

اثر برخی خواص فیزیکوشیمیایی رسوب بر غلظت فلزات سنگین نیکل و وانادیوم در رسوبات رویشگاه، ریشه و برگ درختان مانگرو

نصرالله محبوبی صوفیانی^۱، حسین مرادی^۲، زهرا رضوی^{۳*}، عباس حیدری خسرو^۴، نورالله میرغفاری^۵
۱. استاد شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان

۲. استادیار محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان

۳ و ۴. کارشناس ارشد محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان

۵. دانشیار محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۱۱/۲۹ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۳/۱۰/۳)

چکیده

جنگل‌های مانگرو از جمله بوم‌سامان‌های شکننده ساحلی نسبت به آلودگی‌های نفتی به‌ویژه تجمع فلزات سنگین نیکل و وانادیوم به شمار می‌آیند. مهم‌ترین هدف این پژوهش مقایسه غلظت فلزات سنگین نیکل و وانادیوم در رسوبات، ریشه و برگ درختان مانگرو در دو رویشگاه پارک ملی- دریایی نایبند و منطقه حفاظت‌شده حرا در جزیره قشم، و بررسی علل تفاوت احتمالی میزان آن‌ها از دیدگاه عوامل فیزیکی و شیمیایی محیط است. بدین منظور همبستگی غلظت فلزات یادشده در رسوبات، ریشه و برگ درختان با عواملی همچون بافت رسوبات، pH، EC و مواد آلی موجود در رسوبات بررسی شد. نتایج نشان داد که متوسط غلظت نیکل در رسوبات و برگ بیش از متوسط میزان وانادیوم در رویشگاه‌های حرا و نایبند بود. همچنین مشخص شد که متوسط غلظت فلزات سنگین نیکل و وانادیوم در رسوبات سطحی و نیز ریشه درختان رویشگاه حرا بیشتر از متوسط غلظت این فلزات در رویشگاه نایبند است که می‌توان آن را به ریزدانه‌تر بودن بافت بستر رویشگاه حرا نسبت داد. اما میزان تجمع فلز وانادیوم در برگ درختان مانگرو در منطقه نایبند حدود ۲/۳ برابر منطقه حراست. پایین بودن میزان شوری در سمت دریا در منطقه نایبند نسبت به حرا و در نتیجه افزایش بیشتر حلالیت فلز وانادیوم و انتقال بیشتر آن به گیاه، و همچنین هوای آلوده منطقه نایبند و تماس و جذب بیشتر توسط برگ درختان نیز می‌تواند دلایل احتمالی این افزایش تجمع در برگ باشد. این یافته بسیار نگران‌کننده است، زیرا معمولاً برنامه‌های حفاظتی، کنترلی و پایشی بر روی مناطق مجاور یا نزدیک به فعالیتهای نفتی متمرکز شده؛ درحالی‌که این پژوهش نشان داد عواملی جز فاصله رویشگاه تا منبع آلودگی نیز وجود دارد که در میزان تجمع نیکل و وانادیوم تعیین‌کننده هستند.

کلیدواژگان: پارک ملی- دریایی نایبند، جنگل‌های مانگرو، منطقه حفاظت‌شده حرا، نیکل، وانادیوم.

۱. مقدمه

غلظت وانادیوم در گیاهان ۰/۱ غلظت وانادیوم در خاک است (CCME, 1999). سمیت وانادیوم بسته به نوع خاک (تفاوت در قابلیت دسترسی گیاه) متفاوت است. در خاک‌های شنی غلظت‌هایی در حدود ۸۰ mg/kg سبب کاهش بیومس گیاهی و در خاک‌های لومی غلظت‌های بیش از ۱۰۰ mg/kg اثری بر گیاه ندارد که این تفاوت‌ها به دلیل تجمع بیشتر وانادیوم در گیاهان رشدیافته در بستر شنی است. سمیت وانادیوم در برخی گیاهان در غلظت‌های حدود ۲ mg/kg گزارش شده است (Kabata-Pendias, 2010). غلظت نیکل نیز در خاک‌های سطحی نیز در محدوده ۱۳-۳۷ mg/kg گزارش شده است. شواهدی مبنی بر نقش ضروری نیکل در متابولیسم گیاهی وجود ندارد، هر چند برخی پژوهشگران وجود آن را برای گیاه ضروری می‌دانند. حد آستانه نیکل از نظر مسمومیت گیاهی در محدوده ۱۰-۱۰۰ mg/kg گزارش شده است (Kabata-Pendias, 2010). به هر حال در غلظت‌های بالا هر دو عنصر نیکل و وانادیوم ممکن است برای درختان مانگرو سمی باشند (Zare-maivan, 2010). خلیج فارس و سواحل جنوبی ایران به واسطه وجود مخازن عظیم و سرشار از نفت، انتقال و جابه‌جایی ترکیبات نفتی و گسترش فعالیت‌های نفت و گاز و جنگ‌های سه دهه گذشته، به شدت تحت تأثیر آلودگی‌های نفتی قرار دارد. براساس آمارهای رسمی جهانی، آلودگی خلیج فارس و دریای عمان که بر اثر ورود آلاینده‌ها از کشتی‌های نفتی و تجاری و ۱۰ میلیون تن آلاینده‌های جنگی و فاضلاب ۴۷ برابر حد متوسط بین‌المللی است، یکی از مناطق آلوده دریایی جهان است (Lotfi et al., 2010). بنابراین، آلودگی نفتی یکی از نگرانی‌های مهم برای تخریب بوم‌سامان‌های مانگرو در منطقه خلیج فارس است و افزایش بی‌رویه بهره‌برداری از این جنگل‌ها توسط بومیان منطقه احتمال انتقال آلاینده‌ها در طول زنجیره غذایی را افزایش می‌دهد، پس حفاظت از این بوم‌سامان‌ها در منطقه خلیج فارس بسیار حائز اهمیت است. جنگل‌های مانگرو در رویشگاه خلیج نابیند و جزیره

امروزه آلودگی‌های نفتی یکی از تهدیدهای اصلی برای بوم‌سامان‌های ساحلی همچون جنگل‌های مانگرو محسوب می‌شود. لکه‌های نفتی با پوشاندن حفره‌های تنفسی گیاه منجر به فقدان اکسیژن قابل دسترس به ریشه درختان مانگرو و در نهایت مرگ آن‌ها می‌شوند (Orji et al., 2012). یکی از نگرانی‌های مهم در مورد آلودگی نفتی حضور فلزات سنگین در ترکیب نفتی است. این فلزات به دلیل ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاص همچون سمیت، عدم تجزیه‌پذیری و تجمع‌زیستی در گیاهان بسیار مورد توجه هستند (Kabata-Pendias, 2010). نیکل و وانادیوم دو شاخص مهم آلودگی نفتی هستند و بیشترین سهم را در بین فلزات دیگر دارند (Mirza et Zare-maivan, 2010; al., 2013). علاوه بر این، ترکیبات نفتی پس از ورود به دریا تحت تأثیر فرایندهای فیزیکی، شیمیایی و زیستی دچار تغییر می‌شوند، اما نسبت دو عنصر وانادیوم و نیکل در نفت به دلیل تشکیل پیوندهای محکم با ترکیبات آلی ثابت باقی می‌ماند، از این رو با تعیین مقدار فراوانی و رابطه این دو عنصر می‌توان به منشأ آلودگی نفتی و شدت آلودگی در منطقه پی برد (Mirza et al., 2013). به‌طور کلی، غلظت نیکل و وانادیوم در نفت خام به ترتیب در محدوده بیش از ۱۰۰-۳۰۰ و ۱۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر است (WHO/Europe, 2000; Barceloux & Barceloux, 1999). غلظت نیکل و وانادیوم در بستر عمدتاً به نوع سنگ مادری و تا حدودی به فعالیت‌های انسانی بستگی دارد. غلظت وانادیوم در خاک‌های سطحی در محدوده mg/kg ۳۲۰-۶۹ (با میانگین ۱۲۹ mg/kg) گزارش شده است (Kabata-Pendias, 2010). اگرچه ضرورت وانادیوم برای برخی گونه‌های جلبکی و باکتری‌ها اثبات شده است اما مدارکی مبنی بر ضرورت نیاز آن برای گیاهان عالی^۱ وجود ندارد. به‌طور متوسط،

