها و نیز با استانداردهای بین‌المللی مقایسه شدند تا میزان ریسک ناشی از حضور فلزات سنگین سمی در منطقه مورد مطالعه ارزیابی گردد.

۲- روش تحقیق

۲-۱- منطقه نمونه‌برداری

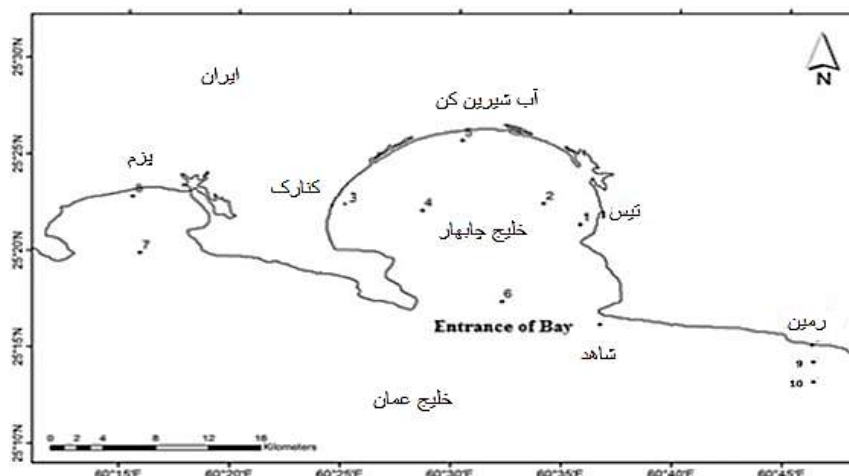
در این مطالعه ۳۳ نمونه رسوبات سطحی (عمق ۰-۵ سانتی متری) از ۱۱ ایستگاه در قالب ۴ ترانسکت عمود بر ساحل در خلیج چابهار (ورودی خلیج، آب شیرین کن، تیس، کنارک، رمین و پزم و یک نمونه شاهد در دهانه ورودی به خلیج چابهار) توسط نمونه بردار "ون وین" در اعماق ۵، ۱۰ تا ۲۰ نمونه‌برداری شدند (شکل (۱) و جدول (۱)). برای این منظور از قایق برای رسیدن به مناطق عمیق و از دستگاه GPS برای تعیین موقعیت جغرافیایی و از عمق سنج برای تعیین عمق منطقه نمونه‌برداری استفاده شد.

^۲ Laser Particle Sizer محصول شرکت هوربیا که به کمک نور لیزر قادر به اندازه‌گیری ذرات با ابعاد (0.01-3000 μm) است،

^۳ Total Organic Matter, TOM

^۴ Loss On Ignition

^۱ ROPME



شکل (۱) منطقه مورد پایش و ایستگاه های نمونه برداری.

جدول (۱) موقعیت جغرافیایی ایستگاه های نمونه برداری و دانه بندی رسوبات مورد بررسی.

لیبل	نام ایستگاه	عمق (متر)	طول و عرض جغرافیایی	رس %	سیلیس %	ماسه %
۱	تیس ۱	۳/۸	۴۰°۳۵'۰۶" E ۲۱°۲۵'۲۱" N	۲	۷	۹۱
۲	تیس ۲	۹	۴۰°۳۳'۰۶" E ۲۲°۲۵'۰۵" N	۵	۷	۸۸
۳	کنارک ۱	۵	۴۴°۱۵'۰۶" E ۲۵°۱۹'۵۸" N	۱۱/۸	۶۲/۲	۲۶
۴	کنارک ۲	۱۰/۵	۳۰°۲۸'۰۶" E ۲۲°۲۵'۲۳" N	۳۵/۴	۴۶/۶	۱۸
۵	آب شیرین کن	۵/۸	۴۰°۳۰'۰۶" E ۲۶°۲۵'۳۰" N	۵	۲۵	۷۰
۶	ورودی خلیج	۱۳/۶	۴۴°۱۷'۰۶" E ۲۲°۲۵'۱۲" N	۱۳/۴	۴۶/۶	۴۰
۷	یزم ۱	۱۲/۱	۴۴°۱۵'۰۶" E ۲۵°۱۹'۵۸" N	۳/۵	۳۷/۵	۵۹
۸	یزم ۲	۶	۴۱°۱۵'۰۶" E ۲۲°۲۵'۵۴" N	۸	۴۵	۴۷
۹	رمین ۱	۴/۵	۴۲°۱۵'۰۶" E ۲۵°۴۶'۱۸" N	۸	۴	۸۸
۱۰	رمین ۲	۱۳/۲	۴۴°۴۶'۰۶" E ۲۵°۳۳'۱۵" N	۱۲	۱۳	۷۱
۱۱	شاهد	۲۲/۲	۴۰°۲۷'۰۵" E ۲۹°۰۶'۲۹" N	۱	۴۳	۵۶

دقت آنالیز توسط تهیه سه نمونه مستقل از هر ایستگاه و تکرار سه بار آنالیز نمونه ها سنجیده شد. برای صحت آنالیز داده ها از ماده مرجع^۲ (CRMOREAS 72 b) استفاده گردید. حداقل قدرت تشخیص^۳ دستگاه ICP OES، سه برابر نمونه شاهد عملی بود. کمترین حد قابل تشخیص نیکل، روی، مس، آرسنیک، وانادیم و سرب p.p.m ۵، منگنز و کروم p.p.m ۱۰، کبالت p.p.m ۰.۵ و نهایتاً آلومینیم و آهن به ترتیب ۰.۱ و ۰.۰۱٪ بودند. بنابراین در این مطالعه مقادیری بیش از حداقل حد تشخیص دستگاه برای هر عنصر گزارش شدند و این نتایج مبنای آنالیز آماری و بررسی های آتی، قرار گرفتند درصد بازیابی فلزات بین ۸۵ تا ۱۱۳٪ متغیر بود.

محلول بدست آمده توسط آب دو بار تقطیر (تا ۱۰۰ میلی لیتر)، به حجم رسانده شد. غلظت فلزات سنگین توسط دستگاه اسپکترومتری نشری پلاسمای جفت شونده القائی (ICP OES) در آزمایشگاهی که دارای ایزو ۱۷۰۲۵ است (SGS ISM 90 A)، مورد آنالیز قرار گرفت.

