

بررسی تجمع زیستی رسوبی و تعیین مقادیر فلزات سنگین Ni و V در دو کفه‌ای *Anodont cygnea* و رسوبات تالاب انزلی

لیدا سلیمی^{۱*}، شهلا جمیلی^۲، پیمان اقتصادی عراقی^۳، عباسعلی مطلبی^۲ و محمد ربانی^۴

۱- گروه آلودگی دریا، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال

۲- موسسه تحقیقات شیلات ایران

۳- مرکز ملی اقیانوس‌شناسی ایران

۴- گروه شیمی دریا، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال

تاریخ دریافت: ۸۹/۸/۲۰

تاریخ پذیرش: ۹۱/۱/۲۸

چکیده

تالاب انزلی یک تالاب بین‌المللی در شمال ایران بوده و دارای شرایط اکوسیستمی ویژه برای پرورش و رشد انواع آبزیان می‌باشد. بنابراین پایش آن بسیار اهمیت دارد. در حال حاضر این تالاب در معرض تهدید آلاینده‌های نفتی و فلزات سنگین موجود در پسابهای صنعتی حوزه آبریز قرار دارد. با توجه به امکان انتقال آلودگی‌هایی نظیر فلزات سنگین از طریق زنجیره غذایی، همراه با افزایش غلظت این آلاینده‌ها (Bioaccumulation)، مصرف آبزیان آلوده تالاب توسط انسان می‌تواند خطرات جدی را به همراه داشته باشد. در این پروژه نسبت به تعیین آلاینده‌های نیکل و وانادیوم که دو فلز سنگین شاخص آلودگی نفتی هستند اقدام شد. نمونه‌برداری از رسوب و یکی از گونه‌های بومی تالاب انزلی یعنی دوکفه‌ای *Anodont cygnea* در ایستگاه‌های موسوم به (ماهروزه و سلکه) و در دو فصل خشک و مرطوب (اواخر خرداد و اواخر شهریورماه) سال ۱۳۸۹ صورت گرفت. نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل و بعد از آماده‌سازی و انجام آنالیزهای شیمیایی با استفاده از روش جذب اتمی، فلزات سنگین Ni و V در آنها تعیین گردید. نتایج نشان داد که مقدار وانادیوم در بافت نرم دوکفه ای و رسوب، به ترتیب در محدوده حداقل و حداکثر ۰/۳۲۴۳ میکروگرم در گرم ND(not detected) - ۳۰۶/۹۶۰۳ - ۲/۱۷۹۶ میکروگرم در گرم بوده و غلظت نیکل در بافت نرم و رسوب به ترتیب در محدوده حداقل و حداکثر ۱/۳۳۵۱ - ۰/۲۳۱ میکروگرم در گرم و ۱۹/۵۳۲۶ - ۰/۴۹۴۹ میکروگرم در گرم بود. مشاهده می‌شود که مقادیر نیکل و وانادیوم در رسوب پایین بوده و حتی غلظت نیکل در محدوده ERL هم قرار ندارد در مورد وانادیوم چون ERL و ERM برای آن تعریف نشده نمی‌توان در این خصوص قضاوت کرد. فاکتور تجمع زیستی رسوبی (BASF) نیز در خصوص نیکل و وانادیوم کمتر از یک بود. و این امر حاکی از آن است که انتقال این دو عنصر از رسوب به بدن دوکفه ای بالا نبوده و در بافت نرم آنودونت مقدار آنها پایین است. نتایج آماری هم (با استفاده از نرم‌افزار SPSS ۱۳) نشان داد بین مقادیر نیکل در نمونه آنودونت‌های ایستگاه ماهروزه، در خرداد و شهریور ماه اختلاف معنی داری وجود داشت ($P > 0/50$). همچنین اختلاف معنی داری در میزان وانادیوم تعیین شده در نمونه آنودونت و رسوب ماهروزه در شهریور ماه دیده شد. علاوه بر آن اختلاف معنی داری در میزان وانادیوم تعیین شده در نمونه آنودونت و رسوب سلکه هم در شهریور ماه وجود داشت ($P < 0/05$). با توجه به نتایج بدست آمده و موارد فوق مشاهده می‌شود که مقادیر فلزات سنگین نیکل و وانادیوم در رسوب بیشتر از بافت نمونه آنودونت است. بررسی نتایج

انباشت زیستی- رسوبی نیکل و وانادیوم حاکی از آن است که در تمامی نمونه‌های دوکفه ای مورد آزمایش، عملاً انباشت زیستی - رسوبی قابل ملاحظه ای از نیکل و وانادیوم در بافت نرم آنودونت وجود نداشت.

واژگان کلیدی

نیکل، وانادیوم، آنودونت، رسوب، تالاب انزلی، تجمع زیستی

مقدمه

تالاب انزلی یکی از مهم ترین تالاب‌های ایران بوده و تالابی بین المللی است. این تالاب با توجه به شرایط اکولوژیک خود از تنوع زیستی بالایی برخوردار بوده و زیستگاه آبریان متنوعی است که گروهی از آنها مورد تغذیه انسان قرار می‌گیرند. در صورت آلوده شدن این آبریان، آلودگی ناشی از آن می‌تواند به انسان نیز منتقل شود. این تالاب با دریای خزر در ارتباط می‌باشد. در طول قرن اخیر وجود سفره‌های غنی نفت در بستر و حاشیه دریای خزر و بهره برداری‌های گسترده از این حوزه‌ها، آلودگی‌های نفتی زیادی را در منطقه به وجود آورده که براساس گزارش دفتر محیط زیست دریای خزر (CEP) به دلیل ویژگی‌های طبیعی این دریا، بیشتر این آلودگی‌ها به سمت جنوب دریای خزر بوده که این امر بیشترین مخاطرات را برای سواحل ایران به همراه می‌آورد (Nafttimes, ۱۹۸۶).

انجام فعالیت‌های نفتی در دریای خزر (بخصوص آذربایجان) و نظر به جهت حرکت جریان‌های آبی در خزر (که بر خلاف جهت عقربه‌های ساعت است) احتمال ورود آلودگی نفتی به بخش‌های جنوبی دریا و قسمت‌های مرتبط با آن نظیر تالاب انزلی وجود دارد. علاوه بر آن ورود پساب‌های صنعتی و شهری که از طریق رودخانه‌های آلوده وارد تالاب می‌شوند نیز در آلودگی تالاب انزلی نقش عمده ای ایفا می‌کنند. این تالاب سالانه با ورود میلیون‌ها تن فاضلاب شهری، پساب صنعتی حدود ۵۰ کارخانه و آلودگی‌های نفتی مناطق اطراف مواجه است. (Waresh, ۲۰۱۲).

