بررسی غلظت نیکل و کادمیوم در مرجان خانواده Faviidae و رسوبات پیرامونی آن در جنوب جزیره قشم، خلیج‌فارس

علیرضا ریاحی بختیاری[1*]
زهرا درویش نیا[2]
احسان کامرانی[3]
میر مسعود سجادی[4]

۱. استادیار دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس نور، نور، ایران.
۲، ۶. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد زیست‌شناسی دریا، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران.
۳. دانشیار دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران.
۴. دانشیار دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران.

***مسئول مکاتبات:**
ariyahi@gmail.com

کد مقاله: ۱۳۹۴۰۳۰۳۳۲
تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۵/۱۳
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۶/۱۱
این مقاله برگرفته از طرح پژوهشی است.

چکیده

تحقیق حاضر به‌منظور بررسی غلظت فلزات نیکل و کادمیوم در بافت اسکلتی مرجان خانواده Faviidae و رسوبات پیرامون آن‌ها در تابستان ۹۱ در ایستگاه‌های پارک زیتون، جزایر ناز و منطقه شیب دراز جنوب جزیره قشم انجام شد. آنالیز فلزات در نمونه‌های مرجانی و رسوبات هضم شده با استفاده از دستگاه جذب اتمی کوره‌ای گرافیتی (SHIMADZU, AA 670G) جهت سنجش سطوح کادمیوم و دستگاه جذب اتمی شعله (SHIMADZU, AA 670) جهت سنجش سطوح نیکل انجام گرفت. نتایج حاصل نشان داد که ازلحاظ غلظت عنصر نیکل و کادمیوم در بافت اسکلتی مرجان خانواده Faviidae ($P<۰/۰۰۱$) و رسوبات پیرامونی بین ایستگاه‌های پارک زیتون، جزایر ناز و منطقه شیب دراز جنوب جزیره قشم اختلاف معنی‌دار آماری وجود داشت (به ترتیب $p<۰/۰۵$ و $p<۰/۰۰۱$). غلظت فلز نیکل در ایستگاه شیب دراز مابین مرجان‌های خانواده Faviidae و رسوبات پیرامونش همبستگی معنی‌دار معکوس و غلظت فلز کادمیوم نیز در ایستگاه‌های پارک زیتون و منطقه شیب دراز هر ایستگاه ازلحاظ آماری دارای همبستگی معنی‌دار است. لذا با توجه به اهمیت بسزای اکوسیستم مرجانی جنوب جزیره قشم و نتایج حاصل‌شده از این تحقیق مرجان‌ها می‌توانند به‌عنوان موجودات پایشگر زیستی توصیه شوند.

واژگان کلیدی: تجمع زیستی، فلزات سنگین، مرجان، جزیره قشم، خلیج‌فارس.

مقدمه

آبسنگ‌های مرجانی با وسعت ۲۸۴۳۰۰ کیلومترمربع که کم‌تر از ۰/۲ درصد سطح اقیانوس‌ها و دریاهای جهان را می‌پوشانند، از متنوع‌ترین زیستگاه‌های دریایی جهان محسوب می‌شوند که ساکن آب‌های استوایی و نیمه استوایی هستند (Spalding *et al.*, 1997). به دلیل ساختار آهکی و معماری خاص، تنوع زیستی در این مناطق فوق‌العاده بالا است، به‌طوری‌که پس از جنگل‌های استوایی دومین زیستگاه غنی جهان را

