مقاله علمی – پژوهشی:

همبستگی بین غلظت برخی فلزات سنگین در رسوبات و جمعیت ماکروبنتیک بنادر جنوب شرقی دریای خزر (بندر ترکمن و بندر فریدونکنار)

مهرناز بنی اعمام*[1]، کیوان اجلالی خانقاه[2]، فرزین علی ملایری[1]

*bani.amam@yahoo.com

۱-گروه پژوهشی برنامه‌ریزی راهبردی و امنیت غذایی، موسسه پژوهش‌های برنامه‌ریزی، اقتصاد کشاورزی و توسعه روستایی، تهران، ایران
۲-پژوهشکده اکولوژی خلیج فارس و دریای عمان، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات،آموزش و ترویج کشاورزی، بندرعباس، ایران

تاریخ دریافت: مهر ۱۳۹۸ تاریخ پذیرش: اردیبهشت ۱۳۹۹

چکیده

در سال‌های اخیر بزرگ بی مهرگان کفزی، ساکن رسوبات اثرات ناشی از آلودگی‌های محیطی را به صورت تغییر در تنوع یا تراکم خود منعکس می کنند، به همین دلیل در مطالعات پایش زیستی بیشتر مورد توجه قرار گرفته‌اند. عملیات نمونه‌برداری به مدت یک سال (۱۳۹۵) و طی چهار فصل بهار (اوایل اردیبهشت)، تابستان (اواخر مرداد)، پائیز (اواخر آبان) و زمستان (اواخر بهمن) از رسوبات سطحی بنادر جنوب شرقی دریای خزر (ترکمن، فریدونکنار) انجام شد. در هر نیم خط، نمونه‌های رسوب از لایه سطحی از ۳ عمق متفاوت ۵، ۱۰ و ۱۵ متری با نمونه‌بردار گراب ون وین[1] انجام شد. نمونه‌های رسوب توسط دستگاه ICP-OES[2] (مدل Varian Vista -MPX) طبق استاندارد (D5258-92,2013 ASTM) برداشت شدند. جهت ارزیابی تنوع، غالبیت و غنای ماکروبنتوزها منطقه مورد مطالعه از شاخص شانون وینر، شاخص غنای گونه‌ای و شاخص مارگالف استفاده شد.کمترین شاخص شانون وینر در فصل بهار (۰/۶۳) در فصل تابستان(۰/۲۵) ودر فصل پاییز (۰/۵۴)، فصل زمستان (۰/۳۷) در ایستگاه فریدونکنار، کمترین شاخص مارگالف در فصل بهار در (۰/۴۵) در فصل تابستان (۰/۲۵) و در فصل پاییز (۰/۴۶) ودر فصل زمستان در ایستگاه فریدونکنار (۰/۲۸) به دست آمد. در مطالعه حاضر، تراکم ومیزان شاخص‌های شانون و مارگالف در ایستگاه‌های و فصل‌های مختلف با هم اختلاف معنی‌داری داشتند ($p<۰/۰۵$) و نشان دهنده تغییرات زمانی و مکانی در ساختار جوامع بنتیک در منطقه می‌باشد می‌توان نتیجه گرفت که بنادر جنوب شرق دریای خزر از نظر میزان تنش و آلودگی در حد متوسط است .

لغات کلیدی: جوامع ماکروبنتیک، فلزات سنگین، رسوب، دریای خزر

*نویسنده مسئول

1 Van Veen Grab
2 Coupled Plasma-Optical emission Spectrometer

مقدمه

بررسی نحوه اثر آلاینده بر موجودات زنده با توجه به ارتباط تنگاتنگی که موجودات از طریق زنجیره‌های غذایی با هم دارند به‌خصوص اینکه انسان نیز یکی از حلقه‌های انتهای هرم ماده و انرژی می‌باشد، بسیار حائز اهمیت است. بی‌مهرگان کفزی و مهره‌داران اولیه مرتبط با بستر به عنوان حلقه‌های مهم زنجیره‌های غذایی و ارکان اساسی هرم ماده و انرژی در اثرپذیری از آلاینده‌ها و انتقال آن به سطوح بالاتر نقش بسیار مهمی ایفاء می‌کنند. فقدان مطالعات اکولوژیک در منطقه به رغم وجود مطالعات بیولوژی و هیدرولوژی و در نتیجه بی‌اطلاعی از کم و کیف نحوه اثرپذیری موجودات زنده از آلاینده‌ها از سویی و فقدان مدل‌های آماری و شاخص‌های تنوع و بیولوژی منحصر به منطقه خزر از سوی دیگر، سبب شده است تا پاسخ به سؤالات نحوه اثرپذیری این آلاینده‌ها و نیز طراحی مدل‌های آماری مختص این منطقه و بومی نمودن شاخص‌های زیستی و تنوع در منطقه خزر، از مهم‌ترین دغدغه‌ها در بین بوم‌شناسان و زیست‌شناسان درکشور باشد.

رسوبات نقش مهمی را به عنوان حامل و مخزنی برای آلاینده‌ها از جمله فلزات سنگین در محیط‌های آبی ایفاء می‌کنند (Singh *et al.*, 2005). فلزات به علت برخی خصوصیات به‌ویژه سمیت، منابع گسترده، پایداری و تجمع زیستی به عنوان یک مشکل مهم در محیط دریایی در نظر گرفته می‌شوند (Yu *et al.*, 2008). فاضلاب‌های صنعتی، رواناب‌های‌کشاورزی، حمل‌ونقل، سوزاندن سوخت‌های فسیلی، هوازدگی و فرسایش سنگ و خاک از جمله منابع ورود این فلزات به پیکره‌های آبی می‌باشند (Adriano,1986). بسیاری از مطالعات نشان داده‌اند که فلزات در رسوبات به طور قابل‌توجهی می‌توانند بر سلامت اکوسیستم‌های دریایی تأثیر داشته باشند (Zheng *et al.*, 2008; Basset *et al.*, 2012). از آنجایی‌که رفتار زیست‌محیطی فلزات در رسوبات به‌شدت وابسته به فرم شیمیایی آنهاست که تحرک، دسترسی زیستی و سمیت آنها را برای موجودات زنده تحت تأثیر قرار می‌دهد (Tuzen, 2003)، بنابراین، فقط اندازه‌گیری غلظت کلی فلزات نمی‌تواند حاوی اطلاعات کافی در مورد تحرک، دسترسی زیستی و در نتیجه خطرات را برای اکوسیستم‌های دریایی باشد (Cuong and Obbard, 2006).

این اعتقاد وجود دارد که آنالیز ژئوشیمیایی فلزات و نه فقط برآورد غلظت کلی آنها کلیدی برای درک بهتر تأثیر آنها بر موجودات زنده است. طبق مطالعات هاشمی و همکاران (۱۳۹۳) از نتایج حاصل از منشأیابی و برآورد غلظت کلی فلزات سرب، مس، روی، نیکل، کروم و وانادیوم در سواحل جنوب شرقی دریای خزر نشان‌دهنده منشأ طبیعی این فلزات ناشی از ورود آنها از طریق آوردهای رسوبی رودخانه‌های منتهی به دریا در این منطقه می‌باشد و میانگین غلظت کلی فلزات مورد مطالعه در امتداد نیم خط‌های تنکابن، نوشهر، بابلسر و بندر امیرآباد افزایش معنی‌داری را با افزایش فاصله از ساحل نشان دادند. این افزایش غلظت می‌تواند ناشی از انتقال رسوبات به‌ویژه با اندازه کوچک‌تر ناشی از جریانات برگشتی و با توجه به شیب ساحل در امتداد نیم خط‌های نمونه‌برداری باشد.