جهت ساخت محلول های استاندارد، از محلول چند عنصری ppm ۱۰۰۰ ساخت شرکت مرک^۱ استفاده شد. محلول های استاندارد با غلظت های مختلف تهیه و جهت کالیبراسیون به دستگاه تزریق شدند. بعد از کالیبراسیون، هر یک از نمونه های آماده شده ۳ بار به دستگاه تزریق و میانگین آن ها گزارش شد. کنترل کیفیت شامل قرار دادن نمونه شاهد در هر سری کار، قرار دادن استانداردهای کنترل در بین نمونه ها در حین تزریق به دستگاه بود.

^۲ Certified Reference Material^۳ Detection Limit^۱ Merck

۲-۳- محاسبه شاخص ها

در این تحقیق به منظور تعیین شدت آلودگی رسوبات از ضریب آلودگی و فاکتور غنی‌شدگی استفاده شد. فاکتور غنی‌شدگی روش مناسبی برای تعیین منشا آلودگی (طبیعی و انسان‌زاد) است [۱۸] که از رابطه زیر محاسبه میشود.

$$EF = \frac{\left(\frac{C_M}{C_S}\right)_X}{\left(\frac{C_M}{C_S}\right)_C} \quad (2)$$

در این رابطه EF ضریب غنی‌شدگی عنصر M در نمونه رسوب X است. $[C_M/C_S]_X$ حاصل تقسیم غلظت عنصر M (C_M) بر غلظت آهن در همان نمونه رسوب (C_S) و $[C_M/C_S]_C$ غلظت عنصر m موجود در پوسته زمین (یا غلظت زمینه عنصر مورد نظر) تقسیم بر غلظت آهن پوسته زمین (یا غلظت عنصر آهن زمینه) (C_S) است.

وقتی $0.5 \leq EF \leq 1.5$ منشا آلودگی طبیعی و زمانی که $EF > 1.5$ باشد، نشان‌دهنده آن است که بخشی از آلودگی موجود در رسوب از منبعی بجز منابع طبیعی نشأت گرفته است [۱۸، ۱۹].

ضریب آلودگی (رابطه (۳)) حاصل تقسیم غلظت یک عنصر در نمونه برداشت شده به غلظت همان عنصر در نمونه زمینه است (در صورت عدم دسترسی به مقادیر زمینه فلز در منطقه مورد مطالعه، مقادیر میانگین پوسته زمین مبنا قرار می‌گیرد). ضریب آلودگی بیانگر میزان آلودگی رسوبات به عناصر سنگین است.

$$CF = \frac{C_{Sample}}{C_{Background}} \quad (3)$$

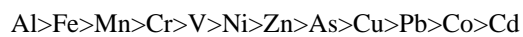
CF: ضریب آلودگی و C_{Sample} : غلظت عنصر در نمونه و $C_{Background}$: غلظت عنصر در نمونه زمینه است. اگر $CF > 1$ باشد، نشان‌دهنده وجود آلودگی در رسوبات است و اگر $CF < 1$ باشد، به این معنی است که آلودگی عنصری قابل اغماض است. همچنین برای تعیین میزان خطر ناشی از حضور فلزات سنگین در رسوبات منطقه مورد بررسی، داده های هر ایستگاه با مقادیر حد آستانه (TEL) و با غلظتی که محتملا آثار بالینی (PEL) ناشی از حضور فلزات سنگین مشاهده می‌شود، مقایسه شدند.

۳- نتایج

میانگین و گستره غلظت ۱۲ فلز سنگین و نیز میزان مواد آلی در جدول ۲ و شکل ۲ آورده شده است. دانه بندی رسوبات در جدول ۱ آورده شده است.

مقادیر مواد آلی در مناطق عمیق‌تر به طور نسبی از مناطق ساحلی بیشتر بودند (به جز رمین ۲ و پزم ۲). این یافته با وجود مقادیر بالاتری از رس در رسوبات مناطق عمیق‌تر تطابق دارد. رسوبات کم عمق تیس با داشتن کمترین و رسوبات مناطق عمیق‌تر کنارک با بالاترین درصد رس و سیلیس به ترتیب دارای کمترین و بیشترین میزان مواد آلی بودند. مقادیر مواد آلی در رسوبات دو ایستگاه کنارک به طور معنی داری بیش از سایر ایستگاه‌ها بودند (بجز ایستگاه شاهد).

فراوانی عناصر مورد مطالعه در زیر آورده شده است:



نتایج این مطالعه نشان داد که بین فلزات سنگین مورد آنالیز، آلومینیم بیشترین و کادمیم از کمترین فراوانی برخوردار بودند (شکل (۲) و جدول (۲)).

برخی از فلزات مورد مطالعه مانند مس، آهن، روی، فلزات ضروری برای فعالیت‌های حیاتی موجودات هستند و این در حالی است که برخی فلزات مانند سرب، آرسنیک، نیکل و کادمیم سمی محسوب می‌شوند.

نتایج این مطالعه نشان داد که غلظت‌های کروم (بجز رمین ۱ و تیس ۲)، کادمیم (بجز تیس ۲) و نیکل (بجز تیس ۲) بیش از حد آستانه و استانداردهای بین‌المللی (ISQGs و NOAA) بودند [۲۰-۲۱].

بیشترین مقدار فلز کروم متعلق به رسوبات تیس ۱ و پس از آن به کنارک ۲ بود (جدول (۲) و شکل (۲)). غلظت کروم در رسوبات ایستگاه تیس ۱ با بیش از ۲ برابر حد آستانه TEL (۵۲.۳ ppm) (جدول (۴))، در رنج بالای آلودگی کروم بود.

