



Select the type of your paper: ORIGINAL RESEARCH PAPER

CASE STUDY

## Evaluation of the ecological risk of heavy metals and petroleum hydrocarbons in the basin sediments and the marine area of Bandar Abbas Shahid Bahonar port

Ghasem Askari Nesab<sup>1</sup>, Mohsen Dehghani Ghanatghehstani<sup>2\*</sup>, Abdareza Karbasi<sup>3</sup>, Hosein Parvesh<sup>4</sup>

1. PhD student in environmental management, Bandar Abbas Branch, Islamic Azad University, Bandar Abbas, Iran.
2. Associate Professor Department of Environmental Sciences and Engineering, Bandar Abbas Branch, Islamic Azad University, Bandar Abbas, Iran.
3. Associate Professor, Department of Environment, Faculty of Environment, University of Tehran.Tehran, Iran.
4. Assistant Professor, Department of Environmental Management, Faculty of Natural Resources, Bandar Abbas Branch, Islamic Azad University, Bandar Abbas.Iran

### ARTICLE INFO

#### Article History:

Received: 2023/07/13

Revised: 2023/11/10

Accepted: 2023/09/6

#### Keywords:

Shahid Bahonar port  
heavy metals  
petroleum hydrocarbons  
marine pollution  
ecological risk assessment

\*Corresponding author:

✉ [m.dehghani@iauba.ac.ir](mailto:m.dehghani@iauba.ac.ir)

orcid: 0009-0009-0519-6579

doi: [10.52547/joc.14.54.8](https://doi.org/10.52547/joc.14.54.8)

doi:20,1001,1,15621057.1402,14,54,8,4

### ABSTRACT

**Background and Theoretical Foundations:** The environmental issues resulting from the commercial activities of the ports and their support in backshore are often reflected in the coastal-marine environment area due to the fact that any type of pollution with a known or unknown origin can eventually affect the marine environment as well

**Methodology:** Having in mind the significance of Shahid Bahonar port and the extent of cargo handling and shipping activities of the port, sampling of sediments in this study was done in 11 different stations in the basin and sea area of the port in 1400 and 1401 and the density of heavy metals and aromatic petroleum hydrocarbon was measured..

**Findings:** Average density of heavy metals in sediments for arsenic (3.40), cadmium (1.20), chromium (177.29), iron (22261.40), copper (61.64), zinc (116.35), manganese (333/79), mercury (0.23), cobalt (26.29) and nickel (90.96) mg/kg were measured. Also, regarding petroleum hydrocarbons, the results showed that among the 16 aromatic compounds studied, the highest concentration of Fluoranthene with 507.6 ng/g was measured at station 2 and the lowest density of Naphthalene was measured with 1.4 ng/g. According to the ecological risk assessment, the highest level of pollution is in the stations within the basin of the port and oil terminal with a medium degree of pollution, and the stations inside basin have a higher cumulative risk than outside the port.

**Conclusion:** The results of the research revealed that port activities, marine repair activities of neighboring industries, the closure of the port basin and the low ratio of water exchange in the basin are factors that cause the accumulation of heavy metals and petroleum hydrocarbons in the sediments.



NUMBER OF TABLES

9



NUMBER OF FIGURES

3



NUMBER OF REFERENCES

31

# ارزیابی ریسک بوم‌شناختی فلزات سنگین و هیدروکربن‌های نفتی در رسوبات حوضچه و محدوده دریایی بندر شهید باهنر بندرعباس

قاسم عسکری نسب<sup>۱</sup>، محسن دهقانی قناتغستانی\*<sup>۲</sup>، عبدالرضا کرباسی<sup>۳</sup>، حسین پرورش<sup>۴</sup>

۱. دانشجوی دکتری مدیریت محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی واحد بندرعباس، بندرعباس، ایران

۲. دانشیار گروه علوم و مهندسی محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی واحد بندرعباس، بندرعباس، ایران

۳. دانشیار گروه محیط زیست، دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران، تهران، ایران

۴. استادیار گروه مدیریت محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد بندرعباس، بندرعباس، ایران

چکیده	اطلاعات مقاله
<p><b>پیشینه و مبانی نظری پژوهش:</b> مسائل زیست‌محیطی حاصل از فعالیت‌های تجاری بنادر و پشتیبانی آنها در پسرانه اغلب در محیط ساحلی‌دریایی بازتاب پیدا می‌کند زیرا هر نوع آلودگی با منشأ شناخته‌شده یا بی‌کانون نهایتاً بر محیط‌زیست دریایی نیز تأثیر می‌گذارد.</p> <p><b>روش‌شناسی:</b> در مطالعه حاضر، با توجه به اهمیت و طیف وسیعی از فعالیت‌های تخلیه و بارگیری و کشتیرانی در بندر شهید باهنر، در ۱۱ ایستگاه در حوضچه و محدوده دریایی این بندرگاه، در سال‌های ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱، از رسوبات نمونه‌برداری و میزان غلظت فلزات سنگین و هیدروکربن‌های نفتی آروماتیک اندازه‌گیری شد.</p> <p><b>یافته‌ها:</b> در این تحقیق، میانگین غلظت فلزات سنگین در رسوبات مطالعه‌شده برای آرسنیک ۳/۴۰، کادمیوم ۱/۲۰، کروم ۱۷۷/۲۹، آهن ۲۲۲۶۱/۴۰، مس ۶۱/۶۴، روی ۱۱۶/۳۵، منگنز ۳۳۳/۷۹، جیوه ۰/۲۳، کبالت ۲۶/۲۹ و نیکل ۹۰/۹۶ میلی‌گرم در کیلوگرم اندازه‌گیری شد. همچنین، درخصوص هیدروکربن‌های نفتی، نتایج نشان داد در بین ۱۶ ترکیب آروماتیک مورد مطالعه، بیشترین غلظت مربوط به Fluoranthene با ۵۰۷/۶ نانوگرم در گرم و کمترین غلظت مربوط به Naphthalene با ۱/۴ نانوگرم در گرم است. با توجه به ارزیابی ریسک بوم‌شناختی، بیشترین میزان آلودگی در ایستگاه‌های محدوده بندرگاه و اسکله نفتی با درجه آلودگی متوسط است. همچنین ایستگاه‌های داخل حوضچه بندرگاه دارای ریسک تجمعی بیشتری، در مقایسه با خارج از بندرگاه، هستند.</p> <p><b>نتیجه‌گیری:</b> با توجه به نتایج، می‌توان گفت فعالیت‌های بندری، فعالیت تعمیرات دریایی صنایع هم‌جوار، بسته بودن حوضچه بندرگاه و نسبت پایین تعویض آب به خارج از حوضچه از عوامل تهنشینی و انباشته شدن فلزات سنگین و تجمع هیدروکربن‌های نفتی در رسوبات هستند.</p>	<p>تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۴/۲۲ تاریخ بازبینی: ۱۴۰۲/۸/۱۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۶/۱۵</p> <p><b>واژگان کلیدی:</b> بندر شهید باهنر، فلزات سنگین، هیدروکربن‌های نفتی، آلودگی دریا، ارزیابی ریسک</p> <p>*نویسنده مسئول ✉ <a href="mailto:m.dehghani@iauba.ac.ir">m.dehghani@iauba.ac.ir</a> orcid: 0009-0009-0519-6579 doi: 10.52547/joc.14.54.8 dor:20,1001,1,15621057.1402,14,54,8,4</p>

## مقدمه

امروزه، آلودگی‌های زیست‌محیطی از تهدیدهای ناشی از فعالیت‌های انسانی مطرح به‌شمار می‌آید. در دو دهه گذشته، این بحران‌ها بیشتر شامل آلودگی محیط‌زیست دریایی بوده است [۱، ۲، ۳، ۴]. در این میان، بنادر از منابع مهم آلودگی محسوب می‌شوند زیرا از مراکز بزرگ فعالیت‌های تجاری هستند که به‌طور مداوم در طول سال فعال‌اند. حدود ۲۰۰۰ بندر در سراسر جهان وجود دارد که بیش از ۸۰ درصد تجارت در کشورهای در حال توسعه از طریق آنها صورت می‌گیرد [۵]. در خلال دو دهه گذشته، رشد ترافیک کشتی‌ها از مهم‌ترین عوامل آلودگی آب دریا بوده است. در گذشته، ریسک زیست‌محیطی مرتبط با فعالیت‌های کشتیرانی دست‌کم گرفته می‌شد اما، امروزه، این مناطق مورد توجه جوامع علمی قرار گرفته است [۶].

