

## تعیین میزان آلودگی فلزات سنگین در رسوبات منطقه لیفه - بوسیف (سواحل شمال غرب خلیج فارس) براساس شاخص تجمع زمینی

سارا سبزلیزاده\* و سیمین دهقان مدیسه

ssabzalizadeh@yahoo.com

پژوهشکده تحقیقات آبی پروری جنوب کشور، اهواز صندوق پستی: ۸۶۶-۱۱۶۴۵

تاریخ پذیرش: مهر ۱۳۸۹

تاریخ دریافت: اسفند ۱۳۸۸

### چکیده

از آنجایی که فلزات سنگین از آلاینده‌های پایدار بوده و قادرند در رسوبات تجمع یابند، لذا بررسی میزان غلظت آنها می‌تواند نگرشی کلی در مورد آلودگی اکوسیستم آبی ارائه دهد. این تحقیق به منظور بررسی فلزات سنگین و محاسبه میزان آلودگی رسوبات بستر در منطقه لیفه و بوسیف انجام شده است. نمونه‌برداری بصورت فصلی از رسوبات ۴ ایستگاه در سواحل غربی کانال خور موسی از زمستان ۱۳۸۵ تا پاییز ۱۳۸۶ انجام شد. اندازه‌گیری غلظت جیوه به روش ولتامتری و سایر فلزات سنگین به روش پلاروگرافی صورت گرفت. میانگین غلظت فلزات برحسب میلی‌گرم در کیلوگرم برای روی ۶۸/۶، سرب ۲۳/۵، مس ۲۱/۸، کبالت ۱۲/۸، کادمیم ۲/۱۴، نیکل ۷۳/۶ و جیوه ۰/۱۹ محاسبه گردید که از روند  $Hg > Cd > Co > Cu > Pb > Zn > Ni$  برخوردار بودند. براساس شاخص ژئوشیمیایی مولر (I<sub>geo</sub>)، کیفیت رسوبات از نظر میزان فلزات سرب و جیوه در کلاس آلودگی ۲ (دارای بار آلودگی متوسط) و سایر فلزات در کلاس آلودگی صفر (غیرآلوده) قرار می‌گیرند. با رسم دیاگرامهای PCA و آنالیز خوشه‌ای، تشابه بین ایستگاهها و نیز پارامترهای مختلف تعیین گردید. به رغم عدم وجود اختلاف معنی‌دار در غلظت فلزات سنگین در ایستگاههای مورد مطالعه، نتایج آنالیز PCA وجود شباهت‌ها و اختلافاتی را در غلظت فلزات در ایستگاههای مختلف نشان می‌دهد که می‌تواند ناشی از ویژگیهای ژئوشیمیایی رسوبات یا ماهیت جریانات در منطقه باشد.

**لغات کلیدی:** پلاروگرافی، ژئوشیمیایی، خور موسی، خلیج فارس

\* نویسنده مسئول

## مقدمه

خلیج فارس دریایی است حاشیه‌ای و نیمه‌بسته که در محدوده جغرافیایی  $48^{\circ}$  تا  $56^{\circ}$  طول شرقی و  $24^{\circ}$  تا  $30^{\circ}$  عرض شمالی واقع شده و یکی از زیرحوضه‌های شمال غربی اقیانوس هند می‌باشد. خلیج فارس با چالش‌های محیطی متعددی روبروست که کاهش تنوع زیستی، آلودگی‌های صنعتی و پسابهای مضر از تهدیدات عمده آن می‌باشد. کشف نفت در اوایل دهه ۱۹۳۰ میلادی دریچه اقتصادی جدیدی را بر روی منطقه گشود. سالانه حدود ۱/۲ میلیون بشکه نفت خام وارد خلیج فارس می‌گردد (ROPME/IMO, 1996) که این مقدار تقریباً حدود سه برابر دریای شمال و دو برابر دریای کارائیب است و کشورهای حوزه خلیج فارس بین ۲ تا ۸ برابر بیشتر از سرانه کشور ایالت متحده آمریکا پسابهای مضر تولید می‌کنند (GEO, 2000). از اواخر دهه ۱۹۸۰ میلادی تا اوایل دهه ۱۹۹۰، دو جنگ منطقه را تحت تاثیر قرار داد و موجب بروز ضایعات شدید زیست محیطی گردید.

بدلیل وجود شهرهای صنعتی و صنایع متعدد در سواحل خلیج فارس و منطقه خوریات ماهشهر این منطقه می‌تواند در معرض آلاینده‌های متعددی قرار گیرد.

فلزات سنگین جزء آلاینده‌های پایدار و ذخیره شونده محسوب می‌گردند زیرا توسط فرآیندهای میکروبی از بین نمی‌روند و در برخی موارد با اثرات مضر در دسترس گیاهان و جانوران قرار می‌گیرند. حضور فلزات سنگین در آبها و موجودات زنده بیانگر حضور طبیعی یا دخالت‌های انسانی است. یکی از منابع طبیعی اصلی فلزات در سیستم‌های آبی، هوازدگی خاکها و صخره‌هاست و از منابع انسانی می‌توان به فاضلاب‌های صنعتی و شهری و تخلیه آنها به منابع آبی اشاره نمود (Klavins et al., 2000). با تثبیت فلزات در رسوبات، پتانسیل تخریب محیطی آنها کم شده و غلظت فلزات در آب می‌تواند تحت تاثیر میزان حلالیت آنها تغییر یابد (Gallagher et al., 1996).