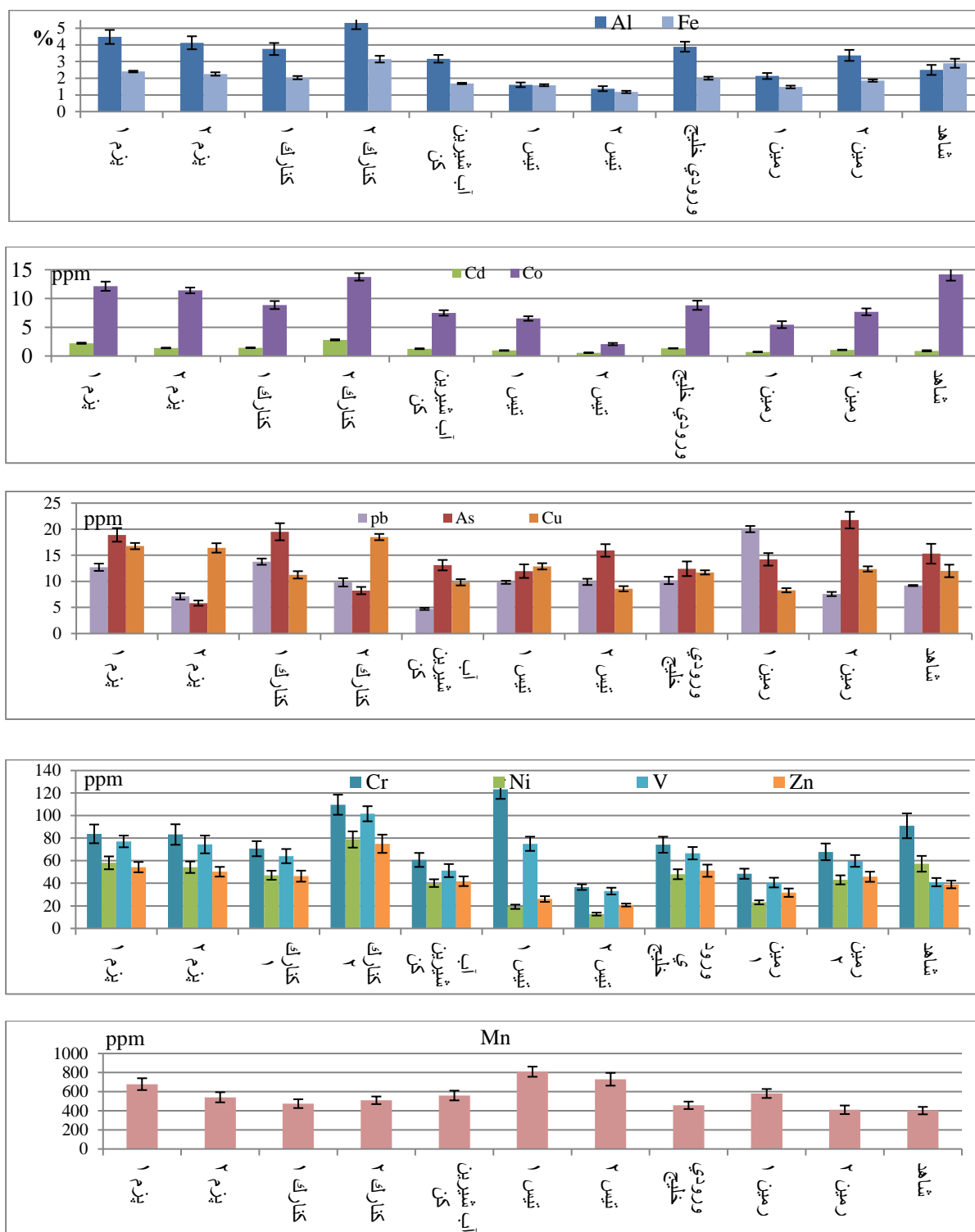
میزان کادمیم در پزم ۱ بیش از ۳ برابر و در کنارک ۲ بیش از ۴ برابر حد آستانه TEL (۰.۶۸ ppm) (جدول (۴)) بود. همچنین غلظت نیکل در رسوبات پزم ۱ بیش از ۳.۵ برابر و در کنارک ۲ بیش از ۵ برابر حد آستانه TEL (۱۵.۹ ppm) (جدول (۴)) بودند [۲۰-۲۱]. بیشترین میزان آلودگی کادمیم و نیکل در رسوبات کنارک ۲ (مناطق عمیق‌تر) و سپس در پزم ۱ و کمترین آلودگی دو فلز فوق در مناطق عمیق تیس (تیس ۲) بدست آمد. به دلیل سمی بودن این عناصر پایش بیشتر و اعمال برنامه‌های دقیق مدیریت در این منطقه ضروری است. غلظت آرسنیک در رسوبات رمین ۲ و سپس کنارک ۱ بیش از سایر ایستگاه‌ها بودند.

جدول (۲) غلظت، گستره و میانگین فلزات سنگین در رسوبات ایستگاه های مورد مطالعه.

