بررسی میزان فلزات سنگین در آبهای ساحلی استان بوشهر

سهیلا امیدی

بخش اکولوژی، مرکز تحقیقات شیلاتی خلیج فارس، بوشهر صندوق پستی: ۱۳۷۴

تاریخ دریافت : دی ۱۳۷۷ تاریخ پذیرش : آبان ۱۳۷۹

چکیده

فلزات سنگین از جمله عوامل مؤثر در تعادل هر اکوسیستم می‌باشند که وجود آنها در حد مطلوب، ضروری بوده و افزایش یا کاهش شدید آنها ، ضمن بر هم زدن تعادل محیط ، حیات موجودات زنده از جمله آبزیان را در معرض خطر قرار می‌دهد .

در این بررسی، میزان شش فلز سنگین شامل روی، مس، نیکل، کادمیم، سرب و آهن در پنج ایستگاه انتخابی به صورت فصلی و به روش استفاده از رزین تبادل کاتیونی Chelex - 100 اندازه‌گیری گردید که میانگین سالانه بدست آمده برای فلزات فوق به ترتیب عبارتند از: ۸۳/۹، ۲۱/۹۵، ۱۷/۹۶، ۲۶/۳۴، ۳/۲۵ و ۱۱۳/۸۲ میکروگرم در لیتر.

مقایسه نتایج حاصل با منابع موجود نشان می‌دهد که در کلیه فصول میزان دو فلز سرب و مس و در دو فصل بهار و تابستان علاوه بر فلزات یاد شده، روی، آهن، نیکل و کادمیم از حد مجاز بالاتر بوده است. از طرفی مقایسه ضرایب همبستگی میان نوسانات غلظت این فلزات با فاکتورهای شوری، pH، اکسیژن محلول و درجه حرارت نشان داد که درجه حرارت و اکسیژن نسبت به سایر عوامل، در این تغییرات غلظتی موثرتر بوده‌اند.

لغات کلیدی: فلزات سنگین، آنالیز، خلیج فارس، ایران

مقدمه

نوسانات عوامل زیستی و غیرزیستی در تعادل و پایداری هر اکوسیستم نقش عمده‌ای دارند. کلیه این فاکتورها در حد مطلوب، مفید بوده ولی کاهش یاافزایش زیاد آنها سبب برهم زدن تعادل یا روابط موجود در محیط می‌گردد که این امر، تغییرات شدید در جمعیت موجودات زنده را به دنبال خواهد داشت (Clark, 1986).

فلزات سنگین (Heavy metals) از جمله این عوامل می‌باشند که اغلب به طور طبیعی کمتراز ۱درصد از وزن بدن موجود زنده را تشکیل می‌دهند و نوسانات غلظتی آنها (کاهش یا افزایش شدید) سبب ناپایداری محیط و ایجاد اختلال در موجودات می‌گردد.

به طور کلی فلزات سنگین در بدن موجودات زنده دو نقش اساسی را بعهده دارند که یکی از آنها شرکت در ساختمان مولکولهای حیاتی مانند شرکت دو فلز آهن و مس در مولکولهای هموگلوبین و هموسیانین است و دیگری نقش کوآنزیمی می‌باشد که با اتصال به آنزیمهای مختلف به عنوان فعال کننده آنزیم در تسریع واکنش‌ها عمل می‌کنند. لذا وجود فلزات در موجودات زنده به مقدار مشخص و مطلوب، ضروری بوده و در صورت بروز تغییر در میزان آنها، واکنش‌های طبیعی بدن کند یا مختل شده و سبب ایجاد پاسخهای نامطلوب از جمله کاهش یا عدم رشد، کاهش تولید مثل، تضعیف سیستم دفاعی بدن موجود و غیره می‌گردد (وحدتی، ۱۳۶۴).

تغییر در میزان فلزات در اکوسیستم‌های مختلف، تحت تاثیر عوامل متفاوتی می‌باشد. فلزات سنگین ممکن است در اثر عوامل طبیعی مانند فرسایش خاک، سیلاب، چرخش آب اقیانوس و دریا و یا توسط عوامل مصنوعی از جمله ورود فاضلابهای صنعتی و انسانی، نشت نفت و گاز وارد یک سیستم آبی شوند (Patin, 1982).

