مقایسه غلظت فلزات سنگین در رسوبات رویشگاه‌های حرا بیدخون، بساتین و مل‌گنزه

علی داوری، نعمت‌الله خراسانی و افشین دانه کار[1*]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۵/۳ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۱۰/۳)

چکیده

در نتیجه روند افزایشی صنعتی شدن مناطق ساحلی گرمسیری و نیمه گرمسیری، نگرانی‌ها در رابطه با آثار فعالیت‌های انسانی بر اکوسیستم‌های مانگرو افزایش یافته است. در این مطالعه، از رسوبات سطحی (صفر تا ۱۰ سانتی‌متر) سه رویشگاه مانگرو استان بوشهر واقع در بخش شمالی خلیج فارس در مجاورت فعالیت‌های توسعه نفت و گاز پارس جنوبی به منظور آنالیز فلزات سنگین در بهار سال ۱۳۸۸ نمونه‌برداری شد. دامنه غلظت فلزات سنگین به‌ترتیب برای آلومینیوم (Al)، آهن (Fe)، کادمیوم (Cd)، مس (Cu)، نیکل (Ni)، سرب (Pb)، وانادیوم (V) و روی (Zn) برابر با؛ ۱۴۵۱۱/۸۹، ۳۰۷۳۶/۷۲، ۱/۷۲، ۴۶/۰۴، ۶۴/۱۴، ۹۴/۸، ۳۱۱/۳۳ و ۱۸۱/۴۶ میکروگرم بر گرم تعیین شد. دامنه غلظت تمام فلزات از استانداردهای اولیه رسوبات دریایی چین و اداره حفاظت محیط زیست آمریکا بالاتر بود. ولی در بیشتر موارد این مقادیر در حد مناسب استاندارد ثانویه استانداردهای فوق بود. در میان سه رویشگاه مانگرو در استان بوشهر، رویشگاه‌های بساتین و بیدخون از مقادیر بالاتر کادمیوم، مس، نیکل، سرب و روی برخوردار بودند و آلوده به فلزات سنگین ارزیابی شدند. با توجه به این‌که بیدخون نزدیک‌ترین رویشگاه مانگرو به مجتمع نفت و گاز پارس جنوبی می‌باشد و رویشگاه بساتین در مجاورت آن واقع شده است، اختلال جریان آب در رویشگاه بساتین به‌دلیل احداث نادرست پل روی ورودی آب خور بساتین موجب افزایش میزان آلودگی این رویشگاه شده است.

واژه‌های کلیدی: استان بوشهر، فلزات سنگین، آلودگی رسوبات، منطقه انرژی پارس جنوبی

۱. گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: danehkar@ut.ac.ir

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2024-09-07]

[DOR: 20.1001.1.24763128.1391.1.2.2.6]

مقدمه

آلودگی محیط زیست به فلزات سنگین تبدیل به یک مشکل جهانی شده است (۱۷). به‌دلیل سمیت، تجزیه ناپذیری و تجمع‌پذیری یکی از جدی‌ترین آلاینده‌ها در محیط طبیعی می‌باشند. به‌طوری‌که فلزات سنگین از منابع طبیعی و مصنوعی به پیکره و بافت‌های موجودات منتقل و انباشت می‌شوند که انباشت در بافت‌ها و بدن جانداران از خطر سمیت آن مهم‌تر است (۱۶). در سال‌های اخیر به‌دلیل رشد با شتاب توسعه، مقادیر زیادی از فلزات سنگین به محیط‌های طبیعی وارد شده است. اکوسیستم‌های آبی به‌دلیل این‌که از قابلیت‌های بالاتری از نظر توسعه برخوردارند، در معرض خطرات جدی‌تری از فلزات سنگین قراردارند. از طرفی دیگر ریزش‌های جوی و جاری شدن رواناب‌ها به سمت دریا مقادیر زیادی از فلزات سنگین تولید شده در اکوسیستم‌های خشکی را که از فعالیت‌های انسانی و یا طبیعی ناشی می‌شود به اکوسیستم‌های دریایی می‌رساند. وقتی‌که فلزات وارد اکوسیستم‌های دریایی می‌شوند، بیشتر آنها ته‌نشین می‌شود و با رسوبات، مواد آلی، اکسیدهای آهن و منگنز، سولفیدها و رس‌ها ترکیب می‌شوند (۲۸). بنابراین رسوبات دریایی به‌عنوان جذب‌کننده فلزات سنگین محسوب شده و یکی از شاخص‌های ارزیابی میزان آثار انسانی را در این اکوسیستم‌ها فراهم می‌آورند (۱۴).

واژه مانگرو اشاره به گونه درختی یا درختچه‌ای بردبار به شوری دارد که در سواحل پناهگاهی و مصب‌ها در مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری رشد می‌کند. مانگروها به‌دلیل حضور در پهنه‌های بین جزر و مدی، شدیداً با اکوسیستم‌های دریایی و خشکی بالا دست رابطه متقابل دارند و از این طریق به تقویت یک مجموعه حیات جانوری و گیاهی متنوع در مناطق ساحلی – دریایی، آب‌های لب شور تا شیرین و گونه‌های خشکی زی کمک می‌کنند (۲۱). مانگروها دارای بیوماس غنی می‌باشند که نسبت به سایر جوامع گیاهی از جهات مختلف پربارتر هستند. بنابراین، به‌عنوان منبع غذایی مهمی در محدوده استقرار خود محسوب می‌شوند. رسوبات رویشگاه، غنی از مواد آلی و به‌طور متناوب از آب اشباع است که به‌علت کمبود اکسیژن و تجزیه بی‌هوازی بوی سولفید می‌دهد. درصورتی‌که روند بی‌هوازی در رسوبات سواحل مانگرو به‌دلیل افزایش بیش از حد مواد آلی (اغلب در اثر آلاینده‌ها) ادامه یابد، سولفید متصاعد شده با آب تشکیل اسید سولفوریک (H_2SO_4) می‌دهد که با اسیدی شدن محیط اثر منفی مستقیم بر آبزیان دارد (۲۰).

مانگرو حامی جانوران زیادی از آبزیان، پرندگان، پستانداران و حشرات است (۲۱). هم‌چنین دارای دامنه‌ای از عملکردهای اکولوژیک مهم مانند تثبیت فیزیکی خط ساحلی و رسوبات (۱۳)، ایجاد زیستگاه‌های جانوری دریایی و خشکی زی، ورود مواد غذایی به سیستم ساحلی، قابلیت‌هایی برای کشاورزی و ارزش‌های علمی است. شناسایی فرآیندهای مرکزی این اکوسیستم و حمایت از آنها موجب تداوم عملکردهای مانگرو می‌شود. پراکنش ۳۰ درصد از گونه‌های ماهیان تجاری وابسته به مانگرو است و این آبزیان حداقل یک مرحله از زندگی خود را در این منطقه سپری می‌کنند (۲۲). تولید سالیانه ماهی از این زیستگاه در سال ۲۰۰۲، سی میلیون تن بوده است (۱۲). به‌طورکلی عملکردهای مانگرو عبارت‌اند از: تولید آب، غذا و منابع زیستی دیگر، تولید مواد خام برای صنایع، تولید سوخت و انرژی، نگهداری از تنوع زیستی، منطقه پرورشگاهی، عملکردهای تنظیمی و پالایشی، جلوگیری از فرسایش خط ساحلی در اثر طوفان و امواج، کاهش سیل و اثرات سیلاب و زمینه برای فعالیت‌های علمی و آموزشی (۳ و۱۳).

