



DOR [20.1001.1.17354226.1400.16.4.1.0](https://doi.org/10.17354226.1400.16.4.1.0)

Original article

Investigation of accumulation and pollution of heavy metals (mercury, lead, nickel and vanadium) related to oil and petrochemical industries in mud and sandy sediments in the Creek of Mahshar

Samira Esmaili¹, Mahnazsadat Sadeghi^{*2}, Mozhgan Emtyajoo³

1. Master of Marine Biology, Faculty of and Marine Science Technology, Islamic Azad University, North Tehran Branch.
2. Assistant Professor, Department of Marine Biology, Faculty of Marine Science and Technology, Islamic Azad University, North Tehran Branch.
3. Associate Professor, Department of Marine Biology, Faculty of Marine Science and Technology, Islamic Azad University, North Tehran Branch

***Corresponding author:** e-mail: m_sadeghi@iau-tnb.ac.ir, mahnaz.sadeghi55@gmail.com

Received: 4/10/2022

Accepted: 6/12/2022

Abstract

Pollution of aquatic ecosystems with heavy metals is one of the global problems in developed countries. In this study, we investigated the concentrations of heavy metals nickel, lead, mercury and vanadium by sampling sediments using Vane Veen Grab at depths of 5, 10 and 15 meters from 4 stations including estuary Musa, Ahmadi, Ghazaleh and Ghanam in the port. Imam Khomeini was paid in 1396. Based on the results of this study, it was found that the average concentration of metals in different stations 38.79 to 64.17 for nickel, 2.23 to 13.18 for lead, 0.87 to 8.12 for mercury and 39.32 to 62.26 $\mu\text{g} / \text{g}$ was obtained for vanadium. The results of one-way analysis of variance (ANOVA) showed that the concentration of metals in different stations was significantly different ($P < 0.05$), the highest concentration was related to nickel and the lowest was related to mercury. The results of Anova test showed that the concentration of metals was significantly different in sediment particles ($P < 0.05$). The highest concentration of metals was observed in clay particles. There was no significant difference between metal concentrations at different depths ($P > 0.05$). Igeo was calculated to evaluate the level of metal pollution and based on this index, it was determined that Musa and Ahmadi estuaries are contaminated with respect to all metals, Ghazaleh estuary with respect to mercury and nickel, but Ghanam estuary is not contaminated.

Keywords: Heavy metals, Estuary, Organic carbon, Sedimentary particles, Environmental parameters, Persian Gulf

مقاله تحقیقی

بررسی تجمع و آلودگی فلزات سنگین (جیوه، سرب، نیکل و وانادیم) وابسته به صنایع نفتی و پتروشیمیایی در رسوبات گلی و شنی در خوریات ماهشهر

سمیرا اسماعیلی^۱، مهناز سادات صادقی^{۲*}، مژگان امتیاز جو^۳

۱. کارشناس ارشد بیولوژی دریا، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال
۲. استادیار گروه بیولوژی دریا، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال
۳. دانشیار گروه بیولوژی دریا، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال

*مسئول مکاتبات: آدرس الکترونیکی: mahnaz.sadeghi55@gmail.com، m_sadeghi@iaiu-tnb.ac.ir

محل انجام تحقیق: دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال و سازمان انرژی اتمی تهران

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۳/۲۲

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۱/۲۱

چکیده

آلودگی اکوسیستم های آبی به فلزات سنگین به یکی از مشکلات جهانی در کشورهای توسعه یافته تبدیل شده است. در این مطالعه، به بررسی غلظت فلزات سنگین نیکل، سرب، جیوه و وانادیوم با نمونه برداری از رسوبات با استفاده از دستگاه گرب Vane Veen در اعماق ۵، ۱۰ و ۱۵ متری از ۴ ایستگاه شامل خور موسی، احمدی، غزاله و غنام در بندر امام خمینی در سال ۱۳۹۹ پرداخته شد. بر اساس نتایج این تحقیق مشخص گردید که میانگین غلظت فلزات در ایستگاه های مختلف بین ۳۸/۷۹ تا ۶۴/۱۷ برای نیکل، ۲/۲۳ تا ۱۳/۱۸ برای سرب، ۰/۸۷ تا ۸/۱۲ برای جیوه و بین ۳۹/۳۲ تا ۶۲/۲۶ میکروگرم بر گرم برای وانادیوم بدست آمد. نتایج آزمون واریانس یکطرفه (One- Way ANOVA) نشان داد میانگین غلظت فلزات در ایستگاه های مختلف اختلاف معنی داری داشت ($P < 0.05$). بطوری که بیشترین غلظت مربوط به نیکل و کمترین مربوط به جیوه بود. نتایج آزمون ANOVA نشان داد که غلظت فلزات در بین ذرات رسوبی مختلف اختلاف معناداری داشت ($P < 0.05$). بیشترین غلظت فلزات در ذرات رس دیده شد. بین غلظت فلزات در اعماق مختلف، اختلاف معنی داری وجود نداشت ($P > 0.05$). شاخص آلودگی برای بررسی میزان آلودگی فلزات محاسبه و بر اساس این شاخص مشخص گردید که خور موسی و احمدی نسبت به همه فلزات، خور غزاله نسبت به جیوه و نیکل دارای آلودگی، ولی خور غنام فاقد آلودگی می باشد.

واژه های کلیدی: فلزات سنگین، خور، کربن آلی، ذرات رسوبی، پارامترهای محیطی، خلیج فارس

مقدمه

کلیه فعالیت های انسانی در ارتباط با طبیعت را تهدید می نماید. آلودگی دریاهای بخش قابل توجهی از بحران کلی آلودگی محیط زیست را تشکیل می دهد (۱). این مسئله بخاطر ارزش های اقتصادی، سیاسی و زیستی توجه زیادی را در مقایسه با موارد دیگر آلودگی به خود جلب کرده است. علاوه بر این در بحث آلودگی،

استخراج فلزات سنگین از معادن و کاربرد گسترده فلزات سنگین در صنایع باعث شده است که غلظت این فلزات در آب، فاضلاب، هوا و خاک بیشتر از مقادیر زمینه ای افزایش پیدا کند. مسئله آلودگی محیط زیست در سال های اخیر به صورت بحران بزرگ درآمده و

داد که منطقه خور موسی نسبت به سه فلز آلودگی بالایی دارد (۵).

Saghafian Kho و همکاران مطالعه ای با عنوان بررسی غلظت فلزات سنگین (Cd, Cr, Ni, Pb, Zn) رسوبات سواحل شمال غربی خلیج فارس در بندر امام خمینی نشان دادند که روند کاهشی فراوانی فلزات سنگین در نمونه های رسوب به صورت $Cr > Ni > Zn > Pb > Cd$ می باشد (۶). با توجه به قرارگیری مجتمع های پتروشیمی در کنار خلیج فارس و پیامد های آنها مانند ایجاد پساب نفتی و شیمیایی، سوزاندن گازهای تفکیکی، جمع آوری مواد زائد شیمیایی و دفع زباله، یک چالش بزرگ زیست محیطی بر محیط زیست دریا وجود دارد. این وضعیت سبب تشدید بار آلودگی و تخریب اکوسیستم حساس آب های ساحلی منطقه شده است. از طرف دیگر، رسوبات به عنوان ذخیره گاه آلودگی، نقش مهمی در ارزیابی گسترش آلودگی در محیط های آبی دارند، لذا اندازه گیری فلزات سنگین در رسوبات آب های ساحلی با توجه به اثرات زینبار آنها از اهمیت ویژه ای برخوردار است. از این رو این پژوهش با هدف بررسی آلودگی فلزات سنگین ناشی از فعالیت های صنایع نفتی در رسوبات منطقه ماهشهر صورت گرفت.

