

بررسی رابطه اکوزئومورفولوژی و دانه‌بندی رسوبات بستر مطالعه موردی: رودخانه بهمنشیر

چکیده

شناخت و مطالعه دقیق ویژگی‌های اکولوژیک و ژئوفیزیکی زیستگاه‌های بنتیک بسیار حائز اهمیت است، زیرا نوع بستر موجود در این زیستگاه‌ها به شکل وسیعی با حضور یا عدم حضور گونه‌های کفزی خاص و نیز با نحوه پراکنش آن‌ها در جوامع بنتیک در ارتباط است. هدف از این پژوهش بررسی رابطه اکوزئومورفولوژی و دانه‌بندی (GS) رسوبات بستر و شناسایی و بررسی اکولوژیک ماکروبتوزها، فاکتورهای زیست‌محیطی دما، هدایت الکتریکی، شوری، میزان اسیدیته (pH) و اکسیژن محلول (DO) رودخانه بهمنشیر است. این پروژه طی دو فصل در زمستان ۱۳۹۰ و تابستان ۱۳۹۱ و در سه قسمت ابتدایی، میانی و انتهایی رودخانه بهمنشیر انجام گرفت. نمونه‌ها به آزمایشگاه محیط‌زیست دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر منتقل و پس از بررسی‌های آزمایشگاهی، نتایج در نرم‌افزارهای آماری تجزیه و تحلیل گردید. به‌طور کلی در این مطالعه ۶ جنس و گونه متعلق به رده پرتاران (*Nereis sp.*, *Nephtys sp.*, *Capitella capitata*)، سخت‌پوستان (*Sphaeroma sp.*)، شکم پایان (*Triphora sp.*) و نماتودها (*Nematode sp.*) مشاهده شدند. ذرات تشکیل‌دهنده رسوبات محدوده مطالعاتی را ذرات دانه‌ریز ($<0.063\text{mm}$) تشکیل داده‌اند. با افزایش عمق (تا ۲۰۰ متری) دانه‌بندی رسوبات ریزتر و مواد آلی بستر بیشتر می‌گردد. بررسی حاصل از دانه‌بندی نیز حکایت از سیلانی - رسی بودن ذرات رسوبی داشت. نتایج همچنین نشان می‌دهد که درصد ذرات درشت‌تر از سیلت و رس در تابستان افزایش یافته است که می‌توان علت آن را ناشی از ورود جریان‌ات به رودخانه بهمنشیر در تابستان دانست.

واژگان کلیدی: رودخانه بهمنشیر، اکوزئومورفولوژی، فاکتورهای زیست‌محیطی، دانه‌بندی رسوبات، ماکروبتوز.

مریم سعادت‌مند^۱

هیوا علمیزاده^{۲*}

محمدعلی سالاری علی‌آبادی^۳

۱. گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، خرمشهر، ایران

۲. گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، خرمشهر، ایران

۳. گروه بیولوژی دریا، دانشکده علوم دریایی و اقیانوسی، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، خرمشهر، ایران

*مسئول مکاتبات:

Elmizadeh@kmsu.ac.ir

کد مقاله: ۱۳۹۸۰۲۰۳۶۶

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۱/۱۵

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۶/۲۴

این مقاله برگرفته از طرح پژوهشی است.

مقدمه

دانش اکوزئومورفولوژی از تلفیق دو دانش اکولوژی و ژئومورفولوژی منشأ می‌گیرد که به بررسی موجودات زنده و محل زندگی آن‌ها با توجه به تأثیرات ویژگی‌های ژئومورفولوژیکی زیستگاه‌ها می‌پردازد. شناخت و مطالعه دقیق ویژگی‌های اکولوژیک و ژئومورفیکی زیستگاه‌های بنتیک بسیار حائز اهمیت است، زیرا پارامترهای ژئومورفیک از عوامل تعیین‌کننده و تأثیرگذار بر کیفیت اکولوژیکی رودخانه‌ها هستند و نوع بستر موجود در این زیستگاه‌ها به شکل وسیعی با حضور یا عدم حضور گونه‌های کفزی خاص و نیز با نحوه پراکنش آن‌ها در جوامع بنتیک در ارتباط است (Brown and Blondel, 2009). در این راستا، با توصیف اختصاصات یک زیستگاه می‌توان مرزهای فضایی و محدوده‌ی فاکتورهای فیزیکی در پراکنش یک موجود خاص یا گروهی از موجودات با اولویت‌های زیست‌محیطی مشترک و ساکن در یک زیستگاه مشابه را تعیین نمود. ترکیب دانه‌بندی رسوبات، فاکتور مهمی است که علاوه بر تأثیر بر پارامترهای محیطی در پخش و پراکنش بنتوزها نقش مهمی را ایفا



می‌کند، به‌طوری‌که توزیع بسیاری از گونه‌ها مستقیماً به‌اندازه‌ی دانه‌ی رسوبات بستگی دارد، درحالی‌که در گونه‌های دیگر عوامل دیگری چون رژیم جریان‌ها و هیدرولیکی به همراه دانه‌بندی رسوبات اثرگذار است (Gray et al., 2002).

ماکروبتنوزها به‌عنوان یک شاخص زیستی (Biotic index) بیان‌کننده‌ی شرایط حاکم بر محیط زندگی خود هستند و از سوی دیگر در رژیم غذایی ماهیان رودخانه‌ای و همچنین ماهیان رودکوچ دریایی نقش بسزایی دارند. ترکیب دانه‌بندی رسوبات، فاکتور مهمی است که علاوه بر تأثیر بر پارامترهای محیطی در پخش و پراکنش بتنوزها نقش مهمی را ایفا می‌کند (Gray et al., 2002). دانه‌بندی رسوبات در حرکت و پراکنش جانوران کفزی، مقدار آب موجود در بین رسوبات، میزان جریان آب، مقدار مواد آلی و اکسیژن موجود در بین رسوبات تأثیرگذار است. مواد آلی موجود در رسوبات به‌عنوان یکی از مهم‌ترین منابع غذایی بتنوزها از اهمیت خاصی برخوردار است (Hosseini et al., 2015). با توجه به نقش عوامل مذکور مطالعه فاکتورهای زیست‌محیطی حاکم بر منطقه، تعیین‌کننده تغییرات زمانی و مکانی جمعیت جانوری این مناطق است و از نظر حفاظت و مدیریت این جوامع حائز اهمیت است. بر این اساس مطالعه متغیرهای محیطی در تغییر جوامع کفزی به‌عنوان یک روش اکولوژیکی به‌منظور شناسایی استرس‌های محیطی پیشنهاد می‌شود. به‌طور کلی ویژگی‌های عملکردی و ساختاری جوامع کفزی این اجازه را می‌دهد که پاسخ رودخانه را به عوامل استرس‌زا بررسی کرده و آسیب‌های وارده را با شاخص‌های مختلف از جمله شاخص‌های زیستی مشخص کرد (Stephens and Farris, 2004).

