

مطالعه تجمع فلزات سنگین در رسوبات بستر مانگرو، خور گابریک (جاسک)

رضوان زارع زاده^{۱*}، پیمان رضائی^۲

^۱دانشجوی دکتری رسوب شناسی و سنگ شناسی رسوبی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران
^۲استادیار گروه زمین شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۲/۸ - تاریخ تصویب: ۹۳/۸/۲۵)

چکیده:

رویشگاه مانگرو منطقه گابریک در شرق استان هرمزگان، از مهم‌ترین مناطق حفاظت‌شده حرا است. این منطقه در سواحل عمان واقع شده است. این گستره به دلیل قرار گرفتن در شرایطی از قبیل احداث سد جگین بر رودخانه گابریک، خشک شدن جنگل و از بین رفتن درختان حرا به علت وجود تپه‌های ماسه‌ای و آلودگی‌ها در معرض تهدیدات بیشتر و احتمالاً نابودی قرار گرفته است. با توجه به اهمیت این زیستگاه دریایی، برخی از پارامترهای رسوب شناسی و ژئوشیمیایی رسوبات بستر این مانگروها مورد سنجش قرار گرفته است. در این مطالعه به منظور دانه‌بندی از روش هیدرومتری و برای تعیین میزان ماده آلی از کوره الکتریکی در دمای ۵۰۰ درجه به مدت ۶ ساعت استفاده شد. میزان کربنات کلسیم به روش تیتراسیون مورد سنجش قرار گرفت و برای تعیین غلظت فلزات سنگین سرب، روی و نیکل؛ تجزیه شیمیایی به روش جذب اتمی با دستگاه جذب اتمی مدل Thermo-solaar (دقت ۱ µg/g) انجام پذیرفت. نتایج حاصله نشان داد که در رسوبات مورد مطالعه، برتری با ذرات در اندازه ماسه بوده و میزان متوسط کربنات کلسیم ۲۷٪ و مواد آلی ۳۶٪ است. دامنه غلظت عناصر برای سرب، روی و نیکل به ترتیب با مقدار میانگین ۶۷/۶۳، ۶۹/۶۳ و ۸۶/۵۳ (بر حسب µg/g) در نمونه‌های برداشت‌شده به دست آمد. با محاسبه شاخص‌های مولر، ضریب آلودگی، درجه آلودگی اصلاح‌شده، شاخص ارزیابی ریسک اکولوژی و مقایسه مقدار عناصر نسبت به میانگین شیل و استانداردهای چین و آمریکا مشخص شد که رسوبات بستر مانگرو منطقه گابریک نسبت به عنصر روی فاقد آلودگی و نسبت به عناصر سرب و نیکل دارای آلودگی است. میزان هیچ یک از فلزات بر اساس استانداردهای جهانی، در حد بحرانی نمی‌باشد. ریسک اکولوژیک کل فلزات کم است. با توجه به این نکته که خور گابریک، منطقه اصلی صیادی (اسکله صیادی) در شهرستان جاسک است؛ بالا بودن میزان آلودگی سرب و نیکل را شاید بتوان به تعمیر و نگهداری شناورهای صیادی، قاچاق و تخلیه ترکیبات نفتی در منطقه و ورود فاضلاب انسانی نسبت داد.

واژگان کلیدی: منطقه گابریک، جنگل مانگرو، فلزات سنگین، شاخص آلودگی

۱- مقدمه

موجودات زنده تجمع پیدا می‌کنند، پس خصوصیات ژئوشیمیایی رسوبات به شناسایی و تفسیر منابع آلودگی کمک شایانی می‌کنند (Forstner *et al.*, 1986). همچنین می‌توان بیان داشت که اگرچه رسوبات محل نهایی تجمع فلزات سنگین در محیط آبی هستند، اما تحت شرایطی خود می‌توانند به عنوان منبع آلودگی در آب عمل کنند (Berkowitz *et al.*, 2008; Yu *et al.*, 2001; Izquierdo *et al.*, 1997). مانگروها درختان یا درختچه‌هایی مختص کرانه‌های کم شیب با رسوبات دانه ریز می‌باشند که نواحی جزر و مدی گرمسیری و همچنین حاشیه مصب‌ها دیده می‌شوند و با زندگی در آب‌های شور و لب شور با تناوب غرقابی سازگار شده‌اند (Duke, 1992). جنگلهای مانگرو در نواحی گرمسیری و نیمه گرمسیری حد فاصل عرضهای ۳۰ درجه شمالی تا ۲۰ درجه جنوبی پراکنش دارند (Spalding *et al.*, 1997). اکوسیستمهای مانگرو در ایران به واسطه دارا بودن منابع حساس بیوفیزیکی، اهمیت زیستگاهی، پرورشگاهی، تنوع زیستی، غذای جانداران و وجود گونه‌های در معرض خطر و کمیاب، واقع شدن در آستانه دامنه اکولوژیک شرایط زیست‌محیطی، حساسیت به آلاینده‌ها و مشکلات ناشی از پاکسازی آلاینده‌ها در ردیف یکی از مهم‌ترین مناطق حساس دریایی ایران قرار دارند که این امر ضرورت مطالعات جامع این اکوسیستم‌ها را بیش از پیش ساخته است. ارزیابی غلظت فلزات سنگین در رسوبات مانگروها در بسیاری از نقاط دنیا نشان داده است که می‌تواند منعکس کننده فعالیت‌های طولانی

آلودگی یکی از مهم‌ترین مسایل در حفاظت دریاها و حفظ تعادل بوم شناختی آب‌ها محسوب می‌شود. آلودگی محیط ناشی از فلزات سنگین اکنون به مشکلی در مقیاس جهانی تبدیل شده است (Nriagu & Pacyna, 1988). زیست‌بوم‌های آبی به دلیل این که از قابلیت‌های بالاتری از نظر توسعه برخوردارند، در معرض خطرات جدی تری از فلزات سنگین قرار دارند. از سوی دیگر ریزش‌های جوی و جاری شدن رواناب‌ها به سمت دریا مقادیر زیادی از فلزات سنگین تولیدشده در زیست‌بوم‌های خشکی را که از فعالیت‌های انسانی و یا طبیعی ناشی می‌شود به زیست‌بوم‌های دریایی می‌رساند. هنگامی که فلزات وارد این نواحی می‌شوند، بیشتر آن‌ها ته نشین می‌شود و با رسوبات، مواد آلی، اکسیدهای آهن و منگنز، سولفیدها و رس‌ها ترکیب می‌شوند (Wang & Chen, 2000)، بنابراین رسوبات دریایی جذب‌کننده فلزات سنگین محسوب شده و یکی از شاخص‌های ارزیابی میزان آثار عملکرد انسانی را در این زیست‌بوم‌ها فراهم می‌آورند (Guzman & Jimenez, 1992). مطالعات ژئوشیمیایی رسوبات پیکره‌های آبی مانند رودخانه‌ها، مصب‌ها و بستر دریاها، می‌تواند گام مؤثری برای یافتن منشأ رسوبات، الگوی پراکنش عناصر و ارزشیابی محیط زیستی وضعیت آلاینده‌های موجود در یک منطقه باشد (Shajan, 2001). از سوی دیگر، خورها و سواحل به عنوان مناطق ته نشینی بسیار مهمی برای آلاینده‌ها محسوب می‌شوند و آلاینده‌ها بر روی رسوبات و

گابریک با استفاده از شاخص‌های آلودگی، مطالعه منشأ این آلودگی‌ها و مقایسه با برخی استانداردهای جهانی است.

