مجله بوم شناسی آبزیان

ارزیابی ریسک اکولوژیک فلزات سنگین در رسوبات سطحی خلیج نای بند و عسلویه (شمال خلیج فارس)

مرضیه رزاقی[1*]، محمدرضا شکری[2]، احمد سواری[3]، جمیله پازوکی[2]

[1] گروه زیست شناسی دریا، دانشکده علوم، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس

[2] دانشکده علوم زیستی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران

[3] دانشکده علوم دریایی، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، خرمشهر

تاریخچه مقاله:
دریافت: ۹۲/۰۶/۰۴
اصلاح: ۹۲/۰۸/۰۸
پذیرش: ۹۲/۰۹/۲۰

کلمات کلیدی:
رسوبات
آلودگی
خلیج نای بند
عسلویه

چکیده

در این مطالعه میزان سمیت فلزات سنگین در رسوبات منطقه خلیج نای بند و عسلویه برآورد شد و پتانسیل خطر اکولوژیک رسوبات برای موجودات ارزیابی گردید. سه ایستگاه با درجات متفاوت آسیب پذیری نسبت به فعالیت‌های صنایع نفت و گاز پارس جنوبی (۱: شاهد، ۲: تأثیر پذیری متوسط و ۳: به شدت تحت تأثیر) انتخاب شد. نمونه برداری از رسوب در هر ایستگاه در دو فصل سرد و گرم (۱۳۸۹-۱۳۸۸) توسط گرب ون وین با سطح ۰/۰٤ متر مربع صورت گرفت. نمونه ها پس از انتقال به آزمایشگاه وگذراندن مراحل هضم، توسط دستگاه جذب اتمی سنجش شد. برای ارزیابی کیفیت رسوبات منطقه و محاسبه پتانسیل ریسک اکولوژیک از فاکتور آلودگی (C_f) و درجه آلودگی (C_d) به ترتیب برای فلزات سنگین و رسوبات منطقه استفاده شد و شاخص ریسک محاسبه گردید. بیشترین مقادیر جیوه در ایستگاه ۳، نیکل، سرب و روی در ایستگاه ۱ و کادمیوم و مس در ایستگاه ۲ مشاهده شد. بیشترین و کمترین مقدار فاکتور آلودگی به ترتیب مربوط به جیوه و نیکل بود که در ایستگاه ۳ مشاهده شد. درجه آلودگی ایستگاه ها از مجموع فاکتورهای آلودگی فلزات در ایستگاه های مختلف محاسبه شد. بیشترین درجه آلودگی مربوط به ایستگاه ۳ با مقدار ٤/۵۱ بود. براساس این نتایج، خلیج نای بند و عسلویه از نظر غلظت جیوه در حد آلودگی متوسط رو به بالا می باشد. پتانسیل ریسک اکولوژیک (E_r^i)، در مورد تمامی فلزات به غیر از جیوه، در محدوده ریسک پایین بوده و برای جیوه در محدوده ریسک اکولوژیک بسیار بالا می باشد.

* نویسنده مسئول، پست الکترونیک: Marzieh.razaghi@gmail.com

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-07-04]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1391.2.3.5.9]

مقدمه

در میان هزاران ماده آلی و غیر آلی که وارد اکوسیستم های آبی می شوند، فلزات سنگین با توجه به مقدار سمیت، پایداری، تجزیه ناپذیر بودن و توانایی تجمع زیستی شان در بسیاری از گونه های دریایی از اهمیت بالایی برخوردارند (Ghrefat and Yusuf, 2006; Khaled *et al*.,2006). با وجود اینکه فلزات سنگین از اجزا تشکیل دهنده پوسته زمین هستند و به طور طبیعی در همه اکوسیستم ها حضور دارند، غلظت شان به طور قابل ملاحظه ای توسط فعالیت های انسانی افزایش می یابد (Szefer *et al*., 1999). از این رو توجه بسیاری از محققین در دو دهه اخیر به بررسی اثرات نامطلوب فلزات سنگین بر روی اکوسیستم‌های گوناگون جلب شده است. آلاینده ها در رسوبات برای مدتهای طولانی باقی می‌مانند (Casas, 2003)و از آنجا که رسوبات هم به عنوان حمل کننده و هم جایگاهی برای ته نشست فلزات سنگین عمل می کنند می توانند منعکس کننده تاریخچه آلودگی‌های یک اکوسیستم آبی باشند (Singh *et al*., 2005). از این رو به منظور شناسایی پتانسیل استرسها و مدیریت بیشتر نیاز به ارزیابی کیفیت رسوبات می باشد (Yong, 2009). آنالیز میزان آلودگی و اثرات بیولوژیکی با مقایسه ساده آنها بر اساس فلزات سنگین قابل انجام است (Kwon and Lee, 1998). ارزیابی مقدار آلاینده ها در رسوب به وسیله مشخص کردن اثر پتانسیل آلاینده بر روی موجودات آبزی یکی از نتایج اولیه در فرآیند ارزیابی ریسک اکولوژیک به شمار می‌رود و احتمال بروز اثرات اکولوژیک نامطلوب ناشی از در معرض بودن یک یا چند استرس را ارزیابی می‌کند. این روش شامل ارزیابی شیمی رسوب، سمیت رسوب، ساختار جوامع بنتیک و نیروها و فشارهای انسانی وارد شده بر محیط می باشد (Caeiro *et al*., 2009).