در سال‌های اخیر ماکروبتنوزها به دلیل اینکه اثرات ناشی از آلودگی‌های محیطی را به‌صورت تغییر در ترکیب یا تراکم منعکس می‌کنند در مطالعات پایش زیستی بیشتر موردتوجه قرار گرفته‌اند. با توجه به این‌که گونه‌های مقاوم در این مناطق کم‌تحرك و وابسته به بستر هستند، بنابراین توسط محققان زیادی به‌عنوان شاخص‌های زیست‌محیطی بحران‌ها و پایش اثرات آلودگی مورد استفاده قرار گرفته‌اند. در این رابطه سلیمانی‌راد و همکاران (۱۳۹۰) طی بررسی بوم‌شناختی جمعیت ماکروبتنوزهای منطقه حفاظت‌شده خور گابریک در شهرستان جاسک (دریای عمان) ۵۳ گونه متعلق به ۳۱ خانواده از ماکروبتنوزها را مورد شناسایی قرار داد. در زمینه‌ی مدل‌سازی پراکنش گونه‌های دریایی، هاشمی‌نژاد و همکاران (۱۳۹۰)، به مطالعه‌ی تأثیر پارامترهای محیطی حاصل از سنجش‌ازدور در تخمین پراکنش شانه‌دار مهاجم در دریای خزر پرداختند. حقی و همکاران (۱۳۹۲)، الگوهای تجمعی ماکروبتنوزها در آب‌های کم‌عمق سواحل دریایی جنوب جزیره‌ی قشم را با استفاده از تکنیک سنجش از راه دور اکوستیک موردبررسی قرار دادند و مشاهده نمودند که دلیل یکنواختی موجود در ویژگی زمین‌شناختی بستر منطقه مورد مطالعه، بافت و اندازه ذرات رسوبی تأثیر زیادی در پراکنش ماکروبتنوزها نداشته و الگوهای تجمعی را در ارتباط با الگوهای نزدیک-دور از ساحل و متأثر از عمق یافتند. فارسی و همکاران (۱۳۹۲)، به مطالعه‌ی پراکنش مکانی جمعیت ماکروبتنوزها در طول سواحل ایرانی خلیج فارس در محدوده‌ی استان بوشهر پرداختند و مشاهده نمودند که افزایش عمق و رسوبات نرم تراکم بالا و بیومس کاهش می‌یابد و این تراکم و بیومس ارتباط معناداری را نشان داد که می‌تواند با ترکیبی از فاکتورهای مختلف مانند عمق، ترانسکت، ویژگی‌های رسوب، شرایط هیدرودینامیک و آلودگی دریا مرتبط باشد. باقری‌توانی و جمال‌زاده (۱۳۹۳)، شاخص‌های بوم‌شناختی و زیستی ماکروبتنوزهای ناحیه‌ی مصبی رودخانه‌ی شیروود منتهی به دریای خزر را موردبررسی قرار دادند و بر اساس نتایج خود عوامل شوری و عمق و دما را به‌عنوان عوامل تأثیرگذار بر تراکم گونه‌ها معرفی کردند. شکوری و همکاران (۱۳۹۳)، فراوانی و تنوع زیستی گونه‌های کرم‌های پرتار را در یک منطقه‌ی جزرومدی در ساحل تیس خلیج چابهار بررسی نمودند. در این مطالعه بین فراوانی پرتاران و میزان سیلت -رس رابطه‌ی معناداری مشاهده شد، چراکه در مناطقی که میزان سیلت -رس بیشتر بود فراوانی پرتاران نیز افزایش نشان داد. صالحی و همکاران (۱۳۹۳)، به بررسی اجتماعات کفزیان مصب بهمنشیر و تأثیر متغیرهای محیطی بر آن پرداختند. در این مطالعه سلامت اکولوژیک مصب رودخانه بهمنشیر با استفاده از شاخص‌های متکی بر کفزیان AMBI و Bentix بررسی شد. جافریان و همکاران (۱۳۹۴) به‌منظور بررسی و تعیین مهم‌ترین عوامل فیزیوگرافی تأثیرگذار بر پراکنش گونه‌ی ارغوان افغانی به بررسی عواملی چون شیب جهت دامنه و ارتفاع پرداختند و جهت ارائه‌ی یک مدل پراکنش مکانی از این گونه از روش آماری رگرسیون لجستیک استفاده کردند. همچنین غلامی و نبوی (۱۳۹۴)، تأثیر میزان کل مواد آلی و دانه‌بندی رسوبات در پراکنش اجتماعات ماکروبتیک رودخانه حفار غربی در

خرمشهر را بررسی نمودند. نتیجه‌ی این بررسی نشان داد که TOM با تنوع ماکروبتوزها رابطه خطی معکوسی دارد و ماکروبتوزها شرایط دارای کمترین مواد آلی را ترجیح می‌دهند و به‌طور کلی در ایستگاه‌هایی با میزان مواد آلی زیاد از شمار ماکروبتیک‌ها کاسته شده و در بسترهای رسوبی با دانه‌بندی سیلتی-رسی و شن ریز گروه‌های بنتوزی بیشتری مشاهده شد.

