مطالعه بوم‌شناختی اجتماعات ماکروبنتیک رسوبات جزر و مدی دلوار (بوشهر)

ایمان عاربی[۱*]، احمد سواری[۲]، امیر وزیری‌زاده[۳]

۱- کارشناس پژوهشی مؤسسه ملی اقیانوس شناسی، مرکز اقیانوس شناسی خلیج فارس (بوشهر)، استان خوزستان، خرمشهر، پست الکترونیکی: eiman_arebi@yahoo.com

۲- استاد دانشگاه علوم وفنون دریایی خرمشهر، دانشکده علوم دریایی و اقیانوسی، استان خوزستان، خرمشهر، پست الکترونیکی: savari53@yahoo.com

۳- مربی پژوهشی دانشگاه خلیج فارس، مرکز مطالعات و پژوهش‌های خلیج فارس، استان خوزستان، خرمشهر، پست الکترونیکی: amirvz@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۹۰/۱/۲۹ ** نویسنده مسوول* *تاریخ پذیرش: ۹۱/۱۰/۱۱*

© نشریه علمی ـ پژوهشی اقیانوس‌شناسی ۱۳۹۱، تمامی حقوق این اثر متعلق به نشریه اقیانوس‌شناسی است.

چکیده

به‌منظور مطالعه وضعیت بوم‌شناختی بوم‌سامانه‌های جزر و مدی در منطقه دلوار (بوشهر)، نمونه‌برداری رسوبات طی سه فصل سرد (زمستان ۸۷)، معتدل (بهار ۸۸) و گرم (تابستان ۸۸) در سه سطح جزر و مدی از شش ایستگاه (دو پهنه‌ی گلی، دو بوم‌سامانه ماسه‌ای و دو بوم‌سامانه‌ی قلوه‌سنگی) انجام گردید. شاخص‌های بوم‌شناختی مربوط به ساختار اجتماعات ماکروبنتیک درون رسوبات شامل تنوع زیستی شانون- وینر، ترازی زیستی پایلو، غالبیت گونه‌ای برگر- پارکر و غنای گونه‌ای مارگالف، به همراه متغیرهای محیطی محاسبه شد. نتایج نشان‌دهنده‌ی اختلاف معنی‌دار فصلی($p>۰/۰۵$) متغیرهای محیطی به‌ویژه شوری و درجه حرارت در اغلب ایستگاه‌ها بود. فراوانی ماکروبنتوزهای مورد مطالعه (بیشترین در کری، ۷۵±۲/۹۴۳ و کمترین در دالارام ۰/۰۷۷± ۶ فرد در مترمربع) با درصد دانه‌بندی درشت همبستگی معنی‌دار منفی ($p>۰/۰۵$) و با درصد دانه‌بندی ریز و مواد آلی کل، همبستگی معنی‌دار مثبت ($p>۰/۰۱$) نشان داد. مقادیر نسبتاً پایین‌تر شاخص‌های تنوع شانون، یکنواختی پایلو و غنای گونه‌ای مارگالف (به‌ترتیب ۰/۰۵۵، ۰/۱۸۳ و ۸/۳۵۳) و نیز بالاتر شاخص غالبیت برگر- پارکر (۰/۹۷۲) در دلارام و طی فصل زمستان محاسبه شد که نشان‌دهنده‌ی شرایط طبیعی دشوار این بوم‌سامانه‌ی ماسه‌ای بود. شرایط نامناسب حاکم بر بوم‌سامانه‌ی قلوه‌سنگی رستمی را می‌توان به اثرات سوء زیست‌محیطی ناشی از اسکله‌ی صیادی نسبت داد. اگرچه نتایج شاخص‌ها در منطقه‌ی مورد مطالعه نشان‌دهنده‌ی شرایط زیست‌محیطی مطلوب نبود، اما بوم‌سامانه‌ی گلی هاله و قلوه‌سنگی کری از وضعیت بوم‌شناختی بهتری نسبت به سایر ایستگاه‌ها برخوردار بودند (شاخص‌های تنوع شانون- وینر ۰/۸۳۳ و ۰/۷۹۲ و غالبیت برگر- پارکر ۰/۱۳۳). اسکله نیز در اغلب ویژگی‌های بوم‌شناختی (از جمله متغیرهای محیطی و شاخص‌ها)، وضعیتی مشابه با هاله نشان داد. از این رو، شباهت وضعیت بوم‌شناختی این دو پهنه‌ی گلی جزر و مدی طبیعی و مصنوعی، نشان‌دهنده‌ی امکان ایجاد این بوم-سامانه‌ها در منطقه‌ی مورد مطالعه به‌عنوان رویکرد مدیریتی مبتنی بر بوم‌سامانه بود. با بررسی نتایج این مطالعه، ضرورت حفاظت از این بوم‌سامانه‌ها در منطقه‌ی مورد مطالعه امری اجتناب‌ناپذیر می‌نماید.

کلمات کلیدی: بوم‌سامانه‌های بین جزر و مدی، شاخص‌های بوم‌شناختی، ماکروفونا، دلوار، خلیج فارس.