جنگل‌های مانگرو استان بوشهر از جمله مناطق حساس اکولوژیک می‌باشند که با تهدیدات بسیار بالایی مانند ورود آلاینده‌های صنعتی، پساب و پسماندهای خانگی روبه رو می‌باشند. رویشگاه‌های بساتین و بیدخون در محدوده پارک ملی ساحلی دریایی نایبند قرار دارند. گزارش‌هایی از نفوذ آلاینده‌های نفتی و صنعتی ناشی از فعالیت‌های پیرامون آنها حکایت دارد. مطالعات بسیار اندکی در جنگل‌های مانگرو استان بوشهر به انجام رسیده اما مطالعات چندی در رسوبات دریایی

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2024-09-07]

[DOR: 20.1001.1.24763128.1391.1.2.2.6]

خلیج فارس انجام شده است. ظهیری (۷) به بررسی غلظت و منشأیابی فلزات سنگین در رسوبات بخش مرکزی خلیج فارس پرداخت. نتایج تجزیه و تحلیل‌های آماری نشان داد که آلودگی نفتی در منطقه وجود دارد و غلظت فلزات سرب، کبالت، کادمیوم و وانادیوم را تحت تأثیر قرار داده است. در نهایت منشاء فلزات سنگین به دو دسته زمین منشأ و انسان منشأ تقسیم‌بندی شد. وجود وانادیوم، کادمیوم، کبالت که شاخص آلودگی به مواد نفتی هستند با درصد بالا در بخش غیرزمینی، بیان کننده آلودگی رسوبات به مواد غیرنفتی در منطقه بود. زارع مایوان و همکاران (۴) به اندازه‌گیری هیدروکربن‌های نفتی و فلزات سنگین نیکل و وانادیوم در اکوسیستم‌های تالابی و سواحل جنوبی ایران پرداختند و منشأ نفت موجود در خاک تالاب شادگان را به کویت نسبت دادند. رویبلیان و همکاران (۲۳) طی ارزیابی آلودگی فلزات سنگین در رسوبات خلیج کوانژو در چین دریافتند که میانگین غلظت‌های فلزات بالاتر از استاندار اولیه و در کادمیوم بالاتر از استاندارد ثانویه رسوب‌های دریایی در چین است. از نتایج دیگر این تحقیق اندک بودن آلودگی در مناطق ماسه‌ای و شنی نسبت به مناطق رسی بود. هم‌چنین مناطقی که میزان کربن آلی کمتری داشتند نیز دارای فلزات سنگین کمتری بودند. این پژوهش با اهداف: ۱) اندازه‌گیری فلزات سنگین رسوبات سطحی سه رویشگاه مانگرو استان بوشهر و مقایسه رویشگاه‌ها از این نظر ۲) ارزیابی میزان فلزات سنگین در رسوبات سطحی جنگل‌های مانگرو استان بوشهر با مقایسه برخی استانداردهای جهانی و ۳) ارایه اطلاعات به روز از وضعیت فلزات سنگین جنگل مانگرو استان بوشهر جهت نظارت پیوسته و مدیریت این اکوسیستم حساس انجام شد.

مواد و روش‌ها

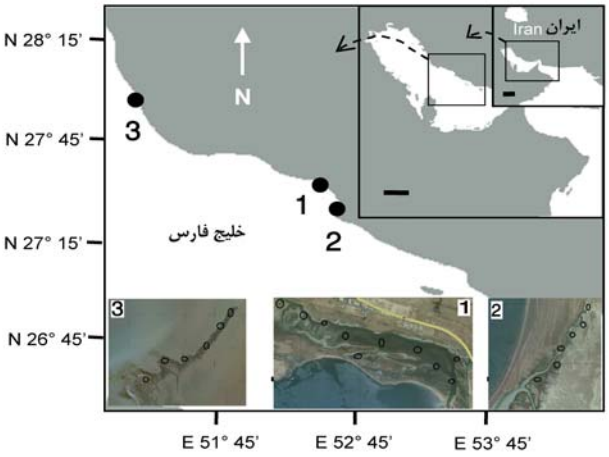
محدوده مورد مطالعه

مانگروهای استان بوشهر از اجتماعات گیاهی رویشگاه خلیجی از منطقه رویشی خلیج عمانی کشور هستند که در بخش‌هایی از منطقه ساحلی شمال خلیج‌فارس پراکنش دارند. محدوده مورد مطالعه که از نظر موقعیت جغرافیایی بین مختصات جغرافیایی ´۲۰ °۵۱ تا ´۲۲ °۵۵ طول شرقی و ´۳۵ °۲۶ تا ´۸۸ °۲۸ عرض شمالی واقع شده است در برگیرنده چهار رویشگاه عمده از اجتماعات حراست. دو رویشگاه در دو خور بساتین و بیدخون در خلیج نای بند قرار گرفته است، رویشگاه بردستان در مجاور شهر دیر قرار دارد و رویشگاه مل گنزه در پوزه ماشه در مصب رودخانه مند جای گرفته است. به سبب کوچک بودن رویشگاه بردستان، این مطالعه در سه رویشگاه دیگر به انجام رسید. مساحت این حوزه ۱۸۵۹۹ کیلومترمربع است که حدود ۱۱۸۷۸ کیلومترمربع آن را مناطق کوهستانی و ۶۷۲۱ کیلومترمربع را دشت‌ها و کوهپایه‌ها تشکیل می‌دهند. اراضی جنگل مانگرو در رویشگاه‌های بوشهر دارای زمستان‌های پر بارش و تابستان‌های بدون بارش هستند.