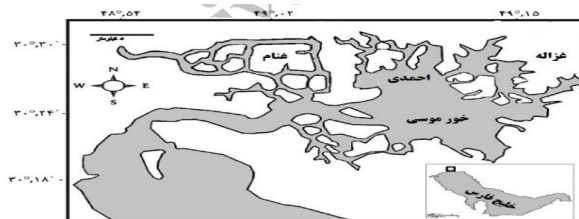
مواد و روش ها

با استفاده از نقشه منطقه مورد مطالعه چهار ایستگاه شامل خور موسی، احمدی، غزاله و غنام واقع در منتهی الیه منطقه ویژه بندر امام خمینی انتخاب و با دستگاه GPS موقعیت جغرافیایی آنها به دست آمد (جدول ۱). به منظور سنجش فلزات سنگین (جیوه، نیکل، سرب، کروم و کادمیوم) نمونه برداری رسوبات از چهار منطقه ساحلی با شرایط اکولوژیکی متفاوت از سواحل شهرستان بندر امام خمینی واقع در استان خوزستان صورت گرفت. شکل ۱ موقعیت جغرافیایی مناطق نمونه برداری در سواحل خلیج فارس را نشان می دهد.

سیستم های آبی بسیار حساس و آسیب پذیرتر می باشند. منابع فراوان و متنوعی در طول سواحل ایرانی خلیج فارس وجود دارد که از مهمترین آنها می توان به پتروشیمی های موجود در عسلویه و بندر امام خمینی، اسکله های بارگیری و تخلیه نفت، چاه های استخراج نفت و غیره اشاره کرد (۲). تحقیقاتی مشابه بر روی رسوبات مربوط به این منطقه صورت گرفته که از میان آنها می توان به پروژه های زیر اشاره نمود:

Rabbani و همکاران در مطالعه خود با اندازه گیری فلزات سنگین سرب، نیکل و جیوه در آب و رسوب در خلیج فارس منطقه عملیاتی عسلویه نشان دادند که سرب، نیکل و جیوه به ترتیب برابر $1/1/65$ ، $62/73$ و $7/78$ میکروگرم بر گرم بودند که این غلظت ها بالاتر از استانداردها بوده است. همچنین میزان شاخص آلودگی Igeo نشان داد که هر سه فلز دارای آلودگی شدیدی در خلیج فارس منطقه عسلویه هستند (۳).

Hosseini و همکاران مطالعه ای با عنوان بررسی غلظت جیوه، سرب و کادمیوم در رسوبات سطحی سواحل خوزستان داشتند. بر اساس نتایج آنها مشخص گردید که غلظت جیوه، سرب و کادمیوم در رسوبات به ترتیب برابر $7/61$ ، $9/43$ و $1/21$ میکروگرم بر گرم هستند و نشان دادند که با افزایش مواد آلی در رسوبات و کاهش ذرات رسوبی غلظت فلزات سنگین افزایش پیدا می کند و همچنین بر اساس شاخص Igeo میزان آلودگی جیوه در رسوبات خور موسی بسیار شدید است و منشا آن مربوط به فعالیت های انسانی مانند پتروشیمی، پالایشگاهی و فعالیت های تردد و انتقال نفت بوسیله نفتکش ها می باشد (۴). واعظی و همکاران در مطالعه ای نشان دادند که غلظت فلزات جیوه، سرب و نیکل در رسوبات خور موسی به ترتیب $6/45$ ، $10/41$ و $59/55$ میکروگرم بر گرم بوده است و از میزان استانداردها بالاتر است و از میزان استانداردها بالاتر است. میانگین شاخص های آلودگی Igeo نشان



شکل ۱- موقعیت ایستگاه‌های مورد مطالعه و انشعابات آنها در خلیج فارس (۱).

Fig.1 Location of the studied stations and their tributaries in the Persian Gulf

جدول ۱- موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های مورد مطالعه.

Table 1. Geographical location of the studied stations.

Llatitude	Longitude	Station
30° 26 '24" N	49°07 ' 09" E	Musa
30°27 '02" N	49°07 ' 07"E	Ahmadi
30°27 '34"N	49°12 '30"E	Ghazaleh
30°25 '04"N	49°02 '47"E	Ghanam

سنجیده شد، مقدار به دست آمده به عنوان شاخص تجمع زمینی می باشد که در واقع این شاخص بیانگر تمرکز مواد شیمیایی بر اساس وضعیت زمین شناختی است. میزان شاخص آلودگی ژئوشیمیایی (Igeo) در نمونه های رسوب از فرمول زیر محاسبه می شود (۱۰):

$$I_{geo} = \frac{\log C_n}{1.5 B_n}$$

در این فرمول غلظت عنصر اندازه گیری شده به عنوان C_n و غلظت در رسوبات قدیم B_n در نظر گرفته می شود. رده بندی درجه آلودگی رسوبات بصورت جدول ۲ است.

سنجش فلزات سنگین در نمونه ها

برای سنجش غلظت فلزات سنگین نیکل، سرب، کروم و کادمیوم، رسوب الک شده را با افزودن ۱۰ میلی لیتر اسید نیتریک غلیظ (۶۵٪) و اسید پرکلریک (۶۰٪) به نسبت ۱:۴ و قرار دادن بر روی دستگاه هضم، به مدت یک ساعت در دمای ۴۰ درجه سانتی گراد و ۴ ساعت در دمای ۱۴۰ درجه سانتی گراد هضم نموده و پس از سرد شدن نمونه ها و رقیق کردن با آب دو بار تقطیر و عبور دادن از کاغذ صافی واتمن ۴۲ به حجم ۲۵ میلی لیتر رسانده شدند. سپس غلظت فلزات مذکور توسط دستگاه جذب اتمی مدل (AAS) با شعله مدل GBC-SavantaaΣ سنجش گردید (۷).

نمونه برداری از رسوبات با استفاده از دستگاه گرب نمونه برداری صورت گرفت. بعد از نمونه برداری و جمع آوری نمونه های رسوب از اعماق مورد نظر، تمام نمونه ها بصورت یخ زده از محل نمونه برداری به آزمایشگاه منتقل گردید و در آزمایشگاه در دمای ۲۰- درجه تا شروع مراحل آنالیز نگهداری شدند (۷). فاکتورهای فیزیوشیمیایی در ایستگاه های مختلف شامل شوری، دما، pH و میزان اکسیژن اندازه گیری شد. برای اندازه گیری pH در نمونه ها از دستگاه pH سنج میزان شوری در نمونه ها از دستگاه شوری سنج، میزان دمای نمونه ها بوسیله دماسنج مدل HACH و برای اندازه گیری میزان اکسیژن محلول نمونه ها از دستگاه DO متر استفاده شد (۸). نمونه های رسوب در ظروفی که در آزمایشگاه در دمای ۲۰- درجه قرار دارند، خارج گردیدند و جهت خشک شدن در دستگاه فریزر درایور قرار داده شدند. نمونه ها به مدت ۴۸ ساعت (تا ثابت شدن وزنشان) در دستگاه خشک کننده انجمادی یا فریز درایور (Freeze drier) خشک و برای دانه بندی رسوبات، از دستگاه دانه بندی لیزری Laser Particle Sizer مدل HORIBA (LA-950) استفاده شد (۹) و جهت تعیین شاخص آلودگی ژئوشیمیایی (Igeo) نسبت لگاریتم غلظت عناصر فلزی در رسوبات ریزدانه عهد حاضر به غلظت همان عناصر در رسوبات قدیم تر

جدول ۲ - درجه و میزان شاخص آلودگی ژئوشیمیایی (Igeo) (۱۰).
Table 2 - Degree and amount of geochemical pollution index (Igeo).

