مجله بوم شناسی آبزیان

Journal homepage: http://jae.hormozgan.ac.ir

بررسی هیدروکربن‌های نفتی کل (TPH) و فلزات شاخص (Ni & V) در گاماروس *Pontogammarus maeaoticus* و رسوبات ساحلی دریای‌خزر، استان گیلان

محسن محمدی‌گلنگش[1*]، علی محمد صنعتی[2]، زهرا بزرگ‌پناه[3]

[1] گروه علوم و مهندسی محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه گیلان، صومعه سرا، گیلان

[2] گروه محیط زیست، پژوهشکده خلیج فارس، دانشگاه خلیج فارس، بوشهر

[3] دانش آموخته کارشناسی ارشدآلودگی محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه گیلان، صومعه سرا، گیلان

نوع مقاله:
پژوهشی

تاریخچه مقاله:
دریافت: ۹۶/۰۲/۰۲
اصلاح: ۹۶/۰۶/۱۴
پذیرش: ۹۶/۰۷/۱۴

کلمات کلیدی:
رسوبات
فلزات سنگین
گاماروس
هیدروکربن‌های نفتی

چکیده

سواحل جنوبی دریای خزر، از مهمترین زیستگاه‌های گونه گاماروس*Pontogammarus maeoticus* است. این زیستگاه تحت تاثیر انواع آلاینده های پایدار مانند فلزات سنگین و هیدروکربن های نفتی و مشتقات آنها قرار دارد. در این تحقیق غلظت عناصر شاخص آلاینده های نفتی مانند نیکل، وانادیوم و هیدروکربن های نفتی کل (TPH) در بافت گونه مورد مطالعه و رسوبات پیرامون آن، در ۵ ایستگاه واقع در سواحل استان گیلان بررسی شد. آنالیز فلزات در نمونه های گاماروس و رسوبات با استفاده از دستگاه پلاسمای جفت شده القایی (ICP) انجام گرفت و برای آنالیز ترکیبات نفتی از دستگاه گاز کروماتوگرافی (GC) استفاده شد. نتایج نشان دادند که غلظت آلاینده های نفتی در رسوبات از الگوی وانادیوم > نیکل > هیدروکربن نفتی کل، پیروی کرده و الگوی تجمع آلاینده‌ها درگاماروس ها به صورت هیدروکربن نفتی کل > نیکل > وانادیوم بوده است. نتایج بیانگر همبستگی بالا بین غلظت وانادیوم و نیکل در رسوب و گاماروس بوده و نتایج به دست آمده از آنالیزخوشه ای، نشان داد که منشأ وانادیوم متفاوت از TPH و نیکل است که بیانگر وجود منبع دیگر وانادیوم در منطقه می‌باشد. غلظت وانادیوم، به ویژه در ایستگاه رضوانشهر، فراتر از حد مجازRSA قرار داشت. از میان رسوبات ایستگاه های مختلف، فقط ایستگاه انزلی از نظر آلودگی به هیدروکربن های نفتی کل در محدوده آلودگی متوسط قرار گرفت. میزان شاخص تجمع زیستی (BSAF) برای TPH، در تمامی ایستگاه ها، بالاتر از ۱ به دست آمد. بنابراین گاماروس می‌تواند شاخص زیستی مناسبی برای TPH در منطقه باشد.

مقدمــه

در دنیای امروز، مسئله آلودگی اکوسیستم‌ها در اثر فعالیت‌های ملی و بین‌المللی پیامدی اجتناب‌ناپذیر است. باوجود اجرای برخی اقدامات کنترلی و نظارتی همواره بخش عظیمی از اکوسیستم‌ها تحت تأثیر آلاینده‌ها قرار دارند و گونه‌های جانوری و گیاهی زیادی مورد تهدید واقع می‌شوند (Weis, 2015). دریای خزر توسط پنج کشور ایران، روسیه، آذربایجان، ترکمنستان و قزاقستان که در اطراف آن قرار دارند، در معرض انواع آلودگی‌های زیست‌محیطی است (CEP, 2005). این دریا با وسعت

* نویسنده مسئول، پست الکترونیک: m_mohammadi@guilan.ac.ir

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-23]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1397.7.4.2.7]