عنصر	TOM	Cd	As	Pb	Co	Cu	Zn	V	Ni	Cr	Mn	Fe	Al
ایستگاه	درصد	ppm.											
درصد													
پزم ۱	۰±/۳۶	۲/۲±	۱۸/۹±	۱۲/۷±	۱۲/۱±	۱۶/۸±	۵۴	۷۷	۵۸	۸۴	۶۷۹	۲/۴±	۰/۴۲
	۳/۲۵	۰/۱	۱/۳	۰/۷	۰/۸	۰/۶	±۴/۶	±۵/۲	±۵/۷	±۸/۳	±۶۲	۰/۰۵	۴/۵±
پزم ۲	۰±۳/۱۱	۱/۴±	۵/۸±	۷/۱±	۱۱/۴±	۱۶/۴±	۵۰±	۷۴±	۵۴±	۸۳±	۵۴۱±	۲/۳±	۴/۱±
		۰/۰۶	۰/۵	۰/۶	۰/۵	۰/۹	۴/۳	۷/۹	۵/۱	۹/۱	۵	۰/۱۰	۰/۳۹
کنارک ۱	۰±۵/۱	۱/۴±	۱۹/۵±	۱۳/۸±	۸/۹±	۱۱/۲±	۴۶±	۶۴±	۴۷±	۷۱±	۴۷۵±	۲/۰±	۳/۸±
		۰/۰۴	۱/۶	۰/۶	۰/۷	۰/۷	۴/۹	۶/۳	۴	۶/۷	۴۶	۰/۱۰	۰/۳۶
کنارک ۲	۰±۸/۸	۲/۸±	۸/۲±	۹/۸±	۱۳/۸±	۱۸/۵±	۷۵±	۱۰۲±	۷۹±	۱۱۰±	۵۱۰±	۳/۱±	۵/۳±
	۸/۱	۰/۱	۰/۷	۰/۸	۰/۷	۰/۶	۸/۱	۶/۷	۷/۲	۸/۹	۴۰	۰/۲۰	۰/۳۷
آب شیرین کن	۰±۳/۳۲	۱/۳±	۱۳/۱	۴/۷	۷/۵±	۹/۸±	۴۲±	۵۱±	۴۰±	۶۱±	۵۶۰±	۱/۷±	۳/۲±
	۳/۱	۰/۰۷	±۱	±۰/۲	۰/۵	۰/۶	۴/۳	۵/۸	۳/۴	۶/۲	۵۱	۰/۰۴	۰/۲۳
تیس ۱	۰/۰۶	۱/۰±	۱۲/۰±	۹/۸	۶/۵±	۱۲/۹±	۲۶±	۷۵±	۱۹±	۱۲۳±	۸۰۹±	۱/۶±	۱/۶±
	±۲۵/۲	۰/۰۶	۱/۳	±۰/۳	۰/۴	۰/۶	۲/۵	۶/۳	۱/۹	۸/۴	۵۳	۰/۰۶	۰/۱۴
تیس ۲	۰/۳۳	۰/۶±	۱۵/۹±	۹/۹±	۲/۱±	۸/۶	۲۱±	۳۳	۱۳±	۳۷	۷۳۰	۱/۲	۱/۴±
	±۵/۴	۰/۰۱	۱/۲	۰/۶	۰/۲	±۰/۵	۱/۳	±۳	۱/۳	±۲/۵	±۶۷	±۰/۰۷	۰/۱۵
ورودی خلیج	۰/۱۷	۱/۳±	۱۲/۴±	۱۰/۲±	۸/۸±	۱۱/۷±	۵۱±	۶۷±	۴۸±	۷۴	۴۵۷	۲/۰	۳/۹
	±۷۵/۳	۰/۰۱	۱/۴	۰/۷	۰/۸	۰/۴	۵/۴	۵/۵	۴/۴	±۷/۱	±۳۹	±۰/۰۹	±۰/۳
رمین ۱	۰/۲۴	۰/۷±	۱۴/۲±	۲۰/۰±	۸/۳±	۵/۵±	۳۲±	۴۱±	۲۳±	۴۸±	۵۸۱±	۱/۵±	۲/۱±
	±۷۵/۲	۰/۰۴	۱/۲	۰/۶	۰/۶	۰/۴	۳/۷	۴/۳	۱/۸	۴/۵	۴۷	۰/۰۸	۰/۱۸
رمین ۲	۰/۱۶	۱/۱±	۲۱/۷±	۷/۶±	۷/۷±	۱۲/۴±	۴۶±	۶۰±	۴۳±	۶۸±	۴۱۰±	۱/۹	۳/۴±
	±۴۶/۲	۰/۰۵	۱/۶	۰/۴	۰/۶	۰/۵	۴/۵	۵/۲	۴	۷/۴	۴۵	±۰/۰۷	۰/۳۳
شاهد	۰/۶۹	۰/۹	۱۵/۳±	۹/۲	۱۴/۲±	۱۲	۳۹±	۴۱	۵۷/۳±	۹۱	۴۰۲	۲/۹	۲/۵
	±۳/۱۱	±۰/۱	۱/۹	±۰/۱	۱/۱	±۱/۲	۳/۴	±۳/۷	۷	±۱۱	±۳۹	±۰/۲۷	±۰/۳
میانگین ± دامنه تغییر	۲/۸	۰/۷	۴/۸	۴	۳/۷	۳/۳	۱۵	۲۰	۱۹	۲۵	۱۳۲	۰/۵۵	۰/۲۳
	±۵/۴	±۳/۱	±۳/۱۴	±۴/۱	±۹/۸	±۶/۱۲	±۴۴	±۶۲	±۴۴	±۷۷	±۵۶۰	±۹۶/۱	±۲/۳

ایستگاه های تیس از بالاترین میزان ماسه برخوردار بود و قاعدتا باید از کمترین میزان تجمع آلودگی برخوردار باشد، لذا غلظت بالای منگنز در رسوبات این دو ایستگاه قابل توجه بوده و لازم است مورد مطالعه بیشتر قرار گیرد. بجز آرسنیک، مس، منگنز و سرب، کمترین غلظت عناصر، در نواحی عمیق تر تیس (تیس ۲) مشاهده شد. نتایج این مطالعه نشان داد که بیشترین غلظت عناصر مورد مطالعه متعلق به رسوبات کنارک ۲ بودند (به جز آرسنیک، کبالت، کروم، منگنز و سرب). بالاترین غلظت فلز سرب به ترتیب مربوط به رمین ۱ و کنارک ۱ بودند. منطقه ای در ابتدای ورودی خلیج چابهار جایی که به آبهای آزاد در دسترس است به عنوان نقطه شاهد در نظر گرفته شد (شکل (۱)).

میزان آرسنیک در کنارک ۱ بیش از ۲.۵ برابر و در رمین ۲ بالغ بر ۴ برابر حد آستانه TEL (۰.۶۸ ppm) (جدول (۴)) بود [۲۱-۲۰]. بیشترین میزان وانادیم (مهمترین شاخص آلودگی نفتی) در ایستگاه کنارک ۲ و در رتبه بعد پزم ۱ قرار داشت. پایینترین میزان وانادیم در رسوبات تیس ۲ و سپس در شاهد و رمین ۱ مشاهده شد. از غرب به شرق (از پزم تا رمین) بالاترین غلظت فلزات آلومینیوم و آهن به رسوبات کنارک ۲ و بیشترین مقدار کبالت به رسوبات ایستگاه شاهد و سپس کنارک ۲ متعلق بودند. پایینترین سطح آلودگی سه فلز فوق در رسوبات تیس ۲ یافت شد. غلظت منگنز در دو ایستگاه تیس بیش از سایر ایستگاهها بود (جدول (۲) و شکل (۲)). با توجه به اینکه رسوبات



شکل (۲) غلظت عناصر آنالیز شده در رسوبات مورد بررسی.