Pollution rate	Index size	Degree
No Pollution	<0-1	0
Low Pollution	1-2	1
Moderate Pollution	2-3	2
High pollution	3-4	3
Severe pollution	4-5	4
Very Severe pollution	>5	5

نتایج

میزان پارامترهای محیطی در رسوبات ایستگاه‌های مختلف محدوده و میانگین پارامترهای محیطی دما، شوری و pH در ایستگاه‌های مختلف مورد مطالعه در جدول ۳ آورده شده است.

منحنی کالیبراسیون فلزات سنگین

در آنالیز نمونه‌ها کالیبراسیون از اهمیت بسیاری برخوردار است به گونه‌ای که در صورت اطمینان از درستی کالیبراسیون می‌توان به نتایج حاصل از آنالیز با اطمینان زیادی استناد کرد. در این تحقیق جهت اندازه‌گیری کمی فلزات سنگین، دستگاه با مقادیر استاندارد مشخص کالیبره شده و نمودار بر حسب غلظت ترسیم شد (شکل ۲ و ۳).

نتایج نشان داد که غلظت فلزات سنگین در رسوبات گلی و شنی اختلاف معنی داری دارد ($P < 0.05$)، بطوریکه فلزات در رسوبات گلی بطور معنی‌داری از رسوبات شنی غلظت بالاتری دارند. بطور کلی، الگوی پراکنش فلزات در ذرات مختلف رسوبی به شکل رس<سیلت>شن می‌باشد. میانگین غلظت نیکل در رسوبات جمع‌آوری شده از ایستگاه‌های مختلف در شکل ۳ نشان داده شده است. نتایج آزمون واریانس یکطرفه (One-Way ANOVA) نشان داد که غلظت نیکل در ایستگاه‌های مختلف اختلاف معنی داری دارد ($P < 0.05$).

جهت سنجش جیوه، ابتدا ۱ گرم از رسوب خشک یکنواخت شده با ۴ میلی‌لیتر اسید نیتریک غلیظ و ۲ میلی‌لیتر اسید سولفوریک غلیظ درون لوله‌های آزمایش مخلوط گردید و پس از بستن درب لوله‌ها با فویل آلومینیومی، نمونه‌ها به مدت یک ساعت در دمای اتاق قرار داده شدند. سپس به مدت ۳ ساعت در دمای ۹۰ درجه سانتی‌گراد هضم گردیدند. بعد از سرد شدن کامل نمونه‌ها ۱ میلی‌لیتر محلول دی‌کرومات پتاسیم به آنها افزوده شد و پس از رقیق و صاف کردن در پایان میزان جیوه موجود در آنها توسط دستگاه جذب اتم بدون شعله (CVAAS) مدل UNICAM919 با روش بخار سرد اندازه‌گیری شد (۷). جیوه در دمای محیط فشار بخار مناسبی داشته و بخار آن تک‌اتمی و پایدار است. در روش بخار سرد، بخار جیوه را به درون جریان از یک گاز بی‌اثر یا در هوا وارد و توسط AAS بخار سرد توسط دستگاه جذب اتمی شعله‌ای یا بدون نیاز به شعله اندازه‌گیری می‌گردد (۷).

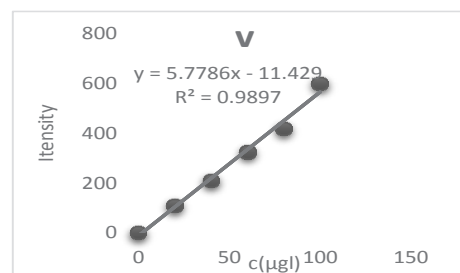
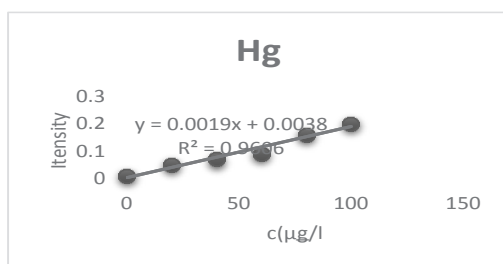
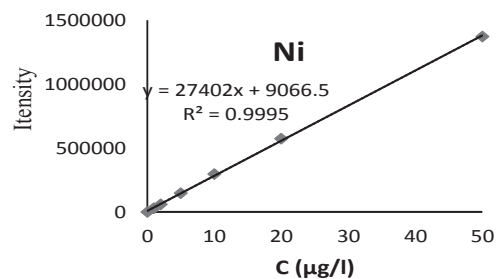
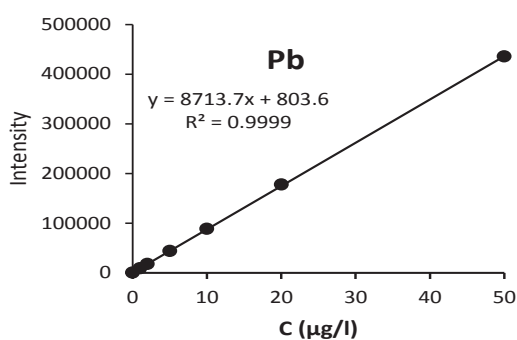
آنالیز آماری

تجزیه و تحلیل داده‌های آزمایش در این مطالعه با استفاده از نرم‌افزار Excel و SPSS انجام گرفت. برای رسم نمودار داده‌های توصیفی از نرم‌افزار Excel استفاده گردید. برای مقایسه غلظت فلزات بین ایستگاه‌های مختلف و برای مقایسه غلظت آنها در بین رسوبات با اندازه‌های مختلف از آنالیز واریانس یک طرفه (One Way ANOVA) استفاده شد. آنالیزها با دامنه اطمینان ۹۵ درصد انجام گرفت.

جدول ۳ - میزان پارامترهای محیطی در ایستگاه های مختلف.

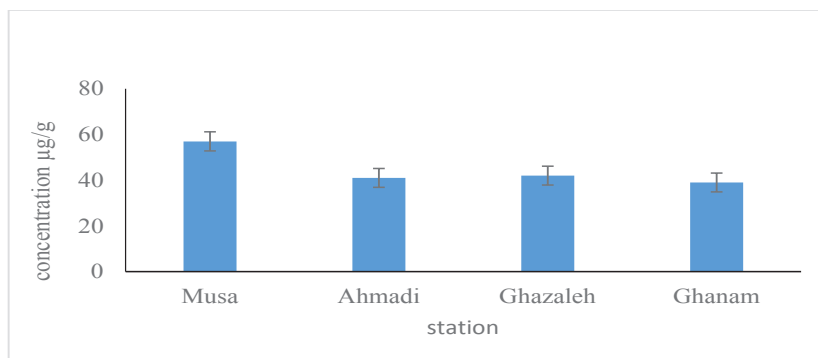
Table 3 - The amount of environmental parameters in different stations.

Creek Ghanam	Creek ghazaleh	Creek Ahmadi	Creek Musa	Parameter
4.5-16.3	5.3-17	4.4-16.1	5.8-17.4	Range
12.3	13.2	12.7	14.5	Average
6.9-8	7-8.1	6.8-8.2	7.7-8.3	Range
7.7	7.5	7.8	8	Average
34-46	29-43	30-42	31-45	Range
38.5	37	36	39	Average



شکل ۲- نمودارهای کالیبراسیون فلزات سنگین سرب ، نیکل ، وانادیوم و جیوه.

Figure 2-Heavy metals Calibration diagrams of lead, nickel, vanadium and mercury.



شکل ۳ - میانگین غلظت نیکل در رسوبات ایستگاه های مختلف.