۲- مواد و روش‌ها

رویشگاه منطقه گابریک به مساحت ۲۷۷۱۲ هکتار با مختصات $25^{\circ} 35'$ شمالی و $58^{\circ} 20'$ شرقی در ۷۰ کیلومتری بندر جاسک شرق استان هرمزگان واقع شده است و شرقی‌ترین مناطق حفاظت‌شده حرا استان هرمزگان است. این منطقه شامل خورهای متعددی است. منطقه مورد مطالعه دارای اقلیم خشک و بیابانی است. متوسط بارش سالیانه معادل $149/07$ میلی‌متر است، میانگین دمای ماهیانه منطقه مورد مطالعه $27/49$ درجه سانتی‌گراد که از حداقل $21/23$ درجه سانتی‌گراد در دی ماه تا حداکثر $32/63$ درجه سانتی‌گراد در خردادماه در نوسان است. همچنین رطوبت نسبی متوسط ماهانه ۷۰ درصد است. جهت بادهای غالب منطقه از سمت جنوب غربی است. رودخانه فصلی گابریک، رودخانه جگین، رودخانه فصلی کهنه کور در حرای گابریک جریان دارند. مطالعات صحرای و نمونه‌برداری در تابستان ۱۳۹۲ از خور گابریک، شرقی‌ترین خور شهرستان جاسک صورت گرفت و از ۱۴ ایستگاه، تعداد ۲۸ نمونه (نمونه اصلی و شاهد) برداشت شد (شکل ۱).

نمونه‌برداری از رسوبات سطحی پهنه گلی (عمق ۱۰ سانتی‌متری) با بیلچه‌های پلاستیکی و نمونه‌های بستر با گرب از داخل شناور صورت پذیرفت. نمونه‌ها در کیسه‌های پلاستیکی پلی‌اتیلن قرار گرفت و به

مدت انسان از نظر ورود آلاینده‌های باشد (Tam & Wong,2000; Harris & Santos,2000). مطالعه Einollahipeer و همکاران در سال ۲۰۱۳ بر روی جنگل‌های مانگرو جزیره قشم باهدف مطالعه آلودگی‌های فلزات سنگین منطقه نشان داد که در مقایسه فلزات Cu,Pb,Ni,Zn با مقادیر استاندارد داخلی و جهانی، نشان می‌دهد که تنها میزان Ni موجود در رسوبات دارای حد بحرانی است.

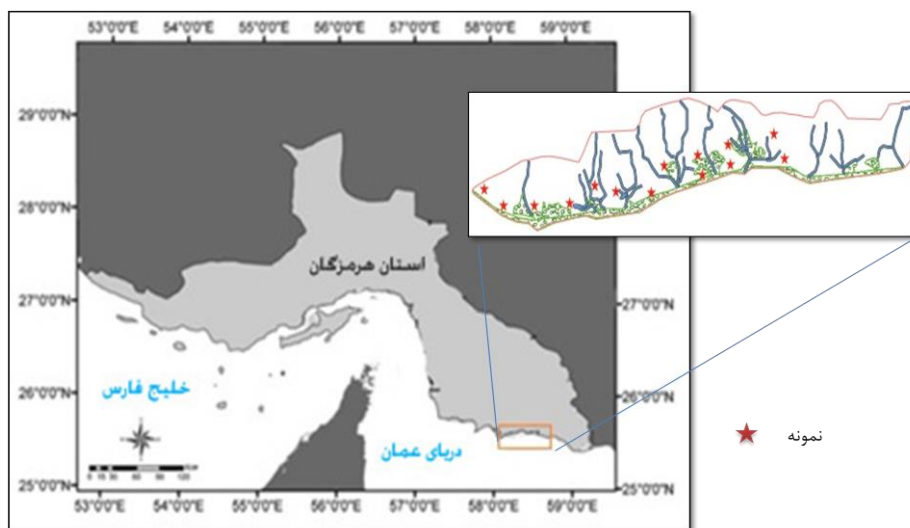
Machado و همکاران در سال ۲۰۰۸ فلزات سنگین موجود در رسوبات مانگروهای خلیج گوانابارا^۱ را مطالعه کرده‌اند، فلزات سنگین غالب در این رسوبات عبارت‌اند از Cr,Ni, Mn, Fe. جابجایی فلزات در حرا عمدتاً به فرم اکسیدها و اکسی هیدروکسیدها صورت می‌گیرد و سپس توسط باکتری‌های تجزیه کننده مواد آلی حل شده و منجر به افزایش این فلزات در فاز محلول شده است. فلزات محلول با ترکیبات آلی و سولفیدها رسوب داده شده‌اند. در نهایت اشاره داشته‌اند که دیاژنز مواد آلی عامل اصلی جابجایی و رسوب فلزات سنگین است.

با توجه به اینکه رویشگاه مانگرو خور گابریک، زیست‌بوم ویژه‌ای در میان جوامع مانگرو دریای عمان به شمار می‌آید و همچنین این گستره به دلیل قرار گرفتن در شرایطی از قبیل احداث سد جگین بر رودخانه گابریک، خشک شدن جنگل و از بین رفتن درختان حرا به علت وجود تپه‌های ماسه‌ای و آلودگی‌ها در معرض تهدیدات بیشتر و احتمالاً نابودی قرار گرفته است، هدف از این مطالعه ارزیابی آلودگی فلزات سنگین رسوبات بستر و سطحی مانگرو منطقه

¹ Guanabara Bay

آنالیز در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شده‌اند.