از سوی دیگر برخی از کفزیان نظیر دوکفه ای آنودونت *Anodonta cygnea*، که موجودی صافی خوار (Filter Feeder) است و برای تغذیه، آب را فیلتر می‌کند، قادرند آلاینده‌ها را نسبت به محیط اطراف خود (آب یا رسوب)، ۱۰۵-۱۰۲ بار در بدن خود تغلیظ نمایند. لذا می‌توان تجمع زیستی آلاینده‌ها بین رسوبات و بافت بدن دوکفه‌ای‌ها (BSAF) Bio-Sediment Accumulation Factor یا تجمع زیستی- رسوبی را نیز در آنها بررسی نمود. تعیین میزان فلزات سنگین در بدن موجودات آبری نظیر دو کفه ای‌ها اغلب به منظور بررسی خطرات اکولوژیکی و اثرات کشنده این فلزات مهم بوده و مورد استفاده قرار می‌گیرد (Rainbow, ۱۹۹۵, Phillips, ۱۹۸۵). همچنین رسوب‌های در محیط‌های آبی منبعی مهم از فلزات است که با غذا توسط موجودات فیلتر کننده خورده می‌شوند (Schlekat et al., ۱۹۹۲) و با توجه به عدم تحرک این جانوران و متابولیسم اندک، استفاده از آنان برای پایش و تعیین تغییرات غلظت این فلزات بسیار مفید است. در این خصوص می‌توان به تحقیقات انجام شده مشابه بر روی گونه‌های مختلف دو کفه ای‌ها توسط Rojas de Astudillo و همکاران (۲۰۰۵) و Gomez و همکاران (۱۹۹۱) اشاره کرد.

در این پژوهش دو فلز نیکل (Ni) و وانادیم (V) که عمدتاً بعنوان فلزات شاخص نفتی شناخته می‌شوند در رسوبات و کل بافت نرم (Whole tissue) دوکفه ای آنودونت مورد بررسی قرار گرفت و علاوه بر آن (BSAF) نیز در نمونه‌های آنودونت تعیین گردید.

مواد و روش‌ها

در ابتدا کل مساحت تالاب مورد گشت زنی قرار گرفت تا از مکان‌هایی که دوکفه ای آنودونت وجود دارد اطلاع

حاصل شود و بر این اساس دو ایستگاه شامل (۱) ایستگاه ماهروزه (۲) ایستگاه سلکه هر کدام به طول ۱ کیلومتر تعیین گردید. نمونه‌برداری در دو فصل بهار و تابستان (یعنی اواخر خرداد و اواخر شهریور) از رسوب و دو کفه ای آنودونت صورت گرفت و نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل گردید. سپس بافت نرم عضله نمونه‌های آنودونت جدا شده و پس از کد گذاری به فریزر منتقل شدند (نمونه‌های رسوب با استفاده از Van Veen Grab برداشته شده است)، در هر فصل و در هر ایستگاه، ۷ نمونه دوکفه ای آنودونت و سه نمونه رسوب مورد آنالیز قرار گرفت. هر یک از نمونه‌ها سه بار آنالیز گردیده و میانگین آنها در بخش نتایج ارائه گردیده است.

آماده سازی نمونه‌های رسوب بر طبق روش MOOPAM (۱۹۹۹) انجام گردید. نمونه‌های رسوب در آون در دمای ۵۰ درجه سانتی گراد کاملاً خشک شدند. سپس از لایه‌های رسوب سطحی هر ایستگاه ۰/۰۲۵ گرم وزن شده و برای عملیات هضم به ویالهای دستگاه ماکرو ویو منتقل گردید.

پس از آن به هر ویال ۶ میلی لیتر اسید نیتریک ۶۵ درصد و ۱ میلی لیتر اسید پرکلریک ۶۰ درصد و ۱ میلی لیتر آب اکسیژنه ۳۰ درصد مرک اضافه شد. نمونه‌ها به مدت نیم ساعت در دمای ۲۰۰ درجه سانتی گراد در دستگاه ماکرو ویو مدل ۱ ETHOS (Advanced Microwave- Digestion system) قرار داده شد. رسوبات هضم شده با کاغذ صافی (۴۱ wattman ash less no.) صاف گردید. محلول حاصل به حجم ۵۰ میلی لیتر رسانده شد.

در مرحله بعد بافت نرم نمونه‌های آنودونت (که از پوسته جدا و منجمد شده بود) توزین (وزن تر) و سپس به قطعات کوچکتر تقسیم شده و به دستگاه فریز درایر (مدل Zirbus, D۳۷۵۳۹) سپرده شد تا کاملاً خشک گردد. پس از آن ۳/۰ گرم از کل بافت نرم خشک هر نمونه درون ویال‌های مخصوص ماکرو ویو گذاشته شده و به آن ۶ میلی لیتر اسید نیتریک ۶۵ درصد و ۲ میلی لیتر آب اکسیژنه ۳۰ درصد مرک اضافه شد. سپس درب ویال کاملاً فیکس شده و برای مدت نیم ساعت در دمای ۱۸۰ درجه سانتی گراد در دستگاه ماکرو ویو قرار گرفت تا مراحل هضم نمونه کامل شده، و آماده سنجش با دستگاه جذب اتمی گردد.

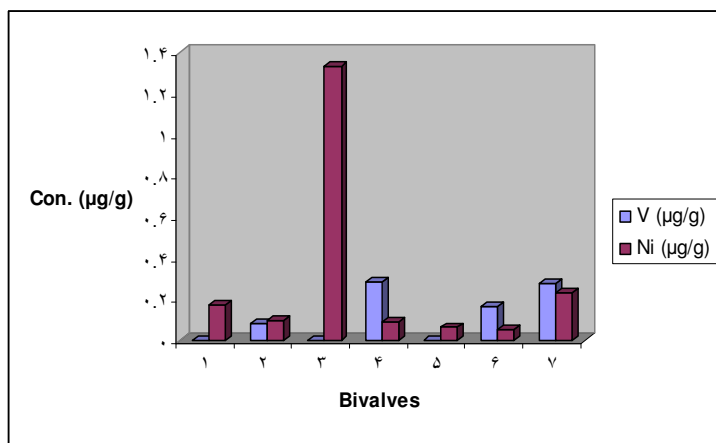
در مرحله آخر هر نمونه رسوب و بافت نرم، در سه نوبت جهت سنجش فلزات نیکل و وانادیوم به دستگاه Atomic absorption (مدل Thermo, electron corporation) با حد تشخیص 1×10^{-4} میکرو گرم بر گرم سپرده شد. در نمونه‌های رسوب از جذب اتمی با شعله (Flame) و در نمونه‌های بافت نرم آنودونت، از کوره گرافیتی استفاده گردید.

