مجله علمی ـ پژوهشی زیست‌شناسی جانوری تجربی
سال دهم، شماره سوم، پیاپی سی و نهم، زمستان ۱۴۰۰ (۳۷-۲۵)

DOI: 10.30473/eab.2021.56265.1807

مقاله پژوهشی:

بررسی مقایسه‌ای نشست فراوانی کلی موجودات زیست‌مزاحم بر صفحات بتونی، PVC و آهنی در بندر کوشکنار (خلیج‌فارس)

لیلا دانشور[۱]، نسرین سخایی[۲*]، بابک دوست شناس[۲]، احمد سواری[۳]، امیر اشتری لرکی[٤]

۱. کارشناس ارشد، گروه زیست‌شناسی‌دریا، دانشکده علوم دریایی و اقیانوسی، دانشگاه علوم وفنون دریایی خرمشهر، ایران
۲. دانشیار، گروه زیست‌شناسی دریا، دانشکده علوم دریایی و اقیانوسی، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، ایران
۳. استاد، گروه زیست‌شناسی دریا، دانشکده علوم دریایی و اقیانوسی، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، ایران
٤. استادیار، گروه فیزیک دریا، دانشکده علوم دریایی و اقیانوسی، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۸/۲۹ – تاریخ پذیرش: ۱٤۰۰/۸/۲۵)

چکیده

هدف از این تحقیق تعیین تراکم زیست‌مزاحم‌ها و مقایسه رشد آنها در صفحات مختلف در بندر کوشکنار واقع در شمال‌غربی خلیج فارس بود. در مجموع ۱٦۲ صفحه از جنس‌های مختلف آهن، PVC و بتون با ابعاد (۲۰×۲۰ سانتی‌متر) ساخته شد. صفحات با سه تکرار در عمق ۷-۵ متری توسط تیم غواصی در اسفندماه ۱۳۹٤ بر روی بستر قرار داده شد. برداشت اول صفحات بعد از شش ماه در تابستان و برداشت دوم نیز پس از شش ماه در زمستان ۱۳۹۵ انجام گرفت. مجموعاً ۲٤ گونه بر روی صفحات نشست نمودند. شش گونه از سخت‌پوستان، پنج گونه از شکم‌پایان، چهار گونه از دوکفه‌ای‌ها، دو گونه از پرتاران، دو گونه از چندکفه‌ای‌ها، یک گونه از بریوزوآ و چهار گونه از ماکروجلبک بودند. فراوانی زیست‌مزاحم‌ها در برداشت دوم بسیار بیشتر از برداشت اول بود. در برداشت دوم، بیشترین تراکم نشست زیست‌مزاحم‌ها مربوط به صفحات چندلایه PVC به مقدار۱۰٦۹٦/٦۷±٤٤۷/۷۵ در مترمربع بود. پرتاران، چندکفه‌ای‌ها و بریوزوآ بر صفحات آهنی مشاهده نشدند. یکی از دلایل عدم وجود یا کاهش برخی از گونه های زیست‌مزاحم بر روی صفحه آهنی، ناشی از واکنش‌های شیمیایی فلز آهن است. از عوامل افزایش فراوانی زیست‌مزاحم‌ها بر روی صفحه چند لایه PVC و صفحه بتونی نیز وجود خلل و فرج فراوان در این صفحات بود که باعث ایجاد پناهگاه برای نشست لاروها بود. برخی ساخت‌وسازهای انسان‌ساز می‌تواند به رشد بیشتر جوامع زیست‌مزاحم منجر گردد.

واژه‌های کلیدی: جوامع بیوفولینگ، سازه های مصنوعی، سخت پوستان، پرتاران، شکم پایان.

A Comparative Study of the Total Frequency of Biofouling Communities on Concrete, PVC and Iron Panels in Kushkonar Port (Persian Gulf)

Leyla Daneshvar[1], Nasrin Sakhaei[1*], Babak Doustshenas[2], Ahmad Savari[3], Amir Ashtari Larki[4]

1. M. A., Department of Marine Biology, Faculty of Marine Science and Oceanography, Khorramshahr University of Marine Science and Technology, Khorramshahr, Iran
2. Associate Professor, Department of Marine Biology, Faculty of Marine Science and Oceanography, Khorramshahr University of Marine Science and Technology, Khorramshahr, Iran
3. Professor, Department of Marine Biology, Faculty of Marine Science and Oceanography, Khorramshahr University of Marine Science and Technology, Khorramshahr, Iran
4. Assistant Professor, Department of Physical Oceanography, Faculty of Marine Science and Oceanography, Khorramshahr University of Marine Science and Technology, Khorramshahr, Iran

(Received: Nov. 19, 2020 - Accepted: Nov. 16, 2021)

Abstract

The aim of this study was to determine the abundance of biofouling communities and compare their growth in different panels of concrete, PVC and iron in the port of Kushkonar (N W Parsian Gulf).A total of 162 panels were placed in Kushkonar port. The panels were placed by the diving team in 3 stations in March 2016. The first harvest of the panels was done after 6 months in the summer and second harvest was done in winter 2016. A total of 162 panels were placed in Kushkonar port. Different panels (with 3 repetitions) at a depth of 5-7 meters were placed horizontally by the diving team in 3 stations in March 2016. The first harvest of the panels was done after 6 months in the summer and second harvest was done in winter 2016. Overall24 species have settled, Crustaceans (6), Gastropoda (5), Bivalvia (4), Polychaeta (10), Polyplacophora (2), Bryozoan (1) and Macroalgae(4).The abundance of biofouling communities in the second harvest was much higher than the first harvest. In the second harvest, the highest density of biomass was related to PVC multilayer panels with 10696.67±447.75/m^{-2},There were also no specimens of Polyplacophora, Polychaeta and Bryozoa in the iron panels. Also, another factor in increasing the frequency of biofouling communities on PVC multilayer panel and concrete panel, was the presence of many pores in these panels, which created a shelter for larvae to settle and thus increase their adult abundance.

Keywords: Artificial structures, Biofouling communities, Crustacea, Gastrpoda, Polychaeta.