آزمایشگاه مرکز سنجش سازمان حفاظت محیط‌زیست استان هرمزگان منتقل شد و تا زمان



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه و نقاط نمونه‌برداری

مطالعه به روش هیدرومتری صورت پذیرفت. همچنین جهت مشخص کردن نرمال بودن داده‌ها از آزمون کولوموگراف- اسمرینوف استفاده شد که همه داده‌ها نرمال بودند و به منظور تدوین مناطق همگن از نظر غلظت عناصر سنگین (درجه آلودگی) از آنالیز خوشه‌ای به روش وارد استفاده شده است. آنالیز خوشه‌ای، گزینه‌های هم وزن را به هم متصل می‌کند تا خوشه‌های بزرگتر ایجاد شود و تشابهات مابین نمونه‌ها را سنجش و ارزیابی نماید (Anazawa, 2004). این آنالیز در حقیقت، یک روش آماری چند متغیره است که در این مطالعه به منظور منشأ یابی آماری عناصر (Adama et al., 2005) از نرم‌افزار

پس از خشک کردن نمونه‌ها در آون با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد، ذرات کوچک‌تر از ۲ میلی‌متر جدا و فرآیند آماده سازی به روش هضم (تیزاب سلطانی (مخلوط ۳ به ۱ اسید کلریدریک و اسید نیتریک) و اسید هیدرو فلوریک) برای تجزیه شیمیایی به روش جذب اتمی با دستگاه جذب اتمی مدل Thermo-solaar (دقت ۱ $\mu\text{g/g}$) انجام پذیرفت. برای تعیین ماده آلی از کوره الکتریکی در دمای ۵۰۰ درجه و مدت ۶ ساعت استفاده شد (Daessle, 2009; Abrantes et al., 1999). میزان کربنات کلسیم به روش تیتراسیون مورد سنجش قرار گرفت (Lewis & Meconcli, 1994). دانه‌بندی رسوبات مورد

$$\lg eo = \log_2 \frac{Cn}{1.5} \times$$

Bn

Igeo شاخص تجمع ژئوشیمیایی یا شدت آلودگی در رسوبات

Cn غلظت اندازه‌گیری شده عنصر در رسوبات ریز با قطر کمتر از ۲ میلی‌متر Bn غلظت عنصر مورد نظر در نمونه زمینه (در این مطالعه شیل به عنوان نمونه زمینه در نظر گرفته شده است) (جدول ۱) (Turkian & Wedepohl, 1961).

فاکتور ۱/۵ به دلیل احتمال اختلاف غلظت اولیه رسوبات حاصل از عوامل زمین ساختی گنجانده شده است. شاخص زمین انباشتگی ۷ گروه دارد (جدول ۲) که بر اساس آن رسوبات از غیر آلوده تا به شدت آلوده طبقه‌بندی شده است (Gonzales et al., 2006).

17. SPSS استفاده شده است. از ضرایب همبستگی

که با نرم‌افزار به دست آمد، برای دستیابی به ضرایب تشابه و رسم دندوگرام استفاده می‌شود. پس از انجام تجزیه های شیمیایی و ثبت داده‌ها، با استفاده از شاخص‌های زیست‌محیطی شدت آلودگی و نحوه پراکنش آن‌ها مشخص گردید. این شاخص‌ها عبارت‌اند از:

شاخص ژئوشیمیایی مولر

این شاخص برای اولین بار به وسیله مولر (Igeo) پیشنهاد و اندیس مولر نامیده شد که اساس آن بر فرمول رابطه ۱ استوار است (Muller, 1969).

رابطه ۱

جدول ۱: غلظت عناصر در نمونه شیل (Turkian & Wedepohl, 1961).

عنصر	میانگین شیل	حداکثر	حداقل	میانگین
روی	۹۵	۵۰	۱۳	۲۷/۷۷
سرب	۲۰	۲۲	۷	۱۴/۴۴
نیکل	۵۰	۴۳	۳۲	۳۷/۱۱

جدول ۲: طبقه‌بندی شاخص زمین انباشتگی (Gonzales et al., 2006).

وضعیت آلودگی رسوب یا ذرات معلق	شاخص زمین انباشتگی
غیر آلوده	۰ >
غیر آلوده تا آلودگی متوسط	۰-۱
آلودگی متوسط	۱-۲
آلودگی متوسط تا شدید	۲-۳
آلودگی شدید	۳-۴
آلودگی شدید تا بسیار شدید	۴-۵
آلودگی بسیار شدید	۵ <

شاخص ضریب آلودگی^۲

ضریب آلودگی از تقسیم کردن غلظت عنصر در نمونه برداشت شده به غلظت همان عنصر در نمونه زمینه (غلظت همان عنصر در نمونه شیل) به دست می‌آید و بیانگر میزان آلودگی رسوبات به عناصر سنگین است (Hakanson, 1980). این شاخص از رابطه ۲ محاسبه می‌گردد (جدول ۳).

$$CF = \frac{C_{\text{sample}}}{C_{\text{background}}} \quad \text{رابطه ۲}$$

درجه آلودگی اصلاح شده^۳

Abraham & Parker در سال ۲۰۰۸ شاخص ارائه شده از سوی Hakanson (1980) (شاخص درجه آلودگی اصلاح شده) را به صورت رابطه ۳ معرفی کردند؛ که در آن CF فاکتور آلودگی و n تعداد پارامترهای مورد بررسی است. در این رابطه به دلیل فرآیند میانه گیری فوق، مقادیر انباشتگی هر آلاینده منفرد در نتیجه نهایی بدون تأثیر خواهند بود (جدول ۴). در این رابطه n بیانگر تعداد عناصر آنالیز شده و i نشان دهنده i امین عنصر یا آلاینده است.

$$mC_d = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n CF \quad \text{رابطه ۳}$$

شاخص ارزیابی ریسک اکولوژیک^۴

برای ارزیابی ریسک اکولوژیک رسوبات محیط‌های آبی شاخصی به صورت رابطه زیر بیان کرد (Hakanson, 1980).

رابطه ۴

$$PERI = \sum_{i=1}^m Er \quad Er = Tr \times CF$$

Er پتانسیل ریسک اکولوژیکی هر یک از عناصر و RI بیانگر پتانسیل ریسک اکولوژیک کل فلزات (تجمیعی) است. بر اساس نظر Hakanson (1980) Tr به صورت ضریب سمیت تعریف شده که مقادیر آن برای فلزات روی، کروم، سرب، مس و کادمیوم به ترتیب ۱، ۲، ۵، ۵ و ۳۰ بیان شده است (جدول ۵).

^۲ CF

^۳ mC_d

^۴ PERI

جدول ۳: طبقه‌بندی ارزیابی ضریب آلودگی (Hakanson,1980).