Van der Wal و همکاران با استفاده از تکنیک‌های سنجش از راه دور به بررسی متغیرهای مؤثر بر توزیع فضایی ماکروبتوزهای یک ناحیه‌ی جزرومدی و به نقشه‌برداری از زیستگاه در مناطق ساحلی با استفاده از مدل مبتنی بر سیستم اطلاعات جغرافیایی پرداختند (Van der Wal et al., 2008). Choi و همکاران به ساخت نقشه‌های حضور بالقوه‌ی پنج گونه‌ی ماکروبتیک در یک‌تخت جزرومدی پرداختند (Choi et al., 2011). در این بررسی عوامل کنترل‌کننده‌ی پراکنش گونه‌های ماکروبتیک با استفاده از نمونه‌برداری مستقیم، داده‌های سنجش از راه دور و تجزیه و تحلیل داده‌ها در GIS به یک مدل احتمالی وارد شد. بر اساس مدل به‌دست‌آمده نقشه‌های حضور بالقوه‌ی گونه‌ها تهیه شد. در این بررسی پس از مقایسه‌ی نقشه‌های به‌دست‌آمده بر اساس مدل احتمالی با زیستگاه، همبستگی آشکار و قوی بین نقشه بالقوه و حضور واقعی گونه‌ها مشاهده نمودند. Lee و همکاران به تهیه‌ی نقشه‌ی بالقوه‌ی حضور سه گونه‌ی ماکروبتیک در یک منطقه‌ی جزرومدی پرداختند، در این بررسی هشت عامل کنترل‌کننده‌ی پراکنش گونه‌ها از نمونه‌برداری مستقیم، استفاده از روش‌های سنجش از راه دور و تجزیه تحلیل داده‌ها در GIS به دست آمد. در این تحقیق نتیجه اعتبار سنجی دقت‌ها در نقشه‌های به‌دست‌آمده نشان داد مدل شبکه عصبی مصنوعی مبتنی بر GIS در ترکیب با تکنیک سنجش از دور یک ابزار مؤثر برای نقشه‌برداری از مناطق بالقوه زیستگاه ماکروبتوزهای مناطق جزرومدی است (Lee et al., 2013).

رودخانه بهمن‌شیر در استان خوزستان و جنوب غربی این استان در مجاورت شهرآبادان و خرمشهر واقع شده است و انشعابی از کارون است که در نزدیکی خرمشهر در محلی به نام حفار از کارون منشعب شده و پرآب‌ترین دهانه رود کارون و شاخه اصلی این رود است که در شمال جزیره آبادان قرار دارد. طول این رود ۸۵ کیلومتر بوده و به خلیج فارس می‌ریزد و منبع بسیار مهمی برای مصارف شرب و کشاورزی شهرهای خرمشهر و آبادان می‌باشد. این منطقه از نظر توپوگرافی سرزمینی بسیار هموار محسوب می‌شود. عرض این رودخانه در محل دلتا به بیش از پانصد متر می‌رسد. از ویژگی‌های این رودخانه می‌توان به عمق کم، ورودی آب شیرین از کارون و کدورت زیاد اشاره کرد. از قسمت بالادست رودخانه آب شرب منطقه تأمین می‌شود. بندر چوئیده که از پرتددترین بندر کشور می‌باشد در این منطقه قرار گرفته است. تردد زیاد لجن‌ها، شناورهای کوچک و قایق‌ها، ورود فاضلاب‌های شهری و فعالیت‌های کشاورزی زیاد در این منطقه سبب شده تا این منطقه در معرض خطر قرار گیرد. در هنگام جزر و مد حجم زیادی از آب دریا وارد منطقه مصبی بهمنشیر شده و شوری آن را تا حد زیادی تحت تأثیر قرار می‌دهد (خلفه- نیل‌ساز و اسماعیلی، ۱۳۸۸). شناسایی بنتوزهای بهمنشیر به‌عنوان شاخص‌های زیست‌محیطی به علت ارزشمند بودن این اکوسیستم بخصوص برای مردم مناطق آبادان و خرمشهر بسیار مهم است، به همین دلیل این تحقیق باهدف بررسی رابطه اکوزئومورفولوژی و دانه‌بندی رسوبات بستر در رودخانه بهمنشیر انجام گردید.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه رودخانه بهمنشیر در محدوده شهرستان آبادان می‌باشد. در این تحقیق ۳ ایستگاه در رودخانه بهمنشیر طی دو فصل در زمستان ۱۳۹۰ و تابستان ۱۳۹۱ در نظر گرفته شد، موقعیت مکانی ایستگاه‌های موردنظر در (شکل ۱ و جدول ۱) مشخص گردیده است.



شکل ۱: نقشه ایستگاه‌های نمونه‌برداری در محدوده مورد مطالعه (۱۳۹۰-۱۳۹۱).

جدول ۱: موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های نمونه‌برداری.

ردیف	ایستگاه	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی
۱	پل ایستگاه ۱۲	۳۰° ۳۳' ۰۰/۱۷ N	۴۸° ۱۵' ۲۷/۶۰ E
۲	پل ذوالفقاری	۳۰° ۱۸' ۵۵/۱۴ N	۴۸° ۲۱' ۰۸/۱۷ E
۳	خضر	۳۰° ۱۷' ۰۰/۱۰ N	۴۸° ۲۴' ۵۲/۰۹ E

نمونه‌برداری از بنتوزها در هر فصل از هر ایستگاه ۳ نمونه توسط رسوب‌گیر ون وین (Van Veen Grab) با سطح مقطع ۰/۰۲۵ مترمربع انجام شد و بلافاصله با الکل ۹۶ درصد فیکس شد. هم‌زمان فاکتورهای زیست‌محیطی آب از قبیل شوری، دما، pH، EC و اکسیژن محلول (DO) توسط دستگاه مولتی متر مدل HACH HQ40D موردسنجش قرار گرفت. در نهایت رسوبات به فریزر با دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد آزمایشگاه دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر انتقال داده شد.

برای آنالیز دانه‌بندی رسوبات نیز از هر ایستگاه ۳ نمونه توسط رسوب‌گیر ون وین با سطح مقطع ۰/۰۲۵ مترمربع برداشت و به آزمایشگاه منتقل شد. سپس مقداری از نمونه رسوب را در بوتله چینی ریخته و در آون ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت قرار گرفت. سپس ۲۵ گرم از رسوب خشک‌شده را وزن کرده و درون یک بشر ریخته و به آن ۲۵۰ سی‌سی آب و ۱۰ سی‌سی محلول ۶/۲ گرم در لیتر سدیم هگزامتافسفات اضافه شد و آن را به مدت ۱۵ دقیقه هم زده و ۸ ساعت آن را به‌صورت ثابت گذاشته تا ته‌نشین شود. پس از این مدت مجدداً به مدت ۱۵ دقیقه آن را به هم زده و این مخلوط را از الک ۰/۰۶۳ میلی‌متر عبور داده و شستشو گردید تا محلول رنگی خارج شود. رسوب باقی‌مانده را درون بشر ریخته و درون آون به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده تا خشک شود. رسوب خشک‌شده را از الک‌های ۷ گانه عبور داده و مقدار رسوبی که در هر الک باقی ماند را با ترازوی دقیق وزن شد و سپس درصد حضور هر یک از دانه‌های رسوبی محاسبه گردید (Association and Association, 1989; Junoy *et al.*, 2005; Munro *et al.*, 2005).