آنالیزهای آماری با استفاده از نرم افزار SPSS۱۳ و آزمون Mann Whitney U انجام و همبستگی بین پارامترهای مورد سنجش، بررسی گردید.

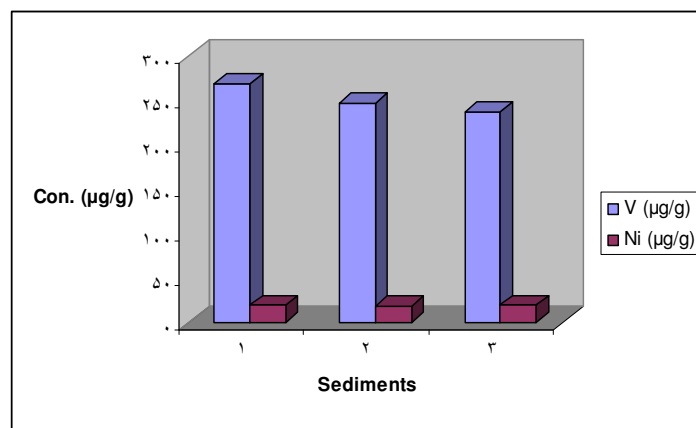
همچنین در این پروژه برای تعیین تجمع زیستی آلاینده بین رسوب و نمونه‌های دوکفه‌ای Anodont در نقاط نمونه‌برداری شده، نسبت غلظت آلاینده در دو کفه ای را به غلظت آلاینده در رسوب بدست آمده و سپس با استفاده از نسبت مقادیر آلاینده در بافت نرم دوکفه ای / مقادیر آلاینده در رسوب، میزان (Bio- Sediment Accumulation Factor) BSAF ارزیابی گردید

نتایج

نتایج نشان داد، مقدار نیکل و وانادیوم در نمونه‌های بافت نرم ۷ نمونه آنودونت در ایستگاه ماهروزه در خرداد ماه پایین بود، بطوری که مقادیر وانادیوم در دامنه غیر قابل تشخیص دستگاه (Not Detected) تا ۰/۲۸۲۷ میکرو گرم بر گرم و مقادیر نیکل در محدوده ۱/۳۳۵۱ - ۰/۰۵۲۴ میکرو گرم بر گرم بود. اما مقدار نیکل و وانادیوم در رسوب این ایستگاه (۳ نمونه) در خرداد ماه خیلی بالاتر بود، بطوری که مقادیر وانادیوم در دامنه ۲۶۹/۶۰۸۶ - ۲۳۸/۱۲۵۶ میکرو گرم بر گرم و مقادیر نیکل در محدوده ۱۹/۳۵۶۱ - ۱۸/۵۳۲۶ میکرو گرم بر گرم بدست آمد (شکل ۱ و ۲).

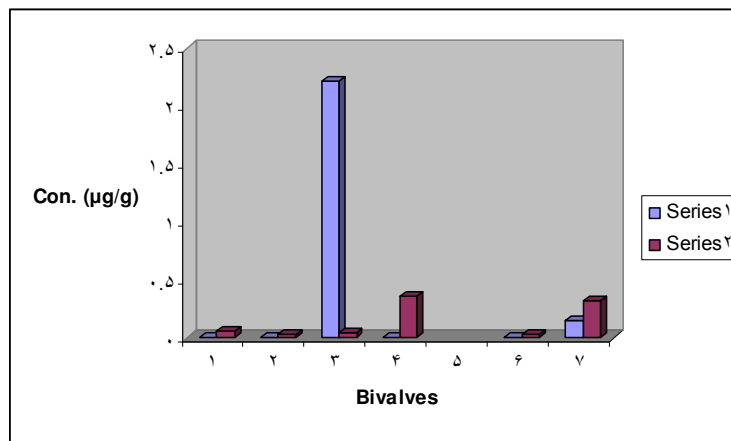


شکل ۱ - نمودار مقادیر نیکل و وانادیوم در نمونه‌های آنودونت ایستگاه ماهروزه تالاب انزلی، خرداد ماه ۱۳۸۹

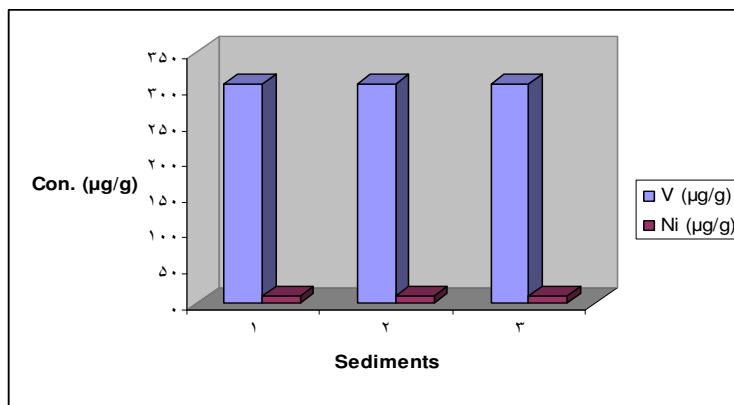


شکل ۲ - نمودار مقادیر نیکل و وانادیوم در نمونه‌های رسوب ایستگاه ماهروزه تالاب انزلی، خرداد ماه ۱۳۸۹

آنالیزهای انجام شده نشان داد که مقدار نیکل و وانادیوم در نمونه‌های آنودونت ایستگاه سلکه در خرداد ماه هم پایین است بطوری که مقادیر وانادیوم (بجز در دو نمونه) در سایر نمونه‌ها در حد غیر قابل تشخیص دستگاه (Not Detect) بوده و مقادیر نیکل نیز در محدوده ۰/۳۶۷۶ - ۰/۲۷۴ میکرو گرم بر گرم می‌باشد و مقدار نیکل و وانادیوم در رسوب سلکه در خرداد ماه مشابه ایستگاه ماهروزه، نسبت به بافت بالاتر بوده بطوری که مقدار وانادیوم در رسوب در محدوده ۳۰۶/۹۶۰۳ - ۲۸۹/۳۴۱۱ میکرو گرم بر گرم و مقدار نیکل در رسوب در محدوده ۱۰/۳۵۵۱ - ۹/۶۹۳۶ میکرو گرم بر گرم می‌باشد (شکل ۳ و ۴).