امروزه یکی از روش‌های تشخیص دخالت‌های انسانی و ورود آلاینده‌هایی با منشاء انسانی به محیط‌های دریایی، بررسی میزان غلظت فلزات سنگین در رسوبات می‌باشد (Macdonald, 1994). مطالعات متعددی با استفاده از شاخص‌های مختلف آلودگی، در پایش آلودگی فلزات انجام گرفته است که می‌توان به پایش میزان آلودگی با استفاده از فلزات سنگین در رسوبات دریای مرمه (Algan et al., 1999)، محاسبه و ارزیابی خطر اکولوژیک با

استفاده از فلزات سنگین و شاخص ژئوشیمیایی مولر در رسوبات سطحی خلیج از میر در شمال شرقی دریای مرمه اشاره نمود. طبق نتایج حاصل، کبالت، مس و نیکل دارای  $C_f$  کمتر از ۱ (غیرآلوده) بودند و کادمیم، سرب و روی  $C_f$  بین ۱ و ۳ (آلودگی متوسط) را نشان می‌دادند (Pekey et al., 2004).

Srinivasa Reddy و همکاران در سال ۲۰۰۴ نیز مطالعه‌ای را در منطقه کشتیرانی Alang Sosiya در هند به منظور بررسی اثرات ناشی از کشتیرانی در رسوبات منطقه بین و زیر جزر و مدی و نیز رسوبات دریایی با استفاده از شاخص‌های مولر و غنی شدن انجام دادند. براساس این مطالعه معلوم شد که مقادیر شاخهای ذکرشده بیانگر آلودگی رسوبات منطقه نسبت به فلزات سنگین بررسی شده می‌باشد.

Audry و همکاران در سال ۲۰۰۴، مطالعه‌ای را بر پایه داده‌های ۵۰ سال فلزات سنگین در رودخانه Lot در فرانسه که بدلیل ورودی‌های ناشی از معادن و صنایع مختلف از قبیل تصفیه فلزات بطور تاریخی آلوده بشمار می‌رفت، انجام دادند و براساس شاخص‌های مولر و غنی شدن، منشاء فلزات سنگین را ارزیابی کردند. براساس نتایج حاصل، رسوبات منطقه نسبت به کادمیم آلودگی بسیار شدید و نسبت به روی آلودگی متوسط تا شدید را نشان دادند.

بدلیل وجود شهرهای صنعتی و صنایع متعدد در سواحل خلیج فارس و منطقه خوریات ماهشهر و از آنجا که کانال خورموسی در شمال غربی خلیج فارس، آبراه ارتباطی بین آبهای ساحلی استان خوزستان با منطقه وسیعی از خورهای متعدد بوده و با توجه به اینکه منطقه لیفه و بوسیف در غرب کانال خور موسی واقع است و این منطقه یکی از صیدگاه‌های مهم در استان خوزستان می‌باشد و تردد زیاد کشتیها، این منطقه می‌تواند در معرض آلاینده‌های متعددی اعم از فلزات سنگین و آلاینده‌های نفتی قرار گیرد، لذا این بررسی به منظور تعیین میزان آلودگی فلزات سنگین در رسوبات سطحی این منطقه صورت گرفته است.

## مواد و روش کار

این بررسی در سواحل شمال غربی خلیج فارس در منطقه لیفه و بوسیف (غرب کانال خور موسی) از عرض شمالی  $29^{\circ} 52'$  تا  $30^{\circ} 06'$  و طول شرقی  $48^{\circ} 50'$  تا  $49^{\circ} 01'$  انجام گرفته است. نمونه‌برداری رسوبات بصورت فصلی و از زمستان ۱۳۸۵ تا

توسط مقایسه غلظت‌های کنونی یک عنصر با میزان آن ماده قبل از صنعتی شدن در رسوبات، محاسبه می‌گردد (Muller, 1979; Algarsamy, 2006; Aksu *et al.*, 1997).

این شاخص بر پایه فرمول زیر استوار است:

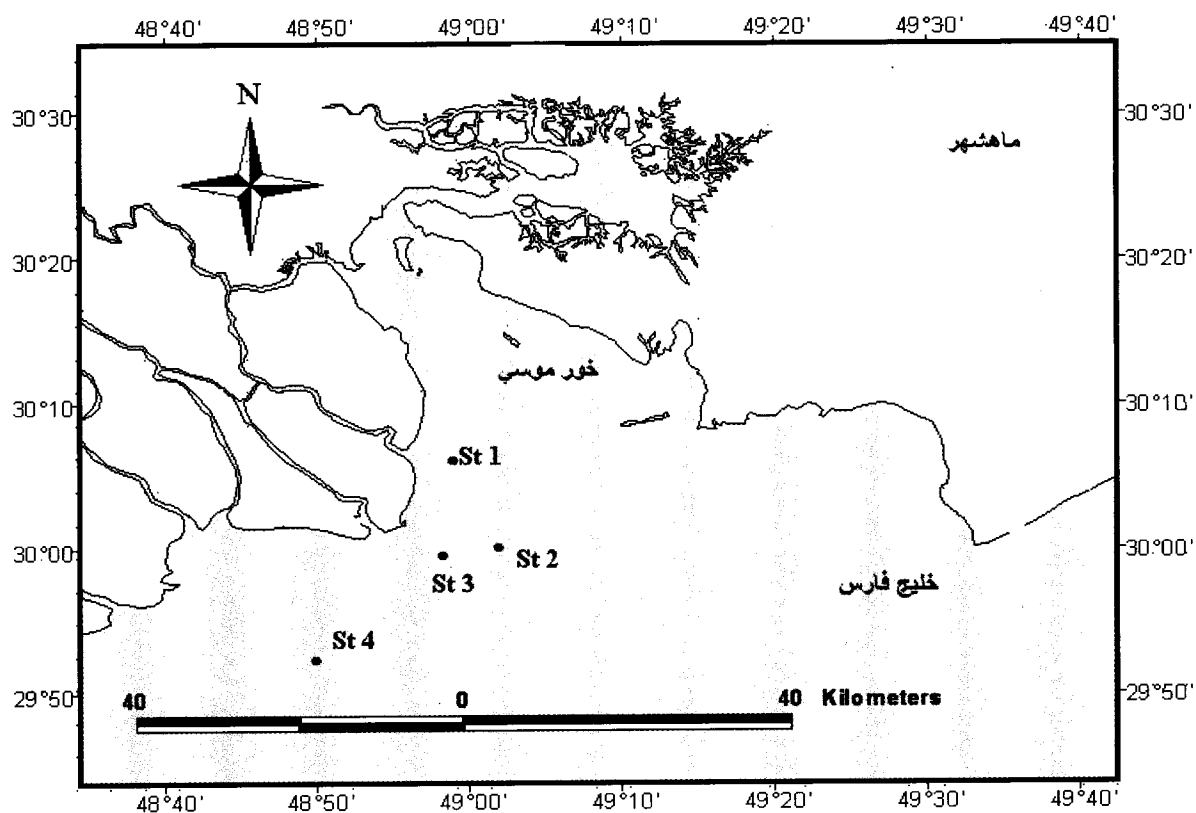
$$I_{geo} = \text{Log}_2 \left( \frac{C_n}{1.5B_n} \right)$$

که در آن  $C_n$ : غلظت فلز سنگین در نمونه و  $B_n$ : غلظت همان فلز در رسوبات بکر و قبل از صنعتی شدن می‌باشد. ضریب ۱/۵ بمنظور تصحیح غلظت اولیه رسوبات بدلیل تاثیر عوامل زمینی و لیتوژنیک اعمال شده است. در محاسبات صورت گرفته در این تحقیق از مقادیر مرجع در مطالعه رسوبات خلیج فارس (کرباسی، ۱۳۷۹) استفاده شده است.

پاییز ۱۳۸۶ از ۴ ایستگاه (هر ایستگاه دو نمونه)، صورت گرفته است. در شکل ۱ ایستگاههای مطالعه شده در منطقه لیفه - بوسیف نمایش داده شده‌اند.

جهت آنالیز رسوبات ابتدا بخش سیلت رس نمونه توسط تور ۵۰ میکرون جدا گردید و نمونه جمع‌آوری شده در درجه حرارت ۸۰ درجه سانتیگراد خشک شد و سپس در دو تکرار یک گرم از رسوب توسط مخلوط ۱:۳ اسید کلریدریک و اسید نیتریک به مدت ۳ ساعت رفلاکس گردید و پس از صاف کردن به حجم ۵۰ میلی‌لیتر رسید (Karageorgisa *et al.*, 2003; Aksoy, 2000; Farkas *et al.*, 2007). سپس غلظت فلزات سنگین توسط روشهای ولتامتری و پلاروگرافی که یکی از روشهای مناسب و قدیمی‌ترین روش الکتروشیمیایی جهت آنالیز فلزات سنگین می‌باشد (Riley, 1989) با دستگاه پلاروگراف متروم مدل ۷۹۷ VAComputrace اندازه‌گیری گردید.

شاخص تجمع زمینی مولر اولین بار توسط مولر در سال ۱۹۷۹ بیان گردید و برای اندازه‌گیری و تعریف آلودگی رسوبات،



شکل ۱: موقعیت ایستگاههای نمونه‌برداری شده در منطقه لیفه - بوسیف (سال ۸۶-۱۳۸۵)

## نتایج

دامنه تغییرات و میانگین فلزات سنگین بررسی شده وزن خشک (میلی گرم در کیلوگرم) طی سال عبارت بود از: روی ۶۸/۶ (۴۹/۶-۹۵/۲)، سرب ۲۳/۵ (۱۸/۰-۲۸/۸)، نیکل ۷۳/۶ (۵۷/۲-۸۶/۱)، جیوه ۰/۱۹ (۰/۱۱-۰/۳۵)، کادمیم ۲/۱۴ (۱/۱۴-۲/۹۹)، مس ۲۱/۸ (۱۷/۳-۳۰/۲) و کبالت ۱۲/۸ (۱۰-۱۷/۱). نتایج آنالیز واریانس دو طرفه داده‌ها برای فلزات مختلف در ایستگاهها و فصول فقط در مورد فلز نیکل اختلاف معنی داری را در ایستگاهها نشان داد ( $F = 4.44$ ,  $p = 0.03$ ,  $df = 3, 3, 15$ ) بطوریکه ایستگاه ۳ با میانگین کمتری از غلظت نیکل، با سایر ایستگاهها اختلاف دارد. در شکل ۲ گروه‌بندی ایستگاههای مختلف براساس غلظت نیکل نمایش داده شده است.