انواع آلاینده‌ها در حوزه دریایی، از جمله فلزات سنگین (Heavy Metals)، حتی در غلظت‌های کم، باعث افزایش مواد مضر در زنجیره غذایی می‌شوند که ارتباطی مستقیم با سلامتی دارد [۷]. فلزات سنگین از راه تخلیه مستقیم، از جمله پساب‌ها و فاضلاب‌های صنعتی، کشاورزی و شهری، یا به‌صورت غیرمستقیم، از طریق اتمسفرها یا رواناب، وارد اکوسیستم‌های دریایی و ساحلی می‌شوند [۸]. بیشتر عناصر فلزی پایدار با سمیت زیاد و قابلیت تجمع زیستی تجزیه‌ناپذیر، مانند آرسنیک، کادمیوم، کروم، مس، جیوه، نیکل، سرب و روی، به‌مثابه آلاینده در اولویت بررسی ریسک بوم‌شناختی برای کنترل قرار دارند [۹]. این فلزات سنگین در رسوبات بنادر ته‌نشین می‌شوند. لذا، رسوبات نقشی مهم در محیط آبی ایفا می‌کنند. بنابراین، با توجه به اهمیت زیست‌محیطی فلزات سنگین و نقش مخرب آنها در مقادیر غیرمجاز و تأثیرشان بر اکوسیستم‌های آبی، سنجش و بررسی آنها بسیار ضروری است [۱۰]. در دو دهه اخیر، محققانی به بررسی ریسک اکولوژیکی (بوم‌شناختی) فلزات سنگین در محیط‌های آبی پرداخته‌اند که از جمله آنهاست: پژوهش Liangliang و همکاران (۲۰۲۰) در بررسی ریسک اکولوژیکی فلزات سنگین در تالاب Huixian در جنوب کشور چین؛ پژوهش Majed و همکاران (۲۰۱۹) در بررسی ریسک اکولوژیکی فلزات سنگین در رسوبات ساحل بین‌الحیمه و المخاح کشور یمن در دریای سرخ؛ تحقیق حق‌شناس و همکاران (۱۳۹۶) در سنجش و ارزیابی خطر اکولوژیکی فلزات سنگین در رسوبات سطحی در منطقه ویژه انرژی پارس، و پژوهش غلام دخت بندری و همکاران (۱۳۹۴) درباره رسوبات ساحلی جزیره هرمز.

ترکیبات نفتی نیز، به‌مثابه یکی دیگر از آلاینده‌های محیط‌زیست دریایی، از طریق فرایندهایی، از جمله پساب‌های صنعتی، پساب

حاصل از تعمیر کشتی‌ها، تصادفات کشتی‌ها و تانکرها، آلودگی‌های ورودی به دریا از طریق اتمسفر، فاضلاب‌های شهری، عملیات حاصل از لای‌روبی و نشست منابع طبیعی نفت، وارد سواحل و دریا می‌شوند [۱۱]. هیدروکربن‌های نفتی، چه از منشأ فعالیت‌های بیولوژیکی و چه با منشأ فسیلی، به‌محض ورود به دریا تحت تأثیر تغییرات گسترده فیزیکی (انحلال، انتقال، پخش، تبخیر و هوازدگی)، شیمیایی (اکسیداسیون و فتواکسیداسیون) و فعالیت‌های میکروبی سرنوشت متفاوتی در محیط دریا پیدا می‌کنند. این ترکیبات با ورود به محیط دریا، به‌دلیل حلالیت پایین و خاصیت آب‌گریزی خود، جذب رسوبات می‌شوند و تجمع می‌یابند [۱۲، ۱۳]. برآورد شده است که سالانه حدود ۴/۶۳ میلیون تن نفت، به‌صورت ناخواسته، از طریق حمل‌ونقل به دریاها تخلیه می‌شود که این هیدروکربن‌ها، به‌دلیل خاصیت آب‌گریزی، انحلال‌پذیری و سمیت، در رسوبات تجمع پیدا می‌کنند و در زنجیره غذایی موجودات دریایی سلامت آنها را به‌مخاطره می‌اندازد [۱۳]. رسوبات، به‌دلیل نوع ساختارشان، مکانی مناسب برای تجمع آلاینده‌ها، از جمله آلاینده‌های هیدروکربنی، به‌حساب می‌آیند [۱۴].

رسوب‌گذاری مواد نفتی و فلزات سنگین معمولاً از طریق چسبیدن به ذرات رسوب معلق در آب پدید می‌آید. آب‌های کم‌عمق ساحلی اغلب پر از مواد معلق جامد هستند و برای رسوب‌گذاری این آلاینده‌ها شرایطی مطلوب دارند [۱۵]. بنابراین، اندازه‌گیری هر کدام از این آلاینده‌ها در رسوبات ساحلی و بررسی منابع آنها، علاوه بر امکان کنترل وضعیت این آلاینده‌ها، در شناسایی راهکارهای کاهش آلودگی نیز استفاده می‌شود [۱۶، ۱۴].

مطالعات جامع اندازه‌گیری غلظت هیدروکربن‌های نفتی در منطقه خلیج فارس در سواحل عمان (در محدوده ۰/۱ تا ۷/۶ میکروگرم بر گرم)، سواحل بحرین (۱۶ تا ۷۷۹ میکروگرم بر گرم)، سواحل قطر (۲/۲ تا ۸۴ میکروگرم بر گرم) و سواحل امارات متحده عربی (۰/۱ تا ۱۶/۴ میکروگرم بر گرم) به ثبت رسیده است. باطنی و همکاران (۱۳۹۶) غلظت هیدروکربن‌های آروماتیک حلقوی را در رسوبات منطقه مورد مطالعه (بوشهر) ۰/۱۸ تا ۰/۱۴۷ میکروگرم در گرم گزارش کردند. در پژوهشی دیگر، میروکیلی و حاجی‌زاده ذاکر (۱۳۹۲) نشان دادند که غلظت TPHs در رسوبات ساحلی جزیره خارک از مقادیر بسیار زیاد ۵۶۲۴ میکروگرم بر گرم در مناطق مجاور پایانه‌های نفتی تا مقادیر بسیار کم، در حد چند میکروگرم بر گرم، در مناطق دورتر از فعالیت‌های نفتی متغیر است که عمدتاً دارای منشأ نفت‌های فسیلی‌اند.