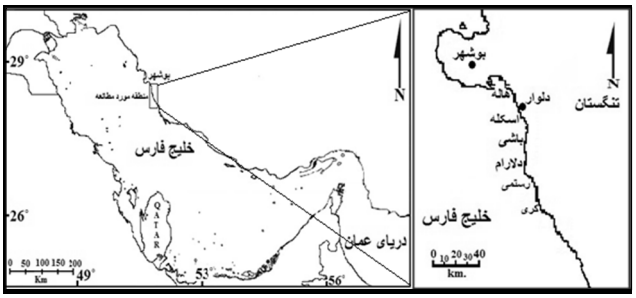
۱. مقدمه

امروزه مناطق ساحلی نسبت به سایر منابع دریایی با شدت بیشتری در معرض بهره‌برداری بی‌رویه قرار دارند. دلتای رودخانه‌ها، دشت‌های سیلابی، تالآب ها، سواحل، تپه‌های ساحلی، سنگفرش‌های مرجانی، جنگل‌های مانگرو و دیگر پدیده‌های ساحلی، اجزای این گستره را شامل هستند. این منطقه حدود ۱۸٪ از سطح زمین را در بر گرفته و حدود ۶۰٪ جمعیت جهانی را در خود جای داده است. نود درصد صید جهانی و ۱۸ تا ۳۳ درصد از کل تولید اولیه اقیانوس‌ها محصول این مناطق بوده و از آنجا که ۸۰ تا ۹۰ درصد مواد آلی دریاها را تأمین می‌کنند، از نظر بیوژئوشیمیایی اهمیت خاصی دارند (Balasubramanian, 1999). در میان بوم‌سامانه‌های متنوع موجود در مناطق ساحلی، انواع بین جزر و مدی به‌عنوان بستری برای سکونت، تغذیه، تخم‌گذاری و پرورش نوزاد، دارای پتانسیل زیست‌شناختی بالایی هستند (Webber and Thurman, 1995; Balasubramnian, 1999). توزیع و فراوانی گونه‌های بی‌مهره کفزی در این بوم سامانه‌ها ارتباط نزدیکی با وضعیت زیست‌محیطی آن بوم‌سامانه‌ها داشته و بازتاب ویژگی‌های آشیان بوم‌شناختی آن‌ها است (Ansari et al., 2003). چندین دهه است که سنجش و ارزیابی تغییرات در جوامع کفزی به‌طور وسیعی جهت شناسایی و پایش اثرات انسانی بر محیط زیست ساحلی مورد استفاده قرار می‌گیرد. ارزیابی مخاطرات زیست‌محیطی مربوط به دفع فاضلاب در مناطق ساحلی (Jarho et al., 1996)، لایروبی (Janson and Frid, 1995) و استخراج نفت (Gray et al., 1990; Kingston et al., 1995) تنها نمونه‌هایی از کاربرد تحلیل ساختار جوامع مذکور است. این دامنه‌ی وسیع کاربرد، به این دلیل است که موجودات کفزی تقریباً غیر متحرک بوده و اثرات آلاینده‌ها را به مرور زمان حفظ کرده و از همه مهم‌تر نمونه‌برداری، شناسایی و شمارش این گروه از موجودات در مقایسه با سایر گروه‌ها از سهولت بیشتری برخوردار است (Eleftheriou and McIntyre, 2005). ماکروفونا به‌عنوان یکی از گروه‌های مهم جانوران کفزی از اجزای مهم رژیم غذایی ماهیان محسوب می‌شود و از این رو حلقه‌ی ارتباطی حائز اهمیت برای انتقال انرژی و مواد غذایی بین سطوح مختلف تغذیه‌ای هستند. تفاوت‌های زمانی و مکانی در ترکیب گونه‌ای می‌تواند تابع عوامل متعدد زیست‌شناختی مانند تولید اولیه، رقابت و سازگاری با محیط نیز باشد (Simpson et al., 2005). تغییرات طبیعی فصلی و سالیانه در متغیرهای محیطی و عوامل زیستی می‌تواند میزان موفقیت در زادآوری و نیز مرگ و میر افراد گونه‌ها و به تبع آن ساختار این اجتماعات کفزی را تحت‌الشعاع قرار دهد (Nybakken, 1993) . مطالعاتی که پیش از این در سطح دنیا (Borja et al., 2009; Pinto, et al., 2009) و نیز استان بوشهر (وزیری‌زاده، ۱۳۷۶؛ ولوی، ۱۳۷۶؛ میردار، ۱۳۷۶) انجام شده‌اند، به‌خوبی بر موارد فوق صحه گذاشته‌اند. اهداف انجام این مطالعه، معرفی بوم‌سامانه‌های ارزشمند بین جزر و مدی در منطقه‌ی مورد مطالعه، بررسی شرایط بوم‌شناختی منطقه با استفاده از اجتماعات ماکروفونا و شاخص‌های بوم‌شناختی و ارائه راهکارهای مدیریتی در راستای حفاظت بهتر از آن‌ها بوده است.

۲. مواد و روش‌ها

منطقه‌ی ساحلی دلوار در شهرستان تنگستان بوشهر، در محدوده‌ای بین خلیج‌فارس در غرب و ارتفاعات شرقی که رودخانه‌های فصلی از آن سرچشمه می‌گیرند، قرار دارد. بافت عمومی نوار ساحلی ماسه‌ای بوده (ولوی، ۱۳۷۶)، اما در طول این نوار بوم‌سامانه‌های گلی جزر و مدی و قلوه‌سنگی نیز دیده می‌شوند. در شمال محدوده‌ی مورد مطالعه، پهنه‌ی گلی بزرگ جزر و مدی در کنار خور هاله (دور از مراکز صنعتی و مسکونی) دیده می‌شود. در اسکله قدیمی محمد عامری تنها جریان تأمین‌کننده آب دریا برای این اسکله، جزر و مد است و نوعی پهنه گلی جزر و مدی مصنوعی ایجاد گردیده که می‌تواند جهت مطالعه و مقایسه با انواع طبیعی سودمند واقع گردد. دو بوم‌سامانه ماسه‌ای باشی (در معرض فعالیت‌های تفریحی) و دلارام (دور از مراکز صنعتی و مسکونی) نیز در دهانه‌ی مصب رودخانه‌های فصلی واقع گردیده‌اند. در ادامه مسیر به‌سمت جنوب، در بستر رودخانه‌های فصلی با سرچشمه گرفتن از ارتفاعات، قلوه‌سنگ‌های زیادی مشاهده می‌گردد.

به مرور زمان بوم‌سامانه‌های ارزشمند قلوه‌سنگی از جمله رستمی (در معرض آلودگی ناشی از اسکله) و کری (دور از مراکز صنعتی) ایجاد شده‌اند. موقعیت جغرافیایی بوم‌سامانه‌های مورد مطالعه در شکل ۱ ارائه شده است.



شکل ۱: موقعیت بوم‌سامانه‌های شش‌گانه‌ی در منطقه مورد مطالعه در سواحل خلیج فارس.