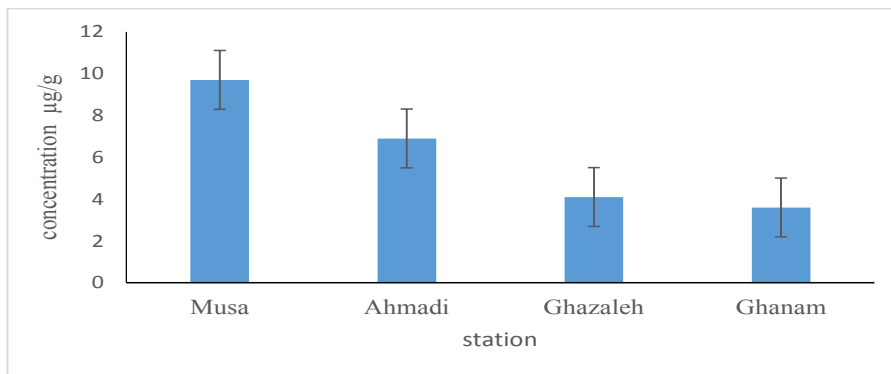
Figure 3- Average concentration of nickel in sediments of different stations.

میانگین غلظت هر فلز در چهار ایستگاه مورد مطالعه در شکل ۶ نشان داده شده است. بر اساس نتایج آزمون واریانس یکطرفه (One-Way ANOVA) غلظت فلزات اختلاف معنی داری وجود داشت ($P < 0.05$).

میانگین غلظت فلزات در اعماق مختلف

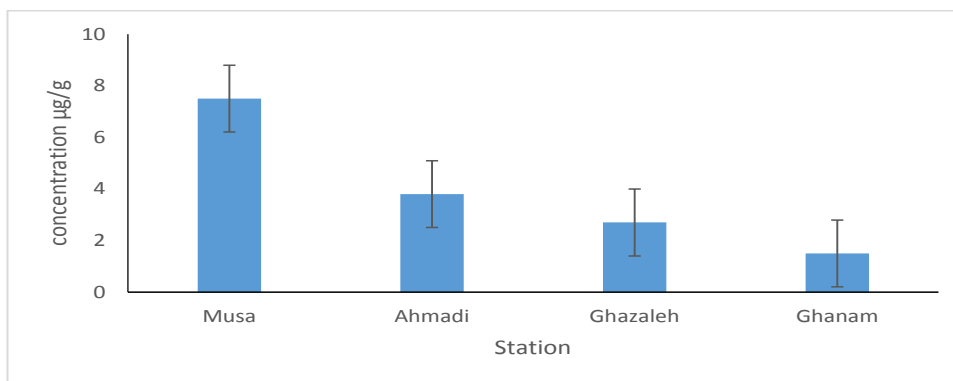
بر اساس نتایج آزمون واریانس یکطرفه غلظت فلزات در اعماق مختلف (۵، ۱۰ و ۱۵ متری) اختلاف معنی داری نداشتند ($P > 0.05$).

میانگین غلظت سرب در نمونه‌های رسوب ایستگاه‌های مختلف در شکل ۴ مقایسه شده است. بر اساس نتایج آزمون واریانس یکطرفه می‌توان گفت که غلظت سرب در ایستگاه‌های مختلف اختلاف معنی داری دارد ($P < 0.05$). میانگین غلظت جیوه در نمونه‌های رسوب ایستگاه‌های مختلف در شکل ۵ مقایسه شده است. بر اساس نتایج آزمون واریانس یکطرفه جیوه در ایستگاه‌های مختلف اختلاف معنی داری دارد ($P < 0.05$). بر اساس نتایج آزمون واریانس یکطرفه (One-Way ANOVA) غلظت وانادیوم در ایستگاه‌های مختلف اختلاف معنی داری نداشت.



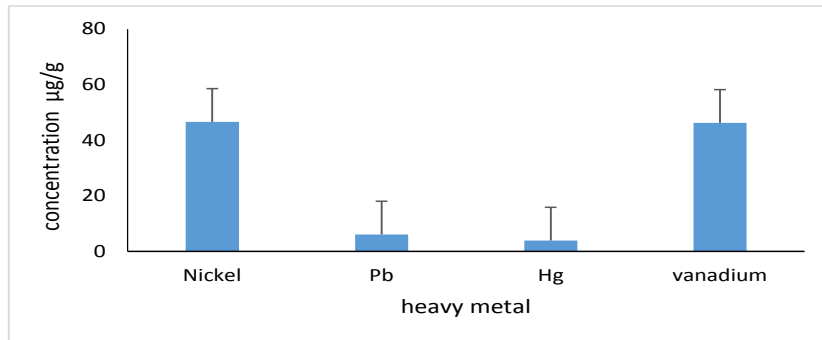
شکل ۴- میانگین غلظت سرب در رسوبات ایستگاه‌های مختلف.

Figure 4 - Average concentration of lead in sediments of different stations.



شکل ۵ - میانگین غلظت جیوه در رسوبات ایستگاه‌های مختلف.

Figure 5 - Average concentration of mercury in sediments of different stations.



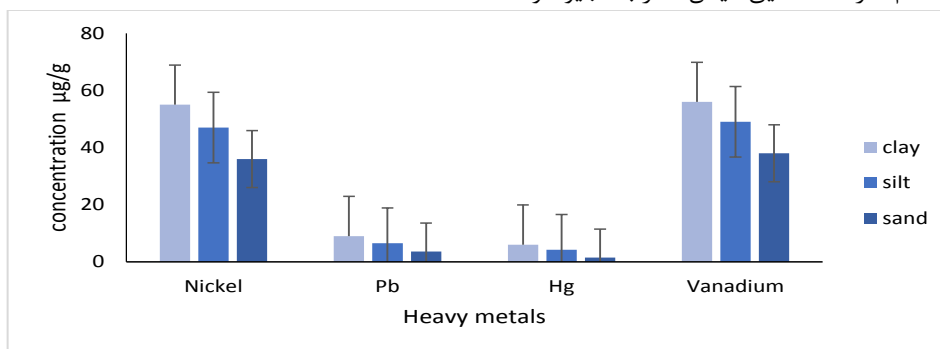
شکل ۶ - میانگین غلظت فلزات سنگین در ایستگاه‌های مختلف.

Figure 6 - The average concentration of heavy metal in different stations.

وانادیوم در رسوبات مختلف بصورت، رسوبات با ذرات رس رسوبات با ذرات سیلت رسوبات با ذرات شن مشاهده گردید. بنابراین نتایج نشان داد که غلظت فلزات در رسوبات ریزتر بطور معنی داری از رسوبات درشت‌تر بیشتر است و با افزایش اندازه در ذرات رسوبات از غلظت فلزات کاسته می شود، بطوریکه در ذرات شن درشت کمترین غلظت فلزات مشاهده گردید. نتایج شاخص آلودگی ژئوشیمیایی (Igeo) برای فلزات سنگین در خورهای مختلف مورد مطالعه در جدول ۴ نشان داده شده است.

مقایسه میانگین غلظت فلزات در ذرات رسوبی مختلف

میانگین غلظت فلزات سنگین در ذرات رس، سیلت و شن در شکل ۷ نشان داده شده است. نتایج آزمون ANOVA نشان داد که غلظت فلزات مختلف در رسوبات با ذرات مختلف دارای اختلاف معنی داری است ($P < 0.05$)، بطوریکه بیشترین غلظت فلزات در رسوباتی با ذرات رس دیده شد و بعد از آن در رسوبات با ذرات سیلت و کمترین نیز در رسوبات شنی دیده شد. الگوی تمام فلزات سنگین نیکل، سرب، جیوه و



شکل ۷ - غلظت فلزات سنگین در رسوبات با ذرات رسوبی مختلف.

Figure 7 - Concentration of heavy metals in sediments with different sediment particles.

جدول ۴ - میزان شاخص آلودگی ژئوشیمیایی در ایستگاه های مختلف.

Table 4 - The rate of geochemical pollution index in different stations.