* نویسنده مسئول: نسرین سخایی Email: nsakhaee@yahoo.com

مقدمه

مزاحم زیستی[1]، یک پدیده جهانی است و در محیط زیست دریایی به خصوص در طول سواحل رخ می‌دهد. این پدیده بر سازه‌های دریایی که از طیف وسیعی از مواد ساخته شده‌اند تأثیر می‌گذارد. سازه‌های مصنوعی در قرن‌های اخیر جهت استفاده وسیع از منابع دریایی گسترش یافته اند و این امر به گسترش گونه‌های زیست‌مزاحم می‌انجامد (Pati & Rao, 2015). محیط‌ها و سازه‌های زیر آبی به جهت در دسترس‌بودن مواد غذایی، جابه‌جایی مواد زائد و فاضلاب‌ها، جهت نشست پلانکتون‌ها و ارگانیسم‌های چسبیده و تشکیل جوامع زیست‌مزاحم، بسیار مطلوب هستند (Bixler, 2011). نرخ رشد زیست‌مزاحم‌ها عموما به نوع ارگانیسم‌های محیطی، سطح بستر، سرعت شناوری، دما و میزان مواد غذایی محیطی بستگی دارد (Railkin, 2004). ویژگی‌های سطح بستر از جمله زبری و ناهمواری آن یکی از مهمترین فاکتورهای چسبیدن ارگانیسم‌ها به سطوح می‌باشد (Menon, 2016). بر اساس نظر Wahle (1989) کلنی‌شدن بسترهای جدید، متشکل از چهار مرحله است که از نظر زمانی هم‌پوشانی دارند و عبارت از پروسه بیوشیمیایی، کلنی‌شدن باکتری‌ها، کلنی‌شدن تک سلولی‌های یوکاریوتی، کلنی‌شدن یوکاریوت‌های پرسلولی می باشد.

شناخته‌شده‌ترین مشکل زیست‌مزاحم‌ها در محیط زیست‌دریایی اتفاق می‌افتد. زیست‌مزاحم‌های مستقر بر روی سطح کشتی‌ها، شناورها، دستگاه‌های سونار، سازه‌های زیردریایی، تأسیسات نفتی، سیستم عامل کابل‌های زیر دریایی، سازه‌های آکوستیک زیر آب، سیستم‌های خنک‌کننده آب دریا، اسکله‌ها و سکوها باعث آسیب جدی به این تجهیزات و سازه‌ها می‌گردند. مسائل مربوط به آن عبارتند از افزایش هزینه‌ها و خسارت مالی، کاهش راندمان، نگرانی‌های زیست‌محیطی، فرسودگی و خطرات ایمنی (Callow & Callow, 2002; Melo *et al*., 2012). آسیبی که از تکثیر بارناکل‌ها و دوکفه‌ای‌ها بر روی سازه‌ها و بدنه کشتی‌ها وارد می‌شود زیان اقتصادی بالغ بر ۲۰ تا ۳۰ درصد را وارد می‌کند (Fitridge *et al*., 2012). مناطقی با بهترین تهویه مانند خط بارگیری کشتی، تیغه سکان و پروانه بالاترین میزان رسوب را در شناورها دارند (Lebret *et al*., 2009).

Mori Bazofti (2011) به مطالعه و شناسایی زمانی و مکانی اجتماعات زیست‌مزاحم بر سازه‌های دریایی پتروشیمی بندر امام خمینی پرداخت. همچنین در منطقه نایبند بیشترین فراوانی ماکروبنتوزها از پرتاران و شکم پایان گزارش شده است (Salimi *et al*., 2021). بررسی ساختار جوامع زیست‌مزاحم در بندر Visakhapatnum در شرق هندوستان در سه مکان مختلف انجام شد (Pati *et al*., 2015). نتایج نشان داد ساختار جوامع زیست‌مزاحم به دما، شوری، اسیدیته، اکسیژن محول، مواد مغذی مرتبط می‌باشد. هدف از این بررسی تأثیرجنس سازه‌های مصنوعی برفراوانی نشست اجتماعات زیست‌مزاحم در منطقه پارسیان می‌باشد.

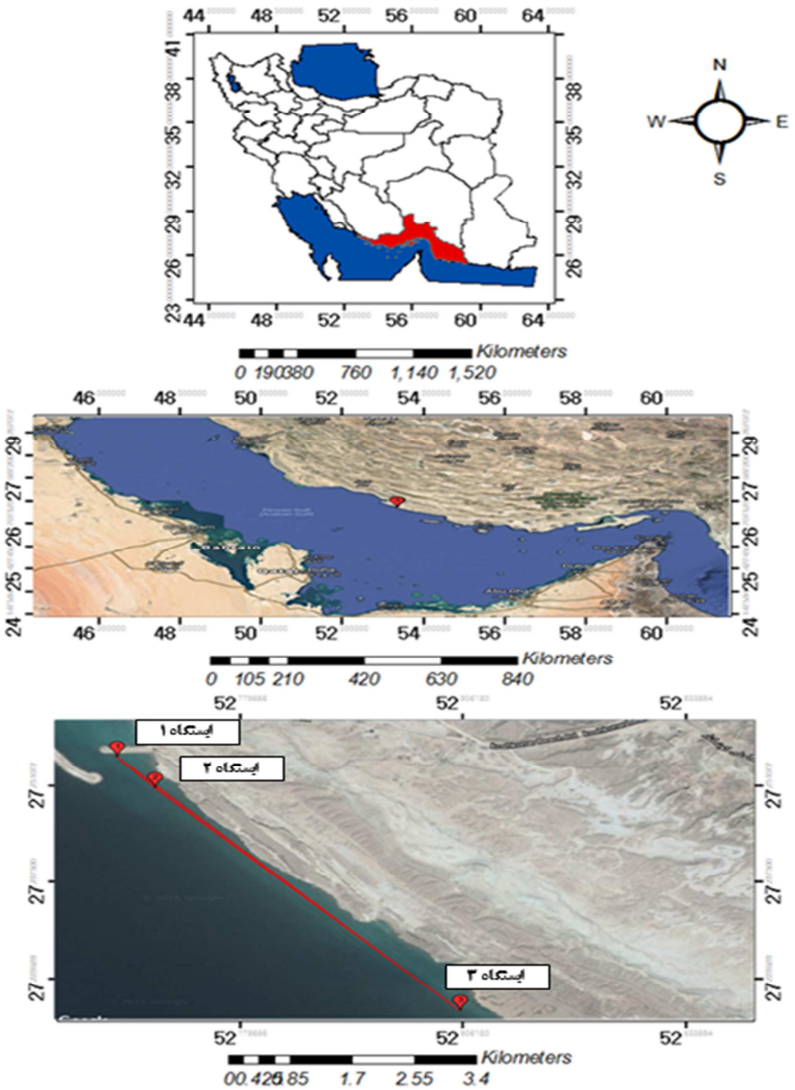
مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه در سواحل کوشکنار از توابع شهر پارسیان واقع در شمال‌غربی خلیج فارس با محدوده طول جغرافیایی ´۴۸ °۵۲ شرقی و عرض جغرافیایی ´۱۳ °۲۷ شمالی قرار داشت. مطالعات از اسفندماه ۱۳۹۴ لغایت دی‌ماه ۱۳۹۵ صورت گرفت. موقعیت هر یک از ایستگاه‌ها توسط دستگاهGarmin GPS[2] مدل ۷۸S تعیین و ثبت گردید. همچنین فاکتورهای محیطی دما، اسدیتیه، شوری و اکسیژن محلول در