ایستگاه‌های تیس ۱ و ۲ دارای بیشترین درصد ماسه بودند. ایستگاه تیس ۱ از کمترین میزان بار آلودگی در رسوبات خود برخوردار بود. هر چند منطقه کنارک و بخصوص کنارک ۲ نسبت به سایر ایستگاهها از میزان نسبی بالاتری

عملا مشاهده شد که ایستگاه فوق با بالاترین میزان مواد آلی و کمترین میزان رس، تحت جریان های دریایی مصنوعی از آلودگی نبوده و آلودگی‌های طبیعی منطقه، ایستگاه فوق را نیز تحت تاثیر قرار داده است. رسوبات

فلزات سنگین در رسوبات منطقه مورد مطالعه با سایر آبها نشان داد که حداکثر غلظت آلودگی منگنز در منطقه شمال غربی دریای عمان در رسوبات ایران بیش از رسوبات منطقه شمالی و جنوبی خلیج فارس و خور از میر در ترکیه بود (جدول (۳)) [۱۴، ۲۵، ۲۸].

میزان مس ($12.6 \pm 3.3 \text{ ppm}$) و روی ($43.8 \pm 14.9 \text{ ppm}$) در رسوبات این مطالعه (پس مانسون) با مقادیر آنها در منطقه چابهار در فصل پیش مانسون، رسوبات خلیج فارس، دریای خزر قابل مقایسه و از خور هلند و خلیج از میر و هنگ کنگ کمتر بود (جدول (۳)) [۱۱، ۱۴، ۲۲، ۲۵، ۲۷، ۲۸].

۲۹]. غلظت کادمیم در این تحقیق ($1.33 \pm 0.66 \text{ ppm}$) با مقادیر رسوبات دریای هنگ کنگ قابل مقایسه و از رسوبات دریای خزر و رسوبات خلیج فارس و خلیج از میر بیشتر و از خور هلند بسیار کمتر بود (جدول (۳)) [۲۲، ۲۵، ۲۷، ۳۰].
میزان آلودگی آرسنیک در این مطالعه (21.7 ppm) - 14.3 ± 4.8 (۵.۸) نسبت به غلظت آن در منطقه چابهار در فصل پیش مانسون قابل مقایسه و بیش از سواحل شمالی خلیج فارس و بخش جنوبی دریای خزر بود [۱۱، ۲۵، ۲۹]. با توجه به مقادیر بالای آلودگی آرسنیک در مناطقی مانند بنگلادش و هند که منشا طبیعی دارد، بالا بودن مقادیر آرسنیک در مناطق شمال غربی عمان قابل توجیه است. آلودگی مناطق شرقی می تواند توسط جریان های دریایی و عوامل طبیعی وارد مناطق شمالی عمان شده باشد (جدول (۳)).

میزان کروم در این مطالعه در فصل پس مانسون ($77.2 \pm 25.2 \text{ ppm}$) نسبت به فصل پیش مانسون ($40.0 - 87$) کمتر بود و این می تواند ناشی از تأثیر آپولینینگ و نیز تغییر مسیر جریان های دریایی در دو فصل فوق باشد [۱۱]. در جدول (۴) میانگین غلظت عناصر مورد مطالعه با استانداردهای جهانی مورد مقایسه قرار گرفت. همانگونه که ملاحظه می شود میانگین غلظت کروم، نیکل، کادمیم و آرسنیک در منطقه مورد بررسی در فصل پس مانسون بیش از مقادیر استاندارد و حد آستانه فلزات فوق در رسوب بود [۳۱].

بر اساس دستورالعمل های ایالتی امریکا، کمترین و بیشترین غلظت های موثر برای آهن به ترتیب برابر ۲۰ و 40 mg g^{-1} وزن خشک تعیین شده است.

از آلودگی های مختلف برخوردار بود؛ ولی بالا بودن غلظت منگنز در ایستگاه های تیس و پزم موجب شد تا این دو ایستگاه از میزان بار آلودگی (PLI) بیشتری برخوردار شوند. در صورت نادیده انگاشتن غلظت منگنز، بار آلودگی منطقه کنارک بیش از سایرین خواهد بود.

۱-۳- مقایسه آلودگی فلزات سنگین در رسوبات منطقه مورد مطالعه با سایر آبها

به طور کلی منطقه شمال غربی عمان و سایر همسایگان شرقی آن، کشورهایی نسبتاً غیر صنعتی هستند به این جهت آب های این مناطق از آلودگی کمتری نسبت به آب های کشورهای صنعتی برخوردارند. سازمان منطقه ای محیط زیست را پمیدر مطالعات خود در زمینه آلودگی فلزات سنگین در رسوبات کشور عمان به این نتیجه دست یافت که نیکل با منشا طبیعی در رسوبات منطقه فوق از غلظت بالایی برخوردار بود (جدول (۳)) [۱۴]. همسو با نتایج و یافته های مطالعات را پمی، نتایج تحقیق حاضر نشان داد که منشا عمده فلزات سنگین در منطقه مورد مطالعه، منشا طبیعی است (بجز کروم و کادمیم). در برخی ایستگاه ها، فعالیت های انسانی موجب افزایش نسبی نیکل نسبت به سایر ایستگاه ها شده است.

دمورا و همکاران (۲۰۰۴) در مطالعه ای تحت عنوان "توزیع فلزات سنگین در دو کفه ای های دریایی، ماهی و رسوبات ساحلی در خلیج فارس و خلیج عمان" میزان غلظت فلزات سنگین در رسوبات کشور عمان در طول سال های ۲۰۰۱ و ۲۰۰۲ را اندازه گیری کرده و غلظت های نسبتاً بالایی از Cr، Ni، V و Mn را در اکثر مناطق مورد مطالعه گزارش نمودند (جدول (۳)) [۱۵].

مقادیر نیکل در منطقه مورد بررسی به طور نسبی بیشتر و سرب به طور نسبی کمتر از نتایج بدست آمده در تحقیق توسط عین الهی پیر و صفاهیه (سال ۲۰۱۱) در مناطق اطراف چابهار) بود [۹].

غلظت نیکل (حداکثر 79 ppm و میانگین 43.8 ± 19.4) با مقادیر این فلز در دریای خزر و آب های هنگ کنگ، مناطق جنوبی خلیج فارس و چابهار در فصل پیش مانسون قابل مقایسه و کمتر از مناطق شمالی خلیج فارس، خور هلند^۱ و خلیج از میر بود [۱۱، ۱۴، ۲۲، ۲۸]. مقایسه آلودگی

^۱ Scheldt Estuarine Nederland

جدول (۳) مقایسه گستره و میانگین (± دامنه تغییرات) غلظت فلزات سنگین رسوبات ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\text{dw}$) منطقه مورد مطالعه با سایر آب‌ها.

