تجمع فلزات سنگین Cu،V،Ni و Pb در رسوب و دوکفه‌ای *Crassostrea gigas* در بندر امام خمینی (ره)

علیرضا صفاهیه[۱]، معصومه فرهاد[۲*]، سیدمحمدباقر نبوی[۳]، کمال غانمی[۴]، عبدالعلی موحدی‌نیا[۵]، معصومه داراب‌پور[۶]

۱- دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، دانشکده علوم دریایی و اقیانوسی، گروه زیست شناسی دریا، استان خوزستان، خرمشهر، پست الکترونیکی: safahieh@hotmail.com

۲- دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، دانشکده علوم دریایی و اقیانوسی، گروه زیست شناسی دریا، استان خوزستان، خرمشهر، پست الکترونیکی: farhad8387@yahoo.com

۳- سازمان حفاظت محیط زیست ایران، معاونت دریایی، پست الکترونیکی: nabavishiba@yahoo.com

۴- دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر،دانشکده علوم دریایی و اقیانوسی، گروه شیمی دریا، استان خوزستان، خرمشهر، پست الکترونیکی: kamalghanemi@gmail.com

۵- دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، دانشکده علوم دریایی و اقیانوسی، گروه زیست‌شناسی دریا، استان خوزستان، خرمشهر، پست الکترونیکی: amovahedinia@yahoo.com

۶- دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، دانشکده علوم دریایی و اقیانوسی، گروه زیست شناسی دریا، استان خوزستان، خرمشهر، پست الکترونیکی: darabpour87@gmail.com

تاریخ دریافت: ۹۰/۳/۲۳ ** نویسنده مسوول* *تاریخ پذیرش: ۹۰/۹/۵*

© نشریه علمی ـ پژوهشی اقیانوس‌شناسی ۱۳۹۰، تمامی حقوق این اثر متعلق به نشریه اقیانوس‌شناسی است.

چکیده

با توجه به اینکه وجود منابع آلودگی مختلف، آثار نامطلوبی بر سلامت بوم سامانه‌ی یک منطقه دارند، برآورد میزان آلودگی در منطقه بسیار مهم است. در این مطالعه، غلظت فلزات نیکل، وانادیوم، مس و سرب در رسوبات و بافت دوکفه‌ای‌های *Crassostrea gigas* در ۵ ایستگاه در بندر امام‌خمینی(ره) مورد بررسی قرار گرفت. نمونه‌برداری در زمستان ۱۳۸۸ صورت گرفت و از هر ایستگاه ۳ نمونه رسوب و ۳۰ عدد دوکفه‌ای برداشت گردید به‌علاوه، هر یک از نمونه‌ها پس از خشک شدن، به روش Yap(2002) هضم گردیدند. سپس غلظت نیکل، مس و سرب با استفاده از دستگاه جذب اتمی شعله GBC مدل SavantAA∑ و وانادیوم با استفاده از کوره گرافیتی مدل Varian AA 240 اندازه‌گیری شد. آنالیزهای آماری با استفاده از SPSS 11.5 انجام شد. الگوی تجمع فلزات در رسوب به‌صورت Ni>V>Cu>Pb و در بافت دوکفه‌ای به‌صورت Cu>Pb>Ni>V بود. غلظت نیکل در رسوبات در مقایسه با استانداردها، از استانداردهای NOAA، ISQG و USEPA بیشتر بود. میزان وانادیوم از RSA کمتر بوده و مس از استاندارد USEPA بیشتر بود. غلظت سرب نیز از تمامی استانداردها کمتر بود. غلظت نیکل، مس و سرب در بافت صدف از استانداردهای FAO و WHO بیشتر بودند.

کلمات کلیدی: *آلودگی، خوزستان، فلزات سنگین، دوکفه‌ای Crassostrea gigas، جذب اتمی، کوره گرافیتی*

۱. مقدمه

تخلیه فلزات سنگین به محیط‌های دریایی در سراسر جهان، یک نگرانی بزرگ است. فلزات سنگین به‌دلیل رفتار تجمعی و سمیتشان دارای اهمیت بوم‌شناختی بسیاری هستند و می‌توانند تنوع گونه‌های دریایی و بوم‌سامانه‌ها را کاهش دهند. علاوه بر این، مصرف غذای دریایی آلوده سلامت انسان را به‌مخاطره می‌اندازد.

فلزات سنگین جزء آلاینده‌های پایدارند و قابلیت تجزیه زیست‌شناختی ندارند (de Mora et al., 2004). به علت سمیت و قابلیت فلزات برای تجمع در موجودات زنده، آلودگی فلزات سنگین یک مشکل جدی و اساسی است (Usero et al., 2005). برای تعیین تأثیر آلودگی، منابع و غلظت آلاینده‌ها در محیط‌های آبی نیاز به ارزیابی و پایش محیط است. میزان آلودگی محیط‌های آبی به آلاینده‌ها می‌تواند توسط آنالیز آب، رسوبات و موجودات دریایی تعیین شود (Hamed and Emara, 2006; Veerasingam et al., 2010). در زنجیره‌های غذایی، فلزات می‌توانند به رده‌های بالاتر زنجیره انتقال یابند. مقدار این آلاینده‌ها معمولاً به‌دلیل تجمع و بزرگنمایی زیستی در بدن آبزیان بسیار بالاتر از محیط اطراف است و چون بسیاری از گونه‌های دریایی مورد تغذیه‌ی انسان قرار می‌گیرند، دانستن مقادیر طبیعی فلزات، یا حداقل غلظت ثابتشان در یک محیط دریایی برای تعیین و ارزیابی آلودگی فلز ضروری است (Al-Abdali et al., 1996; Ruelas-Inzunza and Pa´ ez-Osuna, 2000). دوکفه‌ای‌ها به‌ویژه اویسترها به‌طور گسترده برای پایش آلودگی مورد استفاده قرار می‌گیرند (Jeng et al., 2000; Oliver et al., 2001; Hedge et al., 2009). با توجه به پراکنش بالای دوکفه‌ای *Crassostrea gigas* در سواحل بندر امام، به‌نظر می‌رسد بتوان از این دوکفه‌ای به‌عنوان پایشگر مناسب استفاده نمود. این‌گونه خوراکی بوده و بیشترین گونه اویستری است که در سراسر جهان کشت داده می‌شود (FAO, 2008). به‌طور کلی اگرچه مطالعات زیادی بر روی دوکفه‌ای‌های مختلف در ایران انجام شده است (کفیل‌زاده و همکاران، ۱۳۸۲؛ مرتضوی و همکاران، ۱۳۸۴؛ سلیمی و همکاران، ۱۳۸۶؛ اسلامی اندرگلی، ۱۳۸۷)، اما مطالعه‌ی چندانی بر روی این نوع دوکفه‌ای در داخل کشور صورت نگرفته است.

به‌علت رشد جمعیت و گسترش صنعت، مصب‌ها و محیط‌های ساحلی همواره از فعالیت‌های انسانی زیان می‌بینند. سواحل خور موسی خصوصاً بندر امام نیز از این امر مستثنی نیست. خوریات این منطقه تأمین کننده‌ی ماهی و میگوی مصرفی ساکنان استان و شهرهای مجاور هستند. با وجود اهمیت بسیار، این منطقه به لحاظ موقعیت خاص جغرافیایی‌اش پذیرای آلودگی ناشی از تردد نفتکش‌ها، تردد کشتی‌ها، منابع و صنایع مستقر در خشکی از جمله پساب صنایع مختلف پتروشیمی عظیم بندر امام است. فلزات سنگین از جمله آلاینده‌های متداول و موجود در این منطقه هستند. با توجه به اهمیت آثار تخریبی فلزات سنگین در تهدید حیات زیست‌شناختی موجودات ساکن و متأثر از پیکره‌های آبی، بررسی و پایش وضعیت کیفی رسوبات و موجودات زنده در دریاها همواره از نظر زیست‌محیطی مهم است. این تحقیق با هدف تعیین میزان سطح ناپاکی فلزات سنگین نیکل، وانادیوم، مس و سرب در رسوبات و دوکفه‌ای *C. gigas* و مقایسه تجمع این فلزات در رسوب و صدف در بندر امام خمینی صورت گرفت.