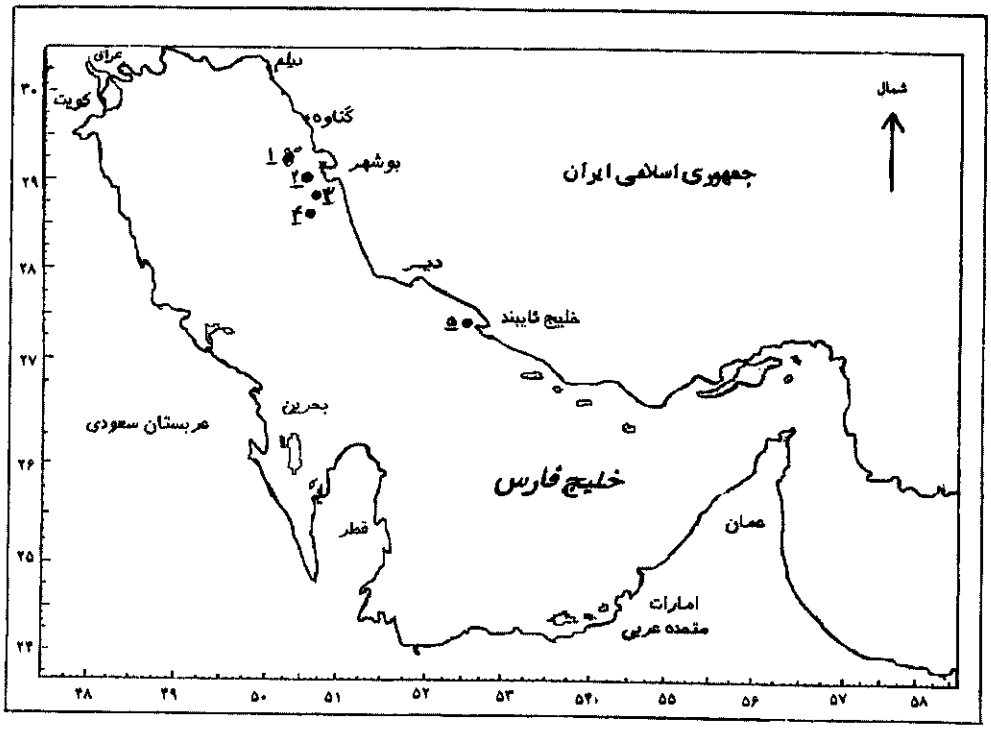
براساس مطالعات انجام شده روی اقیانوسها در سال ۱۹۷۰، مشخص گردید به طور کلی مقدار فلزاتی که به صورت طبیعی وارد دریاها و اقیانوسها می‌شوند بسیار کمتر از اثر عوامل مصنوعی است. به عنوان مثال به ترتیب ۸ و ۷ درصد از کل میزان فلزات روی و سرب در آب دریا به صورت طبیعی موجود بوده (۹۲ و ۹۳ درصد) و بقیه از طریق مصنوعی وارد می‌شوند.

با توجه به مطالب فوق و احتمال بروز آلودگی‌های ناشی از فلزات سنگین در خلیج فارس و نظر

به اهداف شیلات برای حفظ ذخایر آبزیان و تعیین و کنترل عوامل موثر بر نوسانات آنها و همچنین نقش این فلزات در محیط‌های آبی، بررسی میزان فلزات در آب و رسوب به عنوان پروژه‌ای مقدماتی جهت کسب اطلاعات اولیه از آبهای ساحلی استان بوشهر انجام شد و سعی گردید طی آن وابستگی نوسانات این فلزات با فاکتورهای دما، شوری، pH و اکسیژن بررسی شود. مقاله حاضر نتایج بدست آمده از بررسی نمونه‌های آب این پروژه می‌باشد.

مواد و روشها

در این بررسی، پنج منطقه از آبهای ساحلی استان بوشهر بعنوان ایستگاه انتخاب گردید (شکل ۱). موقعیت جغرافیایی و مشخصات عمومی ایستگاهها به شرح جدول ۱ می‌باشد.



شکل ۱ : موقعیت ایستگاههای مورد مطالعه در آبهای ساحلی استان بوشهر

عامل اصلی در انتخاب ایستگاه اهمیت آن از نظر اقتصادی و خصوصیات زیستی بوده که به طور مختصر عبارتند از :

ایستگاه شماره ۱ (خارک) : تردد و تخلیه نفتکشها و احتمال بروز آلودگیهای نفتی.

ایستگاه شماره ۲ (رأس الشط) : از صیدگاههای مهم استان بوشهر بشمار می‌رود.

ایستگاه شماره ۳ (نیروگاه اتمی) : وجود تأسیسات نیروگاه اتمی و در نتیجه بدست آوردن اطلاعاتی از وضعیت کنونی (قبل از شروع به کار آن).

ایستگاه شماره ۴ (چراگاه مصنوعی) : وجود مواد و وسایل مختلف جهت ایجاد چراگاه در این منطقه.

ایستگاه شماره ۵ (خلیج نایبند) : وجود جزایر مرجانی و در نتیجه زیستگاه انواع آبزیان.