Zn	Ni	Mn	Cu	Cd	As	منطقه مورد پایش	منبع
۷۵-۲۱	۱۳-۷۹	۴۰۲-۸۰۹	۸/۳-۱۸/۵	۰/۶-۲/۸	۵/۸- ۲۱/۷	منطقه چابهار پس مانسون	مطالعه حاضر
۴۴±۱۵	۴۴±۱۹	۵۶۰±۱۳۲	۱۲/۶±۳/۳	۱/۳±۰/۷	۱۴/۳±۴/۸	پیش مانسون	[۱۱]
۶۹-۲۴	۱۳/۵-۸۱	۴۶۵-۹۱۳	۵-۲۶	۰/۲-۰/۳۵	۸/۷-۲۱	شمال غربی خلیج فارس	[۲۴]
۶۳	۱۰۹	۴۵۹	۲۲			شمال دریای عمان: گواتر تا تیس	[۹]
	۱۶-۲۹		۱۶-۱۷			خلیج گواتر تا خلیج چابهار	[۸]
	۱۲-۲۶		۱۶-۳۹			خلیج فارس	[۲۳]
۳۷	۱۱۱	۳۵۷	۲۰	۰/۲	۷	دریای خزر	[۱۹]
۷۵-۴۶	۳۳- ۵۱(۴۲)	۳۷۰-۵۴۰	۱۳-۲۷	۰/۱۱-۰/۱۷	۸-۱۵ (۱۱)	خلیج فارس	[۱۴]
۳۲/۵	۵۹	۲۱۴	۱۸	۴		امارات/خلیج فارس	[۲۱]
۱۱	۳۶	۸۴	۷	۵		مناطق جنوبی امارات/خلیج فارس	[۲۲]
۲۰-۲	۳۹-۳	۱۵۰-۳۹	۸-۳	۷-۱		مناطق شمالی خزر	[۳۲]
	۲-۶۸			۰/۰۲-۰/۳		مناطق جنوبی خزر	[۳۲]
	۲۹-۶۸			۰/۱-۰/۲		هنگ کنگ	[۲۰]
۱۹۷	۳۷		۱۹۹۵	۱		خور هلند	[۲۵]
۱۵۰۰-۹	۳-۲۲۰		۱-۲۶۰۰	۰/۱-۲۰		ازمیر/ ترکیه	[۲۶]
۳۱۱-۲۲	۳-۱۴۶	۱۲۸-۳۹۰	۴-۷۹	۰/۱-۰/۸			

کروم و نیکل است [۱۰]. نتایج اندازه‌گیری ضریب غنی‌شدگی نشان می‌دهد که آلودگی موجود در منطقه در فصل پس‌مانسون برای عمده فلزات ناشی از منشا طبیعی است (بجز کروم و کادمیم).

بجز کادمیم و کروم، منشا سایر فلزات سنگین در کل منطقه منشا طبیعی بود که عوامل انسانی بر برخی ایستگاه‌ها به طور نسبی تاثیرگذار شده است. وجود آلودگی‌های طبیعی مانند نیکل و آرسنیک و همچنین فعالیت‌های نسبی صنعتی همسایگانی مانند پاکستان و هند می‌توانند تا حدودی منطقه مورد مطالعه را تحت‌الشعاع قرار دهند که برای تشخیص دقیق این موضوع لازم است تا نمونه‌گیری‌های هم‌زمان از مناطق فوق صورت گیرد. وجود آپولینگ در منطقه عمان در ناحیه‌ای پیش از مناطق نمونه‌گیری می‌تواند یکی از علل وجود آلودگی طبیعی در منطقه دریای عمان باشد [۱۵].

به دلیل سمی بودن عناصر آرسنیک، کادمیم، نیکل و کروم، پایش بیشتر و اعمال برنامه‌های دقیق مدیریت در این منطقه ضروری است.

در جدول (۴) متوسط غلظت برخی عناصر ($\mu\text{g g}^{-1} \text{d.w}$) در رسوبات منطقه چابهار با گایدلاین‌های (TEL, PEL, ERL) اعلام شده (NOAA و ISQGs) مقایسه شدند. برای منشاییابی از هنجار سازی (نرمالیز کردن) غلظت‌های فوق با غلظت آهن (٪) که از نظر فراوانی چهارمین عنصر در پوسته زمین است، استفاده شد. به منظور تعیین منشا آلودگی در آب‌های چابهار از روش فاکتور آلودگی^۱ (CF) و فاکتور غنی‌شدگی^۲ (EF) استفاده شد. برای عناصری که دارای استاندارد ISQG بودند، CF آنها طبق دسته بندی زیر محاسبه شد تا میزان تجمع آلودگی در رسوب مشخص شود: هر گاه $CF < 1$ تجمع آلودگی منطقی است، هر گاه $1 \leq CF < 3$ آلودگی رسوب متوسط و اگر $3 \leq CF < 6$ میزان آلودگی قابل توجه و $CF > 6$ آلودگی زیاد می‌باشد (Pekey, et al. 2004). وقتی $1/5 \leq EF \leq 0/5$ منشا آلودگی طبیعی و زمانی که $EF > 1/5$ نشان‌دهنده آن است که بخشی از آلودگی موجود در رسوب از منبعی بجز منابع طبیعی نشأت گرفته است [۱۹].

خلیج چابهار واقع در منطقه مکران دارای پی سنگ فولیتی وابسته به پوسته اقیانوسی و غنی از فلزاتی مانند

¹ Contamination Factors

² Enrichment Factors

جدول (۴) مقایسه متوسط غلظت برخی عناصر ($\mu\text{g g}^{-1} \text{d.w}$) در رسوبات منطقه چابهار با گاید لاین‌های اعلام شده [۲۱] NOAA و [۲۰] ISQG.

(در این مطالعه از مقایسه غلظت عناصر با آهن برای منشا یابی استفاده شده است).