Khor Ghanam	Khor Ghazaleh	Khor Ahmadi	Khor musa	Heavy metal
2.5	4	3.5	8.7	Hg
1.3	2.5	4.6	5.7	Nickel
0.87	2	3.1	6.8	Pb
1.2	1.5	2.7	6.3	vanadium

بحث

مقایسه میزان پارامترهای محیطی در رسوبات

Manouchehri و همکاران نشان دادند که محدوده درجه حرارت در فصل زمستان بین ۳/۳ تا ۱۸/۶ و میانگین آن ۱۲/۵ درجه بوده است (۱۱). Dehghan Mediseh در مطالعه خود نشان داد که میانگین شوری در خور موسی و خور غنام با هم اختلاف معنی داری ندارد ($P > 0.05$) و به ترتیب ۴۲ و ۳۹ ppm بوده است. همچنین این مطالعات نشان داد که میزان شوری در ایستگاه های مختلف با هم اختلاف معنی داری ندارند ($P > 0.05$) که با نتایج مطالعه حاضر مطابقت دارد (۱۲). Vaezi و همکاران در مطالعه خود نشان دادند که میانگین pH در آب های خور غزاله، خور احمدی و خور موسی با هم اختلاف معنی داری ندارد ($P > 0.05$) و به ترتیب ۷/۸، ۸ و ۸/۲ بوده است (۵). همچنین، میزان pH در خور موسی و خور غزاله به ترتیب ۸ و ۷/۷ در مطالعه Dehghan Mediseh (۱۲) بدست آمد. بنابراین، بر اساس نتایج این مطالعه و مطالعات مشابه گذشته مشخص گردید فاکتورهای محیطی دما، شوری و pH در خورهای مختلف منطقه بندر امام خمینی با همدیگر اختلاف معنی داری ندارند ($P > 0.05$) و میانگین دما حدود ۱۳، شوری حدود ۴۰ و pH نزدیک به ۸ در مجموعه خورهای بندر امام خمینی می باشد که نتایج مطالعه حاضر با نتایج مطالعات گذشته مشابه، نزدیک و مطابقت دارد.

مقایسه غلظت فلزات سنگین در اعماق مختلف

بر اساس نتایج بدست آمده از تحقیق حاضر مشخص گردید که غلظت فلزات سنگین در اعماق مختلف متفاوت است و با افزایش عمق نمونه برداری غلظت فلزات نسبت به اعماق قبلی، کمتر دچار نوسان خواهد گردید هر چند بین غلظت آنها در عمق های مختلف اختلاف معنی داری وجود ندارد ($P > 0.05$). بر اساس نتایج حاضر مشخص گردید فلزات در رسوبات عمق های بیشتر دارای غلظت بالاتری نسبت به رسوبات اعماق کمتر بودند و می توان گفت با افزایش عمق نمونه برداری از رسوبات غلظت فلزات بطور محسوسی افزایش یافته است. Vaezi و همکاران در مطالعات خود نشان دادند که غلظت فلزات جیوه، سرب، نیکل و

کادمیوم در عمق های ۱، ۵ و ۱۰ با هم متفاوت هستند ولی بین غلظت آنها اختلاف معنی داری وجود ندارد ($P > 0.05$) (۵). Saghafian Kho و همکاران در مطالعه خود که تاثیر عمق را بر روی میزان آلودگی فلزات در رسوبات بررسی کرده بودند نشان دادند که غلظت فلزات با افزایش عمق نیز افزایش می یابد و آلودگی فلزات در عمق های بالاتر بیشتر از عمق های پایین است (۶). همچنین، در مطالعه Ghazi و همکاران (۱۳) مشخص گردید که با افزایش عمق نمونه برداری غلظت فلزات سرب و جیوه افزایش پیدا می کنند.

مقایسه غلظت فلزات سنگین در رسوبات مختلف

نتایج آزمون واریانس یکطرفه مشخص کرد غلظت فلزات سنگین در ذرات مختلف رسوبی (رس، سیلت و شن) دارای اختلاف معنی داری بوده است ($P < 0.05$). بطوری که غلظت فلزات در تمام ایستگاه ها و در تمام عمق ها در ذرات رس دارای بالاترین غلظت بود. بنابراین بر اساس نتایج غلظت فلزات در ذرات ریزتر میانگین بالاتری نسبت به ذرات درشت تر دارد و با افزایش اندازه ذرات رسوبی، از غلظت فلزات کاسته می شود. مودنی و همکاران نشان دادند که میزان آلودگی فلزات در رسوبات ریز (گلی) بطور معنی داری از ذرات درشت تر (شن) بیشتر می باشد ($P < 0.05$) (۱۴). Saghafian Kho و همکاران غلظت فلزات در رسوبات سواحل بندر امام خمینی را بررسی نمودند و نشان دادند که غلظت فلزات نیکل، سرب، کروم و کادمیوم در رسوبات شنی و گلی دارای اختلاف معنی داری است ($P < 0.05$) و رسوبات گلی بطور معنی داری دارای غلظت بالایی از فلزات نسبت به رسوبات شنی هستند. بر اساس نتایج آنها مشخص گردید که ذرات ریز رس به دلیل یون ها و بار الکتریکی بالاتر که سبب جذب فلزات می شوند و از طرفی به دلیل دارا بودن غلظت بالایی از ترکیباتی مانند کربنات و مواد آلی سبب تجمع فلزات بین ذرات خود می شوند (۶). Hossieni و همکاران در مطالعه خود نشان دادند غلظت فلزات در خور موسی در ذرات ریزتر رس و سیلت به دلیل غلظت بالای کربن آلی در آنها به بطور معنی داری از ذرات شن بیشتر است (۴).

ریسک خطر فلزات سنگین در رسوبات سطحی خور موسی، مشخص نمود که میانگین سالانه غلظت سرب، نیکل و وانادیوم در رسوبات خور موسی از میانگین غلظت در رسوبات خلیج فارس کمتر است که این حاکی از این است که خور موسی به واسطه شرایط فیزیکی پویا و جریان‌های دریایی عمقی و سطحی، توانایی خود پالایی آلاینده‌های حاصل از فعالیت‌های صنایع تولید کننده نیکل و وانادیوم در این منطقه را دارا می‌باشد. در مقابل این خور به عنوان یکی از مناطق حساس اکولوژیک و زیست محیطی شناخته شده و نشانه‌هایی از روند رو به افزایش آلودگی فلزات وجود دارد که سطح نگرانی در منطقه را به لحاظ اکولوژیک و سلامت عمومی مردم بالا می‌برد که با نتایج حاصل از مطالعه حاضر مطابقت دارد (۱۶). Vaziri و همکاران در مطالعه‌ای تحت عنوان پهنه بندی و ارزیابی ریسک آلودگی فلزات سنگین در رسوبات خوریات ماهشهر از نظر شاخص آلودگی عدم آلودگی را نشان دادند یافته‌های این مطالعه و مقایسه آن با روند آلودگی در منطقه نشان دهنده گسترش بار آلودگی فلزات سنگین در خور موسی در طی سال‌های اخیر است که با نتایج حاصل از مطالعه حاضر مطابقت دارد (۱۷). Parvaneh و همکاران نیز نشان دادند که غلظت فلزات در خوریات بندر امام خمینی شامل خور موسی، خور مجیدیه و خور غنام دارای اختلاف معنی داری است ($P < 0.05$). بطوریکه بالاترین غلظت فلزات در خور موسی دیده شد که به دلیل نزدیکی آن به واحدهای مختلف پتروشیمیایی مختلف مانند واحد کلرآکالی، بالا بودن تردد کشتی‌ها و نفتکش‌ها و همچنین پهلوگیری آنها در نزدیکی این خور، شستشو، تعمیر و رنگ آمیزی کشتی‌ها سبب ورود بیش از حد پساب حاوی آلاینده‌های فلزی و تجمع آنها در رسوبات می‌گردد که با نتایج حاصل از مطالعه حاضر مطابقت دارد (۱۸). Azimi و همکاران نیز نشان دادند که بندر امام به عنوان بزرگترین بندر ایران، دارای بالاترین رکورد تخلیه و بارگیری در کشور بوده، بنابراین با تردد و ترافیک سنگین کشتی‌ها روبرو است (۱۹). Babadi و همکاران در مطالعه خود نشان دادند که در بین خوریات ماهشهر، خور موسی دارای میزان آلودگی بسیار بالایی نسبت به فلزات سنگین مانند جیوه و