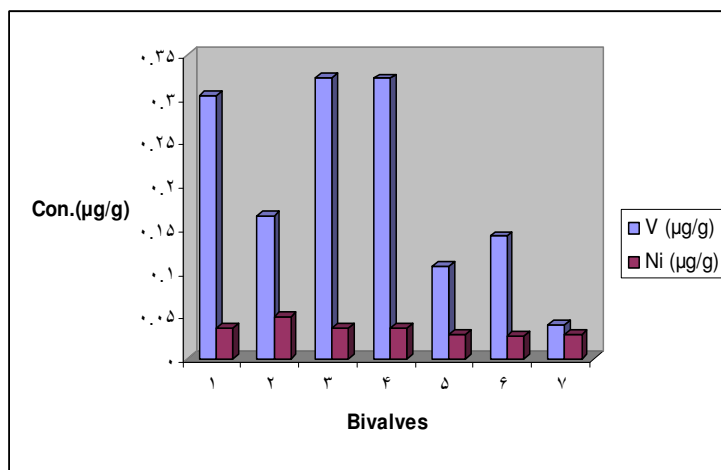


شکل ۳- نمودار مقادیر نیکل و وانادیوم در نمونه‌های صدف آنودونت در ایستگاه سلکه تالاب انزلی
خرداد ماه ۱۳۸۹

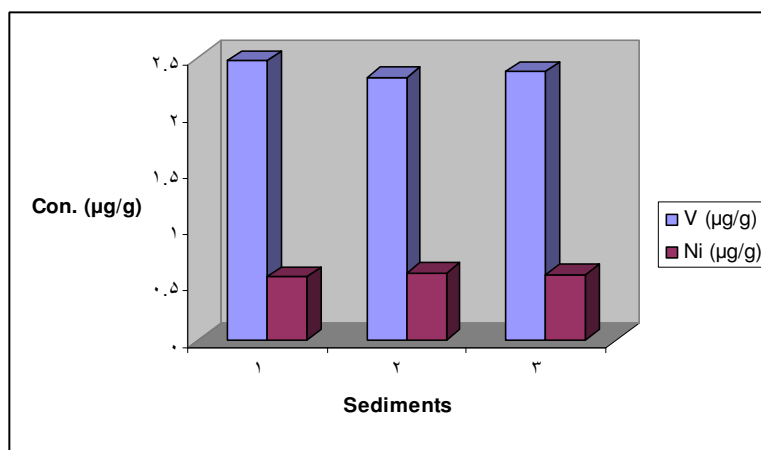


شکل ۴- نمودار مقادیر نیکل و وانادیوم در نمونه‌های رسوب ایستگاه سلکه تالاب انزلی - خرداد ماه ۱۳۸۹

نتایج نمونه‌برداری و سنجش آنها در شهریور ماه نشان داد که مقدار وانادیوم در بافت نرم نمونه‌های آنودونت در ایستگاه ماهروزه در شهریور ماه نسبت به خرداد ماه کمی بیشتر شده، بطوری که مقدار وانادیوم در شهریور بین $0.3243 - 0.391$ میکرو گرم بر گرم بوده، مقادیر نیکل هم در نمونه‌های آنودونت سلکه در محدوده $0.497 - 0.271$ میکرو گرم بر گرم بود. اما مقدار نیکل و وانادیوم در رسوب ایستگاه ماهروزه در شهریور ماه به نسبت خردادماه کاهش داشته بطوری که مقدار وانادیوم در محدوده $2.4797 - 2.3304$ میکرو گرم بر گرم و مقدار نیکل در محدوده $0.5936 - 0.5574$ میکرو گرم بر گرم قرار گرفت (شکل ۵ و ۶).

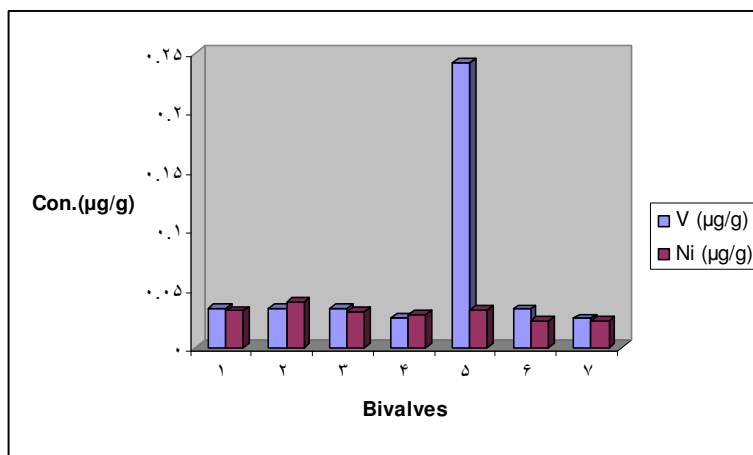


شکل ۵ - نمودار مقادیر نیکل و وانادیوم در نمونه‌های صدف آنودونت در ایستگاه ماهروزه تالاب انزلی شهریور ماه ۱۳۸۹

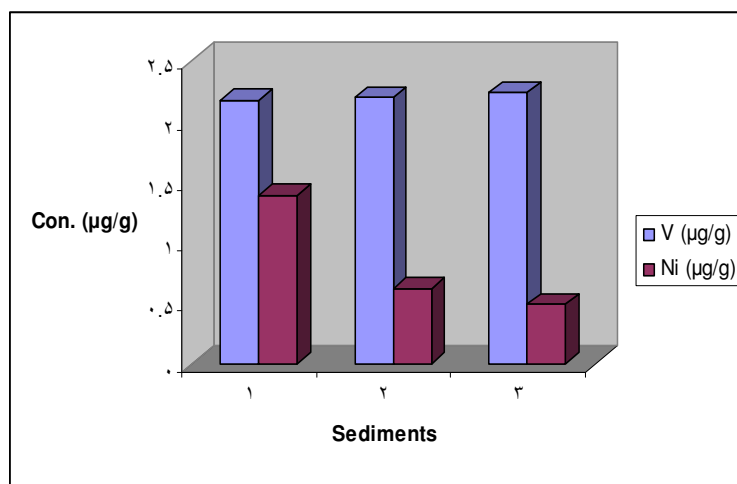


شکل ۶ - نمودار مقادیر نیکل و وانادیوم در نمونه‌های رسوب ایستگاه ماهروزه تالاب انزلی شهریور ماه ۱۳۸۹

مقدار نیکل و وانادیوم در نمونه‌های بافت نرم آنودونت سلکه در شهریور ماه هم عملاً پایین بود، بطوری که مقدار وانادیوم در محدوده ۰/۲۴۱۳ - ۰/۲۴۹ میکرو گرم بر گرم و مقادیر نیکل نیز در دامنه ۰/۰۳۹۵ - ۰/۰۲۳۱ میکرو گرم بر گرم بود. اما مقدار نیکل و وانادیوم در رسوب ایستگاه سلکه در شهریور ماه به نسبت خرداد ماه کاهش داشت، بطوری که مقادیر وانادیوم در دامنه ۲/۲۴۲۱ - ۲/۱۷۹۶ میکرو گرم بر گرم و مقادیر نیکل در محدوده ۱/۳۹۲۸ - ۰/۴۹۴۲ میکرو گرم بر گرم قرار گرفت (شکل ۷ و ۸).