1. Biofouling

2. Global Positioning System

محل مورد سنجش قرار گرفت. شکل ۱ نقشه محل مطالعه به نمایش گذاشته شده‌است. در ابتدا صفحه‌های آزمایشی از جنس آهن، بتون و PVC با ابعاد ۲۰×۲۰ سانتی‌متر طراحی شدند (De Nys & Guenther, 2009). ضخامت صفحات در صفحه آهنی ۰/۱ سانتی‌متر، صفحه بتونی ۲/۵ سانتی‌متر و در صفحه PVC، ۱ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. در این مطالعه مجموعاً ۱۶۲ صفحه قالب‌گیری شد. استقرار سازه‌ها توسط تیم غواصی در بستر در ۳ ایستگاه گردید. صفحه‌های آماده شده با سه تکرار توسط تیم غواصی در عمق ۷–۵ متری و به کمک طناب نایلونی در بستر قرارداده‌شد(شکل ۲). استقرار مرحله اول صفحات در اسفندماه ۹۴ صورت‌گرفت. اولین برداشت صفحات در مردادماه ۱۳۹۵ انجام پذیرفت. دومین برداشت صفحات در دی‌ماه ۹۵ توسط تیم غواصی صورت‌گرفت. شکل ۱ نقشه محل مطالعه به‌نمایش گذاشته شده است. برای مقایسه فراوانی جوامع زیست‌مزاحم در ابتدا نرمال‌بودن داده‌ها توسط آزمون Shapiro-wilk بررسی شد. پس از آن جهت بررسی وجود اختلاف معنی‌داری میان داده‌ها از آنالیز واریانس یک‌طرفه ANOVA و T_test استفاده‌گردید. در صورت نرمال‌بودن داده‌های مورد بررسی از آزمون پس‌توکی از برنامه Spss 19 استفاده شد. برای رسم نمودارها از برنامه Excel 2010 استفاده شد.



شکل ۱. موقعیت منطقه و ایستگاه‌های مورد مطالعه

شکل ۲. استقرار صفحات بر روی بستر توسط غواص‌ها

نتایج

نتایج نشان داد مجموعاً ۲۴ گونه بر روی صفحات مختلف نشست نموده‌اند که به‌طورکلی شش گونه از سخت‌پوستان[1]، شش گونه از شکم‌پایان[2]، چهار گونه از دوکفه‌ای‌ها[3]، دو گونه از پرتاران[4]، دو گونه از چندکفه‌ای‌ها[5]، یک گونه از خزه‌شکلان[6] و سه نوع تخم ناشناخته و همچنین چهار گونه از ماکروجلبک[7] شناسایی شد که اسامی آنها در جدول ۱ و برخی از تصاویر آنها در شکل ۳ قابل مشاهده است.

فاکتورهای محیطی در دوره‌های و ایستگاه های مختلف اندازه‌گیر شد نتایج نشان داد که میانگین دما بر حسب درجه‌ی سانتی‌گراد در دوره گرم و سرد به‌ترتیب ۰/۰۵±۲۷/۴۱ و ۰/۹±۲۳/۰۱، میانگین اسیدیته آب در دوره گرم و سرد به‌ترتیب ۰/۱۶±۸/۴۴ و ۰/۱۰±۸/۱۳، میانگین شوری برحسب قسمت در هزار (ppt) در دوره سرد و گرم به‌ترتیب ۱/۹۹±۴۱/۲۹ و ۰/۱۳±۳۵/۹۲ و میانگین اکسیژن محلول برحسب میلی‌گرم بر لیتر در دوره گرم ۰/۱۲± ۵/۲۵ و در دوره سرد ۰/۱۹±۷/۳ اندازه‌گیری شد (شکل ۴).

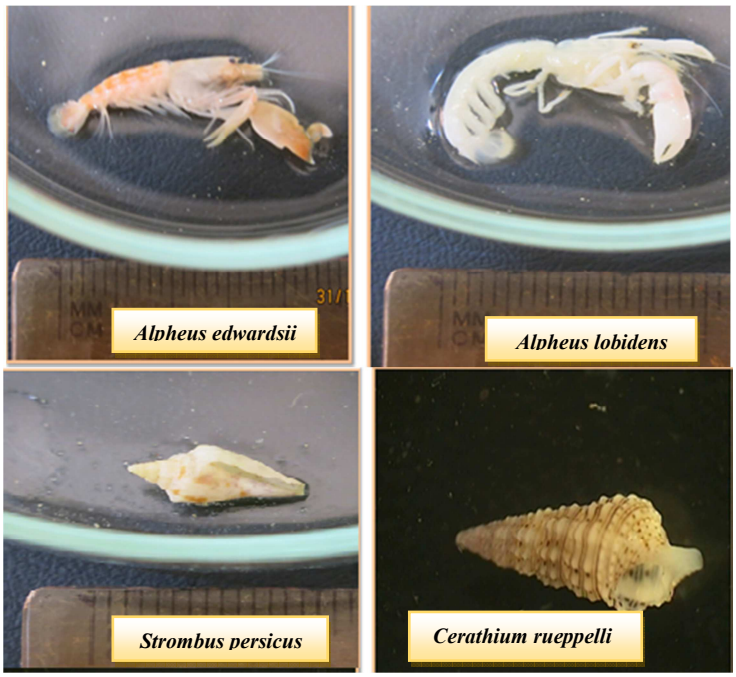
در صد پوشش جلبک‌ها و خزه شکلان در صفحات و دوره‌های مختلف (دوره اول- برداشت تابستان ۱۳۹۵ و دوره دوم- برداشت زمستان۱۳۹۵) در شکل ۵ نشان داده شده است. همچنین درصد فراوانی هر یک از گروه‌های زیست‌مزاحم شناسایی‌شده در برداشت اول و برداشت دوم در شکل ۶ نشان داده شده است.