Archive of SID
www.SID.ir

تشکیل می‌دهند (Sumich,1998). شکل کلنی در مرجان‌های خانواده Faviidae ممکن است به‌صورت قشری، توده‌ای و پهن باشد. این خانواده متنوع‌ترین خانواده در آب‌های ایرانی خلیج‌فارس است. این خانواده دارای بیست‌وچهار جنس بوده که تاکنون ۷ جنس و ۱۳ گونه‌ی آن در آب‌های ایرانی خلیج‌فارس شناسایی‌شده است که عموماً در آب‌های جزیره کیش وجود دارند (مقصودلو، ۱۳۹۰). آبسنگ‌های مرجانی ایران به دلیل قرارگرفته در منطقه‌ای که دارای شرایط زیست‌محیطی نه‌چندان مناسب برای رشد وزندگی است نظیر عمق کم آب، نوسانات درجه حرارت، شوری زیاد و تردد کشتی‌های نفت‌کش ازنظر بوم‌شناختی تحت‌فشار قرارگرفته و در آستانه تحمل بوم‌شناسی خود قرار دارند (حائری اردکانی، ۱۳۷۶). در تحقیق حاضر عنصر نیکل به‌عنوان معرف آلودگی نفتی و عنصر کادمیوم که از خطرناک‌ترین عناصر سمی بیولوژیک است، به‌عنوان معرف آلودگی ناشی از فعالیت‌های انسانی در نظر گرفته‌شده است. جزیره قشم در مدخل ورودی خلیج‌فارس از دریای عمان (تنگه هرمز) بین "۱۵'،۳۸°۵۵ تا "۱۶'،۵۲°۵۶ طول شرقی و "۲۰'،۳۲°۲۶ تا "۰۰'،۰۰°۲۷ عرض شمالی واقع‌شده است (سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح،۱۳۸۲). وجود صنایع و شرکت‌های مختلف مثل شرکت سرب و روی قشم که در منطقه اقتصادی قشم واقع است موجب دفع مواد زائد و پساب کیک لجن تصفیه شامل ۶۰ درصد فلز روی به‌صورت سولفات روی، کیک‌های لجن شامل گچ و سیلیس، ۱۰ درصد روی و کادمیوم و سرباره شامل ۸۵ درصد فلز روی به‌صورت اکسید روی است (صمصام پور، ۱۳۹۰). در تحقیقی که توسط Karbassi و همکاران (۲۰۰۵) بر روی منبع عناصر نادر (مس، روی، سرب، نیکل، کروم و منگنز) در رسوبات خلیج‌فارس انجام دادند غلظت بالایی از عناصر مس، سرب، کروم، منگنز و نیکل در اعماق ۲۶–۸ سانتی‌متر یافت شد بسیاری از مطالعات محیطی ژئوشیمیایی حاکی از گزارش غلظت‌های بالایی از عناصر کمیاب در لایه‌های سطحی نسبت به لایه‌های عمیق‌تر است (Bellucci *et al*., 2003; Bertolotto *et al*., 2003) که این امر به علت گسترش صنایع و سایر فعالیت‌های انسانی است. Madkour و A.Dar (۲۰۰۷) به بررسی و اندازه‌گیری فلزات سنگین آهن، منگنز، روی، مس، سرب، نیکل و کادمیوم در آب دریا و آبسنگ‌های مرجانی در سواحل و مناطق جزر و مدی منطقه کشتی‌سازی در نزدیکی بندرگاه Hurghada پرداختند. غلظت‌های بالایی از این فلزات در رسوبات و مرجان‌هایی که در نزدیکی تخلیه زباله در سواحل بود ثبت شد. Ali و همکاران (۲۰۱۱) غلظت هفت فلز سنگین (مس، روی، سرب، کادمیوم، نیکل، کبالت و آهن) را در آب دریا، رسوبات، بافت اسکلتی و بافت نرم مرجان‌های آبسنگ ساز (Octocorallia: Alcyonacea) در هفت سایت آبسنگی در دریای سرخ جنوبی را اندازه گرفتند. سطوح بالای فلزات در آب دریا، رسوبات و مرجان‌های جمع‌آوری‌شده نشان‌دهنده افزایش آلودگی محیطی درنتیجه‌ی وارد شدن آلوده‌کننده‌های طبیعی و انسانی در این سایت‌ها بود. گرچه اثرات فلزات سنگین بر روی آبسنگ‌های مرجانی از اثرات سایر استرس‌های ممکن جدا نیست، اما درصد بالایی از مرگ‌ومیر مرجان‌ها با افزایش غلظت فلزات سنگین ارتباط معنی‌دار بالایی دارد. منشأ ورودی آلاینده‌ها به محیط‌های دریایی بسیار متنوع و متفاوت می‌باشند. آلودگی به‌وسیله فلزات سنگین از مدت‌ها پیش به‌عنوان موضوعی مهم تشخیص داده‌شده که از طرق مختلف به این اکوسیستم وارد می‌شود (کلارک، ۱۳۸۵). ازجمله آلاینده‌های مهم محیطی می‌توان به فلزات سنگین اشاره نمود. برخی از این عناصر در محیط پایدار بوده و مشکلات مهمی را برای اکوسیستم و موجودات آبزی ایجاد می‌نمایند. علاوه بر این، امروزه یکی از نگرانی‌های مهم در تمام سطح جهان تخلیه فلزات سنگین به محیط دریایی است و به‌خوبی اثبات‌شده است که فلزات سنگین به علت سمیت و انباشتگی دارای اهمیت بوم‌شناختی بسیاری هستند. این عناصر بر روی اکوسیستم و تنوع گونه‌های دریایی اثرات مخرب دارند. مهم‌ترین عناصر اکوسیستم‌های آبی که سهم بیشتری در آلودگی منابع آبی دارند عناصر فلزی مس، روی، جیوه، کادمیوم و سرب می‌باشند که دراین‌بین جیوه، سرب و کادمیوم از اثرات مهلکی برخوردارند (Ganjavi *et al*., 2010; Saei- Dehkordi *et al*., 2010). افزایش میزان تمرکز عناصر نادر در آب دریا بدون شک بر روی آبزیان در محیط تأثیر می‌گذارد. مرجان‌ها نیز به‌عنوان یکی از آبزیان خلیج‌فارس تحت تأثیر این عناصر قرارگرفته و مقداری از این عناصر را جذب بافت زنده و اسکلتی خود می‌نمایند (حائری اردکانی، ۱۳۷۶). نیکل فلز سنگینی است که در نواحی صنعتی، آلاینده مهم رسوبات است و برای کاهش وارد شدن آن به دریا تلاش‌هایی انجام‌شده است (کاتن و ویلکینسون، ۱۳۷۶). ورود نیکل به محیط‌زیست از طریق استخراج نفت خام، استخراج از معادن آن و از سوختن مواد زائد صورت می‌گیرد (آقاجری و اکبر زاده، ۱۳۸۸).