مقدار فاکتور آلودگی CF	درجه آلودگی
$CF < 1$	بسیار کم
$1 \leq CF \leq 3$	آلودگی متوسط
$3 \leq CF \leq 6$	آلودگی قابل توجه
$CF \geq 6$	آلودگی بسیار زیاد

جدول ۴: طبقه‌بندی ضریب آلودگی (Abraham & Parker, 2008)

وضعیت آلودگی رسوب	محدوده شاخص mCd
درجه بسیار پایین از آلودگی	$mCd \leq 1/5$
درجه پایین از آلودگی	$1/5 \leq mCd \leq 2$
درجه متوسط از آلودگی	$2 \leq mCd \leq 4$
درجه بالا از آلودگی	$4 \leq mCd \leq 8$
درجه بسیار بالا از آلودگی	$8 \leq mCd \leq 16$
به شدت بسیار بالا آلوده	$16 \leq mCd \leq 32$
آلودگی با درجه بسیار زیاد	$mCd \geq 32$

جدول ۵: طبقه‌بندی شاخص ارزیابی ریسک اکولوژیکی (Hakanson,1980)

طبقه‌بندی	شاخص ارزیابی ریسک اکولوژیکی
کم	$PERI < 150$
متوسط	$150 \leq PERI \leq 300$
قابل قبول	$300 \leq PERI \leq 600$
بسیار بالا	$PERI \geq 600$

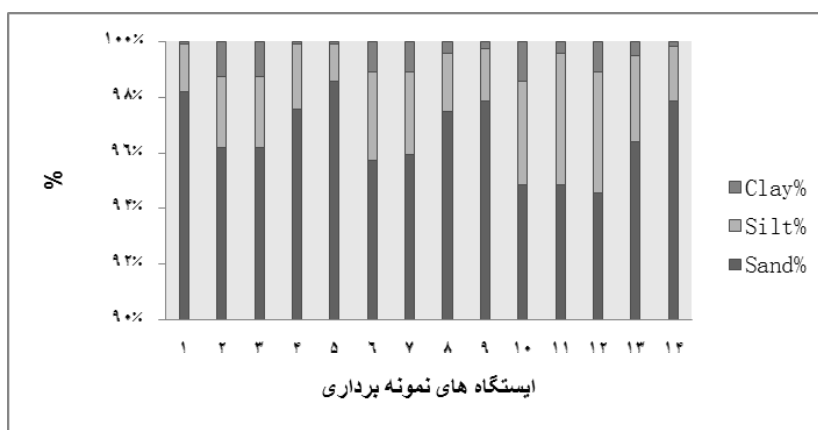
۳- نتایج

۲-۳ درصد مواد آلی و کربنات کلسیم

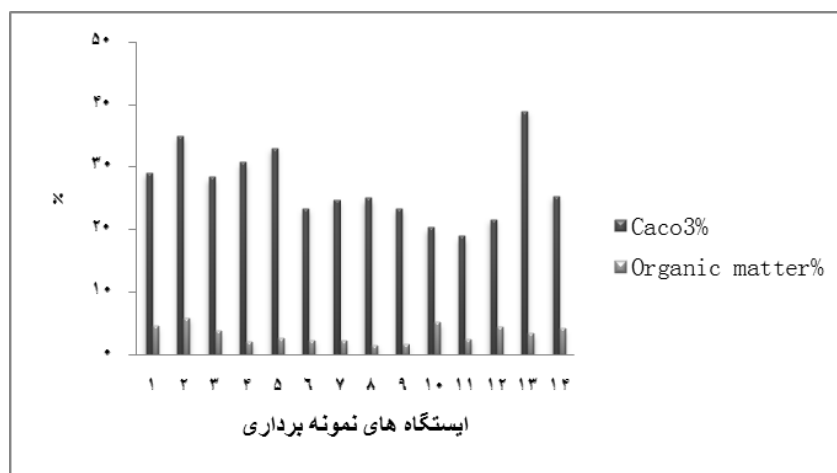
با توجه به شکل ۳ می‌توان مشاهده نمود که حداکثر میزان کربنات کلسیم ۳۹٪ در ایستگاه ۱۳ و حداقل آن ۱۹٪ در ایستگاه ۱۱ است و همچنین حداکثر میزان مواد آلی ۵/۹٪ در ایستگاه ۲ و حداقل میزان آن در ایستگاه ۸ مشاهده شده است. میانگین میزان کربنات کلسیم و مواد آلی در ۱۴ ایستگاه مورد مطالعه به ترتیب ۲۷/۰۳٪ و ۳/۴٪ است. در نمونه‌های مورد مطالعه تجمع مواد آلی و کربنات کلسیم روند خاصی را نشان نمی‌دهند.

۱-۳ اندازه ذرات

نمودار دانه‌بندی رسوبات در شکل ۲ نشان داده شده است، در نمونه‌های تمامی ایستگاه‌ها میزان ماسه غالب است. حداکثر میزان ماسه در ایستگاه ۵ (۹۸/۵۶٪)، حداکثر میزان سیلت در ایستگاه ۱۱ (۴/۷۲٪) و حداکثر میزان رس در ایستگاه ۱۰ (۱/۴۴٪) مشاهده شده است. برتری ماسه‌های موجود در تمامی ایستگاه‌ها معرف حضور ماسه‌های بادی فراوان در منطقه است.



شکل ۲: نمودار دانه‌بندی رسوبات بستر مانگرو خور گابریک



شکل ۳: میزان ماده آلی و کربنات کلسیم در منطقه مورد مطالعه

۳-۳ غلظت فلزات سنگین در رسوبات

که مشاهده شده است میانگین غلظت فلزات سنگین مذکور به ترتیب ۹۷/۵۶، ۶۸/۸۳ و ۸۳/۸۸ میکروگرم بر گرم است.