۲. مواد و روش‌ها

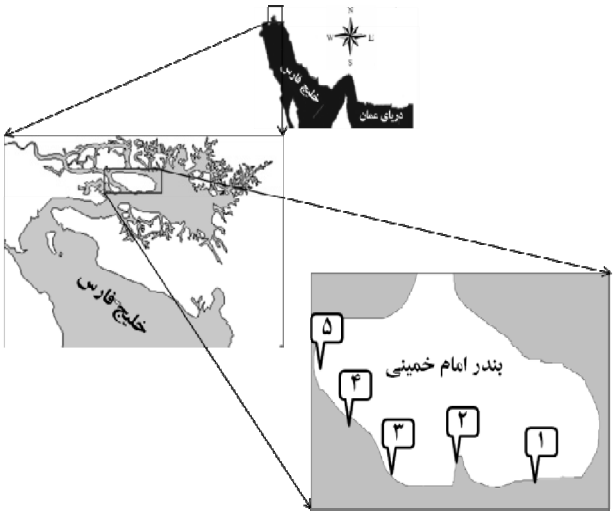
جهت نمونه‌برداری از رسوبات و دوکفه‌ای *C. gigas* در اسکله‌های بندر امام، ۵ اسکله که احتمال ورود مواد آلاینده در حین تخلیه و بارگیری در آنها وجود داشت، انتخاب شدند (شکل ۱). موقعیت جغرافیایی هر یک از اسکله‌ها به‌ترتیب شماره ایستگاه در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱ـ موقعیت ایستگاه‌های مورد مطالعه

شماره ایستگاه	نام ایستگاه	موقعیت جغرافیایی
۱	اسکله پتروشیمی	N ۳۰° ۲۵´ ۳۲/۶" E ۴۹° ۰۶´ ۱۵ /۱"
۲	داک سرسره	N ۳۰° ۲۵´ ۲۹/۷" E ۴۹° ۰۵´ ۵/۴"
۳	اسکله مواد غذایی	N ۳۰° ۲۵/۵´ ۵/۶" E ۴۹° ۰۳´ ۳۱ /۴"
۴	اسکله مواد معدنی	N ۳۰° ۲۶´ ۴۴/۸" E ۴۹° ۰۲´ ۲۰/۶"
۵	اسکله مواد نفتی	N ۳۰° ۳۰´ ۲۱/۲" E ۴۹° ۰۲´ ۰۱"

نمونه‌برداری در ۲۵بهمن ۱۳۸۸ انجام گرفت. از هر ایستگاه ۳۰ عدد دوکفه‌ای تا حد امکان هم‌اندازه در زمان جزر کامل و با استفاده از کاردک استیل ضد زنگ جدا و با آب منطقه شستشو داده شدند. نمونه‌های رسوب سطحی با استفاده از گرب Van Veen و از همان ایستگاه‌هایی که دوکفه‌ای‌ها جمع آوری شدند، برداشت گردیده و سپس نمونه‌های رسوب و دوکفه‌ای درون ظروف پلی اتیلن جدا، در مجاورت یخ به آزمایشگاه انتقال و تا

زمان آنالیز و انجام آزمایشات در دمای ۲۰- درجه سانتیگراد نگهداری شدند. از هر ایستگاه ۳ نمونه رسوب و ۳ نمونه بافت عضله صدف آنالیز شد. برای تعیین غلظت فلزات در رسوب، پس از ذوب شدن یخ نمونه‌ها، مواد زاید و درشت آنها جدا شده و نمونه‌ها در دمای ۱۰۵ درجه سانتیگراد به مدت ۱۶ ساعت در آون (Memort مدل UNB 400) خشک شدند تا به وزن ثابت برسند. رسوبات در هاون چینی پودر شده و با استفاده از الک استیل ۶۳ میکرون الک شده تا همگن شدند. ۱ گرم از رسوب الک شده به لوله‌های هضم انتقال داده شدند و سپس در ۱۰سانتی متر مکعب از ترکیب (۴:۱) اسید نیتریک غلیظ (۶۵٪) و اسید پرکلریک (۶۰٪) هضم شدند.



شکل ۱ـ نقشه ایستگاه‌های مورد مطالعه

برای خشک کردن بافت نرم صدف‌ها، ابتدا صدف‌ها از فریزر خارج شده و پس از ذوب شدن کامل یخ آنها در دمای معمولی آزمایشگاه، بافت نرم صدف‌ها با استفاده از تیغه شیشه‌ای از پوسته جدا شده و همگن شدند. سپس در دمای ۱۰۵ درجه سانتیگراد تا ثابت شدن وزن بافت، در آون خشک گردیدند (Silva et al., 2001; Yap et al., 2002; Sidoumou et al., 2006). نمونه‌های خشک شده توسط هاون چینی کاملاً پودر شدند. برای هضم بافت دوکفه‌ای، ۱ گرم از بافت پودر شده هموژن به درون لوله‌های هضم انتقال داده شده و سپس در ۱۰ سانتیمتر مکعب اسید نیتریک غلیظ (۶۵٪) هضم شدند. عمل هضم نمونه‌های بافت و رسوب، ابتدا در دمای ۴۰ درجه سانتیگراد به مدت ۱ ساعت و سپس در دمای ۱۴۰ درجه سانتیگراد به مدت ۴ ساعت با استفاده از یک hot plate digester صورت گرفت. بعد از سرد شدن کامل نمونه‌های هضم شده در دمای معمولی آزمایشگاه، محلول‌های هضم شده به بالن ژوژه ۵۰ میلی لیتری منتقل شده و با آب دو بار تقطیر رقیق گردیدند. نمونه‌های رقیق شده با استفاده از کاغذ صافی واتمن ۴۲، فیلتر شدند (Yap et al., 2002).