برای تعیین و شناسایی ماکرو بنتوزها رسوبات را در الک ۵۰۰ میکرون شستشو داده و نمونه‌ها با استفاده از محلول رز بنگال با غلظت ۱ گرم در لیتر رنگ‌آمیزی و در الکال صنعتی نگهداری شد. در انتها نمونه‌ها با استفاده از استریومیکروسکوپ و با کمک کلیدهای شناسایی در دسترس (Robinson and Gibbs, 1982; Rouse and Pleijel, 2001) و حسین‌زاده و همکاران (۱۳۸۰) شناسایی گردید. جهت تعیین نوع مصب در بهمنشیر از پارامتر لایه‌بندی (n) استفاده شد، لایه‌بندی پارامتری است به‌منظور برآورد کمی از درجه اختلاط عمودی آب‌شور دریا و شیرین رودخانه و نیز برآورد درجه لایه به لایه شدن چگالی که در رابطه ۱ تعریف می‌شود (پاشا زانوسی، ۱۳۸۲).

رابطه ۱:

$$n = \frac{\Delta s}{s_m}$$

$$\Delta s = s_{bott} - s_{surf}$$

$$s_m = \frac{1}{2}(s_{bott} + s_{surf})$$

n: پارامتر لایه‌بندی

 s_{bott} : شوری در کف رودخانه s_{surf} : شوری در سطح رودخانه

از نمونه‌های مورد مطالعه مشاهده شده توسط دوربین Dino-Lite عکس‌برداری شد. جهت تعیین نرمال بودن داده‌ها از آزمون Shapiro-Wilk استفاده گردید. سپس برای بررسی فاکتورهای محیطی و دانه‌بندی و تفاوت بین ایستگاه‌ها از آنالیز واریانس یک‌طرفه در سطح ۰/۰۵ در برنامه SPSS 19.0 استفاده گردید.

برای بررسی و تعیین شاخص شانون از برنامه Primer ver.5 استفاده گردید (Clarke and Gorley, 2001). کلیه نمودارهای مربوط به تراکم فاکتورهای محیطی، دانه‌بندی و شاخص شانون با استفاده از برنامه Excel ترسیم گردید و در آخر با توجه به فرمول پارامتر لایه‌بندی (n) نوع اختلاط آب دریا و رودخانه در دهانه تعیین گردید.

نتایج

میانگین درجه حرارت آب در فصل تابستان و زمستان به ترتیب ۳۰/۶۷ و ۱۷/۲۶ درجه سانتی‌گراد و میانگین اکسیژن محلول در فصل تابستان و زمستان به ترتیب ۶/۵۹ و ۱۰/۴۰ گرم بر لیتر اندازه‌گیری شد. نتایج حاصل از فاکتورهای فیزیکی-شیمیایی آب حاکی از عدم وجود اختلاف چندانی در ایستگاه‌های مختلف در یک فصل بوده ولی بین فصول تغییرات معنی‌دار است ($P > 0.05$) (جدول ۲).

جدول ۲: میانگین پارامترهای محاسبه شده در دو فصل در رودخانه بهمنشیر (۱۳۹۱-۱۳۹۰).

(میانگین $\pm$ انحراف معیار) ($P > 0.05$).

فاکتور	زمستان	تابستان	میانگین کل
دما	۱۷/۲۶ $\pm$ ۰/۷۶	۳۰/۶۷ $\pm$ ۱/۷۸	۲۳/۹۷ $\pm$ ۹/۴۸
شوری	۲/۴۳ $\pm$ ۰/۱۸	۳/۴۲ $\pm$ ۰/۳۳	۲/۹۲ $\pm$ ۰/۷۰
اکسیژن محلول	۱۰/۴۰ $\pm$ ۲/۴۲	۶/۵۹ $\pm$ ۰/۰۹	۸/۴۹ $\pm$ ۲/۶۹
هدایت الکتریکی	۲/۶۳ $\pm$ ۰/۲۵	۳/۱۳ $\pm$ ۰/۴۹	۲/۸۸ $\pm$ ۰/۳۵
pH	۸/۹۲ $\pm$ ۰/۲۳	۷/۷۵ $\pm$ ۰/۲۱	۸/۳۳ $\pm$ ۰/۸۳
درصد سیلت - رس	۹۱/۵۱ $\pm$ ۲/۲۹	۷۸/۲۵ $\pm$ ۱۴/۷۰	۸۴/۸۸ $\pm$ ۹/۳۸

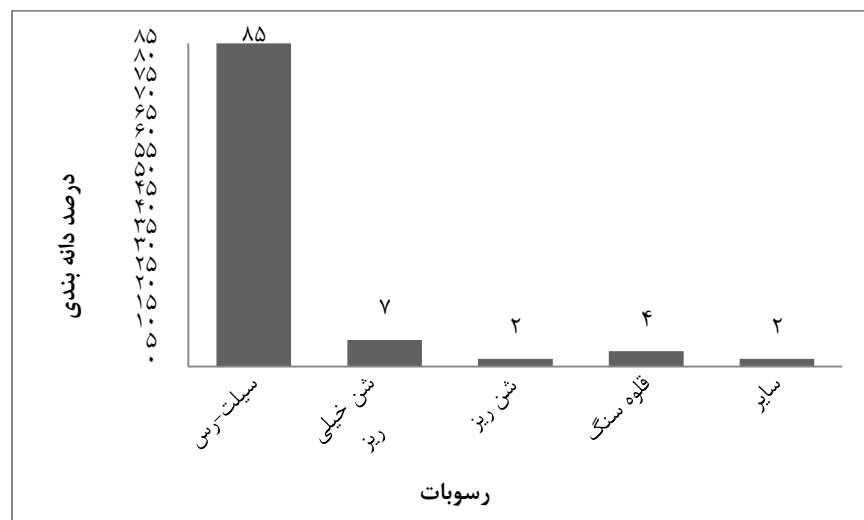
آنالیز دانه‌بندی رسوبات در طی دو فصل نمونه‌برداری زمستان و تابستان در رودخانه بهمنشیر (جدول ۳ و ۴) تفاوت قابل ملاحظه‌ای را نشان نداده است ($P > 0.05$). نتایج حاصل از آنالیز واریانس یک‌طرفه بیشترین و کمترین مقدار میانگین درصد ذرات کوچک‌تر از ۶۳ میکرون در ایستگاه‌های مختلف را به ترتیب ۹۲/۲۵ درصد در ایستگاه سوم (خضر) و ۷۵/۶ درصد در ایستگاه دوم (پل ذوالفقاری) نشان داد. همان‌طور که از شکل زیر مشخص است ۸۵ درصد رسوبات بستر را ذرات سیلت-رس تشکیل داده است (شکل ۲).