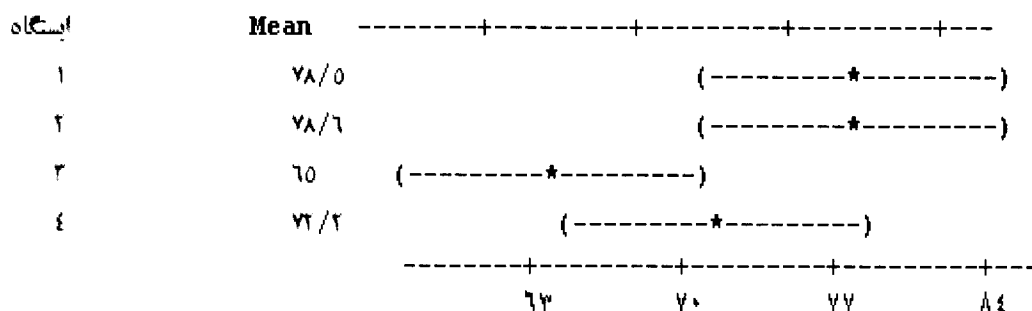
چنانچه از شکل ۲ پیداست، ایستگاه ۳ با ایستگاههای ۱ و ۲ دارای اختلاف معنی دار می‌باشد بطوریکه فلز نیکل در ایستگاه ۳ دارای غلظت کمتری نسبت به دو ایستگاه ۱ و ۲ می‌باشد.

در شکل ۳ آنالیز خوشه‌ای میانگین سالانه فلزات در ایستگاههای مختلف نمایش داده شده است. اگر چه ایستگاههای مختلف با یکدیگر دارای اختلاف معنی دار نمی‌باشند ولی طبق شکل، ایستگاه ۲ و ۴ دارای شباهت بیشتری نسبت به سایر ایستگاهها بود و ایستگاه ۳ از سایر ایستگاهها مجزا می‌باشد.

جهت بررسی میزان تشابه فلزات سنگین در ایستگاههای مختلف، از آنالیز PCA براساس میانگین سالانه هر فلز در ایستگاههای مختلف در طول سال استفاده شده است.

مولر ۷ کلاس مختلف را برای این شاخص عنوان کرد که در آن، در بالاترین کلاس مقادیر عناصر حداقل ۱۰۰ برابر مقادیر مرجع می‌باشند (Zhang et al., 2007). طبقه‌بندی مولر عبارت است از: در کلاس صفر مقدار  $I_{geo}$  کمتر از صفر و رسوبات دارای کیفیت غیرآلوده، در کلاس ۱ مقدار شاخص بین صفر تا ۱ و غیرآلوده تا آلودگی متوسط، در کلاس ۲ مقدار شاخص بین ۱ تا ۲ و رسوبات دارای آلودگی متوسط، در کلاس ۳ مقدار شاخص بین ۲ تا ۳ و رسوبات دارای آلودگی متوسط تا آلودگی زیاد، در کلاس ۴ مقدار شاخص بین ۳ تا ۴ و رسوبات دارای آلودگی زیاد، در کلاس ۵ مقدار شاخص بین ۴ تا ۵ و رسوبات دارای آلودگی زیاد تا به شدت آلوده و در کلاس ۶ مقدار شاخص بیشتر از ۵ و رسوبات به شدت آلوده می‌باشند.

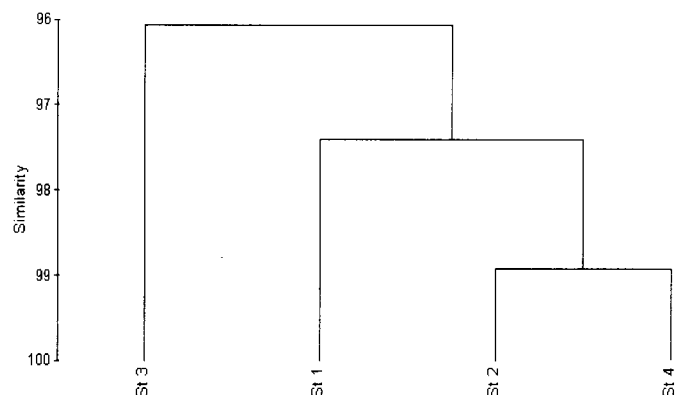
جهت بررسی و تعیین میزان تشابه بین ایستگاههای مختلف و آزمونهای PCA و آنالیز خوشه‌ای داده‌ها، از نرم‌افزار Primer (نسخه ۵) استفاده شد. برای محاسبات آماری مختلف و گروه‌بندی ایستگاهها یا فصول دارای اختلاف معنی دار آماری از نرم‌افزار Minitab (نسخه ۱۴) و آزمون دانکن و برای رسم اشکال از نرم‌افزار Excel استفاده شد. همچنین برای نمایش توزیع غلظت فلزات سنگین در ایستگاههای مختلف از نرم‌افزار ArcView GIS 3.1 استفاده گردید (Buccolieri et al., 2006; Puliafito et al., 2003).