نمونه‌برداری به صورت فصلی از پاییز ۷۳ تا تابستان ۷۴ انجام گردید. در هر ایستگاه پنج نمونه آب از نقاط مختلف تهیه و هر نمونه به صورت جداگانه مورد بررسی قرار گرفت. لازم به ذکر است که زمان نمونه‌برداری، روز پانزدهم از ماه دوم هر فصل بوده است.

نمونه‌ها از عمق یک متری زیر سطح و با استفاده از بطری نانسن تهیه گردید. پس از تثبیت با محلول اسید نیتریک غلیظ تحت دمای ۴ درجه سانتیگراد به آزمایشگاه منتقل و تا زمان شروع آنالیز در یخچال نگهداری شدند.

به منظور آنالیز نمونه‌های آب و تعیین میزان فلزات سنگین شامل روی، مس، نیکل، کادمیم، سرب و آهن، رزین تبادل کاتیونی Chelex - 100 مورد استفاده قرار گرفت. بدین ترتیب که پس از تنظیم pH نمونه مورد آزمایش و سپس عبور آن از ستون رزین، توسط محلول اسید نیتریک ۲/۵ نرمال، فلزات مورد نظر از ستون جدا شده و با استفاده از دستگاه جذب اتمی، مطابق با شرایط جدول شماره ۲، غلظت هر فلز به طور جداگانه اندازه گیری و محاسبه شد (Clesceri *et al.*, 1984 ; Miner & Keith, 1984 ; Fresenius *et al.*, 1988).

میزان اکسیژن به روش وینکلر (Winkler)، شوری به روش More - Knodson، اسیدیته (pH) و دمای آب نیز به ترتیب با استفاده از دستگاه pHسنج و ترمومتر برگردان اندازه گیری گردید (سادات اعلایی، ۱۳۵۸).

ضرایب همبستگی میان نوسانات غلظتی فلزات در آب و میزان تغییرات هر یک از عوامل شوری، pH، اکسیژن محلول و درجه حرارت در طول سال با استفاده از برنامه آماری Explore تعیین گردید.

جدول ۱ : مشخصات و موقعیت جغرافیایی ایستگاههای مورد بررسی

شماره ایستگاه	نام ایستگاه	عمق (متر)	عرض شمالی		طول شرقی	
			درجه	دقیقه	درجه	دقیقه
۱	جزیره خارک	۲۰-۱۱	۲۹	۱۵	۵۰	۱۹
۲	راس الشط	۹	۲۹	۰۶	۵۰	۳۷
۳	نیروگاه اتمی	۱۱	۲۸	۴۷	۵۰	۵۱
۴	چراگاه مصنوعی	۲۴	۲۸	۳۹	۵۰	۴۳
۵	خلیج نایبند	۱۱	۲۷	۲۵	۵۲	۳۷

جدول ۲ : شرایط دستگاهی مورد استفاده برای آنالیز نمونه های آب

فلز	پهنای شکاف (نانومتر)	شدت جریان (میلی‌آمپر)	طول موج (نانومتر)	نوع شعله
روی (Zn)	۱	۵	۲۱۳/۹	هوا - استیلن
مس (Cu)	۰/۲	۵	۳۲۴/۷	"
نیکل (Ni)	۰/۲	۵	۲۳۲	"
کادمیم (Cd)	۰/۵	۵	۲۲۸/۸	"
سرب (Pb)	۱	۵	۲۱۷	"
آهن (Fe)	۰/۲	۵	۲۴۸/۳	"

نتایج

نتایج بدست آمده از آنالیز نمونه‌های آب به طور خلاصه در جداول شماره ۳ تا ۵ مندرج است. داده‌ها حاصل از اندازه‌گیری میزان فلزات سنگین، شوری، pH، اکسیژن و درجه حرارت آب می‌باشند. هر جدول به طور کلی معرف میانگین فصلی و سالانه و نیز حداقل و حداکثر میزان هر فاکتور است. شکلهای ۲ تا ۷ نیز به تفکیک نوسانات غلظتی هر یک از فلزات مورد مطالعه را در طول سال نشان می‌دهند.

جدول ۳: میانگین، حداقل و حداکثر فلزات سنگین در نمونه‌های آب در فصول مختلف سالهای ۷۳ تا ۷۴ بر حسب میکروگرم بر لیتر