میزان بارش سالیانه در ایستگاه جم کنگان که نزدیک‌ترین ایستگاه به منطقه مورد مطالعه می‌باشد، ۲۵۱ میلی‌متر است. میانگین درجه حرارت ماهانه این محدوده حدود ۲۴ درجه سانتی‌گراد به‌مدت بیش از ۱۵۰ روز در سال است که موجب استقرار بهینه جنگل‌ها شده است. درجه حرارت صفر و سرمای در حد یخبندان گزارش نشده است. تمام رویشگاه‌های مورد بررسی از اجتماعات خالص نامنظم درختان حرا (*Avicennia marina*) پوشیده شده است (۱). شکل ۱ موقعیت رویشگاه‌های مانگرو استان بوشهر را نشان می‌دهد. جنگل‌های مانگرو خلیج نایبند حدود ۸۰ هکتار وسعت دارد. هر دو رویشگاه این خلیج (بیدخون و بساتین) در محدوده پارک ملی ساحلی دریایی نایبند قرار دارند. بیش از ۶۰ درصد درختان این رویشگاه دارای پوشش تاجی متراکم است. این رویشگاه‌ها در حال حاضر کمترین فاصله فیزیکی از منبع آلودگی را دارند. رویشگاه مل‌گنزه حدود ۲۵ هکتار وسعت دارد و از سلامت و شادابی مطلوب برخوردار بوده و تاکنون از هر گونه فعالیت توسعه اقتصادی شهری و صنعتی به دور مانده است. این رویشگاه جزو منطقه حفاظت شده مَند است.

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2024-09-07]

[DOR: 20.1001.1.24763128.1391.1.2.2.6]



شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه

نمونه‌برداری

در سه رویشگاه مانگرو استان بوشهر در مجموع ۲۲ نمونه برداشت شد که توزیع نمونه‌ها میان رویشگاه‌ها متناسب با وسعت هر رویشگاه بود. نقاط نمونه‌برداری به روش تصادفی هدفدار انتخاب شد به‌طوری‌که ابتدا روی نقشه رویشگاه و به گونه‌ای توزیع شد که بتواند فراهم‌کننده اطلاعات لازم از انتشار آلاینده‌ها در بخش‌های مختلف رویشگاه باشد. سپس مختصات هر نقطه از نقشه به سامانه موقعیت یاب جهانی منتقل و بر روی زمین شناسایی شد. از هر ایستگاه نمونه‌برداری ۳ نمونه رسوب سطحی (۰ تا ۱۰ سانتی‌متر) به وزن حدود ۷۰۰ گرم به‌وسیله کاردک پلاستیکی اسید شوره شده برداشته شد. نمونه‌های رسوب در درون کیسه‌های پلاستیکی پلی اتیلن قرارگرفت و در نهایت تمامی کیسه‌های نمونه رسوب در یخدان قرار داده شد و به آزمایشگاه خاک‌شناسی دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران منتقل شد.

نمونه‌ها در آزمایشگاه به‌طور کامل در هوای آزاد و سپس در آون در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۲۴ ساعت خشک شدند. نمونه‌ها پس از خشک شدن به‌طور کامل در هاون کوبیده شد و از الک ۲ میلی‌متر عبور داده شد. برای تهیه عصاره از نمونه‌ها از دستورالعمل ۵۰۳۰ سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا بهره‌برداری شد. طبق آن اسید نیتریک غلیظ در درجه حرارت ۹۵ درجه در طی دو مرحله به یک گرم ماده خشک اضافه شد (۳۰). به منظور جداسازی رسوبات حاصل از فرآیند عصاره‌گیری از فیلتر استفاده شد. آنالیز فلزات در عصاره نمونه‌ها به‌وسیله دستگاه ICP-AES انجام شد. برای آزمون وجود یا عدم وجود تفاوت در بین گروه‌ها (رویشگاه‌ها) از تجزیه واریانس یک طرفه (ANOVA) با اطمینان ۹۵ درصد در برنامه SPSS (نسخه ۱۳، ۲۰۰۴) بهره‌گیری شد. برای مقایسه بین گروه‌ها از آزمون گروه‌بندی میانگین توکی استفاده شد.

نتایج

نتایج غلظت فلزات

مشخصات آماری غلظت آلومینیوم (Al)، آهن (Fe)، کادمیوم (Cd)، مس (Cu)، نیکل (Ni)، سرب (Pb)، وانادیوم (V) و روی (Zn) در رسوبات سطحی رویشگاه بیدخون در جدول ۱ نشان داده شده است. همان‌طورکه ملاحظه می‌شود میانگین غلظت فلزات سنگین مذکور به‌ترتیب ۱۸۲۸۹، ۳۷۸۹۱۱، ۲، ۴۷/۵، ۶۸/۵، ۹۶/۲، ۲۸۷/۹ و ۲۰۱/۲ میکرو گرم بر گرم ماده خشک رسوب است. غلظت آلومینیوم (Al)، آهن (Fe)، کادمیوم (Cd)، مس (Cu)، نیکل (Ni)، سرب (Pb)، وانادیوم (V) و روی (Zn) در رسوبات سطحی رویشگاه بساتین در جدول ۲ نشان داده شده است. همان‌طورکه ملاحظه می‌شود

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2024-09-07]

[DOR: 20.1001.1.24763128.1391.1.2.2.6]

جدول ۱. غلظت فلزات سنگین در رسوبات سطحی رویشگاه بیدخون ($\mu g\ g^{-1}$)

نمونه	Al	Fe	Cd	Cu	Ni	Pb	V	Zn
۱	۲۰۶۹۰	۴۴۹۲۰	۱/۹	۴۳/۴	۵۱/۹	۱۰۱/۲	۱۸۰/۳	۲۴۱/۳
۲	۲۰۱۹۰	۴۵۵۵۰	۱/۹	۴۰/۵	۵۸/۵	۹۳/۹	۲۵۰/۴	۱۸۲/۲
۳	۲۵۳۱۰	۴۷۹۹۰	۱/۹	۳۷/۵	۴۳/۸	۹۲/۵	۲۲۳/۷	۱۷۴
۴	۱۹۴۲۰	۴۲۹۸۰	۲/۶	۴۳/۵	۷۱/۳	۱۱۹/۱	۳۰۱/۵	۲۲۸/۶
۵	۲۰۹۲۰	۴۳۷۳۰	۱/۸	۵۱/۸	۴۹/۹	۱۱۵/۶	۲۲۵/۵	۱۹۶/۵
۶	۳۰۲۴۰	۵۱۵۳۰	۲	۵۰/۷	۲۰۴/۵	۹۴/۲	۸۲۵/۳	۲۱۴/۷
۷	۲۰۳۲۰	۴۵۲۱۰	۲	۸۳/۷	۱۱۰	۱۰۵/۲	۵۶۰/۲	۲۸۰/۷
۸	۹۸۷۰	۱۵۶۹۰	۱/۸	۳۹	۳۸	۷۶/۶	۱۲۵	۱۴۸
۹	۴۵۱۰	۱۲۸۲۰	۱/۹	۴۱/۳	۱۴/۱	۸۱/۱	۶۵/۴	۱۸۳/۲
۱۰	۱۱۴۲۰	۲۷۶۹۰	۱/۹	۴۴	۴۲/۹	۸۲/۳	۱۲۱/۸	۱۶۲/۷
میانگین	۱۸۲۸۶	۳۷۸۱۱	۲	۴۷/۵	۶۸/۵	۹۶/۲	۲۸۷/۹	۲۰۱/۲
حداقل	۴۵۱۰	۱۲۸۲۰	۱/۸	۳۷/۵	۱۴/۱	۷۶/۶	۶۵/۴	۱۴۸
حداکثر	۳۰۲۴۰	۵۱۵۳۰	۲/۶	۸۳/۷	۲۰۴/۵	۱۱۹/۱	۸۲۵/۳	۲۸۰/۷
انحراف معیار	۷۶۱۳/۹	۱۳۸۸۴/۷	۰/۲	۱۳/۵	۵۳/۹	۱۴/۳	۲۳۲/۸	۴۰/۳