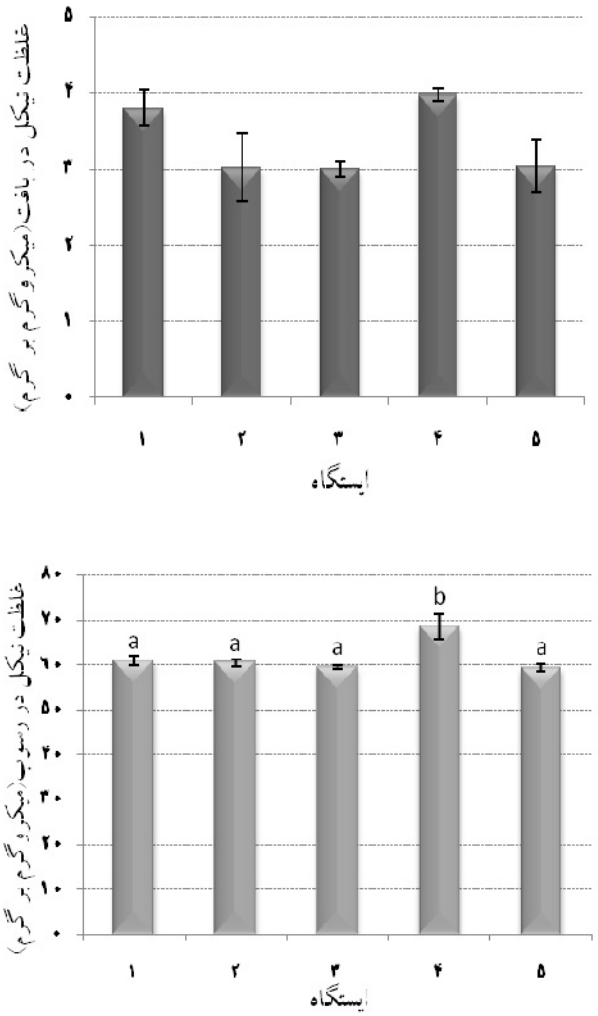
سنجش غلظت فلز نیکل، مس و سرب با استفاده از دستگاه جذب اتمی (GBC مدل SavantAA ∑) و سنجش وانادیوم به کمک کوره گرافیتی (مدل Varian AA 240) انجام شد. به‌منظور حصول اطمینان از درستی نتایج به‌دست آمده برای داده‌های رسوب از ماده مرجع IAEA-433 (رسوب) و برای بافت نرم از ماده مرجع IAEA-407 (بافت ماهی) و IAEA-140 (بافت گیاه) استفاده شد. درصد بازیافت نمونه‌های ماده مرجع برابر با ٪ ۹۵-۹۰ بود.

پس از بررسی نرمال بودن داده‌ها توسط تست نرمالیتی و حصول اطمینان از نرمال بودن آنها، برای مقایسه غلظت فلزات بین ایستگاه‌های مختلف از آزمون آنالیز واریانس یک‌طرفه (ANOVA) استفاده شده و در صورت معنی دار بودن اختلاف بین ایستگاه‌ها، برای تفکیک گروه‌های دارای اختلاف از پس آزمون Tukey استفاده شد.

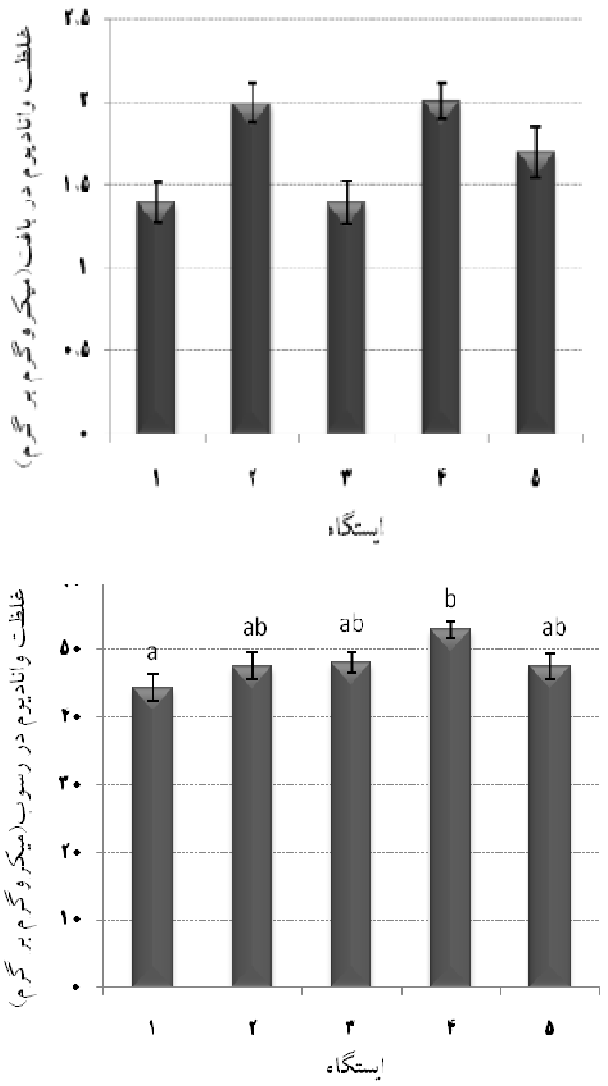
۳. نتایج

۳ـ۱. نیکل

میانگین غلظت نیکل در رسوب ایستگاه‌های ۱، ۲، ۳، ۴ و ۵ به ترتیب ۶۰/۹، ۶۰/۴، ۵۹/۵، ۶۸/۴ و ۵۹/۳ میکروگرم بر گرم بود. شکل ۲ مقادیر غلظت نیکل را در رسوب و بافت در ایستگاه‌های مختلف نشان می‌دهد. مقایسه مقادیر فوق نشان داد که غلظت نیکل بین رسوب ایستگاه‌های مختلف تفاوت معنی‌داری دارد (ANOVA, P<0.05). اگرچه میزان نیکل در ایستگاه‌های ۱، ۲، ۳ و ۵ کم و بیش برابر بوده و اختلاف معنی‌داری نداشتند، ولی میزان این ترکیبات در ایستگاه۴ به‌مراتب از سایر ایستگاه‌ها بالاتر بود. غلظت نیکل در بافت صدف در ایستگاه‌های ۱ تا ۵ به‌ترتیب ۳/۸، ۳، ۳، ۳/۹ و ۳ میکروگرم بر گرم بود. مقایسات نشان داد که غلظت این فلز بین ایستگاه‌های مختلف تفاوت معنی‌داری نداشت (ANOVA, P>0.05) و تقریباً با هم برابرند.



شکل ۲ـ مقایسه غلظت نیکل در رسوب و بافت در ایستگاه‌های مختلف (حروف مشابه نشان‌دهنده‌ی عدم اختلاف معنی‌دار است).



شکل ۳ـ مقایسه غلظت وانادیوم در رسوب و بافت در ایستگاه‌های مختلف (حروف مشابه نشان‌دهنده‌ی عدم اختلاف معنی‌دار است).