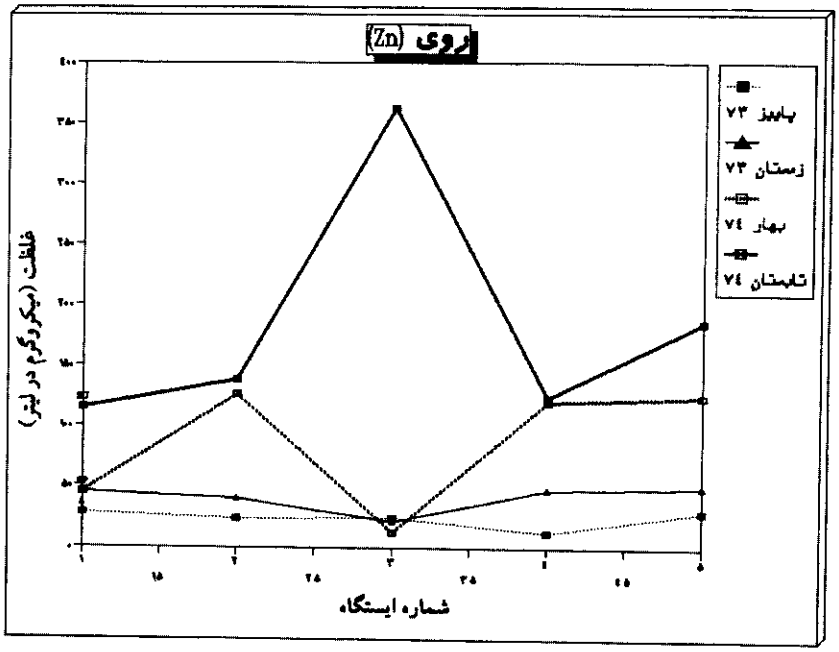
فصل	عنصر / میزان	روی (Zn)	مس (Cu)	نیکل (Ni)	سرب (Pb)	کادمیم (Cd)	آهن (Fe)
پاییز	حداقل	۱۲/۶۸	۱۴/۷۷	۴/۰۵	۱۹/۱۴	۲/۰۸	۴۲/۶
	حداکثر	۳۰/۱۱	۴۸/۹۷	۲۵/۷۲	۴۳/۲۳	۳/۷۵	۱۲۹/۳۳
	میانگین	۲۳/۸۵	۳۱/۰۲	۱۳/۴۶	۳۱/۴۱	۲/۸۹	۸۱/۶۹
زمستان	حداقل	۲۱/۲۷	۷/۸	۹/۴۷	۱۰/۹۲	۱/۸۷	۱۹/۷۵
	حداکثر	۴۹/۳۷	۱۹/۳۳	۲۱/۳۹	۱۸/۵۷	۳/۴۳	۹۷/۸۴
	میانگین	۴۰/۷۱	۱۴/۱۸	۱۴/۱۵	۱۳/۵۳	۲/۴۳	۵۰/۲۲
بهار	حداقل	۱۲/۲۳	۵/۵۴	۱۲/۶۱	۷/۱	۴/۰۲	۵۷/۴۶
	حداکثر	۱۲۶/۵۵	۳۰/۳	۳۰/۰۲	۲۷/۱۷	۵/۰۳	۲۱۰/۴۸
	میانگین	۸۵/۷۶	۱۸/۴	۲۵/۴۴	۱۵/۷۱	۴/۴۴	۱۴۱/۹۴
تابستان	حداقل	۱۱۵/۸۳	۱۳/۹۲	۴/۹۷	۲۹/۸۹	۲/۵۲	۷۵/۹۴
	حداکثر	۳۶۲/۳۵	۴۰/۹۳	۳۲/۲۳	۸۸/۸۲	۵/۷۶	۳۴۳/۷۵
	میانگین	۱۸۵/۳۱	۲۴/۱۹	۱۸/۷۸	۴۴/۶	۳/۲۵	۱۸۱/۴۲
میانگین سالانه		۸۳/۹۱	۲۱/۹۵	۱۷/۹۶	۲۶/۳۴	۳/۲۵	۱۱۳/۸۲

جدول ۴ : میانگین، حداقل و حداکثر اکسیژن محلول (میلی‌گرم در لیتر) و شوری (قسمت در هزار) آب در فصول مختلف سالهای ۷۳ تا ۷۴