Archive of SID
www.SID.ir

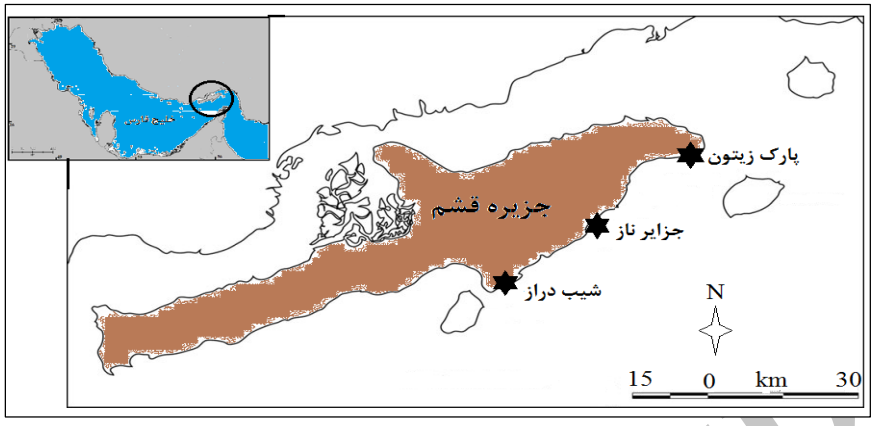
عنصرکادمیوم به‌طور یکنواخت در پوسته زمین یافت می‌شود اما ترکیبات معدنی آن تنها در مناطق ویژه‌ای از جهان یافت می‌شوند، سنگ معدن روی دارای مقادیر قابل‌توجهی کادمیوم است. کادمیوم معمولاً به‌طور طبیعی در آب‌های سطحی زیرزمینی وجود دارد. کادمیوم از طریق فرسایش خاک و سنگ‌بستر، رسوبات آلوده اتمسفری ناشی از کارخانه‌های صنعتی، پساب مناطق آلوده و استفاده از لجن و کود در کشاورزی وارد اکوسیستم‌های آبی می‌شود (برد کالین، ۱۳۷۸ و اسماعیلی ساری،۱۳۸۱). تحقیق حاضر به‌منظور پی بردن به تجمع زیستی فلزات سنگین در ساختار اسکلتی مرجان‌ها و تأثیر عوامل محیطی بر روی ترکیب شیمیایی اسکلت و بررسی رابطه آن با رسوبات مجاور مرجان‌ها از سه منطقه مختلف قشم (پارک زیتون، جزایر ناز، شیب دراز) به‌عنوان نقطه‌ای در منتهی‌الیه خلیج‌فارس که هر یک از این مناطق دارای شرایط خاص است، صورت گرفته است.

مواد و روش‌ها

نمونه‌برداری از مرجان‌های خانواده Faviidae و رسوبات پیرامونی آن در فصل تابستان ۹۱ از سه منطقه در جنوب جزیره قشم (پارک زیتون، جزایر ناز، شیب دراز) صورت گرفت (شکل ۱). در هریک از ایستگاه‌های موردنظر مرجان (Faviidea) ۵ نمونه (اعماق بین ۲ تا ۸ متر) و از رسوبات سطحی (۳-۰ سانتی‌متر) با استفاده از گرب ون وین (Van Veen) پیرامون مرجان‌ها نیز ۵ نمونه برداشته شد. درمجموع ۳۰ نمونه جهت آماده‌سازی و سنجش تهیه گردید. پس از شناسایی مرجان‌ها، جهت جداسازی اولیه بافت نرم و زوگزانتله از بافت اسکلتی مرجان‌ها از دستگاه Air Brush استفاده شد (Shen and Boyle, 1988). پس از انجام این مرحله برای اطمینان از جداسازی بافت نرم و زوگزانتله از بافت اسکلتی مرجان، مرجان‌ها در دو بازه زمانی ۳۰ دقیقه‌ای در دمای اتاق درون بشری حاوی آب یونیزه در دستگاه اُلتراسونیک (Ultrasonic) قرار داده شدند. در مرحله بعدی تمامی نمونه‌ها توسط دستگاه Freeze-dryer به مدت ۴۸ ساعت خشک نموده سپس جهت همگن‌سازی Blend شدند (با دستگاه مخلوط‌کن کاملاً یکنواخت پودر شدند). نمونه‌های رسوب با عبور از الک، الک شدند. جهت هضم نمونه‌های مرجانی در حدود یک گرم از نمونه خشک‌شده و پودر شده مرجان و رسوبات، درون لوله‌های PTFE (Digestion tube) ریخته شده و سپس ۱۰ میلی‌لیتر ترکیب اسید نیتریک و اسید پرکلریدریک با نسبت حجمی ۴ به ۲ به آن اضافه گردید. نمونه‌ها به مدت ۱ ساعت در دمای ۹۵ درجه سانتی‌گراد روی دستگاه Hot plate قرار داده تا تقریباً خشک شوند. بعد از سپری شدن این مدت‌زمان نمونه‌های در حال هضم تا حجم ۲۵ سی‌سی با آب دو بار تقطیرشده شسته، خنک می‌گردند و پس از فیلتر شدن محلول نهایی درون ظروف پلی‌اتیلنی ۵۰cc نگهداری می‌شوند (Denton and Burton Jones, 1986). از نمونه خالی و استاندارد ماده مرجع DORM 2 (National Research Council of Canada: dogfish muscle) به‌منظور جلوگیری از آلودگی ممکن در طول تجزیه‌وتحلیل و برای بررسی دقت و صحت روش تحلیلی به کار گرفته شد.

سنجش سطوح فلز کادمیوم در نمونه‌ها با استفاده از دستگاه‌های جذب اتمی کوره گرافیتی (Graphite furnace atomic absorption) (SHIMADZU, AA 670G) و جذب اتمی شعله (Flame atomic absorption) (SHIMADZU, AA 670) برای فلز نیکل انجام گرفت.

Archive of SID
www.SID.ir



شکل ۱: موقعیت منطقه و ایستگاه‌های موردمطالعه.

آنالیز آماری نمونه‌ها، با استفاده از نرم‌افزار SPSS ویرایش چهاردهم انجام شد. آزمون‌های Independent-Samples T-Test و آنالیز واریانس یک‌طرفه One-way-ANOVA برای مقایسات کلی و آزمون Tukey HSD جهت مقایسات چندگانه و معنی‌دار بودن اختلاف‌ها در سطح اعتماد ۹۵ درصد (مواردی ۹۹ درصد) استفاده گردید. آزمون Kolmogorov- Smirnov برای بررسی نرمال بودن داده‌ها و همچنین آزمون همبستگی پیرسون جهت بررسی ارتباط بین داده‌ها و پارامترها استفاده شدند.