جدول شماره ۲: درصد دانه‌بندی رسوبات، در الک‌های ۷ گانه در زمستان (۱۳۹۱-۱۳۹۰).

نام ایستگاه	میزان ذرات رسوبی						
	>۰/۰۶۳	۰/۰۶۳-۰/۰۶۳	۰/۱۲۵	۰/۲۵	۰/۵	۱	۲
ایستگاه ۱۲	۹۱/۶۹	۲/۸۴	۱/۹۲	۰/۶۴	۰/۴۴	۱/۳۶	۰/۴۸
ذوالفقاری	۸۹/۱۳	۸/۷۶	۱/۱۶	۰/۷۶	۰/۱۲	۰/۰۸	۰
خضر	۹۳/۷	۳/۰۴	۱/۶	۰/۴	۰/۸	۰	۰/۴۴

جدول شماره ۳: درصد دانه‌بندی رسوبات، در الک‌های ۷ گانه در تابستان.

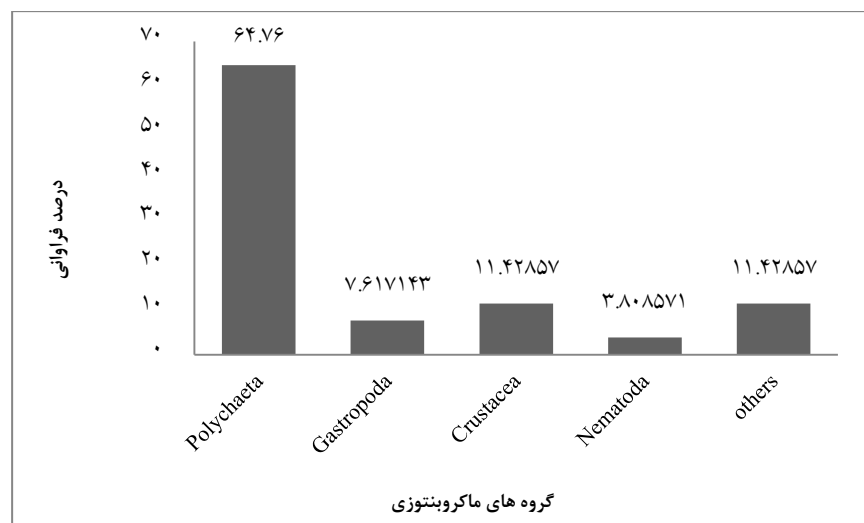
نام ایستگاه	میزان ذرات رسوبی						
	>۰/۰۶۳	۰/۰۶۳-۰/۰۶۳	۰/۱۲۵	۰/۲۵	۰/۵	۱	۲
ایستگاه ۱۲	۸۱/۸۸	۳/۶۵	۱/۷۳	۱/۳۷	۱/۴۴	۲/۲۱	۳/۲
ذوالفقاری	۶۲/۰۸	۱۶/۲	۳/۷۶	۰/۳۴	۰/۰۱۲	۰/۰۲	۰
خضر	۹۰/۸	۷/۵۶	۱	۰/۴۲	۰/۱۲	۰/۱۰	۰



شکل ۲: مقدار میانگین درصد دانه‌بندی رسوبات در کل دوره تحقیق (۱۳۹۱-۱۳۹۰).

به‌طور کلی در این مطالعه ۶ جنس و گونه متعلق به رده پرتاران (*Capitella capitata Nereis sp. Nephtys sp.*)، سخت‌پوستان (*Sphaeroma sp.*)، شکم‌پایان (*Triphora sp.*) و نماتودها (*Nematode sp.*) مشاهده شد. در فصل زمستان بیشترین درصد فراوانی نسبی مربوط به پرتاران با ۷۴ درصد فراوانی محاسبه گردید. در فصل تابستان نیز پرتاران و سخت‌پوستان به ترتیب با ۶۴ درصد و ۲۲ درصد فراوانی، بیشترین فراوانی نسبی را از میان سایر گروه‌ها دارا بودند. بالاترین درصد فراوانی شناسایی‌شده در رودخانه بهمنشیر در کل سال مربوط به گونه‌ی *Nephtys sp.* بود که در زمستان و تابستان به ترتیب ۶۰ درصد و ۴۰ درصد فراوانی را به خود اختصاص داد. بین تعداد ماکروبن‌توزها

در ایستگاه‌ها و فصول مختلف نمونه‌برداری اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ($P>0.05$). درصد کل ماکروبن‌توزها در فصول زمستان و تابستان در شکل ۳ نشان داده شده است.



شکل ۳: فراوانی کلی ماکروبن‌توزهای رودخانه‌ی بهمنشیر در کل دو فصل نمونه‌برداری (۱۳۹۱-۱۳۹۰).

محدوده شاخص تنوع شانون در فصل تابستان ۰-۰/۴۴ بوده که بیشترین مقدار در ایستگاه ۱ (پل ایستگاه ۱۲) و ایستگاه ۲ (ایستگاه پل ذوالفقاری) به‌طور برابر و کمترین آن در ایستگاه ۳ (ایستگاه خضر) می‌باشد و در فصل زمستان شاخص تنوع شانون بین ۰-۰/۷۹ بوده که بیشترین و کمترین مقدار به ترتیب متعلق به ایستگاه ۱ (پل ایستگاه ۱۲) و ایستگاه ۳ (ایستگاه خضر) بوده است. سه نوع طبقه‌بندی برای اختلاط آب دریا و رودخانه بهمنشیر در دهانه مشاهده شد که اختلاط کامل زمانی رخ می‌دهد که جریان رودخانه ناچیز بوده و در عوض میزان جزر و مد بالا باشد (جدول ۳).

جدول ۳: بررسی پارامتر لایه‌بندی با استفاده از شوری در سطح و کف رودخانه (۱۳۹۱-۱۳۹۰).