در جدول ۶ مشخصات آماری عناصر سنگین سرب، روی و نیکل در ۱۴ ایستگاه رسوبات بستر جنگل مانگرو خور گابریک نشان داده شده است. همان‌گونه

جدول ۶: غلظت میانگین دو تکرار فلزات سنگین رسوبات رویشگاه مانگرو (خور گابریک) (µg/g)

Ni(µg/g)	Pb(µg/g)	Zn(µg/g)	ایستگاه‌ها
۹۱/۲	۳۶	۶۷/۵	۱
۷۴/۷	۳۵/۷	۶۰	۲
۱۰۱	۴۰/۵	۶۶	۳
۷۲	۴۴/۷	۶۴	۴
۶۷/۲	۱۷۹/۵	۱۶۲	۵
۹۴/۷	۴۴۸/۵	۲۲/۵	۶
۹۳/۷	۶۴/۸	۵۴/۷	۷
۸۶/۳	۵۳/۲	۷۲/۵	۸
۷۳/۳	۷۵/۸	۶۳/۵	۹
۶۳	۷۹/۸	۶۱/۵	۱۰
۹۳	۷۲/۲	۷۴/۲	۱۱
۸۰	۷۲/۵	۶۸	۱۲
۱۰۹/۳	۸۹/۷	۵۹/۸	۱۳
۷۵	۷۳	۶۷/۵	۱۴
۸۳/۸۸	۹۷/۵۶	۶۸/۸۳	میانگین
۲۲/۵	۳۵/۷	۶۳	حداقل
۱۶۲	۴۴۸/۵	۱۰۹/۳	حداکثر
۱۳/۷۰	۱۰۷/۱۶	۲۹/۵۴	انحراف معیار

جدول ۷: مقادیر شاخص ژئوشیمیایی مولر فلزات سنگین برای رسوبات منطقه مورد مطالعه

ایستگاه‌ها	Zn(μg/g)	Pb(μg/g)	Ni (μg/g)
۱	۲/۶۳	۲/۸۵	۳/۴۸
۲	۲/۵۷	۲/۶۷	۳/۳۹
۳	۲/۶۲	۲/۷۳	۳/۵۲
۴	۲/۶	۲/۷۷	۳/۳۸
۵	۲/۰۱	۳/۳۷	۳/۳۵
۶	۲/۱	۳/۷۷	۳/۴۹
۷	۲/۵	۲/۹۳	۳/۴۹
۸	۲/۵	۳/۰۷	۳/۵۶
۹	۲/۶	۲/۹۸	۳/۳۹
۱۰	۳/۶	۳	۳/۳۸
۱۱	۳/۵۹	۳/۰۲	۳/۳۲
۱۲	۳/۶۷	۲/۹۸	۳/۴۹
۱۳	۳/۶۳	۲/۹۸	۳/۴۲
۱۴	۳/۵۷	۳/۰۸	۳/۵۶

بر اساس نتایج حاصله می‌توان بیان داشت که غلظت عناصر در رسوبات مورد مطالعه در رده ۳ و ۴ مولر (متوسط تا خیلی آلوده) قرار می‌گیرند و شدت آلودگی این عناصر به شرح زیر است: نیکل با میزان ۳/۴۴ میکروگرم بر گرم بالاترین شدت آلودگی، سرب با میزان ۳/۰۱ میلی‌گرم بر گرم پارامتر دوم آلودگی در منطقه و روی با میزان ۲/۸۷ میکروگرم بر گرم دارای آلودگی متوسط در منطقه است. نتایج حاصل از محاسبه ضریب آلودگی رسوبات منطقه مورد مطالعه در جدول ۸ آورده شده است.

بر اساس طبقه‌بندی Hakanson (۱۹۸۰) قابل مشاهده در جدول ۳ ضریب آلودگی نمونه‌های در رده‌های $CF \leq 1$ (ضریب آلودگی پایین تا متوسط) تا $1 \leq CF \leq 3$ (ضریب آلودگی متوسط تا قوی) قرار می‌گیرند. در جدول ۹ نتایج درجه آلودگی اصلاح شده و طبقه‌بندی ارزیابی وضعیت آلودگی رسوبات بر اساس این شاخص ارائه شده است.

جدول ۸: نتایج شاخص ضریب آلودگی در رسوبات مورد مطالعه

ایستگاه‌ها	Zn(μg/g)	Pb(μg/g)	Ni (μg/g)
۱	۰/۷۱	۱/۸	۱/۸۲
۲	۰/۶۶	۱/۷۸	۱/۴۹
۳	۰/۷	۲/۰۳	۲/۰۲
۴	۰/۶۷	۲/۲۳	۱/۴۴
۵	۱/۷	۸/۲	۱/۳۴
۶	۰/۲۳	۲/۲۴	۱/۸۹
۷	۰/۵۷	۳/۲۴	۱/۸۷
۸	۰/۶۲	۴/۴۸	۲/۱۸
۹	۰/۷۱	۳/۶۵	۱/۵
۱۰	۰/۶۶	۳/۷۹	۱/۴۶
۱۱	۰/۶۴	۳/۹۹	۱/۲۶
۱۲	۰/۷۱	۳/۶۱	۱/۸۶
۱۳	۰/۷۱	۳/۶۲	۱/۶
۱۴	۰/۶۲	۴/۴۸	۲/۲۱

جدول ۹: مقادیر شاخص درجه آلودگی اصلاح شده نمونه‌های مورد مطالعه

عناصر	Zn	Pb	Ni
mCd	۰/۷۳	۳/۲۹	۱/۷۲
رده‌بندی درجه آلودگی (Abraham& Parker,2008)	$\leq 1/5$ mCd	$2 \leq mCd \leq 4$	$1/5 \leq mCd \leq 2$

می‌دهند. بر اساس این نتایج می‌توان بیان داشت که آلودگی سرب ناشی از فعالیت‌های انسانی (زمین‌های دفع فاضلاب) و نیکل ناشی از سوخت‌های فسیلی است و به شدت جذب رسوبات می‌شود. در نمونه‌های مورد مطالعه پتانسیل ریسک اکولوژیک کل فلزات

بر اساس طبقه‌بندی (Abraham& Parker,2008) شاخص درجه آلودگی نمونه‌های مورد مطالعه به دین شرح است: آلودگی روی در رسوبات مورد مطالعه درجه بسیار پایین از آلودگی، سرب درجه بالا از آلودگی و نیکل درجه متوسط از آلودگی را نشان

طوری که اعداد مثبت نشانه ارتباط مستقیم و اعداد منفی نشانه ارتباط معکوس است. ضرایب همبستگی عناصر سنگین در رسوبات مورد مطالعه با آزمون همبستگی پیرسون به منظور تفسیر آماری رابطه عناصر سنگین با یکدیگر و منشأ یابی آن‌ها استفاده شده است. مقدار ضریب همبستگی عناصر سنگین این رسوبات در جدول ۱۰ ارائه شده است.

برابر با ۱۰۵ است که با توجه به طبقه‌بندی ریسک اکولوژیک (Hakanson) (1980) در محدوده ۱۵۰ $RI <$ (ریسک اکولوژیک کم) قرار می‌گیرد.