از جمله مطالعات صورت گرفته در جهان به منظور ارزیابی خطر اکولوژیک با استفاده از فلزات سنگین در اکوسیستم‌های آبی می توان به موارد Algan و همکاران (۱۹۹۹)؛ Aksu و همکاران(۱۹۹۷)؛ Pekey و همکاران (۲۰۰۶)؛ Wei و همکاران (۲۰۱۰) در مناطق مختلف جهان اشاره کرد.

خلیج نای بند از جهت وجود جنگل های حرا و همچنین وجود تأسیسات گازی پارس جنوبی که یکی از مهمترین منابع آلودگی در منطقه محسوب می شود، از اهمیت ویژه ای برخوردار است. گسترش و تجمع آلاینده های دریایی ناشی از فعالیتهای صنعتی منطقه پارس جنوبی و حرکت جریان ها به درون خلیج (جریان های غرب به شرق در امتداد ساحل) باعث شده که چرخه تنوع زیستی اکوسیستم حرای نای بند به عنوان یک منطقه حفاظت شده در معرض تهدید دائمی قرار گیرد (عباس پور و بردستانی، ۱۳۸۵).اگرچه مطالعات متعددی به منظور بررسی انواع آلاینده ها در خلیج فارس خصوصاً در سالهای اخیر انجام شده اما اکثراً محدود به اندزه گیری عناصر مختلف همچون آلاینده‌های نفتی و فلزات سنگین و مقایسه داده ها با مقادیر استاندارد آبهای جهانی بوده است و در خصوص ارزیابی وضعیت اکولوژیک و تعیین سطح سلامت زیستگاه‌های مهم و با ارزش این منطقه کمتر تحقیقی انجام شده است و تنها می توان به مطالعه دهقان در سال ۱۳۸٦ و سبز علیزاده در سال ۱۳۸۷ که مقدار ریسک اکولوژیکی را برای خوریات ماهشهرو منطقه لیف- بوسیف به ترتیب محاسبه کردند، اشاره کرد و تاکنون در منطقه بوشهر و به ویژه منطقه پارس جنوبی و خلیج نای بند ریسک اکولوژیکی سنجیده نشده است. با

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-07-04]

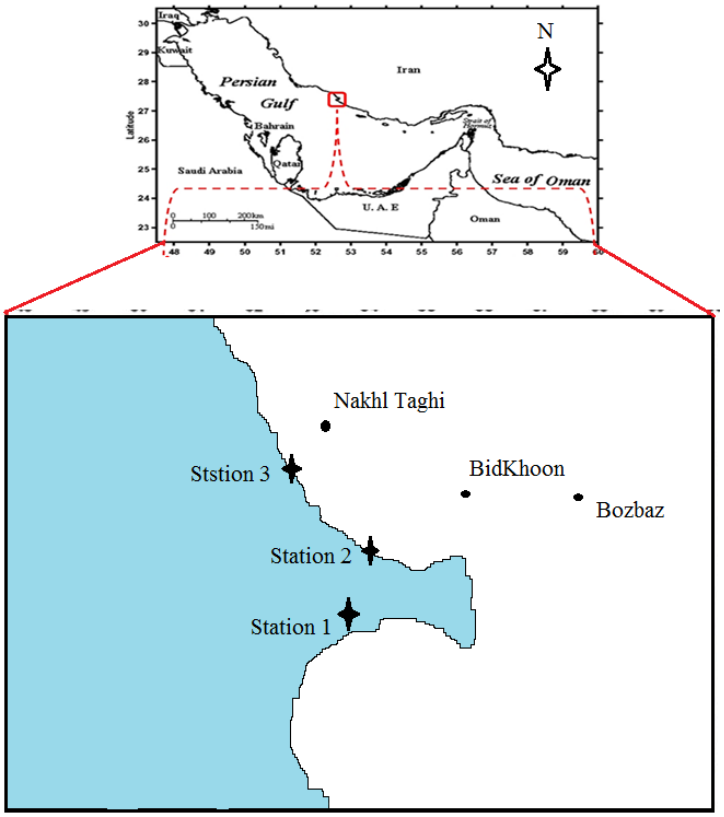
[DOR: 20.1001.1.23222751.1391.2.3.5.9]