ساکن‌بودن، چرخه زندگی نسبتاً طولانی، تنوع گونه‌ای زیاد با حساسیت‌های مختلف در برابر استرس‌های محیطی و نقش مهم بنتوزها در چرخه موادغذایی بین رسوبات و آب از مزیت‌های استفاده از جوامع بنتوزی در ارزیابی کیفیت اکوسیستم‌های آبی می‌باشد (Borja *et al.*, 2008).

مشکلات زیست‌محیطی دریای خزر دارای خاستگاه متعدد و متنوعی است. از آنجاییؤکه دریای خزر به عنوان یک اکوسیستم بسته محسوب می‌گردد، لذا بیشتر از سایر دریاها تحت تأثیر فعالیت‌های انسانی قرار دارد. فلات قاره دریای خزر از یک قرن پیش مورد بهره‌برداری اتحاد شوروی سابق قرار گرفته است و صدها چاه فعال نفت و گاز در بستر آن وجود دارد. در حاشیه این دریا و در مسیر رودهای بزرگ ورودی به آن نظیر ولگا، ده‌ها پالایشگاه، مجتمع پتروشیمی، صنایع سنگین و سبک، صنایع سلولزی و چوب، کارخانجات رنگ و صنایع مختلف وجود دارد و ده‌ها شهر بزرگ در غالب موارد فاضلاب‌های شهری، صنعتی و کارخانجات شیمیایی خود را به صورت تصفیه نشده به دریا تخلیه می‌کنند (Nasrollahzadeh and Malekshomali, 2002).

وجود دامنه وسیعی از بی‌مهرگان با تنوعی از تغذیه و زیستگاه از سویی و ارتباط تنگاتنگ این موجودات با رسوبات بستر دریا از سوی دیگر، امکان جذب این آلاینده‌ها را بسیار آسان نموده است و با توجه به حضور بی‌مهرگان در سطوح پایین‌تر هرم ماده و انرژی امکان انتقال این آلاینده‌ها به سطوح بالاتر بسیار محتمل است. این امر سبب شده است که با توجه به وجود بنادر مهم در بخش‌های جنوبی و شمالی کشور، مسئله انتقال آلاینده‌ها به دریا و نحوه تأثیرپذیری آبزیان و در نهایت انسان‌ها از این آلاینده‌ها از حساسیت فوق‌العاده‌ای برخوردار باشد (باقری و عظیمی، ۱۳۹۴).

فلزات سنگین در محیط‌های دریایی و ساحلی ته نشین می‌گردند یا در برخی موارد با مواد آلی رسوبات، اکسیدهای آهن، منگنز و خاک رس ترکیب می‌شوند. حضور فلزات سنگین در رسوب به عواملی همچون اندازه ذرات رسوب، ویژگی‌های فلز و شرایط بیوشیمیایی محیط بستگی دارد. با توجه به این‌که بی‌مهرگان کفزی به دلیل وابسته بودن به بستر، از آسیب‌پذیرترین اجتماعات به‌شمار می‌روند (Marques *et al.*, 2009a)، افزایش فلزات سنگین می‌تواند بر ساختار جمعیتی آنها تاثیرگذار باشد. جذب فلزات سنگین به‌وسیله بنتوزها به عواملی همچون غلظت، فرم شیمیایی و تحرک فلزات سنگین بستگی دارد (Nybakken, 1993).

بندر ترکمن بزرگترین بندر شمالی ایران در ساحل جنوب شرقی دریای خزر با ارتفاع ۲۰ متر پایین‌تر از سطح دریای آزاد و ۶/۵ متر بالاتر از آب دریای خزر و در مدخل خلیج گرگان در استان گلستان واقع شده است که متوسط بلند مدت بارندگی سالانه ۵۵۰ میلی‌متر در سال است (Nasrollahzadeh and Malekshomali, 2002). مطالعه آلاینده‌ها در بندر ترکمن نشان داده است که آلودگی فلزات سنگین در رسوبات رودخانه‌ای و منطقه فلات قاره خزر بیشتر از خط ساحلی است که این پدیده ناشی از تخلیه مواد آلاینده شهری و صنعتی در رودها و پسماندهای گل حفاری در فلات قاره است.

بندر فریدونکنار به عنوان یکی از بنادر اصلی و در زنجیره کریدور شمال–جنوب از نظر اقتصادی و جذب سرمایه‌گذاری اهمیت بسیاری دارد. در ارتباط با تاثیرات این بندر اظهار می‌شود که موج شکن‌ها ممکن است باعث توقف آب در پشت سازه‌های بندر شوند. اگر فاضلاب شهری یا صنعتی به درون بندر جاری شود، کیفیت آب راکد بندر ممکن است به‌واسطه افزایش چشمگیر فیتوپلانکتون و کاهش اکسیژن در اثر انباشتگی مواد غذایی آب، ناشی از جریانات حاوی نمک‌های مغذی (عناصر شیمیایی حاوی نیتروژن و فسفر)، بدتر شود (Marques *et al.*, 2009b). کشتی‌ها احتمالاً منشاء پخش مواد نفتی، زباله و ورود سایر مواد به درون آب هستند. این تراوشات ناشی از کار مدوام در آب و جمع شدن زباله‌ها می‌تواند یکی از عوامل آلودگی آبها باشد. همچنین انتشار گرد و غبار برخواسته از جابجایی کالای فله و گازهای خروجی از تجهیزات حمل و نقل کننده کالاها را می‌توان از منابع آلوده‌کننده هوا نامید. تحقیقات انجام شده در خصوص آلودگی احتمالی آب منطقه به‌خصوص آب دریا تحت تأثیر فعالیت‌های بندر نشان می‌دهد تاکنون آلودگی بر اثر مواد نفتی یا هر گونه آلودگی که بندر دلیل آن باشد، مشاهده نشده است (بندر آب دریا و هوای منطقه را آلوده نکرده یا اگر کرده است آنقدر کم بوده که قابل مشاهده نیست) (بیرشتین و همکاران، ۱۹۶۸) .