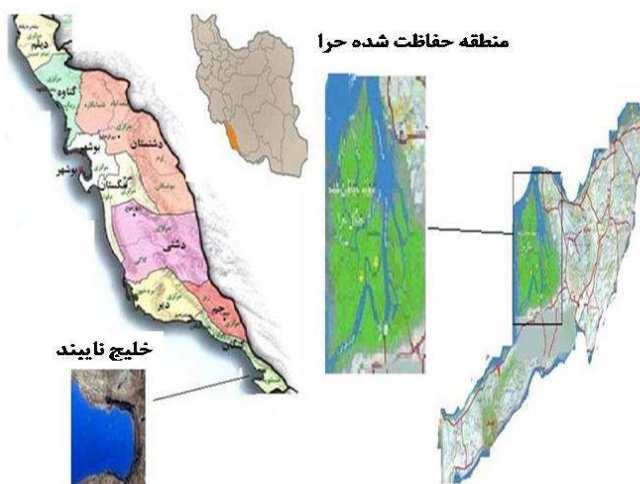
1. Higher plants

۲. مواد و روش‌ها

۱.۲. منطقه مطالعه شده

منطقه مطالعه شده شامل جنگل‌های مانگرو در رویشگاه خلیج نایبند و منطقه حفاظت‌شده حرا در جزیره قشم است (شکل ۱). جنگل‌های مانگرو در رویشگاه خلیج نایبند در انتهای ترین قسمت شرق استان، نزدیک به مرز مشترک استان بوشهر با استان هرمزگان واقع شده است. رویشگاه‌های مانگرو خلیج نایبند حدود ۸۰ هکتار وسعت دارد و در فاصله ۳۷" ۲۳' ۲۷° تا ۱۱" ۲۸' ۲۷° عرض شمالی و ۳۲' ۳۸' ۵۲° تا ۳۲' ۴۱' ۵۲° طول شرقی قرار گرفته است. ارتفاع متوسط این منطقه از سطح دریا ۱۱۴ متر و شیب متوسط آن ۳۷/۵ درصد است. بیش از ۶۰ درصد درختان این رویشگاه پوشش تاجی مترکم دارد (Zare-Zadeh et al., 2011; Davari et al., 2010). دیگر رویشگاه مانگرو با وسعت ۸۵۶۸۶ هکتار است که در شمال غربی جزیره قشم در محدوده ۵۲' ۵۵° تا ۲۱' ۵۵° طول شرقی و ۴۰' ۲۶° تا ۰۰' ۲۷° درجه عرض شمالی واقع است. این جزیره بزرگ‌ترین جزیره خلیج فارس است که با وسعت ۱۴۴۵ کیلومترمربع در مدخل ورودی خلیج فارس از دریای عمان (تنگه هرمز) در آب و هوای گرمسیری واقع شده است (Attar et al., 2004).

قشم از جمله بوم‌سامان‌های شاخص مانگرو خلیج فارس محسوب می‌شوند که به شدت در معرض آلودگی‌های نفتی و به‌ویژه فلزات سنگین نیکل و وانادیوم هستند (Davari et al., 2010; Zare-maivan, 2010). در خلیج نایبند، جنگل‌های مانگرو در مجاورت فعالیت‌های صنعتی و پالایشگاهی در منطقه عسلویه در استان بوشهر واقع شده‌اند و علاوه بر تخلیه فاضلاب‌های حاصل از چنین فعالیت‌هایی در محیط‌های آبی، آلودگی هوای ناشی از فعالیت‌های نفتی نیز در این منطقه بسیار مشهود است و انتظار می‌رود در سال‌های آتی تولید این آلاینده‌ها افزایش یابد (Rabbani et al., 2008; Davari et al., 2010). بنابراین، بررسی و ارزیابی اثر فلزات سنگین نیکل و وانادیوم حاصل از آلودگی نفتی بر جنگل‌های مانگرو در سواحل جنوبی از اهمیت بالایی برخوردار است، پس اهداف این پژوهش شامل مقایسه غلظت فلزات سنگین نیکل و وانادیوم در رسوبات، ریشه و برگ درختان مانگرو در دو رویشگاه حرا و خلیج نایبند و بررسی تفاوت دو رویشگاه حرا و نایبند از نظر برخی خواص فیزیکوشیمیایی رسوب همچون بافت بستر، پارامترهای فیزیکوشیمیایی مثل pH، EC و مواد آلی، و همبستگی این عوامل با غلظت نیکل و وانادیوم در رویشگاه‌های بررسی شده است.



شکل ۱. مناطق مطالعه شده: سمت راست منطقه حفاظت‌شده حرا در جزیره قشم و سمت چپ خلیج نایبند در منطقه عسلویه

۲.۲. نمونه برداری

این مطالعه با استفاده از نمونه برداری از رسوب رویشگاه، ریشه و برگ درختان مانگرو و اندازه گیری فلزات سنگین نیکل و وانادیوم در نمونه ها صورت گرفت. نقاط نمونه برداری به شکلی انتخاب شد که نمایانگر کل منطقه و در شرایط مختلف رویشگاهی باشد. از آنجا که محدوده پراکنش رویشگاه ها از سمت خشکی به سمت دریا گسترده است بنابراین، انتخاب نقاط نمونه برداری از دورترین نقطه خشکی به سمت دورترین نقطه دریا بود تا بخش های مختلف رویشگاه همچون در معرض بودن بیش از حد آب و یا دوری از آب را در بر گیرد. ابتدا بر روی نقشه هر کدام از رویشگاه ها ۴ ترانسکت عمود بر ساحل در نظر گرفته شد و سپس ۳ نقطه نمونه برداری در دورترین نقطه سمت خشکی و ۳ نقطه در دورترین نقطه سمت دریا مشخص شد. توزیع ترانسکت ها در دو منطقه به گونه ای بود که کل اجتماعات گیاهی مورد نظر تحت پوشش قرار گیرد تا به همراه توزیع ایستگاه های نمونه برداری اطلاعات لازم از انتشار آلاینده های نفت در بخش های مختلف اجتماعات گیاهی به دست آید. در ادامه مختصات هر نقطه از نقشه به سامانه موقعیت یاب جهانی (GPS)^۱ منتقل و بر روی زمین شناسایی شد. در مجموع در هر منطقه ۸ ایستگاه نمونه برداری با سه تکرار از رسوب، ریشه و برگ از هر درخت برداشت شد که سهم هر کدام از مناطق یاد شده ۲۴ قطعه نمونه برای برداشت رسوب، ریشه و برگ بود. از هر ایستگاه نمونه برداری ۳ نمونه تکرار رسوب سطحی (۰ تا ۱۰ سانتی متر) به وزن ۵۰۰ گرم به وسیله پلاستیک اسید شوره شده برداشته شد. نمونه های رسوب در درون کیسه های پلاستیکی پلی اتیلن قرار گرفت. در نهایت تمامی کیسه های نمونه رسوب در یخدان قرار داده شد و به آزمایشگاه محیط زیست دانشکده منابع طبیعی دانشگاه

صنعتی اصفهان منتقل شد. برای نمونه برداری از بافت ریشه و برگ از روش MacFarlane و همکاران که پژوهش های گسترده ای بر روی تجمع و توزیع فلزات سنگین در درختان مانگرو انجام داده اند، استفاده شد. در مطالعه آنها نیز معیار نمونه برداری، توزیع فلزات در منطقه و ساختار و شرایط جوامع مانگرو در نظر گرفته شده است (MacFarlane et al., 2003). بدین منظور، در نمونه برداری از بافت ریشه، ریشه های مغذی نمونه برداری و از برداشت ریشه های هوایی اجتناب شد. در این روش علاوه بر نمونه های فوق که برای سنجش فلزات سنگین برداشت شد، ۳ نمونه رسوب نیز به وسیله گرب (۰/۱ متر مکعب) برداشته شد و رسوب آن با استفاده از الک ۱ میلی متر با آب دریا الک شد تا بقایای ریشه ها و دیگر مواد زاید از آن جداسازی شود. این نمونه ها نیز در درون کیسه های پلاستیکی با یخدان به آزمایشگاه منتقل شدند. برای نمونه برداری برگ حدود ۲۰-۳۰ برگ با سه تکرار از ارتفاع یکسان نسبت به سطح زمین جمع آوری شد. در هر ایستگاه نمونه برداری فقط از یک درخت که ارتفاع بیش از ۱ متر داشت به صورت تصادفی انجام شد. درختانی برای نمونه برداری انتخاب شدند که شرایط ظاهری آنها سالم بود و بر روی برگ ها نشانه بیماری و فعالیت آفات به چشم نمی خورد. برداشت رسوب و ریشه در مجاورت با همان درخت علامت گذاری شده صورت گرفت. دلیل این نوع برداشت نمونه این بود که فرضیه رابطه بین فلز سنگین و میزان انتقال آن از رسوب به ریشه و برگ آزمایش شود. به دلیل ذرات رسوب چسبیده به تعدادی از نمونه های ریشه و برگ، تمامی نمونه های ریشه و برگ با آب مقطر شسته شدند تا میزان خطای اندازه گیری کاهش یابد. نمونه های رسوب، ریشه و برگ جمع آوری شده در آزمایشگاه به طور کامل در هوای آزاد و سپس در دمای ۱۰۵ درجه سانتی گراد در آون تا رسیدن به وزن ثابت نگهداری و خشک شدند (MacFarlane et al., 2003).