توجه به عوامل تهدیدکننده مختلف که در این منطقه وجود دارد و می تواند حیات اکوسیستم ساحلی را مختل نماید، این مطالعه جهت برآوردی از میزان سمیت فلزات سنگین در رسوبات منطقه و ارزیابی پتانسیل خطر اکولوژیک رسوبات برای موجودات با استفاده از روش استاندارد (Hakanson, 1980) صورت گرفته است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

خلیج نای بند در پارک ملی ساحلی-دریایی نای بند دارای وسعت ٤١/٣ کیلومتر مربع، عرض دهانه ٧٤٠٠ متر و طول نوار ساحلی ٢٠/٧٥ کیلومتر می باشد. در این مطالعه سه ایستگاه با درجات متفاوت آسیب پذیری نسبت به فعالیتهای صنایع نفت و گاز در این منطقه انتخاب شد. ایستگاه ١ به عنوان ایستگاه شاهد در بخش جنوبی خلیج نای بند (هاله) در نظر گرفته شد، منطقه ای که از توسعه های نفتی حدود٧/٧ کیلومتر فاصله داشت، ایستگاه ٢ به عنوان یک ایستگاه با تأثیر پذیری متوسط با فاصله حدود ٤ کیلومتر از ایستگاه ٣ و ایستگاه ٣ به عنوان ایستگاه به شدت تحت تأثیر انتخاب شد (شکل١). نمونه برداری در هر ایستگاه از دو عمق ٥ و ١٠ متر و در دو فصل سرد (بهمن ١٣٨٨) و گرم (مرداد ١٣٨٩) صورت پذیرفت.



شکل١. موقعیت مکانی ایستگاه‌های نمونه برداری

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-07-04]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1391.2.3.5.9]

نمونه برداری و سنجش فلزات سنگین در رسوبات دریایی

به منظور سنجش فلزات سنگین در رسوبات در هر ایستگاه و در هر عمق ۳ تکرار از رسوب توسط گرب ون وین نمونه برداری شد. بر روی شناور توسط قاشق پلاستیکی از لایه سطحی و بخشی که کمترین تماس را با بدنه گرب داشت، نمونه رسوب برای تعیین غلظت فلزات سنگین جدا و درون زیپ کیپ ریخته شد و سپس درون جعبه های یخ گذاشته شد و به آزمایشگاه انتقال داده شد و تا زمان آنالیز در فریزر ۸۰- نگهداری شد. برای اندازه‌گیری فلزات سنگین تمامی وسایل مورد استفاده قبل از استفاده به مدت ٢٤ ساعت در اسید نیتریک ۵ درصد قرار داده شد و در آخر با آب دو بار تقطیر شسته شدند.

به منظور هضم و سنجش فلزات سنگین حدود ۱۵۰ گرم از هر نمونه به منظور تعیین فلزات سنگین در دمای ۵۵ درجه در آون و به مدت ٢٤ ساعت گذاشته شد تا به یک وزن ثابت برسند و خشک شوند. نمونه‌های خشک شده توسط الک فولاد ضد زنگ با چشمه ٦٣ میکرون الک شدند. رسوب باقیمانده بر روی الک برداشته و دور ریخته شد و بخش دیگر برای مراحل بعد مورد استفاده قرار گرفت. نمونه‌های جدا شده توسط هاون چینی به صورت هموژنیزه و یکنواخت در آورده شدند.

در این مطالعه رسوبات بر اساس وزن خشک گزارش می شوند. غلظت کل فلزات سنگین در رسوبات توسط هضم اسیدی در این مطالعه اندازه گیری شد. به منظور هضم رسوب جهت اندازه گیری فلزات سنگین روی، کادمیوم، سرب، مس و نیکل از روش معرفی شده توسط (Yap *et al.*,2002) و اندازه گیری فلز جیوه توسط روش ارائه شده (ROPME, 1999) استفاده گردید. پس از هضم تعداد کافی نمونه ها، غلظت فلزات نیکل، مس، روی، سرب و کادمیوم توسط دستگاه جذب اتمی مدل SavantAA∑ و غلظت جیوه توسط دستگاه جذب اتمی بخار سرد مدل Unicam, model 919 اندازه گیری شد.

تعیین وضعیت آلودگی رسوبات بر اساس فلزات سنگین

در این مطالعه وضعیت آلودگی رسوبات مناطق مورد مطالعه از نظر فلزات سنگین توسط تعیین شاخص فاکتور آلودگی (Cf)، درجه آلودگی (Cd) رسوبات منطقه و همچنین شاخص ریسک اکولوژیکی بررسی گردید.