۴۳۶هزار کیلومترمربع، بزرگ‌ترین پیکره آبی محصور در خشکی است (Ketek Lahijani *et al*., 2008). هیدروکربن‌های نفتی با تنوع مشتقات و درجه مسمومیت متفاوت در کنار فلزات سنگین از مهم‌ترین گروه آلاینده‌هایی به شمار می‌روند که نگرانی‌های زیادی را برای محیط‌زیست به ویژه در اکوسیستم های آبی به وجود آورده‌اند (Soliman and Wade, 2008). هیدروکربن‌های نفتی در سطح دریا و خشکی، به دلیل سمّیت، سرطان‌زایی، ایجاد تغییرات موتاژنیک، تهدیدی جدی برای سلامت انسان و سایر موجودات زنده اعم از گیاهان و جانوران به شمار می‌آیند (Chanieau *et al*., 2005). از مهم‌ترین منابع ورود آلاینده‌های نفتی به دریای خزر را می‌توان به اکتشاف، استخراج و انتقال نفت، تخلیه‌ی آب توازن کشتی ها، تخلیه مواد نفتی به هنگام شستشوی تانکرهای نفت‌کش و تصادفات دریایی اشاره کرد (CEP, 2005). فلزات سنگین از آلاینده‌های متداول دریای خزر می‌باشند که از طریق فعالیت‌های انسانی نظیر سوخت‌های فسیلی، کودهای کشاورزی، فاضلاب‌های شهری و صنعتی و دفن پسماندهای صنعتی به میزان زیاد وارد اکوسیستم‌های آبی می‌شوند (Gong *et al*., 2009). نیکل و وانادیوم از مهم‌ترین فلزاتی هستند که در نفت خام وجود دارند و به همین جهت به عنوان شاخص آلودگی نفتی محسوب می‌شوند (Wang *et al*., 2010). هیدروکربن‌های نفتی و فلزت سنگین، بعد از ورود به دریا تحت تأثیر تغییرات گسترده فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی قرار می‌گیرند. اما پس از طی مراحل مختلف چرخه‌های زیستی و غیر زیستی، در بستر دریا به‌عنوان آخرین بخش دریافت‌کننده آلاینده‌های پایدار تجمع خواهند یافت (Mille, 2007). این آلاینده‌ها، به‌مرور از رسوبات نیز جدا و از مسیرهای مختلف وارد بدن آبزیان می‌شوند تا این چرخه تکرار شود و در این فرایند بخشی از آن‌ها نیز وارد زنجیره غذایی انسان می‌گردند (Mohammed and Markert, 2006). ورود آلاینده‌های پایدار نفتی و فلزات به شبکۀغذایی، با توجه به درجه مسمومیت و مقدار تجمع، اثرات مزمن و حاد را برای انسان به دنبال خواهد داشت (El-Safty, 2014). برخی موجودات آبزی نظیر سخت‌پوستان می‌توانند فلزات سنگین و هیدروکربن‌های نفتی را از طریق غذا، آب و رسوبات جذب کنند (Scarlett *et al*., 2007). بر همین اساس بعضی از سخت پوستان به‌عنوان شاخص زیستی[1] و برخی به عنوان تجمع دهنده‌ی زیستی[2] مناسب معرفی می‌شوند (Lewtas *et al*., 2014). از جمله این سخت‌پوستان می‌توان به گونه‌های مختلف گاماروس اشاره کرد که در رسوبات سواحل دریای خزر و حوضه‌های آبخیز اطراف آن از پراکندگی قابل ملاحظه‌ای برخوردار می‌باشند. این جانوران کفزی، از شاخه بندپایان (Arthopoda) و زیرشاخه سخت‌پوستان (Crustacea) می‌باشند (Ghareyazie *et al*., 2012). تحقیقات بسیاری بر روی تجمع فلزات سنگین و هیدروکربن‌های نفتی توسط گونه‌های مختلف گاماروس در اکوسیستم‌های آبی جهان صورت گرفته است که می‌توان به مطالعات Soliman و Wade (2008) در می‌سی‌سی‌پی، Pastorinho و همکاران (2009) در مصب رودخانه موندگو در کشور پرتغال، Neff و Durell (2012) در کانادا و Olsen و همکاران (2016) در آب‌های عمیق گرینلند اشاره نمود. گاماروس‌ها که از ذرات آلی و بقایای موجودات تغذیه می‌کنند، در زنجیره‌های غذایی از اهمیت بالایی برخوردارند و از منابع مهم غذایی برای بسیاری از ماهیان با ارزش از جمله کفال، کپور، گاوماهی و نیز پرندگان به شمار می‌آیند (Mirzajani *et al*., 2011). استان گیلان یکی از استان‌های شمالی کشور ایران است که در جنوب غربی دریای‌خزر واقع شده است و فعالیت‌های انسانی بسیاری که در پیرامون مناطق ساحلی این استان انجام می شود، سبب ورود حجم زیادی از انواع آلاینده‌های آلی و معدنی از طریق رواناب‌های سطحی به دریای خزر می گردند (Ketek Lahijani *et al*., 2008). با توجه به تنوع فعالیت‌های خشکی در منطقه مانند کشاورزی، فعالیت های صنعتی و معدنی در کنار فعالیت‌های دریایی مانند حمل و نقل دریایی در بندر انزلی و آستارا و برنامه طرح‌های توسعه‌ای در این بخش‌ها، منابع آلاینده داخلی از روند افزایشی برخوردار می‌باشند. از طرف دیگر، با توجه به مرز مشترک سواحل دریای خزر در استان گیلان با کشور آذربایجان که سال‌ها به اکتشاف نفت در دریای خزر فعالیت دارد و با در نظر گرفتن جهت جریان‌های غالب دریای خزر که به سمت جنوب شرقی است، بخش قابل ملاحظه‌ای از بار آلودگی مربوط به فعالیت های نفتی کشور آذربایجان می تواند از طریق همین جریان‌های غالب دریایی به سمت سواحل دریای خزر در استان گیلان منتقل شود. وجود گونه‌های ارزشمند ماهیان خاویاری و فوک خزری در این اکوسیستم باعث شده است تا این دریاچه از لحاظ اکولوژیک در سطح جهانی مورد توجه واقع شود. از طرفی

[1] Bioandicator
[2] Bioaccumulation

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-23]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1397.7.4.2.7]

رونق صید ماهیان استخوانی در این دریاچه نیز باعث شده است تا سهم قابل ملاحظه‌ای از سبد غذایی مردمان حاشیه خزر به آبزیان این دریاچه اختصاص یابد. لذا پایش انواع آلاینده‌ها در این اکوسیستم علاو بر جنبه‌های اکولوژیک از نظر سلامت عمومی در سطح منطقه نیز بسیار حائز اهمیت است. بنابراین بررسی غلظت فلزات سنگین وانادیوم و نیکل به همراه هیدروکربن‌های نفتی کل[3] (TPH)، در رسوبات به عنوان بخش غیر زنده و در رش ساحلی *Pontogammarus maeoticus* به عنوان بخشی ارزشمند از زنجیره غذایی این اکوسیستم، می تواند در جهت مدیریت زیست محیطی و سلامت عمومی ساکنین منطقه بسیار مفید باشد.

مواد و روش‌ها

در این مطالعه فلزات نیکل و وانادیوم به همراه هیدروکربن های نفتی کل در گاماروس و رسوبات پیرامونی آن در سواحل جنوبی دریای خزر مورد بررسی قرار گرفت. در سواحل جنوبی دریای‌خزر، چهارگونه گاماروس شناسایی شده‌اند که عبارت اند از:*Pontogammarus maeoticus* ، *Pontogammarus borcea* ، *Obesogammarus crassus*، *Gammarus aequicauda* (Pjatakova and Tarasov, 1999). تقریباً در تمام سواحل جنوبی دریای‌خزر به جز خلیج‌گرگان و گمیشان، گونه *Pontogammarus maeoticus* یا رش ساحلی، گونه غالب و فراوان سواحل خزر معرفی شده است (Janparvar Javdani, 2015). نمونه‌برداری از گونه گاماروس *Pontogammarus maeoticus* و رسوبات پیرامونی آن در ۵ منطقه شامل (رضوانشهر، انزلی، چمخاله، کیاشهر وچابکسر) در سواحل دریای‌خزر، در استان‌گیلان مطابق شکل (۱) انجام شد. برخی از پارامترهای محیطی مربوط به آب مانند (دما، شوری و pH) در محل نمونه برداری اندازه‌گیری گردید. مشخصات طول و عرض جغرافیایی ایستگاه‌های مورد مطالعه به همراه مقادیر فاکتورهای محیطی، در جدول ۱ ارائه شده است.