عنصر	میانگین ppm	TEL	ERL	PEL	ERM	ISQG-Low	ISQG-High	CF	متوسط پوسته زمین	EF
Cr	۷۷	۵۲/۳	۸۱	۱۶۰	۳۷۰	۸۰	۳۷۰	۱/۵	۱۰۰	۱/۹
Ni	۴۴	۱۵/۹ بدون آلودگی > ۲۰ آلودگی متوسط ۲۰-۵۰ آلودگی زیاد < ۵۰	۲۰/۹		۵۱/۶	۲۱	۵۲	۲/۸	۶۸	۱/۶
Zn	۴۴	۱۲۴ بدون آلودگی > ۹۰ آلودگی متوسط ۹۰-۲۰۰ آلودگی زیاد < ۲۰۰	۱۵۰	۲۷۱	۴۱۰	۲۰۰	۴۱۰	۰/۳	۹۵	۱/۲
As	۱۴	۷/۲۴	۸/۲	۴۱/۶	۷۰	۲۰	۷۰	۲/۰۷	۳۰	۱/۲
Pb	۱۰/۴	۳۰/۲۰ بدون آلودگی > ۴۰ آلودگی متوسط ۴۰-۶۰ آلودگی زیاد < ۶۰	۴۶/۷	۱۱۲	۲۱۸	۵۰	۲۲۰	۰/۳۴	۲۰	۱/۳
Cu	۱۲/۶	۱۸/۷ بدون آلودگی > ۲۵ آلودگی متوسط ۲۵-۵۰ آلودگی زیاد < ۵۰	۳۴	۱۰۸	۲۷۰	۶۰	۲۷۰	۰/۶۷	۴۵	۰/۷
Cd	۱/۳	۰/۶۸	۷/۷		۹/۶	۱/۵	۱۰	۱/۹	۰/۳	۱۰/۸
Fe	٪۱/۹۶					SEL:۴۰ و LEL:۲۰			۵٪*	1-

CF (فاکتور آلودگی): Relative Contamination Factor, EF (فاکتور غنی سازی): Enrichment Factor, ERL (محدوده اثرات کم): Effects Range Low (NOAA), TEL (سطح اثر آستانه): Threshold Effect Level, SEL (سطح اثر جدی): Severe Effect Level, ERM (سطح اثرات متوسط): Effects Range Medium (NOAA), SQG (دستورالعمل کیفیت رسوب): Sediment Quality Guidelines (Environment Canada), PEL (سطح اثر محتمل): probable effect level (Environment Canada), LEL (کمترین سطح اثر): Lowest Effect Level.

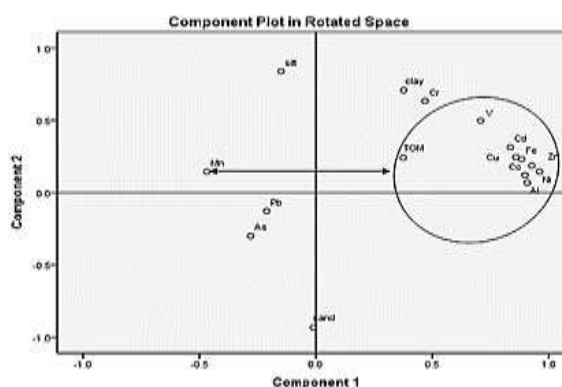
۵- مخفف

آلومینیم (Al); آرسنیک (As); کادمیم (Cd); کبالت (Co); کروم (Cr); مس (Cu); آهن (Fe); سرب (Pb); نیکل (Ni); منگنز (Mn); وانادیم (V); روی (Zn).

۶- مراجع

[1] Janadeleh, H., Jahangiri, S., "Risk Assessment and Heavy Metal Contamination in Fish (Otolithes ruber) and Sediments in Persian Gulf", Journal of Community Health Research, Vol.5, No.3, pp.169-181, 2016

[۲] یونسی پور، ح؛ نصراله زاده ساروی ح؛ ساداتی پور، س. م. ت. "بررسی تجمع زیستی فلزات سنگین ضروری (آهن، مس و روی) و نیمه ضروری (نیکل، کبالت و منگنز) در بافت خوراکی ماهی کپور دریای خزر Cyprinus



شکل (۳) نمایش ماتریس چرخش فضایی داده ها.

روش استخراج: آنالیز مولفه های اصلی، روش چرخشی: نرمال سازی واریماکس و کیسر (Varimax with Kaiser)، پوشش

چرخش با ۲۴ تکرار

(Extraction Method: Principal Component Analysis. Rotation Method: Varimax with Kaiser Normalization.a. Rotation converged in 24 iterations).