از شاخص فاکتور آلودگی جهت بررسی وضعیت آلودگی منابع آبی به آلاینده‌های مختلف و در نهایت شناسایی پتانسیل ریسک و خطر اکولوژیک منبع مورد مطالعه، استفاده می گردد (Hakanson, 1980).

براساس این روش برای محاسبه درجه آلودگی رسوبات یا همان C_d از رابطه زیر استفاده می گردد.

$$C_d = \sum_{i=1}^{6} C_f^i = \sum_{i=1}^{6} \frac{C_{0=1}^i}{C_n^i}$$

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-07-04]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1391.2.3.5.9]

C_d = درجه آلودگی

C_f = فاکتور آلودگی برای آلاینده i ام

$C^{i}_{0=1}$ = میزان میانگین فلز سنگین i در لایه ۰ تا ۱ سانتی متری رسوبات

C^{i}_{n} = میزان استاندارد فلز سنگین i در رسوبات قبل از صنعتی شدن (مقدار مرجع)

که در آن C^{i}_{f} برای هر پارامتر محاسبه می گردد.

اگر $C_{0\text{-}1}{}^{i} > C_n{}^{i}$ باشد آن عنصر می تواند باعث آلودگی گردد و اگر $C_{0\text{-}1}{}^{i} < C_n{}^{i}$ باشد عنصر مورد نظر در منبع آبی سبب بروز آلودگی نمی گردد. پس از محاسبه، مقادیر به چهار دسته زیر تقسیم می شوند (Hakanson, 1980).

در این مطالعه مقادیر مرجع فلزات سنگین با استفاده از داده‌های موجود در منطقه استفاده گردید. بدین منظور تمامی داده‌های موجود در سواحل نای بند و عسلویه که شامل یک دوره ده ساله بوده است جمع آوری شده و میانگین هر فلز در رسوبات منطقه تعیین و با یک واحد انحراف معیار جمع گردید. لازم به ذکر است به دلیل قدمت پایین داده‌های فلزات سنگین رسوبات در پیشینه مطالعات منطقه، این داده‌ها نمی توانند مقادیر پیش از صنعتی شدن باشند.

$C_f^i < 1 \rightarrow$ آلودگی کم

$1 < C_f^i < 3 \rightarrow$ آلودگی متوسط

$3 < C_f^i < 6 \rightarrow$ آلودگی قابل ملاحظه

$C_f^i > 6 \rightarrow$ آلودگی بسیار زیاد

پس از محاسبه مقادیر C_d درجه آلودگی رسوبات بر اساس اعداد زیر محاسبه می گردد:

$C_d < 6 \rightarrow$ درجه آلودگی کم

$6 < C_d < 12 \rightarrow$ درجه متوسط آلودگی

$12 < C_d < 24 \rightarrow$ درجه قابل ملاحظه آلودگی

$C_d > 24 \rightarrow$ درجه بسیار زیاد آلودگی

برای محاسبه و ارزیابی میزان ریسک موجود در یک اکوسیستم از این شاخص استفاده می شود (Hakanson, 1980). برای محاسبه این شاخص در ابتدا باید فاکتور ریسک اکولوژیک (E_r^i) محاسبه گردد.

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-07-04]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1391.2.3.5.9]

$$E_r^i = T_r^i \times C_f^i$$

که در آن:

T_r^i فاکتور پاسخ سمیت برای هر فلز و C_f^i فاکتور آلودگی همان فلز می باشد.

تقسیم بندی میزان آلودگی برای فاکتور ریسک هر فلز عبارت است از:

$E_r^i < 30 \rightarrow$ خطر کم

$30 < E_r^i < 60 \rightarrow$ خطر متوسط

$60 < E_r^i < 120 \rightarrow$ خطر قابل ملاحظه

$120 < E_r^i < 240 \rightarrow$ خطر زیاد

$E_r^i > 240 \rightarrow$ خطر بسیار زیاد

برای محاسبه T_r^i از دو پارامتر دیگر یعنی فاکتور سمیت رسوب S_t و نیز پارامتر تولید زیستی (Bio Production index) استفاده شده است.