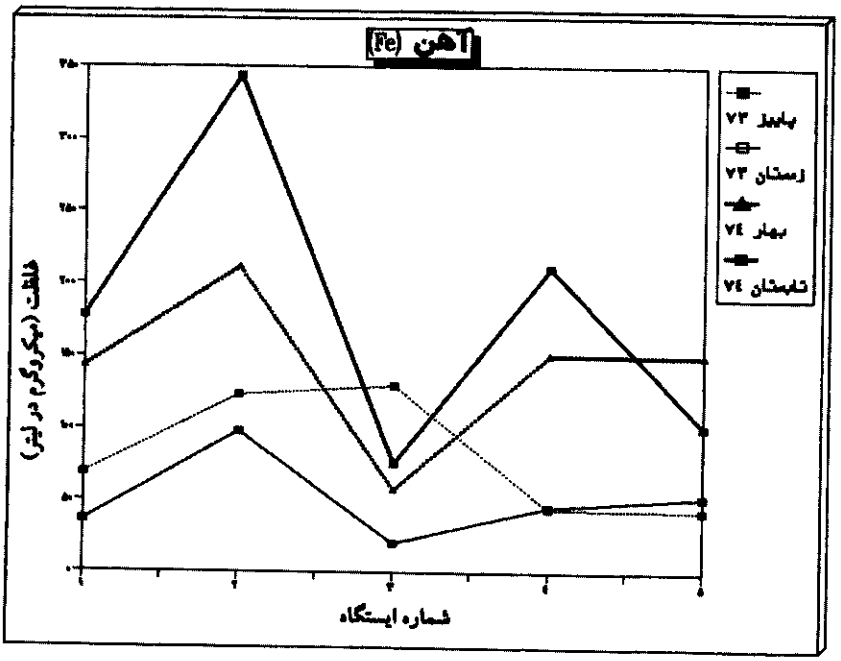
	پائیز			زمستان			بهار			تابستان			
	حداقل	حداکثر	میانگین	حداقل	حداکثر	میانگین	حداقل	حداکثر	میانگین	حداقل	حداکثر	میانگین	میانگین سالانه
اکسیژن	۳/۷	۴/۰	۳/۹	۵/۳	۵/۵	۵/۴	۵/۲	۵/۳	۵/۳	۵/۲	۸/۰	۷/۷	۵/۶
شوری	۳۷	۳۹	۳۸/۱	۳۸	۳۹	۳۸/۶	۳۸/۴	۳۹	۳۸/۶	۳۸/۳	۳۹/۵	۳۸/۸	۳۸/۵

جدول ۵ : حداقل، حداکثر و میانگین درجهٔ حرارت (سانتیگراد) و حداقل و حداکثر pH آب در فصول مختلف سالهای ۷۳ تا ۷۴

	پائیز			زمستان			بهار			تابستان			
	حداقل	حداکثر	میانگین	حداقل	حداکثر	میانگین	حداقل	حداکثر	میانگین	حداقل	حداکثر	میانگین	میانگین سالانه
درجه حرارت	۱۷/۵	۱۸/۵	۱۷/۹	۱۵/۵	۱۷/۱	۲۰/۶	۲۰/۵	۲۳/۵	۲۲/۲	۲۵/۵	۳۱	۲۸/۱	۲۲/۲
PH	–	–	–	۸/۳	۸/۴		۸/۴	۸/۴		۸/۳	۸/۴		