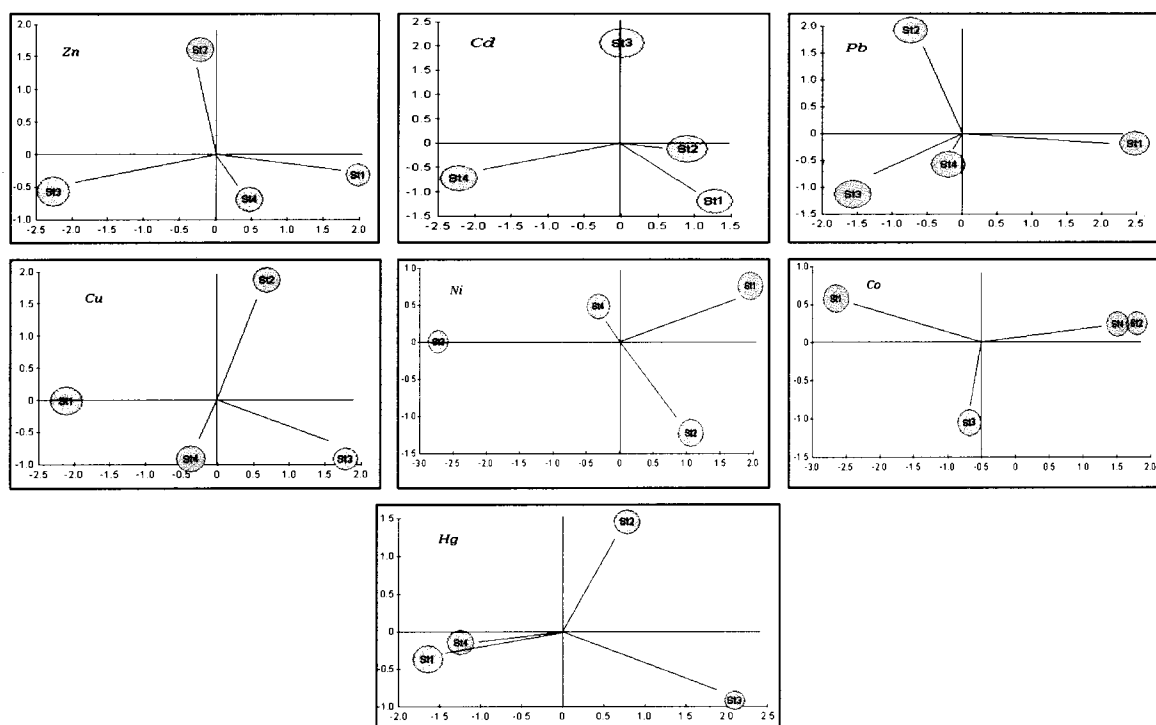
شکل ۲: گروه‌بندی ایستگاههای مختلف براساس غلظت فلز نیکل (سال ۸۶-۱۳۸۵)

ایستگاه ۱ و ۲ دارای تشابه زیادی است. ایستگاه ۳ عمدتاً دارای تشابه کمتری با سایر ایستگاهها از نظر غلظت فلزات می‌باشد (شکل‌های ۳ و ۴).

طبق شکل ۴، فلزات روی و جیوه در ایستگاههای ۱ و ۴ از قرابت و تشابه بیشتری برخوردارند و در مورد فلز کبالت ایستگاههای ۲ و ۴ دارای تشابه زیادی می‌باشند. کادمیم نیز در



شکل ۳: آنالیز خوشه‌ای تشابه (Bray Curtis) میانگین سالانه فلزات سنگین در ایستگاههای مختلف (سال ۸۶-۱۳۸۵)



شکل ۴: نمایش آنالیز PCA میانگین غلظت فلزات سنگین در ایستگاههای مختلف (سال ۸۶-۱۳۸۵)

می‌گیرند. براساس جدول ۱، کیفیت رسوبات منطقه لیفه - بوسیف از نظر آلودگی به فلزات سنگین، از روند زیر برخوردار است:



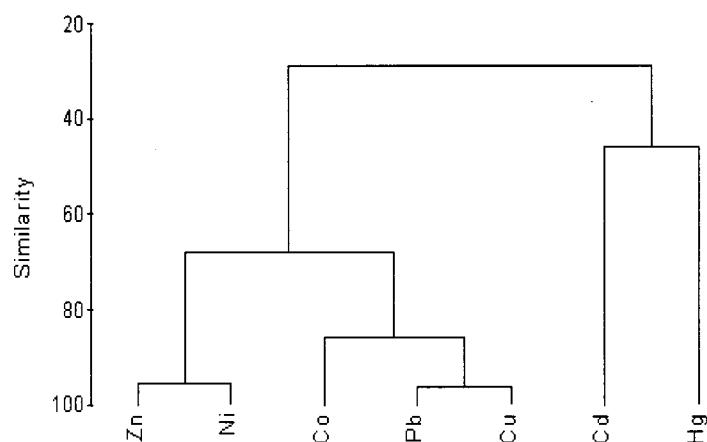
چنانچه مشاهده می‌شود سرب و جیوه بیشترین آلودگی را در رسوبات منطقه ایجاد می‌کنند.