El-Sayeda و همکاران نیز نشان دادند میزان آلودگی جیوه و نیکل در رسوبات با درصد بالاتری از رس و سیلت بطور معنی داری از رسوبات با درصد بالایی از شن بیشتر است، زیرا خصوصیات و ترکیبات شیمیایی رسوبات می‌تواند تاثیر زیادی بر میزان تجمع فلزات در آن و آلودگی داشته باشد. افزایش درصد مواد آلی در رسوبات از مهمترین عوامل موثر بر جذب فلزات و تجمع آنها می‌باشد که غلظت آنها در ذرات رس و سیلت به مراتب بالاتر از ذرات شن است. بر اساس نتایج این مطالعه و دیگر مطالعات مشخص گردید بین اندازه رسوبات و میزان آلودگی فلزات سنگین ارتباط منفی معنی داری وجود دارد و افزایش اندازه ذرات رسوبی سبب کاسته شدن میزان آلودگی فلزات می‌گردد. میتوان گفت که در رسوبات دانه ریز رس و سیلت به دلیل چسبندگی بیش از حد ذرات بهم، میزان پایین اکسیژن محلول، غلظت بالای کربن آلی و دیگر مواد آلی در ذرات، غلظت بالای کربنات و درصد بالای یون‌ها و بار الکتریکی آنها در این ذرات ریز سبب جذب فلزات سنگین و تجمع و انباشته شدن آنها در ذرات می‌گردد و به دلیل خصوصیات آنها آزاد شدن آلاینده‌ها از این ذرات نیز به سختی صورت می‌گیرد که همه این عوامل سبب تجمع بالای آلاینده‌های فلزی در رسوبات با درصد بالای رس و سیلت می‌گردد (۱۵).

مقایسه غلظت فلزات سنگین در ایستگاه‌های مختلف

بر اساس نتایج بدست آمده از آزمون ANOVA، مشخص گردید غلظت چهار فلز در خورهای مختلف اختلاف معنی داری دارد ($P < 0.05$). الگوی پراکنش فلزات در خورهای مختلف بصورت خور موسی < خور احمدی < خور غزاله < خور غنام بوده است. وجود این اختلافات بر اثر مجاورت با صنایع مختلف واقع در محدوده بندر به خصوص صنایع پتروشیمی، فراوانی حمل و نقل کشتی‌ها در اسکله‌های مختلف، مجاورت با محل تعمیر و نگهداری کشتی‌ها و نیز تخلیه و بارگیری انواع مواد سوختی، کالاهای نفتی، مواد معدنی، غذایی و غیره و ریزش مواد آلاینده در اسکله‌های مختلف است. قاسمی در مطالعه‌ای با عنوان ارزیابی

گردند که با نتایج مطالعه حاضر مطابقت دارد. بر اساس نتایج این مطالعه مشخص گردید که کمترین غلظت فلزات در خور غنم مشاهده گردید، زیرا خور غنم از اسکله صنایع پتروشیمی فاصله داشته و بنابراین کمتر تحت تأثیر خروجی های واحدهای تولیدی مجتمع پتروشیمی بندر امام است. از طرف دیگر با توجه به آمار تردد و پهلوگیری کشتی‌ها در اسکله های بندر امام، این خور به نسبت سایر ایستگاه‌های مطالعه شده دارای پهلوگیری کشتی های کمتری است که به دنبال آن احتراق سوخت کشتی ها، آزاد شدن فلزات از رنگ بدنه کشتی ها و وارد نمودن آلاینده ها از طریق نشت روغن و سوخت کشتی ها به درون آب کاهش می یابند. لذا به نظر می رسد مجموع عوامل مذکور موجب پاک‌تر بودن رسوبات خور غنم نسبت به دیگر خورها می‌شود (۲۳). De Mora و همکاران نیز نشان داد که خور غنم در بین خوریات منطقه ماهشهر و بندر امام دارای بار آلودگی بسیار پایینی است و غلظت فلزات در این محیط پایین است (۲۴). Abdolahpour Monikh و همکاران نیز نشان دادند که فعالیت صنایع خاصی در نزدیکی این خور وجود ندارد غلظت فلزات در رسوبات آن کمتر از دیگر ایستگاه هاست (۲۱) که با نتایج حاصل از مطالعه حاضر مطابقت دارد.

مقایسه بین غلظت فلزات در رسوبات خورها

الگوی پراکنش فلزات در ایستگاه‌های مختلف بصورت وانادیوم < نیکل < سرب < جیوه می باشد. بزرگ-ترین مصرف کننده جیوه در جهان صنایع کلرآلکالی هستند. مقادیر بالای جیوه در رسوبات خور موسی و دیگر ایستگاه ها ناشی از مجاورت آنها واحدهای پتروشیمیایی بخصوص با کارخانه کلرآلکالی است. در مطالعات صورت گرفته در منطقه خور موسی نیز مشاهده شده است که پساب واحد کلرآلکالی پتروشیمی کیمیا، واقع در منطقه ویژه اقتصادی بندر امام خمینی (ره)، حاوی مقادیر بالایی از جیوه بوده و منبع اصلی آلودگی جیوه در این خور مربوط به این کارخانه می باشد. از طرف دیگر، فعالیت صنایع پتروشیمیایی مختلف (حدوداً بیش از ۱۹ واحد پتروشیمیایی در منطقه ویژه بندر امام خمینی وجود دارد) سبب تولید فاضلاب هایی می شوند که فاضلاب

نیکل است که به دلیل مجاورت با صنایع مختلف مانند واحدهای پتروشیمیایی مختلف و ورود پساب ناشی از آنها به محیط آبی می باشد (۲۰). همچنین، Abdolahpour Monikh و همکاران (۲۱)، Hosseini و همکاران (۴) در مطالعات خود نشان دادند که رسوبات خور موسی دریافت کننده غلظت بالایی از آلاینده ها ناشی از فعالیت های واحدهای پتروشیمیایی، اسکله-های باربری، صنایع نفتی (استخراج و انتقال)، و اسکله-های صیادی و ساخت، رنگ آمیزی و تعمیر کشتی و قایق هستند که دارای بار آلودگی بالایی نسبت به دیگر خورهای منطقه می باشد. بنابراین، بر اساس نتایج این مطالعه و مطالعات صورت گرفته در بندر امام خمینی و ماهشهر مشخص گردید که فعالیت تعداد بسیار زیاد واحدهای پتروشیمیایی، فعالیت های مربوط به استخراج و انتقال نفت و فرآورده های وابسته، تردد نفتکش ها، ساخت و تعمیر کشتی سبب تولید پساب همراه با غلظت بالایی از آلاینده ها بخصوص فلزات سنگین می گردد و سبب آلوده کردن رسوبات خور موسی به آلاینده ها می شوند. همچنین، نتایج این تحقیق نشان داد که خور احمدی نیز دارای غلظت بالایی از آلاینده ها بعد از خور موسی هستند که با نتایج حاصل از مطالعه حاضر مطابقت دارد. Mooraki و همکاران در مطالعه خود نشان داد که خور احمدی دارای غلظت بالایی از فلزات جیوه، نیکل و سرب می-باشد، زیرا این خور به دلیل نزدیکی به منطقه ویژه اقتصادی بندر امام خمینی دریافت کننده غلظت بالایی از آلاینده های مختلف بخصوص فلزات سنگین می‌باشد (۲۲). Abdolahpour Monikh و همکاران (۲۱) و Hosseini و همکاران (۴) نشان دادند که خور احمدی آلوده به جیوه، سرب و نیکل می باشد، زیرا این خور به دلیل تردد کشتی ها و نفتکش ها در نزدیکی آن و از طرفی به دلیل ورود پساب های صنایع پتروشیمی به آن؛ غلظت بالایی از آلاینده های فلزی در رسوبات آن تجمع می یابد و سبب آلوده کردن این اکوسیستم می-شود. از طرفی Hosseini و همکاران نیز نشان دادند فرودگاه بندر امام یکی از بزرگترین فرودگاه های کشور است که در نزدیکی خور احمدی قرار گرفته است و آلاینده های تولید شده فرودگاه از طریق فاضلاب به این خور وارد می شوند و سبب آلودگی این خور می-