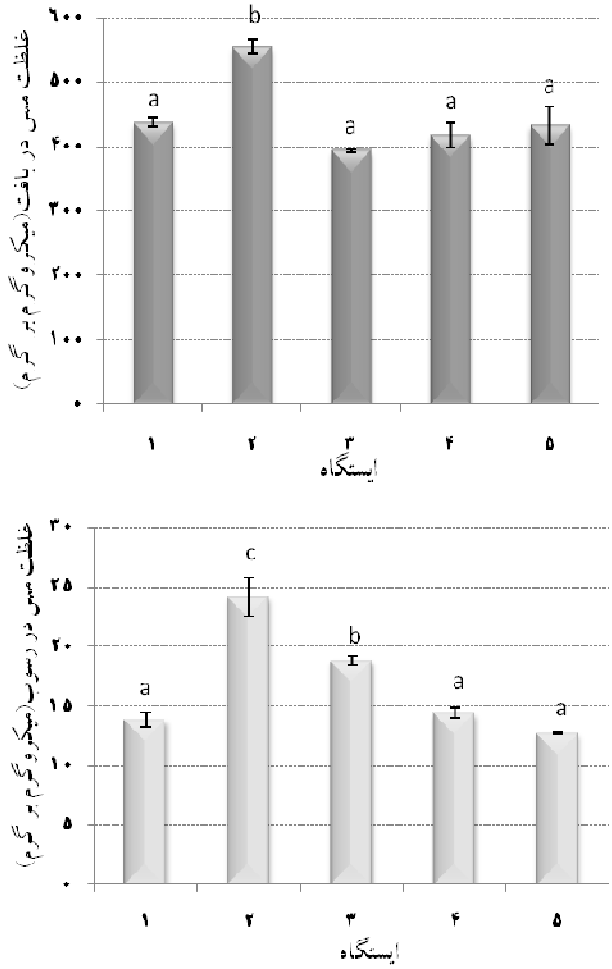
۳ـ۲. وانادیوم

غلظت وانادیوم در رسوب ایستگاه‌های ۱ تا ۵ به‌ترتیب ۴۴/۵، ۴۷/۷، ۴۸/۲، ۵۳ و ۴۷/۷ میکروگرم بر گرم به‌دست آمد. شکل ۳ غلظت وانادیوم را در رسوب و بافت ایستگاه‌های مختلف نشان می‌دهد. مقایسه بین مقادیر غلظت نیکل در ایستگاه‌های مختلف نشان داد که ایستگاه ۴ با ایستگاه‌های ۲، ۳ و ۵ اختلاف معنی‌داری نداشته، اما با ایستگاه ۱ تفاوت معنی‌داری دارد (ANOVA, $P<0.05$). میزان وانادیوم در بافت دوکفه‌ای در ایستگاه‌های ۱، ۲، ۳، ۴ و ۵ به‌ترتیب ۱/۴، ۲، ۱/۴، ۲ و ۱/۷ میکروگرم بر گرم به‌دست آمد. میزان وانادیوم در بافت صدف در ایستگاه‌های مختلف تفاوت معنی‌داری نشان نداد (ANOVA, $P>0.05$).

۳ـ۳. مس

در رسوب ایستگاه‌های ۱ تا ۵، غلظت مس به‌ترتیب ۱۳/۸، ۲۴/۱، ۱۸/۸، ۱۴/۴ و ۱۲/۷ میکروگرم بر گرم به‌دست آمد. شکل ۴ مقادیر غلظت مس را در رسوب و بافت ایستگاه‌های مختلف نشان می‌دهد. ایستگاه ۲ دارای بیشترین غلظت بوده و با ایستگاه‌های دیگر اختلاف معنی‌داری دارد (ANOVA, $P<0.05$). غلظت مس در صدف‌های ایستگاه‌های ۱، ۲، ۳، ۴ و ۵ به‌ترتیب ۴۳۷/۲، ۵۵۴/۴، ۳۹۳/۶، ۴۱۷/۴ و ۴۳۳/۲ میکروگرم بر گرم بود. اگرچه میزان مس در ایستگاه‌های ۱، ۳، ۴ و ۵ کم و بیش برابر

بوده و اختلاف معنی‌داری نداشتند، ولی میزان این ترکیبات در ایستگاه ۲ به‌مراتب از سایر ایستگاه‌ها بالاتر بود (ANOVA, P<0.05).

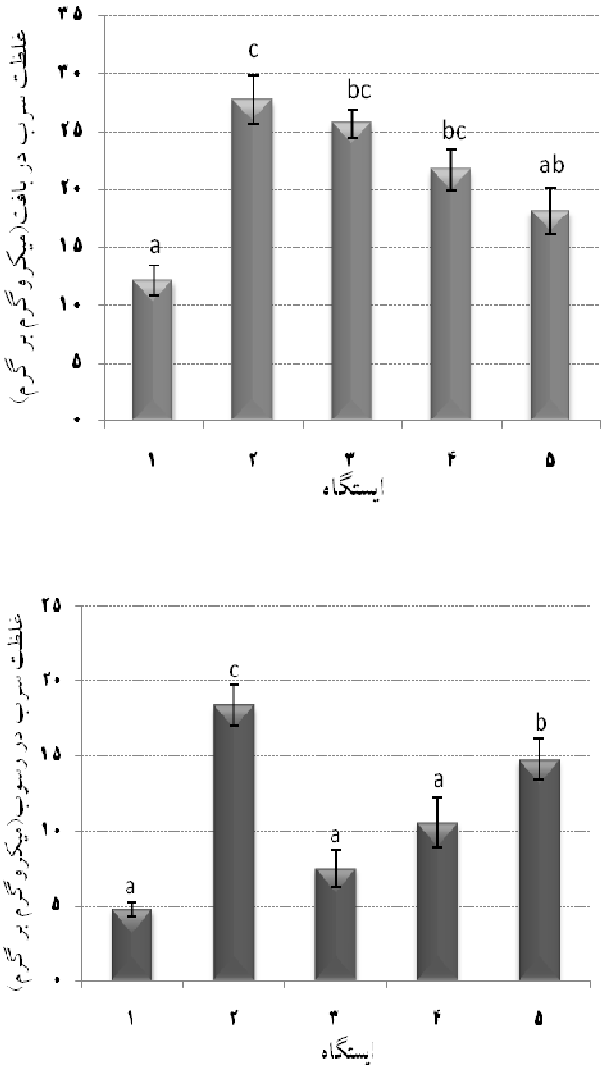


شکل ۴ـ مقایسه غلظت مس در رسوب و بافت در ایستگاه‌های مختلف (حروف مشابه نشان‌دهنده‌ی عدم اختلاف معنی‌دار است).

۳ـ۴. سرب

غلظت سرب در رسوب ایستگاه‌های ۱، ۲، ۳، ۴ و ۵ به‌ترتیب ۴/۷، ۱۸/۷، ۷/۵، ۱۰/۵و ۱۴/۷ میکروگرم بر گرم بود. مقایسه میانگین غلظت سرب در بین ایستگاه‌های مختلف نشان داد که بین ایستگاه‌های مختلف تفاوت معنی‌داری وجود دارد (ANOVA, P<0.05). شکل ۵ غلظت سرب را در رسوب و صدف‌های ایستگاه‌های مختلف نشان می‌دهد. ایستگاه ۲ بیشترین غلظت را داشته و ایستگاه‌های ۱، ۳ و ۴ مقادیر کم و بیش یکسان داشتند.

غلظت سرب در بافت صدف‌های ایستگاه‌های ۱تا ۵ به‌ترتیب ۱۲/۱، ۲۷/۷، ۲۵/۷، ۲۱/۶ و ۱۸/۱میکروگرم بر گرم بود. مقایسه میانگین غلظت سرب در بین ایستگاه‌های مختلف نشان داد که بین ایستگاه‌های مختلف تفاوت معنی‌داری وجود دارد. اگرچه ایستگاه ۲ با ایستگاه‌های ۳ و ۴ تفاوت معنی‌داری نداشته، اما با ایستگاه‌های ۱ و ۵ اختلاف معنی‌داری داشت (ANOVA, P<0.05).



شکل ۵ ـ مقایسه غلظت سرب در رسوب و بافت در ایستگاه‌های مختلف (حروف مشابه نشان‌دهنده‌ی عدم اختلاف معنی‌دار است).

۴. بحث و نتیجه‌گیری

به‌طور کلی توالی غلظت فلزات سنگین در رسوب Ni>V>Cu>Pb و در بافت صدف در ایستگاه‌های مختلف

به‌صورت Cu>Pb>Ni>V بود.

در بین ایستگاه‌های مورد مطالعه، رسوبات ایستگاه ۴ دارای بیشترین میزان نیکل بودند. غلظت بالای نیکل در رسوبات، اصولاً ناشی از منابع انسانی مثل تردد کشتی‌ها، قایق‌ها و نفتکش‌ها، نفت خام، فاضلاب‌های شهری و صنعتی است (Beg et al., 2001; de Astudillo et al., 2005; Pourang et al., 2005). از آنجایی‌که در این ایستگاه، تخلیه و بارگیری مواد معدنی خصوصاً آهن صورت می‌گیرد، احتمال می‌رود از یک طرف ریزش مواد در حین بارگیری و تخلیه به محیط آبی و تردد کشتی‌ها و شناورها و پساب ناشی از آنها در آلودگی این ایستگاه نقش داشته و از طرف دیگر، این ایستگاه در مجاورت اسکله‌ی نفتی (که در آن بارگیری و تخلیه نفت صورت می‌گیرد.) قرار گرفته و ممکن است در معرض نیکل ناشی از نفت خام نیز قرار گرفته باشد. در نتیجه، غلظت نیکل در این ایستگاه نسبت به ایستگاه‌های دیگر بالاتر بود.