با توجه به اینکه مقصد نهایی آلاینده‌ها، بستر دریا و رسوبات می‌باشد و از سویی، این رسوبات محل زیست بسیاری از بی‌مهرگان آبزی است، لذا، اهداف مهم مطروحه در این پژوهش عبارتند از: برآورد وضعیت کیفی جوامع ماکروبنتیک با استفاده از شاخص‌های تنوع زیستی، مقایسه غلظت فلزات سنگین در رسوبات سطحی بنادر ترکمن و فریدونکنار و سوالات مهم مطروحه در این پژوهش عبارتند از: آیا رسوبات موجود در بستر دریای خزر در مناطق مورد مطالعه برای بی‌مهرگان کفزی آلوده می‌باشند؟ آیا تفاوتی در تنوع زیستی کفزیان در ایستگاه‌های مختلف با توجه به فلزات سنگین وجود دارد؟ (پاسخگویی از طریق محاسبه شاخص‌های تنوع زیستی مانند شانون مارگالف و...) و در نهایت فرضیه‌های تحقیق عبارتند از: ۱) بی‌مهرگان کفزی در دریای خزر تحت تاثیر

فلزات سنگین قراردارند. ۲) تنوع زیستی بی‌مهرگان کفزی تحت تاثیراسترس‌های ناشی از فلزات سنگین قرار دارند. بنا به تایید و عدم تایید فرضیه‌های مذکور، بر حسب نتایج حاصله و با استفاده از شاخص تنوع می‌توان ارتباط و همبستگی بین بستر زیست موجودات کفزی بنادر مورد اشاره را ارزیابی نمود.

مواد و روش کار

بندر فریدونکنار یکی از بنادر مهم حوزه جنوبی دریای خزر است که کشتی‌ها به دلیل استخراج و حمل و نقل نفت و نیز حمل و بارگیری از آنها جهت صادرات محصولات غیر نفتی و تردد لنج‌ها و قایق‌های دریائی باعث ریزش فضولات نفتی و غیرنفتی در این اسکله شده و در اثر جریانات دریایی و وزش باد به آبهای مناطق مختلف بندر منتقل گشته و حیات آبزیان را تحت تاثیر قرار داده است. عملیات نمونه‌برداری به مدت یک سال (۱۳۹۵)، (اوایل اردیبهشت)، (اواخر مرداد)، (اواخر آبان) و (اواخر بهمن) از رسوبات سطحی بنادر جنوب شرقی دریای خزر (ترکمن، فریدونکنار) انجام شد. در هر نیم خط، نمونه‌های رسوب از لایه سطحی از ۳ عمق متفاوت ۵، ۱۰ و ۱۵ متری و با سه تکرار در هر عمق با دستگاه نمونه‌بردار گراب ون وین[1] با سطح مقطع ۰/۰۴ مترمربع انجام شد (جدول ۱).

نمونه‌ها به دو قسمت تقسیم شدند: بخشی از آنها در آلومینیوم فویل و بخشی دیگر در کیسه فریزر و سپس در کلمن حاوی یخ خشک قرار داده شدند و بلافاصله به آزمایشگاه منتقل گردیدند. نمونه‌های برداشت شده حاوی ماکروبنتوزهای در محل نمونه‌برداری، به‌وسیله یک الک با چشمه ۵۰۰ میکرون با آب دریا شستشو داده شده و سپس به ظروف پلی اتیلنی ۰/۵ لیتری منتقل و سپس با فرمالین ۱۰ درصد به میزان دو برابر حجم نمونه فیکس شدند و نهایتاً مشخصات کامل و مورد نیاز هر ایستگاه روی ظروف درج گردید (MOOPAM, 2010)

جدول ۱: موقعیت ایستگاه‌های مورد مطالعه مناطق جنوب شرقی دریای خزر (۱۳۹۵)

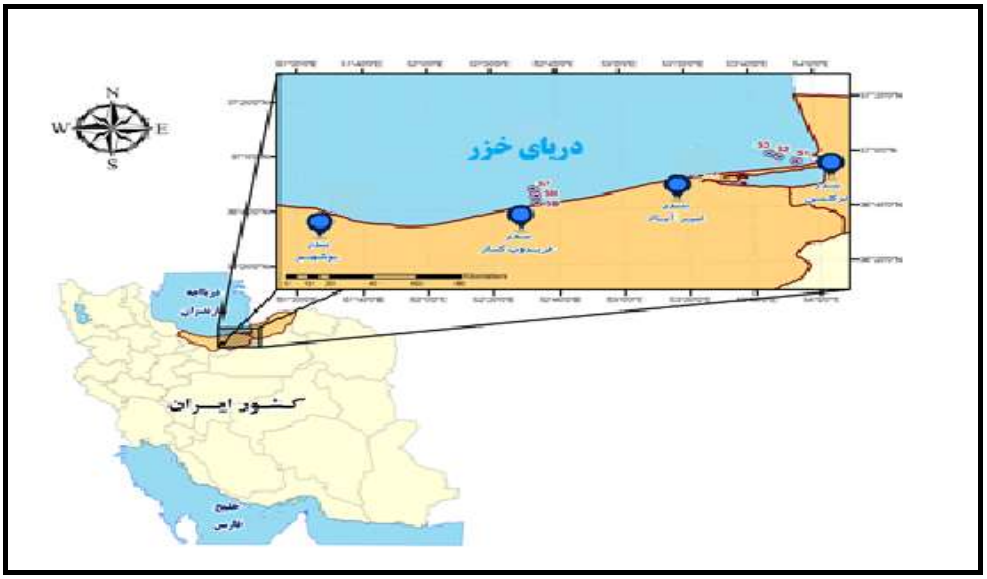
Table 1: Location of Stations in the South Eastern Regions of the Caspian Sea in 2016

ایستگاه	عمق (متر)	طول شرقی	عرض شمالی
بندر ترکمن	۵	53°54'01"E	36°56'27"N
	۱۰	53°48'51"E	36°57'57"N
	۱۵	53°45'59"E	36°59'28"N
بندر فریدون‌کنار	۵	52°33'53"E	36°42'19"N
	۱۰	52°33'46"E	36°42'32"N
	۱۵	52°33'44"E	36°42'43"N

نمونه‌های رسوب جمع آوری شده را در آزمایشگاه نوین شیمیار طبق استاندارد (D5258-92,2013 ASTM) به منظور تعیین میزان فلزات نیکل و وانادیوم آنالیز شدند. نمونه‌ها به مدت یک ساعت و در دمای پایین (۴۰ درجه) و سپس در دمای ۱۴۰ درجه به مدت ۳ ساعت هضم گردیدند. نمونه‌های رسوب با دستگاه ICP-OES[2] (مدل Varian Vista -MPX) تعیین شدند. نمونه‌های رسوب برای مطالعه فون ماکروبنتیک، به منظور شناسایی و بررسی به آزمایشگاه منتقل شدند. پس از آن به منظور آماده‌سازی نمونه‌ها، رسوبات هر ظرف پس از شستشوی مجدد از الک ۵۰۰ میکرون عبور داده شدند. ابتدا شناسایی و سپس جداسازی موجودات انجام شد و موجودات به طور جداگانه شمارش شدند (ASTM E177-10) و با استفاده ازاستریومیکروسکوپ مدل Nikon SMZ1500 مجهز به سیستم عکس‌برداری شناسایی شدند. تعداد گونه‌ها و فراوانی ماکروبنتوزها (عدد/مترمربع) در نمونه‌های مختلف شناسایی و محاسبه گردید. برای دانه‌بندی رسوبات، از دستگاه دانه‌بندی لیزری Laser Particle Sizer مدل HORIBA (LA -950) استفاده شد. این دستگاه قادر به اندازه‌گیری ذرات با ابعاد (۰/۰۱-۳۰۰۰μm)، به کمک نور لیزر می‌باشد. این دستگاه قادر است ذرات با اندازه ۱۰ نانومتر را تا ۳ میلی‌متر اندازه‌گیری کند و به دو روش‌تر و خشک با بالاترین دقت تقریباً ±۰/۶ درصد اندازه ذرات رسوب را شخص نماید (شکل ۱).