دادند که نیکل و وانادیوم نشان دهنده آلودگی نفتی در منطقه می باشد. تمامی ایستگاه های مورد مطالعه دارای فعالیت های صیادی با استفاده از شناورهای صیادی و تردد کشتی می باشند. در نتیجه تردد این شناورها باعث افزایش آلاینده ها از جمله فلزاتی مانند سرب در این مناطق می شود و غلظت این فلزات را در این ایستگاه ها بالا می برد. با توجه به اینکه بیشترین فعالیت مربوط به انتقال بنزین و گازوئیل، تعمیر قایق و کشتی و همچنین رنگرزی آنها در نزدیکی خور موسی صورت می گیرد (۱۹)، بالاترین میزان سرب در این خور مشاهده می گردد. از طرفی خور غنام به دلیل اینکه نقل و انتقال نفتکش ها در آنها صورت نمی گیرد و نسب به خور موسی دارای فعالیت خیلی کمتری است، میزان آلودگی جیوه در این خور بسیار پایین است (۱۹). Azimi و همکاران (۱۹)، Babadi و همکاران (۲۰) در مطالعات خود که میزان فلزات سنگین را در رسوبات خوریات موسی، دورق و احمدی بررسی کرده بودند میزان بالای سرب در رسوبات خور موسی نسبت به ایستگاه های دیگر را به بالاتر بودن تردد کشتی ها بخصوص کشتی های تجاری، تعمیرات قایق و کشتی ها، ورود بنزین و گازوئیل به محیط نسبت دادند. Lors و همکاران منبع اصلی فلز سرب در محیط آبی را به دو دلیل، سوخت های فسیلی و سرب موجود در جو و اتمسفر ارتباط دادند (۲۶). طی بررسی های Borma و همکاران منبع اصلی سرب را در رسوبات منطقه Muara Tebas در کشور مالزی به تردد نفتکش ها، فرسایش رنگ های کشتی ها و ریزش رنگ به آب به دلیل تعمیرات و ساخت قایق و یا کشتی نسبت دادند (۲۷).

نتیجه گیری

بر اساس نتایج این مطالعه و مطالعات مشابه در منطقه بندر امام خمینی مشخص گردید که مهمترین منابع آلوده کننده سواحل پساب های مربوط به صنایع پتروشیمی و صنایع نفتی، دفع و تخلیه فضولات کشتی ها، تخلیه آب توازن و مواد نفتی از شناورهای کوچک و بزرگ، ریزش نفت ناشی از تردد و ترافیک نفتکش ها و همچنین فاضلاب فرودگاه بندر امام و مناطق مسکونی حاشیه نشین سواحل می باشد.

های این پتروشیمی ها حاوی غلظت بالایی از فلزات سنگین بویژه جیوه هستند. همچنین، فاضلاب تولید شده از صنایع مختلف مانند کاغذ سازی، چرم سازی، کودهای شیمیایی و مواد پتروشیمی مختلف و فرآورده های آن سبب وارد شدن غلظت بالایی از جیوه به محیط رسوبی می شوند که در اطراف خور موسی و دیگر ایستگاه ها مورد مطالعه فاضلاب صنایع کود شیمیایی و فرآورده های پتروشیمیایی از جمله منابع ورود جیوه به محیط آبی می باشند. در مطالعه Vaziri و همکاران در ماهشهر بیشترین میزان فلز سنگین مربوط به جیوه که با الگوی فلزات سنگین در مطالعه حاضر مطابقت ندارد که نشان دهنده دستکاری محیط توسط انسان است و همچنین در این مطالعه غلظت فلزات سنگین در خوریات ماهشهر بر اساس آلودگی در دهانه خور موسی کمتر از سایر بخش هاست و میزان فلزات سنگین به ترتیب $Hg > V > Cd > Pb < Ni$ می باشد. یافته های این مطالعه و مقایسه آن با روند آلودگی در منطقه نشان دهنده گسترش بار آلودگی فلزات سنگین در خور موسی طی سال های اخیر است که با نتایج مطالعه حاضر مطابقت دارد (۱۷). Azimi و همکاران (۱۹) و Vaezi و همکاران (۵) نشان دادند که منشا جیوه وارد شده به محیط های آبی مانند خوریات بندر امام خمینی و ماهشهر مربوط به ورود پساب های ناشی از فعالیت صنایع پتروشیمیایی گوناگون بخصوص واحد کلرآلکالی، صنایع نفتی (استخراج، انتقال) و تردد نفتکش های چند هزار تنی به محیط های آبی مانند خور موسی، احمدی و غزاله می شود و سبب افزایش بار آلودگی فلزات در رسوبات این مناطق می شوند. De Mora و همکاران (۲۴)، Abdolahpour Monikh و همکاران (۲۱)، Hosseini و همکاران (۲۳) نشان دادند مهمترین عوامل وارد کننده جیوه به محیط و ایجاد آلودگی ناشی از جیوه مربوط به پساب های خروجی سرشار از آلاینده های مختلف واحد های صنعتی پتروشیمی و همچنین آلودگی نفتی ناشی از انتقال نفت و تردد نفتکش ها و ریزش نفت می باشد. نیکل و وانادیوم نیز دارای غلظت بالایی در رسوبات ایستگاه های مختلف می باشند. Cheraghi و همکاران (۲۵)، آلودگی فلزات سنگین را در رسوبات خور موسی، سواحل بندر امام خمینی بررسی نمودند. آنها نشان

آزبیان و زنجیره غذایی می باشد باید جهت کنترل و کاهش میزان آلودگی در منطقه مذکور، راهکارهای مدیریتی تدوین و جهت اجرا به سازمان ها و مسئولین زیربط ارائه گردد.

تقدیر و تشکر

از مسئولان محترم آزمایشگاه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال و کلیه عزیزانی که در فراهم ساختن شرایط لازم برای انجام این پروژه با ما همکاری نمودند صمیمانه قدردانی میگردد.