میانگین غلظت فلزات سنگین مذکور به‌ترتیب ۱۶۸۹۵/۷، ۳۶۱۱۲/۵، ۱/۹، ۶۴/۳، ۸۲/۱، ۱۳۸، ۳۶۰/۲ و ۲۵۴/۵ میکروگرم بر گرم ماده خشک می‌باشد. نتایج غلظت آلومینیوم (Al)، آهن (Fe)، کادمیوم (Cd)، مس (Cu)، نیکل (Ni)، سرب (Pb)، وانادیوم (V) و روی (Zn) در رسوبات سطحی رویشگاه مل‌گنزه جدول ۳ نشان داده شده است. همان‌طورکه ملاحظه می‌شود میانگین غلظت فلزات سنگین مذکور به‌ترتیب ۸۳۵۱، ۳۹۲۱۰، ۱/۳، ۲۸/۷، ۳۸/۳، ۴۰/۵، ۳۹۴/۲ و ۶۸/۶ میکرو گرم بر گرم می‌باشد.

مقایسه غلظت فلزات سنگین در رویشگاه‌ها

غلظت آلومینیوم در رسوبات در دامنه حداقل ۱۷۹۵ در رویشگاه مل‌گنزه تا ۳۰۲۴۰ میکروگرم بر گرم در رویشگاه بیدخون قرار گرفت. طبق نتایج تجزیه واریانس یک طرفه اختلاف معنی‌داری در غلظت آلومینیوم در بین نمونه‌های رسوب رویشگاه‌های مانگرو استان بوشهر دیده شد (ANOVA, df=21, F=3.87, P<0.05). بنابر نتایج آزمون توکی تنها در بین رویشگاه بیدخون و مل‌گنزه اختلاف معنی‌دار است و رویشگاه بساتین با هیچ یک از رویشگاه‌ها اختلاف معنی‌داری ندارد. آهن در دامنه وسیعی از پراکنش غلظت دیده شد. به‌طوری‌که از حداقل ۶۴۲۵ میکروگرم بر گرم در رویشگاه مل‌گنزه تا حداکثر ۵۱۵۳۰ میکروگرم بر گرم در رویشگاه بیدخون برخوردار بود. نتایج تجزیه واریانس نیز اختلاف معنی‌داری را در بین رویشگاه‌ها نشان می‌دهد (ANOVA, df=21, F=4.39, P<0.05). آزمون توکی بیان‌کننده آن است که غلظت آهن در رویشگاه‌های بیدخون و بساتین به‌طور معنی‌داری از میزان آن در رویشگاه مل‌گنزه بالاتر است. کادمیوم در جنگل‌های مانگرو استان بوشهر دارای تفاوت اندکی بود و از نظر آماری اختلاف بین رویشگاه‌ها از این نظر در سطح ۵ درصد معنی‌دار نبود. دامنه پراکنش کادمیوم از ۰/۶ تا ۳/۴۵ میکروگرم بر گرم بود که حداقل آن در رویشگاه مل‌گنزه و حداکثر آن در رویشگاه بساتین دیده شد و به‌طورکلی غلظت

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2024-09-07]

[DOR: 20.1001.1.24763128.1391.1.2.2.6]

جدول۲. غلظت فلزات سنگین در رسوبات سطحی رویشگاه بساتین ($\mu g\ g^{-1}$)

نمونه	Al	Fe	Cd	Cu	Ni	Pb	V	Zn
۱	۴۲۸۴	۱۲۶۶۰	۱/۹	۴۹/۷	۳۲/۴	۱۲۲/۴	۲۰۷/۵	۲۵۹/۳
۲	۱۸۵۷۰	۴۲۷۶۰	۱/۹	۵۶/۵	۶۲/۸	۱۵۱/۴	۴۱۷/۸	۲۷۷/۵
۳	۱۱۹۲۰	۲۲۵۳۵	۳/۵	۷۱/۱	۵۸/۴	۱۹۱/۶	۳۲۲/۵	۲۸۴/۱
۴	۲۸۴۸۰	۵۰۶۲۰	۱/۹	۱۸/۶	۱۸۱/۷	۴۲/۸	۷۸۱/۴	۹۵/۵
۵	۲۰۱۴۰	۴۵۲۷۰	۱	۹۱/۶	۸۲/۵	۱۵۹/۵	۲۳۰/۷	۳۰۴/۷
۶	۱۷۹۸۰	۴۲۸۳۰	۱	۹۸/۳	۷۴/۶	۱۶۰/۱	۲۰۱	۳۰۶/۲
میانگین	۱۶۸۹۵/۷	۳۶۱۱۲/۵	۱/۹	۶۴/۳	۸۲/۱	۱۳۸	۳۶۰/۲	۲۵۴/۵
حداقل	۴۲۸۴	۱۲۶۶۰	۱	۱۸/۶	۳۲/۴	۴۲/۸	۲۰۱	۹۵/۵
حداکثر	۲۸۴۸۰	۵۰۶۲۰	۳/۵	۹۸/۳	۱۸۱/۷	۱۹۱/۶	۷۸۱/۴	۳۰۶/۲
انحراف معیار	۸۱۵۴/۹	۱۴۹۵۳/۳	۰/۹	۲۹/۴	۵۱/۷	۵۱/۶	۲۲۲/۵	۷۹/۹

جدول ۳. غلظت فلزات سنگین در رسوبات سطحی رویشگاه مل‌گنزه ($\mu g\ g^{-1}$)