1. Global Positioning System

۳.۲. تهیه عصاره

برای تهیه عصاره از نمونه رسوب مطابق با روش ۳۰۵۰ آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا^۱ از مخلوط اسیدنیتریک و آب اکسیژنه برای هضم نمونه‌های رسوب استفاده شد (Kimbrough & Wakakuwa, 1989). همچنین برای تهیه عصاره از نمونه‌های ریشه گیاهی یک گرم از وزن خشک شده ریشه از الک با چشمه ۱ میلی‌متر عبور داده شد. سپس بوتله چینی اسید شورشده به همراه نمونه در کوره گذاشته و دما را به آهستگی به مدت ۲ ساعت به دمای ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد رسانده شد. سپس به مدت ۴ ساعت دیگر نمونه در کوره باقی ماند (در مجموع ۶ ساعت). ۲/۵ میلی‌لیتر اسیدنیتریک ۶ مولار را در بوتله چینی ریخته و در نهایت بعد از اطمینان از حل شدن خاکستر، از کاغذ صافی واتمن ۴۲ عبور داده شد و سپس با آب مقطر به حجم ۲۰ میل رسید. به دلیل احتمال پایین بودن میزان فلزات سنگین در برگ، مقدار ۲ گرم از برگ خشک شده توزین و به روش فوق عصاره‌گیری شد. برای برگ گیاه هم، همانند رسوب به منظور کنترل کیفیت عصاره‌گیری یک بشر تمیز نیز به همراه نمونه‌ها بر روی هیتر^۲ قرار گرفت و کلیه مراحل انجام شده بر روی نمونه بر روی آن انجام گرفت تا به منزله شاهد (محلول بدون نمونه) در مرحله اندازه‌گیری از آن استفاده شود (Radojević & Bashkin, 1999).

۴.۲. اندازه‌گیری‌ها

بعد از تهیه عصاره رسوب، غلظت نیکل و وانادیوم نمونه‌های عصاره‌گیری شده به وسیله دستگاه جذب اتمی^۳ (Perkin Elmer AAnalyst 700, Canada) قرائت شد. برای تعیین خصوصیات خاک (pH، EC و مواد آلی) در آزمایشگاه خاک‌های الک شده را با آب مقطر مخلوط کردند تا به صورت گل درآیند. به منظور تعیین بافت بستر از روش هیدرومتری (متداول‌ترین روش در تعیین بافت

بستر) استفاده شد (Klute, 1986). اندازه‌گیری اسیدیته و EC رسوب به ترتیب با استفاده از یک دستگاه pH متر (3310, Jenway, UK)، EC متر (4130, Jenway, UK) انجام شد. برای اندازه‌گیری مواد آلی، از دو طریق احتراق به روش تر و احتراق به روش خشک استفاده می‌شود (Klute, 1986). در این پژوهش برای تعیین درصد مواد آلی از روش احتراق مرطوب استفاده شد. این روش بر مبنای اکسیداسیون مواد آلی به کمک دی‌کرومات پتاسیم ($K_2Cr_2O_7$) در محیط کاملاً اسیدی (H_2SO_4) انجام می‌شود. باقی‌مانده دی‌کرومات با محلول فروآمونیم سولفات (عامل احیا) در مجاورت معرف ارتو فنان ترولین تیترا شد. میزان کربن آلی خاک با استفاده از تعیین میزان دی‌کرومات مصرف نشده در محلول محاسبه می‌شود (Schulte, 1995).

۵.۲. تجزیه آماری

بعد از تعیین وضعیت نرمال بودن داده‌ها، از آزمون‌های t جفت شده برای بررسی وجود یا عدم وجود اختلاف معنادار برای گروه‌های نرمال و از آزمون من ویتنی برای داده‌های غیرنرمال و برای بررسی همبستگی عوامل محیطی با غلظت عناصر سنگین از همبستگی اسپیرمن و پیرسون در نرم‌افزار SPSS19 استفاده شد.

۳. نتایج

۱.۳. بررسی غلظت عناصر نیکل و وانادیوم

در نمونه‌های رسوب، ریشه و برگ

بر اساس جدول ۱، نتایج نشان داد که متوسط غلظت فلز نیکل و وانادیوم در رسوبات، ریشه و برگ در رویشگاه حرا تفاوت معناداری با یکدیگر دارند ($P < 0.0001$). به طوری که متوسط غلظت نیکل در رسوبات (۹۷/۲۴ میکروگرم بر گرم) و برگ (۳/۱۴ میکروگرم بر گرم) بیش از متوسط غلظت وانادیوم در این نمونه‌هاست (غلظت وانادیوم در رسوبات و برگ به ترتیب ۳۸/۶۸ و ۰/۴۹۲ میکروگرم بر گرم). اما در

1. Environmental Protection Agency
2. Heater
3. Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS)

سطحی (۴۵/۸۴ میکروگرم بر گرم) و برگ درختان (۳۱/۳۸ میکروگرم بر گرم) بیش از متوسط میزان وانادیوم در این دو نمونه بود (غلظت وانادیوم در نمونه‌های رسوب و برگ به ترتیب ۱۷/۹۲ و ۱/۱۳ میکروگرم بر گرم)، اما غلظت این دو فلز در ریشه درختان نزدیک به هم بود.

نمونه ریشه، غلظت وانادیوم (۱۹/۸ میکروگرم بر گرم) بیش از غلظت نیکل (۱۴/۶۸ میکروگرم بر گرم) است ($P < 0.0001$). علاوه بر این در رویشگاه نایبند نیز غلظت این دو عنصر در رسوبات و برگ تفاوت معناداری دارند ($P < 0.0001$)؛ در حالی که در مورد ریشه این تفاوت مشاهده نشد ($P = 0.721$). در رویشگاه نایبند متوسط غلظت نیکل در رسوبات

جدول ۱. نتایج مقایسه میانگین غلظت نیکل و وانادیوم در رسوبات سطحی، ریشه و برگ درختان رویشگاه‌های حرا و نایبند با استفاده از آزمون t جفت شده یا من ویتنی

نمونه	عنصر	موقعیت	غلظت در حرا ($\mu\text{g/g}$)	غلظت در نایبند ($\mu\text{g/g}$)	p-value
رسوبات	نیکل	خشکی	۹۷/۶۰ ± ۳۰/۴۳	۴۴/۴۱ ± ۲۸/۴۲	$P < 0.0001$
		دریا	۹۶/۸۸ ± ۱۴/۴۴	۴۷/۲۶ ± ۱۹/۱۰	$P < 0.0001$
		میانگین	۹۷/۲۴ ± ۲۲/۴۴	۴۵/۸۴ ± ۲۳/۷۶	$P < 0.0001$
	سطحی	خشکی	۳۶/۴۶ ± ۱۲/۲۳	۱۹/۵۵ ± ۱۰/۱۱	$P < 0.0001$
		دریا	۴۰/۸۹ ± ۴/۵۶	۱۶/۲۸ ± ۶/۵۵	$P < 0.0001$
		میانگین	۳۸/۶۸ ± ۸/۴۰	۱۷/۹۲ ± ۸/۳۳	$P < 0.0001$
ریشه	نیکل	خشکی	۱۵/۹۰ ± ۴/۷۴	۷/۷۱ ± ۴/۶۵	$P < 0.0001$
		دریا	۱۳/۴۶ ± ۲/۲۷	۴/۵۹ ± ۳/۱۵	$P < 0.0001$
		میانگین	۱۴/۶۸ ± ۳/۵۱	۶/۱۵ ± ۳/۹۰	$P < 0.0001$
	وانادیوم	خشکی	۱۹/۷۱ ± ۲/۶۷	۷/۴۰ ± ۵/۷۳	$P < 0.0001$
		دریا	۱۹/۸۹ ± ۱/۶۳	۵/۶۹ ± ۴/۳۶	$P < 0.0001$
		میانگین	۱۹/۸ ± ۲/۱۵	۶/۵۵ ± ۵/۰۵	$P < 0.0001$
برگ	نیکل	خشکی	۳/۳۲ ± ۱/۵۲	۳/۷۹ ± ۱/۴۷	$P = 0.475$
		دریا	۲/۹۳ ± ۰/۵۸	۲/۹۶ ± ۰/۷۸	$P = 0.895$
		میانگین	۳/۱۴ ± ۱/۰۶	۳/۳۸ ± ۱/۱۳	$P = 0.464$
	وانادیوم	خشکی	۰/۶۶ ± ۰/۶۱	۱/۰۹ ± ۰/۴۹	$P = 0.05$
		دریا	۰/۳۲ ± ۰/۴۴	۱/۱۶ ± ۰/۳۰	$P = 0.004$
		میانگین	۰/۴۹ ± ۰/۵۳	۱/۱۳ ± ۰/۴۰	$P < 0.0001$

p-value از نظر مقایسه غلظت فلزات در دو رویشگاه حرا و نایبند بیان شده است.