نمونه‌برداری طی فصول سرد (بهمن ۱۳۸۷)، معتدل (اردیبهشت ۱۳۸۸) و گرم (مرداد ۱۳۸۸) از رسوبات هر سه سطح جزر و مدی، به تعداد سه تکرار، به‌صورت ترانسکت‌های عمود بر ساحل و به صورت کاملاً تصادفی در هنگام جزر انجام شد. نمونه‌های رسوب با استفاده از کوادرات ۵۰×۵۰ سانتی‌متر برداشت گردید. جهت شناسایی و شمارش ماکروفونای درون رسوبات (با عبور از الک ۰/۵ میلی‌متر و همراه با اتانول ۷۰ درصد)، و نیز تحلیل دانه‌بندی و مواد آلی کل، درون ظروف پلاستیکی ظرف مدت کمتر از ۲۴ ساعت به آزمایشگاه انتقال داده شدند (Eleftheriou and McIntyre, 2005). همزمان با برداشت نمونه‌های فوق در هر نقطه، متغیرهای محیطی نیز ثبت گردیدند. تحلیل دانه‌بندی با استفاده از سری الک‌های خشک (Buchanan, 1984) و طبقه‌بندی ذرات رسوب به گروه‌های ریز، متوسط و درشت انجام گردید (Wentworth, 1922). منحنی تجمعی رده‌های اندازه‌ای هشت‌گانه جهت نسبت دادن تعداد نماهای موجود به یک منبع تأمین رسوب بوم‌سامانه (Buller and McManus, 1979) نیز ترسیم گردیدند. محاسبه مقدار کل ماده آلی موجود در نمونه‌های رسوب از روش فیزیکی و با سوزاندن مواد آلی موجود در نمونه‌های رسوب در دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد انجام شد (Eleftheriou and McIntyre, 2005). جهت رنگ‌آمیزی و جداسازی افراد از روش رزبنگال (Walton, 1952) و از کلیدهای شناسایی معتبر جهت شناسایی آرایه‌های مختلف ماکروفونا استفاده شد (Kira, 1965; Tirmizi, 1982; Jones, 1986). بعد از بررسی تابعیت توزیع داده‌ها از حالت نرمال، جهت بررسی اختلاف متغیرها بین فصول مختلف در هر کدام از ایستگاه‌ها و نیز بررسی اختلاف آن‌ها در ایستگاه‌های دارای نوع بستر مشابه به‌صورت دو به دو، به‌ترتیب آزمون‌های پارامتریک ANOVA یک‌طرفه به‌همراه پس آزمون Tukey، و همچنین T- test (برای متغیرهای نرمال) و نیز آزمون‌های غیرپارامتری Kruskal-Waliis و Mann-Wittney U (برای متغیرهای غیرنرمال) و سرانجام آزمون‌های همبستگی Pearson و Spearman جهت بررسی همبستگی متغیرها با یکدیگر در سطح اطمینان ۰/۰۵ و با استفاده از نرم افزار SPSS 16.00 for Windows انجام شد. ارزیابی بوم‌شناختی منطقه با محاسبه شاخص‌های شاخص تنوع شانون- وینر (Shannon and Wiener, 1963)، شاخص پایلو (Pielou, 1977)، شاخص‌های غالبیت گونه‌ای برگر- پارکر (Jørgensen et al., 2005) و غنای گونه‌ای مارگالف (Margalef, 1958)، و به کمک نرم‌افزار (Biological Diversity Professional Beta BDPro, 1997) انجام شد.

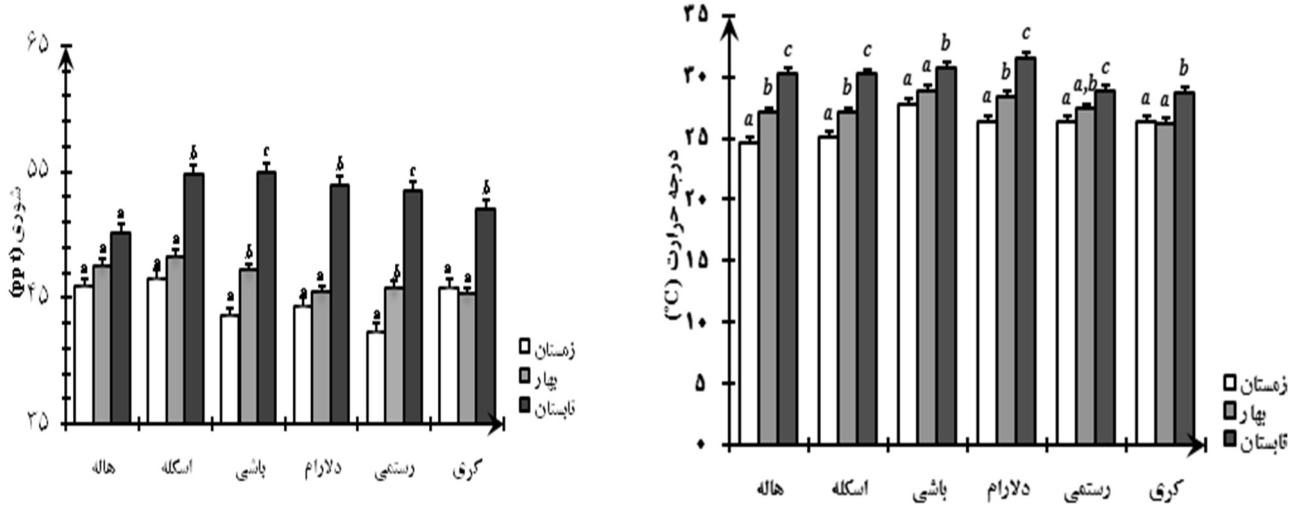
۳. نتایج

آزمون کالموگروف - اسمیرنوف نشان‌دهنده‌ی توزیع نرمال برای متغیرهای درجه حرارت، شوری، pH، مواد آلی کل و دانه‌بندی متوسط بود. متغیرهای دانه‌بندی ریز و درشت و نیز فراوانی ماکروفونا در این آزمون، فاقد توزیع نرمال بودند. میانگین سالانه ± انحراف معیار متغیرهای بیوتوپ و بیوسنوز در جدول ۱ آورده شده است. آزمون ANOVA یک‌طرفه نشان‌دهنده‌ی وجود اختلاف معنی‌دار (p<۰/۰۵) درجه حرارت بین فصول مختلف در ایستگاه‌های منطقه مورد مطالعه بود. بنابراین آزمون Tukey مشخص‌کننده‌ی اختلاف ذکر شده در ایستگاه‌ها، در سطح اطمینان ۰/۰۵ بود که در شکل ۲ نشان داده شده است. این آزمون‌ها مشخص‌کننده‌ی وجود اختلاف معنی‌دار بین مقادیر شوری ایستگاه‌های ۲ تا ۶ طی فصول مختلف بود که در شکل ۳ آورده شده است (p<۰/۰۵). نتایج آزمون ANOVA یک‌طرفه حاکی از آن بود که مقادیر pH در بین فصول مختلف در همه ایستگاه‌ها فاقد اختلاف معنی‌دار بوده است (p<۰/۰۵). اما این آزمون از وجود اختلاف معنی‌دار (p<۰/۰۵) فصلی مقادیر مواد آلی کل در همه ایستگاه‌ها به استثنای ایستگاه اسکله و باشی خبر داد. اختلاف مشاهده شده از پس آزمون Tukey در ایستگاه‌های شش‌گانه در شکل ۳ نشان داده شده است (p<۰/۰۵).