نمونه برداری در هر ایستگاه از سه نقطه با طول تقریبی یک کیلومتر انجام گرفت و سه نمونه ترکیبی از گاماروس با وزن‌تر حدود ۵۰ گرم تهیه شد. همچنین از همان زیستگاه تعداد سه نمونه ترکیبی رسوب با وزن حدود ۲۰۰ گرم جمع آوری شد. نمونه‌های رسوب مربوط به فلزات سنگین با استفاده از بیلچه پلاستیکی در ظروف پلی اتیلنی قرارداده شدند. برای آنالیز هیدروکربن‌های نفتی کل، نمونه‌ها با استفاده از بیلچه استیل در ظروف شیشه‌ای جمع آوری شدند. نمونه‌های گاماروس از رسوبات با استفاده از الک با مش ۱ میلی‌متر برداشته شدند تا پس از شتسشو با آب دریا رسوبات به خوبی جدا شوند. در مجموع ۳۰ نمونه ترکیبی جهت آماده‌سازی و آنالیز تهیه گردید و نمونه‌های گاماروس و رسوب جمع آوری شده از هر ایستگاه، به طور جداگانه در ظروف مخصوص برچسب دار قرار داده شدند. نمونه‌ها پس از قرار گرفتن در یخدان یونولیتی حاوی یخ خشک، به آزمایشگاه انتقال داده شدند.

جدول ۱. موقعیت جغرافیایی ایستگاه های نمونه برداری و مقادیر پارامترهای محیطی

شماره ایستگاه	نام ایستگاه	مختصات جغرافیایی		دما (C °)	شوری(٪)	pH
		عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی			
۱	رضوانشهر	۳۷° ۳۴' ۴۷"	۴۹° ۱۱' ۰۷"	۲۱/۴	۸/۹	۸/۳۲
۲	انزلی	۳۷ °۲۹ '۳۸"	۴۹° ۲۳' ۴۵"	۲۲	۸/۳۵	۸/۷
۳	کیاشهر	۳۷° ۲۵' ۴۲"	۴۹° ۵۸' ۵۰ "	۲۳/۱	۸/۸	۸/۲
۴	چمخاله	۳۷° ۱۳' ۲۴"	۵۰ ° ۱۶' ۰۷"	۲۲/۵	۹/۵	۸/۳۲
۵	چابکسر	۳۶° ۵۹' ۳۲"	۵۰ ° ۳۲' ۴۴"	۲۲/۴	۸/۵	۸/۲۷

[3] Total Petroleum Hydrocarbons

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-23]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1397.7.4.2.7]



شکل ۱. موقعیت ایستگاه‌های مورد مطالعه در استان گیلان

آماده سازی نمونه‌ها جهت آنالیز فلزات سنگین

نمونه‌های گاماروس مربوط به هر ایستگاه که به وزن تقریبی ۵۰ گرم جمع آوری شده بودند، ابتدا به منظور آنالیز فلزات سنگین بافت‌های گاماروس به مدت ۲۴ ساعت در آون با دمای ۱۰۵ درجه سانتیگراد قرارداده شدند تا کاملاً خشک شوند (AQAC, 1990). نمونه‌های رسوب نیز به مدت ۱۶ ساعت در آون با دمای ۱۰۵ درجه سانتیگراد کاملاً خشک شدند. پس از کنترل نمونه‌ها و رسیدن به وزن ثابت، نمونه‌های خشک شده با کمک هاون‌چینی، کاملاً پودر شده و از الک استیل ۶۳ میکرون عبورداده شدند. سپس عملیات هضم تر بر روی یک گرم از نمونه آماده شده با استفاده از اسید نیتریک غلیظ (٪۶۵) و اسید پرکلریک (۶۰ ٪) به نسبت ۴:۱ انجام شد. عمل هضم نمونه‌ها ابتدا در دمای ۴۰ درجه سانتیگراد و سپس در دمای ۱۴۰ درجه سانتی‌گراد ادامه یافت. نمونه‌های هضم شده با آب دیونیزه حجم رسانی شدند و تازمان اندازه‌گیری غلظت فلزات در یخچال نگهداری شدند (Yap *et al.*, 2002). آنالیز فلزات در نمونه‌های رسوب و گاماروس با استفاده از دستگاه ICP-OES مدل Liberty RL انجام شد.

آماده سازی نمونه‌ها جهت آنالیز هیدروکربن‌های نفتی کل

جهت تعیین هیدروکربن‌های نفتی کل در نمونه‌های رسوب و بافت گاماروس ابتدا نمونه‌ها با استفاده از فریز درایر خشک شدند و پس از پودر و همگن سازی مقدار ۵ گرم از نمونه توزین شد و عمل استخراج با استفاده از مخلوط حلال هگزان/ دی کلرومتان (۱:۱) با دستگاه سوکسوله در مدت ۸ ساعت انجام گرفت. در پایان، حجم نمونه استخراج شده با روتاری تا ۱۵ میلی لیتر تغلیظ شد (دمای حمام آب کمتر از ۳۰ درجه در نظر گرفته شد). سپس نمونه با جریان ملایم گاز نیتروژن به ۱ میلی لیتر کاهش داده شد و نهایت غلظت ترکیبات آلی C_{10}-C_{33} به عنوان هیدروکربن‌های کل با استفاده از دستگاه گاز کروماتوگرافی GC-Agilent – 7890 با آشکارساز یونیزان شعله‌ای آنالیز گردید (ROPME 1999; Khoshbavar-Rostami, 2012).

آنالیز آماری

در ابتدا بررسی نرمال بودن داده‌ها با آزمون Kolmogorov-Smirnov انجام شد و از آزمون تجزیه واریانس یکطرفه ANOVA برای مقایسه میانگین غلظت آلاینده‌های اندازه گیری شده در رسوب و بافت زنده و نیز از آزمون Tukey HSD جهت مقایسه چندگانه در سطح اطمینان ۹۵ درصد استفاده شد. همبستگی بین غلظت آلاینده‌ها در رسوب و گاماروس با استفاده از آزمون همبستگی پیرسون بررسی شد. از آنالیز خوشه‌ای به روش Average Linkage (Between Group) جهت تعیین منشاء آلاینده‌های نفتی استفاده گردید. کلیه آنالیزهای آماری با استفاده از نسخه ۲۳ نرم افزار SPSS انجام شد. به منظور تعیین

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-23]
[DOR: 20.1001.1.23222751.1397.7.4.2.7]

تجمع زیستی (BSAF)[4] آلاینده‌ها در نمونه‌های گاماروس، از رابطه $BSAF= C_b/C_s$ استفاده شد که C_b غلظت آلاینده در موجود زنده و C_S غلظت همان آلاینده در رسوب می‌باشد (Keshavarzifard *et al.*, 2017).