اگرچه بسیاری از تحقیقات گذشته، منشأ اصلی وانادیوم را نفت بیان کردند (Al-Abdali et al., 1996; Metwally et al., 1997; Beg et al., 2001)، اما منابع دیگر این فلز شامل تخلیه فاضلاب‌ها، پساب‌های خانگی و صنعتی، سوزاندن سوخت‌های فسیلی است (El- Moselhy, 2006). وانادیوم در نفت خام، زغال سنگ، سنگ نفت وجود دارد. همچنین میزان آن در خاک مناطقی که مجتمع‌های پتروشیمی و شیمیایی قرار دارد، بیشتر است (Nadal et al., 2007). نتایج مطالعه حاضر نشان داد غظت وانادیوم در رسوب بین ایستگاه‌های ۲، ۳، ۴ و ۵ تفاوت معنی‌داری نداشت. با توجه به اینکه در منطقه‌ی مورد مطالعه، منبع مشخصی از نفت وجود ندارد، غلظت این فلز در این منطقه می‌تواند ناشی از تردد کشتی‌ها و شناورها و پساب ناشی از آنها، دود کشتی‌ها و جرثقیل‌ها که شامل فلزات موجود در نفت است، باشد. در مطالعه‌ی غلظت آلاینده‌ها در محیط دریا، باید زمین‌شناسی منطقه و نقش جریان‌های دریایی و جزر و مد در انتقال آلاینده‌ها از مناطق دیگر و پراکنش آنها مورد توجه قرار گیرد (Al-Ghadban et al., 1993; Pourang et al., 2005).

غلظت مس و سرب در ایستگاه ۲ بیشترین مقدار را داشت. از آنجایی‌که این ایستگاه محل تعمیر، شستشو و رنگ کشتی‌ها و قایق‌ها است، همه روزه کشتی‌ها و قایق‌های مختلفی برای رنگ‌کاری و تعمیر در این اسکله کناره‌گیری می‌کنند. به‌طور کلی عنصر مس و سرب در ترکیبات رنگ‌ها وجود دارد (Thompson, 2005; El Tokhi et al., 2008). در نتیجه، در حین رنگ‌کاری ممکن است بخشی از رنگ که محتوی این فلزات است، وارد محیط دریا شده و غلظت این فلزات را در رسوب افزایش دهند. علاوه بر این، سرب در بنزین شناورها و قایق‌ها نیز وجود دارد و به‌دلیل ترافیک بالا، حجم بالایی از پساب ناشی از تردد وارد این منطقه می‌شود.

Hamed و Emara در سال ۲۰۰۶ منابع اصلی آلودگی فلزات در منطقه را ناشی از فاضلاب‌ها و فعالیت‌های کشتیرانی دانستند. بسیاری از مطالعات منشأ سرب، مس، نیکل در رسوبات را فاضلاب‌های شهری و صنعتی بیان کردند (de Mora et al., 2004; El Tokhi et al., 2008). با توجه به اینکه شکل جغرافیایی این ایستگاه به‌صورت نیمه بسته بوده و سرعت جریان آب در آن کم است، در نتیجه احتمالاً فرصتی برای ته‌نشینی آلاینده‌های ورودی به رسوب فراهم می‌شود.

مقایسه‌هایی بین این مطالعه با مطالعات دیگر در سایر نقاط جهان صورت گرفته که در جدول ۲ آمده است. Al-Abdali و همکاران در سال ۱۹۹۶ در خلیج فارس، غلظت بالای وانادیوم و نیکل را در ایستگاه‌هایی گزارش دادند که قبلاً توسط هیدروکربن‌های نفتی آلوده شده بودند. آنها بیان کردند که آلودگی این دو فلز در منطقه ناشی از آلودگی نفتی است و منشأ آلودگی نفتی، نشت طبیعی نفت، آسیب به خط لوله ها و لکه نفتی نوروز است. آنها همچنین منابع احتمالی آلودگی مس را فاضلاب‌های صنعتی و کشاورزی، رنگ کشتی‌ها و قایق‌ها دانستند، در حالی که آلودگی سرب را ناشی از منابع گوناگون آلاینده‌های نفتی بیان کردند. Metwally و همکاران در سال ۱۹۹۷ در بررسی آلودگی فلزات در سواحل کویت بیان کردند که بیشترین غلظت وانادیوم و نیکل و سرب مربوط به ایستگاه‌هایی بود که رسوبات آنها گلی بوده و در نزدیکی صنایع پتروشیمی، تأسیسات آب شیرین کن، نیروگاه‌ها، پایانه تخلیه فاضلاب، ایستگاه سوختگیری قایق‌ها و فعالیت‌های کشتیرانی قرار داشتند و کمترین غلظت مربوط به ایستگاه‌هایی بود که یا از منبع آلودگی فاصله داشته و یا دارای رسوبات شنی بودند. Beg و همکاران در سال ۲۰۰۱ در بررسی غلظت فلزات در رسوبات سواحل کویت بیان کردند که وانادیوم در بین فلزات مورد مطالعه بیشترین غلظت را داشت. وانادیوم و نیکل ازجمله فلزات مرتبط با نفت بوده و نشان دهنده‌ی وجود آلودگی نفتی در منطقه هستند. از نظر آنها با فاصله گرفتن از ساحل، غلظت فلزات افزایش یافت که احتمالاً به دلیل دانه‌ریزتر شدن رسوبات بود.

طبق بررسی‌های de Mora و همکاران در سال ۲۰۰۴، بیشترین غلظت فلزات در منطقه‌ای بود که هیچ فعالیت صنعتی و مرکز شهری پرجمعیت در نزدیکی آن قرار نداشت، بنابراین آنها غلظت بالای این فلزات را طبیعی و مربوط به کانی شناسی منطقه دانستند.

Pourang و همکاران در سال ۲۰۰۵ با مطالعه رسوبات سواحل ایرانی خلیج فارس، بیشترین غلظت وانادیوم و نیکل را در رسوبات سواحل قشم و بندر لنگه گزارش دادند. از نظر آنها، منابع ممکن آلودگی این دو فلز ریزش نفتی و تخلیه آب توازن از تانکرهای نفتکش و سکوهای حفاری نفت در منطقه است. El Tokhi و همکاران در سال ۲۰۰۸ در Said Port مصر، غلظت بالای فلزات مورد بررسی در منطقه مورد مطالعه را ناشی از منابع انسانی شامل روغن موتور و فاضلاب و ترافیک کشتی‌ها، لنگر کشتی‌ها و فعالیت‌های شهری دانستند. سعیدی و همکاران در سال ۱۳۸۹ در پی بررسی آلودگی فلزات سنگین در رسوبات دریای خزر، منشأ فلزات سنگین را فرسایش خاک در حوزه آبریز بیان کردند.

مقایسه‌ای بین غلظت فلزات با استانداردهای NOAA، RSA، ISQG و USEPA در جدول ۳ ارائه شده است. در مقایسه با استانداردها، غلظت نیکل تنها از سطح RSA کمتر و از بقیه استانداردها بیشتر بود. وانادیوم از استاندارد RSA کمتر و غلظت مس نیز تنها از استاندارد USEPA بیشتر بوده و از بقیه استانداردها کمتر بود، غلظت سرب نیز از همه استانداردها کمتر بود.