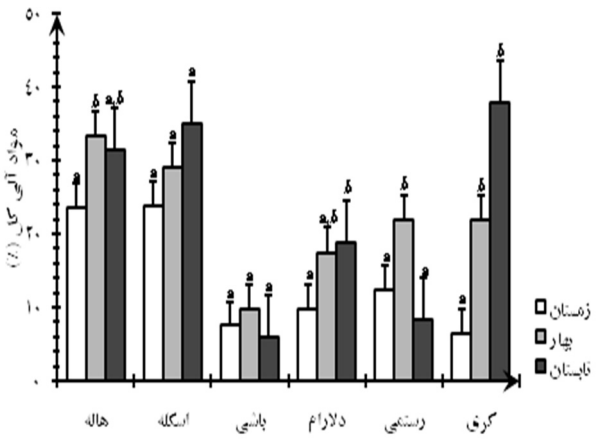
جدول ۱: میانگین سالانه ± انحراف معیار و متغیرهای بیوتوپ و بیوسنوز ایستگاه‌های شش‌گانه‌ی مورد مطالعه و مقایسه آن‌ها در ایستگاه‌های با بستر مشابه

متغیر/ایستگاه	درجه حرارت (°C)	شوری(ppt)	pH	TOM(%)	دانه بندی درشت (%)	دانه بندی ریز (%)	فراوانی ماکرو فونا (فرد در متر مربع)
هاله	۲۷/۳۸±۲/۶۵۶ a	۴۷/۸۷±۴/۶۴۴ a	۸/۰۵±۰/۴۶۵ a	۲۹/۴۳±۸/۹۶۸ a	۰/۶۲±۰/۶۶۰ a	۷۷/۸۸±۴/۶۳۵ a	۷۹/۵۰±۱/۳۳۷ a
اسکله	۲۷/۵۰±۲/۷۱۱ a	۴۹/۸۷±۴/۹۷۲ a	۸/۱۰±۰/۳۲۴ a	۲۹/۳۳±۱۰/۷۸۶ a	۰/۵۵±۱/۰۵۷ a	۷۲/۱۱±۹/۰۵۴ b	۴۲/۵۰±۰/۷۱۸ b
باشی	۲۸/۳۲±۱/۴۶۳ a	۴۸/۵۹±۵/۱۰۸ a	۸/۰۶±۰/۳۹۰ a	۷/۷۲±۳/۵۹۴ a	۳/۳۹±۳/۲۸۹ a	۱۲/۹۸±۳/۹۷۶ a	۲۲/۰۰±۰/۵۷۷ a
دلارام	۲۸/۶۷±۲/۴۰۲ b	۴۷/۸۸±۵/۰۹۳ a	۸/۱۷±۰/۴۸۸ a	۱۵/۳۸±۷/۵۵۰ b	۵/۸۳±۴/۲۸۰ a	۱۴/۶۷±۴/۲۰۷ b	۶/۵۹±۳/۱۰۴ a
رستمی	۲۶/۸۸±۱/۶۲۶ a	۴۷/۲۲±۵/۰۰۰ a	۸/۳۱±۰/۳۸۶ a	۱۴/۲۲±۶/۴۵۴ a	۲۳/۲۹±۱۱/۰۰۷ a	۱۸/۹۰±۴/۰۶۷ a	۱۹/۱۱±۱/۲۳۶ a
کری	۲۶/۵۹±۱/۱۶۹ a	۴۷/۷۲±۳/۶۵۹ a	۸/۱۳±۰/۳۷۱ a	۱۷/۰۲±۸/۰۲۱ a	۱۳/۶۲±۴/۰۵۴ a	۲۹/۹۳±۳/۴۲۳ b	۱۲۲/۴۴±۲/۳۵۷ b

حروف نامشابه برای هر متغیر نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین ایستگاه‌های با بستر مشابه است.