## پیشینه و مبانی نظری پژوهش

## روش شناسی

## ۱. منطقه مورد مطالعه

این مطالعه در حوضچه و محدوده ساحلی دریایی بندر شهید باهنر، واقع در غرب شهر بندرعباس، در حاشیه خلیج فارس و در شمال جزیره قشم انجام شده است. در این مطالعه، ۱۱ ایستگاه در محدوده اسکله‌های تخلیه و بارگیری کالای عمومی، اسکله نفتی، حوضچه چرخش، کانال داخلی و محدوده خارج از حوضچه در حریم موج شکن‌ها و لنگرگاه و منطقه ساحلی دریایی بندر شهید باهنر انتخاب شده است (شکل ۱).



شکل ۱ موقعیت جغرافیایی بندر شهید باهنر و ایستگاه‌های نمونه‌برداری.

جدول ۱ مشخصات ایستگاه‌های نمونه‌برداری منطقه مطالعه شده

ماره ایستگاه	موقعیت	نام ایستگاه	عمق (متر)	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی
S1	داخل حوضچه	اسکله شماره ۶	۹	421163.0	3003530.0
S2	داخل حوضچه	اسکله نفتی	۸	421195.0	3002635.0
S3	کانال ورودی	ابتدای حوضچه	۷	420439.0	3002247.0
S4	خارج حوضچه	شرق بندرگاه	۵	422179.0	3002755.0
S5	خارج حوضچه	شرق بندرگاه	۴	421252.0	3001104.0
S6	خارج حوضچه	شرق بندرگاه	۱۲	417200.0	3002039.0
S7	خارج حوضچه	شرق بندرگاه	۱۵	411022.0	3000447.0
S8	خارج حوضچه	مقابل بندرگاه	۲۱	425770.0	3002722.0
S9	خارج حوضچه	غرب بندرگاه	۱۰	430135.0	3005996.0
S10	خارج حوضچه	غرب بندرگاه	۴	412292.0	2995946.0
S11	خارج حوضچه	غرب بندرگاه	۲۰	430764.0	3001449.0

## ۲. نمونه‌برداری

نمونه‌برداری از رسوبات، آماده‌سازی نمونه‌ها و سنجش غلظت فلزات سنگین و هیدروکربن‌های نفتی

از ۱۱ ایستگاه ساحلی دریایی در ۳ فصل (پاییز، زمستان و بهار)، در سال‌های ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱، با استفاده از تیم مجرب و با اعزام یک فروند شناور به همراه تجهیزات نمونه‌گیری، نمونه‌برداری شد. از ۱۱ ایستگاه مطالعه‌شده، ۳ ایستگاه در محدوده بندرگاه (ایستگاه‌های ۱، ۲ و ۳) قرار گرفته‌اند که، در بین آنها، ایستگاه شماره ۲ در مجاورت اسکله نفتی بندر شهید باهنر واقع است. سایر ایستگاه‌ها (۴، ۵، ۶، ۷، ۸، ۹، ۱۰ و ۱۱) در کانال ورودی و در محدوده ساحلی دریایی بندرگاه قرار گرفته‌اند (جدول ۱). حدود ۲۰۰ تا ۳۰۰ گرم نمونه رسوب از رسوبات سطحی به وسیله نمونه‌بردار استاندارد Veen Grab با سطح مقطع ۲۵×۲۵ cm با ۳ تکرار از عمق ۵ تا ۲۰ متری برداشته و در ظروف نمونه‌برداری ریخته شد (استاندارد USEPA-SW-84).

ابتدا، نمونه‌های رسوب به ظروف پلی‌اتیلنی تمیز و آماده‌شده انتقال داده شدند و تا زمان انتقال به آزمایشگاه در مجاورت یخ قرار گرفتند و همچنین تا زمان شروع آزمایش در آزمایشگاه در دمای ۲۰- درجه نگهداری شدند. برای استخراج فلزات سنگین از نمونه‌های رسوب، از پروتکل‌های مرجع معتبر Moopam استفاده شد [۱۷]. در آزمایشگاه، ابتدا نمونه‌های رسوب دانه‌بندی و رسوبات با اندازه کوچک‌تر از ۶۳ میکرون، به روش استاندارد و با استفاده از هیتر و اسید، هضم شدند. پس از آماده‌سازی نمونه‌ها، غلظت فلزات توسط دستگاه جذب اتمی مدل Varian sf 240 اندازه‌گیری شد. پس از سنجش غلظت، نمودار کالیبراسیون ترسیم و ضریب R2 محاسبه شد.

برای آنالیز غلظت ۱۶ ترکیب از هیدروکربن‌های آروماتیک چندحلقه‌ای، از جمله نفتان (Nap)، آسنفتیلن (Acy)، آسنتن (Ace)، فلورن (آنفولانزا)، آنتراسن (Ant)، فنانترن (Phe)، بنزو [a] آنتراسن (BaA)، کریسن (Chr)، فلورانتین (Flo)، پیرن (Pyr)، بنزو [a] پیرن (BaP)، دی بنزو [a,h] آنتراسن (DahA)، بنزو [b] فلوراسن (BbF)، بنزو [k] فلوراسن (BkF)، بنزو [i,h,g] پرین (BghiP) و ایندنو [۱,۲,۳-cd] پیرن (IcdP)، در نمونه‌های رسوب از دستگاه HPLC مدل Hewlett-Packard 1100 استفاده شد. برای تنظیم دستگاه و تعیین غلظت ترکیبات مورد نظر، از محلول استاندارد kit 610-N-Supelco 4-7351 محصول شرکت SUPLCO، استفاده شد. کالیبراسیون دستگاه توسط محلول استاندارد در ۶ غلظت متفاوت، به همراه محلول استاندارد درونی، در غلظت ثابت انجام شد [۱۸]. همچنین، قبل از عمل هضم یا استخراج نمونه‌های واقعی، استاندارد درونی در غلظت ثابت به تمامی نمونه‌ها اضافه شد. برای آزمون کنترل کیفی در بین هر ۱۰ نمونه آزمایشی، یک نمونه محلول استاندارد توسط دستگاه آنالیز شد. تکرار آنالیز محلول نشان داد که RSD در تمام موارد کمتر از ۷ درصد است. به

## جدول ۵ رده‌بندی شاخص پتانسیل ریسک اکولوژیک [۲۱]

مقدار RI	$RI \leq 150$	$150 \leq RI \leq 300$	$300 \leq RI \leq 600$	$600 \leq RI$
درجه پتانسیل ریسک اکولوژیک	کم	متوسط	قابل قبول	بسیار بالا

## ۴. تعیین منشأ ترکیبات PAHs به روش نسبت‌های تشخیصی ایزومری

نسبت‌های همبستگی بین مقادیر PAHهای منفرد نشان می‌دهد که همه آنها از یک مبدأ مشابه منشأ گرفته‌اند یا نه. علاوه بر این، منابع PAHs در رسوبات نشان می‌دهند PAH با وزن مولکولی کم (LMW، ۲ و ۳ حلقه) توسط یک منبع پتروژنیک تولید می‌شود در حالی که PAH وزن مولکولی بالا (HMW، 4-6 ring) دارای منبع پیرولیتیک است. از این رو،  $\Sigma\text{LPAHs}/\Sigma\text{HPAHs} < 1$  منابع پیرولیتیک را نشان می‌دهد و  $\Sigma\text{LPAHs}/\Sigma\text{HPAHs} > 1$  به منابع پتروژنیک اشاره دارد [۱۷]. در این مطالعه تشخیصی، ایزومرهای ترکیبات PAH، شامل Phe /Ant، Flu/Py، BaA/Chr، بررسی شد [۱۹، ۲۲].