با مقایسه دو رویشگاه حرا و نایبند می‌توان استنباط کرد که متوسط غلظت فلزات سنگین نیکل و وانادیوم در رسوبات سطحی و نیز ریشه درختان رویشگاه حرا بیشتر از متوسط این فلزات در رویشگاه نایبند است. اما برخلاف رسوبات و ریشه درختان، متوسط غلظت فلز وانادیوم در برگ درختان رویشگاه نایبند و حرا رفتار متفاوتی از خود نشان داد به ترتیب در رسوبات، ریشه و برگ است.

به این ترتیب میزان تجمع فلز وانادیوم در برگ درختان مانگرو در منطقه نایبند حدود ۲/۳ برابر منطقه حراست. اما تفاوت قابل ملاحظه و معناداری در متوسط غلظت نیکل در برگ گیاهان رویشگاه حرا و نایبند مشاهده نشد ($P = 0.464$). در مجموع نتایج نشان‌دهنده بالابودن غلظت این فلزات به ترتیب در رسوبات، ریشه و برگ است.

۲.۳. تغییرات میزان pH، EC و ماده آلی

میانگین مقدار pH، EC و ماده آلی در سمت خشکی و دریا در جدول ۲ ارائه شده است. همان طور که مشاهده می شود مقادیر pH در هر دو رویشگاه نزدیک به خنثی بوده و حدود ۷/۵-۷/۶ است. از طرفی مقدار هدایت الکتریکی (EC) در سمت خشکی بیشتر از سمت دریا در دو رویشگاه حرا ($P=0/07$) و نایبند ($P<0/001$) است که بالابودن میزان EC نشان دهنده بالاتر بودن میزان یون ها و املاح در سمت خشکی است (Peng et al., 2009). بنابراین، غلظت فلزات سنگین در این دو رویشگاه به طور معناداری در سمت خشکی بیشتر از دریا است. از طرفی متوسط هدایت الکتریکی (EC) در رویشگاه حرا در سمت دریا بیشتر از نایبند است (به ترتیب ۵۸

و ۴۱ mS/cm) که از نظر آماری اختلاف معنادار است ($P=0/18$). نتایج همچنان نشان داد که متوسط میزان ماده آلی در دو منطقه حرا از نظر آماری با هم تفاوت ندارند ($P=0/993$)، اما در هر منطقه میزان ماده آلی در سمت خشکی و دریا با همدیگر تفاوت معنادار داشتند ($P<0/05$). بیشترین میزان ماده آلی در منطقه حرا در بخش خشکی و در منطقه نایبند در بخش دریا است.

۳.۳. مقایسه بافت بستر در رویشگاه های حرا و

نایبند

ویژگی های فیزیکی و شیمیایی رسوبات سطحی (۱۰ تا ۱۰ سانتی متر) به صورت مجزا در هر دو رویشگاه نایبند و حرا بررسی شد (جدول ۳).

جدول ۲. مقایسه میانگین مقدار pH، EC و ماده آلی و رسوبات سطحی در دو رویشگاه

رویشگاه	محیط نمونه برداری	پارامتر	
		pH	EC (mS/cm)
حرا	خشکی	۷/۵۲±۰/۱	۶۲/۳±۲۲/۹۳
	دریا	۷/۶۵±۰/۱۱	۵۸/۴۵±۲۱/۴۶
	میانگین	۷/۵۹±۰/۱۱ ^a	۶۰/۳۸±۲۲/۰ ^c
نایبند	خشکی	۷/۵۳±۰/۲۰	۶۲/۱۳±۱۸/۶۹
	دریا	۷/۶۰±۰/۱۷	۴۱/۲۸±۱۰/۸۸
	میانگین	۷/۵۷±۰/۱۹ ^a	۵۱/۷۱±۱۴/۷۹ ^b

حروف متفاوت در میانگین هر پارامتر (ستون) نشان دهنده تفاوت معنادار در آن پارامتر برای هر دو رویشگاه است.

جدول ۳. میانگین درصد میزان رس، سیلت و شن در رویشگاه نایبند و حرا

رویشگاه	محیط نمونه برداری	پارامتر	
		رس (%)	سیلت (%)
حرا	خشکی	۲۰/۸۹±۰/۸۱	۳۹/۶۳±۲/۳۹
	دریا	۲۴/۶۸±۱/۲۶	۴۱/۰۵±۱۱/۹۳
	میانگین	۲۲/۷۹±۱/۰۴ ^b	۴۰/۳۴±۷/۱۶ ^d
نایبند	خشکی	۲۰/۷۰±۸/۳۹	۲۳/۲۶±۱۰/۴۹
	دریا	۱۸/۰۹±۱/۵۰	۲۰/۶۴±۱۴/۹۱
	میانگین	۱۹/۴۰±۴/۹۵ ^a	۲۱/۹۵±۱۲/۷۰ ^c

حروف متفاوت در میانگین هر پارامتر (ستون) نشان دهنده تفاوت معنادار در آن پارامتر برای هر دو رویشگاه است.

($P < 0.0001$).

۴.۳. همبستگی غلظت نیکل و وانادیوم با ویژگی‌های بستر

در جدول‌های ۴ و ۵ نتایج حاصل از بررسی همبستگی غلظت نیکل و وانادیوم در برگ، ریشه و رسوب با پارامترهای pH، EC، مواد آلی و بافت بستر در دو رویشگاه ارائه شده است.

در رویشگاه نایبند متوسط درصد بافت شنی بیشتر از بافت رس و سیلت است. بافت رسوبات در منطقه حرا به اندازه رسوبات نایبند درشت‌دانه نیست و بافت غالب سیلتی-شنی است ($P < 0.05$). با مقایسه بافت رسوبات در هر دو رویشگاه حرا و نایبند، تفاوت معناداری بین میزان رس (به ترتیب ۹/۴ درصد و ۲۲/۷۹ درصد) و بین میزان سیلت (به ترتیب ۴۰/۳۴ درصد و ۲۱/۹۵ درصد) و میزان شن (به ترتیب ۵۸/۶۶ درصد و ۳۹/۹۶ درصد) مشاهده شد.

جدول ۴. همبستگی غلظت نیکل و وانادیوم در بخش‌های مختلف رویشگاه حرا با پارامترهای pH، EC، مواد آلی و بافت بستر

پارامتر	موقعیت	آنالیز آماری	نیکل وانادیوم برگ	نیکل وانادیوم ریشه	نیکل وانادیوم رسوب
pH	خشکی	ضریب همبستگی	۰/۵۲	۰/۶۳	۰/۳۳
		p-value	۰/۰۹	۰/۰۳*	۰/۱۴
مواد آلی	دریا	ضریب همبستگی	۰/۱۹	۰/۳۷	۰/۲۸
		p-value	۰/۵۵	۰/۲۷	۰/۴۲
EC	خشکی	ضریب همبستگی	۰/۶۵	۰/۵۵	۰/۵۲
		p-value	۰/۰۲*	۰/۰۶	۰/۰۶
رس	دریا	ضریب همبستگی	۰/۰۵	۰/۵۰	۰/۰۷
		p-value	۰/۸۸	۰/۱۱	۰/۱۴
سیلت	خشکی	ضریب همبستگی	۰/۴۳	۰/۳۰	۰/۶۰
		p-value	۰/۱۶	۰/۳۵	۰/۰۴*
شن	دریا	ضریب همبستگی	۰/۱۵	۰/۵۵	۰/۲۱
		p-value	۰/۶۵	۰/۰۸	۰/۵۲
بافت	خشکی	ضریب همبستگی	۰/۳۵	۰/۱۷	۰/۷۰
		p-value	۰/۲۷	۰/۶۰	۰/۰۱>**
بافت	دریا	ضریب همبستگی	۰/۲۲	۰/۱۱	۰/۳۳
		p-value	۰/۴۹	۰/۷۵	۰/۵۷
بافت	خشکی	ضریب همبستگی	۰/۴۵	۰/۰۶	۰/۵۵
		p-value	۰/۱۴	۰/۸۵	۰/۰۵
بافت	دریا	ضریب همبستگی	۰/۳۲	۰/۷۶	۰/۷۰
		p-value	۰/۳۰	۰/۰۱>**	۰/۰۱*
بافت	خشکی	ضریب همبستگی	۰/۴۷	۰/۲۰	۰/۶۱
		p-value	۰/۱۲	۰/۵۶	۰/۰۴*
بافت	دریا	ضریب همبستگی	۰/۱۵	۰/۲۴	۰/۳۵
		p-value	۰/۶۴	۰/۴۸	۰/۲۳