نتایج

نتایج مربوط به آنالیز غلظت عنصر نیکل و کادمیوم در بافت اسکلتی مرجان خانواده Faviidae در جدول ۱ و رسوبات پیرامونی آن‌ها در جدول ۲ ذکرشده است.

جدول ۱: نتایج حاصل از مقایسه عناصر نیکل و کادمیوم در بافت اسکلتی مرجان خانواده Faviidae بین ایستگاه‌های پارک زیتون، جزایر ناز و منطقه شیب دراز جنوب جزیره قشم (میانگین ± انحراف از معیار).

شاخص ایستگاه	نیکل (میکروگرم بر گرم وزن خشک)	کادمیوم (میکروگرم بر گرم وزن خشک)
پارک زیتون	۲۶/۰۱۲۷±۰/۶۰۵۶^{c}	۰/۰۳۳۰±۰/۰۰۷۹^{a}
جزایر ناز	۲۸/۶۵۹۵±۰/۸۳۷۴^{b}	۰/۰۰۸۹±۰/۰۰۲۳^{b}
شیب دراز	۲۹/۰۳۷۴±۰/۷۹۳۵^{a}	۰/۰۱۵۱±۰/۰۰۹۸^{c}

حروف انگلیسی متفاوت در هر ردیف نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در آزمون توکی است.

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۲: نتایج حاصل از مقایسه عناصر نیکل و کادمیوم در رسوبات پیرامونی مرجان خانواده Faviidae بین ایستگاه‌های پارک زیتون، جزایر ناز و منطقه شیب دراز جنوب جزیره قشم (میانگین ± انحراف از معیار).

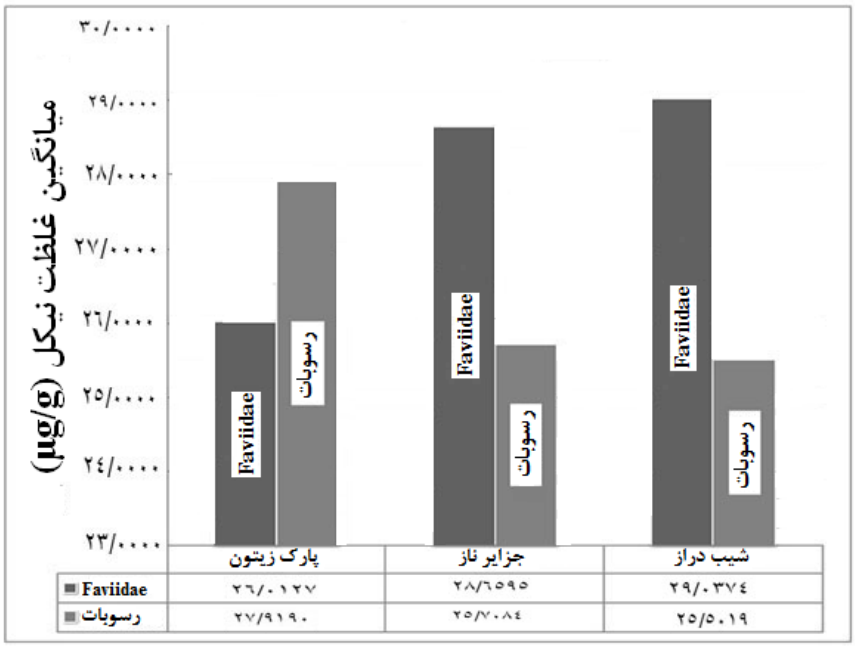
شاخص ایستگاه	**نیکل** (میکروگرم برگرم وزن خشک)	**کادمیوم** (میکروگرم بر گرم وزن خشک)
پارک زیتون	۲۷/۹۱۹۰±۱/۸۹۹۵^{a}	۰/۰۰۷۹±۰/۰۰۶۱^{c}
جزایر ناز	۲۵/۷۰۸۴±۰/۹۲۰۰^{b}	۰/۰۰۹۹±۰/۰۰۳۳^{b}
شیب دراز	۲۵/۵۰۱۹±۰/۸۸۰۱^{c}	۰/۰۲۳۷±۰/۰۰۳۸^{a}

حروف انگلیسی متفاوت در هر ردیف نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در آزمون توکی است.