شکل ۷ - نمودار مقادیر نیکل و وانادیوم در نمونه‌های صدف آنودونت در ایستگاه سلکه تالاب انزلی شهریور ماه ۱۳۸۹



شکل ۸ - نمودار مقادیر نیکل و وانادیوم در نمونه‌های رسوب ایستگاه سلکه تالاب انزلی شهریور ماه ۱۳۸۹

در ادامه ایستگاه‌های ماهروزه و سلکه در فصول نمونه‌برداری یعنی بهار و تابستان (خرداد ماه و شهریور ماه) در باره آلاینده‌های نیکل و وانادیوم در جدول ۱ و ۲ ارائه گردیده است.

جدول ۱- مقادیر فاکتور انباشت زیستی - رسوبی آلاینده نیکل در ایستگاه‌های ماهروزه و سلکه در دو فصل نمونه‌برداری سال ۱۳۸۹

مقادیر B S A F	ایستگاه / زمان
۰/۰۱	ماهروزه/خرداد
$۸/۹۹ \times ۱۰^{-۳}$	سلکه/خرداد
۰/۰۵	ماهروزه/شهریور
۰/۳۵	سلکه/شهریور

جدول ۲- مقادیر فاکتور ت انباشت زیستی - رسوبی آلاینده وانادیوم در ایستگاههای ماهروزه و سلکه در دو فصل نمونه برداری سال ۱۳۸۹

مقادیر BSAF	ایستگاه/ زمان
$7/94 \times 10^{-4}$	ماهروزه/خرداد
$3/98 \times 10^{-3}$	سلکه/خرداد
۰/۰۸	ماهروزه/شهریور
۰/۰۲	سلکه/شهریور

بحث و نتیجه گیری

نتایج تحقیق حاضر نشان داد، میانگین مقدار نیکل در نمونه‌های رسوب خشک ایستگاه ماهروزه بین حداقل و حداکثر ۰/۵۸-۱۹/۰۰ میکرو گرم بر گرم وزن خشک و در رسوب ایستگاه سلکه بین حداقل و حداکثر ۰/۰۱-۰/۰۸۴ میکرو گرم بر گرم وزن خشک می‌باشد (شکل‌های ۲، ۴، ۶ و ۸).

نتایج تحقیقات انجام شده در سواحل کالیفرنیا، غلظت نیکل در رسوب این سواحل را در دامنه ۷۹/۶-۱۲/۴ میکرو گرم بر گرم وزن خشک و میزان وانادیوم را ۱۴۷-۱۷/۴ میکرو گرم بر گرم وزن خشک تعیین نمود (Costal, ۲۰۱۲).

همچنین غلظت نیکل در رسوبات خلیج Paria در ونزوئلا ۴/۷-۲۴/۱ میکرو گرم بر گرم وزن خشک اعلام شده است (Rojas de Astudillo *et al.*, ۲۰۰۵). با توجه به موارد فوق و گزارش‌های US National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) از آنجایی که محدوده اثرات و ریسک پایین یا Effects Range (ERL) در نیکل ۲۰/۹ ERL= و محدوده اثرات و ریسک متوسط ERM (Effects Range Medium) ۵۱/۶ ERM= است (Rojas de Astudillo *et al.*, ۲۰۰۵). بنابراین مشاهده می‌شود که مقادیر نیکل در رسوبات تالاب انزلی پایین تر از مقادیر بدست آمده در سواحل کالیفرنیا و خلیج Paria در ونزوئلا است و خوشبختانه حتی در محدوده ERL هم قرار نمی‌گیرد.

همچنین مقادیر وانادیوم در تحقیق حاضر در نمونه‌های خشک رسوب ایستگاه ماهروزه بین حداقل و حداکثر ۲/۳۹۷-۲۵۱/۸۵ میکرو گرم بر گرم وزن خشک و در رسوب ایستگاه سلکه بین ۲/۲۱-۲۹۸/۴۳ میکرو گرم بر گرم وزن خشک بدست آمد که همانطور که در بالا اشاره شد بسیار کمتر از مناطقی نظیر سواحل کالیفرنیا است (Costal, ۲۰۱۲)، از آنجایی که ERL و ERM برای وانادیوم تعریف نشده است نمی‌توان در این خصوص قضاوت نمود.

نتایج پژوهش‌های انجام شده در گونه *Crassostrea brasiliana* (نوعی اویستر) در آب‌های ریودوژانیرو میانگین غلظت نیکل ۱/۱ میکرو گرم بر گرم وزن خشک (Gomes *et al.*, ۱۹۹۱) و میانگین غلظت نیکل در گونه *Crassostrea iridescens* در آب‌های مکزیک برابر ۲/۱ میکرو گرم بر گرم وزن خشک گزارش شده است (Paez-Osuna *et al.*, ۱۹۹۵). همچنین در گونه *Ostrea iridescens* در آب‌های السالوادور میانگین غلظت نیکل ۱۰/۶ میکرو گرم بر گرم وزن خشک تعیین شده است (Michel & Zengel, ۱۹۹۸).

در چند گونه اویستر در خلیج Paria در شمال ونزوئلا، در گونه *Crassostrea rhizophorae* مقادیر نیکل در ایستگاه‌های مورد بررسی کمتر از ۰/۰۱ تا ۰/۴۳ میکرو گرم بر گرم وزن تر و در گونه *C. virginica* میانگین غلظت نیکل بین ۰/۱۶ - ۰/۰۴ میکرو گرم بر گرم وزن تر و در گونه ماسل سبز (*Perna viridis*) در جزیره Trinidad

ونزوئلا، مقادیر نیکل از کمتر از ۰/۰۱ تا ۱/۴ میکروگرم بر گرم وزن تر گزارش شده است (Rojas de Astudillo *et al.*, ۲۰۰۵).