معنی داری در سطح ۹۵ درصد*، در سطح ۹۹ درصد**

جدول ۵. همبستگی غلظت نیکل و وانادیوم در بخش‌های مختلف رویشگاه نایبند با پارامترهای pH، EC، مواد آلی و بافت بستر

پارامتر	موقعیت	آنالیز آماری	نیکل وانادیوم		نیکل وانادیوم		نیکل وانادیوم	
			برگ	ریشه	رسوب	ریشه	رسوب	ریشه
pH	خشکی	ضریب همبستگی	۰/۰۲	۰/۳۵	۰/۱	۰/۴۲	۰/۱۴	۰/۶۶
		p-value	۰/۹۶*	۰/۲۷	۰/۷۷	۰/۱۷	۰/۶۶	۰/۶۶
pH	دریا	ضریب همبستگی	۰/۷۸	۰/۰۴	۰/۰۸	۰/۰۱>	۰/۳۳	۰/۲۹
		p-value	۰/۰۱>**	۰/۹۱	۰/۸۱	۰/۹۹	۰/۲۹	۰/۲۹
مواد آلی	خشکی	ضریب همبستگی	۰/۰۱*	۰/۴۳	۰/۰۵	۰/۶۰	۰/۳۳	۰/۲۹
		p-value	۰/۰۱*	۰/۴۳	۰/۰۵	۰/۶۰	۰/۳۳	۰/۲۹
مواد آلی	دریا	ضریب همبستگی	۰/۲۵	۰/۰۳	۰/۶۵	۰/۲۰	۰/۵۴	۰/۰۷
		p-value	۰/۴۶	۰/۹۴	۰/۰۲*	۰/۵۳	۰/۰۷	۰/۰۷
EC	خشکی	ضریب همبستگی	۰/۱۸	۰/۱۴	۰/۰۱>	۰/۵۱	۰/۱۲	۰/۷۱
		p-value	۰/۵۹	۰/۶۶	۰/۰۹	۰/۰۹	۰/۷۱	۰/۷۱
EC	دریا	ضریب همبستگی	۰/۱۹	۰/۰۶	۰/۵۹	۰/۲۰	۰/۶۱	۰/۰۳*
		p-value	۰/۵۸	۰/۸۷	۰/۰۴*	۰/۵۳	۰/۰۳*	۰/۰۳*
EC	خشکی	ضریب همبستگی	۰/۷۸	۰/۴۳	۰/۷۱	۰/۳۹	۰/۶۵	۰/۰۲*
		p-value	۰/۰۱>**	۰/۱۶	۰/۰۱>**	۰/۲۱	۰/۰۲*	۰/۰۲*
رس	دریا	ضریب همبستگی	۰/۱۳	۰/۰۱	۰/۶۵	۰/۱۶	۰/۵۲	۰/۰۸
		p-value	۰/۷۰	۰/۹۸	۰/۰۲*	۰/۶۳	۰/۰۸	۰/۰۸
رس	خشکی	ضریب همبستگی	۰/۱۱	۰/۵۴	۰/۲۲	۰/۳۷	۰/۳۲	۰/۳۰
		p-value	۰/۷۴	۰/۰۷	۰/۵۰	۰/۲۴	۰/۳۰	۰/۳۰
سیلت	دریا	ضریب همبستگی	۰/۴۸	۰/۰۱>	۰/۵۸	۰/۰۲	۰/۶۵	۰/۰۲*
		p-value	۰/۱۳	۰/۹۹	۰/۰۵*	۰/۹۵	۰/۰۲*	۰/۰۲*
سیلت	خشکی	ضریب همبستگی	۰/۵۸	۰/۷۰	۰/۷۴	۰/۱۷	۰/۶۴	۰/۰۳*
		p-value	۰/۰۵*	۰/۰۱*	۰/۰۱>**	۰/۶۰	۰/۰۳*	۰/۰۳*
شن	دریا	ضریب همبستگی	۰/۴۶	۰/۰۱>	۰/۰۶	۰/۰۱>	۰/۶۵	۰/۰۲*
		p-value	۰/۱۶	۰/۰۱	۰/۰۴*	۰/۹۹	۰/۰۲*	۰/۰۲*

* Sig. در سطح ۹۵ درصد ** در سطح ۹۹ درصد

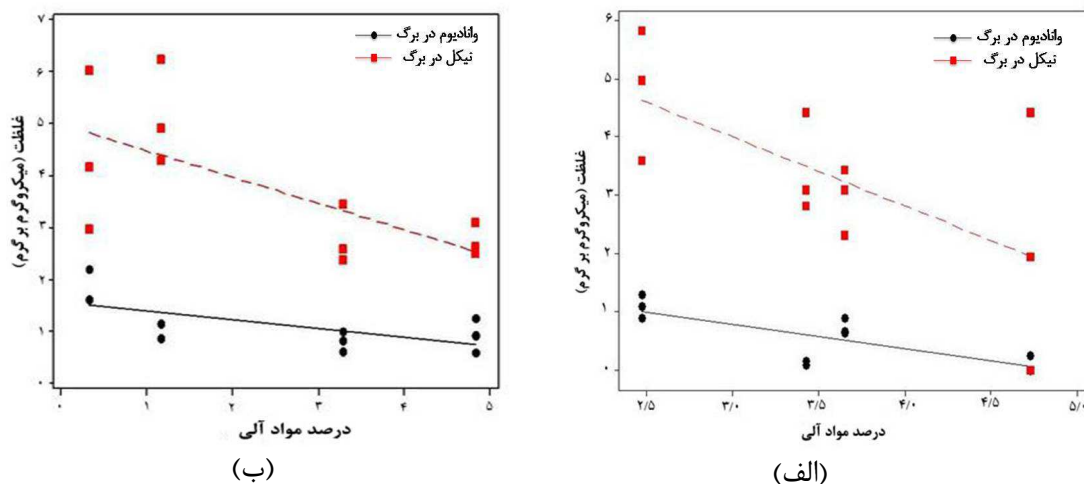
($P < 0.05$). علاوه بر این، در رویشگاه نایبند با افزایش میزان EC در سمت دریا غلظت نیکل و وانادیوم در رسوبات به‌طور معناداری (نیکل: $P = 0.034$ و وانادیوم: $P = 0.042$) کاهش نشان داد (شکل ۳). در حالی که این همبستگی در رویشگاه حرا معنادار نیست. همچنین غلظت وانادیوم در برگ با EC رسوبات در سمت دریایی رویشگاه نایبند همبستگی مثبت نشان داد ($P = 0.029$).

۵.۳. همبستگی پارامترهای pH، EC و مواد آلی

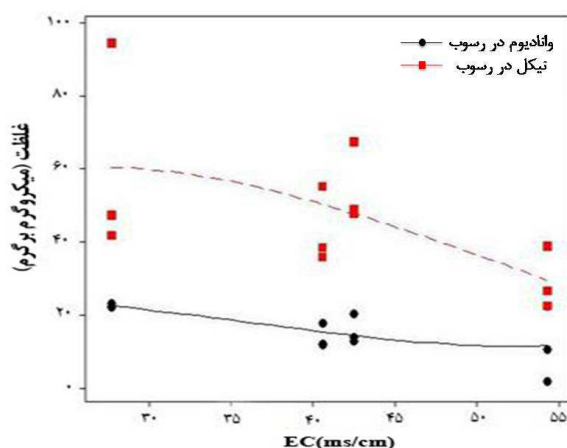
رسوبات با غلظت نیکل و وانادیوم در

رسوبات، ریشه و برگ درختان مانگرو

آنالیز همبستگی پارامترهای pH، EC و مواد آلی با غلظت نیکل و وانادیوم در رسوبات، ریشه و برگ درختان مانگرو نشان داد که غلظت نیکل و وانادیوم در برگ درختان هر دو رویشگاه با افزایش میزان ماده آلی خاک کاهش می‌یابد (شکل ۲)



شکل ۲. همبستگی غلظت نیکل و وانادیوم موجود در برگ با مواد آلی رسوبات در سمت خشکی (الف) رویشگاه حرا و (ب) نایبند