1 Van Veen Grab

2 Coupled Plasma-Optical emission Spectrometer



شکل ۱: موقعیت ایستگاه‌های مورد مطالعه در سواحل جنوب شرقی دریای خزر (۱۳۹۵)
Figure 1: Location of the Stations in the Southeastern Caspian Sea (2016)

شاخص تنوع شانون وینر[1] با فرمول ذیل محاسبه شد:

$$H' = -\sum_{i}^{n} pi \, Log \, Pi$$

Pi: با فرمول ni/N محاسبه گردید که ni: معرف تعداد کل افراد یک گونه و N: معرف تعداد کل افراد در تمام گونه‌ها

شاخص تشابه (**Evenness**) به روش کیفی جاکارد با فرمول ذیل محاسبه شد:

$$J = \frac{H'}{H'MAX} = \frac{H'}{Ln\,S}$$

H': مقدار شانون محاسبه شده در هر ایستگاه نمونه برداری، H'_{MAX}: بیش‌ترین مقدار در هر تکرار نمونه برداری، S: نشان دهنده تعداد گونه‌ها غنای گونه‌ای[2] با رابطه ذیل محاسبه شد (Olsgard *et al*., 2003):

$$R = \frac{S-1}{Ln(N)}$$

روش تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

به منظور تجزیه و تحلیل آماری و همچنین تعیین انواع شاخص‌های زیستی، از نرم‌افزارهای **SPSS18**، **EXCEL** استفاده شد. کلاس‌بندی دانه‌بندی با استفاده از نرم افزار **TRIPLAT** انجام شد. ابتدا نرمال بودن نمونه ها با روش کولموگروف اسمیرنوف در سطح معنی‌داری p=۰/۰۵ سنجش شد که همه داده‌ها نرمال بودند. به منظور بررسی اختلاف بین مناطق نمونه‌برداری شده از آنالیز واریانس یک طرفه (**One-way ANOVA**) و آزمون کروسکال-والیس استفاده شد و در ادامه از آزمون مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن استفاده گردید. برای بررسی وجود و فقدان ارتباط بین متغیرها از آزمون همبستگی پیرسون استفاده شد.

نتایج

براساس نتایج مشخص گردید که کمینه میانگین فلز نیکل و وانادیوم در طول چهار فصل در ایستگاه بندرترکمن و بیشینه میانگین غلظت آنها در ایستگاه فریدونکنار به‌دست آمد (جدول ۲).

1 Shannon Weiner diversity Index
2 Richness

جدول ۲: میانگین فصلی غلظت فلزات نیکل و وانادیوم بر حسب میکروگرم بر گرم (وزن خشک) در رسوبات ایستگاه‌های بندر ترکمن ، بندر فریدونکنار (۱۳۹۵)

Table 2: Seasonal Mean (± SD), Concentrations of Nickel and Vanadium in Micrograms Per gram (dry weight) in Sediments Torkaman and Fereidoonkenar Ports (2016)

فلز	فصل	بندر ترکمن	بندر فریدونکنار
نیکل (ppm)	بهار	۲۶/۱۱ ۰±/۰۸	۲۸/۸۶ ± ۰/۱۷
	تابستان	۴۱/۲۳ ۰±/۵۵	۳۷/۰۳ ± ۰/۷۳
	پاییز	۲۵/۴۸ ۰±/۱۵	۳۱/۲۳ ± ۰/۵۱
	زمستان	۱۸/۱۹ ۰±/۵۲	۳۶/۰۹ ± ۰/۳۸
	میانگین	۲۷/۷۵ ۰±/۱۲	۳۳/۳۱ ± ۰/۷۴
وانادیوم (ppm)	بهار	۱۸/۲۵ ۰±/۷۶	۳۳/۷۶ ± ۰/۱۵
	تابستان	۱۶/۵۶ ۰±۰/۰۲	۲۴/۱۳ ± ۰/۱۷
	پاییز	۵۸/۲۸ ۰±/۷۵	۸۲/۳۴ ± ۰/۷۲
	زمستان	۵۵/۴۳ ۲±/۶۵	۹۰/۱۳ ± ۰/۶۲
	میانگین	۳۷/۱۳ ۰±/۰۶	۵۷/۵۹ ± ۰/۷۳

(نرم افزار Excel) ، رنگ زرد: کمترین مقدار، رنگ نارنجی: بیشترین مقدار

مقایسه میانگین فصلی غلظت فلز نیکل (۱۳۹۵)

آنالیز واریانس یک طرفه (**One-way ANOVA**) اختلاف معنی‌دار را بین میانگین مقادیر نیکل را در فصل‌های بهار، تابستان، پاییز، زمستان نشان می‌دهد ($p<۰/۰۵$). روند تغییرات این فلز در فصل تابستان افزایشی و در فصل زمستان کاهشی بوده است. این روند به‌ترتیب در فصل تابستان، پاییز، بهار و زمستان کاهش داشته است (شکل‌های ۲ و ۳). مقایسه میانگین غلظت فلز نیکل را در چهار فصل نشان می‌دهد.

مقایسه فصلی غلظت فلز وانادیوم در رسوبات ایستگاه‌های بندر ترکمن و فریدونکنار (۱۳۹۵)

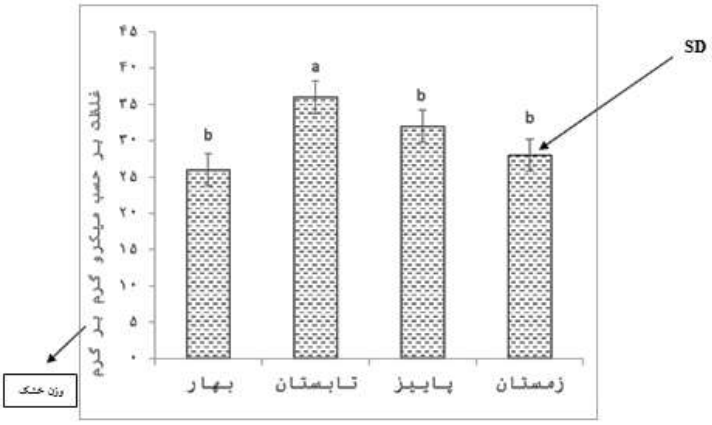
آنالیز واریانس یک طرفه (**One-way ANOVA**) اختلاف معنی‌دار را بین میانگین مقادیر وانادیوم را در چهار فصل نشان می‌دهد ($p<۰/۰۵$). روند تغییرات این فلز در بندر فریدونکنار و بندر ترکمن کاهشی بوده است. بیشینه مقدار وانادیوم در ایستگاه فریدونکنار و کمینه مقدار آن در ایستگاه بندرترکمن مشاهده شد. در شکل‌های ۴ و ۵ مقایسه میانگین غلظت فلز وانادیوم ایستگاه‌های بندر ترکمن، امیر آباد، فریدونکنار و نوشهر در چهار فصل نشان داده شده است (جداول ۳ الی ۵).