بیشترین فراوانی زیست‌مزاحم‌ها روی صفحات بتونی در دوره اول در ایستگاه اول با میانگین فراوانی ۹۵/۵۶±۲۸۸۹/۴۷ فرد در مترمربع محاسبه گردید. نتایج حاصل از آنالیز واریانس یک طرفه اختلاف معنی‌داری بین ایستگاه‌های دوره اول را نشان نداد. نتایج حاصل از آنالیز واریانس یک طرفه نشان داد که بین میانگین فراوانی دوره اول و دوم اختلاف معنی‌دار وجود دارد ($P\leq 0/05$؛ شکل ۷).

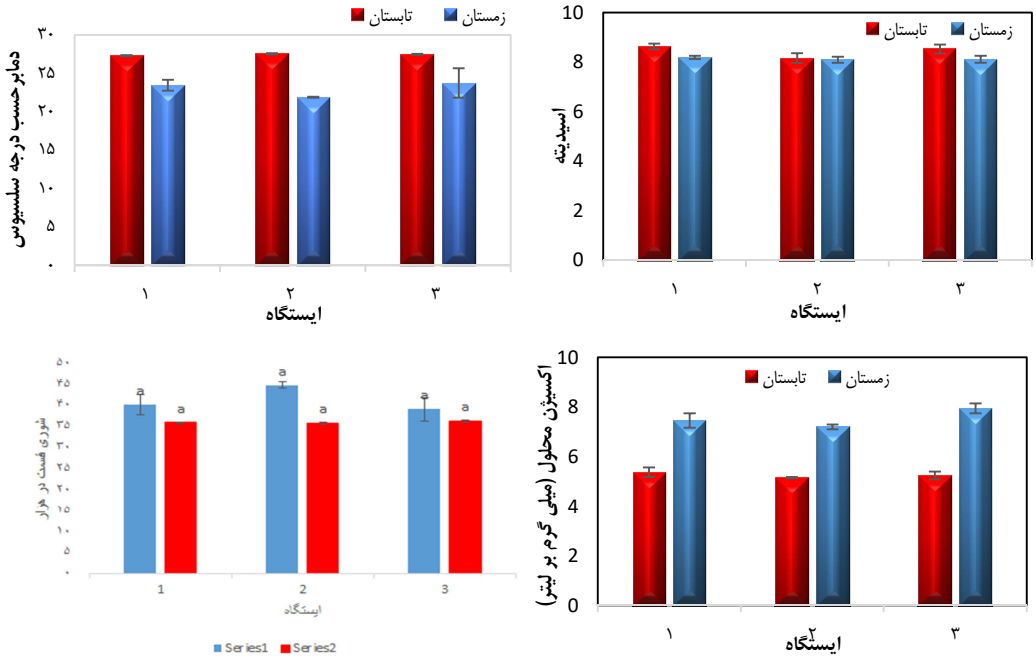
1. Crustacea
2. Gastropods
3. Bivalves
4. Polychaeta s
5. Polyplacophora
6. Bryozoa
7. Macroalgae

جدول ۱. گونه‌های شناسایی‌شده در این مطالعه و نحوه نشست به تفکیک صفحات مختلف

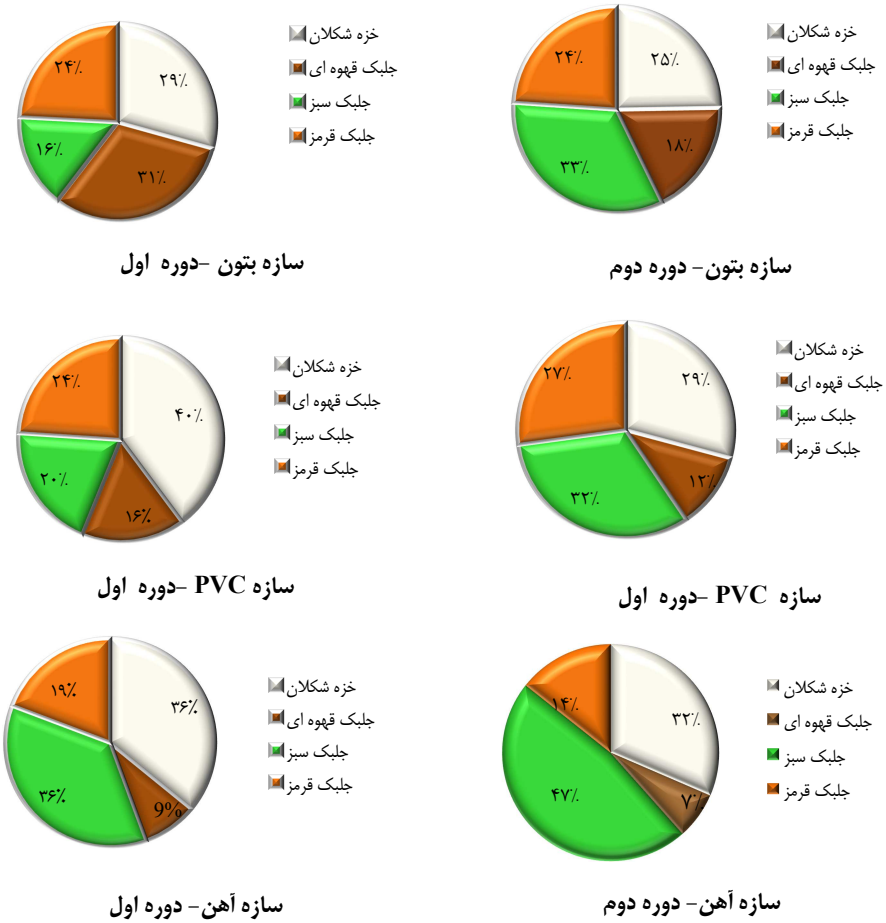
گروه	گونه و جنس	دوره گرم (اولین برداشت نمونه‌ها از صفحات در تابستان ۱۳۹۵)			دوره سرد (دومین برداشت نمونه‌ها از صفحات در زمستان ۱۳۹۵)		
		PVC	آهن	بتون	PVC	آهن	بتون
سخت‌پوستان	*Piludius spinipes*	*	*	*	*	*	*
	Pachylcheles natalensis	*	*	*	*	*	*
	Thalamita admete	*	*	*	*	-	*
	Alpheus edwardsii	*	*	*	*	*	*
	Alpheus lobidens	*	*	*	*	*	*
	Alpheus sp.	*	*	*	*	-	*
شکم‌پایان	*Cerithium scabridum*	*	*	*	*	*	*
	Croniakon kanensis	*	*	*	*	*	*
	Epitonium sp.	*	*	*	*	*	*
	Strombus persicus	*	*	*	*	-	*
دوکفه‌ای‌ها	*Anomia achaeus*	-	-	-	*	-	*
	Pinctada radiata	*	*	*	*	-	*
	Acar plicata	–	-	*	*	-	*
	Unknown	*	*	*		-	
چندکفه‌ای‌ها	*Chiton lamyi*	-	-	-	*	-	*
پرتاران	*Syllis sp.*	-	-	-	*	-	-
	Onuphis sp.	-	-	-	-	-	*
خزه‌شکلان	Unknown	*	-	*	-	-	*
تخم	Unknown	-	-	❋	*	*	-
	Unknown	-	-	-	*	❋	-
جلبک سبز	*Cladophora* sp.	*	*	*	*	*	*
جلبک قهوه‌ای	*Padina* sp.	*	*	*	*	*	*
	Dictyuota sp.	*	*	*	*	*	*
جلبک قرمز	*Polysiphonia* sp.	*	*	*	*	*	*