نتایـج

نتایج حاصل از آزمون ANOVA نشان داد که بین غلظت نیکل، وانادیوم و هیدروکربن‌های نفتی کل در نمونه‌های گاماروس در ۵ ایستگاه مورد مطالعه، تفاوت معناداری وجود داشت (P<۰/۰۵). همچنین بین غلظت آلودگی نفتی در نمونه‌های رسوبات در ایستگاه‌های مورد مطالعه، اختلاف معناداری به دست آمد (P<۰/۰۵). نتایج مربوط به غلظت نیکل، وانادیوم و هیدروکربن‌های نفتی کل در گونه *Pontogammarus maeoticus* مطابق جدول۲ نشان می‌دهد که شرق استان از بیشترین مقدار بار آلودگی عناصر برخوردار بوده است. همچنین نتایج غلظت آلاینده‌های نفتی در رسوبات، مطابق جدول ۳ نشان می‌دهد رسوبات نواحی شرقی استان نیز از غلظت بیشتر عناصر سنگین برخوردار می باشند اما با توجه به نتایج جداول ۱و ۲، بار آلودگی ترکیبات آلی در منطقه غرب بیشتر از شرق استان است.

جدول ۲. نتایج حاصل از مقایسه غلظت آلاینده‌ها (برحسب µg/g dw) در گونه *Pontogammarus maeoticus* در ایستگاه‌های مورد مطالعه (میانگین ± انحراف از معیار)

	رضوانشهر	انزلی	کیاشهر	چمخاله	چابکسر	میانگین کل
نیکل	۲/۱±۰/۰۲^{b}	۱/۹±۰/۰۴^{c}	۱/۶± ۰/۰۱^{e}	۱/۸±۰/۰۱^{d}	۳/۸± ۰/۰۴^{a}	۲/۳±۰/۸۲
وانادیوم	۲/۱±۰/۰۵^{b}	۱/۱±۰/۰۱^{d}	۱/۷±۰/۰۲^{c}	۱/۱±۰/۰۱^{d}	۴/۶± ۰/۰۵^{a}	۲/۱±۱/۳۰
هیدروکربن نفتی کل	۲۲/۲±۰/۰۲^{d}	۲۹/۲±۰/۰۷^{c}	۵۹/۱±۰/۱۱^{a}	۴۷/۲±۰/۰۰۴^{b}	۱۵/۴±۰/۰۲^{e}	۳۴/۶±۲/۷۵

مقادیر مشخص شده با حروف متفاوت، نشانگر تفاوت معنی‌داری بین ایستگاه‌های مختلف (P<۰/۰۵) در آزمون توکی می‌باشد.

جدول ۳. نتایج حاصل از مقایسه غلظت آلاینده ها (برحسب µg/g dw) در رسوبات ایستگاه‌های مورد مطالعه (میانگین ± انحراف از معیار)

	رضوانشهر	انزلی	کیاشهر	چمخاله	چابکسر	میانگین کل
نیکل	۲۰/۲±۰/۰۱^{a}	۱۱/۵±۰/۱^{c}	۶/۷± ۰/۰۴^{e}	۸/۳±۰/۰۳^{d}	۱۶/۴± ۰/۱^{b}	۱۳/۳±۵/۲۴
وانادیوم	۶۱/۲±۰/۱۵^{a}	۳۰/۲ ±۰/۰۷^{d}	۲۹/۹±۰/۰۴^{d}	۳۷/۸±۰/۰۱^{c}	۳۹/۹±۰/۰۰۵^{b}	۳۹/۸±۳/۸۱
هیدروکربن نفتی کل	۹/۳±۰/۰۳^{b}	۱۰/۲±۰/۰۵^{a}	۸/۲±۰/۰۳^{c}	۷/۶±۰/۰۱^{d}	۶/۲±۰/۰۵^{e}	۸/۳±۱/۴۰

مقادیر مشخص شده باحروف متفاوت، نشانگر تفاوت معنی‌داری بین ایستگاه‌های مختلف (P<۰/۰۵) در آزمون توکی می‌باشد.

نتایج حاصل از آزمون Tukey نشان داد که بیشترین میزان نیکل در نمونه‌های *Pontogammarus maeoticus* متعلق به ایستگاه چابکسر، با غلظت ۳/۸ میکروگرم برگرم وکمترین غلظت نیکل برای ایستگاه کیاشهر به‌میزان ۱/۶ میکروگرم برگرم بوده است. دررسوبات، بیشترین تجمع نیکل، در ایستگاه رضوانشهر با غلظت ۲۰/۲میکروگرم برگرم و کمترین میزان نیکل در ایستگاه کیاشهر با غلظت ۶/۷ میکروگرم برگرم مشاهده شد. در نمونه‌های گاماروس، بیشترین تجمع عنصر وانادیوم در ایستگاه چابکسر و کمترین میزان وانادیوم در ایستگاه انزلی به ترتیب با مقادیر ۴/۶ و ۱/۱میکروگرم برگرم اندازه‌گیری شد. همچنین در رسوبات ایستگاه رضوانشهر، بالاترین میزان وانادیوم با ۶۱/۲ میکروگرم برگرم و در رسوبات کیاشهر، کمترین غلظت وانادیوم به مقدار ۲۹/۹ میکروگرم برگرم به دست آمد. بیشترین وکمترین تجمع هیدروکربن‌های نفتی کل، در بافت‌های گاماروس به ترتیب در ایستگاه‌های کیاشهر با غلظت ۵۹/۱ میکروگرم برگرم و چابکسر با غلظت ۱۵/۴ میکروگرم برگرم به دست آمد. در رسوبات بیشترین غلظت هیدروکربن نفتی کل در ایستگاه انزلی به میزان ۱۰/۲میکروگرم برگرم، اندازه‌گیری شد. کمترین

[4] Biota-sediment accumulation factor

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-23]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1397.7.4.2.7]

هیدروکربن نفتی کل در رسوبات چابکسر به مقدار ۶/۲ میکروگرم برگرم، مشاهده شد. براساس آنالیز همبستگی پیرسون (جدول۴)، همبستگی مثبت و بالایی بین غلظت وانادیوم و نیکل (r =۰/۹۲) و همچنین همبستگی منفی و معنی‌داری بین تجمع نیکل و هیدروکربن های نفتی کل (r = - ۰/۶۶) و نیز بین وانادیوم و هیدروکربن های نفتی کل (r =-۰/۷۰) در نمونه‌های رسوب و گاماروس برقرار بوده است.