ماکروبنتوزهای شناسایی شده (شامل رده تا گونه) در رسوبات بندر ترکمن و بندر فریدونکنار

نتایج شناسایی ماکروبنتوزهای رسوبات بندر ترکمن و بندر فریدونکنار در جدول ۵ نشان داده است. نتایج نشان داد که ماکروبنتوزهای شناسایی شده شامل ۵ رده، ۹ راسته، ۱۱ خانواده، ۱۲ جنس و ۱۵ گونه می‌باشند.

نتایج نشان داد که بیشترین تعداد بنتوزها مربوط گونه *Hypaniola kowalewskii* با تعداد ۱۰۳۹۵ در فصل بهار بیشترین و ۹۷۳۹ در فصل زمستان پرتراکم‌ترین گونه بود. *Streblospio gynobranchiata* با تعداد ۹۷۶۸ عدد در فصل بهار سومین گونه از لحاظ تراکم بود. به طور کلی، نتایج نشان داد که فصل بهار گونه‌ها دارای تراکم بالاتری بودند و سپس در فصل زمستان تراکم بالاتری داشت. فصل تابستان دارای تراکم بالاتری نسبت به پاییز بود و فصل پاییز تراکم کمتری نسبت به سایر فصل‌ها

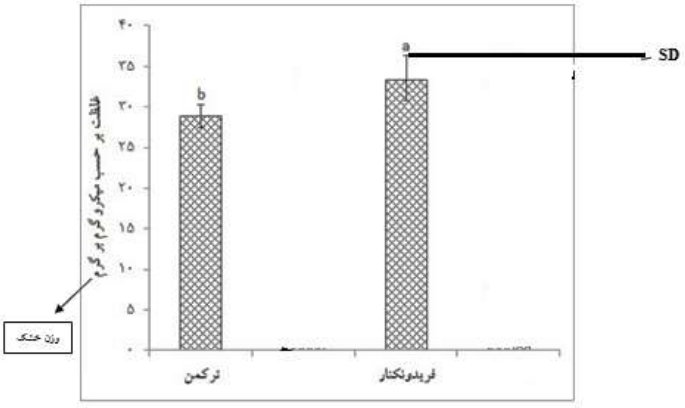
داشت. میانگین تراکم ماکروبنتوزها در فصل‌های مختلف در جدول ۶ ارائه شده است. تعداد گونه‌ها در فصل‌های مختلف با هم اختلاف معنی‌داری داشت (p<۰/۰۵). *S. gynobranchiata* و *H. kowalewskii* نیز دارای تراکم بالاتری نسبت به سایر گونه‌ها بودند و تراکم گونه‌های *S. gynobranchiata* و *H. kowalewskii* در بندر ترکمن بالاتر از بندر فریدونکنار بود.



شکل ۲: مقایسه فصلی میانگین سالانه غلظت فلز نیکل (میکروگرم بر گرم وزن خشک) (۱۳۹۵)

(آنتنک نشانه انحراف استاندارد، حروف مختلف ،اختلاف معنی دار بین ایستگاه ها را نشان می دهد)

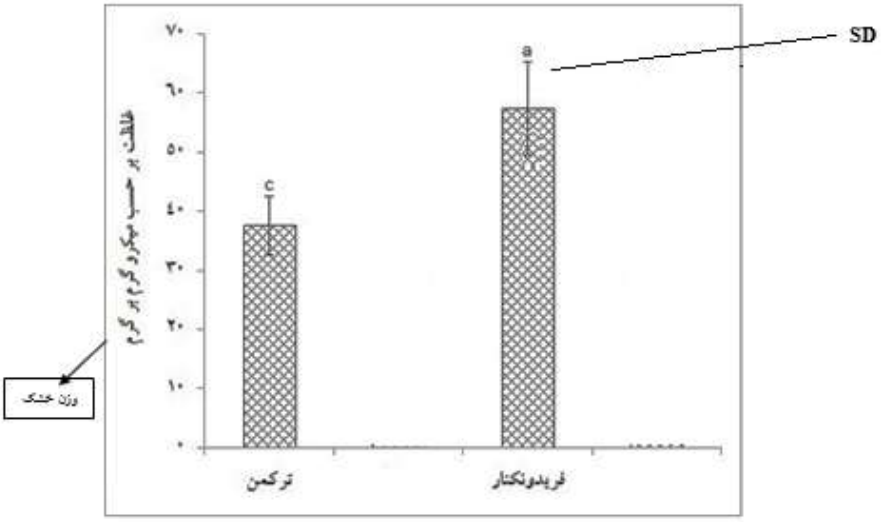
Figure 2: Seasonal Comparison of the Annual Mean Concentration of Nickel metal in micrograms/g dry weight (2016) (Bars Indicates SD, Different letters, Significant Difference Between Stations)



شکل ۳: مقایسه فصلی میانگین سالانه غلظت فلز نیکل (میکروگرم بر گرم وزن خشک) در بندر ترکمن و فریدونکنار (۱۳۹۵)

(آنتنک نشانه انحراف استاندارد، حروف مختلف، اختلاف معنی دار بین ایستگاه ها را نشان می دهد)

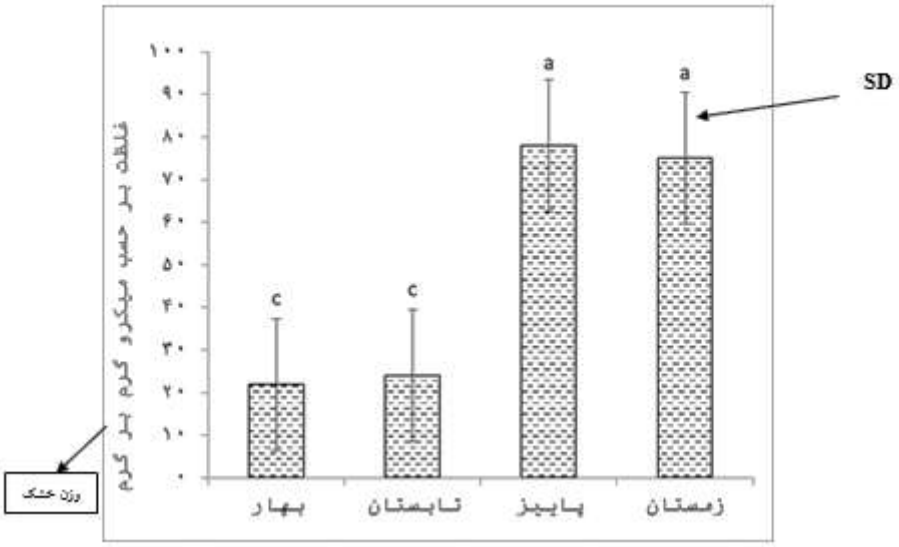
Figure 3: Seasonal Comparison of the Annual Mean Concentration of Nickel metal in micrograms/g dry weight in Torkaman and Fereidoonkenar Ports (2016) (Bars Indicates Standard Deviation, Different letters, Significant Difference Between Stations)