در طبیعت بین سمیت و میل ترکیبی هر عنصر به مواد جامد ارتباط وجود دارد در نتیجه برای محاسبه S_t ابتدا فراوانی نسبی هر عنصر در محیط‌های مختلف از جمله سنگهای آذرین، خاک، آب دریا، رسوبات دریا، جانوران خشکی و جانوران دریایی را محاسبه کرده و سپس فاکتور ته نشینی که در ارتباط با تمایل ته نشینی عناصر مختلف در رسوبات می باشد، را به دست می آوریم. فاکتور ته نشینی از تقسیم مقادیر هر عنصر در رسوبات دریایی طبیعی بر مقادیر رفرنس قبل از صنعتی شدن و پس از آن اعمال یکسری محاسبات ریاضی پی در پی و تصحیحات محاسبه می گردد. برای محاسبه ریسک اکولوژیک لازم است در چند مرحله متوالی، فاکتورهای سمیت و ریسک اکولوژیک فلزات سنگین در منطقه مطالعه شده محاسبه گردد. با در نظر گرفتن عوامل مؤثر در درجه سمیت فلزات در رسوبات، فاکتور ته نشینی و در نهایت فاکتور سمیت رسوب برای هر فلز تعیین می گردد.

از آنجایی که سطح تروفیکی در منابع آبی ارتباط مستقیم و زیادی را با محتویات نیتروژن موجود در رسوبات نشان می دهد (Hakanson, 1980) بنابراین در این تحقیق با محاسبه مقدار درصد مواد آلی به وسیله درصد وزن خشک کاسته شده پس از سوختن رسوب به مدت یک ساعت در حرارت ۵۵۰ درجه سانتی گراد (IG) و اندازه گیری مقدار نیتروژن کل در رسوبات به روش کجلدال بر حسب میلی گرم بر گرم وزن خشک، مقدار BPI تعیین گردیده است. بر اساس این روش، پس از محاسبه

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-07-04]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1391.2.3.5.9]

رگرسیون خطی بین میزان نیتروژن و درصد مواد آلی رسوبات، با قرار دادن IG=٪۱۰ در معادله خط رگرسیون، مقادیر BPI تعیین می گردد. در نهایت از مجموع پتانسیل ریسک اکولوژیک برای هر فلز، می توان شاخص ریسک را محاسبه نمود.

و در نهایت مقادیر ریسک اکولوژیک برای ایستگاه های مختلف با در نظر گرفتن فاکتور سمیت، تولید زیستی و فاکتور پاسخ سمیت محاسبه گردید.

$$RI = \sum_{i=1}^{6} E_r^i = \sum_{i=1}^{6} T_r^i \, C_f^i$$

RI= شاخص پتانسیل ریسک اکولوژیکی برای منبع آبی

E_r^i= فاکتور ریسک اکولوژیکی بالقوه برای ماده مورد نظر

T_r^i= فاکتور پاسخ سمیت برای ماده مورد نظر

C_f^i = فاکتور آلودگی

بر اساس این شاخص:

$RI < 110 \rightarrow$ کمترین سطح ریسک اکولوژیک

$110 < RI < 220 \rightarrow$ سطح متوسط ریسک اکولوژیک

$220 < RI < 440 \rightarrow$ سطح قابل ملاحظه ریسک اکولوژیک

$RI > 440 \rightarrow$ ریسک اکولوژیک بسیار شدید

نتایـج

غلظت فلزات سنگین در رسوبات دریایی

دامنه، میانگین و انحراف معیار غلظت فلزات اندازه گیری شده در رسوبات منطقه مورد مطالعه برحسب میلی گرم بر کیلوگرم نمونه خشک برای فلزات سنگین (کادمیوم، روی، سرب، نیکل و مس) و بر حسب میکروگرم بر کیلوگرم نمونه خشک برای فلز جیوه ارائه شده است (جدول۱). بر اساس این جدول بیش ترین مقادیر جیوه در ایستگاه ۳ و بیش ترین مقادیر نیکل، سرب و روی در ایستگاه ۱ بوده است. همچنین حداکثر مقادیر فلز کادمیوم و مس در ایستگاه ۲ مشاهده شده است.

مقادیر مرجع فلزات سنگین مورد مطالعه در منطقه (Background value) با استفاده از سوابق مطالعاتی در منطقه و همچنین با استفاده از سایر مراجع تعیین گردید (جدول ۲).

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-07-04]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1391.2.3.5.9]

جدول ۱. دامنه، میانگین و انحراف معیار غلظت فلزات اندازه گیری شده در رسوبات منطقه مورد مطالعه

	Zn	Cu	Ni	Pb	Cd	Hg
ایستگاه ۱	38.44±0.37 n=6	3.32±0.13 n=6	4.13±0.24 n=6	5.09±0.04 n=6	0.55±0.16 n=6	95.44±0.50 n=6
ایستگاه۲	23.13±0.04 n=6	4.52±0.95 n=6	2.62±0.71 n=6	1.70±0.97 n=6	0.90±0.60 n=6	88.83±0.65 n=6
ایستگاه۳	13.41±0.49 n=6	2.14±0.33 n=6	1.64±0.28 n=6	1.82±0.02 n=6	1.06±0.80 n=6	99.60±0.07 n=6