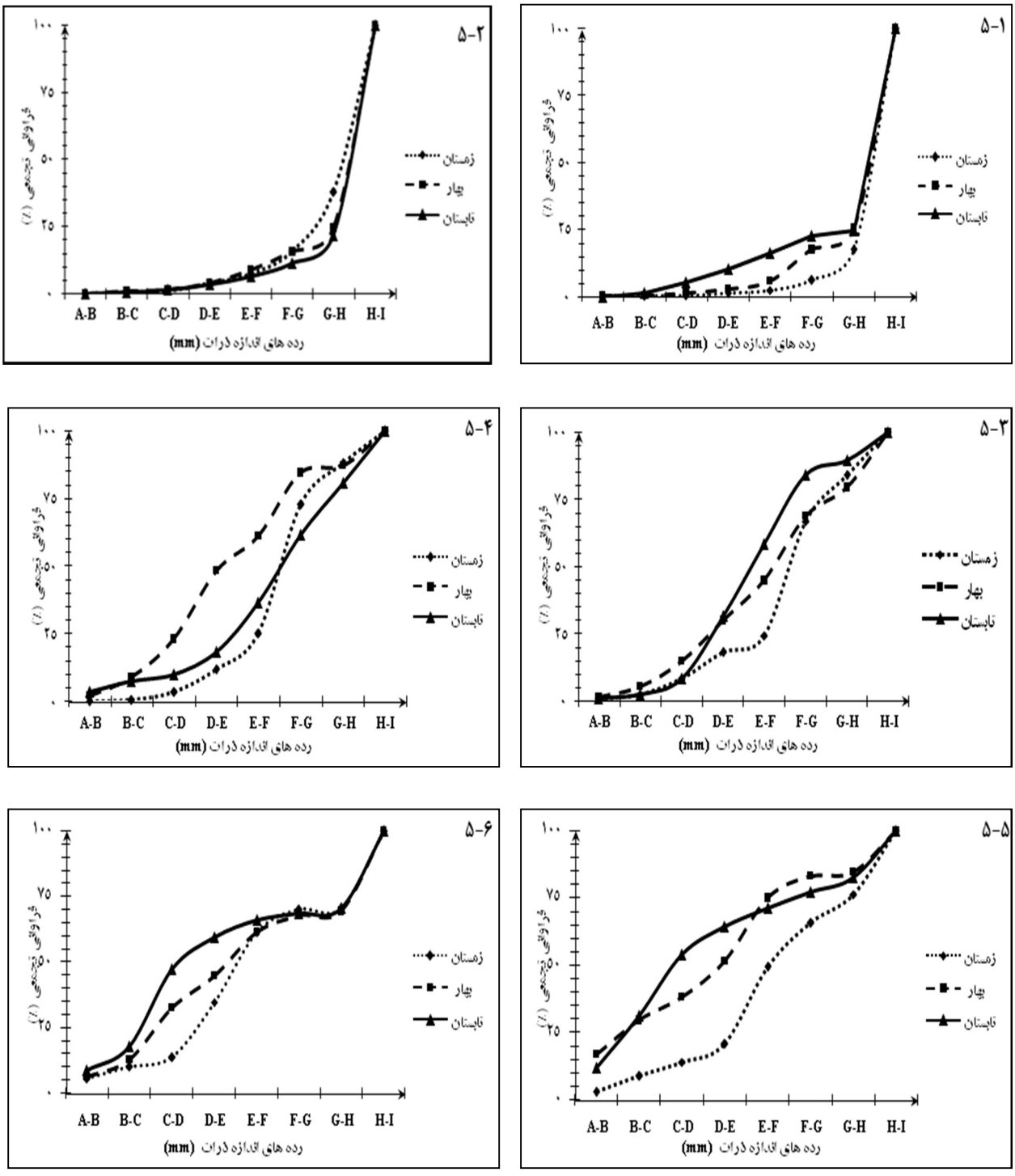


شکل ۲: نمودار تغییرات درجه حرارت و شوری ایستگاه‌های شش‌گانه به تفکیک فصل



شکل ۳: نمودارهای تغییرات درصد مواد آلی کل ایستگاه‌های شش‌گانه به تفکیک فصل

همچنین آزمون همبستگی Spearman نشان‌دهنده‌ی همبستگی معنی‌دار مثبت محتوی ماده آلی کل با دانه‌بندی ریز ($p<۰/۰۱$) و فراوانی ماکروفونا ($p<۰/۰۵$) بود. بالاترین و پایین‌ترین میانگین فراوانی ماکروفونای درون رسوب‌زی به‌ترتیب در کری (زمستان)، و دلارام (بهار) به‌میزان ۷۵±۲/۹۴۳ و ۶±۰/۰۷۷ فرد در متر مربع به‌دست آمد. آزمون غیرپارامتری Kruskal-Waliis مشخص نمود که در هاله، اسکله، باشی و کری اختلاف معنی‌داری در فراوانی ماکروفونا، طی فصول مختلف وجود ندارد. آزمون Mann-Wittney U نیز خبر از اختلاف معنی‌دار ($p<۰/۰۵$) مقادیر فراوانی ماکروفونای ایستگاه‌های دلارام و رستمی در فصل زمستان با دو فصل بهار و تابستان داد. همچنین آزمون Spearman همبستگی معنی‌داری ($p<۰/۰۵$) را میان مقادیر این متغیر با مقادیر دانه‌بندی درشت (منفی و در سطح اطمینان ۰/۰۵) و دانه‌بندی ریز (مثبت و در سطح اطمینان ۰/۰۱) نشان داد. آرایه‌های شناسایی شده ماکروفونای درون رسوبات متعلق به ۳ شاخه، ۴ رده، ۹ راسته، ۱۶ خانواده و ۱۴ جنس و گونه بودند که در جدول ۲ معرفی گردیده‌اند. منحنی فراوانی تجمعی اندازه ذرات به تفکیک رده‌های اندازه‌ای به میلی‌متر (بزرگتر از A-B:۴، B-۴-۲ C:، C-D:۲-۱، D-E:۱-۰/۵، E-F:۰/۵-۰/۲۵، F-G:۰/۲۵-۰/۱۲۵، G-H:۰/۱۲۵-۰/۰۶۲۵ و کوچکتر از H-I:۰/۶۲۵) در ایستگاه‌های شش‌گانه در نمودارهای شکل ۴ نشان داده شده است.



شکل ۴: نمودارهای فراوانی تجمعی دانه‌بندی بوم‌سامانه‌های هاله (۱-۵)، اسکله (۲-۵)، باشی (۳-۵)، دلارام (۴-۵)، رستمی (۵-۵) و کری (۶-۵)

در بررسی مقایسه‌ای شاخص‌های بوم‌شناختی، بالاترین مقدار شاخص تنوع شانون- وینر، در منطقه مورد مطالعه برابر با ۰/۸۳۳ بود. این مقدار در کری (زمستان) به دست آمد. همچنین پایین‌ترین مقدار این شاخص در دلارام (زمستان) به میزان ۰/۰۵۵ محاسبه گردید. در میان بوم‌سامانه‌های با نوع بستر مشابه، بوم‌سامانه‌ی گلی اسکله دارای مقادیر کمتر از هاله، اما نسبتاً نزدیک به آن بود. شاخص تنوع شانون- وینر در بوم‌سامانه‌ی قلوه‌سنگی کری در تمام فصول مقادیر به مراتب بالاتری از رستمی را نشان داد. شاخص

یکنواختی پایلو، بالاترین مقدار را در ایستگاه‌های هاله و کری، در فصل تابستان، معادل ۱ نشان داد. اگرچه شاخص فوق الگوی بارزی را جهت مقایسه ایستگاه های با بستر مشابه به‌دست نداد، اما در مورد آن، نزدیکی مقادیر شاخص طی هر سه فصل در دو بوم‌سامانه‌ی گلی هاله و اسکله را می‌توان ذکر نمود.

جدول ۲: ماکروبنتوزهای شناسایی شده (خانواده، جنس و گونه) در مطالعه‌ی حاضر

Family	species
Capitellidae	*capitella capitata* (Fabricius, 1780)
Nephtyidae	*nephthys* sp.
Nereididae	*perinereis cultrifera* (Grube, 1840)
	p. nuntia (Lamarck, 1818)
Diogenidae	*diogenus avarus* (Heller, 1865)
	paguristes perspicax (Nobili, 1906)
Grapsidae	*metopograpsus messor* (Forskål, 1775)
Macrophthalmidae	*macrophthalmus* sp.
Porcellanidae	*petrolisthes indicus* (De Man, 1893)
Ocypodidae	
Tanaidacea	
Veneridae	*callista umbonella* (Dillwyn, 1817)
	dosinia alta (Vine, 1886)
Donacidae	*donax scalpellum* Gray
Thellinidae	*tellina capsoides* (Lamarck, 1818)
Mytilidae	*modiolus auriculatus* (Krauss, 1848)
Pteriidae	*pinctata radiata* Leach
Potamididae	*cerithidea cingulata* (Gmelin, 1791)
Olividae	*oliva oliva* (Linnaeus, 1758)

همچنین کمینه مقدار این شاخص در دلارام (زمستان) و به میزان ۰/۱۸۳ به‌دست آمد. بالاترین مقدار شاخص برگر – پارکر در دلارام (زمستان) به میزان ۰/۹۷۲ و کمترین مقدار آن (۰/۲۵) در کری و طی فصول زمستان و بهار مشاهده شد. اما شاخص غنای گونه‌ای مارگالف، بالاترین مقدار (۴۳/۱۸۵) را در رستمی و در فصل تابستان و پایین‌ترین مقدار را در دلارام (زمستان) معادل ۸/۳۵۳ نشان داد. مقادیر این شاخص در اسکله نسبت به هاله به میزان اندکی بیشتر بود.