جدول ۲ـ مقایسه غلظت فلزات Ni، V، Cu و Pb (µg/g) در رسوبات منطقه مورد مطالعه با رسوبات سایر نقاط جهان

منطقه	Ni	V	Cu	Pb	منبع
خلیج فارس	۲/۱–۹۶	۱/۵–۹۵/۲	۳/۶–۵۶/۵	۲/۶–۳۷/۶	Al-Abdali et al., 1996
کویت (خلیج فارس)	۱۲/۳–۲۵۵/۸	۲۴/۸–۱۷۹/۴	–	۷۱/۵–۲۶۱/۴	Metwally et al., 1997
کویت (خلیج فارس)	۲–۷۸/۱	۹/۸–۱۴۶	۲–۶۸/۳	۰/۴–۳۹	Beg et al., 2001
قطر (خلیج فارس)	۰/۷۴–۲۰/۸	۲/۷–۳۲/۱	۱/۲۲–۸/۱۸	۰/۴۳–۳/۸۸	de Mora et al., 2004
امارات (خلیج فارس)	۲–۱۰۱۰	۴/۵–۳۵/۵	۰/۶۴–۳/۵۸	۰/۶۹–۵/۸۸	de Mora et al., 2004
بحرین (خلیج فارس)	۲/۴۶–۲۳/۲	۳/۴۷–۲۸/۴	۲/۳۸–۴۸/۳	۰/۶۷–۹۹	de Mora et al., 2004
عمان (خلیج عمان)	۱/۸۴–۷۷/۸	۴/۷–۴۴/۱	۰/۶–۶/۶	۰/۲۵–۱/۸۲	de Mora et al., 2004
ایران (خلیج فارس)	۶۴/۸۹	۵۲	–	۹۰/۴۷	Pourang et al., 2005
مصر (Port Said)	۴۱/۵–۱۸۷	۱۰۷–۳۰۷	۱۱/۷۵–۹۹/۷	۷۸/۵–۳۵۵	El Tokhi et al., 2008
ایران (دریای خزر)	۳۵–۶۷	۹۰–۱۲۰	۱۵–۵۰	۲۲–۲۵	سعیدی و همکاران، ۱۳۸۹
بندر امام (خلیج فارس)	۵۹/۳–۷۹/۴	۳۵–۴۸/۲	۱۲/۷–۲۴/۱	۴/۷–۱۸/۷	مطالعه حاضر

جدول ۳ـ مقایسه مقادیر فلزات (µg/g) موجود در رسوبات منطقه مورد مطالعه با استانداردهای مختلف

استاندارد	Ni	V	Cu	Pb	منبع
RSA guideline	۷۰–۸۰	۲۰–۳۰	۱۵–۳۰	۱۵–۳۰	ROPME, 1999
ISQG	۳۵/۹	–	۱۰۸	۹۱/۳	Maret and Skinner, 2000
USEPA	۱۵/۹	–	۱۸/۷	۳۰/۲	Maret and Skinner, 2000
NOAA(ERL)	۲۰/۹	–	۳۴	۴۶/۷	de Astudillo et al., 2005
NOAA(ERM)	۵۱/۶	–	۲۷۰	۲۱۸	de Astudillo et al., 2005
	۵۹/۳–۷۹/۴	۳۵–۴۸/۲	۱۲/۷–۲۴/۱	۴/۷–۱۸/۷	مطالعه حاضر

در بین ایستگاه‌های مورد مطالعه، میزان نیکل و وانادیوم در صدف‌های ایستگاه‌های مختلف تفاوت معنی‌داری نداشت. بیشترین میزان مس در ایستگاه ۲ به‌دست آمد. میزان سرب در ایستگاه‌های ۲، ۳ و۴ اختلاف معنی‌داری نداشت. مس و سرب در ترکیب رنگ‌ها وجود داشت (Thompson, 2005) و با توجه به اینکه ایستگاه ۲ محل تعمیر و رنگ‌کاری کشتی‌ها است، غلظت بالای این ترکیبات در این ایستگاه می‌تواند ناشی از رنگ‌های مورد استفاده باشد. علاوه بر این، از آنجایی که سوخت مصرفی قایق‌ها می‌تواند حاوی سرب باشد، تجمع بالای قایق‌ها در این ایستگاه می‌تواند دلیل دیگری برای افزایش سرب در این ایستگاه باشد. با توجه به اینکه دوکفه‌ای‌ها صافی خوار بوده، از طریق فیلتر کردن آب، فلزات را در بدن خود تجمع می‌دهند. الگوی تجمع فلزات در دوکفه‌ای‌ها به‌صورت Cu>Pb>Ni>V بود. مشابه این روند تجمع در مطالعه اسلامی و همکاران در

سال۱۳۸۷ و مطالعه de Astudillo و همکاران در سال ۲۰۰۵ نیز مشاهده شد.

مقایسه غلظت فلزات بین رسوب و بافت نشان داد که غلظت نیکل و وانادیوم در رسوب بیشتر از بافت و غلظت مس و سرب در بافت صدف بیشتر از رسوب بود. صدف‌ها می‌توانند فلزاتی مانند مس و روی را در غلظت‌هایی بسیار بالا بدون هیچ‌گونه اثر زیان‌آوری در بدن خود تجمع دهند (Soto-Jimenez et al., 2001). رنگ دانه‌ی تنفسی در دوکفه‌ای‌ها محتوی هموسیانین بوده که این رنگ دانه خود دارای میزان قابل توجهی مس است. بنابراین مس یک عنصر ضروری برای دوکفه‌ای‌ها است (Gundacker, 1999). اما سرب، نیکل و وانادیوم جز عناصر غیر ضروری بوده و توانایی دوکفه‌ای‌ها برای تجمع عناصر ضروری نسبت به عناصر غیر ضروری بیشتر است (Spence and Langston, 1995). بنابراین طبیعی است که میزان مس در بافت دوکفه‌ای بیشتر از ۳ عنصر دیگر باشد.

مقایسه‌ای بین این مطالعه با سایر مطالعات در جهان در جدول ۴ ارائه شده است. در پی مطالعه Fowler و همکاران در سال ۱۹۹۳ در خلیج فارس، مشخص شد که در بین کشورهای مورد مطالعه، دوکفه‌ای‌های عربستان به‌دلیل قرار گرفتن در معرض آلودگی نفتی شدید، بیشترین غلظت فلزات را دارند. بر اساس مطالعه Hamed and Emara در سال ۲۰۰۶، منبع اصلی آلودگی فلزات در بخش شمالی خلیج سوئز لنگر گرفتن کشتی‌ها و تخلیه فاضلاب‌ها و پساب‌های شهری است. به اعتقاد de Mora و همکاران در سال ۲۰۰۴ در خلیج فارس، علی‌رغم افزایش غلظت فلزات در رسوبات، میزان آنها در دوکفه‌ای‌ها افزایش چندانی نداشت، زیرا این فلزات در رسوبات منطقه، منشأ طبیعی داشته و در دسترس زیستی موجودات قرار ندارند. آنها بیشترین غلظت وانادیوم را در دوکفه‌ای‌هایی که از نزدیکی پالایشگاه نفت BAPCO در بحرین جمع‌آوری شده بود، به‌دست آوردند.