جدول۲. مقادیر فلزات مختلف مورد مطالعه (mg/kg) در سنگ های رسوبی (Bowen, 1966) و مقادیر مرجع محاسبه شده در مطالعه حاضر با استفاده از روش Hakanson (۱۹۸۰)

	سنگ های رسوبی (Sedimentary rocks)	میانگین مقادیر فلزات از سوابق منطقه	انحراف معیار	مقادیر مرجع (Background value)
Hg	۰/۰۳–۰/٤	۰/۰۲	۰/۰۱۵	**۰/۰٤۳**
Cd	۰/۰۳۵–۰/۳	۰/۸۸	۰/٦۲	**۱/۵**
Pb	۷–۲۰	۲۱/۵۱	۱٤/٤۰	**۳۵/۹۱**
Ni	۲–۷۰	۳۰/٦۵	۲۷/٦٤	**۵۸/۲۹**
Cu	٤–۵۰	۷/۰۲	٦/۷٦	**۱۳/۷۸**
Zn	۱۵–۱۰۰	–	–	**۹۵ (کرباسی، ۱۳۷۹)**

مقدار مرجع عنصر روی به دلیل عدم وجود اطلاعات پیشین در منطقه، از غلظت اعلام شده در بخش مرکزی خلیج فارس استفاده شده است (کرباسی، ۱۳۷۹).

مقادیر فاکتور آلودگی فلزات مختلف و درجه آلودگی مناطق مختلف بر اساس غلظت فلزات سنگین اندازه گیری شده در جدول۳ آورده شده است.

جدول۳. مقادیر فاکتور آلودگی و درجه آلودگی در مناطق مورد مطالعه

$C_{d=\sum C_f}$	Zn	Cu	Ni	Pb	Cd	Hg	
۳/۲۱	۰/٤	۰/۲٤	۰/۰۷	۰/۱٤	۰/۳٤	۲/۰۲	**ایستگاه ۱**
۲/۹۵	۰/۲٤	۰/۳۲	۰/۰٤	۰/۰۵	۰/۵۸	۱/۷۲	**ایستگاه۲**
٤/۵۱	۰/۱٤	۰/۱۵	۰/۰۳	۰/۰۵	۰/۷	۳/٤٤	**ایستگاه۳**

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-07-04]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1391.2.3.5.9]

بیشترین مقدار فاکتور آلودگی برای فلز جیوه و کمترین مقدار برای فلز نیکل در ایستگاه ۳ به دست آمد. همچنین درجه آلودگی برای ایستگاه های مورد مطالعه از مجموع فاکتورهای آلودگی فلزات در ایستگاه های مختلف محاسبه شد و بیشترین درجه آلودگی برای ایستگاه ۳ با مقدار ٤/٥١ به دست آمد. بیشترین سطح خطر مربوط به فلز جیوه بود که در ایستگاه ۱و ۲ دارای آلودگی متوسط و در ایستگاه ۳ آلودگی قابل ملاحظه‌ای داشت. مقادیر فاکتور ته نشینی و فاکتور سمیت محاسبه شده و مقادیر روی= ۱، کادمیوم= ٣٤/٠٥، سرب= ٢/٤٦، مس= ٣/٥٣، نیکل=٦/٧٢ و جیوه= ٢٧٨ به دست آمد. در این تحقیق مقدار ٢/٥٢ برای تولید زیستی منطقه مورد مطالعه به دست آمد.

بر اساس تحقیقات Hakanson در ۱۹۸۰، رابطه بین مقدار سمیت (S_t) و BPI و فاکتور پاسخ سمیت T_r^i فلزات مختلف بر اساس رابطه‌های ارائه شده در جدول ٤ محاسبه می گردد.

جدول ٤. رابطه بین مقدار سمیت و و فاکتور پاسخ سمیت

فلزات سنگین	فاکتور پاسخ سمیت	مقدار پاسخ سمیت مطالعه حاضر
Hg	$St \times {}^{5}/_{BPI}$	٢٧٦
Cd	$St \times {}^{\sqrt{5}}/_{\sqrt{BPI}}$	٤٧/٨٨
Pb	"	٣/٤٤
Ni	"	٩/٤٠
Cu	"	٤/٩٤
Zn	"	١/٤٠

در نهایت مقادیر ریسک اکولوژیک برای ایستگاه های مختلف (جدول ٥) با در نظر گرفتن فاکتور سمیت، تولید زیستی و فاکتور پاسخ سمیت محاسبه گردید.