## یافته‌ها و نتایج

## ۱. نتایج غلظت فلزات سنگین در رسوبات ایستگاه‌های مورد مطالعه

نتایج نشان می‌دهد میانگین غلظت فلزات سنگین اندازه‌گیری شده در رسوبات منطقه مورد مطالعه برای آرسنیک ۳/۴۰، مس ۱/۶۴، روی ۱۱۶/۳۰، کادمیوم ۱/۲۰، منگنز ۳۳۳/۷۹، جیوه ۰/۲۳، کبالت ۲۶/۲۹، کروم ۱۷۷/۹۲، آهن ۲۲۲۶۱/۴۰ و نیکل ۹۰/۹۶ میلی‌گرم در کیلوگرم است (جدول ۶). بر اساس یافته‌ها، بیشترین و کمترین غلظت فلزات مورد بررسی مربوط به فلز آهن و جیوه، به ترتیب، به میزان (۲۳۹۰/۱/۱۷) و (۰/۰۵) میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک رسوب مشاهده شد.

## ۲. نتایج شاخص‌های ریسک بوم‌شناختی فلزات سنگین

در جدول شماره ۷، نتایج ضریب آلودگی (Cf) در رسوبات بندر شهید باهنر نشان داده شده است. جیوه، آرسنیک و منگنز در رسوبات تمام ایستگاه‌ها ضریب آلودگی پایین دارند. روی در ایستگاه ۱ و ۲ آلودگی بسیار بالا را نشان می‌دهد. کادمیوم از ایستگاه ۱ تا ۵ آلودگی بسیار بالا و در سایر ایستگاه‌ها آلودگی متوسط و مقدار شاخص آهن در تمام ایستگاه‌ها بار آلودگی درخور توجهی را نشان می‌دهد.

منظور ارزیابی هیدروکربن‌های نفتی در رسوبات منطقه مورد مطالعه، از استاندارد شماره ۲۰ UNEP/IOC/IAEA استفاده شد. برای استخراج هیدروکربن‌های آروماتیک چندحلقه‌ای، از پروتکل‌های مرجع معتبر Moopam استفاده شد [۱۹].

## ۳. تعیین ریسک بوم‌شناختی فلزات سنگین

در پژوهش حاضر، از شاخص‌های فاکتور آلودگی (Cf)، درجه آلودگی (Cd)، درجه آلودگی اصلاح‌شده (mCd) و شاخص ارزیابی ریسک اکولوژیک RI برای تعیین ریسک بوم‌شناختی فلزات سنگین استفاده شده است (جدول‌های ۲ تا ۵).

## جدول ۲ طبقه‌بندی فاکتور آلودگی (Cf) رسوبات [۲۰]

محدوده Cf	فاکتور آلودگی رسوبات
$Cf \leq 1$	فاکتور آلودگی کم
$1 \leq Cf \leq 3$	فاکتور آلودگی متوسط
$3 \leq Cf \leq 6$	فاکتور آلودگی زیاد
$Cf \geq 6$	فاکتور آلودگی خیلی زیاد

## جدول ۳ طبقه‌بندی ریسک بوم‌شناختی رسوبات بر اساس درجه آلودگی (Cd)

محدوده Cd	کیفیت رسوب
$Cd \leq 7$	درجه آلودگی پایین
$7 \leq Cd \leq 14$	درجه آلودگی متوسط
$14 \leq Cd \leq 28$	درجه آلودگی فراوان
$Cd \geq 28$	درجه آلودگی بسیار بالا

## جدول ۴ طبقه‌بندی ریسک بوم‌شناختی رسوبات بر اساس درجه آلودگی اصلاح‌شده رسوبات (mCd)

میزان mCd	وضعیت آلودگی رسوب
$mCd \leq 1.5$	آلودگی بسیار کم
$1.5 \leq mCd \leq 2$	آلودگی کم
$2 \leq mCd \leq 4$	آلودگی متوسط
$4 \leq mCd \leq 8$	آلودگی بالا
$8 \leq mCd \leq 16$	آلودگی بسیار بالا
$16 \leq mCd \leq 32$	آلودگی شدید
$Cd \geq 32$	آلودگی به شدت زیاد

جدول ۷ نتایج شاخص درجه آلودگی در رسوبات منطقه مطالعه شده

شاخص بوم‌شناختی	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11
ضریب آلودگی (Cf)	0.69	0.69	0.66	1.94	0.66	0.60	0.50	0.61	0.62	0.57	0.76
درجه آلودگی (Cd)	۲۵.۹۰	27.50	18.37	17.47	16.97	12.75	12.97	12.66	21.18	۱۱.۰۱	12.19
درجه آلودگی اصلاح شده (mCd)	3.24	3.43	2.29	2.20	2.13	1.59	1.62	1.58	1.64	1.62	1.49
ریسک اکولوژیکی پالقوه (RI)	228.65	۳۰۸.۲۶	165.96	166.43	۹۲.۹۸	72.12	76.85	67.73	80.3	50.32	65.72

### ۳. بررسی میزان آلودگی رسوب به هیدروکربن‌های آروماتیک نفتی بر اساس شاخص جونز

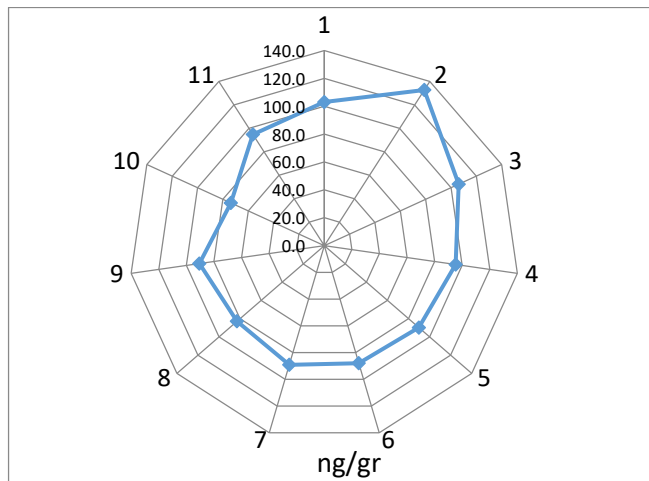
جدول شماره ۸ سطوح ناشی از آلودگی ۱۰ فلز سنگین در رسوبات ۱۱ ایستگاه محدوده ساحلی بندر شهید باهنر را با توجه به استانداردهای NOAA آمریکا و ISQGs کانادا نشان می‌دهد. دو سطح LEL مشخص‌کننده سطحی از آلودگی است که برای عمده جانوران کفزی قابل تحمل است و اثر خاصی در جوامع بیولوژیک مشاهده نمی‌شود. SEL نشان‌دهنده آلودگی شدید است که سلامت موجودات بنتیک را به خطر می‌اندازد. مقادیر روی در ایستگاه‌های ۱ و ۲ بیشتر از PEL است. بنابراین، غالباً با تأثیرات نامطلوب زیست‌شناختی همراه است. مقادیر کادمیوم از ایستگاه ۱ تا ۵ بین مقادیر PEL و TEL است. بنابراین، گاهی اوقات ممکن است با تأثیرات نامطلوب زیست‌شناختی همراه باشد. مقادیر منگنز و کبالت در تمام ایستگاه‌ها بیشتر از سطح TEL است. بنابراین، عوارض جانبی بیولوژیکی احتمالی، به علت غلظت بالای این فلزات چندان دور از انتظار نیست. مقدار کروم در تمام ایستگاه‌ها بیشتر از PEL است. بنابراین، غالباً با تأثیرات نامطلوب زیست‌شناختی در منطقه مورد مطالعه همراه است. در تمام ایستگاه‌ها، مقادیر ERL نیکل نشان‌دهنده آلودگی شدید است و احتمال خطر برای موجودات بنتیک وجود دارد.