در نمودار ۱، مقادیر شاخص تجمع زمینی مولر در ایستگاههای مختلف برای فلزات بررسی شده نشان داده شده است. چنانچه گفته شد، مقادیر جیوه و سرب دارای شاخص تجمع مثبت و سایر فلزات دارای شاخص تشابه منفی هستند (جدول ۱ و نمودار ۱).

در شکل ۵ دیاگرام آنالیز خوشه‌ای میانگین سالانه فلزات سنگین در رسوبات ایستگاههای مختلف ارائه شده است. چنانچه از شکل ۵ پیداست میانگین غلظت سالانه فلزات سنگین بررسی شده در سه گروه متفاوت قرار گرفته و فلزات Hg و Cd در گروه کاملاً مجزایی از سایر فلزات قرار می‌گیرند.

در جدول ۱ نتایج شاخص تجمع زمینی مولر در ایستگاههای مختلف، جهت فلزات مطالعه شده ارائه شده است.

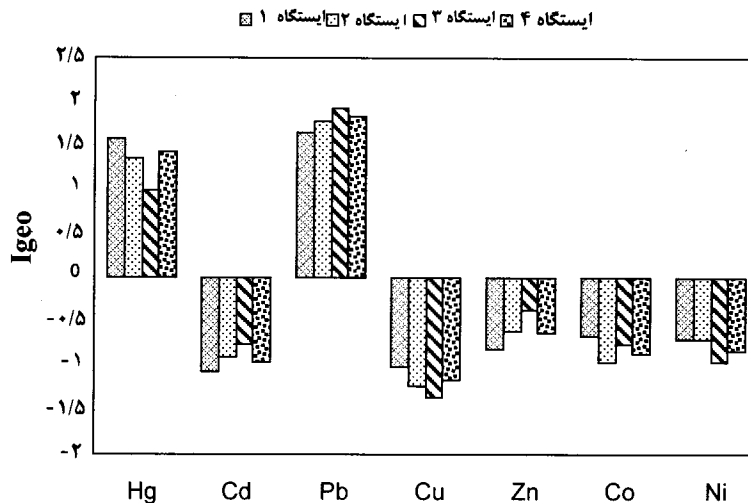
با توجه به جدول ۲ و تقسیم‌بندی مولر جهت آلودگی فلزات مختلف، ملاحظه می‌شود که رسوبات از نظر کیفیت آلودگی فقط برای دو فلز سرب و جیوه در کلاس ۲ آلودگی (آلودگی متوسط) قرار دارند و در مورد سایر فلزات، رسوبات بدلیل داشتن مقادیر شاخص کمتر از صفر، در کلاس آلودگی صفر یا غیرآلوده قرار



شکل ۵: آنالیز خوشه‌ای تشابه (Bray Curtis) میانگین سالانه فلزات سنگین در منطقه مورد مطالعه

جدول ۱: نتایج شاخص تجمع زمینی فلزات مختلف در ایستگاههای مورد مطالعه (سال ۸۶-۱۳۸۵)

میانگین منطقه	ایستگاه ۴	ایستگاه ۳	ایستگاه ۲	ایستگاه ۱	
۱/۳۵	۱/۴۳	۱	۱/۳۶	۱/۵۹	$I_{geo} \text{ Hg}$
-۰/۹۲	-۰/۹۶	-۰/۷۶	-۰/۹	-۱/۰۶	$I_{geo} \text{ Cd}$
۱/۸	۱/۸۳	۱/۹۳	۱/۷۹	۱/۶۶	$I_{geo} \text{ Pb}$
-۱/۱۹	-۱/۱۶	-۱/۳۶	-۱/۲۳	-۱	$I_{geo} \text{ Cu}$
-۰/۶	-۰/۶۳	-۰/۳۷	-۰/۶	-۰/۸	$I_{geo} \text{ Zn}$
-۰/۸۱	-۰/۸۶	-۰/۷۶	-۰/۹۶	-۰/۶۶	$I_{geo} \text{ Co}$
-۰/۸	-۰/۸۳	-۰/۹۶	-۰/۷	-۰/۷	$I_{geo} \text{ Ni}$



نمودار ۱: مقادیر شاخص تجمع زمینی مولر در ایستگاههای مختلف (سال ۸۶-۱۳۸۵)

## بحث

Taranto جنوب ایتالیا برای فلزات مس، نیکل، جیوه و روی کمتر از صفر بود (Buccolieri *et al.*, 2006) همچنین Zhang و همکاران در سال ۲۰۰۷ در خلیج Xiamen چین مقادیر این شاخص را برای فلزات مس، روی، کادمیم و نیکل و Alagarsamy در سال ۲۰۰۶ در مصب Mandovi در سواحل غربی اقیانوس هند، مقادیر شاخص را برای فلزات کبالت، مس، روی و سرب، در کلاس صفر یا غیرآلوده محاسبه کردند.