نمونه	Al	Fe	Cd	Cu	Ni	Pb	V	Zn
۱	۱۴۸۴۸	۳۱۹۲۰	۱/۹	۳۰/۲	۷۴/۳	۷۰/۳	۴۵۹	۱۸۹/۷
۲	۵۹۵۴	۱۴۸۲۴	۰/۶	۱۴/۱	۲۰/۲	۳۵/۲	۱۴۸/۲	۴۴/۹
۳	۶۴۲۰	۱۱۵۰۰	۱/۹	۲۹/۳	۳۹/۱	۷۹/۹	۲۴۰	۱۲۰/۱
۴	۱۷۹۵	۶۴۲۵	۰/۹	۳۴/۳	۵۴/۴	۵۹/۸	۳۱۹/۶	۵۷/۲
۵	۸۶۲۸	۱۴۸۴۱	۱/۵	۲۱/۳	۲۵/۱	۳۴/۲	۱۵۴/۷	۵۱/۷
۶	۱۲۴۶۳	۳۰۲۱۰	۱/۳	۲۸/۷	۳۸/۳	۴۰/۵	۳۹۴/۲	۶۸/۶
میانگین	۸۳۵۱	۱۸۲۸۶	۱/۳	۲۶/۳	۴۱/۹	۵۳/۳	۲۸۶	۸۸/۷
حداقل	۱۷۹۵	۶۴۲۵	۰/۶	۱۴/۱	۲۰/۲	۳۴/۲	۱۴۸/۲	۴۴/۹
حداکثر	۱۴۸۴۸	۳۱۹۲۰	۱/۹	۳۴/۳	۷۴/۳	۷۹/۹	۴۵۹	۱۸۹/۷
انحراف معیار	۴۷۲۵	۱۰۳۷۹	۰/۵	۷/۳	۱۹/۹	۱۹/۵	۱۲۷/۴	۵۶/۳

کادمیوم در رویشگاه‌های بساتین و بیدخون بالاتر از رویشگاه مل‌گنزه بود. غلظت مس از ۱۴/۱ تا ۹۸/۲۸ میکروگرم بر گرم در بین نمونه‌های رسوب سطحی مانگرو به‌دست آمد. تجزیه واریانس اختلاف معنی‌داری را در سطح ۵٪ از نظر غلظت فلز مس در بین رویشگاه‌های مانگرو نشان داد (ANOVA, df=21, F=6.649, P<0.05). هم‌چنین نتایج آزمون توکی در مورد گروه‌بندی رویشگاه‌ها حاکی از تفکیک رویشگاه‌ها به دو دسته بود و غلظت مس رویشگاه بساتین به اندازه معنی‌داری از رویشگاه مل‌گنزه بالاتر بود، اما اختلاف معنی‌داری بین رویشگاه بیدخون با دو رویشگاه دیگر وجود نداشت. فلز نیکل از حداقل ۱۴/۱ میکروگرم بر گرم تا حداکثر ۲۰۴/۵۴ میکروگرم بر گرم به‌دست آمد که هر دو دامنه در رویشگاه بیدخون مشاهده شد. نتایج تجزیه واریانس اختلاف معنی‌داری را برای نیکل در بین سایت‌های مانگرو در استان بوشهر نشان نداد. با این وجود غلظت این فلز در رویشگاه بساتین بیش از دو رویشگاه بود. پراکندگی غلظت سرب در جنگل مانگرو استان بوشهراز دامنه

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2024-09-07]

[DOR: 20.1001.1.24763128.1391.1.2.2.6]

حداقل ۳۴/۱۵ تا حداکثر ۱۹۱/۶ میکروگرم بر گرم بود. حداقل غلظت سرب در مل‌گنزه و حداکثر آن در خور بساتین به‌دست آمد. نتایج تجزیه واریانس اختلاف معنی‌دار را در بین رویشگاه‌ها ارایه کرد (ANOVA, df=21, F=11.983, P<0.05). هم‌چنین نتیجه آزمون توکی بیان‌کننده اختلاف در غلظت فلز سرب در بین هر سه رویشگاه بود. وانادیوم گستردگی بسیار بالایی را در رسوبات سطحی منطقه نشان داد. به‌طوری‌که از دامنه غلظت ۵۷/۳۸ میکروگرم بر گرم تا ۸۲۵/۲۶ میکروگرم بر گرم پراکندگی نشان داد. حداقل و حداکثر غلظت وانادیوم در رویشگاه مانگرو بیدخون دیده شد. نتایج تجزیه واریانس اختلاف معنی‌داری را میان میانگین این فلز در بین رویشگاه‌های مورد بررسی نشان نداد. با این وجود میانگین غلظت در رویشگاه بساتین بیشتر از دو رویشگاه دیگر بود. حداقل غلظت روی ۴۴/۹۱ میکروگرم بر گرم در رویشگاه مل‌گنزه و حداکثر ۳۰۶/۱۵ میکروگرم بر گرم در رویشگاه بساتین دیده شد. نتایج تجزیه واریانس اختلاف معنی‌داری از غلظت فلز روی در بین رویشگاه‌ها نشان داد (ANOVA, df=21, F=13.291, P<0.05). آزمون توکی نیز اختلاف معنی‌دار بین رویشگاه بساتین و بیدخون را با رویشگاه مل‌گنزه نشان داد. شکل ۲ نمودار مقایسه سه رویشگاه مانگرو استان بوشهر را از نظر غلظت ۸ فلز سنگین مورد مطالعه نشان می‌دهد.