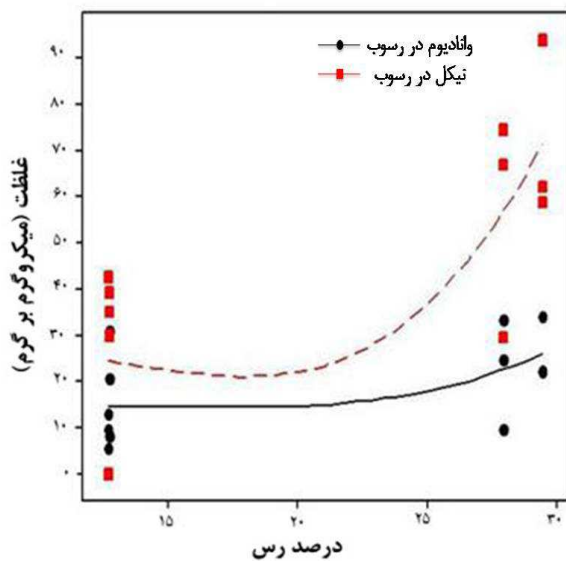
شکل ۳. همبستگی غلظت نیکل و وانادیوم موجود در رسوبات با EC رسوب در سمت دریایی رویشگاه نایبند

مثبت وجود دارد ($P=0/049$, $P=0/037$). بنابراین، با افزایش درصد سیلت تجمع و غلظت این فلزات در رسوبات کاهش می‌یابد (شکل ۵ الف) و با افزایش درصد شن تجمع این فلزات نیز افزایش می‌یابد (شکل ۶ الف). در رویشگاه نایبند برخلاف رویشگاه حرا افزایش میزان رس و همچنین میزان سیلت موجب افزایش غلظت نیکل و وانادیوم در رسوبات شده (نمونه رس: $P=0/0009$, $P=0/023$) و (نمونه سیلت: $P=0/048$ ، $P=0/023$) (شکل‌های ۴ و ۵ ب) و افزایش میزان شن موجب غلظت کمتری از این فلزات در رسوبات شده است ($P < 0/05$) (شکل ۶ ب و ج).

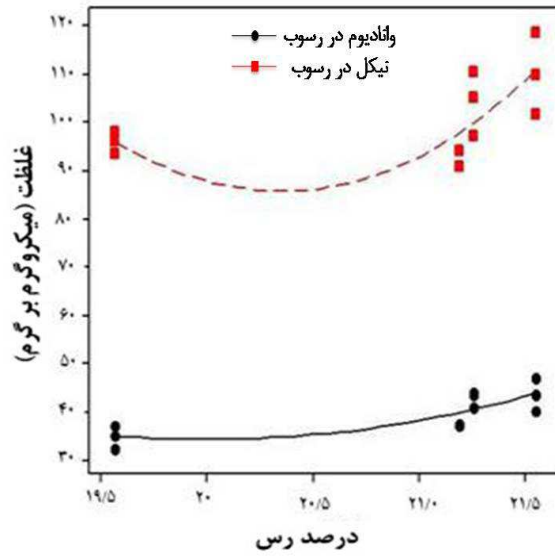
۶.۳. همبستگی بافت بستر و غلظت نیکل و وانادیوم

در رسوبات، ریشه و برگ درختان مانگرو

همبستگی نیکل و وانادیوم با نوع بافت بستر شامل بافت رسی (شکل ۴)، بافت سیلتی (شکل ۵) و بافت شنی (شکل ۶) ارائه شده است. مطابق با نتایج به‌دست‌آمده پارامتر بافت بستر عامل مهمی در تغییرات غلظت فلزات سنگین در هر دو رویشگاه است. به‌طوری‌که در رویشگاه حرا بین غلظت نیکل و وانادیوم رسوبات با میزان سیلت آن همبستگی منفی ($P=0/013$, $P=0/07$) و با میزان رس ($P=0/002$, $P=0/013$) و میزان شن همبستگی

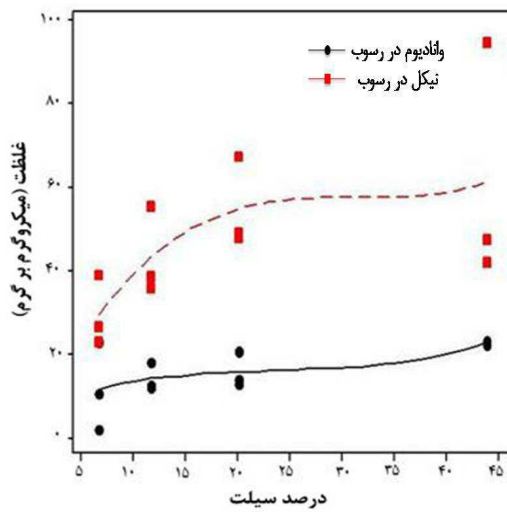


(ب)

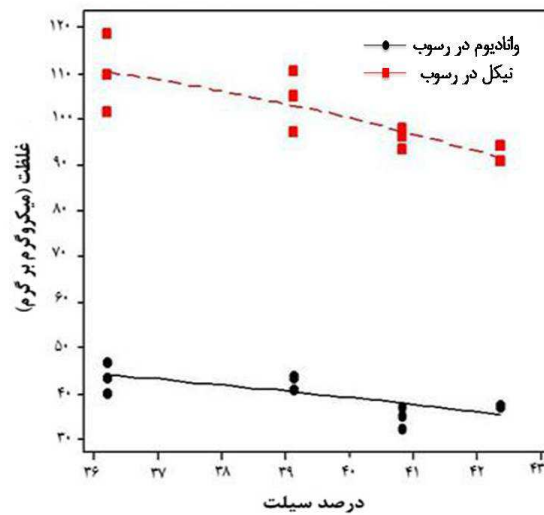


(الف)

شکل ۴. همبستگی غلظت نیکل و وانادیوم در بستر رس با درصد رس در سمت خشکی (الف) رویشگاه حرا و (ب) نایبند

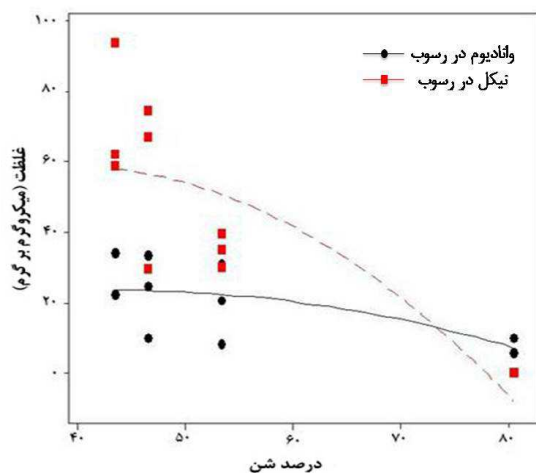


(ب)

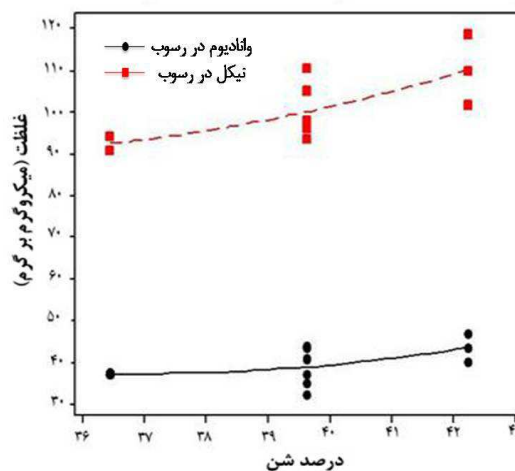


(الف)

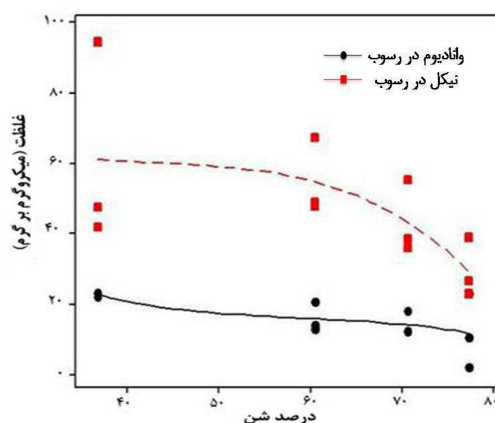
شکل ۵. همبستگی غلظت نیکل و وانادیوم موجود در بستر رس با درصد سیلت بستر (الف) در سمت خشکی رویشگاه حرا، (ب) در سمت دریایی رویشگاه نایبند



(ب)



(الف)



(ج)

شکل ۶. همبستگی نیکل و وانادیوم موجود در بستر با درصد شن بستر (الف) در سمت خشکی رویشگاه حرا، (ب) در سمت خشکی نایبند (ج) در سمت دریایی رویشگاه نایبند