جدول ۴. همبستگی آلاینده‌های نفتی در رسوبات و بافت‌های گاماروس در منطقه مورد مطالعه

	Ni	Va	TPH
Ni	۱		
Va	۰/۹۲۴**	۱	
TPH	-۰/۶۶۷*	-۰/۷۰۸*	۱

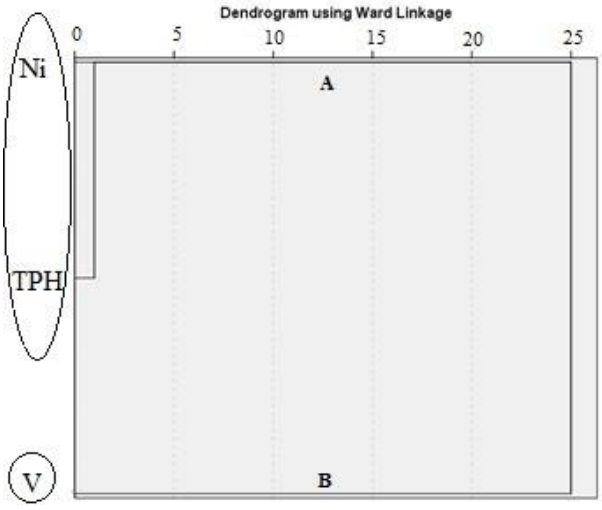
*همبستگی با احتمال خطای کمتر از ۰/۰۵ معنی دار است.**همبستگی با احتمال خطای کمتر از ۰/۰۱ معنی دار است.

نتایج محاسبه شاخص BSAF برای نیکل، وانادیوم و هیدروکربن های نفتی کل (TPH) در جدول ۵ آمده است. میزان BSAF برای فلز وانادیوم در تمام ایستگاه‌ها کمتر از ۱ به دست آمد. این شاخص برای فلز نیکل تنها در ایستگاه انزلی BSAF>۱ مشاهده شد. برای هیدروکربن‌های نفتی کل در گاماروس‌های تمام ایستگاه‌ها BSAF>۱ به دست آمد.

جدول ۵. نتایج محاسبه مقادیرBSAF برای نیکل، وانادیوم و هیدروکربن های نفتی کل(TPH) در گاماروس های ایستگاه‌های مختلف

	رضوانشهر	انزلی	کیاشهر	چمخاله	چابکسر
نیکل	۰/۱	۱/۶۸	۰/۲۳	۰/۲۱	۰/۲۳
وانادیوم	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۵	۰/۰۳	۰/۱۱
TPH	۲/۳۸	۲/۸۷	۷/۱۸	۶/۱۷	۲/۴۷

نتایج به دست آمده از آنالیز خوشه‌ای برروی رسوبات منطقه، در شکل ۲ ارائه شده که دندوگرام به دست آمده، از دو شاخه A و B تشکیل شده است. نیکل و هیدروکربن های نفتی کل (TPH) در شاخه A و تحت ضرایب تشابه بسیار بالا و معنی دار با هم ارتباط داشته و احتمالاً تحت تأثیر عوامل کنترل کننده یکسان قراردارند. وانادیوم در شاخه B به تنهایی قرار گرفته است که نشان می‌دهد، منشأ وانادیوم متفاوت از آن دو بوده است.



شکل ۲. نمودار دندروگرام به دست آمده از آزمون خوشه‌ای

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-23]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1397.7.4.2.7]