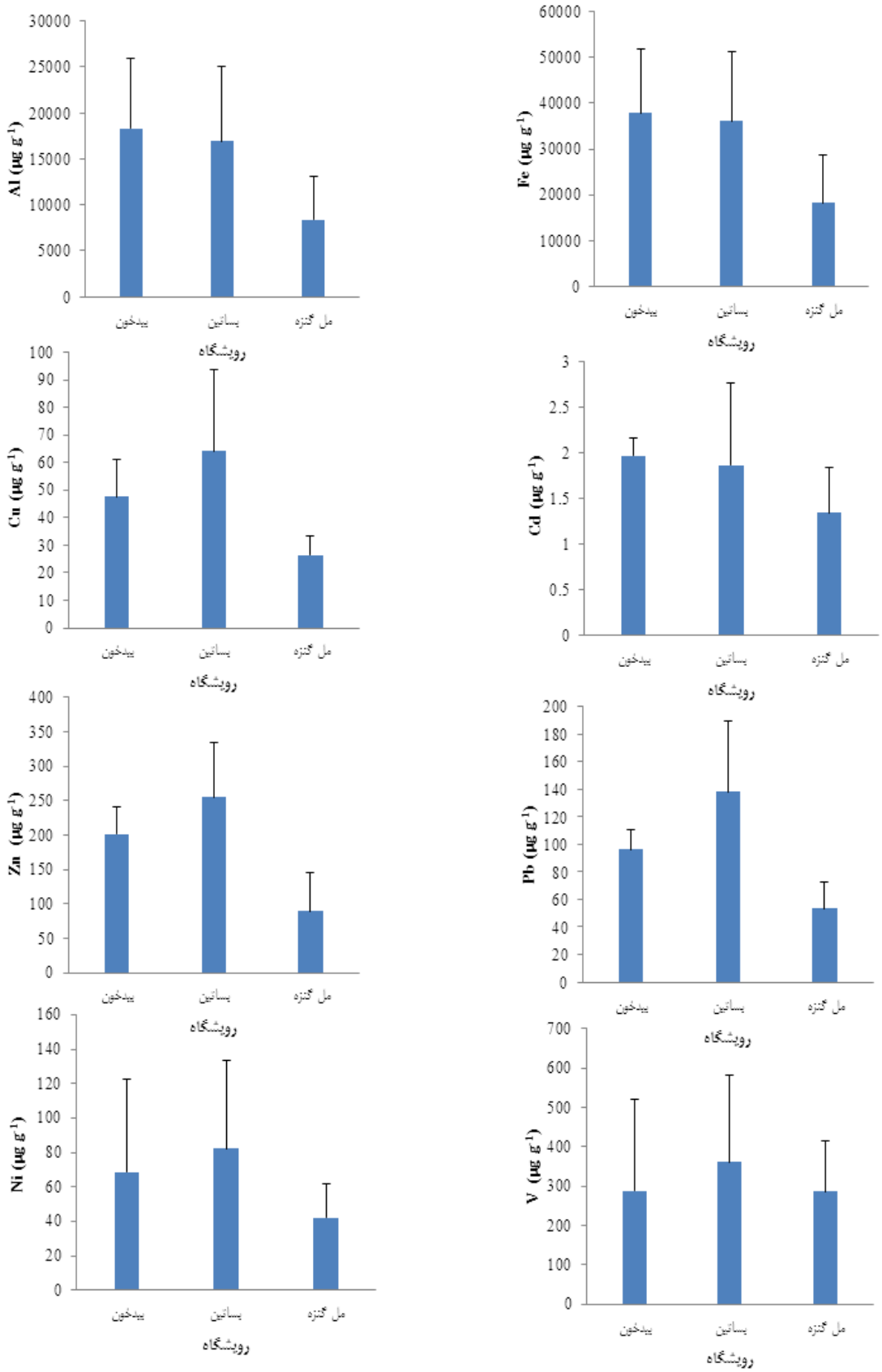
بحث و نتیجه‌گیری

در مورد پراکنش گسترده غلظت فلزات سنگین در مانگروهای آلوده نتایج مشابهی را تام و وونگ (۲۶) ارایه کردند که طی آن فلزات سنگین از مقدار بسیار کم تا بسیار زیاد در محیط پراکنده شده بود. همان‌طورکه نتایج نشان داد غلظت اکثر فلزات در رویشگاه بیدخون که نزدیک‌ترین منطقه مانگرو به منطقه ویژه پارس جنوبی است، بالاتر از سایر سایت‌های مانگرو بود. علاوه بر منطقه بیدخون، مانگروهای رویشگاه بساتین که در حدود یک کیلومتری از رویشگاه مانگرو بیدخون به کانون بالقوه آلودگی دورتر است غلظت بالایی از فلزات را نشان داد. در بعضی از موارد غلظت فلزات در رسوبات خور بساتین بالاتر از خور بیدخون بود. هر چند دو خور نزدیک به فعالیت‌های پارس جنوبی احتمالاً آلودگی یکسانی دریافت می‌کنند اما غلظت فلزاتی مانند مس، نیکل، سرب، وانادیوم و روی که احتمالاً منشأ انسانی دارد، در بساتین بالاتر از بیدخون بود. این اتفاق احتمالاً به دو علت است؛ نخست آن‌که به‌دلیل این‌که انتهای خور بساتین یک محیط مخفی برای تخلیه فاضلاب بوده و احتمال تخلیه فاضلاب صنعتی و خانگی به درون خور می‌رود. دومین دلیل احتمالی این اتفاق مسدود شدن دهانه خور بساتین به‌علت عبور جاده ساحلی از روی آن است که باعث مختل شدن سیکل جزرومدی در این خور شده است. ضیایی نژاد و همکاران (۶) نیز مسدود شدن خور بساتین را تهدیدی بزرگ معرفی کرده‌اند که می‌تواند تأییدکننده این نتایج نیز باشد. غلظت‌های کم فلزات سنگین در رویشگاه مل‌گنزه به‌علت این بود که این منطقه به دور از فعالیت‌های مشهود توسعه می‌باشد. ولی با این وجود غلظت بعضی از فلزات به‌ویژه نیکل و وانادیوم در این رویشگاه نیز بالا بود. از آنجایی که وانادیوم در بسیاری از مطالعات مانند ظهیری (۷)، زارع مایوان و همکاران (۴) و دانه کار و همکاران (۲)، به‌عنوان شاخص آلودگی نفتی مطرح است، بنابراین غلظت بالای نیکل و وانادیوم به احتمال زیاد به نشت‌ها و ریزش‌های پیوسته نفت در آب‌های خلیج‌فارس نسبت داده می‌شود. طبق نتایج عبدالهی ماموادان و همکاران (۸) نیز بیشترین غلظت فلز کادمیوم در خور بساتین با میزان ۱/۳۶ میکروگرم بر گرم مشاهده شد که مشابه یافته‌های پژوهش حاضر است. علاوه بر کادمیوم، فلز نیکل نیز در مطالعه عبدالهی ماموادان و همکاران (۸) بالاترین میزان را در خور بساتین داشت که این نتیجه نیز مشابه نتیجه پژوهش حاضر می‌باشد.

همان‌طورکه در بخش نتایج ذکر شد میانگین‌های غلظت فلزات کادمیوم، وانادیوم و نیکل در رسوبات سطحی رویشگاه‌های مانگرو استان بوشهر اختلاف معنی‌داری نداشت. جدول ۴ میانگین غلظت فلزات سنگین در رسوبات مانگرو

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2024-09-07]

[DOR: 20.1001.1.24763128.1391.1.2.2.6]



شکل ۲. مقایسه میانگین غلظت فلزات سنگین در رویشگاه‌های مانگرو استان بوشهر

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2024-09-07]

[DOR: 20.1001.1.24763128.1391.1.2.2.6]

جدول۴. مقایسه میانگین غلظت فلزات سنگین رسوبات سطحی ($\mu g\ g^{-1}$) جنگل‌های مانگرو در استان بوشهر با سایر مطالعات و برخی استانداردهای موجود