فاکتور	زمستان	تابستان	میانگین کل
شوری در کف	۲/۴۳±۰/۱۸	۳/۴۲±۰/۳۳	۲/۹۲±۰/۷۰
شوری در سطح	۱/۲۳±۰/۲۴	۱/۴۵±۰/۲۲	۱/۳۴±۰/۱۶
پارامتر لایه‌بندی (n)	۰/۶۶	۰/۸۰	۰/۷۴

بحث و نتیجه‌گیری

از ویژگی‌های خورهای استان خوزستان گلی بودن بستر، تعویض شدید آب در لایه‌های کف، ناپایداری رسوبات سطحی و سرعت بالای رسوب‌گذاری و دوباره معلق شدن ذرات رسوبات سطحی (Resuspension)، تحت تأثیر جریانات چرخشی خلیج فارس و جزر و مد شدید در مناطق کم‌عمق ساحلی است. این ویژگی‌ها عوامل مهمی در ایجاد نوسانات در جوامع بنتیک علاوه بر عوامل آلاینده می‌باشند (خادمی و همکاران، ۱۳۹۶).

تراکم ماکروبتوزها در طول دوره‌ی نمونه‌برداری از زمستان به سمت تابستان کاهش نسبی را نشان می‌دهد که علت کاهش تنوع در فصل تابستان را می‌توان افزایش درجه حرارت دانست، چراکه به‌نوبه خود باعث افزایش استرس و خشکی‌زدگی می‌گردد (Lee et al., 2013). در این مطالعه بیشترین تنوع و تراکم ماکروبتوزها متعلق به فصل زمستان مربوط به جنس *Nephtys sp.* از رده پرتاران بوده که بیشترین تراکم و فراوانی این رده متعلق به ایستگاه اول (پل ایستگاه ۱۲) است.



شکل ۴: بستر رودخانه بهمنشیر در ایستگاه‌های نمونه‌برداری در فصل تابستان (۱۳۹۱-۱۳۹۰).

ذرات تشکیل‌دهنده رسوبات محدوده مطالعاتی را ذرات دانه‌ریز ($< 0.063 \mu m$) تشکیل داده‌اند. آنالیز دانه‌بندی رسوبات در طی دو فصل تفاوت قابل‌ملاحظه‌ای نداشته و نشان‌دهنده گلی بودن بستر می‌باشد. نتایج حاصل از آنالیز واریانس یک‌طرفه مقدار میانگین درصد ذرات کوچک‌تر از ۶۳ میکرون در کل دو دوره را ۹۱/۵۱-۷۸/۲۵ درصد نشان داد که بیانگر گلی بودن بستر است. این نتایج توسط سایر محققین مانند خادمی و همکاران (۱۳۹۶)، دوست شناس (۱۳۸۷)، جهانی (۱۳۸۷)، شوکت و همکاران (۱۳۷۹) در منطقه بحرکان، خوریات سجافی و خور موسی مورد تأیید قرار گرفته است.

با افزایش عمق (تا ۲۰۰ متری) دانه‌بندی رسوبات ریزتر و مواد آلی بستر بیشتر می‌گردد و در کل بیوماس بنتوزی افزایش می‌یابد. نتایج همچنین نشان می‌دهد که در تابستان درصد ذرات درشت‌تر از سیلت و رس افزایش یافته است (شکل ۴) که می‌توان علت آن را ناشی از ورود جریانات به رودخانه بهمنشیر در تابستان دانست. ذرات درشت‌تر در ابتدا ته‌نشین می‌شوند و هرچه به سمت دریا پیش می‌رویم این ذرات ریزتر می‌شوند. تنوع در جوامع ماکروبتیک به‌شدت با عوامل استرس‌زا در مقایسه با تغییرات طبیعی محیط‌زیست انسانی همراه است (خادمی و همکاران، ۱۳۹۶). پاسخ موجودات زنده مصب‌ها به استرس‌های زیست‌محیطی سبب تغییر در فراوانی، تنوع افراد و اجتماعات می‌شوند. علت اصلی کاهش تنوع در فصل تابستان را می‌توان افزایش درجه حرارت دانست، چراکه به‌نوبه خود باعث افزایش استرس و خشکی‌زدگی می‌گردد. با کوچک‌تر شدن اندازه دانه‌بندی رسوبات میزان مواد آلی افزایش یافته و در نتیجه مواد غذایی در رسوبات افزایش می‌یابد و به دنبال آن تراکم جانوری نیز زیاد می‌گردد و جوامع بنتوزی نیز از معلق‌خواری به رسوب‌خواری تغییر می‌یابند (Conradi and López-González, 2001). نتایج مطالعات نشان می‌دهد ریزی و درشتی دانه‌های تشکیل‌دهنده رسوبات فاکتور بسیار مهمی است که علاوه بر تأثیر بر پارامترهای محیطی، در پراکندگی و تراکم بنتوزها نقش مهمی را ایفا می‌کند، به طوریکه تغییر در ترکیب اندازه رسوبات حتی در فواصل خیلی کم در یک منطقه در توزیع و گسترش موجودات بنتیک موثر بوده و همچنین باعث تغییر خواص فیزیکی و شیمیایی بستر می‌گردد (Guerra-Garcia and Garcia-Gomez, 2004; Molina et al., 2019; Pandey and Thiruchitrambalam, 2019; Vanessa et al., 2019).

اندازه رسوبات در حفظ و نگهداری میزان مواد غذایی مؤثر است و هر چه اندازه ذرات تشکیل‌دهنده رسوبات کوچک‌تر باشد مقدار مواد غذایی بیشتر خواهد بود. با کوچک‌تر شدن اندازه دانه‌بندی رسوبات میزان مواد آلی افزایش یافته و در نتیجه مواد غذایی در رسوبات افزایش می‌یابد و به دنبال آن تراکم جانوری نیز زیاد می‌گردد و جوامع بنتوزی نیز از معلق خواری به رسوب خواری تغییر می‌یابند (هاشمیان کفشگیری، ۱۳۷۷). فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی شامل اندازه‌ی ذرات متشکله رسوبات، فاکتورهای زیستی شامل نحوه‌ی تغذیه‌ی بنتوزها، اثرات تغذیه‌ی موجودات بنتیک از سایر گونه‌های کوچک‌تر و اثرات آشفتگی زیستی در بستر محیط‌زیست، میزان اکسیژن محلول در رسوبات و میزان مواد آلی رسوبات از جمله عوامل مهم در پراکنش بنتوزها می‌باشند (Morrisey et al.; Nybakken and Bertness, 2001; Wieking and Kröncke, 2003).