- [14] ROPME, 2000, 2003 and 2006 State of the Marine Environment Report. "Regional Organization for Protection of Marine Environment", Kuwait.198p, 2006.
- [15] DeMora, S., Fowler, S.W., Wyse, E., Azemard, S., "Distribution of Heavy Metals in Marine Bivalves, Fish and Coastal Sediments in the Gulf and Gulf of Oman", Marine Pollution Bulletin, Vol.49, pp.410-424, 2004.
- [16] Jiang Min, Z. G., Zhang Chang, M., Chen Ming, Z. J., Lu Lunhui, Y.Q., Hu Langping, L.L., "Assessment of Heavy Metal Contamination in the Surrounding Soils and Surface Sediments in Xiawangang River", Qingshuitang District. PLoS One. Vol.8, No.8, 2013.
- [17] Schulte E, Kaufmann C, Peter J, "The influence of Sample Size and Heating Time on Soil Weight Loss-on-Ignition". Communications in Soil Science and Plant Analysis. Vol.22, pp.159-168, 1991.
- [18] Sutherland, R.A., "Bed Sediment-Associated Trace Metals in an Urban Stream, Oahu, Hawaii". Environmental Geology Vol.39, pp.611 - 37, 2000.
- [19] Zhang, L., Ye, X., Feng, H., Jing, Y., Ouyang, T., Yu, X., Liang, R., Gao, C., Chen, W., "Heavy Metal Contamination in Western Xiamen Bay Sediments and its Vicinity, China". Marine Pollution Bulletin Vol.54, pp.974-982, 2007.
- [20] ISQG, 1995. Interim Sediment Quality Guidelines. Environment Canada, Ottawa (9 pp.).
- [21] NOAA, Long, E., MacDonald, D.D., Smith, S.L., Calder, F.D., Incidence of Adverse Biological Effects within Ranges of Chemical Concentrations in Marine and Estuarine Sediments. J. Environ. Manag. Vol.19, pp.81-97, 1995.
- [22] Wong, C.K.C., Cheung, R.Y. H. and Wong, M. H., "Trace Metal Concentrations in Green Lipped Mussels Collected from Tolo Harbour and Markets in Hong Kong and Shenzhen". Environmental Pollution. Vol.109, pp.165-171, 2000.
- [23] Shriadah, M.M.A., "Heavy Metals in Mangrove Sediments of the United Arab Emirates Shoreline (Arabian Gulf)", Water, Air and Soil Pollution, Vol.116, pp.523-534, 1999.
- [24] Al-Arfaj, A.A. and Alam, I., "Chemical Characterization of Sediment from the Persian Gulf Area After the 1991 Oil Spill". Marine Pollution Bulletin, Vol.27, pp.97-102, 1992.
- [25] Agah, H., Hashtroodi, M. S., Fatemi S. R., Baeyens, W., "Trace Metals and Major Elements in the Sediments from Northern of the Persian Gulf", Journal of Persian Gulf. Vol.3, No.7, 2012.
- [26] Karbassi, A. R., Nabi-Bidhendi, G. R. and Bayati, I., "Environmental Geochemistry of Heavy Metals in a Sediment Core off Bushehr, Persian Gulf. Iranian", Journal of (carpio). "نشریه توسعه آبی پروری، سال ۸، شماره ۱، بهار ۱۳۹۵.
- [3] Mortazavi, S., Hatami, M., "Assessment of Ecological Hazard of Heavy Metal (Cr, Zn, Cu, Pb) in Surface Sediments of The Bashar River, Yasouj, Iran". Arch Hyg Sci Vol.7, No.1, pp.47-60, 2017.
- [4] Kinne, O., Marine Ecology, Vol.5, John Wiley, 618 pp, 1984.
- [۵] خالقی، م.؛ عوفی، ف.. "شناسائی گونه های خارپوستان دریائی در نواحی بین جزر ومدی خلیج چابهار". فصلنامه علمی پژوهشی محیط زیست جانوری، سال ۲، شماره ۴، زمستان ۱۳۸۹.
- [۶] کشاورزی، ب.؛ ابراهیمی، پ.؛ مر، ف.؛ حمزه، م. ع. "زمین شیمی و توزیع فلزات سنگین در رسوبات ساحلی و دریایی خلیج چابهار". مجله زمین شناسی و کاربردی پیشرفته، سال ۳، شماره ۷، ص. ۸۱-۷۴، بهار ۱۳۹۲.
- [7] Fazeli N., "Ecological Studies on Zooplankton from the Chabahar Bay with Special Reference to Copepods (MSc. Thesis)". Khorramshahr, Khorramshahr University of Marine Science, 2008.
- [۸] عین الهی پیر، ف.؛ صفاهیه، ع.؛ دادالهی سهراب، ع.؛ پاکزاد توچایی، س.. "تعیین غلظت فلزات مس، سرب و نیکل در رسوب منطقه جزر و مدی سواحل چابهار". چهارمین کنگره بین المللی جغرافیدانان جهان اسلام، ۱۳۸۹.
- [9] EinollahiPeer, F., Safahieh A.R. "Temporal and Spatial Variations of Heavy Metals (Cu, Pb and Ni) Concentration in the Sediment from Intertidal Zone Along the Iranian Coasts of the Oman Sea", Journal of Oceanography and Marine Science, Vol.2, No.7, pp.158-164, 2011.
- [۱۰] بز، ع.. "تعیین سطح آلودگی رسوبات سطحی خلیج چابهار به فلزات سنگین. مجله سلامت و محیط". فصلنامه علمی پژوهشی انجمن علمی بهداشت محیط ایران. سال ۸، شماره ۱، ص ۵۶، بهار ۱۳۹۳.
- [11] Agah, H., saleh, A., Darvish Bastami, K., Shejjooni., Fumani, N., "Ecological Risk, Source and Preliminary Assessment of Metals in the Surface Sediments of Chabahar Bay, Oman Sea", 2015.
- [12] Nematollahi, M.J., Ebrahimi, P., Ebrahimi, m., "Comparison of Environmental Geochemistry of Heavy Metals in Coastal and Marine Sediments of Chabahar and Gowatr Bay, SE Iran". Geochemistry Journal Vol.1, No.3, 2014.
- [13] Sistani, A., Vani, J., Khan, D. I., "Temporal and Spatial Varieties of Industrial Metals (Cu, Pb and Ni) Fixation in the Silt from Intertidal Zone Along the Iranian Shores of the Oman Sea". Int. J. Oceanogr. Mar. Biol. Vol.2, No.1, pp.038-043, 2015.

- Environmental Health Science and Engineering, Vol.2, No.4, pp.255-260, 2005.
- [27] Zwolsman JJG, VanEck GTM and Burger G. "Spatial and Temporal Distribution of Trace Metals in Sediments from the Scheldt Estuarine, South-West Netherlands". Estuar Coast Shelf Sciences, Vol.43, pp.55-79, 1996.
- [28] Kucuksezgin,F., "Distribution of Trace Metals in the Surficial Sediments of Izmir Bay (Turkey)", Toxicological Environmental Chemistry, Vol. 80, pp.203-207, 2001.
- [29] Agah, H., Hashtrودي, M.S., Baeyens, W., "Trace Metals and Major Elements in the Sediments from Southern of the Caspian Sea", Journal of Persian Gulf, Vol.2, No.6, 2011.
- [30] DeMora, S.D., Sheikholeslami, M.R., "ASTP: Contaminant Screening Program: Final Report: Interpretation of Caspian Sea sediment Data", Caspian Environment Program (CEP), pp.1-27, 2002.
- [31] Persaud, D., Jaagumagi, R. and Hayton, A., "Guidelines for the Protection and Management of Aquatic Sediment Quality in Ontario. Ontario Ministry of the Environment, Toronto, Canada, OMOEE, Toronto.,1993.
- [32] De Mora, S.J., Sheikholeslami, M.R., Wyse, E., Azemard, S. and Cassi, R.,. An assessment of metal contamination in coastal sediments of the Caspian Sea. Marine Pollution Bulletin, 48, 61-77. 2004.