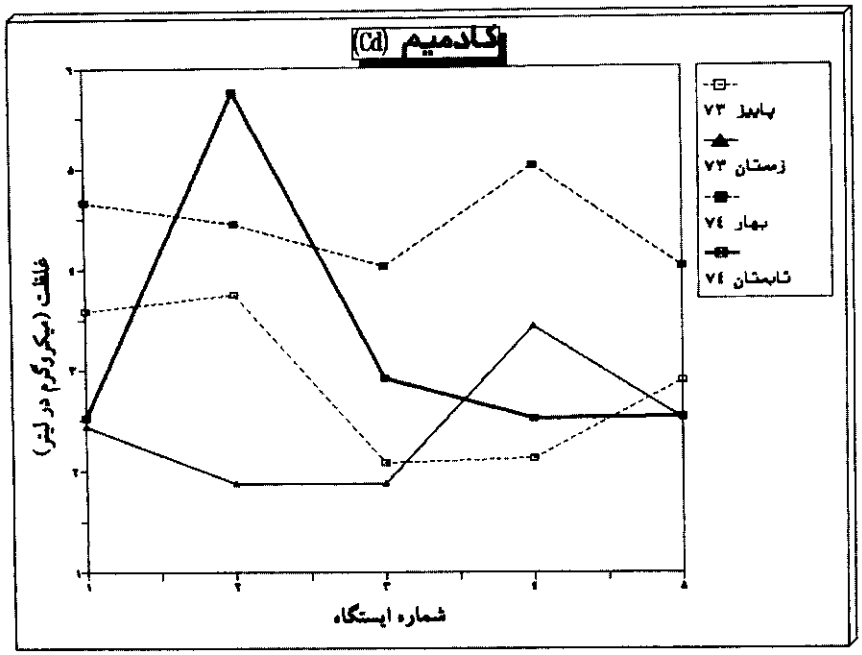


شکل ۲ : مقایسه میزان روی در آب ایستگاههای مورد مطالعه در فصول مختلف

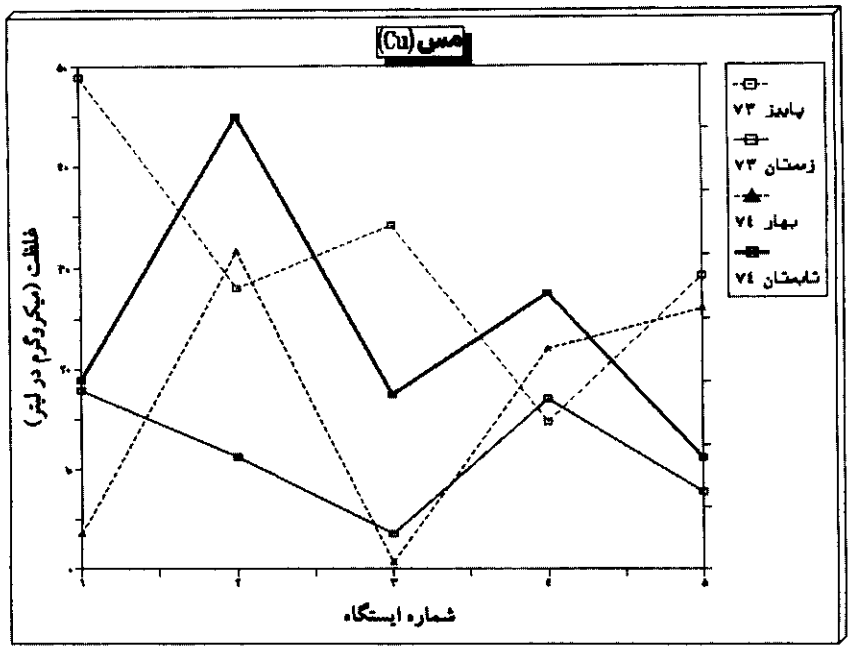


شکل ۳ : مقایسه میزان آهن در آب ایستگاههای مورد مطالعه در فصول مختلف

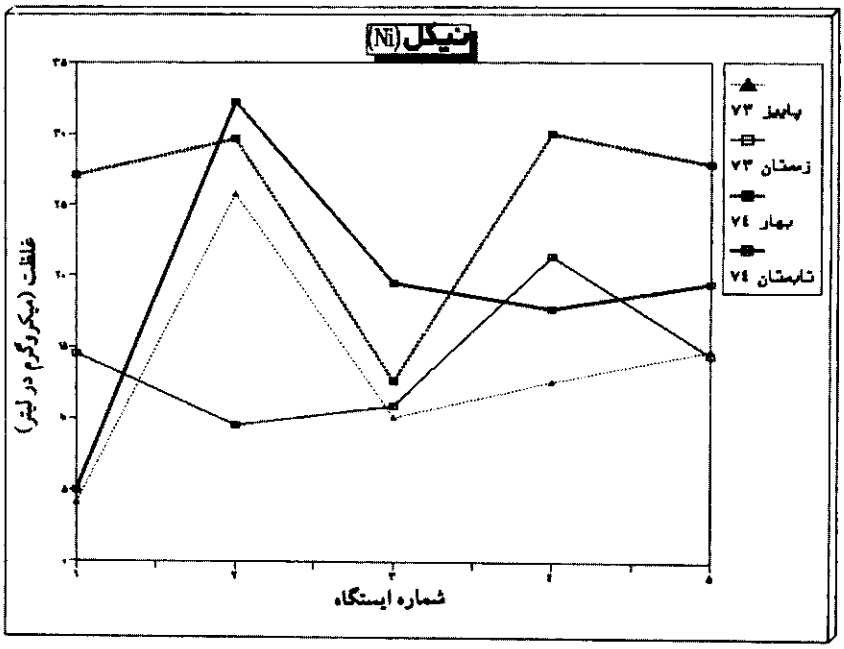
کتابخانه منطقه‌ای علامه کشاورز شیراز



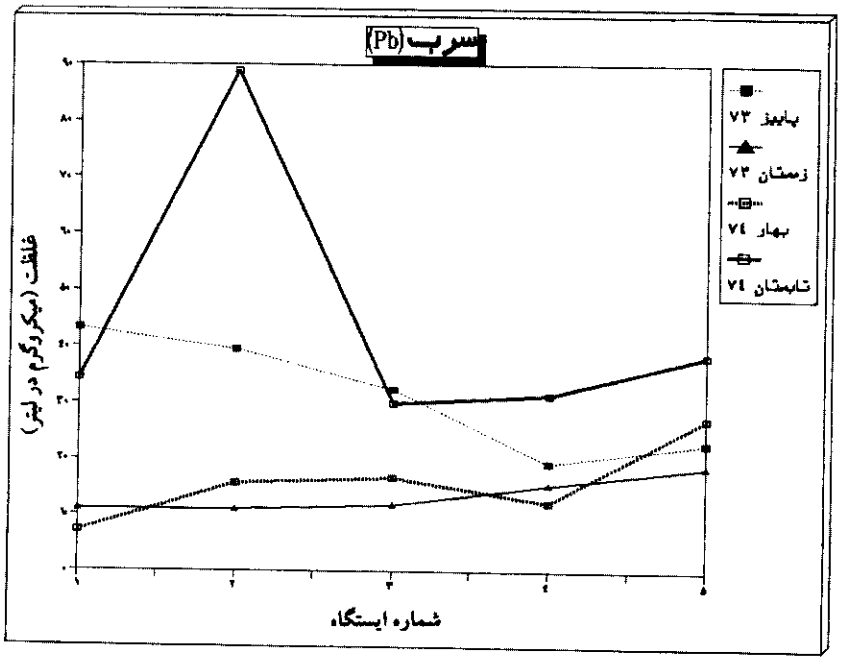
شکل ۴ : مقایسه میزان کادمیم در آب ایستگاههای مورد مطالعه در فصول مختلف