در تحقیق حاضر میانگین مقادیر نیکل در کل بافت نرم نمونه‌های آنودونت ایستگاه ماهروزه بین بیشترین و کمترین ۰/۲۹-۰/۰۳ میکرو گرم بر گرم وزن خشک و در کل بافت نرم نمونه‌های آنودونت سلکه بین بیشترین و کمترین ۰/۰۹-۰/۰۳ میکرو گرم بر گرم وزن خشک می‌باشد. بنابراین مشاهده می‌شود که میزان نیکل در نمونه‌های آنودونت ایستگاه‌های ماهروزه و سلکه در حدود مقادیر این عنصر در گونه‌های مورد بررسی اویستر (*Crassostrea rhizophorae* & *C. virginica*) در خلیج Paria و گونه ماسل سبز (*Perna viridis*) در جزیره Trinidad (ونزوئلا) بوده و از مقدار نیکل گزارش شده در گونه‌های دوکفه ای فوق‌الذکر در آب‌های ریودوژانیرو (*Crassostrea brasiliensis*)، مکزیک (*Crassostrea iridescens*) و السالوادور (*Ostrea iridescens*) کمتر است.

در تحقیق حاضر میانگین مقادیر وانادیوم هم در بافت نرم آنودونت‌های ایستگاه ماهروزه ۰/۲۰ میکرو گرم بر گرم وزن خشک و در بافت نرم آنودونت‌های سلکه ۱/۱۹-۰/۰۶ میکرو گرم بر گرم وزن خشک بدست آمد، لازم به ذکر است که در مورد مقادیر وانادیوم در دوکفه ای‌ها گزارشی یافت نشد.

همچنین با بررسی بیشتر نتایج بدست آمده در بافت نرم نمونه‌های آنودونت مشاهده شد که:

۱) بطور کلی مقادیر نیکل (بیشترین و کمترین ۱/۳۳۵۱-۰/۰۵۲۴ میکرو گرم بر گرم وزن خشک) و وانادیوم (بیشترین و کمترین ۲/۲۸۲۷-ND میکرو گرم بر گرم وزن خشک) در بافت نمونه‌های آنودونت ایستگاه ماهروزه، در خرداد ماه پایین است. اما در نمونه شماره ۳ میزان نیکل یکباره افزایش نشان داد (شکل ۱).

۲) در بررسی بافت نمونه‌های آنودونت سلکه در خرداد ماه، همچنان میزان نیکل (کمترین و بیشترین ۳۶۷۶-۰/۰۳۶۷ میکرو گرم بر گرم وزن خشک) و وانادیوم کمترین و بیشترین ND-۲/۲۲۱۱ میکرو گرم بر گرم وزن خشک) و در حد میکرو گرم بر گرم وزن خشک بود و مقادیری اندک بود. علاوه بر آن در نمونه شماره ۳ این ایستگاه هم مقدار وانادیوم افزایش نشان داد (شکل ۳).

با توجه به بالا بودن میزان نیکل در نمونه آنودونت شماره ۳ (بند ۱ فوق) و افزایش میزان وانادیوم در دوکفه ای شماره ۳ (بند ۲ فوق) احتمال داده می‌شود عواملی نظیر اندازه، سن و جنسیت دوکفه ای در این خصوص موثر باشند. در مورد آبزبان دیگر مثلاً ماهیان آب شیرین، همبستگی مستقیمی بین مقدار نیکل و اندازه (طول) ماهی گزارش شده است (Coetzee *et al.*, ۲۰۰۲) و احتمال داده می‌شود این رابطه در مورد مقادیر نیکل در سایر آبزبان نظیر دوکفه ای‌ها هم برقرار باشد.

همچنین نتایج یک پژوهش نشان داد که تجمع برخی فلزات، در جنس نر و در سن جوانی (juveniles) میگوها بالاست (Frent & Alliot, ۱۹۸۵). گزارش‌هایی هم مبنی بر تاثیر جنسیت در تجمع برخی فلزات دیگر گروه واسطه (مانند روی) در میگوها وجود دارد (Paez - Osuna & Torn-Mayen, ۱۹۹۵). گرچه پژوهش در باره عوامل موثر بر تجمع و جذب فلزات سنگین در مورد آبزبان نتایج مختلفی ارائه داده ولی احتمال تاثیر این عوامل در جذب فلزات توسط دوکفه ای‌ها هم می‌تواند مطرح شود که البته نیاز به تحقیقات بیشتر ی را طلب می‌کند.

۳) در نمونه‌های آنودونت ایستگاه سلکه در شهریور ماه (مشابه خرداد) مقادیر نیکل و وانادیوم نزدیک بهم و اندک بوده و تنها در مورد نمونه شماره ۵، میزان وانادیوم افزایش نشان داد و همانطور که در موارد فوق (توضیحات بند ۲) اشاره شد احتمالاً عواملی نظیر سن، اندازه و جنسیت دوکفه ای می‌توانند در این خصوص موثر باشند.

براساس نتایج برست آمده میزان نیکل در رسوب بیشتر از بافت نرم دوکفه ای است و این امر موافق با نتایج تحقیقات انجام شده بر روی رسوب (۲۴/۱-۴/۷ میکرو گرم بر گرم وزن خشک) و دوکفه‌ای‌های (*Crassostrea rhizophora* & *C. virginica* & *Perna viridis*) با مقادیر بین بیشترین و کمترین ۱/۴-۰/۰۱ میکرو

گرم بر گرم وزن تر) در خلیج Paria در شمال ونزوئلا است (Rojas de Astudillo *et al.*, ۲۰۰۵) این نتیجه با توجه به جرم بالای فلزات سنگین نظیر نیکل و ته نشین شدن آن در رسوبات قابل انتظار است.

۴) بررسی‌های آماری نشان داد که بین مقادیر نیکل در نمونه‌های آنودونت در ایستگاه ماهروزه در خرداد و شهریور ماه اختلاف معنی داری وجود دارد ($P < 0/05$) ولی بین مقادیر نیکل در نمونه‌های آنودونت ایستگاه سلکه هم در خرداد و شهریور ماه اختلاف معنی داری وجود نداشت یعنی تغییرات فصلی در مورد ورود میزان نیکل در نمونه‌های آنودونت موثر نبوده و این امر بر خلاف نتایج تحقیقات انجام شده بر روی جذب مقادیر نیکل در گونه اویستر (*Ostrea equestris*) سواحل ریودوژانیرو در برزیل است (Ferreira *et al.*, ۲۰۰۵).