شکل ۴: مقایسه فصلی میانگین سالانه غلظت فلز وانادیوم (میکروگرم بر گرم وزن خشک) در بندر ترکمن و فریدونکنار (۱۳۹۵)

(آنتنک نشانه انحراف استاندارد، حروف مختلف ،اختلاف معنی دار بین ایستگاه ها را نشان می دهد، آزمون آنالیز واریانس یک طرفه)

Figure 4: Seasonal Comparison of Annual Mean Vanadium metal Concentration in micrograms/g dry Weight in Torkaman and Fereidoonkenar Ports (2016) (Bars Indicates Standard Deviation, Different letters, Significant Difference Between Stations, One-way ANOVA)



شکل ۵: مقایسه فصلی میانگین سالانه غلظت فلز وانادیوم (میکروگرم بر گرم وزن خشک) (۱۳۹۵)

(آنتنک نشانه انحراف استاندارد، حروف مختلف ،اختلاف معنی دار بین ایستگاه ها را نشان می دهد آزمون آنالیز واریانس یک طرفه)

Figure 4: Seasonal Comparison of Annual Mean Vanadium metal Concentration in micrograms/g dry Weight (2016) (Bars Indicates Standard Deviation, Different letters, Significant Difference Between Stations, One-way ANOVA)

جدول ۳: مقایسه فصلی میانگین سالانه غلظت فلزات نیکل و وانادیوم در رسوبات بندر ترکمن و فریدونکنار با استانداردهای جهانی (۱۳۹۵)

Table 3: Seasonal Comparison of Annual Mean of Nickel and Vanadium Concentrations in Sediments of Torkaman and Fereidoonkenar Ports with International Standards (2016)

منطقه / استاندارد جهانی	Ni(ppm)	V(ppm)	منبع
NOAA	۵۰/±۱ ۸/۸۹ (۳۴/۵-۶۸/۰)	۱۱۴ ± ۱۸/۳ (۷۳/۹ -۱۳۶)	De Mora *et al*.,2004
دریای مدیترانه	۱۶/±۳۱ ۵/۸۵ (۸-۲۹)	-	Moreno *et al.*, 2009
TEL	۱۵/۹	-	Smith *et al*. 1996
ERL	۲۱	-	MacDonald *et al*. 2000
ERM	۵۲	-	MacDonald *et al*. 2000
بندر ترکمن	۲۷/±۷۵ ۰/۱۲	۳۷/±۱۳ ۰/۰۶	مطالعه حاضر
فریدونکنار	۳۳/±۳۱ ۰/۷۴	۵۷/±۵۹ ۰/۷۳	مطالعه حاضر

*Sediment value from NOAA Screening Quick Reference Tables, TEL=Threshold Effect Level, PEL=Probable Effects Level, ERM= Effect Range Medium, ERL=Effect range low

جدول ۴: مقایسه فصلی (همبستگی پیرسون) بین غلظت فلزات نیکل و وانادیوم و کربن آلی کل و دانه بندی در رسوبات بندر ترکمن و فریدونکنار (۱۳۹۵)

Table 4: Seasonal Comparison (Pearson Correlation) between Nickel and Vanadium metal Concentrations and Total Organic Carbon and Grain Size in Sediment of Torkaman and Fereidoonkenar ports (2016)

Metal	Ni	V	Sand	Silt	Clay	TOC
Ni	۱	۰/۲۱۳	۰/۰۵۴	۰/۳۵۱**	۰/۴۵۸	۰/۶۴۳**
V		۱	۰/۰۸۱	۰/۲۸۵	۰/۳۸۶**	۰/۷۰۲**
Sand			۱	−۰/۰۷۳	− ۰/۱۳۲	۰/۰۰۶
Silt				۱	۰/۵۴۶	۰/۵۷۴*
Clay					۱	۰/۴۸۱
TOC						۱

* معنی‌داری ۰/۰۵ **معنی‌داری ۰/۰۱

جدول ۵: ماکروبنتوزهای شناسایی شده (شامل رده تا گونه) در رسوبات بندر ترکمن و فریدونکنار(۱۳۹۵)

Table 5: Identified Macrobenthos (Including Species to Species) in Torkaman and Fereidoonkenar ports (2016)

ردیف	رده	راسته	خانواده	جنس	گونه
۱	*Polychaeta*	*Phyllodocida*	*Nereididae*	*Nereis*	*Diversicolor*
		Spionida	*Sponoidae*	*Streptolosbio*	*Gynobranchiata*
		Terebelida	*Amphartidae*	*Hypaniola*	*Kawalewski*
۲	*Malacostraca*	*Amphipoda*	*Niphargidae*	*Niphargoides*	*Carausuii* *Quadrimanus* *Similis* *Compressus*
			Behningielidae	*Cardiophilus*	*Baeri*
			Pontoporeiidae	*Pontaporia*	*Microphthalma offinis*
		Cumacea	*Pseudocumatidae*	*Stenocuma*	*Grasiloiedes*

ردیف	رده	راسته	خانواده	جنس	گونه
				Pterocuma	*Pectinatum*
۳	*Maxillopoda*	*Sessilia*	*Arthropoda*	*Balanus*	*Improvisus*
۴	*Clitellata*	*Haplotaxida*	*Tubificidae*	*Nais*	*Elinguis*
۵	*Bivalvia*	*Cardiida*	*Cardiidae*	*Cerastoderma*	*Lamarcki*
		Mytiloida	*Mytilidae*	*Mytilaster*	*Lineatus*

جدول ۶: مقایسه فصلی میانگین تراکم ماکروبنتوزها دربندر ترکمن و فریدونکنار (۱۳۹۵)

Table 6: Seasonal Comparison of Mean Density of Macrobenthos in Torkaman and Fereidoonkenar ports (2016)

نام بنتوزها	ترکمن	فریدونکنار
Streblospio gynobranchiata	۲۸۹±۱/۴۵	۱۲۸±۲/۰۴
Hypaniola kowalewskii	۲۱۳ ±۵/۲۳	۹۵ ±۴/۳۶
Nereis diversicolor	۱۷۸ ±۰/۴۹	۹۵ ±۰/۲۵
Peterocuma pectinata	۱۵۴ ±۱/۹۶	۷۶ ±۰/۴۳
Balanus improvisus	۸۸ ±۱/۶۵	۳۴ ±۰/۵۸
Cerastoderma lamarcki	۸۷ ±۱/۴۹	۴۰ ±۳/۴۴
Niphargoides similis	۷۴ ±۱/۲۳	۳۸ ±۱/۹۵
Stenocuma grasiloiedes	۶۰ ±۱/۳۹	۳۱ ±۱/۳۲
Niphargoides quadrimanus	۸۹ ±۲/۷۶	۳۲ ±۱/۶۴
Niphargoides carausuii	۲۸ ±۷/۴۳	۱۷ ±۰/۴۲
Cardiophilus baeri	۸۷ ±۱/۴۵	۳۶ ±۰/۸۵
Niphargoides compressus	۷۶ ±۰/۶۸	۲۱ ±۳/۲۵
Pontaporia microphthalma offinis	۴۵ ±۳/۸۷	۱۲ ±۱/۴۵

مقایسه فصلی شاخص‌های شانون و مارگالف اندازه گیری شده در بندر ترکمن و فریدونکنار (۱۳۹۵)

مقایسه فصلی نشان داد که بیشینه میزان شاخص در فصل بهار و سپس در فصل زمستان، پاییز و تابستان وجود دارد (جدول ۷).