آلاینده‌های ورودی به محیط های آبی سبب افزایش غلظت فلزات سنگین سمی مانند جیوه، سرب، نیکل و وانادیوم در رسوبات می شود. اصولا رسوبات به عنوان بزرگ ترین انبار برای ذخیره آلاینده ها در محیط های آبی و همین طور جایگاهی خاص برای ناپاکی هایی که می توانند برای دوره های طولانی از زمان باقی بمانند، می باشد..
با توجه به اینکه غلظت فلزات سنگین سمی سرب، جیوه، نیکل و وانادیوم در رسوبات خوریات منطقه بندر امام خمینی و ماهشهر بخصوص خور موسی از استانداردهای زیست محیطی بالاتر بوده است و این میزان آلودگی دارای خطرات بسیاری برای اکوسیستم،

منابع مورد استفاده

1. Yazdan Panah, A., Javadi Nasab, A., Nazari, M., Mehrdadi, N. (۲۰۱۰). Investigation of heavy metals and petroleum hydrocarbons in coastal sediments of Assaluyeh region. Twelfth Iranian Environmental Health Conference, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Faculty of Health. Tehran.
2. Jafarabadi Ashtiani, Abolfazl. (2006). Measurement of pollution due to heavy metals nickel, lead and mercury in Persian Gulf sediments / Assaluyeh region. Master Thesis, Faculty of Science and technology, Islamic Azad University, North Tehran Branch. Pp.100.
3. Rabbani, M., Jafarabadi Ashtiani, A. and Mehrdad Sharif, A.A (2007). Measurement of heavy metals lead, nickel and mercury in water and sediment in the Persian Gulf, Assaluyeh operational area. *Environmental Science and Technology*, 9 (3), 23-31.
4. Hosseini, M., Nabavi, S. M. B., Parsa, Y., & Saadatmand, M. (2016). Mercury contamination in some marine biota species from Khuzestan shore, Persian Gulf. *Toxicology and Industrial Health*, 32(7), 1302-1309.
5. Vaezi ,A.R., Karbasi, A. R., Fakhraei ,M., vali Khani Samani ,M. and Heidari ,M. (2014). Investigation of concentration and origin of metallic contaminants in the sediments Creek of Musa, Persian Gulf. *Environmental Science*, 40(2), 345 - 360.
6. Saghafian Kho, S., Amani pour, H., \$ Darvishi Khatouni, J. (2015). Distribution and evaluation of heavy metals Zn, Pb, Ni, Cr, Cd niin northwestern Creek of Musa sediments, Imam Khomeini port. 19th Annual Conference of the Geological Society of Iran and the 9th Geological Conference of Payame Noor University of Tehran.
7. Bellucci, L. G., El Moumni, B., Collavini, F., Frignani, M., & Albertazzi, S. (2003, May). Heavy metals in Morocco Lagoon and river sediments. *Journal de Physique IV (Proceedings)* 107, 139-142). *EDP sciences*.
8. Guimarães, G. M., Figueiredo, A. M., Silva, P. S., Favaro, D. I., & Franklin, R. L. (2011). Enrichment factor and geoaccumulation index applied to sediment samples from the Guarapiranga Reservoir, Brazil, for metal and trace element assessment. International Nuclear Atlantic Conference. Belo Horizonte, MG, Brazil. ISBN: 978-85-99141-04-513.
9. Alagarsamy, R. (2006). Distribution and seasonal variation of trace metals in surface sediments of the Mandovi estuary, west coast of India. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 67(1-2), 333-339.
10. Muller, G. (1979). Schwermetalle in den sedimenten des Rheins-Veränderungen seit. *Umschau*, 79, 133-149.
11. Manouchehri, H., Nikoyan, ALR. Valinasab, T., Nejad Bahadori, F., Majidi ,SM., Changizi ,R. and Jafarian Moghadam, E.(2009). Investigation of the effects of lead and cadmium on water, sediment and macro-benthic communities of Zangi estuary (from the tributaries of Musa estuary in the Persian Gulf).
12. Dehghan Mediseh, S. (2007). Identification of sensitive areas and under the dining mahshahr using ecological and biological indicators (Doctoral dissertation, PhD thesis

- in the field of Marine Biology. Khorramshahr University of Marine Science and Technology).
13. Ghazi, E. and Kashefi al-Asl, M. 2016. Measurement and modeling of heavy metals (Ni, Pb, Cd, Co, Hg) in coastal sediments of Assaluyeh region (Nay band Bay) *Marine Science and Technology Research* 11(1),77-86.
 14. Moazani, M., Hairy pour, S., Mohammadi, M. and Fouladi, H. (2013). Investigation of concentrations of heavy metals (cadmium, copper, lead and nickel) in the surface sediments of Nay band National Marine Park, north of the Persian Gulf. *Journal of Wetland Ecobiology* 5(1), 23-32.
 15. El-Sayed, S. A., Moussa, E. M. M., & El-Sabagh, M. E. I. (2015). Evaluation of heavy metal content in Qaroun Lake, El-Fayoum, Egypt. Part I: bottom sediments. *Journal of Radiation Research and Applied Sciences*, 8(3), 276-285.
 16. Ghasemi, S. (2021). Risk assessment potential of heavy metals (copper, vanadium, lead and nickel) in muscle tissue and liver tissue of short fish (Silago sihama) and surface sediments of creek musa, Persian Gulf. *Scientific Journal of Aquatic Ecology*, 11 (1), 45-58.
 17. Vaziri, B., and Hakimi Abed, M., and Nabavi, M., and Shariati Feyzabadi, F. (2021). Zoning and risk assessment of heavy metal contamination in Khoriat sediments of Mahshahr (northwestern region of Persian Gulf). *Oceanography*, 12 (45), 115-125.
 18. Parvaneh, M., Khairour, N., Nikpour, Y. and Nabavi, SMB. (2011). Concentration of heavy metals in (*Euryglossa orientalis*) the Creek of Musa sediments in Khuzestan province. *Iranian Journal of fisheries*, 20 (2), 17-26.
 19. Azimi, A., Dadollahi Sohrab, A., Safahieh, A R., Zulqarnain, H., Savari, A. and Faqiri, I. (2012). Study of heavy metal levels of mercury, cadmium, lead and copper in sediments of the northwestern Persian Gulf - Imam Khomeini Port. *Oceanography*, 11, 45-52.
 20. Babadi, S., Safaieh, AR., Nabavi, SMB., Ghanemi, K. and Mohammad Taghi, R. (2015) Evaluation of mercury accumulation in surface sediments of Musa estuary (Khuzestan province, Persian Gulf). *Journal of Oceanography*, 6 (21), 19-26.
 21. Abdolapur Monikh, F., Safahieh, A., Savari, A., & Doraghi, A. (2013). Heavy metal concentration in sediment, benthic, benthopelagic, and pelagic fish species from Musa Estuary (Persian Gulf). *Environmental monitoring and assessment*, 185(1), 215-222.
 22. Mooraki N., Esmaeli Sari A., Soltani, M., Valinassab T., 2009 .Spatial distribution and assemblage structure of macrobenthos in a tidal creek in relation to industrial activities. *International journal of Environmental Science and Technology*, 6(4), 651–662.
 23. Hosseini, M., Nabavi, S. M. B., Nabavi, S. N., & Pour, N. A. (2015). Heavy metals (Cd, Co, Cu, Ni, Pb, Fe, and Hg) content in four fish commonly consumed in Iran: risk assessment for the consumers. *Environmental monitoring and assessment*, 187(5), 1-7.
 24. De Mora, S., Fowler, S. W., Wyse, E., & Azemard, S. (2004). Distribution of heavy metals in marine bivalves, fish and coastal sediments in the Gulf and Gulf of Oman. *Marine Pollution Bulletin*, 49(5-6), 410-424.
 25. Cheraghi, M., Safahieh, A., Dadollahi Sohrab ,A., Ghanmi, K. and Duraghi, A.(2014). Determining the concentration of heavy metals in mangrove (*Avicenna marina*) and sediments of Imam Khomeini port. *Oceanography*, 14, 54-61.
 26. Lors, C., Tiffreau, C., & Laboudigue, A. (2004). Effects of bacterial activities on the release of heavy metals from contaminated dredged sediments. *Chemosphere*, 56(6), 619-630.
 27. Borma, L. D. S., Ehrlich, M., & Barbosa, M. C. (2003). Acidification and release of heavy metals in dredged sediments. *Canadian Geotechnical Journal*, 40(6), 1154-1163.