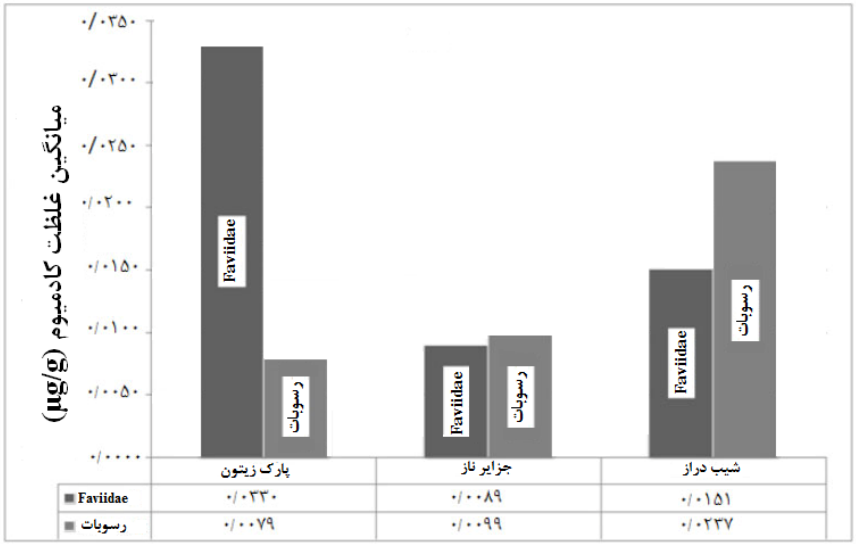
نتایج حاصل از تحقیق کنونی نشان داد که غلظت عنصر نیکل در بافت اسکلتی مرجان‌های خانواده‌های Faviidae در ایستگاه شیب دراز میزان بالاتری (۲۹ میکروگرم بر گرم وزن خشک) را نسبت به جزایر ناز (۲۸ میکروگرم بر گرم وزن خشک) و پارک زیتون (۲۶ میکروگرم بر گرم وزن خشک) دارد. در رسوبات پیرامونی مرجان نیز غلظت عنصر نیکل در ایستگاه‌های پارک زیتون و منطقه شیب دراز سبب به وجود آمدن اختلاف بین ایستگاه‌ها شدند که ایستگاه پارک زیتون میزان بالاتری (۲۷ میکروگرم بر گرم وزن خشک) را نسبت به ایستگاه منطقه شیب دراز و ایستگاه جزایر ناز (به ترتیب ۲۵ و ۲۵ میکروگرم بر گرم وزن خشک) دارا است (شکل ۲). ازلحاظ غلظت عنصر کادمیوم دربافت اسکلتی مرجان‌های خانواده Faviidae، ایستگاه پارک زیتون (۰/۰۳۳۰ میکروگرم بر گرم وزن خشک) میزان بالاتری را نسبت ایستگاه شیب دراز (۰/۰۱۵۱ میکروگرم بر گرم وزن خشک) و ایستگاه جزایر ناز (۰/۰۰۸۹ میکروگرم بر گرم وزن خشک) دارد. در رسوبات پیرامونی مرجان‌ها ازنظر غلظت عنصر کادمیوم ایستگاه شیب دراز (۰/۰۲۳۷ میکروگرم بر گرم وزن خشک) میزان بالاتری را نسبت ایستگاه جزایر ناز (۰/۰۰۹۹ میکروگرم بر گرم وزن خشک) و ایستگاه پارک زیتون (۰/۰۰۷۹ میکروگرم بر گرم وزن خشک) دارد (شکل ۳).

نتایج آزمون Independent-Samples T Test در بررسی و مقایسه غلظت فلزات نیکل و کادمیوم به‌صورت مستقل در بین مرجان خانواده Faviidae در همه ایستگاه‌ها نشان داد که ازلحاظ غلظت عنصر نیکل و همچنین ازنظر غلظت عنصر کادمیوم دربافت اسکلتی این خانواده از مرجان در همه ایستگاه‌ها اختلاف معنی‌دار آماری وجود دارد ($P<0/001$). ازلحاظ غلظت فلز نیکل در ایستگاه شیب دراز مابین مرجان‌های خانواده Faviidae و رسوبات پیرامونش همبستگی معنی‌دار معکوسی موجود است ($r_{St.1}=-0/884$). غلظت فلز کادمیوم نیز در ایستگاه‌های پارک زیتون و منطقه شیب دراز در بین مرجان خانواده Faviidae در هر ایستگاه ازلحاظ آماری دارای همبستگی معنی‌دار است ($r_{St.1}=-0/960$ و $r_{St.3}=0/922$).

Archive of SID
www.SID.ir



شکل ۲: میانگین غلظت عنصر نیکل در بافت اسکلتی مرجان خانواده Faviidae و رسوبات پیرامونی آن‌ها بین ایستگاه‌های پارک زیتون، جزایر ناز و منطقه شیب دراز جنوب جزیره قشم.



ش

شکل ۳: میانگین غلظت عنصر کادمیوم در بافت اسکلتی مرجان خانواده Faviidae و رسوبات پیرامونی آن‌ها بین ایستگاه‌های پارک زیتون، جزایر ناز و منطقه شیب دراز جنوب جزیره قشم.