	Al	Fe	Cd	Cu	Ni	Pb	V	Zn
استرالیا[19]	–	–	–	۶۱	–	۱۰۰	–	۲۴۳
سنگاپور[10]	–	–	۰/۱۸۱	۷/۰۶	۷/۴۴	۱۲/۲۸	–	۵۱/۲۴
سنگاپور[10]	–	–	۰/۲۶۶	۳۲	۱۱/۶۵	۳۰/۹۸	–	۱۲۰/۲۳
پاناما[11]	–	۹۸۲۵	۱۰	۵۶/۳	۲۷/۳	۷۸/۲	–	۱۰۵
کاستاریکا[15]	–	۳۲۲۵	۷/۳	۸/۴	۱۰۲	۳۴/۵	–	۱۴/۷
چین[23]	–	–	۰/۵۹	۷۱/۴	۳۳/۴	۶۷/۷	–	۱۷۶/۶
چین[29]	–	–	۰/۳۳	۴۴	۳۷/۴	۵۰	–	۱۳۹
ایران[7]	–	–	۳/۵	–	۱۳۳	۳۹	۱۱۹	–
ایران[8]	–	–	۱/۳۶	۴۷/۶۴	۵۹	۴۹/۰۶	–	–
استاندارد اولیه چین[9]	–	–	۰/۵	۳۵	–	۶۰	–	۱۵۰
استاندارد ثانویه چین[9]	–	–	۱/۵	۱۰۰	–	۱۳۰	–	۳۵۰
استاندارد اولیه آژانس محیط زیست امریکا[27]			/۶۸	۱۸/۷	۱۵/۹	۳۰/۲	–	۱۲۴
استاندارد ثانویه آژانس محیط زیست امریکا[27]	–	–	۴/۲۱	۱۰۸	۴۲/۸	۱۱۲	–	۲۷۱
مطالعه حاضر	۱۴۵۱۱/۸۹	۳۰۷۳۶/۷۲	۱/۷۲	۴۶/۰۴	۶۴/۱۴	۹۴/۸	۳۱۱/۳۳	۱۸۱/۴۶

– به معنی در دسترس نبودن داده است

مناطق دیگر و برخی استانداردهای موجود ارایه شده است. فلز آلومینیوم و آهن استانداردی نداشته زیرا این فلزات در بیشتر مطالعات به‌عنوان فلزات شاخص زمینی به‌کار رفته است (۲۴،۱۸،۷و۲۵). غلظت کادمیوم در این مطالعه از بسیاری از مطالعات گذشته بیشتر است (۲۳،۱۰،۸ و۲۹)، اما در برخی مطالعات غلظت بالاتر کادمیوم نسبت به غلظت‌های این پژوهش را ارایه شده است (۱۱،۷و۱۴).

مقایسه غلظت کادمیوم با استانداردهای موجود نشان داد (به‌دلیل نداشتن استاندارد روشن در کشور طبق استانداردهای معتبر جهانی اظهار نظر شده است) که کادمیوم در جنگل‌های مانگرو استان بوشهر نیز از میزان بحرانی برخوردار است و از استانداردهای اولیه و ثانویه چین (۹) بالاتر بوده ولی از استاندارد ثانویه سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا کمتر است. غلظت مس در مطالعه حاضر از بسیاری از مطالعات مشابه در سایر نقاط دنیا بیشتر است (۱۵،۱۰و۲۹)، ولی نتایج تحقیقات (۱۱،۸و۲۳)، میزان بالاتری را نسبت به نتایج به‌دست آمده در این مطالعه ارایه دادند. مقایسه غلظت مس با استانداردهای رسوبات سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا و چین نشان داد که غلظت مس در این مطالعه از استاندارد اولیه سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا و چین بالاتر ولی از استاندارد ثانویه آنها پایین‌تر است. این موضوع چنین نشان می‌دهد که هرچند غلظت مس در این مطالعه بالاست ولی به حد اضطراری نرسیده است. نیکل در جنگل‌های مانگرو استان بوشهر از چند مطالعه بالاتر است (۷و۱۵) و از بیشتر مطالعات مشابه انجام شده کمتر است (۲۳،۱۱،۱۰،۸و۲۹). مقایسه با استاندارد سازمان حفاظت از محیط زیست امریکا نشان داد که

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2024-09-07]

[DOR: 20.1001.1.24763128.1391.1.2.2.6]

غلظت نیکل از استاندارد اولیه و ثانویه مذکور بالاتر است که تأییدکننده وضعیت بحرانی این فلز می‌باشد. همان‌طورکه در جدول ۴ دیده می‌شود، تنها مطالعه‌ای در استرالیا میزان بالاتری از غلظت سرب را ارایه داده است (۱۹) و در سایر مطالعات این میزان کمتری از غلظت سرب در مطالعه جاری را نشان می‌دهد (۲۳و۱۵،۱۱،۱۰،۸،۷). با مقایسه غلظت سرب با استانداردهای موجود مشخص شد که سرب از استاندارد اولیه سازمان حفاظت محیط زیست امریکا و چین بالاتر بوده و از استاندارد ثانویه آنها پایین‌تر است که این نشان‌دهنده بالا بودن سرب درمنطقه می‌باشد ولی به حد اضطرار نرسیده است. فلز سنگین روی در جنگل‌های مانگرو استان بوشهر نیز از بسیاری از مطالعات انجام شده در سایر نقاط دنیا بیشتر است. در مقایسه این فلز با استانداردها مشخص می‌شود که غلظت فلز روی به میزان قابل توجهی بالاتر از استانداردهای اولیه سازمان حفاظت محیط زیست امریکا و چین می‌باشد ولی از میزان استانداردهای ثانویه آنها اندکی کمتر است (۹ و۲۷). بنابراین طبق استانداردهای حاضر فلز روی در جنگل‌های مانگرو بوشهر از میزان بسیار بالایی برخوردار بوده و در وضعیت هشدار قرار دارد.

سپاسگزاری

از شرکت ملی پالایش و پخش فرآورده‌های نفتی ایران به‌خاطر حمایت و پشتیبانی مالی این تحقیق تشکر می‌شود. از آزمایشگاه خاک‌شناسی دکتر حبیبی دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران به‌خاطر آنالیز نمونه‌های رسوب تشکر می‌شود. و هم‌چنین از استادان گروه شیلات و محیط زیست دانشگاه تهران به‌خاطر مساعدت‌های علمی آنها تشکر می‌شود.

منابع مورد استفاده

۱. دانه‌کار، ا.، ا. هاشمی، ب. محمودی و ن. حمیدی. ۱۳۸۵. طرح مدیریت و توسعه جنگل‌های استان هرمزگان. اداره کل منابع طبیعی استان هرمزگان، بندرعباس. ص۲۱۰

۲. دانه‌کار، ا. و ع. ماشینچیان. ۲۰۰۴. طرح پژوهشی مناسب‌ترین شیوه احیأ جنگل‌های مانگرو ایران، آسیب دیده از جنگ خلیج‌فارس. معاونت دریایی سازمان حفاظت محیط زیست، ص ۱۰۱

۳. داوری، ع. و ا. دانه‌کار. ۱۳۸۸. تحلیلی بر عملکرد زیستگاهی مانگرو برای موجودات خشکی و دریایی. مجموعه مقالات سومین کنفرانس ملی روز جهانی محیط زیست، دانشگاه تهران–خرداد ۱۳۸۸، ص ۱۹۹

۴. زارع مایوان، ح.، ع. اسماعیلی.، ا. چرجابی.، ا. توسلی.، م. وهدیان و ع. صلاحی. ۱۳۷۸. اندازه گیری آلودگی های ناشی از آتش سوزی چاههای نفت کویت در خاک های مناطق جنوب ایران. پژوهش و سازندگی۴۳، صفحات ۹۰-۹۲.