همچنین مشاهده شد که بین مقادیر وانادیوم در نمونه‌های آنودونت و رسوب ایستگاه ماهروزه در خرداد ماه اختلاف معنی داری وجود نداشت. این وضعیت در ایستگاه سلکه هم اختلاف معنی داری نداشت ($P < 0/05$). اما در میزان وانادیوم تعیین شده در نمونه آنودونت و رسوب ماهروزه در شهریور ماه اختلاف معنی داری دیده شد. همچنین در میزان وانادیوم تعیین شده در نمونه آنودونت و رسوب سلکه در شهریور ماه هم اختلاف معنی داری وجود داشت ($P < 0/05$). با توجه به نتایج بدست آمده و موارد فوق مشاهده می‌شود که مقادیر فلزات سنگین نیکل و وانادیوم در رسوب بیشتر از بافت نمونه آنودونت است (شکل ۲، ۴، ۶ و ۸).

بنظر می‌رسد این امر به دلایل زیر باشد: اولاً نیکل و وانادیوم جزو عناصر سنگین بوده و دارای جرم بالایی هستند و بنابراین تمایل دارند در رسوب قرار گیرند و به همین دلیل مقدار آنها در رسوب بیشتر خواهد بود. ثانیاً با توجه به نوع فعالیت شیمیایی این عناصر، بطور کلی در رسوبات گلی/رسی/لجنی با محتوای بالایی از مقادیر آلی (نظیر رسوبات تالاب انزلی در تحقیق حاضر) آلاینده‌ها تمایل بیشتری نسبت به سایر انواع رسوب داشته و می‌توانند در این رسوبات قرار گرفته و باقی بمانند (Demora & Shikholaeslami, ۲۰۰۲).

۵) با توجه به موقعیت جغرافیایی ماهروزه انتظار می‌رود مقدار وانادیوم و نیکل در بافت نرم نمونه‌های آنودونتی که از ایستگاه ماهروزه در فصل بارندگی (شهریور ماه) نمونه‌برداری شده اند بیشتر از سلکه باشد. آنالیزهای آماری هم اختلاف معنی داری را بین وانادیوم آنودونتهای ماهروزه و سلکه در شهریور ماه نشان داد که تایید کننده این موضوع است، اما در مورد مقادیر نیکل اختلاف معنی دار نبود ($P < 0/05$).

بنظر می‌رسد افزایش مقدار وانادیوم به دلیل موقعیت جغرافیایی ماهروزه باشد، با توجه به اینکه ایستگاه ماهروزه در محل تلاقی چند رودخانه است، در شهریور ماه (فصل بارندگی) همراه با سیلابهای شدید (Run off)، پسابهای آلوده به فلزات سنگین به این نقطه وارد می‌شوند. این امر موجب افزایش غلظت آلاینده‌ها در شهریور ماه (فصل بارندگی) نسبت به خرداد ماه است. با توجه به بیشتر بودن غلظت وانادیوم در شهریور ماه، بنابراین پسابهای آلوده ای که به همراه سیلابها و بارندگی به ماهروزه می‌ریزند احتمالاً بیشتر به صنایعی مرتبط هستند که حاوی وانادیوم می‌باشند. (برای نمونه به رودخانه زرجوب می‌توان اشاره‌ای نمود که یکی از آلوده ترین رودخانه‌های کشور است و از رودهای منتهی به تالاب انزلی می‌باشد). فقط همین رودخانه در مسیر حرکت پذیرای فاضلاب ۱۰ بیمارستان، ۵۲ گرمابه و تعداد ۳۸ واحد صنعتی و کارخانه‌های متعدد و پسابهای اراضی کشاورزی است، تعداد ۶ شهر، ۵ بخش و ۱۸ دهستان و بیش از ۳۰۰ روستا در حوزه این رودخانه قرار دارد. بخشی از فاضلاب صنعتی کارخانه‌های حوزه و تمامی فاضلابهای شهری و روستایی بدون تصفیه به رودخانه تخلیه و باعث آلودگی شدید این رودخانه می‌شود که تلفات مرگ و میر وسیع آبریان رودخانه و تالاب انزلی را در مقاطع بحرانی باعث می‌شود (Fishing, ۲۰۱۲).

۶) نتایج انباشت زیستی-رسوبی نیکل و وانادیوم نشان داد که در تمامی موارد مقادیر حاصل کمتر از عدد یک بوده، بنابراین انباشت زیستی-رسوبی قابل ملاحظه ای در مورد نیکل و وانادیوم مشاهده نشد. این نتیجه می‌تواند ناشی از این ویژگی باشد که ترکیبات نیکل و وانادیوم معمولاً لیپوفیل نبوده و نمی‌توانند براحتی در بافت تقریباً

چرب نمونه‌های آنودونت تجمع یابند. البته باید توجه داشت که مقدار انباشت زیستی یک فلز در بدن موجود، به عوامل مختلف محیطی (نظیر فصل و ...)، عوامل بیولوژیکی و فاکتورهای ژنتیکی هم بستگی دارد (Kotze, ۱۹۹۷). علاوه بر آن میزان انباشت زیستی آلاینده‌ها به میزان دسترسی به آنها هم بستگی دارد (Kennish, ۱۹۹۲). همچنین میزان انباشت زیستی به تعادل بین جذب و دفع آلاینده در بدن موجود هم وابسته است (Rain Bow *et al.*, ۱۹۹۰ & Weimin *et al.*, ۱۹۹۳) ولی ارتباط بین فلزات با رسوب و دسترسی زیستی بیولوژیکی آنها در دوکفه ای‌ها هنوز کاملا شناخته شده نیست، دیده شده است عواملی مثل محتوای آلی ذرات رسوبی و اسیدهای گوارشی در میزان جذب فلزات در ماسل‌ها، موثر بوده است (Gagnon & Fisher ۱۹۹۷, Guppy ۲۰۰۱). در مجموع اطلاعات و تحقیقات کمی در مورد انباشت زیستی نیکل و وانادیوم در محیط‌های آبی وجود دارد، ولی در بعضی از مواقع دسترسی زیستی نیکل در رسوبات تحت تاثیر کلسیم و منیزیم موجود در محیط آبی است (Di Toro *et al.*, ۱۹۹۰) همچنین گزارش شده که تجمع زیستی نیکل در رسوب وابسته و تحت کنترل سولفیدهای فرار اسیدی نیز هست (Krantzberg & Boys, ۱۹۹۲ & Nriagu, ۱۹۸۰)، که این امر می‌تواند مبنایی برای انجام پژوهش‌های بعدی در تالاب انزلی باشد.