مطالعات متعددی پرتاران را گروه غالب در بسترهای گلی معرفی نمودند (Lancellotti and Stotz, 2004; Shin and Ellingsen, 2004). عده‌ای نیز پرتاران، سخت‌پوستان و دوکفه‌ای‌ها را گروه غالب در بسترهای گلی معرفی نمودند (Lizarralde and Pittaluga, 2011). نتیجه‌ی شاخص شانون در منطقه مورد مطالعه با توجه به الگوی معرفی شده نشانگر این است که همه ایستگاه‌ها خصوصاً ایستگاه ۳ (ایستگاه خضر) از آلودگی بسیار بالایی برخوردار هستند (Welch and Lindell, 1992).

چنانچه جریان رودخانه قوی بوده و میزان جزر و مد قابل صرف نظر کردن باشد، اختلاط از نوع گوه نمکی خواهد بود. اختلاط نسبی نیز حداقل بین دو نوع اختلاط کامل و گوه نمکی است (پاشا زانوسی، ۱۳۸۲). بررسی پارامتر لایه‌بندی در زمستان و تابستان (جدول ۳) نشان می‌دهد که $0.1 < n < 1$ واقع شده است پس نتیجه می‌گیریم اختلاط رودخانه بهمنشیر از نوع اختلاط نسبی است. از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر تغییرات شوری در سطح آب، جریانات ورودی رودخانه‌ها (Schott, 1918)، تنش و جریانات باد (Choi et al., 2011) و تبخیر (Emery, 1956) می‌باشد.

منابع

- باقری توانی، م. و جمال‌زاده، ح.، ۱۳۹۳. بررسی شاخص‌های بوم‌شناختی و زیستی ماکروبتوزهای ناحیه‌ی مصبی رودخانه‌ی شیرود منتهی به دریای خزر. مجله‌ی علمی-پژوهشی زیست‌شناسی دریا، ۶ (۲۳): صفحات ۸۱-۹۶.
- پاشا زانوسی، ح.، ۱۳۸۲. اثرات جزر و مد و دبی رودخانه بر انتقال آب و نمک در مصب رودخانه زهره. پایان‌نامه کارشناسی ارشد فیزیک دریا، دانشگاه شهید چمران اهواز، دانشکده علوم دریایی و اقیانوسی. صفحات ۱۲-۱۴.
- جافریان، ا.، پیرباوقار، م. و قهرمانی، ل.، ۱۳۹۴. تعیین مهم‌ترین عوامل فیزیوگرافی تأثیرگذار بر پراکنش گونه‌ی ارغوان افغانی به‌منظور معرفی مدل پراکنش مکانی، مجله‌ی جنگل ایران، ۷ (۱): صفحات ۳۳-۴۴.
- جهانی، ن.، ۱۳۸۷. بررسی اثرات قفس‌های پرورش ماهیان دریایی درخوره غزاله بر روی ماکروبتوزها. پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر. ۷۶ ص.
- حسین‌زاده، ح.، دقوقی، ب.، رامشی، ح.، ۱۳۸۰. اطلس نرم‌تنان خلیج فارس، موسسه تحقیقات شیلات ایران. ۲۴۸ ص.
- حقی، م.، سواری، الف.، کوچنین، پ.، نبوی، م.، ب.، نامی، م.، ح.، ذاکری، م. و بداغی، م.، ۱۳۹۲. دستیابی به الگوهای تجمعی ماکروبتوزها در آب‌های کم‌عمق سواحل دریایی جنوب جزیره قشم با استفاده از تکنیک سنجش از راه دور اکوستیک، ۱۲ (۲): صفحات ۱۵-۳.
- خادمی، ن.، بختیاری، ر. و اردکانی، س.، ۱۳۹۶. ارزیابی و مقایسه تجمع عناصر نیکل، سرب و وانادیوم در پوسته و محتویات تخم گونه‌های پرستوی دریایی کاکلی کوچک (*Sterna bengalensis*) و سلیم‌خرچنگ‌خوار (*Dromas ardeola*) در جزایر خورموسی خلیج فارس. فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط‌زیست، شماره ۱۹، صفحات ۶۰۶-۵۹۳.

- خلفه‌نیل‌ساز، م. اسماعیلی، ف.، ۱۳۸۸. تأثیر شوری بر تراکم فیتوپلانکتون‌های رودخانه جزرومدی بهمنشیر. مجله علمی شیلات ایران، سال سوم، شماره ۱۸، صفحات ۴۳-۵۲.
- دوست شناس، ب. ۱۳۸۷. طبقه‌بندی اکوسیستم ساحلی خور موسی با استفاده از شاخص بیوتوپ بستر و نظام‌های امتیازدهی به‌منظور تعیین سلامت زیستی در سامانه GIS. رساله دکتری بیولوژی دریا، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر. ۱۶۶ ص.
- سلیمانی راد، آ.، کامرانی، آ.، کشاورز، ا.، وزیری زاده، م. و بهره‌مند، ا. ۱۳۹۰. بررسی بوم‌شناختی جمعیت ماکروبتوزهای منطقه حفاظت‌شده خور گابریک (دریای عمان). مجله علمی اقیانوس‌شناسی، سال دوم، شماره ۷، صفحات ۳۱-۳۷.
- شکوری، آ. و عاقلی، ا. ۱۳۹۳. بررسی پراکنش، تنوع و فراوانی پرتاران منطقه‌ی بین جزرومدی سواحل جزیره‌ی خرچنگ کنارک، مجله‌ی علمی پژوهشی زیست‌شناسی دریا، ۶(۲۱): صفحات ۷۲-۵۹.
- شوکت، پ. ۱۳۷۹. بررسی ساختار اجتماعات مکروبنتوزهای پهنه‌های جزرومدی خور بحرکان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید چمران اهواز، ۱۱۷ ص.
- صالحی، س.، دوست‌شناس، ب.، سواری، الف. و سخایی، ن. ۱۳۹۳. بررسی سلامت بوم سامانه مصب رودخانه بهمنشیر با استفاده از شاخص‌های متکی بر کف‌زبان AMBI و Bentix، اقیانوسی‌شناسی، ۵(۲۰): صفحات ۷۰-۶۱.
- غلامی، ز. و نبوی، م. ب. ۱۳۹۴. تأثیر میزان کل مواد آلی و دانه‌بندی رسوبات در پراکنش اجتماعات ماکروبتیک رودخانه حفار غربی در خرمشهر. علوم و تکنولوژی محیط‌زیست، ۱۷(۳): صفحات ۱۰۳-۹۷.
- فارسی، الف.، سیف‌آبادی، ج. و عوفی، ف. ۱۳۹۱. پراکنش مکانی جوامع ماکروبتیک در ارتباط با شرایط محیطی سواحل بین جزرومدی و زیر جزرومدی بوشهر، نشریه شیلات، مجله منابع طبیعی ایران، ۶۷(۱): صفحات ۸۶-۷۵.
- هاشمی نژاد، ح.، ۱۳۹۰. تهیه‌ی نقشه‌ی پراکندگی شانه‌دار مهاجم دریای خزر با استفاده از سنجش‌ازدور. پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی خواجه نصیر طوسی.
- هاشمیان کفشگیری، ع. ۱۳۷۷. پراکنش و تغییرات فصلی زی‌توده و تنوع ماکروبتوزهای غالب سواحل جنوبی دریای خزر. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس. ۱۱۰ ص.