www.SID.ir

بحث و نتیجه‌گیری

شرایط متفاوتی که مرجان‌ها در آن رشد می‌کنند می‌تواند در نحوه تجمع فلزات در اسکلت مرجانی منعکس گردد (Barnard *et al*., 1974; St. John, 1974; Brown, 1987; Hanna and Muir, 1990). مرجان‌ها عناصر نادر را از آب پیرامونی‌شان که در آن رشد می‌کنند وارد اسکلت می‌کنند (Inoue *et al*., 2004). سیستم آب‌شیرین‌کن به دلیل اینکه در حین فرآیند، آلاینده‌هایی از قبیل پساب گرم (دمای بالای ۵۰ درجه سانتی‌گراد) و پساب حاوی مواد شیمیایی از قبیل کلر، مواد روغنی، سولفات و سایر مواد لازم جهت راهبری فرآیند را وارد آب‌های منطقه می‌کند و با توجه به فاصله نزدیک آن با سایت مرجانی پارک زیتون (۲ کیلومتر) بدون شک بر مرجان‌های منطقه تأثیر خواهد گذاشت. همچنین در حال حاضر ساخت و تکمیل اسکله جدید در مجاورت اسکله بهمن در حال انجام است که این مسئله نیز بر اهمیت ارتباط تنوع گونه‌ای مرجان با آلاینده‌های انسانی خواهد افزود. از مسائل مهم دیگر که مرجان‌های منطقه ایستگاه پارک زیتون را تهدید می‌کند کلوپ غواصی مجاور با سایت مرجانی منطقه است. افزایش شمار زیاد غواصی‌های تفریحی یکی از مواردی است که در دنیا مناطق مرجانی را تهدید می‌کند (Wilkinson *et al*., 1993). همچنین وجود طوفان‌های حاره‌ای که به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای دارای دانه‌های شنی باضخامت زیاد و یا ذرات گلی و آهکی می‌باشند از فاکتورهای مهم تأثیرگذار در شکل‌گیری جمعیت مرجانی در خلیج‌فارس هستند که با ایجاد استرس حاصل از رسوب ذرات شن که توسط باد شمال منتقل می‌شود در تنوع و آلودگی جمعیت مرجانی منطقه تأثیر می‌گذارد (Riegl, 1999). به دلیل تشکیل کمپلکس‌های کلریدی توسط کادمیوم، به‌واسطه افزایش شوری حدود ۲۴ درصد به‌کل میزان کادمیوم محلول در آب به‌صورت غیر آلی افزوده می‌شود. عملاً به دلیل دامنه گسترده تغییرات شوری در سواحل جنوبی خلیج‌فارس (۷۰-۴۰ واحد شوری عملی) (Practical Salinity Unit) بیشتر تغییرات تمرکز این عنصر احتمالاً در این منطقه صورت می‌گیرد. از طرفی به دلیل جذب عنصر کادمیوم بر روی سطوح هیدراته کانی‌های کربناته و تجمع و تشکیل عمده این رسوبات در سواحل جنوبی انتظار می‌رود در آب‌های سواحل جنوبی تمرکز این عنصر کاهش یابد. در این مناطق توسعه و گسترش رسوبات ریزدانه در حد گل عامل مهمی در جذب عناصر نادر است ولی به دلیل حجم زیاد ورودی این عناصر به محیط احتمالاً این عوامل دارای نقش تعدیل‌کننده در میزان تمرکز در ستون آب بوده و عملاً فاقد نقش کاهنده در تمرکز این عناصر است (حائری اردکانی، ۱۳۷۶). منابع عناصر نادر در اسکلت مرجان می‌تواند از فاضلاب‌های تصفیه‌شده و پسماندهای صنعتی باشد. برخی از عناصر نادر می‌توانند استرس‌ها را ظاهر ساخته و رشد مرجان‌ها را در مراحل اولیه زندگی شامل موفقیت در لقاح، مرگ‌ومیر لاروها و موفقیت لاروها در تثبیت شدن تحت تأثیر قرار دهند (Negri and Heyward, 2001; Reichelt-Brushett and Harrison, 2003). به‌خوبی اثبات‌شده است که عنصر کادمیوم یک رفتار بسیار قوی جهت اتصال و ترکیب با فسفر در آب نشان می‌دهد و پراکنش آن به ارتباط با عنصر فسفر بستگی دارد (Knanuer and Martin,1980). همچنین آزمایش‌ها نشان داده‌اند که عنصر کادمیوم یک عنصر پایدار در محیط است و ترکیب آن با فسفر موجب حلالیت بالاتر کادمیوم و درنتیجه قابلیت دسترسی زیستی بیشتر می‌شود (Knanuer and Martin, 1980; Venema, 1984; Smith *et al*., 2003; Fowler *et al*., 2007). احتمالاً تجمع بالای کادمیوم در اسکلت می‌تواند درنتیجه جایگزینی Ca^{2+} با یون‌های Cd^{2+} با در نظر گرفتن شعاع یونی قابل‌مقایسه آن‌ها باشد (Shen and Boyle, 1988). کادمیوم احتمالاً مهم‌ترین عنصر سمی بیولوژیک است و به‌عنوان یک آلوده‌کننده متقدم از آن یاد می‌شود. این عنصر به‌طور گسترده‌ای در صنعت مورداستفاده قرار می‌گیرد و در فرآیندهایی از قبیل electro plating رنگ‌دانه‌ها، تثبیت پلاستیک، باتری‌ها و آلیاژهای فلزی استفاده می‌شود (Sadiq, 1992). به دلیل تنوع گسترده در استفاده از آن، ورودی‌های انسانی به محیط دریایی اصلی‌ترین منبع آلوده‌کننده می‌باشند، بنابراین انتظار می‌رود که فعالیت‌های انسانی در نواحی دلتایی و ساحلی باعث افزایش میزان تمرکز کادمیوم در این نواحی می‌گردد. به‌طورکلی کادمیوم از طریق نهشت اتمسفری و به‌واسطه ورود از منابع نزدیک به ساحل وارد دریا می‌گردد. بنابراین عنصر کادمیوم نیز یکی از شاخص‌های آلودگی‌های صنعتی و از منشأ انسانی در محیط است. فعالیت‌های توسعه‌ی اراضی در نواحی ساحلی یکی دیگر از منابع عمده ورود کادمیوم به خلیج‌فارس است (Sadiq *et al*., 1991). نیکل نیز به‌طور گسترده‌ای در محیط‌زیست پراکنده است و غلظت آن تابعی از