مرتضوی و همکاران پس از انجام مطالعه‌ای در خلیج فارس در سال ۱۳۸۴ بیان کردند که مقدار نیکل در بافت دوکفه‌ای‌ها بیشتر از وانادیوم است. بیشترین میزان نیکل در ایستگاه‌های مجاور ساحل به‌دلیل فعالیت‌های مختلف انسانی و وجود جریانات آبی است. آلودگی بیشتر وانادیوم در بافت دوکفه‌ای‌ها در نزدیکی جزیره‌ی هندورابی ناشی از استخراج و انتقال نفت، عبور و مرور کشتی‌های حامل نفت در نزدیکی این منطقه بیان شد.

جدول ۴ـ مقایسه غلظت فلزات Ni، V، Cu و Pb (µg/g) در بافت دوکفه‌ای *C. gigas* در منطقه مورد مطالعه با دوکفه‌ای‌های سایر نقاط جهان

منطقه	گونه	Ni	V	Cu	Pb	منبع
عربستان (خلیج فارس)	*Meretrix meretrix*	۱۶/۱–۱۹/۶	۱/۷–۲/۱	۵/۶–۸/۷	۲/۳–۳/۸	Fowler et al., 1993
بحرین (خلیج فارس)	*Pinctada margritifera*	۰/۴۴–۱/۲۴	۱–۱/۲	۳/۳–۴/۶	۰/۳–۳/۹	Fowler et al., 1993
عمان (خلیج فارس)	*Saccostrea cucullata*	۰/۴–۱/۶	۰/۳–۲/۳	۲۰–۲۱۲	۰/۰۶–۰/۳	Fowler et al., 1993
قطر (خلیج فارس)	*Circentia callipyga*	۲۳/۹	۰/۷	۸/۳۵	۱/۴۵	de Mora et al., 2004
امارات (خلیج فارس)	*Pinctada radiata*	۰/۵–۷	۰/۴–۳/۲	۴/۶–۱۷/۳	۰/۱–۲/۲	de Mora et al., 2004
بحرین (خلیج فارس)	*Pinctada radiata*	۰/۷–۰/۸	۴/۴–۷/۳	۳/۱–۴/۴	۰/۳–۳/۹	de Mora et al., 2004
عمان (خلیج عمان)	*Saccostrea cucullata*	۰/۷–۳/۱	۰/۲–۱	۶۰/۹–۲۷۶	۰/۳–۰/۶	de Mora et al., 2004
خلیج سوئز	*Barbatus barbatus*	۵/۸–۱۴/۵	–	۳/۶–۱۰	۶/۹–۳۷/۸	Hamed and Emara, 2006
هرمزگان (خلیج فارس)	*Saccostrea cucullata*	۶/۳	۰/۷	–	–	مرتضوی و همکاران،۱۳۸۴
هرمزگان (خلیج فارس)	*Pinctada radiata*	۳/۴۴	۰/۷	–	–	مرتضوی و همکاران،۱۳۸۴
بندر امام (خلیج فارس)	*Crassostrea gigas*	۳–۷/۵	۱/۴–۲	۳۹۳/۶–۵۵۴/۴	۴/۷–۱۸/۷	مطالعه حاضر

مقایسه‌ای بین غلظت فلزات در بافت صدف‌ها با استانداردهای جهانی در جدول ۵ ارائه شده است. از آنجایی که در استانداردها، میانگین غلظت فلزات برحسب میکروگرم بر گرم وزن تر است و غلظت‌های به‌دست آمده در این مطالعه، برحسب میکروگرم بر گرم وزن خشک بود، باید غلظت فلزات به‌دست آمده در بافت خشک صدف به میزان غلظت در بافت تر تبدیل گردند. بر اساس محاسبات انجام شده، رابطه (غلظت فلز برحسب وزن تر = غلظت فلز بر حسب وزن خشک × ۰/۱۴۹) بین غلظت فلز در وزن تر و خشک برقرار بود. رابطه‌ی به‌دست آمده در این مطالعه با رابطه (غلظت فلز برحسب وزن تر = غلظت فلز بر حسب وزن خشک × ۰/۱۴۹) که توسط Wright و همکاران در سال ۱۹۸۵ برای گونه‌های *Crassostrea* بیان شد، مطابقت داشت. با استفاده از رابطه‌ی به‌دست آمده می‌توان غلظت فلزات بر حسب وزن خشک را به وزن تر تبدیل کرد. بر اساس نتایج حاصل، غلظت نیکل، مس

و سرب از استانداردهای موجود بیشتر بود.

جدول ۵ ـ مقایسه میانگین غلظت فلزات سنگین در عضله صدف *C. gigas* با استانداردهای مختلف (برحسب میکروگرم بر گرم در وزن تر)

منبع	Cu	Pb	V	Ni	استاندارد
Shulkin et al., 2003	۱۰	-	-	۰/۲	WHO
Shulkin et al., 2003	۳۰	۰/۵	-	۰/۵	FAO
مطالعه حاضر	۵۸/۶-۸۲/۶	۰/۷ -۲/۷	۰/۲۰-۰/۲۹	۰/۴ -۱/۱	

به‌طور کلی به‌نظر می‌رسد نیکل و وانادیوم موجود در رسوبات ناشی از تخلیه و بارگیری مواد معدنی، ریزش نفت از تانکرهای نفتکش، پساب کشتی‌ها و ریزش‌های جوی شامل فراورده‌های احتراق نفت باشد. مس و سرب نیز احتمالاً از تردد، تعمیر و رنگ‌کاری کشتی‌ها و نفتکش‌ها و مجاورت با پتروشیمی ناشی می‌شود. تجمع فلزات مختلف در بافت صدف *Crassostrea gigas* متفاوت است. به‌طور کلی فلزات ضروری مثل مس، تجمع بیشتری نسبت به فلزات غیر ضروری دارند. در مقایسه با استانداردهای مورد بررسی، دوکفه‌ای مورد مطالعه که گونه‌ای خوراکی نیز محسوب می‌شود، آلوده بوده و برای مصرف انسان مناسب نیست.

منابع

اسلامی اندرگلی، ط.، ۱۳۸۷. بررسی میزان فلزات سنگین (مس، سرب و نیکل) در رسوب و دو کفه‌ای *Barbatia helblingii* از مناطق جزرومدی بوشهر. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر. ۱۰۴ صفحه.

سعیدی، م.؛ عابسی، ع.؛ جمشیدی، ا.، ۱۳۸۹. ارزیابی آلودگی فلزات سنگین و آلاینده‌های نفتی در رسوبات سطحی جنوب شرقی دریای خزر با استفاده از شاخصهای موجود. محیط‌شناسی، ۵۳ : ۳۸- ۲۱.

سلیمی، ل.؛ ربانی، م.؛ اقتصادی عراقی، پ.؛ جمیلی، ش.؛ مطلبی، ع.، ۱۳۸۶. تعیین مقادیر فلزات سنگین Ni و V به عنوان شاخص نفت خام در رسوبات و دوکفه‌ای *Anodont cygnea* تالاب انزلی و تاثیر فعالیتهای نفتی کشورهای حوضه دریای خزر بر این آلاینده ها، سمینار تخصصی نفت، گاز و محیط زیست، ۸ صفحه.

کفیل‌زاده، ف.؛ اسماعیلی ساری، ع.؛ فاطمی، م.ر.؛ وثوقی، غ.ح.؛ جمیلی، ش.، ۱۳۸۲. بررسی رابطه آلودگی های نفتی با تراکم صدف مرواریدساز محار (*Pinctada fucata*) در خلیج فارس. مجله علمی شیلات ایران، سال دوازدهم، شماره ۴: ۱۴۲-۱۲۷.