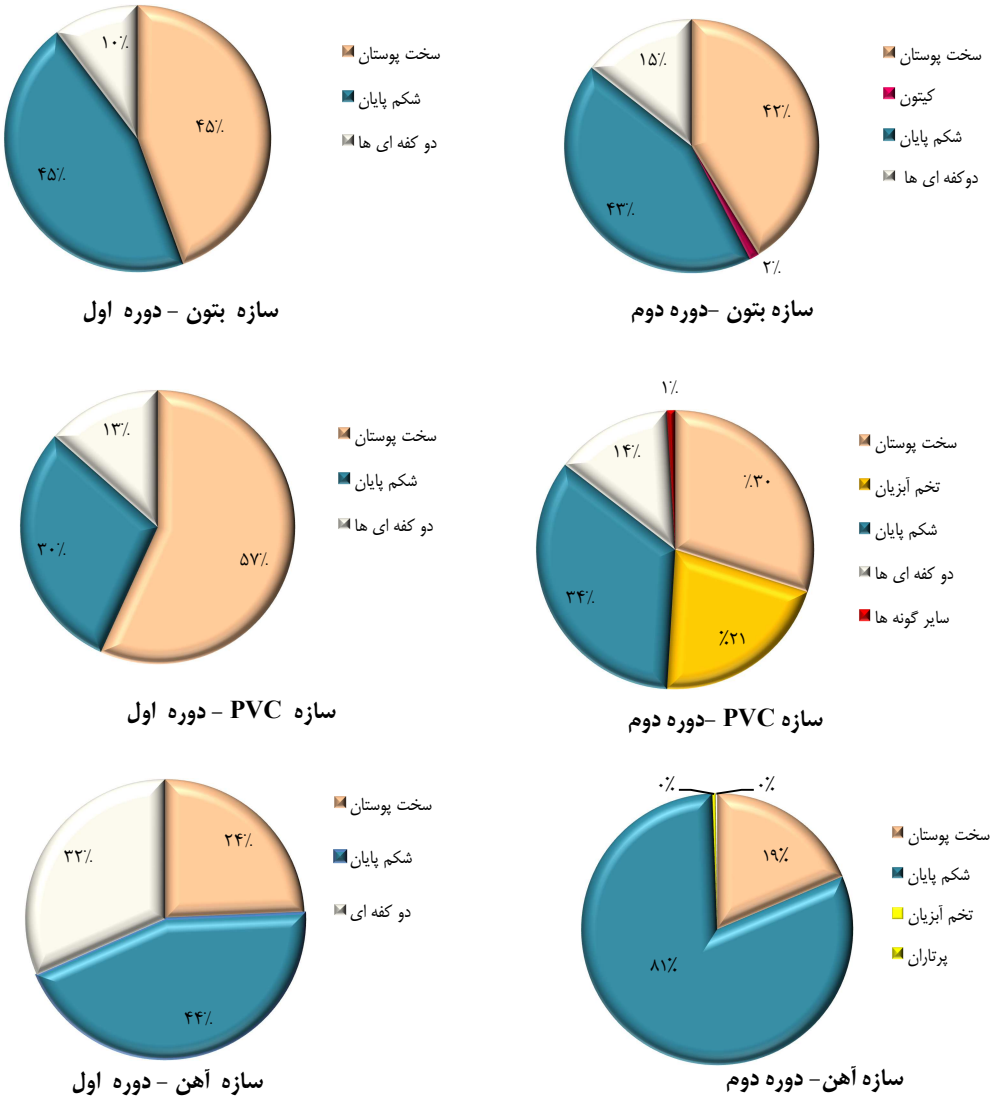
شکل ۳. تصاویر برخی از زیست‌مزاحم‌های شناسایی‌شده



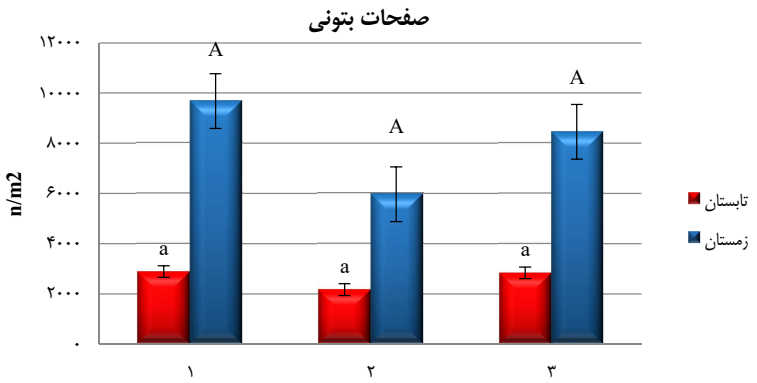
شکل ٤. نتایج فاکتورهای محیطی دما، اسدیته، شوری و اکسیژن محلول در دوره اول و دوره دوم برداشت نمونه‌ها