بحث

نتایج نشان داد که میزان فراوانی آلاینده‌های نفتی در رسوبات از الگوی TPH < Ni < V پیروی کرده است و میزان تجمع فلز وانادیوم و سپس نیکل از میزان هیدروکربن های نفتی کل در رسوبات ۵ ایستگاه بالاتر به دست آمد. با توجه به مکان‌های نمونه برداری که در بخش‌های ساحلی واقع شده‌اند، این الگوی تغییرات را می‌توان به تجزیه گروه آلاینده‌های نفتی کل (TPH) نسبت داد و فرایندهای مختلف نوری، فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی، می توانند سبب تجزیه این آلاینده‌های آلی شوند. بنابراین غلظت این آلاینده‌ها در محیط کمتر از عناصری است که بخشی از غلظت آنها از تجزیه همین ترکیبات به محیط زیست منطقه وارد می‌شود. به عقیده Bastami و همکاران (2015)، آلودگی نفتی، تخلیه آب توازن از تانکر نفتکش‌ها و فرسایش خاک، از مهمترین عوامل افزایش فلز وانادیوم، در سواحل استان‌گیلان می‌باشد. Pourang و همکاران (2005)، عنوان کردند که سهم قابل ملاحظه‌ای از غلظت بالای وانادیوم در خلیج فارس وابسته به تخلیه نفت و آب توازن کشتی‌ها در منطقه می‌باشد. آنها بیشترین غلظت وانادیوم را در رسوبات سواحل قشم و بندرلنگه که فعالیت‌های نفتی در آنها بالاست، گزارش نمودند. پس از وانادیوم فلز نیکل بالاترین غلظت را در رسوبات از خود نشان می‌دهد. به طور کلی مجتمع‌های پتروشیمی، صنایع شیمیایی، فاضلاب‌های شهری و صنعتی نقش بسزایی در انتقال نیکل به محیط آبی دارند (Nadal *et al*., 2007). نیکل و وانادیم به عنوان فلزات شاخص نفت خام هستند و نتایج مطالعات در رسوبات مناطق مختلف جهان از جمله بررسی‌های El Tokhiو همکاران (2008)، در سواحل مصر، Gong و همکاران (2009) و Wang وهمکاران (2010) در سواحل چین، نشان می‌دهد که بخش عمده بار آلودگی وانادیوم و نیکل وابسته به آلودگی‌های نفتی می‌باشد. این در حالی است که در برخی مطالعات، بخش قابل توجهی از فلز نیکل تجمع یافته در رسوبات را وابسته به منابع طبیعی و پدیده‌های زمین شناختی دانسته‌اند. De Mora و همکاران در سال ۲۰۰۴ با بررسی غلظت نیکل در رسوبات سواحل دریای عمان دریافتند که رسوبات این سواحل دارای میزان بالای نیکل بوده و بیشترین غلظت نیکل در سواحل جزیره Masirah به دست آمد. در حالی که این بخش از سواحل دارای کمترین فعالیت‌های انسانی است. این محققین منشأ نیکل در سواحل عمان را طبیعی و مرتبط به سنگ Ophiolites دانستند. در مطالعه حاضر ایستگاه انزلی دارای بالاترین میزان هیدروکربن نفتی در رسوبات نسبت به سایر ایستگاه‌ها بود. بندر انزلی در کناره جنوبی دریای‌خزر از قدیمی‌ترین بنادر ایران است که همواره از حجم بالای فعالیت کشتیرانی برخوردار بوده است. فعالیت‌های بندری از راه‌های مختلف از جمله تخلیه مواد زائد نفتی کشتی‌ها، تخلیهٔ آب توازن آلوده به مواد نفتی و تصادفات دریایی می‌توانند موجب آلودگی نفتی و آسیب به محیط‌زیست دریایی شوند (El-Moselhy, 2006). نتایج تحقیق Tolosa (2004)، نشان داد که غلظت کل آلکان های نرمال در رسوبات شمال دریای خزر کمتر از ۱ µg/g و در سواحل جنوبی خزر بین ۱۷-۵ /۰ µg /g متغیر بوده و دارای آلودگی متوسط است. بر اساس نتایج این تحقیق تجمع آلاینده‌های نفتی درگاماروس در ایستگاه‌های مختلف، از الگوی تغییرات V < Ni < TPH برخوردار بود و میزان هیدروکربن نفتی کل در رسوبات ۵ ایستگاه بالاتر از میزان تجمع فلز نیکل و وانادیوم به دست آمد. با توجه به اینکه بخش عمده بدن گونه‌های جانوری از جمله گاماروس از چربی و پروتئین تشکیل شده است، بنابرین آلاینده های آلی نسبت به فلزات سنگین از قابلیت تجمع بیشتری برخوردار می باشند. در بین عناصر سنگین، جهت مقایسه جذب زیستی بین عناصر ضروری و غیر ضروری مشاهده می شود که غلظت عناصر غیر ضروری در بدن موجودات کمتر از عناصر ضروری است (Olsen *et al*., 2016). در این مطالعه، بیشترین مقادیر وانادیوم و نیکل درگاماروس، مربوط به ایستگاه چابکسر بود. بیشترین مقادیر وانادیوم و نیکل، در رسوبات ایستگاه رضوانشهر وکمترین غلظت این فلزات در رسوبات کیاشهر مشاهده شد. بررسی‌های آماری، همبستگی بالا و مثبت را بین نیکل و وانادیوم (r =۰/۹۲) تأیید کرد. نتایج **BSAF** به منظور بررسی توان تجمع آلاینده‌ها در گاماروس ایستگاه‌های مورد مطالعه مطابق (جدول ۵)، بیانگر آن است که تجمع عناصر وانادیوم و نیکل در بدن گاماروس عمدتا" کمتر از غلظت این عناصر در رسوبات است، این موضوع نشان می دهد این گونه در ایستگاه‌های مورد نمونه‌برداری، نمی تواند تجمع دهنده خوبی برای فلزات سنگین نیکل و وانادیوم محسوب شود. در مطالعه Lewtas و همکاران (2014) در استرالیا نیز به نتایج مشابهی دست یافتند که فلزات سنگین تجمع یافته در بدن نوعی سخت پوست کمتر از تجمع این فلزات در رسوبات بوده است. گاماروس‌ها از متداول‌ترین ماکروبنتوزهای دریای‌خزر هستند که به‌دلیل رژیم غذایی ریزه خواری، به شدت در

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-23]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1397.7.4.2.7]

معرض آلاینده‌هایی قرار دارند که در رسوبات تجمع می‌یابند. گاماروس‌ها در سطوح دوم و سوم زنجیره غذایی بوده و نقش مهمی در تغذیه ماهیان با ارزش اقتصادی ایفا می‌نمایند (Janparvar Javdani, 2015).) . نتایج جدول (۵) نشان می‌دهد که شاخص تجمع زیستی، BSAF، برای هیدروکربن‌های نفتی کل در مطالعه حاضر در تمامی ایستگاهها، از ۱ بالاتر بوده است که نشان می‌دهد نمونه‌های گاماروس در مقایسه با رسوبات، انباشتگر بهتری برای هیدروکربن های نفتی کل به شمار می‌آیند. این موضوع علاوه اینکه به ساختار و ترکیبات چربی دوست بدن آنها مرتبط است بلکه می‌تواند به نوع تغذیه گاماروس‌ها نیز وابسته باشد. به طورکلی هیدروکربن‌های نفتی موجود در رسوبات یا منشأ طبیعی دارند و یا ناشی از فعالیت‌های انسانی هستند (Defeo *et al*., 2009). دراکوسیستم های دریایی، هیدروکربن‌های با منشأ طبیعی در نتیجه تجزیه زیست توده‌های جانوری و گیاهی وارد محیط می شوند و هیدروکربن‌های نفتی با منشأ فعالیت‌های انسانی بیشتردر اثر نشت نفت خام و ترکیبات فراوری شده آن و یا از انتشار سوخت‌های فسیلی توسط وسایل حمل و نقل دریایی وارد این اکوسیستم ها می‌شوند (Frantzen *et al*., 2015). در مطالعه ای که توسط Neff و Durell (2012) انجام شد، میزان هیدروکربن‌های نفتی موجود در رسوبات و آمفیپودهای گونه *Anonyx nugax* در طی سالهای ۱۹۹۹ تا ۲۰۰۶ در دریای بوفورت در شمال غربی کشورکانادا مورد بررسی قرارگرفت. نتایج آنالیزهای ترکیبات نفتی موجود در بافت‌های آمفی‌پود در آن مطالعه، نشان داد که هیدروکربن نفتی کل موجود در بافت زنده در نتیجه تغذیه آمفی پودها از زئوپلانکتونهای کوچک‌تر، فرسایش سواحل و عوارض طبیعی زمین بوده و منشأ هیدروکربن‌های نفتی در آمفی‌پود *Anonyx nugax*، عمدتاً انسانی نبوده است. در جدول۶، مقایسه غلظت فلزات در رسوبات منطقه مورد مطالعه با راهنمای کیفیت رسوب آمریکا (Long *et al*., 1995)NOAA و نیز استاندارد کشورهای حوضه خلیج فارس (RSA Ropme, 1999) آورده شده است. در راهنمای آمریکا دو سطح برای آلودگی فلزات مطرح شده که به صورت حد تاثیر کم[5] (ERL) و حد تاثیر متوسط[6] (ERM)، بیان شده است. غلظت نیکل در رسوبات منطقه مورد مطالعه از حد استاندارد بین المللی پایین‌تر می‌باشد. لیکن میزان وانادیوم در رسوبات، به ویژه در ایستگاه رضوانشهر با غلظت ۶۱/۱۶ میکروگرم برگرم، از حداستاندارد RSA فراتر است که این مسئله می تواند در دراز مدت اثرات منفی بر موجودات زنده داشته باشد. مطابق جدول ۷، رسوبات مناطق ساحلی به لحاظ شدت آلودگی به هیدروکربن‌های نفتی کل در سه دسته قرار خواهند گرفت. این کلاسه‌بندی اولین بار توسط Esteves و Commendatore (2007) انجام شد. از مقایسه نتایج به دست آمده در جدول ۳ با تقسیم‌بندی انجام‌شده در جدول ۷، مشخص می‌شود که رسوبات ایستگاه‌های مختلف، از نظر هیدروکربن‌های نفتی کل، از آلودگی کمی برخوردار هستند و بر اساس این تقسیم‌بندی تنها ایستگاه انزلی در محدوده آلودگی متوسط قرار دارد.