افزایش میزان جیوه در رسوبات منطقه لیفه-بوسیف احتمالاً بدلیل وجود صنایع متعدد در منطقه و نیز ورودی‌های ناشی از صنایع پتروشیمی مخصوصاً واحد کلر-آلکالی بود که می‌تواند میزان جیوه موجود در آب را افزایش دهد. همچنین از آنجا که عمده منبع ورودی سرب به محیط‌زیست می‌تواند ناشی از فعالیت‌های انسانی و فاضلاب‌های ناشی از ورودی آب رودخانه به محیط دریا باشد (Ray *et al.*, 2002)، و با توجه به ورود آب رودخانه بهمنشیر و اروند رود، بالا بودن فاکتور آلودگی برای سرب در منطقه بررسی شده احتمالاً می‌تواند بدلیل وجود دخالت‌های انسانی از قبیل کارخانجات متعدد پتروشیمی، فعالیت‌های صید و صیادی و صنایع کشتی‌سازی و رنگ‌سازی در منطقه باشد. همچنین کم بودن مقدار مرجع و پیشینه طبیعی سرب در رسوبات خلیج فارس (کرباسی، ۱۳۷۹) می‌تواند عاملی برای بالا بودن مقدار فاکتور آلودگی محاسبه شده برای فلز سرب باشد. با استفاده از نرم‌افزارهای Primer و رسم دیاگرامهای PCA و آنالیز خوشه‌ای، تشابه بین ایستگاهها و نیز

منطقه لیفه - بوسیف در غرب کانال خورموسی یکی از مهمترین مناطق صیادی خوزستان می‌باشد و صنایع متعددی در اطراف این منطقه وجود دارد. رسوبات سواحل خوزستان عمدتاً دارای بافت گلی و یکسان می‌باشند و قسمت عمده رسوبات سیلت - رس می‌باشند (نیکوئیان و همکاران، ۱۳۸۴). عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین میانگین غلظت فلزات سنگین در رسوبات ایستگاههای مختلف می‌تواند بدلیل یکسان بودن بافت رسوبات منطقه باشد. از طرفی عدم وجود اختلاف معنی‌دار در فصول مختلف نیز احتمالاً می‌تواند بدلیل مدت کم تحقیق (۴ فصل) باشد، چرا که شاید در این زمان کوتاه بافت رسوبی منطقه هنوز دستخوش تغییر و تحولی در غلظت فلزات نشده است. مقدار شاخص تجمع زمینی مولر، رسوبات منطقه را از نظر میزان سرب و جیوه در گروه ۲ آلودگی، یعنی آلودگی متوسط نشان می‌دهد. منفی بودن این شاخص برای سایر فلزات بیانگر آن است که در مقدار این فلزات نسبت به رسوبات قبل از صنعتی شدن افزایش قابل ملاحظه‌ای ایجاد نشده است ولی برای مقادیر فلزات سرب و جیوه این افزایش قابل ملاحظه می‌باشد. در بسیاری از مطالعات صورت گرفته در سایر نقاط نیز برخی از فلزات دارای شاخص تجمع زمینی منفی بودند. بعنوان مثال: در مطالعه صورت گرفته در مصب Hugli در هند، فلزات مس، روی و نیکل در بعضی از ایستگاهها و فلزات کبالت و سرب در همه ایستگاهها دارای شاخص ژئوشیمیایی کمتر از صفر بودند (Chatterjee *et al.*, 2007). مقادیر  $I_{geo}$  اندازه‌گیری شده در خلیج

using marine sediment: A case study on the Istanbul Metropolitan Area. Turkish Journal of Engineering and Environmental Science, 29:285-291.

**Audry S., Schafer J. and Blanc G., 2004.** Fifty-year sedimentary record of heavy metal pollution (Cd, Zn, Cu, Pb) in the Lot River reservoirs (France). Jean-Marie Jouanneau Environmental Pollution, 132: 413-426.

**Buccolieri A., Buccolieri G., Cardellicchio N., Dell'Atti A., Di Leo A. and Maci A., 2006.** Heavy metals in marine sediments of Taranto Gulf (Ionian Sea, Southern Italy). Marine Chemistry, 99:227-235.

**Chatterjee M., Silva Filho E.V., Sarkar S.K., Sella S.M., Bhattacharya A., Satpathy K.K., Prasad M.V.R., Chakraborty S. and Bhattacharya B.D., 2007.** Distribution and possible source of trace elements in the sediment cores of a tropical macrotidal estuary and their ecotoxicological significance. Environment International, 33:346-356.

**Farkas A., Erratico C. and Vigano L., 2007.** Assessment of the environmental significance of heavy metal pollution in surficial sediments of the River Po. Chemosphere, 68:761-768.

**Gallagher K.A., Wheeler A.J. and Orford J.D., 1996.** An assessment of the heavy metal pollution of two tidal marshes on the north-west coast of Ireland. Biology and Environment, 96B(3):177-188.

**GEO (Global Environment Outlook), 2000.** United Nations Environment Programme (UNEP), ISBN: 1 85383 5889.

**Karageorgisa A.P., Nikolaidis N.P., Karamanos H. and Skoulikidisa N., 2003.** Water and sediment quality assessment of the Axios River and its coastal environment. Continental Shelf Research, 23:1929-1944.