شکل ۵. در صد پوشش جلبک‌ها و خزه‌شکلان در صفحات و دوره‌های مختلف دوره اول (برداشت تابستان ۱۳۹۵) – دوره دوم (برداشت زمستان ۱۳۹۵)



شکل ٦. در صد فراوانی زیست‌مزاحم‌های غالب در صفحات مختلف و دوره‌های مختلف دوره اول (برداشت تابستان ۱۳۹۵) – دوره دوم (برداشت زمستان ۱۳۹۵)

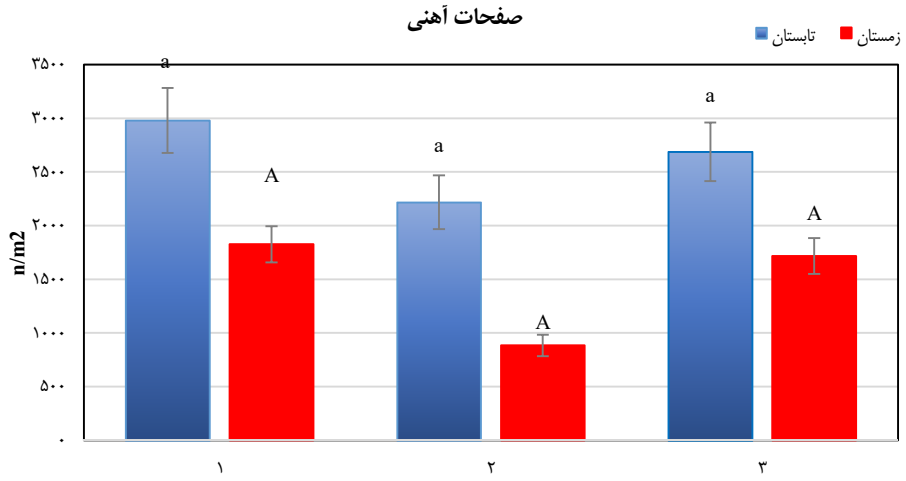


شکل ۷. تغییرات فراوانی گونه‌ها در ایستگاه‌های مختلف در دوره اول (برداشت تابستان ۹۵) و دوره دوم (برداشت زمستان ۹۵) بر صفحه بتون (تعداد در مترمربع) (حروف نامشابه بیانگر اختلاف معنی‌دار است).

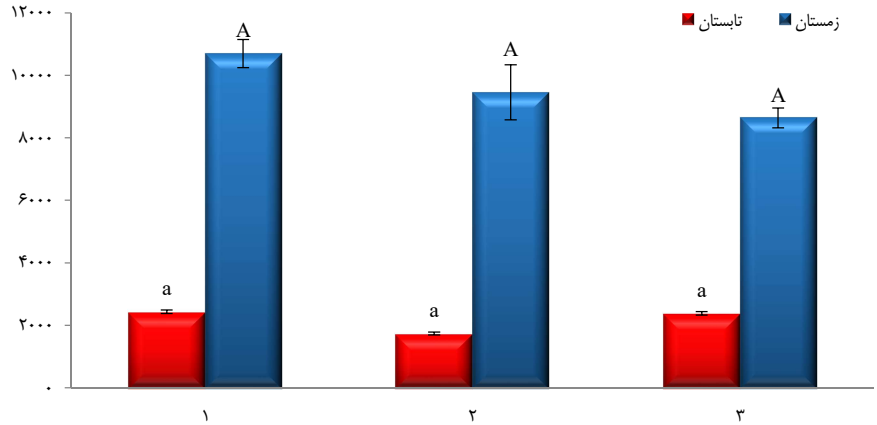
در صفحات آهنی بیشترین میانگین فراوانی زیست‌مزاحم‌ها در دوره اول در ایستگاه اول به میزان ۲۹۷۹/۹۲±۲۰۹/۵۴ و در دوره دوم نیز در ایستگاه اول به میزان ۱۸۲۵±۴۲۰/۲۲ اندازه‌گیری شد. نتایج حاصل از آنالیز واریانس یک طرفه نشان داد بین میانگین فراوانی موجودات در ایستگاه‌های دوره اول و همچنین دوم اختلاف معنی‌دار وجود دارد (P≤۰/۰۵) (شکل ۸).

نتایج شکل ۸ نشان داد که بیشترین میانگین فراوانی زیست‌مزاحم‌ها بر روی صفحات PVC در دوره دوم در ایستگاه اول به میزان ۱۰۶۹۶/۶۷±۴۴۷/۷۵ مشاهده گردید. نتایج حاصل از آنالیز واریانس یک طرفه بین میانگین فراوانی ایستگاه‌های مختلف بین دوره اول و دوم با یکدیگر اختلاف معنی‌داری نشان داد (P≤۰/۰۵).

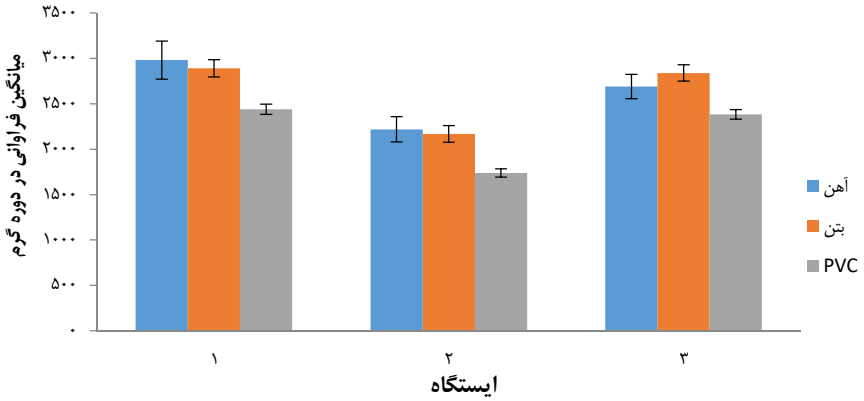
بررسی مقایسه ای فراوانی کلی بر روی صفحات مختلف نشان داد که بیشترین میانگین فراوانی در اولین برداشت در دوره اول در ایستگاه اول و بر روی صفحه آهن بود. اما بیشترین میانگین فراوانی زیست‌مزاحم‌ها در دومین برداشت بر روی صفحه PVC و سپس صفحه بتون و دوباره در ایستگاه اول بود (شکل‌های ۱۰ و ۱۱).