این فلزات در برگ درختان رویشگاه حرا (۴۹/۰ میکروگرم بر گرم) در دو بخش خشکی و دریاست. درحالی که تفاوت قابل ملاحظه‌ای در متوسط غلظت نیکل موجود در برگ رویشگاه‌های حرا و نایبند (به ترتیب ۳/۱۴ و ۳/۳۸ میکروگرم بر گرم) در مقایسه با میزان وانادیوم مشاهده نشد. در مطالعه Davari و همکاران (2010) که غلظت نیکل و وانادیوم در رسوبات، ریشه و برگ سه رویشگاه مانگرو در استان بوشهر شامل دو خور بساتین و بیدخون در خلیج نایبند و رویشگاه مل گنزه در مصب رودخانه مند اندازه‌گیری کردند، غلظت نیکل

۴. بحث و نتیجه‌گیری

با مقایسه غلظت نیکل و وانادیوم در دو منطقه مشخص شد که متوسط غلظت نیکل و وانادیوم در رسوبات سطحی و نیز ریشه درختان رویشگاه حرا بیشتر از متوسط این فلزات در رویشگاه نایبند است. اما برخلاف رسوبات و ریشه درختان، متوسط غلظت فلز وانادیوم در برگ درختان رویشگاه نایبند و حرا رفتار متفاوتی از خود نشان داد. به طوری که متوسط غلظت فلز وانادیوم در برگ درختان رویشگاه نایبند (۱/۱۳ میکروگرم بر گرم) بیشتر از متوسط غلظت

منطقه کاسته می‌شود (Danekar & Jalali, 2005) از نظر بافت رسوب نیز در رویشگاه نایبند بافت رسوبات بیشتر شنی (درشت‌دانه) و در منطقه حرا بافت غالب رسی-سیلنتی (ریزدانه) است. بعد از بررسی همبستگی فلزات نیکل و وانادیوم با ویژگی‌های بستر مشخص شد که غلظت نیکل و وانادیوم در برگ درختان در هر دو رویشگاه با میزان مواد آلی همبستگی منفی نشان دادند. وجود مواد آلی در منطقه موجب جذب و ماندگاری بیشتر فلزات سنگین در منطقه می‌شوند (Hamzeh *et al.*, 2010؛ Peng *et al.*, 2009) زیرا ماده آلی با برقراری پیوند با فلزات سنگین و کلاته کردن^۱ می‌تواند موجب تجمع فلزات سنگین و کاهش قابلیت دسترسی زیستی در منطقه شود (Abollino *et al.*, 2003). در رویشگاه نایبند با افزایش میزان EC در بخش دریا غلظت فلزات نیکل و وانادیوم در رسوبات کاهش می‌یابد. اما غلظت وانادیوم در برگ درختان مانگرو در منطقه نایبند با EC همبستگی مثبت نشان داد. این در حالی است که افزایش شوری می‌تواند موجب کاهش انحلال‌پذیری فلزات و تجمع بیشتر آن‌ها در محیط و در نتیجه کاهش دسترسی زیستی فلز سنگین شود (Hamzeh *et al.*, 2010؛ Peng *et al.*, 2009). اما علت چنین روند نزولی فلزات در رسوبات و تجمع آن در برگ در منطقه نایبند احتمالاً دلیل دیگری غیر از شوری دارد و ممکن است مربوط به بافت شنی منطقه باشد که اجازه به تجمع بیشتر فلزات را نمی‌دهد (Hamzeh *et al.*, 2010؛ Zare-maivan, 2010). از طرفی، می‌توان این موضوع را چنین توجیه کرد که پایین بودن میزان شوری (EC) در سمت دریا در منطقه نایبند نسبت به حرا می‌تواند سبب افزایش بیشتر حلالیت فلز وانادیوم و انتقال بیشتر به گیاه شود. علاوه بر این، احتمالاً بالا بودن میزان وانادیوم در برگ‌ها در منطقه نایبند به دلیل هوای آلوده منطقه نایبند ناشی از گستردگی فعالیت‌های پالایشگاه‌ها، واحدهای پتروشیمی و دیگر

را به‌طور قابل ملاحظه‌ای بیشتر از غلظت وانادیوم گزارش کردند. ولیکن آنان غلظت این فلزات را در رسوبات خلیج نایبند به‌طور قابل ملاحظه‌ای بیشتر از مقادیر به‌دست‌آمده در پژوهش حاضر گزارش کردند. تفاوت موجود در مقادیر ارائه‌شده احتمالاً می‌تواند بدین دلیل اختلاف در طرح نمونه‌برداری و همچنین نمونه‌برداری از رویشگاه‌های متنوعی علاوه بر نایبند باشد. علاوه بر این Rabbani و همکاران (2008) در مطالعه خود با اندازه‌گیری میزان آلودگی ناشی از فلزات سنگین نیکل، سرب و جیوه در رسوبات خلیج فارس / منطقه عسلویه میزان نیکل در رسوبات خلیج فارس را بین ۱۹/۹-۲۷/۲ ppm گزارش کردند. همچنین Zare-maivan (2010) در مطالعه خود بر چگونگی توزیع فلزات سنگین در رویشگاه نایبند در شمال خلیج فارس، غلظت نیکل و وانادیوم در رسوبات را به ترتیب ۱۰/۹ ppm و ۵۹/۲ ppm با نسبت نیکل به وانادیوم ۰/۱۶ گزارش کردند. مقایسه نتایج مطالعه حاضر با مطالعه Zare-maivan نشان می‌دهد غلظت بالاتر فلزات سنگین در این پژوهش ممکن است به دلیل تجمع این فلزات در طول زمان باشد مقادیر متفاوت غلظت این دو فلز در دو رویشگاه حرا و نایبند و همچنین در بخش‌های مختلف درختان حرا ممکن است به اختلاف در پارامترهای رسوب نسبت داده شود. بارزترین تفاوت‌های دو منطقه که بر غلظت فلزات نیز بی‌تأثیر نیست، شوری منطقه، مواد آلی و بافت بستر است. میزان شوری در سمت خشکی بیشتر از سمت دریا در دو رویشگاه حرا و نایبند است که بیانگر میزان بالای یون‌ها و املاح در سمت خشکی است و دلیل احتمالی آن تبخیر بالا و تغلیظ بیشتر جامدات محلول در سمت خشکی است (Limuwa *et al.*, 2010). با وجود این، میزان شوری (EC) در سمت دریا در رویشگاه حرا بیشتر از نایبند است. شوری بیشتر در این بخش شاید به دلیل عمق کم آب و در نتیجه زمان ماند بیشتر در شرایط تبخیر بالا باشد. همچنین میانگین ماده آلی در سمت خشکی در منطقه حرا بیشتر از نایبند است زیرا در رویشگاه حرا با دور شدن از آب از درصد پوشش گیاهی

نفت خارج شود و مواد سنگین تر و واکس مانند در آب باقی بمانند. از آنجاکه این ذرات عموماً اندازه بزرگتر و سنگین تر دارند، بنابراین، احتمال می رود که در زمان برگشت امواج از سواحل رویشگاه حرا بیشتر در سطح رسوبات باقی بمانند. به طور کلی، نتایج این پژوهش پیش بینی و فرض اولیه را کاملاً دگرگون کرد. زیرا انتظار بر این بود که مناطقی مانند رویشگاه حرا نسبت به رویشگاه نایبند که در فاصله بیشتری از تماس مستقیم با آب های آلوده قرار دارند بایستی کمتر به فلزات سنگین نیکل و وانادیوم آلوده شده باشند. این یافته بسیار نگران کننده است زیرا معمولاً برنامه های حفاظتی، کنترلی و پایشی بر روی مناطق مجاور و یا نزدیک به فعالیت های نفتی متمرکز شده اند با وجود اینکه یافته های این پژوهش نشان داد که بافت رسوبات و عوامل فیزیکی دیگری جز فاصله تا منبع آلودگی در میزان جذب نیکل و وانادیوم تعیین کننده است. بنابراین، توجه به رونق روزافزون فعالیت های نفت و گاز در خلیج فارس و دریای عمان و در نتیجه تماس بیشتر رویشگاه های مانگرو با منابع آلودگی، لازم است علاوه بر پایش و نظارت مداوم بر حفاظت کلیه رویشگاه های مانگرو بدون در نظر گرفتن فاصله از منابع آلودگی، مطالعات بیشتری در زمینه اثرات آلودگی های نفتی به ویژه فلزات سنگین بر این زیستگاه های ارزشمند انجام گیرد.