۴. بحث و نتیجه‌گیری

درجه حرارت در همه ایستگاه‌ها نشان‌دهنده‌ی تأثیر کاملاً محسوس فصول مختلف بر درجه حرارت بوم‌سامانه‌های مورد مطالعه بود. زیستمندان بوم‌سامانه‌های گلی مطالعه حاضر متحمل نوسانات بیشتر درجه حرارت در مقیاس زمانی و مکانی بودند. آب دریا به‌عنوان عاملی در حفظ ثبات نسبی درجه حرارت عمل می‌نماید (Barnes et al., 1981). دانه‌بندی ریزتر و به تبع آن جریان کمتر آب بین رسوبات را می‌توان به‌عنوان عامل توجیه‌کننده نوسان‌های بیشتر دمایی در این نوع بوم‌سامانه‌ها دانست (Alongi, 1997). در مناطق جزر و مدی، همانند درجه حرارت، شوری نیز از یک شیب در عرض منطقه و در بین سطوح مختلف برخوردار است که این الگو همانند درجه حرارت است (Knox, 2000). شوری آب دریا در هر نقطه متأثر از تبخیر و اساساً درجه حرارت است. این واقعیت در بوم-سامانه‌های بین جزر و مدی که در نزدیک‌ترین نقطه به خشکی قرار دارند، نسبتاً پررنگ‌تر است (Alongi, 1997). نتایج مطالعات انجام شده پیشین در استان بوشهر نیز دال بر همبستگی معنی‌دار مثبت این دو متغیر با یکدیگر بوده است (وزیری‌زاده، ۱۳۷۶ و ولوی، ۱۳۷۶). تغییرات محسوس pH تنها در موارد خاصی چون ورود حجم قابل توجهی از آلاینده‌های آلی رخ می‌دهد. محیط همگن آب دریا به‌عنوان بافری در برابر تغییرات شدید pH عمل می‌کند (Sindermann, 2006). عدم اختلاف مقادیر این متغیر در مقیاس مکانی و زمانی در مطالعات قبلی (ولوی، ۱۳۷۶؛ وزیری‌زاده، ۱۳۷۶؛ میردار، ۱۳۸۰) و نیز فصول مختلف و کل دوره مطالعه حاضر می‌تواند مؤید این نکته باشد.

رسوبات بوم‌سامانه‌های با دانه‌بندی ریزتر، سطح بیشتری در واحد حجم نسبت به رسوبات سایر انواع سواحل دارند. این وضعیت، توأم با دسترسی اندک امواج، به بوم‌سامانه‌های گلی، این امکان را فراهم می‌کند تا مقادیر بیشتری از مواد آلی را در بر داشته باشند (Barnes et al., 1985). از آنجایی که ذرات آلی سبک هستند و فقط در شرایط آب آرام ته‌نشین می‌گردند، رابطه‌ی معکوسی بین محتوی مواد آلی رسوبات بوم‌سامانه و آشفتگی و تلاطم آب و در پی آن دانه‌بندی وجود دارد. بنابراین میزان ماده آلی موجود در رسوبات یک سامانه به نوع بستر آن بستگی دارد (Knox, 2000). وزیری‌زاده در سال ۱۳۷۶ و ولوی در سال ۱۳۷۶ در مطالعه خود به وجود همبستگی معنی‌دار مثبت بین فراوانی موجودات زنده مورد مطالعه با این متغیر دست یافتند. عامل دیگری که می‌تواند در بیشتر بودن میزان مواد آلی کل بوم‌سامانه‌های گلی نسبت به سایر انواع بوم‌سامانه‌ها تأثیرگذار باشد، عامل زیستی است (Ray, 2000). قابلیت بیشتر این نوع سواحل نسبت به سواحل با دانه‌بندی درشت‌تر، در میزبانی تراکم بیشتری از زیستمندان را می‌توان به‌عنوان عاملی مؤثر دیگری در میزان ماده آلی این بوم‌سامانه‌ها قلمداد نمود (Mc Lachlan and Brown, 2006). در بسیاری از موارد، آلاینده‌های نفتی ممکن است موجب افزایش میزان ماده آلی در محیط بوم‌سامانه‌های ساحلی و به‌ویژه در رسوبات آن گردند (Sindermann, 2006). بنابراین حجم زیاد آلاینده‌های نفتی

ناشی از شناورهای بندر رستمی می‌تواند سهم قابل توجهی در محتوی مواد آلی بوم‌سامانه قلوه‌سنگی آن داشته باشد.

با دقت در منحنی تجمعی رده‌های مختلف دانه‌بندی ایستگاه‌های شش‌گانه، علاوه بر دستیابی به مقایسه واضحی از بافت بستر بوم‌سامانه‌های مختلف، درمی‌یابیم که بوم‌سامانه‌های گلی، با دارا بودن یک نما می‌توانند تنها به‌عنوان منبع تأمین‌کننده رسوبات باشند. این منبع تأمین‌کننده می‌تواند همان جریان جزر و مدی باشد. این وضعیت حتی در فصل زمستان که تنها فصل بارندگی در منطقه مورد مطالعه است نیز تقریباً مشابه بود. اما منحنی‌های تجمعی دو نوع بوم‌سامانه‌ی ماسه‌ای و قلوه‌سنگی، می‌تواند نشان‌دهنده‌ی این نکته باشد که این بوم‌سامانه‌ها در اغلب فصول دارای دو منبع تأمین کننده رسوبات هستند (Buller and McManus, 1979). وجود بیش از یک منبع تأمین‌کننده رسوبات را به‌ویژه در دو فصل زمستان و بهار، به‌ترتیب می‌توان با بارندگی و نیز جریان‌های جزر و مدی بهاره شدیدی که تا بیشترین فواصل خشکی درون آبراهه‌ها ادامه پیدا می‌کند و در بازگشت، رسوبات بستر آبراهه‌ها را به بوم‌سامانه‌های بین جزر و مدی انتقال می‌دهد توجیه نمود.

دانه‌بندی یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های مؤثر بر بوم‌سامانه‌های جزر و مدی است که می‌تواند دارای تأثیرات مستقیم و غیر مستقیم بر سایر ویژگی‌های بوم‌سامانه باشد (Chapman, 2002). وزیری‌زاده در سال ۱۳۷۶ و میردار در سال ۱۳۸۰ یک همبستگی معنی‌دار مثبت را میان دانه‌بندی (درصد سیلت و رس) با فراوانی موجودات مورد مطالعه به‌دست آوردند.

همسانی نتایج حاصل از بررسی اختلاف میان مقادیر فراوانی ماکروفونا در ایستگاه‌های با بستر مشابه و همچنین نتایج به‌دست آمده از بررسی اختلاف بین مقادیر مربوط به دو رده دانه‌بندی درشت و ریز در آن‌ها طی کل دوره مطالعه از یک سو و همبستگی معنی‌دار و متفاوت میان مقادیر این متغیر با مقادیر دانه‌بندی درشت و دانه‌بندی ریز از سوی دیگر، می‌تواند نشان‌دهنده‌ی این واقعیت باشد که دانه‌بندی رسوبات در بوم‌سامانه‌های بین جزر و مدی به عنوان یک عامل محیطی بسیار مهم مؤثر بر فراوانی افراد ماکروفونای درون رسوبات مطرح است؛ نکته‌ای که توسط Arberas و Rallo در سال ۲۰۰۲ مورد تأکید قرار گرفت.