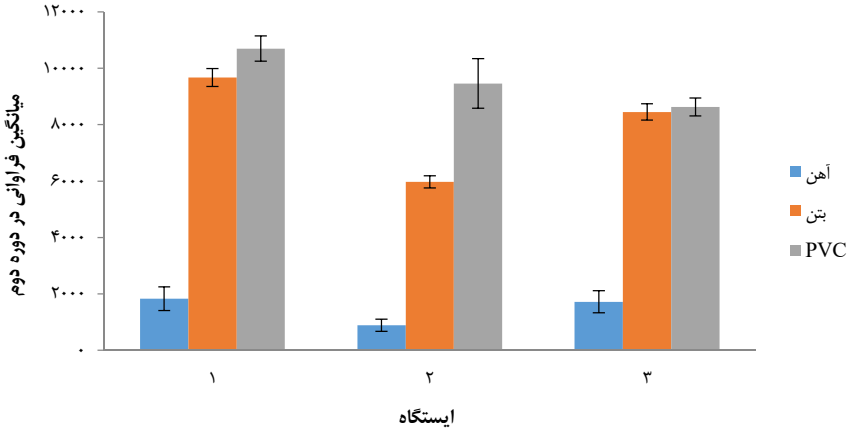
شکل ۸. تغییرات فراوانی گونه‌ها در ایستگاه‌های مختلف در دوره اول (برداشت تابستان ۱۳۹۵) و دوره دوم (برداشت زمستان ۱۳۹۵) بر صفحه آهنی (تعداد در مترمربع)



شکل ۹. تغییرات فراوانی کلی گونه‌ها در ایستگاه‌های مختلف در دوره اول (برداشت تابستان ۱۳۹۵) و دوم (برداشت زمستان ۱۳۹۵) بر صفحاتPVC (تعداد در مترمربع) (حروف نامشابه بیانگر اختلاف معنی‌دار است)



شکل ۱۰. مقایسه تغییرات فراوانی کل زیست‌مزاحم‌ها برحسب مترمربع در ایستگاه‌های مختلف و صفحات متفاوت- دوره اول (برداشت تابستان ۱۳۹۵)



شکل ۱۱. تغییرات فراوانی کل زیست‌مزاحم‌ها برحسب مترمربع در ایستگاه‌های متفاوت و صفحات مختلف- دوره دوم (برداشت زمستان ۱۳۹۵)

بحث و نتیجه‌گیری

همواره یکی از چالش‌های بزرگ در زمینه توسعه تجهیزات و سازه‌های دریایی جهت تسهیل بهره‌برداری از منابع، رشد ارگانسیم‌ها بر روی سازه‌ها بوده است. هر لایه و سازه محافظت‌نشده در محیط آبی به‌سرعت توسط جوامع زیست‌مزاحم مورد پوشش قرار می‌گیرد (Chapman & Clynick, 2006; Jang *et al.*, 2006). اگرچه ساختار جمعیت بنتوزها، توسط مجموعه‌ای از عوامل محیطی همانند جنس بستر، شوری، دما، اکسیژن محلول، مواد آلی، اندازه ذرات رسوبی و غیره کنترل می‌شود ولی رابطه بین نشست موجودات زیست‌مزاحم و جنس بستر بسیار بدیهی و انکارناپذیر است (Jayaraj *et al.*, 2007; Montile *et al.*, 2005).

در طی این مطالعه ۲۴ گونه مشاهده گردید. بیشترین گونه‌ها مربوط به را *Alpheus edwardsii*، *Alpheus lobidens*، *Piludius*، *Cerithium scabridum*، *Padina* sp.، *Dictyuota* sp. و *Cladophora* sp. بودند (جدول۱). در صفحه آهن، شکم‌پایان بیشترین فراوانی نشست را در هر دو دوره داشتند. شکم‌پایان در دوره اول ۴۱ درصد و دوره دوم ۸۱ درصد فراوانی کل نشست را به خود اختصاص داده‌اند(شکل ۶). بیشترین درصد پوشش صفحه آهن مربوط به جلبک‌های سبز در دوره اول (۳۶ درصد) و