Association, A. P. H. and Association, A. W. W., 1989. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. American public health association.

Brown, C. J. and Blondel, P., 2009. Developments in the application of multibeam sonar backscatter for seafloor habitat mapping. *Applied Acoustics*, 70: 1242-1247.

Choi, J. K. Oh, H. J., Koo, B. J., Lee, S. and Ryu, J. H., 2011. Macrobenthos habitat mapping in a tidal flat using remotely sensed data and a GIS-based probabilistic model. *Marine pollution bulletin*, 62: 564-572.

Clarke, K. and Gorley, R., 2001. PRIMER 5 for Windows. *Primer-E Ltd, Plymouth, UK*.

Conradi, M. and López-González, P. J., 2001. Relationships between environmental variables and the abundance of peracarid fauna in Algeciras Bay (Southern Iberian Peninsula). *Ciencias marinas*, 27: 481-500.

Emery, K. O., 1956. Sediments and water of Persian Gulf. *AAPG Bulletin*, 40: 2354-2383.

Gray, J. S.; Wu, R. S. S. and Or, Y. Y., 2002. Effects of hypoxia and organic enrichment on the coastal marine environment. *Marine ecology progress series*, 238: 249-279.

Guerra-Garcia, J. M. and Garcia-Gomez, J. C., 2004. Soft bottom mollusc assemblages and pollution in a harbour with two opposing entrances. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 60: 273-283.

Hosseini, M., Nabavi, S. M. B., Nabavi, S. N. and Pour, N. A., 2015. Heavy metals (Cd, Co, Cu, Ni, Pb, Fe, and Hg) content in four fish commonly consumed in Iran: risk assessment for the consumers. *Environmental monitoring and assessment*, 187: 237.

Junoy, J., Castellanos, C., Viéitez, J., De la Huz, M. and Lastra, M., 2005. The macroinfauna of the Galician sandy beaches (NW Spain) affected by the Prestige oil-spill. *Marine pollution bulletin*, 50: 526-536.

Lancellotti, D. and Stotz, W., 2004. Effects of shoreline discharge of iron mine tailings on a marine soft-bottom community in northern Chile. *Marine pollution bulletin*, 48: 303-312.

Lee, S.; Park, I., Koo, B. J., Ryu, J. H., Choi, J. K. and Woo, H. J., 2013. Macrobenthos habitat potential mapping using GIS-based artificial neural network models. *Marine pollution bulletin*, 67: 177-186.

- Lizarralde, Z. I. and Pittaluga, S., 2011.** Distribution and temporal variation of the benthic fauna in a tidal flat of the Rio Gallegos Estuary, Patagonia, Argentina. *Thalassas*, **27**: 9-20.
- Molina, E. J., Silberberger, M. J., Kokarev, V. and Reiss, H., 2019.** Environmental drivers of benthic community structure in a deep sub-arctic fjord system. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, **225**: 1-12.
- Morrissey, D., Turner, S., Mills, G., Williamson, R. and Wise, B., 2003.** Factors affecting the distribution of benthic macrofauna in estuaries contaminated by urban runoff. *Mar. Environ. Res.*, **55**: 113-136.
- Munro, C., Eleftheriou, A. and McIntyre, A., 2005.** Methods for the study of marine benthos.
- Nybakken, J. W. and Bertness, M. D. 2001.** *Marine biology: an ecological approach*. Benjamin Cummings San Francisco.
- Pandey, V. and Thiruchitrambalam, G., 2019.** Spatial and temporal variability of sandy intertidal macrobenthic communities and their relationship with environmental factors in a tropical island. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, **224**: 73-83.
- Robinson, K. and Gibbs, P., 1982.** *A field guide to the common shelled molluscs of New South Wales estuaries*. Coast and Wetlands Society.
- Rouse, G. and Pleijel, F., 2001.** *Polychaetes*. Oxford university press.
- Schott, G. A., 1918.** XXII. On Bohr's hypothesis of stationary states of motion and the radiation from an accelerated electron. *The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science*, **36**: 243-261.
- Shin, P. K. and Ellingsen, K. E., 2004.** Spatial patterns of soft-sediment benthic diversity in subtropical Hong Kong waters. *Marine ecology progress series*, **276**: 25-35.
- Stephens, W. W. and Farris, J. L., 2004.** Instream community assessment of aquaculture effluents. *Aquaculture*, **231**: 149-162.
- Van der Wal, D., Herman, P., Forster, R., Ysebaert, T., Rossi, F., Knaeps, E., Plancke, Y. and Ides, S., 2008.** Distribution and dynamics of intertidal macrobenthos predicted from remote sensing: response to microphytobenthos and environment. *Marine ecology progress series*, **367**: 57-72.
- Vanessa, F. R., Cinthya, S. G. and Aliny, P. F., 2019.** Meta-analysis of the effects of organic matter on polychaetes of the east coast of South America. *Marine Environmental Research*, **149**: 148-156.
- Welch, E. and Lindell, T., 1992.** Ecological effects of Wastewater. Applied limnology and pollutant effects. 2nd eds., x+ 425 pp. Pp. eds. Chapman & Hall, London.[12].
- Wieking, G. and Kröncke, I., 2003.** Macrofauna communities of the Dogger Bank (central North Sea) in the late 1990s: spatial distribution, species composition and trophic structure. *Helgoland Marine Research*, **57**: 34.