دو بوم‌سامانه‌ی گلی هاله و اسکله، نسبت به بوم‌سامانه‌های ماسه‌ای و قلوه‌سنگی دارای کمترین تفاوت در شاخص تنوع شانون- وینر هستند. این نکته شاید ناشی از نوع خاص بوم‌سامانه‌های این دو ایستگاه باشد، اما می‌توان اظهار نمود که اسکله بندر محمد عامری که در کنار این اسکله قدیمی تأسیس گردیده، دارای حداقل تأثیرات سوء زیست‌محیطی بر اجتماعات ماکروفونای درون رسوبات بوم‌سامانه‌ی گلی همجوار خود بوده است.

با وجودی که تنها مطالعات محدودی بر روی ارزیابی پهنه‌های گلی جزرو مدی انسان ساخت و موفقیت آن‌ها در جبران نواحی از بین رفته و احیای کارکرد و ارزش بوم‌سامانه‌های طبیعی صورت گرفته است (Hosokawa, 1997; Evans et al., 1998; Lee et al., 1998; Ray, 2000)، تأمل در نتایج این شاخص به‌همراه سایر شاخص‌های بوم‌شناختی می‌تواند ما را به این نکته رهنمون سازد که با مد نظر قرار دادن رویکردها و ملاحظات زیست‌محیطی، می‌توان از ایجاد چنین بوم‌سامانه‌های پرتولیدی در منطقه به‌عنوان یک راهکار مدیریتی یاد کرد. وزیری زاده در سال ۱۳۷۶ بالاترین مقدار شاخص شانون- وینر برای جوامع ماکروبنتیک استان بوشهر را معادل ۱/۳۶۹ در ساحل گلی نای بند به‌دست آورد.

تخریب ریز زیستگاه‌های ساحلی ناشی از فعالیت‌های تفریحی بر ساختار اجتماعات ماکروفونا در بوم‌سامانه‌های ماسه‌ای تأثیرگذار است (Mc Lachlan and Brown, 2006). مقایسه شاخص شانون – وینر و سایر شاخص‌ها در دو بوم‌سامانه ماسه‌ای باشی و دلارام به‌خوبی این واقعیت را نشان می‌دهد. همان‌گونه که در نقشه‌ی مذکور ملاحظه می‌گردد، در این دو بوم‌سامانه، مقادیر شاخص تنوع شانون- وینر برای این گروه از موجودات زنده دارای تفاوت بیشتری نسبت به بوم‌سامانه‌های گلی منطقه مورد مطالعه بود. به نحوی که در باشی، مقادیر شاخص مذکور در فصل زمستان بیشتر از دلارام بود. اما با شروع فصول گرم‌تر سال، مقادیر شاخص در دلارام از باشی بیشتر گردید.

با وجود یکسان بودن الگوی تغییرات فصلی متغیرهای محیطی این دو بوم‌سامانه، تنها دلیلی که برای این تغییرات می‌توان اظهار نمود این نکته است که از آنجا که در باشی فعالیت‌های انسانی جهت تفریح و تفرج، با شروع فصول گرم سال آغاز می‌گردد، تنوع ماکروفونای ساکن در این بوم‌سامانه را تحت تأثیر سوء قرار داده است. حال آنکه در دلارام هیچ‌گونه مراجعه‌ای را در طول سال شاهد نیستیم. با این وجود، دلارام به‌عنوان یک بوم‌سامانه ماسه‌ای در معرض آشفتگی‌های فیزیکی قرار داشته و کمترین مقادیر تنوع و بالاترین مقادیر غالبیت در این بوم سامانه تأییدکننده نتایج حاصل از سایر مطالعات پیشین بر روی بوم‌سامانه‌های ماسه‌ای استان بوشهر است (وزیری‌زاده، ۱۳۷۶؛ ولوی، ۱۳۷۶؛ میردار، ۱۳۸۰).

همچنین با وجود اینکه شاخص بالاترین مقادیر خود را در تمام فصول در بوم‌سامانه‌ی قلوه‌سنگی کری نشان داد، اما باید عنوان نمود که عوامل آلاینده تأثیر چشمگیری بر این تنوع منحصر به فرد دارند. واقعیت تأسف بار اخیر را می‌توان به‌وضوح در بوم‌سامانه‌ی قلوه‌سنگی آلوده بندر رستمی ملاحظه نمود.

به‌علاوه، همسان بودن نتایج شاخص مارگالف با سایر شاخص‌ها را می‌توان به وابستگی زیاد این شاخص به سطح و حجم نمونه‌برداری نسبت داد. اگرچه این شاخص در توجیه شرایط زیست محیطی منطقه چندان توانمند نبوده است، اما ممکن است در حجم و سطح وسیع‌تر نمونه‌برداری، کارآمدی بیشتری را نشان دهد (Jørgensen et al., 2005). شاخص برگر – پارکر نشان‌دهنده‌ی غالبیت گونه‌ای است و الگویی مشابه با شاخص تنوع از وضعیت زیست محیطی بوم‌سامانه‌های مورد مطالعه به‌دست داد، اما حساسیت بیشتر این شاخص نسبت به ورود آلاینده‌های آلی به بوم‌سامانه (Jørgensen et al., 2005)، سبب گردید که اختلاف مشهود مربوط به دو بوم‌سامانه قلوه سنگی، در این شاخص بیشتر جلوه‌گر شود. عدم همخوانی نتایج شاخص مارگالف با سایر شاخص‌های بوم‌شناختی در مطالعه وزیری زاده، ۱۳۷۶ و میردار، ۱۳۸۰ نیز مشهود بوده است.

با دقت در نتایج حاصل از این مطالعه این نکته قابل برداشت است که بوم‌سامانه‌های مورد مطالعه در بسیاری از ویژگی‌های بیوسنوز و بیوتوپ دارای الگوی زمانی و مکانی متمایز هستند و شناخت آن‌ها جهت مدیریت کارامدتر مبتنی بر بوم‌سامانه مفید خواهد بود. منطقه‌ی جزر و مدی دلوار در برخی از نواحی، به ویژه پیرامون اسکله بندر صیادی رستمی از وضعیت بسیار نامطلوبی برخوردار بوده است و الزامات زیست‌محیطی لازم جهت حفاظت از این بوم‌سامانه‌های ارزشمند، هیچگونه تأخیری را برنمی‌تابد.

همچنین احداث پهنه‌های گلی جزر و مدی مصنوعی به‌ویژه در حد فاصل خور هاله تا سایت پرورش میگوی دلوار می تواند راهکاری مفید در جبران اثرات سوء زیست‌محیطی، در دستور کار کمیته‌ی اجرایی طرح مدیریت یکپارچه‌ی مناطق ساحلی کشور قرار گیرد.

منابع

میردار، ج.، ۱۳۸۰. شناسایی، تعیین تراکم و تنوع ماکروبنتوزهای خورهای منطقه شمالی استان بوشهر، پایان نامه کارشناسی ارشد رشته محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، ۱۲۹صفحه.