جدول ٥. مقادیر فاکتور ریسک (E_r-value) فلزات مختلف و شاخص ریسک اکولوژیک (RI-value) در ایستگاه‌های مختلف خلیج نای بند و عسلویه (۱۳۸۹-۱۳۸۸)

	ایستگاه ۱	ایستگاه۲	ایستگاه۳
Hg	٥٥٧/٥٢	۴۷۴/۷۲	۹۴۹/۴۴
Cd	١٦/٢٧	٢٧/٧٧	٣٣/٥١
Pb	٠/٤٨	٠/١٧	٠/١٧
Ni	٠/٦٥	٠/٣٨	٠/٢٨
Cu	١/١٨	١/٥٨	٠/٧٤
Zn	٠/٥٦	٠/٣٣	٠/٢٠
RI	٥٧٦/٦٦	٥٠۴/٩٥	١٠٥٧

پتانسیل ریسک اکولوژیک(E_r^i)، در مورد تمامی فلزات به غیر از جیوه، در محدوده ریسک پایین بوده و برای عنصر جیوه در محدوده ریسک اکولوژیک بسیار بالا می باشد. همچنین هر سه ایستگاه در سطح ریسک اکولوژیک بسیار شدید قرار

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-07-04]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1391.2.3.5.9]

می‌گیرند. البته لازم به ذکر است که عمده خطر ایجاد شده به واسطه بالا بودن میزان جیوه در نمونه ها (فاکتور آلودگی بیشتر از یک) می باشد.

بحث

منابع آلاینده محیطی در سیستم‌های ساحلی متعدد می باشند و این آلاینده ها از راه های متفاوتی وارد سیستم‌های آبی می‌گردند (Jain and Sharma, 2001). آنالیز رسوبات نقش مهمی را در ارزیابی شرایط آلودگی در محیطهای دریایی دارا می‌باشد (Pekey, 2006). جهت بررسی میزان آلودگی در رسوبات روشهای متعددی وجود دارد که از آن جمله می توان به مقایسه با مقادیر مرجع و حد طبیعی و نرمال منطقه، مقایسه با استانداردهای جهانی و نیز مقایسه با مقادیر اندازه گیری شده در سایر مناطق اشاره نمود. مقادیر مرجع و دامنه طبیعی فلزات در مکان‌های مختلف بسیار متفاوت می باشد و این مسئله به دلیل تفاوت در ساختار و منشأ رسوبات می باشد و همین مسئله مقایسه فلزات با یکدیگر در مناطق مختلف را کمی دچار پیچیدگی می سازد. در این مطالعه مقدار مرجع با استفاده از سوابق مطالعاتی منطقه محاسبه شد. براساس مقادیر مرجع اعمال شده و محاسبه فاکتور آلودگی فلزات، منطقه خلیج نای بند و عسلویه از نظر غلظت جیوه در حد آلودگی متوسط رو به بالا می باشد. تغییرات فاکتورهای آلودگی برای فلزات مختلف دارای روند زیر است.

Hg> Cd> Cu> Zn>Pb> Ni

در مطالعه صورت گرفته در منطقه خوریات ماهشهر (دهقان، ۱۳۸٦) نیز جیوه دارای بیشترین فاکتور آلودگی بوده وخورهای مطالعه شده دارای درجه آلودگی متوسط بوده اند. همچنین در مطالعه دیگری در منطقه لیف ـ بوسیف (سبز علیزاده، ۱۳۸۷)، بیشترین فاکتور آلودگی به ترتیب برای سرب و جیوه به دست آمده بود.

ایستگاه‌های مختلف در منطقه بررسی شده دارای درجه آلودگی کم بوده و براساس درجه آلودگی به صورت زیر ردیف می‌گردند:

ایستگاه۲ < ایستگاه شاهد < ایستگاه ۳

گرچه روند ذکر شده در بالا برای مقدار درجه آلودگی ذکر شده است ولی اختلاف معناداری در میزان آلودگی در ایستگاه‌های مختلف مشاهده نشد. بررسی شاخص ریسک اکولوژیک نیز، منطقه مطالعه شده را از نظر میزان جیوه در معرض خطر بالای اکولوژیکی قرار می دهد. بالا بودن فاکتور آلودگی جیوه و سپس کادمیوم در منطقه بررسی شده احتمالاً می تواند به دلیل وجود دخالتهای انسانی و پسابهای خروجی از کارخانه های پتروشیمی منطقه باشد و همچنین کم بودن مقدار مرجع جیوه در این مطالعه می تواند عاملی برای بالا بودن مقدار فاکتور آلودگی محاسبه شده برای جیوه باشد.

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-07-04]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1391.2.3.5.9]

منابع

دهقان مدیسه، س.، ۱۳۸٦. شناسایی مناطق حساس و تحت اثر در خوریات ماهشهر با استفاده از شاخص های اکولوژیک و بیولوژیک. رساله ی دکترای تخصصی در رشته بیولوژی دریا. دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، ١٤٤ صفحه.