۳-۴ بررسی ضرایب همبستگی

ضریب همبستگی پیرسون بین عناصر، ارتباط بین چگونگی توزیع عناصر مختلف را نشان می‌دهد، به

جدول ۱۰: ضرایب همبستگی پیرسون عناصر، کانی رسی و مواد آلی در سطح اطمینان ۹۰٪

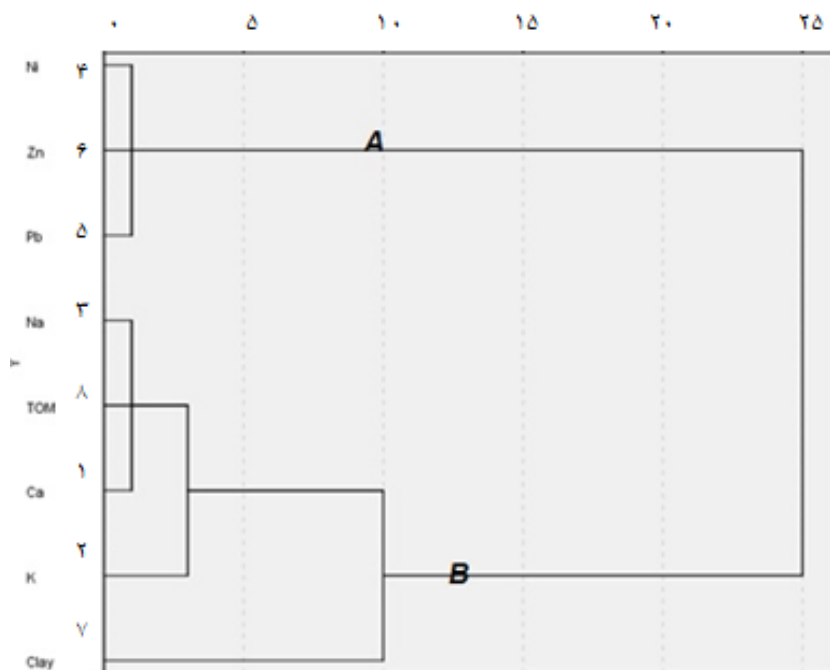
TOM	Clay	Zn	Pb	Ni	Na	K	Ca	
							۱/۰۰	ضریب همبستگی
								سطح معنی‌داری
						۱/۰۰	۰/۱۷	ضریب همبستگی
							۰/۲۸	سطح معنی‌داری
					۱/۰۰	۰/۵۱*	۰/۱۵	ضریب همبستگی
						۰/۰۳	۰/۳۰	سطح معنی‌داری
				۱/۰۰	۰/۱۸	-۰/۲۳	-۰/۰۲	ضریب همبستگی
					۰/۲۷	۰/۲۱	۰/۴۷	سطح معنی‌داری
			۱/۰۰	۰/۰۱	۰/۳۹*	۰/۳۷	۰/۵۵*	ضریب همبستگی
				۰/۴۹	۰/۰۸	۰/۱۰	۰/۰۲	سطح معنی‌داری
		۱/۰۰	-۰/۳۲	-۰/۳۹*	-۰/۶۰*	۰/۰۴	-۰/۱۲	ضریب همبستگی
			۰/۱۳	۰/۰۸	۰/۰۱	۰/۴۵	۰/۳۵	سطح معنی‌داری
	۱/۰۰	-۰/۵۰*	۰/۰۸	۰/۲۶	۰/۱۰	-۰/۳۲	۰/۰۵	ضریب همبستگی
		۰/۰۴	۰/۳۹	۰/۱۸	۰/۳۷	۰/۱۳	۰/۴۳	سطح معنی‌داری
۱/۰۰	۰/۲۶	۰/۰۲	-۰/۳۹	-۰/۱۴	-۰/۳۸*	-۰/۳۴	-۰/۱۱	ضریب همبستگی
	۰/۱۸	۰/۴۸	۰/۱۶	۰/۳۲	۰/۰۹	۰/۱۲	۰/۳۵	سطح معنی‌داری

می‌توان ناشی از بالاتر بودن میزان ماسه در سایر نمونه‌ها و پایین تر بودن میزان سیلت و رس با قدرت جذب بالا دانست. از سوی دیگر میزان ماده آلی در نمونه‌ها پایین بوده که می‌تواند دلیل دیگر این همبستگی پایین باشد. نتایج آنالیز در شکل ۴ آمده است. دندوگرام از دو شاخه تشکیل شده است. شاخه

نتایج حاصل نشان می‌دهد که بین سرب با سدیم، سرب با کلسیم و سدیم با پتاسیم همبستگی مثبتی و معنی‌دار بالایی وجود دارد اما ضریب همبستگی میان روی و سدیم، روی و نیکل، رس و روی، ماده آلی کل و سدیم رابطه منفی و معنی‌دار وجود دارد. همچنین عدم ارتباط معنی‌دار در سایر عناصر و پارامترها را

سدیم، پتاسیم، کلسیم، رس و ماده آلی است.

A شامل عناصر سرب، روی و نیکل است و معرف منشأ یکسان این عناصر است. شاخه B شامل عناصر



شکل ۴: دندوگرام آنالیز خوشه‌ای عناصر سنگین در رسوبات بستر مانگروهای گابریک

از معیارهایی هستند که با در نظر گرفتن غلظت عناصر در نمونه زمینه روند آلودگی را نشان می‌دهند. توالی غلظت فلزات اندازه‌گیری شده در رسوبات ایستگاه‌های مختلف روی درجه بسیار پایین از آلودگی، سرب درجه بالا از آلودگی و نیکل درجه متوسط از آلودگی را نشان می‌دهند و ریسک اکولوژیک کل فلزات کم است. مناطق ساحلی مانگرو منطقه گابریک از نظر وجود صنایع و معادن فقیر است. درحالی‌که منطقه اصلی صیادی میگو و ماهی (اسکله صیادی) شهرستان جاسک است. غلظت بالای

۴- بحث و نتیجه‌گیری

جنگل‌های مانگرو نسبت به آلودگی بسیار حساس بوده و به دلیل میزان زیاد مواد آلی طبیعی در بستر و درصد زیاد رس، محلی مناسب جهت تجمع فلزات سنگین ورودی به این محل می‌باشد که لزوم مطالعات بیشتر بر اثرات این فلزات بر روی این بوم سامانه را نمایان می‌سازد. در مطالعات زیست‌محیطی شاخص زمین انباشتگی، ضریب آلودگی، درجه آلودگی اصلاح‌شده و شاخص ارزیابی ریسک اکولوژی

از کلسیم، میزان حضور در فازهای سست بیشتر است. یکی از روش های متداول در توصیف داده های حاصل از تعیین آلاینده ها، استفاده از راهنمای کیفیت رسوبات است که در آن، نتایج بدست آمده با مقادیر مرجع و مجاز مقایسه می گردد. مقایسه مقادیر حاصل از این مطالعه با مقادیر میانگین فلزات سنگین در شیل، رسوبات خلیج فارس، بستر مانگرو در ایران و استانداردهای جهانی در جدول ۱۱ مشاهده می گردد. نتایج حاصل از این مقایسه نشان می دهد که میزان فلزات سنگین سرب، روی و نیکل بیش از میزان این فلزات در رسوبات مانگرو قشم و رسوبات شیلی بوده است درحالی که در رسوبات مانگرو بیدخون و بساتین استان بوشهر میزان سرب و روی بالاتر بوده است و رویشگاه منطقه سیریک میزان هر سه عنصر نسبت به مطالعه حاضر بالاتر است. با توجه به عدم وجود استانداردهای ملی، نمونه ها با استانداردهای خارجی مقایسه شده اند. میزان هیچ یک از فلزات از استانداردها بالاتر نبوده و از میزان بحرانی برخوردار نمی باشند درحالی که میزان نیکل در رسوبات مانگرو منطقه سیریک در حد بحرانی بوده است.