وزیری‌زاده، ا.، ۱۳۷۶. بررسی وضعیت ماکروفونا در منطقه بین جزر و مدی سواحل استان بوشهر، پایان نامه کارشناسی ارشد بیولوژی ماهیان دریا، دانشگاه شهید چمران اهواز، ۱۴۶صفحه.

ولوی، ح.،۱۳۷۶. بررسی ساختار اجتماعات پرتاران مناطق بین جزر و مدی استان بوشهر، پایان نامه کارشناسی ارشد بیولوژی ماهیان دریا، دانشگاه شهید چمران اهواز،۱۳۲صفحه.

Alongi, M.D., 1997. Coastal ecosystem processes. CRS Press LLC. Boca Raton, Florida. 419pp.

Ansari, Z. A.; Ingole, B. S.; Furtado, R., 2003. Response of benthic fauna to different pollutants: Some case studies and relevance of benthos to environmental impact assessment; In: Recent advances in environmental sciences (ed.) Hiremath K. G. (Discovery Publishing House, New Delhi). 422-428 pp.

Arberas, G.; and Rallo, A., 2002. Intertidal soft-bottom infaunal macrobenthos in three Basque estuaries (Gulf of Biscay): A feeding guild approach. Hydrobiologia. 475: 457-468.

Balasubramnian, H., 1999. Acts of coastal pollution.. Annamalai University Press. 10-18 pp.

Barnes, R. S .K.; Miller, P. L.; Beaston, J. P.; Rees T., 1981. Ecology of marine sediments. Cambridge University Press. 105 pp.

Borja, A.; Muxika, I.; Rodriguez, J. G., 2009. Paradigmatic responses of marine benthic communities to different anthropogenic pressures, using M-AMBI, within the European Water Framework Directive. Marine Ecology, 30 (2): 214–227.

Buchanan, J. B., 1984. Sediment analysis. In: Eleftheriou, A.; McIntyre, A., Methods for the Study of Marine Benthos. Oxford Blackwell Scientific Publications. 41–65 pp.

Buller, A. T.; McManus, J., 1979. Sediment sampling and analysis. In: Dyer, K. D., Estuarine Hydrography and

C., 1995. The Impact of the Braer oil spill on the macrobenthic infauna of the sediments off the Shetland Islands. Marine Pollution Bulletin, 7: 445-459.

Kira, T., 1965. Shells of the western Pacific in Color. HoiKusha Publishing Co. Ltd. Osaka, Japan. pp. 224.

Knox, G. A., 2000. The ecology of seashore. CRC Press, Boca Raton, Florida. 332pp.

Lee, J.G.; Nishijima, W.; Mukai, T.; Takimoto, K.; Seiki, T.; Hiraoka, K.; Okada, M., 1998. Factors to determine the functions and structures in natural and constructed tidal flats. Water Research 32: 2601–2606.

Margalef, R., 1958. Information Theory in Ecology. General Systematics. 3:36-71.

McLachlan, A.; Brown, A. C., 2006. The Ecology of Sandy Shore. Elsevier Academic Press. London. 457 pp.

Nybakken, J. W., 1993. Marine biology, an ecological approach. 3rd Ed. Harper Collins College Publishers. California. 462 pp.

Pielou, E. C., 1977. Mathematical Ecology. Wiley, New York. 377 pp.

Pinto, R.; Patrício, J.; Baeta, A.; Fath, B. D.; Neto, J. M.; Marques, J. C., 2009. Review and evaluation of estuarine biotic indices to assess benthic condition. Ecological Indicators, 9 (1): 1–25.

Ray, G. L., 2000. Infaunal assemblages on constructed intertidal mudflats at Jonesport, Maine (USA). Marine Pollution Bulletin, 40: 1186–1200.

Shannon, C. E.; Wiener, W. 1963. The Mathematical Theory of Communication. University of Illinois Press, Chicago, Illinois. 439 pp.

Simpson, S. L.; Batley, G. E.; Chariton, A. A.; Stauber, J. L., King, C. K.; Chapman, J. C.; Hyne, R. V.; Gale, S. A.; Roach, A. C.; Maher, A., 2005. Handbook for sediment quality assessment. (CSIRO: Bangor, NSW). 218 pp.

Sindermann, C. J., 2006. Coastal pollution: effects on living resources and humans. Taylor and Francis. Boca

Sedimentation (Ed. K.R.). Cambridge University Press, Cambridge. 87-130 pp.

Chapman, M. G., 2002. Early colonization of shallow subtidal boulders in two habitats. Journal of Experimental. Marine. Biology and. Ecology. 275: 96-115.

Eleftheriou, A.; McIntyre, A., 2005. Methods for the study of marine benthos. Blackwell Science. Oxfortd. U.K. 418 pp.

Evans, P. R.; Ward, R.M.; Bone, M.; Leakey, M., 1998. Creation of temperate-climate intertidal mudflats: factors affecting colonization and use by benthic invertebrates and their bird predators. Marine Pollution Bulletin, 37(2): 535–545.

Gray, J. S.; Clarke, K .R.; Warwick, R. M.; Hobbs, G., 1990. Detection of initial effects of pollution on marine benthos: an example of the Ekofisk and Eldfisk oilfields, North Sea. Marine Ecology Progress Series. 66: 285-299.

Hosokawa, Y., 1997. Restoration of coastal tidal flat in Japan. In Proceeding: US–Japan Experts Meeting on the Management of Bottom Sediments Containing Toxic Substances, Kobe, Japan.1–8 pp.

Jarho, P.; Urtti, A.; Jarvinen, K.; Pate, D. W.; Jarvinen, T.; Kenny, A. J.; Rees H. L., 1996. The effects of marine gravel extraction on the macrobenthos: results 2 years post-dredging. Marine Pollution Bulletin. 32: 615-622.

Johnson, L. J.; Frid, C. L. J., 1995. The Recovery of benthic communities along the County Durham coast after cessation of colliery spoil dumping. Marine Pollution Bulletin. 30: 215-220.

Jones, D. A., 1986. A field guide to the sea shores of Kuwait and the Persian Gulf. University of Kuwait. Blandford Press. 192 pp.

Jørgensen, S. E.; Costanza, R.; and Xu, F. L., 2004. Handbook of ecological indicators for the assessment of ecosystem health. Taylor and Francis Group. 439 pp.

Kingston, P. F.; Dixon, I. M. T.; Hamilton, S.; Moore, D.

foraminifera Contributions. Cushman found. 538 pp.

Webber, B.; Thurman, J., 1995. Marine biology. 1st Ed. Blackwell Scientific Publ. Co. London. 771pp.

Wentworth, C.K., 1922. A scale of grade and class terms for clastic sediments. Journal of Geology, 30: 377-392.

Raton, FL.748 pp.

Tirmizi, N. M., 1982. Illustrated key to Pakistani marine mollusks. University Grants Commission Publications, Karachi. 622 pp.

Walton, W. R., 1952. Techniques for recognition of living