۵. ضیایی نژاد، س.،ه. ضیایی نژاد و س.گل مهدی. ۱۳۸۷. شناسایی عوامل تهدیدکننده گونه‌های آبزی و زیستگاه‌های حساس ساحلی در خلیج نایبند حاصل از فعالیت‌های انسانی. مجموعه مقالات دومین کنفرانس ملی محیط زیست دریا، صنعت و توسعه پایدار. منطقه ویژه اقتصادی پتروشیمی. اسفند ۱۳۸۷، ص ۳۶۰

۶. ضیایی نژاد، س.، ه. ضیایی نژاد و س. گل مهدی. ۱۳۸۷. شناسایی عوامل تهدیدکننده گونه‌های آبزی و زیستگاه‌های حساس ساحلی در خلیج نایبند حاصل از فعالیت‌های انسانی. مجموعه مقالات دومین کنفرانس ملی محیط زیست دریا، صنعت و توسعه پایدار. منطقه ویژه اقتصادی پتروشیمی. اسفند ۱۳۸۷، ص ۳۶۰

۷. ظهیری، ی. ۱۳۷۶. بررسی غلظت و منشأ عناصر سنگین در رسوبات بخش مرکزی خلیج‌فارس. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد مهندسی محیط زیست، دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران.

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2024-09-07]

[DOR: 20.1001.1.24763128.1391.1.2.2.6]

۸. عبدالهی ماموداان، س.،م. زارع دوست، ز. رئوفی و ا. فقیری. ۱۳۸۷. بررسی فلزات سنگین (کادمیوم، نیکل، سرب و مس۹ در رسوبات سطحی خلیج نایبند. مجموعه مقالات دومین کنفرانس ملی محیط زیست دریا، صنعت و توسعه پایدار. منطقه ویژه اقتصادی پتروشیمی، صفحه ۳۸۳

9. CSBTS (China State Bureau of Quality and Technical Supervision). 2002. The People's Republic of China National Standards GB 18668-2002. *Marine Sediment Quality*. p10.
10. Cuong, D.T., S. Bayen, O.Wurl, K. Subramanian, K.K.S. Wong, N. Sivasothi and G.PH. Obbard. 2005. Heavy metal contamination in mangrove habitats of Singapore. *Marine Pollution Bulletin* 50: 1713–1744.
11. Defew, L. H., Mair, J. M., Guzman, H. M. 2005. An assessment of metal contamination in mangrove sediments and leaves from Punta Mala Bay, Pacific Panama. *Marine Pollution Bulletin* 50 : 547–552
12. FAO, 2004. The State of World Fisheries and Aquaculture (SOFIA). *FAO*, Rome.
13. Gilbert, A.J and R. Janssen. 1998. Use of environmental functions to communicate the values of a mangrove ecosystem under different management regimes. *Ecological Economics* 25: 323-346.
14. Guevara, R., A. Rizzo and R. Sanchez . 2005. Heavy metal inputs in northern Patagonia lakes from short sediment core analysis. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry* 265(3): 481–493.
15. Guzman, H.M. and C.E. Jimenez. 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.
16. Hoff, R. 2002. *Oil Spills in Mangroves*. National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA Ocean Service, Office of Response and Restoration, 70pp
17. Irabien, M. J. and F. Velasco . 1999. Heavy metals in Oka Rive sediments (Urdaibai National Biosphere Reserve, Northern Spain): Lithogenic and anthropogenic effects. *Environmental Geology* 37: 54–63
18. Loring, DH. 1991. Normalisation of heavy-metal data from estuarine and coastal sediments. *ICES Journal of Marine Science*` 48:101-115.
19. MacFarlane, G.R., A. Pulkownik and M.D. Burchett. 2003. Accumulation and distribution of heavy metals in the grey mangrove, Avicennia marina (Forsk.) Vierh: Biological indication potential. *Environmental Pollution* 123:139–151.
20. Macintosh, D. J. and E.C.Ashton . 2002. *A Review of Mangrove Biodiversity Conservation and Management*. Final Report. Centre for Tropical Ecosystems Research (Center Aarhus). 71pp
21. Nagelkerken, I., S.J.M. Blaber, S. Bouillon, P. Green, M. Haywood, L.G. Kirton, J.-O. Meynecke, J. Pawlik, H.M. Penrose, A. Sasekumar and P.J. Somerfield. 2008. The habitat function of mangroves for terrestrial and marine fauna: A review. *Aquatic Botany* 89: 155–185.
22. Naylor, R.L., R.J. Goldburg, J.H. Primavera, N. Kautsky, M.C.M. Beveridge, J. Clay, C. Folke, J. Lubchenco, H. Moony and M. Troell. 2000. Effect of aquaculture on world fish supplies. *Nature* 405: 1017–1024.
23. Ruilian, Y., Y. Xing, Z.Yuanhui, H. Gongren and T. Xianglin. 2008. Heavy metal pollution in intertidal sediments from Quanzhou Bay, China. *Journal of Environmental Sciences* 20: 664–669
24. Schropp, S.J., F.G. Lewis, H.L. Windom, J.D. Ryan, F.D.Calder and L.C. Burney. Interpretation of metal concentrations in estuarine sediment of Florida using aluminum as a reference element. *Estuarine* 13 227-235.
25. Shine, J.P., R.V. Ika and T.E. Ford. 1995. Multivariate statistical examination of spatial and temporal pattern of heavy metal contamination in New Bedford Harbour marine sediments. *Environmental Science and Technology* 29:1781-1788.
26. Tam, N.F.Y. and Y.S.Wong. 1995. Mangrove soils as sinks for waste waterborne pollutants. *Hydro Biology* 295: 231-242.
27. USEPA-Region II, USACE-New York District, USDOE-BNL. 1999. Fast Track Dredged Material Decontamination Demonstration for the Port of New 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*,
28. Wang, F. and J.S. Chen. 2000. Relation of sediment characteristics to trace metal concentration: a statistical study. *Water Resource* 34:694–698.
29. Zhang, L. P., Y. Xin, F. Huan,Y.H. Jing, T. Ouyang and X.T. Yu. 2007. Heavy metal contamination in western Xiamen Bay sediments and its vicinity, China. *Marin Pollution Bulletin* 54: 974–982.
30. USEPA 2010. Sediment Contamination Assessment Methods: Validation of Standardized and Novel Approaches. http://epa.gov/ncer/. Site visited on 08.05.10.

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2024-09-07]

[DOR: 20.1001.1.24763128.1391.1.2.2.6]