پارامترهای مختلف تعیین گردید. به رغم عدم وجود اختلاف معنی‌دار در غلظت فلزات سنگین در ایستگاههای مورد مطالعه، نتایج آنالیز PCA وجود شباهت‌ها و اختلافاتی را در غلظت برخی از فلزات در ایستگاههای مختلف نشان می‌دهد که می‌تواند ناشی از ویژگی‌های ژئوشیمیایی رسوبات یا ماهیت جریان‌ها در منطقه باشد.

## تشکر و قدردانی

بدینوسیله از ریاست محترم پژوهشکده تحقیقات آبی پروری جنوب کشور، جناب آقای دکتر جاسم غفله مرمزی و معاون تحقیقاتی جناب آقای مهندس غلامرضا اسکندری و سایر همکاران در بخش اکولوژی تشکر و قدردانی می‌نمایم.

## منابع

کرباسی، غ.ر.، ۱۳۷۹. غلظت استاندارد و منشا V، Cd، Fe، Co، Cu، Zn، Ni، Mn، Pb در رسوبات سطحی خلیج فارس. مجله علوم و تکنولوژی محیط زیست، شماره ۵، تابستان ۱۳۷۹، صفحات ۵۳ تا ۶۶.

نیکوئیان، ع.؛ ابراهیمی، م. و خلفه نیلساز، م.، ۱۳۸۴. بررسی هیدرولوژی و هیدروبیولوژی خلیج فارس در محدوده آبهای خوزستان، بوشهر و هرمزگان (۱۳۸۲-۱۳۷۹). موسسه تحقیقات شیلات ایران. ۱۰۶ صفحه.

**Aksoy A., Sahin U. and Duman F., 2000.** *Robinia Pseudo acacia* L. as a possible biomonitor of heavy metal pollution in Kayseri. Turkish Botany, 24:279-284.

**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. Izmir Turkish Journal of Engineering and Environmental Science, 22:387-415.

**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. 67:333-339.

**Algan A.O., Cagatay M.N., Sarikaya H.Z., Balkis N. and Sari E., 1999.** Pollution monitoring



- Klavins M., Briede A., Rodinov V., Kokorite I., Parele E. and Klavina I., 2000.** Heavy metals in river of Lativa. *Science Total Environment*, 262:175-183.
- MacDonald D.D., 1994.** Numerical sediment quality assessment guidelines for Florida coastal waters. MacDonald Environmental Sciences Ltd, 67P.
- Muller G., 1979.** Schwermetalle in der sedimenten des Rheins. Ver"anderungen seit 1971. *Umschau*, 72:192-193.
- 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.
- Puliafito E., Guevara M. and Puliafito C., 2003.** Characterization of urban air quality using GIS as a management system. *Environmental Pollution*, 122:105-117.
- Ray A.K., Tripathy S.C., Patra S. and Sarma V.V., 2002.** Assessment of Godavari estuarine mangrove ecosystem through trace metal studies. National Institute of Oceanography, Regional Centre, Lawson's Bay Colony, Visakhapatnam, India. 12P.
- Riley J.P., 1989.** Chemical oceanography. Academic Press Inc. London, England. 9:258P.
- ROPME/IMO., 1996.** The effect of oil on the marine environment . An overview. 139P.
- Srinivasa Reddy M., Basha S., Sravan Kumar V.G., Joshi H.V. and Ramachandraiah G., 2004.** Distribution, enrichment and accumulation of heavy metals in coastal sediments of Alang-Sosiya ship scrapping yard, India. *Marine Pollution Bulletin*, 48:1055-1059.
- Zhang L., Ye X., Feng H., Jing Y., Ouyang T., Yu X., Liang R., Gao C. and Chen W., 2007.** Heavy metal contamination in western Xiamen Bay sediments and its vicinity, China. *Marine Pollution Bulletin*, 54:974-982.

---

---

## Assessment of heavy metals pollution in the sediments of Lifeh–Busaf (northwest of Persian Gulf) using Geo-accumulation Index

Sabzalizadeh S. \* and Dehghan Madise S.

ssabzalizadeh@yahoo.com

South of Iran Aquaculture Research Center, P.O.Box: 61645-866 Ahwaz, Iran

Received: March 2009

Accepted: October 2010

**Keywords:** Polarography, Geochemical, Khore-Mussa, Persian Gulf

### Abstract

This study was carried out to investigate heavy metals concentration in the sediments of Lifeh and Busaf coastal waters. Four stations in the Khore-Mussa western coasts were sampled seasonally from winter 2006 to autumn 2007. Concentration of Hg was measured using Voltammeter and other metals were analyzed using Polarography method.

The mean concentrations were 68.8 for Zn, 23.5 for Pb, 21.8 for Cu, 12.8 for Co, 2.14 for Cd, 73.6 for Ni and 0.19 for Hg in mg/kg. According to the concentration results we ranked the heavy metals as: Ni > Zn > Pb > Cu > Co > Cd > Hg.

Based on Muller geochemical index ( $I_{geo}$ ), sediment quality for Pb and Hg is in class II (moderately polluted) and for other metals is in class O (unpolluted). The similarity between stations and different parameters were demonstrated using PCA and Clustering analyses. Although significant differences were not observed between the studied stations, but PCA analysis of heavy metals concentrations showed some similarity and differences between them. These similarities might be linked to geochemical characters of sediments and the nature of water currents in the study area.

---

\* Corresponding author