جدول ۷: مقایسه فصلی میانگین شاخص‌های زیستی اندازه گیری شده در بندر ترکمن و فریدونکنار (۱۳۹۵)در چهار فصل

Table 7: Seasonal Comparison of Mean Biomarkers Measured in Torkaman and Fereidoonkenar ports (2016)

ایستگاه	فراوانی (تعداد مترمربع)	تعداد گونه	شانون(Ln)	Evenness	مارگالف
ترکمن	۱۴۵۳±۵/۳۱ [a]	۸	۱/۴۷ ±۲/۳۴ [a]	۰/۹۳ ±۵/۴۳ [a]	۱/۲۸±۴/۶۵ [a]
فریدونکنار	۵۰۷ ±۱/۴۴ [c]	۶	۰/۴۳ ±۱/۲۵ [bc]	۰/۳۳ ±۱/۹۴ [c]	۰/۳۴±۰/۲۴ [c]

حروف متفاوت در هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی دار می باشد(نرم افزار Primer)(آزمون آنالیز واریانس یک طرفه) (آزمون دانکن)

بحث

در مطالعه حاضر، تراکم ومیزان شاخص‌های شانون و مارگالف در ایستگاه‌ها و فصل‌های مختلف با هم اختلاف معنی‌دار داشت ($p<۰/۰۵$) که نشان‌دهنده تغییرات زمانی و مکانی در ساختار جوامع بنتیک در منطقه می‌باشد. میانگین روند تغییرات فصلی شاخص شانون ۱/۸۹-۰/۴۳

و شاخص مارگالف ۱/۶۴-۰/۳۴ بدست آمد. بر طبق نتایج این مطالعه، بیشینه روند تغییرات فصلی شاخص شانون و مارگالف در فصل بهار و کمینه روند تغییرات در فصل پاییز بدست آمد (بهار>زمستان>تابستان>پاییز). میانگین روند تغییرات فصلی شاخص شانون در ایستگاه‌های مختلف به‌ترتیب در ایستگاه بندرترکمن و فریدونکنار بوده است. مقایسه نتایج این تحقیق با سایر تحقیقات صورت گرفته در بنادر ترکمن و فریدونکنار نشان می‌دهد که گونه‌ها در شرایط تقریباً یکسانی در این بنادر توزیع شده‌اند.

در این مطالعه میانگین سالانه تراکم ماکروبنتوزها ۱۰۳۹۵-۳۰ عدد/مترمربع محاسبه شده است. این تراکم در مقایسه با تراکم ماکروبنتوزهای خلیج گرگان ۵۵۴۹-۳۵۸ عدد/متر مربع و ۴۵۰۰-۴۱۱ عدد/مترمربع و در بین کل سواحل جنوبی دریای خزر ۷۵۵۱-۴۵۲۶ عدد در مترمربع گزارش شده است (هاشمیان کفشگری، ۱۳۷۷) که مقادیر مطالعه حاضر در مقایسه با سایر پژوهش‌ها کمتر بوده است.

تحقیقات قربان زاده سال (۱۳۹۳) کرم های حلقوی (به‌ویژه پرتاران) را گونه غالب در منطقه خلیج گرگان و در تمام فصول گزارش کرد و گونه‌های *H. kowalewskii*، *S. gynobranchiata*، در تمام ایستگاه‌های نمونه‌برداری مشاهده شده است. بسطامی و همکاران (۲۰۱۴) گزارش کردند که پرتاران(*S. gynobranchiata*؛ *H. Versicolor*) در همه ایستگاه‌ها حضور داشتند. این یافته‌ها شاید به دلیل قابلیت مقاومت این گونه‌ها در پاسخ به شرایط اکولوژیک مختلف منطقه باشد که توانستند در همه مکان‌ها غالب شوند. در این مطالعه گونه غیربومی *S. gynobranchiata* و گونه بومی *H. kowalewskii* گونه‌های غالبی هستند که در بندر ترکمن و بندر فریدونکنار در تمام دوره زمانی مطالعه مشاهده شدند. بر اساس مطالعات انجام شده نبوی (۱۳۹۲) در خلیج فارس و دریای عمان استرس‌های شدید زیست محیطی مانند دما و شوری بالا، کم بودن سرعت تعویض آب و فشارهای با منشا انسانی، سبب کاهش تنوع و غناء گونه‌ای ماکروبنتوزها می‌شوند. افزایش فراوانی و تنوع ماکروبنتوزها در فصل زمستان در مقایسه با فصل تابستان در این منطقه، گویای آن است که گونه‌های موجود با ساختار دمایی خاص، قابلیت سازش فیزیولوژیک و ساختاری که در این محدوده دمایی دارند، باعث تکثیر و فعالیت‌های زیستی اکثریت گونه‌ها شده است. تعیین چرخه زندگی بسیاری از بی‌مهرگان کفزی با درجه حرارت تنظیم می‌شود، دما در واقع تعیین کننده فصولی است که جانور دارای بیشترین رشد و فراوانی است (Castaneda and Harris, 2004). با توجه به نتایج به‌دست آمده از شاخص‌های بوم شناختی (تنوع، غناء و یکنواختی گونه‌ای) و مقایسه آن با استانداردهای ارائه شده، مناطق مورد تحقیق از نظر تنش و آلودگی در حد متوسط هستند.

منابع

باقری ح. و عظیمی، ع.، ۱۳۹۴. مطالعه پراکنش فلزات سنگین در رسوبات سطحی سواحل سیسنگان- جنوب دریای خزر. مجله اقیانوس شناسی، ۶ (۲۱): ۲۷-۳۷.

بسطامی، ک.، باقری، ح، سلطانی، ف. و حمزه پور، ع.،۱۳۹۳. ارزیابی کیفیت اکولوژیک آبهای ساحلی دریای خزر (سیسنگان) بر اساس موجودات ماکروبنتوزی و با استفاده از شاخصAMBI، فصلنامه علوم و مهندسی محیطزیست،۱ (۳) : ۶۹-۷۸.

بیرشتین،ی. آ.، وینوگرادف، ل.ج.؛ کونداکوف،ن.ن.، کوون، م.س.، آستاخوف،ت.و. و رومانوف، ن.ن.، ۱۹۶۸. اطلس بی‌مهرگان دریای خزر. ترجمه: لودمیلا دلیناد و فضه نظری. موسسه تحقیقات شیلات ایران. ۶۱۰.

نبوی، م.ب.، موسی پناه، غ.، رجب زاده قطرمی، ا.، مقدسی، ب.، مصطفوی، ن.، شوکت، پ.، نبوی،ن. و قیم اشرفی، م.، ۱۳۹۲. شناسایی و انتشار جغرافیایی ۹ گونه جدید از استراکودهای بنتیک دریای مکران (عمان) مجله علوم و فنون دریایی (۲۱).