بنابراین با توجه به نتایج تحقیق حاضر میانگین میزان فلزات سنگین نیکل و وانادیوم در هر دو فصل نمونه‌برداری در بافت نرم نمونه‌های آنودونت ایستگاه‌های ماهروزه و سلکه پایین‌تر از موارد مشابه در سایر کشورها بوده و در برخی موارد حتی کمتر از حد تشخیص دستگاه است، در واقع مقادیر نیکل در بافت نرم آنودونت‌های ایستگاه ماهروزه بین ۰/۰۳-۰/۲۹ میکرو گرم بر گرم و در بافت نرم آنودونت‌های سلکه بین ۰/۰۳-۰/۰۹ میکرو گرم بر گرم می‌باشد که با بررسی‌های بعمل آمده مشاهده می‌شود میزان نیکل در نمونه‌های ایستگاه‌های ماهروزه و سلکه در حدود غلظت این عنصر در خلیج Paria (ونزوئلا) بود.

منابع

Coastal. ۲۰۱۲. Coastal. Available in: <http://www.coastal.ca.gov>.

Coetzee, L., Du Preez, H.H., & Van Vuren, J.H.J. ۲۰۰۲. Metal concentration in *Clarias gariepinus* and *Labeo umbratus* from the Olifants and Klein Olifant River, South Africa: zinc, copper, manganese, lead, chromium, nickel, aluminum and iron. Rand Afrikaans University, South Africa.

De Mora, S.D. & Sheikholeslami, M.R. ۲۰۰۲. ASTP: Contaminate screening program: Final report: Interpretation of Caspian Sea sediment data. Caspian Environment Program (CEP).

Di Toro, D.M., Mahnoy, J.D., Hansen, D.J., Scott, K.J., Hicks, M.B., Mayer, S.M., & Remond, M.S. ۱۹۹۰. Toxicity of cadmium in sediments: The role of acid volatile sulfide. Environmental Toxicology Chemistry, ۹: ۱۴۸۷-۱۵۰۲.

Fishing. ۲۰۱۲. Fishing. Available in: <http://www.fishing.ir>.

Frenet, M. & Alliot, A. ۱۹۸۵. Comparative bioaccumulation of metals in *Palaemonetes varians* in polluted and non-polluted environments. Marine Environmental Research, ۱۷: ۱۹-۴۴.

- Ferreira, A. G., Machado, A. L. S. & Zalmon, I. R. ۲۰۰۵. Temporal and spatial variation on heavy metal concentrations in the oyster *Ostrea equestris* on the northern coast of Rio de Janeiro state, Brazil. *Braz. J. Biol.*, ۶۵(۱): ۶۷-۷۶.
- Gagnon, C. & Fisher, N.S. ۱۹۹۷. The bioavailability of sediment-bound Cd, Co, and Ag to the mussel *Mytilus edulis*. *J. Fish. Aquat. Sci.*, ۵۴: ۱۴۷-۱۵۶.
- Gomes, M. P., Carvalho, C. E. V. & Lacerda, L. D. ۱۹۹۱. Monitores biológicos de metais pesados no litoral do Estado do Rio de Janeiro. *An. Sem. Reg. Ecol.*, São Carlos, ۶: ۳۱۹-۳۲۹.
- Guppy, M. ۲۰۰۱. Chemical investigation in the green lipped mussel (*Perna viridis*) in the Gulf of Paria, Trinidad. PhD Thesis, Univ. West Indies, St. Augustine, Trinidad and Tobago.
- Kennish, M.J. ۱۹۹۲. Ecology of estuaries: Anthropogenic effects. CRC Press. London.
- Kotze, P.J. ۱۹۹۷. Aspects of water quality, metal contamination of sediments and fish in Olifants River. Rand Afrikaans University, South Africa.
- Krantzberg, G. & Boyd, D. ۱۹۹۲. The biological significance of contaminants in sediment from Hamilton Harbor, Lake Ontario.
- Michel, J. & Zengel, S. ۱۹۹۸. Monitoring of oyster and sediments in Acajutla, El Salvador. *Mar. Pollut. Bull.*, ۳۶(۴): ۲۵۶-۲۶۶.
- MOOPAM, ۱۹۹۹. Manual of Oceanographic Observations and Pollutant Analyses Methods, (V 1 -V ۲۷), (VI ۱-VI ۲۳). Regional Organization for the Protection of the Marine Environment. Kuwait. State of Kuwait.
- Nafttimes. ۱۳۸۶. Nafttimes. Available in: <http://www.nafttimes.com>.
- Nriagu, J.O. ۱۹۸۰. Global cycle and properties of nickel; In Nickel in the environment. Wiley. New York.
- Paez-Osuna, P., Frias-Espericueta, M. G. & Osunalopez, J. I. ۱۹۹۵. Trace metal concentrations in relation to season and gonadal maturation in the oyster *Crassostrea iridescens*. *Mar. Environ. Res.*, ۴۰(۱): ۱۹-۳۱.
- Paez-Osuna, F. & Torn-Mayen, L. ۱۹۹۵. Distribution of heavy metals in tissues of shrimp *Penaeus californiensis* from the northwest coast of Mexico. *Environ. Contam. Toxicol.*, ۵۵: ۲۰۹-۲۱۵.
- Rainbow, P.S., Phillips, D.j.H. & Depledge, M.H. ۱۹۹۰. The significance of trace metal concentrations in marine invertebrates. *Marine Pollution Bulletin*, ۲۱: ۳۲۱-۳۲۴.

Rainbow, P.S. ١٩٩٥. Biomonitoring of heavy metal availability in the marine environment. Mar. Pollut. Bull., ٣١: ١٨٣-١٩٢.

Report of California Coastal Commission-The Research Agency, USA. ٢٠٠١.

Rojas de Astudillo, L., Chang Yen, I. & Bekele, I. ٢٠٠٥. Heavy metals in sediments, mussels and oysters from Trinidad and Venezuela. Rev. Biol. Trop. (Int. J. Trop. Biol. ISSN-٠٠٣٤-٧٧٤٤) Vol. ٥٣ (Suppl. ١): ٤١-٥٣.

Schlekat, C., McGee, B.L. & Reinharz, E. ١٩٩٢. Testing sediment toxicity in Chesapeake Bay with the amphipod *Leptocheirus plumulosus*: an evaluation. Environ. Toxicol. Chem., ١١: ٢٢٥-٢٣٦.

Wares. ٢٠١٢. Wares. Available in: <http://www.wares.org>.

Weimine, Y., Ahsanullah, M. & Batley, G.E. ١٩٩٣. Accumulation and regulation of heavy metals by the intertidal snail *Polinices sordidus*. Marine Biology, ١١٦: ٤١٧-٤٢٢.