جدول ۶ . مقایسه غلظت نیکل و وانادیوم (µg/g dw) در رسوبات ایستگاه‌های موردمطالعه با استانداردهای بین‌المللی

منبع	V	Ni
(Long *et al*., 1995)	-	۲۰/۹ NOAA(ERL)
(Long *et al*., 1995)	-	۵۱/۶ NOAA(ERM)
(ROPME,1999)	۲۰-۳۰	۷۰-۸۰ RSA
مطالعه حاضر	۳۹/۷۷	۱۳/۳۴

جدول ۷ . تقسیم بندی رسوبات مناطق ساحلی به لحاظ غلظت هیدروکربن‌های نفتی کل(TPH) بر حسب (µg/g dw)

میزان TPH (µg/g dw)	TPH<۱۰	۱۰≤ TPH <۱۰۰	۱۰۰≤ TPH <۱۰۰۰
شدت آلودگی	کم	کم تا متوسط	متوسط تا زیاد

[5] Effects Range-Low
[6] Effects Range-Median

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-23]
[DOR: 20.1001.1.23222751.1397.7.4.2.7]

تحلیل درخت خوشه‌ای (شکل۲) در رسوبات ساحلی خزر، گویای شباهت توزیع نیکل و هیدروکربن های نفتی کل با یکدیگر و یکسان بودن منشأ آن‌هاست، چراکه کم بودن فاصله خوشه‌ای، نشان‌دهنده درجه مشابهت بالا است. به‌طورکلی وانادیوم، فلز شاخص آلودگی نفتی است (El-Moselhy, 2006) و با توجه به بالاتر بودن وانادیوم نسبت به استاندارد RSA، به نظر می‌رسد که در رسوبات وگاماروس‌های ایستگاه‌های مورد بررسی، بیشترین منشأ ورودی وانادیوم، را می‌توان مستقل و وابسته به فعالیت‌های انسانی دانست. در مقابل با توجه به قرار گرفتن نیکل و هیدروکربن‌های نفتی کل در یک خوشه مجزا می‌توان بیشترین سهم در منشا نیکل را به هیدروکربن‌های نفتی و یا ترکیبی از منابع طبیعی و انسانی نسبت داد. همچنین فاصله خوشه‌ای هیدروکربن نفتی کل به وانادیوم نسبت به نیکل کمتر است که بیانگر مشابهت منشأ هیدروکربن نفتی کل با وانادیوم نسبت به فلز نیکل بوده و احتمالاً منابع انسانی در میزان هیدروکربن‌های نفتی کل در مطالعه کنونی تأثیرگذار بوده‌اند. مطالعات نشان می‌دهد در رسوبات ساحلی، برخی از گونه‌های جانوری و گیاهی می‌توانند به عنوان شاخص در خصوص پایش زیستی بوم‌سازگان مورد استفاده قرار گیرند. بر اساس نتایج این تحقیق، سواحل جنوبی خزر در استان گیلان به لحاظ آلودگی به هیدروکربن‌های نفتی کل در شرایط غیر آلوده قرار دارند و تنها محدوده بندر انزلی به دلیل فعالیت‌های بندری و حمل و نقل دریایی دارای بار آلودگی در محدوده متوسط می‌باشد که نیازمند اقدامات مدیریتی ویژه در منطقه می‌باشد. باتوجه به اینکه نتایج نشان می‌دهد هیدروکربن‌های نفتی کل در گاماروس از تجمع بالایی برخوردار هستند. بنابراین بار آلودگی نفتی می‌تواند وارد زنجیره‌های غذایی شود. بر این اساس پیشنهاد می‌شود قبل از آنکه این آلاینده‌ها، به عنوان تهدیدی جدی برای سلامت محیط‌زیست و موجودات منطقه تبدیل شوند، با اقدامات پیشگیرانه مانند احداث تصفیه خانه مناسب در بنادر، شهرک‌های صنعتی و واحدهای آلوده کننده همراه با نظارت مستمر بر حمل و نقل دریایی نسبت به کاهش غلظت این آلاینده‌ها اقدام شود.

منابـع

AQAC (Association of Official Analitic Chemists). 1990. Official Methods of Analysis AOAC, Washington DC. 1963 p.

Bastami, K.D., Neyestani, M.R., Shemirani, F., Soltani, F., Haghparast, S., Akbari, A. 2015. Heavy metal pollution assessment in relation to sediment properties in the coastal sediments of the southern Caspian Sea. Marine Pollution Bulletin. 92(1): 237-243.