مرتضوی، ث.؛ اسماعیلی ساری، ع.؛ ریاحی بختیاری، ع.، ۱۳۸۴. تعیین نسبت نیکل و وانادیوم ناشی از آلودگی‌های نفتی در صدف خوراکی *Saccostrea cucullata* و مرواریدساز *pinctada radiata* در حاشیه سواحل استان هرمزگان. مجله منابع طبیعی ایران، جلد ۵۸ ، شماره ۱.

Al-Abdali,F.; Massoud, M.S.; Al-Ghadban, A.N., 1996. Bottom Sediments Of The Persian Gulf-Iii. Trace Metal Contents As Indicators Of Pollution And Implications For The Effect And Fate Of The Kuwait Oil Slick. Environmental Pollution, 3: 285-301.

Al-Ghadban, A.N.; Jacob, P.G.; Abdali, F., 1993. Total organic carbon in the sediments of the Persian Gulf and need for biological productivity investigations. Marine Pollution Bulletin, 28: 356-362.

Beg, M.U.; Al-Muzaini, S.; Saeed, T.; Jacob, P.G.; Beg, K.R.; Al-Bahloul, M.; Al-Matrouk, K.; Al-Obaid, T.; Kurian, A., 2001. Chemical contamination and toxicity of sediment from a coastal area receiving industrial effluents in Kuwait. Archives of Environmental Contamination and Toxicology, 41: 289–297.

de Astudillo, L.R.; Yen, I.C.; Berkele, I., 2005. Heavy metals in sediments, mussels and oysters from Trinidad and Venezuela. Revista de Biologia Tropical, 53: 41–53.

de Mora, S.; Fowler, S.W.; Wyse, E.; Azemard, S., 2004. Distribution of heavy metals in marine bivalves, fish and coastal sediments in the Gulf and Gulf of Oman, Marine Pollution Bulletin, 49: 410-424.

El Tokhi, M.; Abdelgawad, E.; Lotfy, M.M., 2008. Impact of Heavy metals and Petroleum hydrocarbons contamination of the East Port Said Port area, Egypt. Applied Sciences Research, 4: 1788-1798.

El-Moselhy, KH.M., 2006. Distribution of vanadium in bottom sediments from the marine coastal area of the Egyptian Seas. Egyptian journal of aquatic research, 32(1): 12-21.

Food and Agriculture Organization., 2008. Aquaculture

B.L.; Long, E. R., 2001. Relationships between tissue contaminants and defense-related characteristics of oysters (*Crassostrea virginica*) from five Florida bays. Aquatic Toxicology, 55: 203–222.

Pourang, N.; Nikouyan, A.; Dennis, J.H., 2005. Trace element concentrations in fish, surficial sediments and water from northern part of the Persian Gulf. Environmental Monitoring and Assessment, 109: 293–316.

Ropme., 1999. Regional Report of the State of the Marine Environment. Regional Organization for the Protection of The Marine Environment (ROPME). Kuwait. 220 p.

Ruelas-Inzunza, J.R.; Pa´ ez-Osuna, F., 2000. Comparative bioavailability of trace metals using three filter-feeder organisms in a subtropical coastal environment (Southeast Gulf of California). Environmental Pollution. 107: 437–444.

Shulkin, V.M.; Presley, B.J., 2003. Metal concentration in mussel *Crenomytillus grayanus* and oyster *Crassostrea gigas* in relation to contamination of ambient sediment, Environment International, 29: 493- 502.

Sidoumou, Z.; Gnassia-Barelli, M.; Siau, Y.; Morton, V.; Rome´o, M., 2006. Heavy metal concentrations in molluscs from the Senegal coast. Environment International, 32: 384–387.

Silva, C.A.R.; Rainbow, P.S.; Smith, B.D.; Santos, Z.L., 2001. Biomonitoring of trace metal concentration Potengi estuary, Natal (Brazil), using the oyster *Crassostrea rhizophorae*, a local food source. Water Research, 35: 4072-4078.

Soto-Jimenez, M.; F.Paez-Osuna.; F. Morales-Hernandez., 2001. Selected trace metals in oysters (*Crassostrea iridescens*) and sediments from the discharge zone of the submarine sewage outfall in Mazatlán Bay (southeast Gulf of California): chemical fractions and bioaccumulation factors. Environmental Pollution. 114: 357-370.

production: Quantities 1950 – 2006, Fishstat Plus, Available online at http:// www.fao.org/ fi/ statist/ fisoft/FISHPLUS.

Fowler, S.W.; Readman, J.W.; Oregioni, B.; Villeneuve, J. P.; Mckay, K., 1993. Petroleum hydrocarbons and trace metals in nearshore Gulf sediments and biota before and after the 1991 war: an assessment of temporal and spatial trends. Marine Pollution Bulletin, 27: 171-182.

Gundacker, C., 1999. Comparison of heavy metal bioaccumulation in freshwater mollusks of urban river habitats in Vienna. Environmental pollution, 110: 61-71.

Hamed, M.A.; Emara, A.M., 2006. Marine molluscs as biomonitors for heavy metal levels in the Gulf of Suez, Red Sea. Journal of Marine Systems, 60: 220–234.

Hedge, L.H.; Knott, N.A.; Johnston, E.L., 2009. Dredging related metal bioaccumulation in oysters. Marine Pollution Bulletin, 58: 832-840.

Jeng, M.S.; Jeng, W.L.; Hung, T.Ch.; Yeh, Ch.Y.; Tseng, R.J.; Meng, P.J.; Han, B.C., 2000. Mussel Watch: a review of Cu and other metals in various marine organisms in Taiwan, 1991-98. Environmental Pollution, 110: 207-215.

Maret, T.R.; Skinner, K.D., 2000, Concentrations of Selected Trace Elements in Fish Tissues and Streambed Sediment in the Clark Fork-Pend Oreille and Spokane River Basins, Washington, Idaho and Montana. Water Resources Investigations Report, 26 p.

Metwally, M.E.S.; Al-Muzaini, S.; Jacob, P.G.; Bahloul, M.; Urushiagawa, Y.; Sato, S.; Matsmura, A., 1997. Petroleum hydrocarbons and related heavy metals in the near-shore marine sediments of Kuwait. Environment International, 23: 115-121.

Nadal, M.; Schulmacher, M.; Domingo, J.L., 2007. Levels of metals, PCB's PCN's and PAH's in soils of highly industrialized chemical/petrochemical area. chemosphere, 66: 267-276.

Oliver, L.M.; Fisher, W.S.; Winstead, J.T.; Hemmer,

Wright, D.A.; Mihursky J.A.; Phelps, H.L., 1985. Trace metals in Chesapeake Bay oysters: intra-sample variability and its implications for biomonitoring. Marine Environment Reseach, 16: 181–197.

Yap, C.K.; Ismail, A.; Tan, S.G.; Omar, H., 2002. Correlations between speciation of Cd, Cu, Pb and Zn in sediment and their concentrations in total soft tissue of green-lipped mussel *Perna viridis* from the west coast of Peninsular Malaysia, Environment International, 28: 117–128.

Thompson, K.C., 2005. Environmental Toxicity Testing. Blackwell Publishing, 388p.

Usero, J.; Morillo, J.; Gracia, I., 2005. Heavy metal concentrations in molluscs from the Atlantic coast of southern Spain. Chemosphere, 59: 1175–1181.

Veerasingam, S.; Raja, P.; Venkatachalapathy, R.; Mohan, R.; Sutharsan, P., 2010. Distribution of petroleum hydrocarbon concentration in coastal sediment along Tamilnadu Coast, India. Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences. 5: 5-8.