نتایج شاخص درجه آلودگی (Cd) نشان می‌دهد ایستگاه‌های ۱، ۲، ۳، ۴، ۵ و ۹ درجه آلودگی درخور توجهی دارند و سایر ایستگاه‌ها درجه آلودگی متوسط دارند. با توجه به درجه آلودگی اصلاح شده (mCd)، همه ایستگاه‌ها از درجه آلودگی متوسط یا پایین برخوردارند. فاکتور ریسک اکولوژیکی پالقوه (RI) برای عناصر و شاخص پتانسیل ریسک اکولوژیک جمعی ایستگاه‌ها برای عناصر جیوه، روی، کروم، مس و نیکل در تمام ایستگاه‌ها پایین محاسبه شده است اما فاکتور ریسک کادمیوم در ایستگاه‌های ۱ و ۲ زیاد، در ایستگاه‌های ۳، ۴ و ۵ قابل قبول و در سایر ایستگاه‌ها متوسط یا پایین است. با توجه به مقادیر پتانسیل ریسک جمعی، می‌توان گفت ایستگاه‌های داخل حوضچه (۱ تا ۳) دارای ریسک جمعی متوسط و ایستگاه‌های خارج از حوضچه دارای ریسک جمعی پایین هستند.

جدول ۶ نتایج مقدار فلزات سنگین در ایستگاه‌های مطالعه شده

ایستگاه	جیوه	روی	آرسنیک	منگنز	کروم	کبالت	کادمیوم	مس	نیکل	آهن
(میلی‌گرم بر گیلوگرم)										
S1	0.20	145.70	4.88	471.60	209.00	22.30	2.24	134.90	49.70	21388.13
S2	0.16	287.50	5.42	298.90	179.90	13.93	3.16	131.20	97.23	20492.70
S3	0.32	164.10	5.26	652.96	228.30	25.86	1.44	66.76	114.83	22057.23
S4	0.31	148.40	4.90	167.90	181.23	16.07	1.50	57.70	98.17	23830.77
S5	0.16	147.80	4.75	563.43	169.03	12.00	1.51	58.03	95.20	23901.17
S6	0.59	74.76	2.61	265.50	162.50	18.90	0.63	36.43	84.97	22747.50
S7	0.18	74.90	2.37	128.90	161.76	22.13	0.55	30.40	100.70	22427.53
S8	0.09	64.96	2.03	401.25	164.73	71.50	0.45	28.70	128.60	22174.70
S9	0.30	62.03	1.86	345.80	198.66	29.34	0.50	59.25	99.40	22152.37
S10	0.05	54.83	1.71	247.10	173.06	42.40	0.84	25.06	56.42	21971.13
S11	0.20	54.33	1.60	128.40	128.91	14.80	0.43	49.62	75.30	21898.33
میانگین	0.23	116.30	3.40	333.79	177.92	26.29	1.20	61.64	90.96	22261.40

(ایستگاه‌های ۲، ۳ و ۱)، به ترتیب، با ۱۳۲۸/۱، ۱۰۶۰/۸ و ۱۰۳۰/۲ نانوگرم بر گرم وزن خشک آست.



شکل ۳ نمودار میانگین غلظت ۱۶ ترکیب PAHs در رسوبات ۱۱ ایستگاه مطالعه شده

۵. تعیین منشأ آلودگی از طریق محاسبه نسبت‌های مولکولی و نسبت‌های تشخیصی ایزومری

الگوی ترکیبات PAHs، با توجه به تعداد حلقه‌های آروماتیک در رسوبات منطقه ساحلی-دریایی بندر شهید باهنر، در شکل ۴ نشان داده شده است. با نگاهی کلی به شکل، مشخص می‌شود که بخش اعظم ترکیبات PAH در ایستگاه‌های مورد مطالعه را ترکیبات دو، سه و چهار حلقه‌ای تشکیل داده‌اند بدین صورت که، در ایستگاه مورد مطالعه، ترکیبات سنگین هیدروکربن‌های نفتی (۴، ۵ و ۶ حلقوی) در اغلب ایستگاه‌ها از نسبت بیشتری برخوردارند. ایستگاه‌های ۱، ۲، ۳، ۴، ۶، ۸، ۹، ۱۰ و ۱۱  $\Sigma\text{LPAHs}/\Sigma\text{HPAHs} < 1$  منشأ پیرولیتیک را نشان می‌دهند در حالی که، در ایستگاه‌های ۵ و ۷،  $\Sigma\text{LPAHs}/\Sigma\text{HPAHs} > 1$  منشأ پتروژنیک این ترکیبات اشاره دارد. در مجموع، ایستگاه‌های مورد مطالعه ۵۸ درصد از ترکیبات PAH را هیدروکربن‌های سنگین و ۴۲ درصد از ترکیبات هیدروکربن‌های سبک تشکیل داده‌اند.

نمونه‌های مطالعه شده حاکی از این بود که، به‌طور کلی، ترکیبات PAHs در رسوبات منطقه مورد مطالعه دارای اختلاطی از منابع پتروژنیک و پایروژنیک با غالبیت منشأ پتروژنیک هستند (جدول ۹). لذا، ورود مشتقات و فراورده‌های حاصل از نفت، همچون نفت خام و سایر فراورده‌های نفتی، مثل بنزین، گازوئیل و روغن موتور، از طریق فعالیت‌های بندرگاهی و احتمالاً رواناب‌های فاضلاب‌های شهری-صنعتی به درون این بندرگاه عوامل اصلی

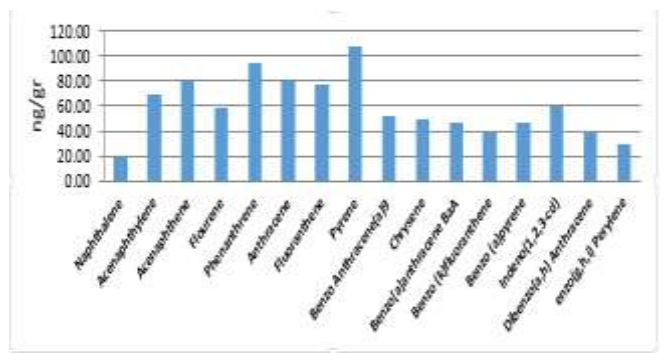
جدول ۸ مقایسه نتایج شاخص کیفیت فلزات سنگین، با توجه به استانداردهای ISQGs و NOAA

شناخت کیفیت	جیوه	روی	آرسنیک	منگنز	کروم	کبالت	کادمیوم	مس	نیکل	آهن
LEL	۰/۲	۱۲۰	-	-	۲۶	-	۰/۶	۱۶	۱۶	۲
SEL	۰/۰۳	۴۵/۱۸	-	-	۱۷/۸۹	-	۰/۴۴۷	۲۸/۵۸	۱۸/۹۶	۵۶/۰۶۵
PEL	۰/۷	۲۷۱	۴۱/۶	-	۱۶۰	-	۴/۲۱	۱۰۸	۴۲/۸	-
TEL	۰/۱۳	۱۲۴	۷/۲۴	۰/۱	۵۲/۳	۰/۰۰۱	۰/۶۸	۱۸/۷	۱۵/۹	-
ERL	۰/۱۵	۱۵۰	۸/۲	-	۸۱	-	۱/۲	۳۴	۲۰/۹	-
ERM	۰/۷۱	۴۱۰	۱۵۰	-	۳۷۰	-	۹/۶	۲۷۰	۵۱/۶	-