Archive of SID
www.SID.ir

سوخت‌های فسیلی، استخراج آن از معادن و پالایشگاه‌ها و سوختن مواد زائد است (آقاجری و اکبر زاده، ۱۳۸۸). علاوه بر آن خلیج‌فارس به دلیل دارا بودن منابع عظیم نفت و گاز به یکی از اصلی‌ترین مسیرهای تردد کشتی‌ها و نفت‌کش‌ها و فعالیت‌های پالایشگاهی مبدل گشته است. بر اساس نتایج حاصل از تحقیق کنونی و مقایسه این نتایج با دیگر مطالعات آلودگی فلزات در منطقه، بخش عمده‌ای از کادمیوم در فاز انسان‌ساخت قرارگرفته است (کرباسی، ۱۳۷۶). ایستگاه پارک زیتون به دلیل موقعیت قرارگیری خود در نزدیک اسکله و بندر بدون شک از وجود این آلاینده‌های طبیعی تأثیر خواهد پذیرفت و برخلاف ایستگاه پارک زیتون، ایستگاه‌های جزایر ناز و شیب دراز در فاصله‌ای به‌دوراز ایستگاه پارک زیتون قرارگرفته‌اند. در این مناطق به‌واسطه‌ی تبخیر شدید و ورود انواع آلوده‌کننده‌ها که قبلاً در مورد آن‌ها به‌تفصیل توضیح داده شد ترکیب شیمیایی آب به‌شدت تغییر می‌کند و تمرکز عناصر نادر به‌خصوص عنصر کادمیوم در اثر فعالیت‌های انسانی در آن بالا می‌رود (حائری اردکانی،۱۳۷۶). بر اساس نتایج حاصل از تحقیق کنونی و مقایسه با مطالعات صورت گرفته توسط (Singah, 2001) و Morrison و همکاران (۲۰۰۱) رسوبات نزدیک به منابع اصلی آلودگی تمایل به تجمع غلظت‌های بیشتری از فلزات سنگین رادارند. همچنین این مطالعات نشان می‌دهد که غلظت این فلزات سنگین با افزایش فاصله از سواحل به‌طور تدریجی کاهش می‌یابد. در بررسی کنونی مقایسه غلظت عنصر نیکل و کادمیوم در بافت اسکلتی مرجان‌های خانواده‌ی Faviidae و رسوبات پیرامونی آن‌ها بین ایستگاه‌های پارک زیتون، جزایر ناز و منطقه شیب دراز جنوب جزیره قشم با استانداردهای جهانی نشان داد که مقادیر این عنصر کمتر از میزان استانداردهای جهانی است؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که در ایستگاه‌های پارک زیتون، جزایر ناز و منطقه شیب دراز جنوب جزیره قشم هیچ‌گونه تهدیدی به‌طور مشخص نیست. البته با کنترل نشدن اوضاع ممکن است میزان این عنصر نیز از حد مجاز بالاتر رفته و با توجه به اهمیت بسزای اکوسیستم‌های مرجانی، موجودات وابسته به این منطقه نیز دستخوش آلودگی شوند. لذا پایش اکوسیستم‌های مرجانی و موجودات وابسته به آن در این مناطق توصیه می‌گردد.

منابع

اسماعیلی ساری، ع.، ۱۳۸۱. آلاینده‌ها، بهداشت و استاندارد در محیط‌زیست. انتشارات نقش مهر، تهران، ۷۶۷ ص.

آقاجری، ن. و اکبر زاده، غ. ع.، ۱۳۸۰. گزارش نقش فاکتورهای فیزیکوشیمیایی در استخرهای آبزی‌پروری. موسسه تحقیقات شیلات ایران، مرکز تحقیقات آبزیان خلیج‌فارس و دریای عمان، ۱۷ ص.

بِرد کالین. ۱۳۷۸. ترجمه: منصور عابدینی، شیمی محیط‌زیست، مرکز نشر دانشگاهی تهران، ۴۵۰ ص.

حائری اردکانی، ا.، ۱۳۸٦. بررسی عناصر نیکل، کادمیوم و وانادیوم در مرجان‌های خلیج‌فارس به‌عنوان شاخص آلودگی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد زمین‌شناسی، گرایش رسوب‌شناسی و سنگ‌شناسی رسوبی. دانشگاه تهران، ۱۱۲ ص.

سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح.، ۱۳۸۲. جغرافیای جزایر ایرانی خلیج‌فارس (قشم، لارک، هرمز، هنگام). انتشارات سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، ۳ ص.

صمصام پور، ص.، ۱۳۹۰. بررسی و اندازه‌گیری فلزات سنگین سرب و کادمیوم در بافت‌های کبد و عضله ماهی زمین کن دم نواری (*platycephalus indicus*) در مناطق موردمطالعه میناب، قشم و بندر خمیر (خلیج‌فارس). پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه هرمزگان واحد بین‌الملل قشم، ۱۲۰ ص.

کاتن، الف. و ویلکینسون، ج.، ۱۳۷٦. ترجمه. عابدینی، م.، صادقی، ن.، شفائی، م. شیمی معدنی، جلد دوم، انتشارات دانشگاه تهران. ۴۲۰ ص.

کرباسی، ع.ر.، ۱۳۷٦. تفکیک شیمیایی عناصر سنگین در رسوبات بخش مرکزی خلیج‌فارس. اولین همایش زمین‌شناسی دریایی ایران با نگرشی ویژه به دریای عمان، چابهار، ۱۷-۱۹ اردیبهشت ۱۳۷۶.

کلارک، آر. بی.، ۱۳۸۵. ترجمه: جعفر زاده حقیقی، ن. آلودگی دریا. فرهنگ، م.، انتشارات آوای قلم، ۳۹۶ ص.

مقصود لو، ع.، ۱۳۹۰. مرجان‌های سخت آب‌های ساحلی ایران در خلیج‌فارس. انتشارات نوربخش، تهران، موسسه ملی اقیانوس‌شناسی، ۱۴۷ ص.

Ali, A. A. M., Hamed, M. A. and Abd El-Azim, H., 2011. Heavy metals distribution in the coral reef ecosystems of the Northern Red Sea. Helgoland Marine Research, 65:67–80.

Archive of SID
www.SID.ir

Bellucci, L. G., EL Moumni, B., Collavini, F., Frignani, M. and Albertazzi, S., 2003. Heavy metal in Morocco Lagoon and river sediment. Journal de **Physique**, IV 107 (1), 139-142.