۱.۴. جمع بندی

بر اساس نتایج به دست آمده مشخص شد که غلظت های متفاوت دو فلز نیکل و وانادیوم در رسوبات دو رویشگاه حرا و نایبند و همچنین در بخش های مختلف درختان حرا به اختلاف در ویژگی های فیزیکی شیمیایی بستر شامل شوری منطقه، مواد آلی و خصوصاً بافت بستر مرتبط است. بافت رسوبات رویشگاه حرا نسبت به نایبند ریزدانه و رسی است بنابراین، افزایش تجمع فلزات سنگین نیکل و وانادیوم در رسوبات این منطقه نسبت به نایبند بیشتر است. با وجود این میزان بالای فلز وانادیوم در برگ ها در منطقه نایبند

فعالیت های آلاینده هوا است که در مطالعه Davari و همکاران (2010) نیز به آن اشاره شده است. مطالعه اثر بررسی بافت رسوبات بر غلظت فلزات در دو منطقه نشان داد که در منطقه حرا که بافت رسی- سیلتی نسبت به بافت شنی غالب تر است با افزایش میزان سیلت غلظت دو فلز در رسوب کاهش و با افزایش میزان شن غلظت هر دو فلز در رسوبات افزایش یافته اند. به عکس در منطقه نایبند که بافت شنی غالب است میزان غلظت فلزات نیکل و وانادیوم در رسوب با افزایش درصد شن، کاهش و با افزایش میزان رس و سیلتی غلظت آنها افزایش می یابد. این موضوع با در نظر گرفتن این نکته که بافت رسوبات رویشگاه حرا نسبت به نایبند ریزدانه و رسی است بنابراین، افزایش تجمع فلزات سنگین نیکل و وانادیوم در رسوبات این منطقه نسبت به نایبند قابل قبول است و بیانگر قابلیت بالای بافت رسی در جذب و نگهداشت فلزات در محیط است. مطالعه Hamzeh و همکاران (2010) و Zare-maivan (2010) نیز این گفته را تأیید می کنند که تمایل زیاد کاتیونی فلزات با ذرات رس سیلتی سبب تجمع و نگهداشت بیشتر فلزات در خاک می شود. علاوه بر دلایل فوق، دلایل دیگری نیز می تواند در تجمع فلزات سنگین ناشی از فعالیت های نفتی در رسوبات و ورود و جذب آن در بافت های درختان نقش داشته باشند. مقایسه ویژگی های ساحل رویشگاه ها بیانگر آن است که شیب ساحل در منطقه نایبند به مراتب کمتر از رویشگاه حراست. همچنین منطقه نایبند تماس مستقیم با جریانات شدیدتر دارد ولی سواحل دریا در رویشگاه حرا انشعابات بسیار زیادی دارد که تحت تأثیر جریانات دریایی ضعیف تری قرار دارد. بنابراین، می توان نتیجه گرفت که سرعت رفت و برگشت آب های آلوده به مواد نفتی در رویشگاه حرا کمتر است و در نتیجه انتظار می رود زمان تماس آب آلوده با رسوبات بیشتر شود و در نهایت میزان بیشتری از فلزات سنگین توسط ریشه ها جذب خواهند شد. از سوی دیگر با توجه به فاصله بیشتر رویشگاه حرا از تماس مستقیم با آب های آلوده به مواد نفتی موجب می شود تا مواد فرار موجود در

در رسوبات و انتقال آن در بافت‌های درختان نقش داشته باشند. یافته‌های این مطالعه نشان داد که صرف در نظر گرفتن فاصله منبع آلودگی از محیط ساحلی نمی‌تواند معیار مناسبی برای برنامه‌های پایش، حفاظت و مدیریت مناطق آلوده باشد، بلکه شناخت ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی محیط بررسی شده نیز تعیین‌کننده است.

به دلیل هوای آلوده منطقه نایبند ناشی از گستردگی فعالیت‌های نفت و گاز و سایر منابع آلاینده هواست. دلایل دیگری همچون شیب ساحل در دو رویشگاه حرا و نایبند، شدت و ضعف جریان‌های دریایی و فاصله رویشگاه‌ها از تماس مستقیم با آب‌های آلوده به مواد نفتی نیز می‌تواند در تجمع فلزات سنگین ناشی از فعالیت‌های نفتی

REFERENCES

- Abollino, O., Aceto, M., Malandrino, M., Sarzanini, C. and Mentasti, E., 2003, "Adsorption of heavy metals on Namontmorillonite. Effect of pH and organic substances", *Water research* 37, 1619-1627.
- Attar, F., Hamzeh'ee, B. and Ghahreman, A., 2004, "A Contribution to the flora of Qeshm Island, Iranian Journal of Botany" 10, 199-218.
- Barceloux, D. G. & Barceloux, D. 1999. Vanadium. *Clinical Toxicology Journal*. 37, 265-278.
- Canadian Council of Ministers of the Environment (CCME). 1997. Canadian Soil Quality Guidelines for the Protection of Environmental and Human Health: Vanadium. In: Canadian environmental quality guidelines, 1999, Canadian Council of Ministers of the Environment, Winnipeg. pp.1-7.
- Danekar, A., Jalali, S., 2005. Avicennia marina forest structure using line plot method. *Pajouhesh and Sazandegi* 67, 18-24. (In Persian).
- Davari, A., Danekar, A., Khorasani, N., Javanshir, A., 2010. An investigation on accumulation of heavy metals in roots and leaves of Avicennia marina the sediment, Bushehr, The Persian Gulf. *Journal of Natural Environment* 63, 267-277. (In Persian).
- Hamzeh, M.A., Boomeri, M., Rezaei, H., Baskaleh, Gh. R., 2010, Environmental geochemistry of heavy metals in coastal sediments of the Goiter Gulf, extreme southeastern Iran, *Oceanography* 2, 20-11. (In Persian).
- Kabata-Pendias, A., 2010. Trace elements in soils and plants. Fourth Edition. CRC press. Taylor and Francis Group, LLC. 534 p.
- Kimbrough, D. E. and Wakakuwa, J. R., 1989, "Acid digestion for sediments, sludges, soils, and solid wastes. A proposed alternative to EPA SW 846 Method 3050", *Environmental science & technology* 23, 898-900.
- Klute, A., 1986, *Methods of soil analysis. Part 1. Physical and mineralogical methods*, American Society of Agronomy, Inc., 1188 p.
- Limuwa, M., Kaunda, E., Msukwa, A., Maguza-Tembo, F. and Jamu, D., 2010. "Influence of water quality parameters on Opsaridium microlepis catches in the Linthipe River in central Malawi", Second RUFORUM Biennial Meeting, Entebbe, Uganda, pp. 1267-1272.
- Lotfi, H., Baghaei, H., Mousavi, SR., Khayambashy, S., 2010, the Persian Gulf environment and its protection, *Journal of Human Geography* 3, 9-1. (In Persian).
- MacFarlane, G., Pulkownik, A. and Burchett, M., 2003, "Accumulation and distribution of heavy metals in the grey mangrove, Avicennia marina (Forsk.) Vierh.: biological indication potential", *Environmental Pollution*, 123, 139-151.
- Mirza, R., Fakhri, A., Faghiri, I., Azimi, A., 2013. Determination ratio of Nickel to Vanadium from Oil Pollution in sediments and rocky shore oysters (*Saccostrea cucullata*) in Coastal of Boushehr State (Persian Gulf), *Oceanography*, 9, 35-43.
- Orji, F. A.; Ibiene A., Ugbogu, O. C., 2012. Petroleum hydrocarbon pollution of mangrove swamps: The promises of remediation by enhanced natural attenuation. *American Journal of Agricultural and Biological Science*. 7, 207-216.
- Peng, J., Song, Y., Yuan, P., Cui, X. and

- Qiu, G., 2009, "The remediation of heavy metals contaminated sediment", *Journal of Hazardous Materials* 161, 633-640.
17. Rabbani, M., Jafarabadi Ashtiani, A., Mehrdad Sharif, A. A., 2008, Measuring pollution of heavy metals, lead and mercury in sediments in the Persian Gulf / *Assaluyeh Operational Area*, Exploration and Production 51, 57-53. (In Persian).
18. Radojević, M. and Bashkin, V. N., 1999, Practical environmental analysis, Royal Society of Chemistry, pp.1-16.
19. Schulte, E., 1995, "Recommended soil organic matter tests", Recommended soil testing procedures for the northeastern United States. Northeast Regional Bull 493, 47-56.
20. WHO Regional Office for Europe (WHO/Europe), Copenhagen, Denmark, 2000, Nickel air quality guidelines. Second Edition. 15 pp.
21. Zare-maivan, H., 2010, "Distribution of Heavy Metals Associated with Petroleum in the Northern Persian Gulf: Bushehr and Nayband Bay Area", *Journal of the Persian Gulf* 1, 1-6.
22. Zare-Zadeh Mehrizi, T., Khoshbakht, K., Mahdavi Damghani, A., Kambouzia, J., 2011. Studying effects of reduction in tidal flooding on the structure of mangrove forests; a case study from Nayband coastal national park. *Environmental Sciences* 8, 43-58. (In Persian).
23. Effect of some physicochemical properties of sediment on Nickel and Vanadium concentration in sediments, roots, and leaves of mangroves