شکل ۵ : مقایسه میزان مس در آب ایستگاههای مورد مطالعه در فصول مختلف



شکل ۶ : مقایسه میزان نیکل در آب ایستگاههای مورد مطالعه در فصول مختلف



شکل ۷ : مقایسه میزان سرب در آب ایستگاههای مورد مطالعه در فصول مختلف

بحث

با توجه به جدول ۳ و شکلهای ۲ تا ۷ در رابطه با نوسانات غلظتی هر فلز در طول سال، تقریباً اکثر فلزات در فصل تابستان بیشترین غلظت را داشته‌اند ولی در سایر فصول (بخصوص پاییز و زمستان)، این میزان پایین‌تر بوده است.

محاسبهٔ ضرایب همبستگی مشخص نمود که نوسانات غلظتی فلز روی در طول سال، با عوامل درجه حرارت (۰/۹۷ +)، اکسیژن محلول (۰/۹۴ +)، pH (۰/۵۵ +) و شوری (۰/۷۲ +) همبستگی معنی‌دار نشان داده که با توجه به مقادیر عددی هر یک از ضرایب، به نظر می‌رسد که عوامل درجه حرارت و اکسیژن بیشترین تاثیر را در غلظت فلز روی داشته‌اند.

میزان تغییرات غلظت مس با عوامل شوری (۰/۶۸-) و pH (۰/۵۸+) وابستگی داشته که ظاهراً شوری بالاترین اثر را در این تغییرات داشته است.

عوامل موثر بر نوسانات نیکل شامل درجه حرارت (۰/۵۳+)، شوری (۰/۵۸+) و pH (۰/۸۳-) بوده، که با توجه به مقادیر عددی هر ضریب، میتوان گفت که pH مؤثرترین فاکتور بوده است.

فاکتورهای مؤثر بر غلظت سرب شامل درجه حرارت (۰/۷۰+) و اکسیژن محلول (۰/۵۱+) بوده و از بین آنها درجه حرارت بیشترین اثر را داشته است.

نوسانات غلظتی کادمیم تنها تحت تأثیر درجه حرارت (۰/۴۷+) بوده است.

به طور مشابه می‌توان عوامل مؤثر بر تغییرات غلظتی آهن را درجه حرارت (۰/۹۸+)، شوری (۰/۵۴+) و اکسیژن محلول (۰/۷۲+) دانست که به نظر می‌رسد بیشترین تغییرات ناشی از نوسانات درجه حرارت بوده است.

مقایسه میزان دو فلز سرب و نیکل (به ترتیب ۲۶/۳ و ۱۷/۹ میکروگرم بر لیتر) در این بررسی با مقادیر اندازه‌گیری شده ۲۳/۶ و ۱۹/۵ میکروگرم بر لیتر در تحقیقات پیشین (سامانی، ۱۳۷۲)، نشان می‌دهد که فلز سرب تقریباً ۳ میکروگرم در لیتر افزایش و نیکل حدود ۱/۶ میکروگرم در لیتر کاهش داشته است ولی از آنجا که تعداد نمونه‌برداریها در این فواصل اندک بوده و اطلاعات قابل استنادی موجود نمی‌باشد، در حال حاضر نمیتوان در رابطه با معنی‌دار بودن یا نبودن این اختلافات نتیجه‌ای گرفت و از طرفی به دلیل محدود بودن داده‌ها در زمینه منابع تامین کننده این فلزات، بحث در رابطه با

روند تغییرات آنها در خلیج فارس مشکل می‌باشد. خلیج فارس دارای ویژگیهای خاصی است که از آن جمله می‌توان به پایین بودن میزان چرخش آب، ورود ناچیز آب و همچنین تبخیر زیاد آن اشاره نمود. از آنجاکه تقریباً تمامی فلزات با فاکتورهای دما و شوری وابستگی معنی‌دار نشان داده‌اند، شاید بتوان افزایش غلظت آنها را در فصول بهار و تابستان با افزایش دما و به دنبال آن تبخیر زیاد و در نتیجه بالا رفتن شوری توجیه نمود.