۴- بررسی ارزیابی ریسک اکولوژیکی ترکیبات PAHs

نتایج غلظت هیدروکربن‌های نفتی حلقوی در رسوب ایستگاه‌های مطالعه شده

شکل ۲ میانگین غلظت هیدروکربن‌های حلقوی نفتی را در رسوبات مطالعه شده در بندر شهید باهنر نشان می‌دهد. همان‌گونه که نشان داده شده است، غلظت Pyrene با  $21/38 \pm 06/108$  ng/gr بیشتر از سایر هیدروکربن‌هاست. ترکیبات Phenanthrene و Acenaphthene، به ترتیب، با  $۱۷/۵۶ \pm ۹۴/۴۸$  و  $۱۲/۹۲ \pm ۸۰/۳۸$  نانوگرم بر گرم، بعد از Pyrene غلظت بیشتری داشته‌اند. کمترین میانگین غلظت را Perylene (g,h,i) داشته است.



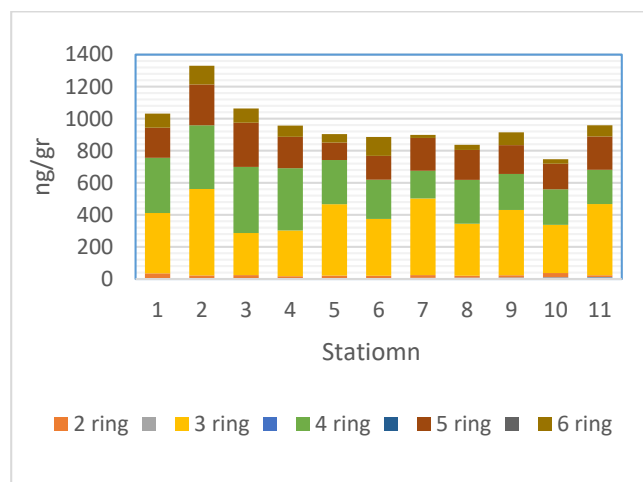
شکل ۲ نمودار میانگین غلظت هیدروکربن‌های آروماتیک در رسوبات منطقه مطالعه شده.

شکل ۳ غلظت ۱۶ ترکیبات هیدروکربن‌های آروماتیک را در رسوبات ۱۱ ایستگاه بندر شهید باهنر و محدوده ساحلی-دریایی منطقه نشان می‌دهد. میانگین غلظت  $\Sigma\text{PAH}$  در ایستگاه‌های مطالعه شده  $27/187 \pm 0/951$  ng/gr است. بیشترین مجموع غلظت PAHs مربوط به ایستگاه‌های حوضچه اصلی بندرگاه

آهن با  $22261/40$  میلی گرم در کیلوگرم و کمترین غلظت مربوط به عنصر جیوه با  $0/23$  میلی گرم در کیلوگرم است. میانگین غلظت فلزات اندازه گیری شده، به ترتیب، مربوط به آهن < منگنز < روی < کروم < نیکل < مس < کبالت < آرسنیک < کادمیوم < جیوه است. همچنین بیشترین میزان ضریب آلودگی Cf برای عنصر جیوه ( $0/81$ ) و کمترین آن برای عنصر کادمیوم ( $8/33$ ) برآورد شده است. بالا بودن ضریب آلودگی نشان دهنده دخالت انسان و کانون های آلاینده انسانی در منطقه است [25، 17]. میزان بالای شاخص زمین انباشت آهن و کادمیوم، در مقایسه با سایر عناصر، و همچنین میزان بالای مقدار آن، در مقایسه با میانگین این فلزات سنگین در پوسته زمین، نشان دهنده تأثیر فعالیت های انسانی بر افزایش و تغییرات گسترده غلظت آن در منطقه است و با تحقیقات Marchand (2006) [23] و Majed (2019) [24] مطابقت دارد. همچنین مقایسه نتایج با سایر نقاط خلیج فارس، دریای عمان و دریای سیاه نشان داد که مقدار مس، نیکل، آهن، کروم و جیوه، در مقایسه با سواحل عمان، عسلویه و نایبند در بوشهر و خلیج چابهار، بیشتر است [27]. میانگین غلظت فلزات سنگین در رسوبات بیرون و درون حوضچه در بندر شهید باهنر تفاوت معنی داری داشته است ( $p\text{-Value} > 0.05$ ).

در این مطالعه، دامنه غلظت کل 16 ترکیب PAH مورد اولویت آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا در رسوبات ساحلی بندر شهید باهنر  $507/6$  نانوگرم در کیلوگرم تا  $1/4$  نانوگرم در کیلوگرم نانوگرم بر گرم به دست آمد. نتایج این مطالعه نشان داد که، به طور کلی، رسوبات بندر شهید باهنر، بر اساس رهنمود کیفیت رسوب NOAA آمریکا، از نظر غلظت هیدروکربن های پلی آروماتیک، در سطح متوسط آلودگی قرار دارد [17]. به طور کلی، یافته های بررسی تغییرات ترکیبات PAHs در رسوبات نشان داد میزان و روند تغییرات غلظت ترکیبات PAHs در بیرون و درون حوضچه متفاوت است به طوری که حداکثر غلظت تمام 16 ترکیب PAHs در ایستگاه های داخل حوضچه در ایستگاه 2 (اسکله نفتی) بیشتر بوده است. بررسی الگوی پراکنش ترکیبات هیدروکربن های آروماتیک چند حلقه ای در نمونه های رسوب نشانه حضور میزان بالای ترکیبات با ساختار چهار، پنج و شش حلقه ای است. ترکیبات با ساختار حلقه ای پُر تراکم با تعداد حلقه های زیاد می تواند به دلیل حالیت پایین این ترکیبات در آب و همچنین جذب آنها توسط ذرات معلق درون آب باشد که منجر به ته نشین شدن آنها به درون رسوبات می شود. الگوی پراکنش متفاوت ترکیبات هیدروکربن های آروماتیک

آلودگی به ترکیبات PAHs هستند و سایر فرایندهای پیرولیتیک سهم کمتری در آلودگی ترکیبات PAHs دارند.



شکل 4 الگوی ترکیبات PAH بر اساس تعداد حلقه های آروماتیک در رسوبات منطقه مورد مطالعه.