سبز علیزاده، س.، و خلفه نیلساز، م.، ۱۳۷۷. بررسی آلودگی فلزات سنگین در آب و رسوب خورهای مهم استان خوزستان. موسسه تحقیقات و آموزش شیلات ایران. ٤٩ صفحه.

کرباسی، ع.، ۱۳۷۹. غلظت استاندارد و منشاء Fe، Pb, Mn, Ni, Zn, Cu, Co, Cd, V در رسوبات سطحی خلیج فارس. مجله علوم و تکنولوژی محیط زیست. شماره۵، ٦٦-۵۳.

عباس پور، م.، و بردستانی، م.، ۱۳۸۵. شبیه سازی جریان های دریایی در منطقه حرا در خلیج نای بند. چهاردهمین کنفرانس سالانه مهندسی مکانیک.

Aksu, A.E., Yasar, D. and Uslu O. 1997. Assessment of Marine Pollution in Izmir Bay: Heavy Metal and Organic Compound Concentrations in Surficial Sediments. Department of Earth Sciences, Centre for Earth Resources Research Memorial University of Newfoundland, St. John's, Newfoundland, Canada A1B 3X5.

Algan, A. O., Cagatory, M. N., Sarikaya, H. Z., Balkis, N. and Sari, E. 1999. Pollution monitoring using marine sediment: a case study on the Istanbul Metropolitan Area. Turkish journal of engineering and environmental sciences. 23: 39-48.

Bowen, H. J. M. 1966. Trace elements in biochemistry. Academic Press London.

Casas, J. M., Rosas, H., Solé, M. and Lao, C. 2003. Heavy metals and metalloids in sediments from the Llobregat basin,Spain. Environmental Geology. 44: 325-332.

Caeiro, S., Costa, M.H., DelValls, A., Repolho. T., alves, M.G., Mosca, A., Coimbra, A.P., Ramos, T. B., and Painho, M. 2009. Ecological risk assessment of sediment management areas: application to Sado Estuary, Portugal. Ecotoxicology. 18: 1165-1175.

Ghrefat, H., and Yusuf, N. 2006. Assessing Mn, Fe, Cu, Zn, and Cd pollution in bottom sediments of Wadi Al-Arab Dam, Jordan. Chemosphere. 65: 2114-2121.

Khaled, A., ElNemr, A., and ElSikaily, A., 2006. An assessment of heavy-metal contamination in surface sedi- ments of the Suez Gulf using geoaccumulation indexes and statistical analysis. Chemistry and Ecology. 22(3): 239-252.

Kwon, Y. T., and Lee, C. W. 1998. Application of multiple ecological risk indices for the evaluation of heavy metal contamination in a coastal dredging area. Science of the Total Environment. 214: 203-210

ROPME, 1999. Manual of Oceanographic Observation and Pollutant Analysis Methods (MOOPAM). Regional organization for the protection of the marine environment, Kuwait. 483p.

Jain, C.K. and Sharma, C.k. 2001. Distribution of trace metals in the Hindon river system, India. Journal of Hydrology. 253: 81-90.

Hakanson, L. 1980. An ecological risk index for aquatic pollution control-a sediment ecological approach. Water Research. 14: 975-1001.

Pekey, H. 2006. The distribution and sources of heavy metals in Izmit Bay surface sediments affected by a polluted stream. Marine Pollution Bulletin. 52: 1197-1208.

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-07-04]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1391.2.3.5.9]

Singh, K. P., Mohan, D., Singh, V. K. and Malik, A. 2005. Studies on distribution and fractionation of heavy metal sinGomti river sediments—a tributary of the Ganges. Journal of Hydrology. 312: 14-27.

Szefer, P., Glasby, G. P., Stuben, D., Kusak, A., Geldon, J., Berner, Z., Neumann, T. and Warzocha, J. 1999. Distribution of selected trace metals and rare earth elements in surficial sediments from the polish sector of the Vistula Lagoon. Chemosphere. 39: 2785- 2798.

Yap, C. K., Ismail, A., Tan, S. G. and Omar, H. 2002. Correlations between speciation of Cd, Cu, Pb and Zn in sediment and their concentrations in total soft tissue of green-lipped mussel *Pernaviridis* from the west coast of Peninsular Malaysia. Environment International. 28(1-2): 117-26.

Wei. B., Jiang. F. Li. X. and Mu. S. 2010. Heavy metal induced ecological risk in the city of Urumqi, NW China. Environmental Monitoring and Assessment. 160: 33-45.

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-07-04]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1391.2.3.5.9]