Bertolotto, R. M., Tortarolo, B., Frignani, M., Bellucci, L. G., Albanese, S. and Cuneo, C., 2003. Heavy metals in coastal sediments of the Ligurian sea off Vado Ligure. Journal de **Physique**, IV 107 (1), 159-162.

Barnard, L. A., Macintyre, I. G. and Pierce, J. W., 1974. Possible environmental index in tropical reef corals. Nature, 252: 219–220.

Brown, B. E., 1987. Heavy metals pollution on coral reefs. In. Salvat, B. (Ed.), Human Impacts on Coral Reefs. Facts and Recommendations. Antenne Museum EPHE, French Polynesia, pp. 119–134.

Denton, G. R. W. and Burdon-Jones, C., 1986. Trace metals in corals from the Great Barrier Reef, Marine Pollution Bulletin, 17: 209-213.

Fowler, S. W., Villeneuv, J. P., Wyse, E., Jupp, B. and Mora, S. D., 2007. Temporal survey of petroleum hydrocarbons, organo chlorinated compounds and heavy metals in benthic marine organisms from Dhofar Southern Oman. Marine Pollution Bulletin, 59: 339-367.

Ganjavi, M., Ezzatpanah, H., Givianrad, M. H. and Shams, A., 2010. Effect of canned tuna fish processing steps on lead and cadmium contents of Iranian tuna fish. Food Chemistry, 118: 525-528.

Hanna, R. G. and Muir, G. L., 1990. Red Sea corals as biomonitors of trace metal pollution. Environmental Monitoring and Assessment, 14: 211-222.

Inoue, M., Suzuki, A., Nohara, M., Kan, H., Edward, A. and Kawahata, H. 2004. Coral skeletal tin and copper concentrations at Pohnpei, Microne.sia: possible index for marine pollution by toxic antibiofouling paints. *Environmental Pollution*, 129:399–407.

Karbassi, A. R., Nabi-bidhendi, Gh. R. and Bayati, I., 2005. Environmental Geochemistry of Heavy Metals in a sediment Core off Bushehr, Persian Gulf. Iran. Journal of Environmental Health Science and Engineerin.Vol. 2, No. 4, pp. 255-260.

Knanuer, G. A. and Martin, J. H., 1980. Phosphorus- cadmium cycling in northeast Pacific waters. Journal marine Research, 39: 65-760.

Madkour, H. A. and A.Dar, M., 2007. The Anthropogenic Effluents of the Human Activities on the Red Sea Coast at Hurghada Harbour (Case Study). Egyptian Journal of quatic Research, VOL. 33 NO. 1: 43-58.

Morrison, R. J., Narayan, S. P. and Gangaiya, P., 2001. Trace element studies in Laucala Bay, Suva, Fiji, Marine Pollution Bulletin, 42: 397-404.

Negri, A. P. and Heyward, A. J., 2001. Inhibition of coral fertilisation and larval metamorphosis by tributyltin and copper. Marine Environmental Research, 51:17–27.

Reichelt- Brushett, A.J. and McOrist, G., 2003. Trace metals in the living and nonliving components of *scleractinian* corals. Marine Pollution Bulletin, 46: 1573-1582.

Riegl, B., 1999. Corals in a non-reef setting in the southern Persian Gulf (Dubai, UAE). Fauna and Community structure in response to recurring mass mortality. Coral Reefs, 18:63-73.

Sadiq, M., 1992. Toxic metal chemistry in marine environments. Marcel Dekker, Inc. 390pp.

Sadiq, M., Alam, I. A. and Zaidi, T. H., 1991. Cadmium bioccumulation by clams dwelling in different salinity regimes along the Saudi Coast of the Persian Gulf. Water, Air, and Soil pollution, 57-58:181-190.

Saei- Dehkord. S. S., Fallah, A. Z. and Nematollahi, A., 2010. Arsenic and mercury in commercially valuable fish species from the Persian Gulf. influences of season and habitat. Food and Chemical Toxicology, 48: 2945- 2950.

Shen, G. T. and Boyle, E. A., 1988. Determination of lead, cadmium, and other trace metals in annually-banded corals. Chemical Geology, 67: 47–62.

Smith, L. D., Negri, A. P., Philipp, E., Webster, N. S. and Heyward, A. J., 2003. The effects of antifoulant- paint –contaminated sediments on coral recruits and branchlets. Marine Biology, 143: 651-657.

Singh, S. K., 2001. Modern surficial sedimentary facies and heavy metal distribution in Suva Harbour, Fiji. Is M.Sc thesis, Science, The University of the South Pacific, Suva, Fiji Islands.

Archive of SID

www.SID.ir

Spalding, M. D. and Grenfell, A. M., 1997. New estimates of global and regional coral reef areas. Coral Reefs, VoI. 16, pp. 225-230.

St. John, B. E., 1974. Heavy metals in the skeletal carbonate of *scleractinian* corals. In. Proceedings of the Second International Coral Reef Symposium. Brisbane, pp. 461-469.

Sumich, J. L., 1998. An introduction to the biology of marine life.4th edition. WCB Brown publisher, Dubuque. 434P.

Venema, S. C., 1984. Fishery resources in the north Arabian Sea in adjacent waters. Deep-sea Research, 31: 1001-1018.

Wilkinson, C. R., Chou, L. M., Gomez, E., Ridzwan, A. R., Soekarno, S. and Sudara, S., 1993. In proceedings of the colloquium on global aspects of Coral Reefs. Health, Hazards and History, 1993, compiler eds. R. N. Ginsburg, pp. 311-317 University of Miami, Florida.

Archive of SID

www.SID.ir