جدول 9 منشأ ترکیبات با استفاده از نسبت های تشخیصی ایزومری

ایستگاه	Phe /An	Flu/Pyr	BaA/CHR
1	Petrogenic	Petrogenic	Petrogenic
2	Petrogenic	Petrogenic	Petrogenic
3	Petrogenic	Petrogenic	Petrogenic
4	Pyrogenic	Petrogenic	Pyrogenic
5	Pyrogenic	Petrogenic	Petrogenic
6	Pyrogenic	Petrogenic	Pyrogenic
7	Pyrogenic	Pyrogenic	Pyrogenic
8	Pyrogenic	Pyrogenic	Pyrogenic
9	Pyrogenic	Petrogenic	Petrogenic
10	Petrogenic	Petrogenic	Petrogenic
11	Pyrogenic	Petrogenic	Pyrogenic

### نتیجه گیری

با بررسی میزان غلظت فلزات سنگین و هیدروکربن های نفتی در رسوبات بندر شهید باهنر بندر عباس، نتایج ذیل به دست آمد: بیشترین میانگین غلظت فلزات اندازه گیری شده مربوط به عنصر



- [۲]. غلام دخت بندری، مهدی و رضایی، پیمان، ۱۳۹۴، مطالعه آلودگی فلزات سنگین رسوبات ساحلی جزیره هرمز و منشا آن ها، اقیانوس شناسی، سال ششم، ۶(۲۲)، ۹۷-۱۰۶.
- [۳]. میکروکیلی، حمیده سادات، حاجی زاده ذاکر، ناصر، غلظت و منشأ هیدروکربنهای نفتی کل (TPH) در رسوبات ساحلی جزیره خارک در خلیج فارس، محیط شناسی، دوره ۳۹، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۲، صفحه ۱۴۸-۱۳۷.
- [۴]. باطنی، فاطمه، مهدی نیا، علی و سید هشترویدی، مهری، ۱۳۹۷، ارزیابی خطر بوم‌شناختی هیدروکربن‌های آروماتیک چند حلقه‌ای در رسوبات سطحی خلیج فارس، بوشهر، فصلنامه سلامت و محیط زیست، دوره ۱۱، شماره ۴.
- [5]. International Maritime Organization (IMO). 2022. <https://www.imo.org/>
- [6]. Zheng, X.X.; Wang, H.; Tao, Y., Kou, X.Ch.; He, Ch,U. and Wang, Z.Q. (2022) Community diversity of soil meso-fauna indicates the impacts of oil exploitation on wetlands. *Ecological Indicators*, 144: 109451. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1470160X22009244?via%3Dihub>
- [7]. Yu, Z., Liu, E.; Lin, Q.; Zhang, E.; Yang, F.; Wel, C. & Shen, J. 2021. Comprehensive assessment of heavy metal pollution and ecological risk in lake sediment by combining total concentration and chemical partitioning. *Environmental Pollution*, 269, 116212. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0269749120369013?via%3Dihub>
- [8]. Peng, J.-F.; Song, Y.-H.; Yuan, P.; Cui, X.-Y. and Qiu, G.-L. (2009) The Remediation of Heavy Metals Contaminated Sediment. *Journal of Hazardous Materials*, 161, 633-640. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304389408006122?via%3Dihub>
- [9]. Liangliang Haung , Saeed Rad ,Li Xu, Lianghyng Gui ,Xiaong Song, Hanghong Li ,Zhiqiang Wu ,Zongbing Chen ,Heavy Metals Distribution ,sources and Ecological Risk Assessment in Hiuxian Wetland , south China, *Water j* ,2020,12,431,dio:10,3390. <https://www.mdpi.com/2073-4441/12/2/431>
- [10]. Mahfuzur Rahman, Jerin Saima, Sabrina Akhter Rima, Md. Imam Sohel Hossain (2022). Ecological risks of heavy metals on surficial sediment of Nijhum Dweep (Island), an important biodiversity area of Bangladesh. 2022. *Marine Pollution Bulletin*. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35490486/>

چندحلقه‌ای در بندر شهید باهنر با مکان‌های دیگر، مانند شمال دریای مکران، و رسوبات سواحل شمال غربی خلیج فارس ممکن است مرتبط با منابع ورودی این ترکیبات به درون رسوبات باشد [۱۳-۲۵].

برای تعیین منشأ ترکیبات حلقوی، از نسبت‌های متفاوتی استفاده شده است. اگرچه ترکیبات حلقوی دارای دو منشأ طبیعی و انسانی هستند، عمده‌ترین راه ورود آنها به محیط زیست از منابع انسانی است. منابع انسانی منشأ ورود PAHs به محیط، شامل منشأ پتروژنیک یا نفتی و پایروژنیک یا سوختی، است. در کل، می‌توان نتیجه گرفت که منشأهای سوختی و نفتی در حضور ترکیبات حلقوی رسوبات منطقه دخالت دارند اما فعالیت‌های بندرگاهی موجب غالب شدن منشأ پتروژنیک ترکیبات نفتی شده‌اند که با مطالعات Keshavarzifard و همکاران (۲۰۱۸) و Wang و همکاران (۲۰۱۰) همخوانی دارد [۱۳، ۱۲].

### مشارکت نویسندگان

در نگارش مقاله حاضر، نویسندگان سهمی یکسان داشتند. تمرکز اصلی نویسنده اول (قاسم عسکری نسب) بر کارهای آزمایشگاهی و عملی بوده است. تمرکز نویسنده دوم (محسن دهقانی)، نویسنده مسئول مقاله، بر نظارت بر تحقیق و تدوین مقاله، و تمرکز نویسنده سوم (عبدالرضا کرباسی) و نویسنده چهارم (حسین پرورش) بیشتر بر نگارش مقاله بوده است. نظارت بر انطباق مقاله با فرمت مجله، نگارش و جمع‌آوری مطالب و مقالات و هماهنگی محتوایی مقاله نیز بر عهده نویسنده مسئول مقاله بوده است.

### تشکر و قدردانی

شایسته است مراتب قدردانی خود را از سردبیر و مدیر داخلی محترم نشریه *اقيانوس شناسی*، جناب آقای دکتر اکبرپور، و تیم ایشان اعلام داریم.

### تعارض منافع

«هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان بیان نشده است».

### منابع

- [۱]. حقیقت‌شناس، آرش، حاتمی‌منش، مسعود، میرزائی، محسن، میرسنجری، میرمهرداد، حسین خضری، پریسا (۱۳۹۶)، سنجش و ارزیابی خطر اکولوژیکی فلزات سنگین در رسوبات سطحی منطقه ویژه اقتصادی انرژی پارس، مجله طب جنوب، سال بیستم، شماره ۵، صفحه ۴۴۸-۴۶۹.