مقایسه مقادیر بدست آمده با میزان آن در کشورهای دیگر و نیز با نتایج حاصل از کارهای آزمایشگاهی که معرف حد بحرانی فلزات در آب دریا می‌باشند (جدول ۶) نشان می‌دهد که در دو فصل پاییز و زمستان، غلظت دو فلز مس و سرب و در فصول بهار و تابستان، غلظت تمامی فلزات مورد نظر از حد بحرانی بالاتر بوده و در نتیجه به نظر می‌رسد برای محیط زیست خطر ساز باشند (Mance, 1987 ; Sadiq, 1992) .

نظر به اینکه این بررسی در ایستگاههای محدود و با امکانات کم انجام گرفته، نمی‌توان داده‌های حاصل از آن را به عنوان معیاری از میزان فلزات سنگین در آب خلیج فارس بیان نمود، بلکه تنها بعنوان مقدمه‌ای برای انجام بررسیهای تکمیلی در آینده مورد استفاده می‌باشد. به منظور روشن نمودن وضعیت خلیج فارس از نظر میزان فلزات و اثرات آنها در محیط، لازم است چنین بررسیهایی به صورت مستمر و در دراز مدت همراه با روش‌ها و دستگاههای مجهزتر انجام گیرد.

جدول ۶: مقایسه مقادیر چند فلز سنگین در آب مناطق مختلف با نتایج حاصل از این تحقیق (بر حسب میکروگرم در لیتر)

عنصر / منطقه جغرافیایی	روی	مس	نیکل	سرب	کادمیم	آهن	منبع
دریای‌مدیترانه	ـــ	۱/۵-۳/۲	ـــ	۲/۱-۱۱/۴	۰/۰۰۰۶-۰/۰۰۲۹	ـــ	Sadiq, 1992
دریای بالتیک	ـــ	۰/۳۱۸-۵/۰۸	ـــ	۰/۰۴-۲۶/۹۱	۰/۰۱-۲/۲۴	ـــ	Sadiq, 1992
اقیانوس آرام	ـــ	۰/۰۴-۰/۰۹۴	ـــ	۰/۰۱-۰/۰۲	۰/۰۰۰۷-۰/۰۰۷	ـــ	Sadiq, 1992
دریای‌سیاه	ـــ	۰/۰۰۵-۰/۴۳۹	ـــ	۰/۰۰-۰/۰۳	۰/۰۰۰۴-۰/۰۲۱۵		Sadiq, 1992
ترکیب شیمیایی طبیعی آب دریا	۰/۱	۰/۱	۰/۲	۰/۰۰۳	۰/۰۱	۲	Sadiq, 1992
حد بحرانی	۵۰	۸	۱۵	۵	۳	ـــ	Mance, 1987
سواحل بوشهر	۸۳/۹	۲۱/۹۵	۱۷/۹۶	۲۶/۳۴	۳/۲۵	۱۱۳/۸۲	تحقیق کنونی

منابع

سادات اعلایی، م. ، ۱۳۵۸. بررسی تکنولوژی و تحقیق و ردیابی با کشتی لاوان ۳ و آغاز فعالیتهای مرکز تحقیقات بوشهر، گزارش ماموریت کارشناسان فرانسوی در ایران، دفتر مرکزی موسسه تحقیقات و توسعه ماهیگیری شیلات ایران. ۴۹ صفحه.

سامانی، ن. ، ۱۳۷۲. بررسی بار آلودگی فلزات سنگین سرب، نیکل و وانادیم در کانال سلطانی بوشهر، پایان نامه فوق لیسانس دانشگاه آزاد اسلامی واحد شمال تهران. ۱۰۷ صفحه.

وحدتی، ا. ؛ فتح پور، ح. ، ۱۳۶۴. فیزیولوژی جانوری، سازش و محیط، ترجمه انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه اصفهان ، صفحات ۲۷۵ تا ۲۸۴.

Clesceri, L.S. ; Greenberg, A.E. and Trussell, R.R. , 1984. Standard methods for the examination of water and wastewater. American Public Health Association. pp.1-162.

Clark, R.B. , 1986. Marine Pollution. Clarendon Press. Oxford , pp.64-82.

Fresenius, W. ; Quentin, K.E. and Schneider, W. , 1988. Water analysis. Institut Fresenius-Neuhof. FRG, pp.325-416 .

Mance, G. , 1987. Pollution threat of metals in aquatic environments. Elsevier Science Publishers LTD, pp.299-312.

Miner, R.A. and Keith, L.H. , 1984. Water analysis. Vol 2, In organic Species, Part 2, Academic Press Inc. pp.61-110.

Patin, S.A. , 1982. Pollution and the biological resoures of the oceans. Butter Worth & Co. LTD, pp.13-32.

Sadiq, M. , 1992. Toxic metals chemistry in marine environments. Marcel Dekker INC, pp.106-357.