این آلودگی بالای نیکل و سرب رسوبات بستر مانگرو گابریک را با توجه به بالا بودن این فلزات در سوخت های فسیلی می توان به اسکله صیادی و فعالیت شناورهای صیادی، قاچاق و تخلیه سوخت در منطقه و ورود فاضلاب انسانی به آنجا نسبت داد.

نیکل در رسوبات، اصولاً ناشی از منابع انسانی مثل تردد کشتی ها، قایق ها و نفتکش ها، نفت خام، فاضلاب های شهری و صنعتی است (Pourang et al., 2005). از آنجایی که این ایستگاه محل تعمیر، شستشو و رنگ کشتی ها و قایق ها است، همه روزه کشتی ها و قایق های مختلفی برای رنگ کاری و تعمیر در این اسکله کناره گیری می کنند. به طور کلی عنصر سرب در ترکیبات رنگها وجود دارد (El Tokhi et al., 2008). در رنگ کاری ممکن است بخشی از رنگ که محتوی این فلزات است، وارد محیط دریا شده و غلظت این فلزات را در رسوب افزایش دهند. علاوه بر این، سرب در بنزین شناورها و قایق ها نیز وجود دارد و به دلیل ترافیک بالا، حجم بالایی از پساب ناشی از تردد وارد این منطقه می شود. همبستگی پایین فلزات سنگین و رابطه منفی و معنی دار بین روی و سدیم، روی و نیکل، رس و روی، ماده آلی کل و سدیم وجود دارد. نشان دهنده ی میزان پایین ماده آلی و رس در منطقه است. بر اساس دندوگرام می توان بیان داشت که با توجه به حضور مواد آلی و کلسیم شاخه B میل ترکیبی بالایی با مواد آلی و کربنات دارد. ضمناً در مکان هایی که مواد کربناتی در توزیع عناصر، نقش ا یفا می نمایند، معمولاً غلظت عناصر، نسبت به دیگر محیط های رسوبی کمتر است. علت این پدیده را می توان چنین توجیه کرد که به دلیل اشباع شدن ظرفیت رسوبات

جدول ۱۱: مقایسه میزان فلزات سنگین رسوبات مانگرو خور گابریک با مطالعات مشابه و استانداردهای جهانی

Ni($\mu\text{g/g}$)	Pb($\mu\text{g/g}$)	Zn($\mu\text{g/g}$)	فلزات سنگین/ مکان ها و منابع
۸۶/۵۳	۶۷/۶۳	۶۹/۳۳	در این مطالعه
۵۰	۲۰	۹۵	شیل ها
۱۴۳/۵۵	۶۰/۶۴	۶۴/۷۴	خلیج فارس (Karbassi <i>et al.</i> , 2005)
۶۴/۱۴	۹۴/۸۰	۱۸۱/۴۶	رسوبات مانگرو بیدخون و بساتین، استان بوشهر (Davari <i>et al.</i> , 2012)
-	۶۰	۱۵۰	استاندارد اولیه چین (CSBTS,2002)
-	۱۳۰	۳۵۰	استاندارد ثانویه چین (CSBTS,2002)
۴۲/۸	۱۱۲	۲۷۱	استاندارد آمریکا-USEPA (RegionII,1999)
۵۴/۱۲	۴۷/۹۰	۴۳/۶۱	رسوبات مانگرو جزیره قشم (Einollahipeer <i>et al.</i> ,2013)
۱۳۲/۷	۹۹/۴	۱۰۹/۰۵	رسوبات بستر مانگرو منطقه سیریک (zarezadeh <i>et al.</i> , 2014)

REFERENCES

Abraham, G. M. S., Parker, R. J., 2008. Assessment of heavy metal enrichment factors and the degree of contamination in marine sediments from Tamaki Estuary, Auckland, New Zealand. Environ Monit Asses 227,136-123.

Abrantes, A., Pinto, F., Moreira, M., 1999. Ecology of polychaete *Nereis diversicolor*, in the Cannal de Mira(Ria de averio,Portugal). Population dynamics,production and oogenic cycle. Acta Oceanology 20, 267-283.

Adama, P., Arienzo, M., Imporato, M., Noimo, D.,Nardi, G. and Stanzione, D., 2005. Distribution and partition of heavy metals in surface and subsurface sediments of Naples city port. Chemosphere 61, 800- 809.

Anazawa, K, 2004. Heavy Metal Distribution in River Waters and sediments around a Fire Fly Village. Shikoku, Japan. Application of Multivariate Analysis Journal, Analytical Science 20, 79-84.