- R. and Cattini C. 2010. Distribution of petroleum hydrocarbons and organ chlorinated contaminants in marine biota and coastal sediments from the ROPME sea area during 2005. *Marine Pollution Bulletin*, 60: 2323-2349. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0025326X10004376?via%3Dihub>
- [19]. Commendatore M G, Nievas M L, Amin O, Esteves J L, (2012) Sources and distribution of aliphatic and polyaromatic hydrocarbons in coastal sediments from the Ushuaia Bay (Tierra del Fuego, Patagonia, Argentina). *Marine Environmental Research* 74:20-31 <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S014113611001620>
- [20]. Soclo H H, Garrigues P H, and Ewald M (2000) Origin of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) in coastal marine sediments: Case studies in Cotonou (Benin) and Aquitaine (France) areas. *Marine Pollution Bulletin* 40(5):387-396
- [21]. Hakanson, L., (1980) An ecological risk index for Aquatic pollution control. A Sedimentological Approach. *Water Research* 14, 975 - 1001 <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0043135480901438?via%3Dihub>
- [22]. Zhao M, Wang W, Liu Y, Dong L, Jiao L, Hu L, et al. Distribution and sources of polycyclic aromatic hydrocarbons in surface sediments from the Bering Sea and western Arctic Ocean. *Mar Pollut Bull* 2016; 104(1): 379-385 <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0025326X16300169?via%3Dihub>
- [23]. Heidi EM S, Aherne G, Metcalfe C (2018) Fate and transport of polycyclic aromatic hydrocarbons in upland Irish headwater lake catchments. *The Scientific World Journal* 2012:2011-2020
- [24]. Marchand C.; Lallier-Vergès E.; Baltzerb F.; Albérica P.; Cossac D.; Baillifa P, (2006), Heavy metals distribution in mangrove sediments along the mobile coastline of French Guiana. *Marine Chemistry*, 2006; 98(1) : 1-17.
- [25]. Majed A M Al-Edresy ,Saeed O Wasel and Hajib A Al-Hajebi , Ecological Risk Assessment of Heavy Metals in Coastal Sediments between Al-Haymah and Al-Mokha, South Red Sea, Yemen. *Ecology & Conversation Science*, 1(1).2019. <https://medcraveonline.com/IJH/IJH-03-00177.pdf>
- [26]. Moeinaddini, Mirza, R.; M.; Pourebrahim, S.; Zahed, [11]. Commendatore, M.G. and Esteves, J.L. (2007) An assessment of oil pollution in the coastal zone of Patagonia, Argentina. *Environmental Management*, 40: 814-821. <https://link.springer.com/article/10.1007/s00267-005-0221-3>
- [12]. Tolosa, I.; de Mora, S.; Sheikholeslami, M.R. ; Villeneuve, J.P., Bartocci, J. and Cattini, C. (2004) Aliphatic and aromatic hydrocarbons in coastal Caspian Sea sediments. *Marine Pollution Bulletin*, 48: 44–60. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0025326X03002558?via%3Dihub>
- [13]. Carpenter, A. (2019) Oil pollution in the North Sea: The impact of governance measures on oil pollution over several decades. *Hydrobiologia*, 845(1): 109-127. [https://jrn.srbiau.ac.ir/article\\_21188\\_da6b6cd40a02a7350684b1ae59f6013d.pdf](https://jrn.srbiau.ac.ir/article_21188_da6b6cd40a02a7350684b1ae59f6013d.pdf)
- [14]. Mille, G., Asia, L., Guiliano, M., Malleret, L. and Doumenq, P. (2017) Hydrocarbons in Coastal Sediments from the Mediterranean Sea (Gulf of Fos Area, France). *Marine Pollution Bulletin*, 54: 566-575. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0025326X06005236?via%3Dihub>
- [15]. Mirza, R. ; Mohammadi, M. ; Faghiri, I.; Abedi, E., Fakhri, A., Azimi, A. and Zahed, M.A. (2014) Source identification of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in sediment samples from the northern part of the Persian Gulf, Iran. *Environmental Monitoring and Assessment*, 186: 7387-7398. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10661-014-3935-y>
- [16]. Tolosa. I.; Stephen, J.; de Mora.; Scott, W.; Fowler, Jean-Pierre, V.; Jean, B. and Chantal, C., (2016). Aliphatic and aromatic hydrocarbons in marine biota and coastal sediments from the Gulf and the Gulf of Oman. *Marine Pollution Bulletin*, 50: 1619–1633. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0025326X05002808?via%3Dihub>
- [17]. MOOPAM, (2010) Manual of Oceanographic Observation and Pollutant Analyses Methods. Regional Organization for the Protection of the Marine Environment. Kuwait (ROPME), 3 rd. 585 p. [http://fipak.areeo.ac.ir/faces/search/bibliographic/biblioFullView.jspx?\\_afPfm=-14fu8ahezn](http://fipak.areeo.ac.ir/faces/search/bibliographic/biblioFullView.jspx?_afPfm=-14fu8ahezn)
- [18]. de Mora S. Tolosa I. Fowler S.W. Villeneuve J.P. Cassi

- M.A. Contamination, Ecological Risk and Source Identification of Metals by Multivariate Analysis in Surface Sediments of the Khouran Straits, the Persian Gulf. *Mar. Pollut. Bull.* 2019, 145, 526–535.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0025326X19304746?via%3Dihub>
- [27]. Mohebbi-Nozar, S.L., Pauzi Zakaria, M., Seddiq Mortazawi, M., Salimizadeh, M., Momeni, M., Akbarzadeh, Gh.A. and Ismail, W.R. (2015) Total petroleum hydrocarbons in sediments from the coastline and mangroves of the northern Persian Gulf. *Marine Pollution Bulletin*, 10: 3-37.
- [28]. Topcuoglu S, Kirbasoglu C, Gungor N. Heavy metals in organisms and sediments from Turkish Coast of the Black Sea 1997-1998. *Environ Int* 2002;27, 521-6.
- [29]. Wang, X.Y.; Feng, J. and Zhao, J.M. (2010) Effects of crude oil residuals on soil chemical properties in oil sites, Momoge Wetland, China. *Environmental Monitoring and Assessment*, 161: 271-280.  
<https://link.springer.com/article/10.1007/s10661-008-0744-1>
- [30]. Keshavarzifard, M., Moore, F. Keshavarzi, B. and Sharifi, R., 2018. Distribution, source apportionment and health risk assessment of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in intertidal sediment of Asaluyeh, Persian Gulf, *Environmental Geochemistry and Health*. 40(2), 721–735.2022):113688.10.1016/..2022.113688.  
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28856501/>
- [31]. Zhao, G.; Lu, Q.; Ye, S.; Yuan, H.; Ding, X.; Wang, J. Assessment of Heavy Metal Contamination in Surface Sediments of the West Guangdong Coastal Region, China. *Mar. Pollut. Bull.* (2016), 108, 268–274.
- [32]. De Moar, S., Fowler, S. W., Wyse, E. & Azemard, S. (2018). Distribution of heavy metals in marine bivalves, fish and coastal sediments in the Gulf and Gulf of Oman. *Marine pollution bulletin*, 49, 410-424.

## AUTHOR(S) BIOSKETCHES

**Askari Nesab, Q.** PhD student in environmental management, Islamic Azad University, Bandar Abbas branch

✉ [gh\\_ask@yahoo.com](mailto:gh_ask@yahoo.com)

 0009-0009-0519-6579

**Dehghani Ghanatghestani, M.** ,Department of Natural Resources and Environmental Sciences, Bandar Abbas Branch, Islamic Azad University, Bandar Abbas, Iran

✉ [m.dehghani@iauba.ac.ir](mailto:m.dehghani@iauba.ac.ir)

 0000-0003-4509-5704

**Karbasi , A.** Department of Natural Resources And Environmental Sciences Bandar abbas Branch Islamic Azad University, Bandar Abbas , Iran.

✉ [akarbasi@ut.ac.ir](mailto:akarbasi@ut.ac.ir)

 0000-0002-6969-7817

**Parvesh, H.** Department of Environmental Sciences ,,Tehran University , Tehran ,Iran

✉ [parvaresh161@yahoo.com](mailto:parvaresh161@yahoo.com)

 0000-0002-2408-9080

این قسمت توسط نشریه تکمیل می‌گردد:



### HOW TO CITE THIS ARTICLE

**Citation (Vancouver)** Parsi, M.; Akbarpour Jannat, M.R., (2021). Tsunami warning system using of IoT. *J. of Oceanography.*, Spring 2021; 11(44): 1-17.

 <http://doi.org/10.52547/joc.14.54.8>

 <http://joc.inio.ac.ir/article-1-1762-fa.html>

 <https://orcid.org/0009-0009-0519-6579>



### COPYRIGHTS

©2021 The author(s). This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, as long as the original authors and source are cited. No permission is required from the authors or the publishers.