Caspian Environment Program (CEP). 2005. Caspian Sea, Environmental Issues (Iran).

Chanieau, C.H., Rougeux, G., Yepremian, C. 2005. Effects of nutrient concentration on the biodegradation of crude oil and associated microbial populations in the soil. Soil Biology and Biochemistry. 37(8): 1490-1497.

Commendatore, M.G., Esteves, J.L. 2007. An assessment of oil pollution in the coastal zone of Patagonia, Argentina. Environmental Management. 40: 814-821.

Defeo, O., McLachlan, A., Schoeman, D., Schlacher, T., Dugan, J., Jones, A., Lastra, M., Scapini, F. 2009. Threats to sandy beach ecosystems: a review. Estuarine, Coastal and Shelf Science. 81: 1-12.

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 of Oman. Marine Pollution Bulletin. 49: 410-424.

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.

El-Safty, A. 2014. Health implications of heavy metal overload. Occupational Medicine and Health Affairs. 2: 145-151.

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.

Frantzen, M., Hansen, B.H., Geraudie, P., Palerud, L., Falk-Petersen, I., Olsen, G.H., Camus, L. 2015. Acute and long-term effects of mechanically and chemically dispersed oil on lumpsucker (Cyclopterus lumpus). Marine Environmental Resarch. 105: 8-19.

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-23]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1397.7.4.2.7]

Ghareyazie, B., Mottaghi, A. 2012. Studing *Pontogammarus maeoticus* among Southern coast of Caspian Sea. Middle-East Journal of Scientific Research. 12 (11): 1484-1487.

Gong, M., Bi, X.Y., Ren, L.M., Wang, L., Ma, Z.D., Bao, Z.Y., Li, Z.G. 2009. Assessing heavy-metal contamination and sources by GIS-based approach and multivariate analysis of urban–rural topsoils in Wuhan, central China. Environmental Geochemical Health. 32(1): 59-72.

Janparvar Javdani, A. 2015. Check oil pollution in the Caspian Sea on the southern coast Gamaryd. Thesis Master of Marine Biology. Islamic Azad University, North Tehran Branch. Iran.

Keshavarzifard, M., Moore, F., Keshavarzi, B., Sharifi, R. 2017. Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in sediment and sea urchin (*Echinometra mathaei*) from the intertidal ecosystem of the northern Persian Gulf: Distribution, sources, and bioavailability. Marine Pollution Bulletin. 123(1-2): 373-380.

Ketek Lahijani, H.A., Tavakoli,V., Amini, A.H. 2008. South Caspian river mouth configuration under human impact and sea level fluctuations. Environmental Sciences. 5(2): 65-68.

Khoshbavar-Rostami, H.A. 2012. Determination of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in water, sediment and tissue of five sturgeon species in the southern Caspian Sea coastal regions. Caspian Journal of Environmental Sciences. 10(2): 135-144.

Lewtas, K.L.M., Birch, G.F., Foster-Thorpe, C. 2014. Metal accumulation in the greentail prawn, metapenaeus bennettae, in Sydney and port Hacking estuaries, Astralia Environmental Sciences Pollution Research. 21(1): 704-716.

Long, E.R., MacDonald, D.D., Smith, S.L., Calder, F.D. 1995. Incidence of adverse biological effects within ranges of chemical concentrations in marine and estuarine sediments. Environmental Management. 19: 81- 97.

Mille, G. 2007. Hydrocarbons in Coastal Sediments from the Mediterranean Sea (Gulf of Fos Area, France). Marine Pollution Bulletin. 54: 566-575.

Mirzajani, A.R., Sayadrahim, M. Sari, A.R. 2011. Reproductive traits of some amphipods (Crustacea: Peracarida) in different habitats of Iran and southern Caspian Sea. International Journal of Zoology. 10: 598-604.

Mohammed, M.H., Markert, B. 2006. Toxicity of heavy metals on Scenedesmus quadricauda (Turp.) deBrebisson in batch cultures. Environmental Science Pollution Research. 13: 98-104.

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.

Neff, J.M., Durell, G.S. 2012. Bioaccumulation of petroleum hydrocarbons in arctic amphipods in the oil development area of the Alaskan Beaufort Sea. Integrated environmental assessment and management. 8(2): 301-319.

Olsen, G.H., Coquillé, N., Le Floch, S., Geraudie, P., Dussauze, M., Lemaire, P., Camus, L. 2016. Sensitivity of the deep-sea amphipod Eurythenes gryllus to chemically dispersed oil. Environmental Science and Pollution Research. 23(7): 6497-6505.

Pastorinho, M.R., Telfer, T.C., Soares, A.M. 2009. Amphipod susceptibility to metals: cautionary tales. Chemosphere. 75(11): 1423-1428.

Pjatakova, G.M., Tarasov, A. 1999. Caspian Sea Amphypods, biodiversity systematic position and ecological peculiarities of some species, INT. Journal. Salt loke Research. 5(1): 63-79.

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. Manual of oceanographic observation and pollutant analysis methods (MOOPAM). Regional Organization for the Protection of the Marine Environment, Kuwait.

ROPME. 1999. Regional report of the state of the marine environment. Regional Organization for the Protectionof the Marine Environment (ROPME). Kuwait. 220 p.

Scarlett, A., Rowland, S.J., Canty, M., Smith, E.L., Galloway, T.S. 2007. Method for assessing the chronic toxicity of marine and estuarine sediment-associated contaminants using the amphipod Corophium volutator. Marine Environmental Research. 63(5): 457-470.

Soliman, Y.S., Wade, T.L. 2008. Estimates of PAHs burdens in a population of ampeliscid amphipods at the head of the Mississippi Canyon (N. Gulf of Mexico). Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography. 55(24): 2577-2584.

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-23]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1397.7.4.2.7]

Tolosa, I. 2004. Aliphatic and aromatic hydrocarbons in coastal Caspian Sea sediments. Marine Pollution Bulletin. 48: 44-60.

Wang, S., Wang, H., Zhao, Z., Liu, B. 2010. Fractionation of heavy metals inshallow marine sediments from Jinzhou Bay, China. Journal of Environmental Sciences. 22(1): 23-31.

Weis, J.S. 2015. Marine pollution, what everyone needs to know. Oxord University Press. New York, USA.

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. Environment International. 28: 117-126.

.

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-23]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1397.7.4.2.7]