- Berkowitz, B., Dror, I., Yaron, B., 2008. Contaminant Geochemistry: Interactions and Transport in the Subsurface Environment. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 412p.
- CSBTS (China State Bureau of Quality and Technical Supervision). 2002. The People's Republic of China National Standards GB 18668-2002. Marine Sediment Quality, 10p.
- Daesslé, L.W., 2009. Geochemistry of modern sediments from San Quintín coastal lagoon, Baja California: Implication for provenance. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* 26, 117-132.
- Davari, A., Danekar, A., Khorasani, N., Javanshir A., 2012. Determination of heavy metals in mangrove forests of Booshehr. *Journal of Environment* 38, 27-36.
- Duke, N.C., 1992. Mangrove Floristics and Biogeography, In: *Tropical Mangrove Ecosystems*, A.I. Robertson & D. M. Alongi (eds.), American Geophysical Union. Washington, D. C. (USA).
- Einollahipeer, F., Khammar, S., Sabaghzadeh, A., 2013. A Study on heavy metal concentration in sediment and mangrove (*Avicenia marina*) tissues in Qeshm Island, Persian Gulf. *Journal of Novel Applied Sciences* 10, 498-504.
- El Tokhi, M., Abdelgawad, E., Lotfy, M. M., 2008. Impact of Heavy Metals and Petroleum Hydrocarbons Contamination of the East Port Said Port area, Egypt. *Applied Sciences Research* 4, 1788-1798.
- Forstner, U., Ahlf, W., Calmano, M., Kersten, W., Salomons, W., 1986. Mobility of heavy metals in dredged harbor sediments P.G. Sly (Ed.), *Sediments and Water Interactions*, Springer Verlag, New-York, NY, 371-380.
- Gonzales- Macias, C., Schifter, I., Liuch- Cota, D.B., endez- Rodriguez, L., Hernandez- Vazquez, S., 2006. Distribution, enrichment and accumulation of heavy metals in coastal sediments of Salina Cruz Bay, Mexico. *Environmental Monitoring and Assessment* 118, 211- 230.
- Guzman, H.M., Jimenez, C.E., 1992. Contamination of coral reefs by heavy metals along the Caribbean coast of Central America (Costa Rica and Panama), *Marine Pollution Bulletin* 24, 554-561.
- Hakanson, L., 1980. Ecological risk index for aquatic pollution control, a sedimentological approach. *Water Research* 14, 975-1001.
- Harris, R.R., Santos, M.C.F., 2000. Heavy metal contamination and physiological variability in the Brazilian mangrove crabs, *Ucides cordatus* and *Callinectes danae* (Crustacea: Decapoda). *Marine Biology* 137, 691-703
- Izquierdo, C., Usero, J., Gracia, I., 1997. Speciation of heavy metals in sediments from salt marshes on the southern Atlantic Coast of Spain. *Marine Pollution Bulletin* 34, 123-128.
- Karbassi, A.R., Nabi-Bidhendi, G.H.R., Bayati, I., 2005. Environmental geochemistry of heavy metals in a Sediment core off Bushehr. *Persian Gulf. Iran. Journal Environment Health Science Engineering* 2, 225-260.
- Lewis, D.W., Mc Conchie, D., 1994. *Analytical Sedimentology*. Chapman & Hau. 197p.
- Machado, W., Silva-Filho, E.V., Oliveira, R.R., Lacerda, L.D., 2002. Trace metal retention in mangrove ecosystems in Guanabara Bay, SE Brazil. *Marine Pollution Bulletin* 44, 1277-1280.
- Muller, G., 1969. Index of geoaccumulation in sediments of the Rhine River, *Geo journal* 2, 108-118.
- Nriagu, J.O., Pacyna, J.M., 1988. Quantitative assessment of worldwide contamination of air, water and soils by trace metals. *Nature* 333, 134-139.
- Pourang, N.; Nikouyan, A.; Dennis, J. H., 2005. Trace Element Concentrations In Fish, Surficial

Sediments Andwater From Northern Part Of The Persian Gulf .Environmental Monitoring and Assessment109, 293–316.

Shajan, K.P., 2001. Geochemistry of Bottom Sediments from a River-Estuary-Shelf Mixing Zone on the Tropical Southwest Coast of India. Bulletin of Geological Survey of Japan 52, 371-382.

Spalding, M.D., Blasco, F., Field, C.D., 1997. World Mangrove Atlas. International Society for Mangrove Ecosystems, Okinawa, Japan.

Tam, N.F.Y., Wong. W.S., 2000. Spatial variation of heavy metals in surface sediments of Hong Kong mangrove swamps. Environmental Pollution 110, 195–205.

Tureekian,K.K., Wedepohl, K.H., 1961. Distribution of the elements in some major units of earths crust.Geology Society of American Bulletin 72, 175-192.

USEPA-Region II, USACE-New York District, USDOE-BNL. 1999. Fast Track Dredged Material Demonstration for the Port ofNew York and New Jersey. In:Report to Congress on the Water Resources and Development Acts of 1990 (Section 412), 1992 (Section 405C) and 1996 (Section 226). EPA 000-0-99000.

Wang, F., Chen, J.S., 2000. Relation of sediment characteristics to trace metal concentration, a statistical study. Water Resource 34, 694–698.

Yu, K.C.,Tsal,L.J., Chen, S.H., Ho, S.T., 2001. Chemical binding of heavy metals in anionic river sediments. Water Research, 35, 4086-4096.

Zarezadeh, R., Rezaee,P., Masihi, H., 2014. A study on geochemistry of heavy metals in Mangrove forests sediments of Sirik area,Azini Creek. 32nd National & the 1st Intrnational Geoscince Congress, Iran, 16-19 February.pp.120-130.

Study on accumulation of heavy metals in mangrove sediments, Gabrik Creek (Jask)

Rezvan Zarezadeh^{1*}, Peyman Rezaee²

¹**PhD Student of Sedimentology, Department of Geology, Faculty of Science, University of Hormozgan, Iran*

²*Assistant Professor of Sedimentology, Department of Geology, Faculty of Science, University of Hormozgan, Iran*

Received: 28-Apr.-2014

Accepted: 16-Nov.-2014

Abstract

Gabrik in east of Hormozgan province is a mangrove habitat and one of the important mangrove protected areas in Iran. This area is located in Oman coasts. It has been threatened by building the Jagin dam on Gabrick River and the existence of sand barrier and pollution. Because of the importance of this sea inhabitation some of sedimentology parameters and geochemical Mangrove's sediments have been analyzed. In this study hydrometric method used beside the identification of organic matter using electronic furnace heat 500 degree centigrade for 6 hours. Calcium carbonate content analyzed by titration and for determination of the concentrations of heavy metals Zn, Pb and Ni an atomic absorption by Thermo-solaar ($\pm 1\mu\text{g/g}$) were used. Results showed that mean contents of carbonate and organic matter in sediments were 27% and 3.36%, respectively. Mean concentrations of the heavy metals Pb, Zn and Ni in sediments were 67.63, 69.63 and 76.53 $\mu\text{g/g}$ dry weights, respectively. According to determine geoaccumulation index (Igeo), contamination factor (CF), the degree of contamination correction (mCd) and compared the heavy metal concentrations with to the mean concentrations of heavy metals in sedimentary rock (shales) and China and American standards. The results in this study showed that there is no Zn pollution but there are pollutions from Ni and Pb metals and concentration this heavy metals aren't critical. The origin of these heavy metals can be a result of maintenance of fishing vessels in Gabrik Creek, activities or fuel smuggling and perhaps oil compounds spill into the water and human refuse in the region.

Keywords: Gabrik creek, mangrove forest, heavy metal, contamination factor

* Corresponding Author: E-mail: Zarerezvan@gmail.com

Phone: +98-9173687680