هاشمی، ج.، ریاحی بختیاری، ع. و لک، ر.، ۱۳۹۳. بررسی غلظت فلزات در رسوبات سطحی دریای خزر در امتداد نیم‌خط‌های کپورچال، بندرانزلی و کیاشهر. دو ماهنامه آب و فاضلاب، (۶): ۵۶-۴۷.

Adriano, D.C., 1986. Trace Elements in the Terrestrial Environment. 533 Seiten, 99 Abb., zahlr. Tab. Springer-Verlag, New York, Berlin, Heidelberg, Tokyo 1986. Preis: 533 P. DOI:10.1002/food.19870310321.

Basset, A., Barbone, E., Borja, A., Brucet, S., Pinna, M., Quintana, X.D., Reizopoulou, S., Rosati, I. and Simboura, N., 2012. A benthic macroinvertebrate size spectra index for implementing the Water Framework Directive in coastal lagoons in Mediterranean and Black Sea ecoregions. *Ecological Indicators*, 12: 72–83 P. DOI:10.1016/j.ecolind.2011.06.012.

Borja, A., Bricker, S.B., Dauer, D.M., Demetriades, N.T., Ferreira, J.G., Forbes, A.T., Hutchings, P., Jia, X., Kenchington, R., Marques, J.C. and Zhu, C., 2008. Overview ofintegrative tools and methods in assessing ecological integrity in estuarine andcoastal systems worldwide. *Marine Pollution Bulletin*, 56, 1519–1537 P.DOI:10.1016/j.marpolbul.2008.07.005.

Castaneda, V.D. and Harris, L.H., 2004. Biodiversity and structure of the polychaete fauna from soft bottoms of Bahia Todos Santos. Baja California. Mexico. *Deep Sea Research*,51:827-847 P. DOI:10.1016/j.dsr2.2004.05.007

Cuong, D.T. and Obbard, J.P., 2006. Metal speciation in coastal marine sediments from Singapore , using a modified BCR-Sequential extraction procedure . *APPT Geochem*, 21(8): 1335-1346 P.

DeMora, S., Fowler, S.W., Wyse, E. and 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 P. DOI:10.1016/j.marpolbul.2004.02.029.

Marques, J.C., Salas, F., Patrício, J., Neto, J. and Teixeira, H., 2009a. Ecological indicators for coastal and estuarine environmental assessment - A user guide. WIT PRESS, Southampton, Boston, 183 P.

Marques, J.C., Basset, A., Brey, T. and Elliot, M., 2009b. The ecological sustainability trigon–A proposed conceptual framework for creating and testing management scenarios. *Marine Pollution Bulletin*, 58: 1773-1779 P. DOI:10.1016/j.marpolbul.2009.08.020.

MacDonald, D.D., Ingersoll, C.G. and Berger, T.A., 2000. Development and evaluation of consensus-based sediment quality guidelines for freshwater ecosystems. Arch Environ Contam Toxicol 39:20–31 P.

MOOPAM (Manual of Oceanographic Observation and Pollutant Analyses Methods), **2010**. Regional Oranization for the Protection of the Marine Environment (ROPME), Fourth Edition.

Moreno, M., Albertelli, G. and Fabiano, M., 2009. Nematode response to metal, PAHs and organic enrichment in tourist marinas of the mediterranean sea. *Marine Pollution Bulletin*,58:1192–1201 P. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2009.03.016.

Nasrollahzadeh, H. and Malekshomali, M., 2002. Fluctuation of oil pollution in some important ports of the southern of Caspian Sea. In proceedings of 10th International Congress Astarkhan Russia, 22-25 P.

Nybakken, J.W., 1993. Marine biology an ecological approach. Harper Collins College Publishers, UK.534 P.

Olsgard, F., Brattegard, T. and Holthe, T., 2003. Polychaetes as surrogates for marine biodiversity: lower taxonomic resolution and indicator groups. *Biodiversity and Conservation*, 12:1033–1049.

Singh, K.P., Mohan, D., Singh, V.K. and Malik, A., 2005. Studies on distribution and fractionation of heavy metals in Gomti river sediments a tributary of the Ganges , India, 312 (1-4): 14-27 P. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2005.01.021.

Smith, S.L., MacDonald, D.D., Keenleyside, K.A., Ingersoll, C.G. and Field, J.,1996. A preliminary evaluation of sediment quality assessment values for freshwater ecosystems. J Great Lakes Res 22:624–638 P.

Tuzen, M., 2003. Determination of trace metals in the River Yesilirmak Sediments in Tokat, Turkey using sequential extraction procedure. *Micro Chemistry*, 74(1):105-110 P.

Yu, R., Yuan, X., Zhao, Y., Hu, G. and Tu, X., 2008. Heavy metal pollution in intertidal sediments from Quanzhou Bay. Chinese *Journal of Environmental Sciences*, 20(6): 664-669 P. DOI: 10.1016/s1001-0742(08)62110-5.

Zheng, N., Wang, Q., Liang, Z. and Zheng, D., 2008. Characterization of heavy metal concentrations in the sediments of three freshwater rivers in Huludao City, Northeast China. *Environmental Pollution*,154(1): 135-142 P. DOI: 10.1016/j.envpol.2008.01.001.

Correlation between Concentrations of Some Heavy Metals in Sediments and Macrobenthic Populations in the South Eastern Ports of the Caspian Sea (Turkman and Fereidunkenar ports)

Baniamam M.[1]*; Ejlali Khaneghah K.[2]; Ali Malayeri F.[1]
*bani.amam@yahoo.com

1-Strategic Planning and Food Security Research Group, Faculty Member of Planning, Agricultural Economics and Rural Development Research Institute, Tehran, Iran.
2-Persian Gulf and Oman Sea Ecology Research Institute, Faculty Member of Fisheries Science Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Bandar Abbas, Iran.

Abstract
Investigating the quantitative and qualitative characteristics of resources is one of the key pillars of sustainable development and sound management practices in various fields of environment, fisheries and agriculture. The impact of pollutants on organisms varies according to their type and volume of input. These effects at the highest levels cause the destruction of the fauna and flora of the area and in small amounts eliminate the resistant species. In recent years large-scale invertebrates inhabit sediments reflecting the effects of environmental contamination as a change in their diversity or density, which is why more attention has been paid to biological monitoring studies. In each half-line, sediment samples were taken from the surface layer at 3 different depths of 5, 10, 15 m. Sediment samples were analyzed by ICP-OES (Varian Vista -MPX model) according to ASTM D5258-92, 2013. Shannon Wiener Index, Species Richness Index and Margalef Index were used to assess the Diversity, Dominance and Richness of Macrobentic in the study area. On average, the lowest Shannon Wiener Index of Fereidonkenar Port in spring (0.63), in Summer (0.25), in Autumn (0.54), in Winter (0.37). The lowest Margalev Index of Fereidonkenar Port in Spring (0.45), in Summer (0.25), in Autumn (0.46), in Winter (0.28) was achieved. In the present study, were significantly higher ($p<0.05$) compared to Shannon and Margalph Index. Also, the result shown were different temporal and spatial variations in the structure of Benthic Communities and stress and contamination were moderate.

Keywords: Benthic communities, Heavy metals, Sediment, Torkman and Fereidonkenar Ports

*Corresponding author