در دوره دوم (۴۷ درصد) بود (شکل ۵). به‌طورکلی بسیاری از شکم‌پایان بر روی جلبک‌های سبز چرا می‌کنند. شکم‌پایان بیشتر بر روی بسترهای زیستی حرکت نموده و از جلبک‌ها و سایر موجودات میکروسکوپی با استفاده از سوهانک تغذیه می‌نمایند. محققین دیگر نیز در تحقیقات خود به این نتیجه رسیده‌اند که شکم‌پایان گیاه‌خوار بر روی بسترهایی که دارای جلبک سبز هستند، رشد بیشتری می‌کنند (Wilhelmsen & Reise, 1994). لذا به نظر می‌رسد یکی از عوامل فراوانی شکم پایان در آب‌های ساحلی بندرکوشکنار مربوط به پوشش نسبتاً زیاد جلبک‌های سبز باشد.باتوجه به رابطه متقابل موجودات چراکننده‌هایی همانند نرمتنان و رویش بیوفیلم‌ها و جلبک‌ها بر سطوح در اکوسیستم های آبزی یک مرحله توالی را بایستی بگذراند. رویش بیو فیلم جلبکی عمدتاً شامل جلبک‌های سبز آبی و جلبک سبز می باشد. سپس چرای شدید نرمتنان شکم‌پا، عامل مهار کننده رشد بیوفیلم بر سطح بستر می‌باشد و به همین دلیل نیز رابطه مستقیم بین جلبک‌های سبز و شکم‌پایان در صفحه آهن وجود دارد. در مناطق معتدل و گرمسیری، فراوانی چراکننده‌ای بزرگ همانند شکم‌پایان به‌شدت وابسته به فراوانی جلبک دریایی است (Das *et al*., 2014)، که با نتایج این تحقیق همخوانی دارد. در صفحه بتون، سخت‌پوستان بیشترین فراوانی را در هردو دوره اول (۴۵ درصد) و دوره دوم (۴۲ درصد) را به خود اختصاص دادند (شکل ۶). در تحقیقی دیگر Kerckhof (2010) گزارش نمودند که سخت‌پوستان در سال اول پس از نصب صفحه بتون ۴۵ درصد اجتماعات اپی فولینگ و در سال دوم ۲۰ درصد اجتماعات را به خود اختصاص دهد. در تحقیق حاضر نیز صفحه PVC نیز سخت پوستان در دوره اول بیشترین فراوانی و در دوره دوم سخت‌پوستان به همراه شکم‌پایان بیشترین فراوانی را شامل می‌شدند. البته در دوره دوم تخم جانوران مختلف نیز بر روی صفحات مشاهده شد. به‌طور کلی به‌نظر می‌رسد علاوه بر جنس پنل، عوامل محیطی نیز باعث تأثیر در نشست انواع جانوران و جلبک‌های دریایی بر روی صفحات می‌گردد. محققین دیگر نیز به این نکته اشاره کرده‌اند که نرخ رشد زیست‌مزاحم‌ها عموماً به نوع ارگانیسم‌های محیطی، سطح بستر، سرعت شناوری، دما و میزان مواد غذایی محیطی بستگی دارد (Railkin, 2004). نتایج جدول ۱ نشان‌داد که هیچ نمونه‌ای از چندکفه‌ای‌ها و بریوزوآ در صفحات آهنی وجود نداشت. یکی از دلایل عدم وجود برخی از گونه های زیست‌مزاحم و یاکمی تراکم برخی گونه ها بر روی صفحه آهنی، ناشی از واکنش‌های شیمیایی فلز آهن است. فلز آهن و فولاد پس از قرارگیری در محیط‌های دریایی واکنشی همراه با خوردگی و تشکیل اکسیدآهن را نشان می‌دهند که باعث ایجاد شرایط ناپایدار شده و بالقوه برای موجودات دریایی نیز سمی است که باعث گسترش کمتر و آهسته‌تر بیوفیلم‌ها و به‌دنبال آن نشست جوامع را به‌دنبال دارد. آهن و مس نیز به دلیل فرسودگی در آب دریا و آزادسازی یونی و روند آهسته‌ی تشکیل لایه‌ی ماکرومولکولی، بستر پایداری جهت نشست ایجاد نمی‌کند و به این ترتیب می تواند روند نشست را آهسته‌تر می‌نماید (Marszalek *et al*., 1979) و همین دلیل نیز باعث ایجاد نشست کمتر زیست‌مزاحم‌ها بر صفحات آهنی در منطقه کوشکنار شده‌است.

نتایج نشان‌داد میانگین فراوانی کل نشست اجتماعات زیست‌مزاحم برروی صفحات بتون در اولین و دومین برداشت، مربوط به سخت‌پوستان و شکم‌پایان می‌باشدکه در اولین برداشت در فصل گرم سخت‌پوستان ۴۵ درصد و شکم‌پایان ۴۵ درصد از سطح را به‌خود اختصاص داد و در دومین برداشت در فصل سرد ۴۲ درصد و ۴۳ درصد از سطح بستر را به خود اختصاص داده‌اند.

در بررسی جوامع زیست‌مزاحم در سواحل شمالی ریودوژانیرو برزیل توسط Krohling *et al*. (2006)

مشخص شد که صفحات بتونی را بر سطح خارجی بسترهای مصنوعی تعبیه نموده و بیشترین گونه‌های شناسایی‌شده را از سخت‌پوستان و نرم‌تنان گزارش دادند. همچنین Mori Bazofti (2011) در بررسی زیست‌مزاحم‌های آب‌های بندر امام خمینی نیز غالبیت سخت‌پوستان و نرم‌تنان را گزارش داده اند که با نتایج حاصل از این تحقیق همخوانی دارد.

نتایج نشان‌داد که بیشترین میانگین فراوانی کلی نشست زیست‌مزاحم‌ها بر روی صفحه چند لایه PVC در دوره دوم برداشت بود(شکل ۵). به‌نظر می‌رسد در برداشت دوم یعنی ماههای نسبتاً سرد پاییزی و زمستانی (برداشت دی ۹۵) صفحه چند لایه PVC و سپس صفحه بتونی بستر مناسب تری برای نشست زیست‌مزاحم‌ها است. همچنین Blair *et al*. (2014) گزارش کرده اند که همه بسترهای آزمایشی زیست‌مزاحم نرخ یکسانی جهت نشست ندارند. ویژگی-های شیمیایی و فیزیکی ذاتی مواد سازنده‌ی بستر، بر ویژگی‌های شیمیایی آب در حجم آب تأثیر می‌گذارد. به نظر می‌رسد به همین دلیل است که از قرار دادن صفحاتی ازجنس های مختلف در ستون آبی به عنوان بسترهای آزمایشی جهت نشست جوامع زیست‌مزاحم، نتیجه‌ی یکسانی به‌دست نیامده است. به‌طور کلی هر لایه و سازه محافظت نشده در محیط آبی به سرعت توسط جوامع زیست‌مزاحم مورد پوشش قرارمی‌گیرد (Chapman & Clynick, 2006; Jang *et al*., 2006). همواره یکی از چالش‌های بزرگ در زمینه توسعه تجهیزات و سازه‌های دریایی جهت تسهیل بهره-برداری از منابع، رشد ارگانسیم‌ها بر روی سازه‌ها بوده-است (Blair *et al*., 2014). به‌طورکلی نتایج مربوط به درصد فراوانی گروه‌های غالب جوامع زیست‌مزاحم نیز نشان‌داد که در دوره تابستان سخت پوستان و بریوزوآ به‌ترتیب ۵۷ درصد و ۴۰ درصد از سطح بستر را به‌خود اختصاص داده‌اند. محقق دیگری (Masi *et al*., 2015) گونه‌های غالب جانوری را بر روی صفحات PVC در سواحل جنوب شرقی برزیل خزه‌شکلان را مطالعه و گروه‌های غالب جوامع زیست‌مزاحم دوره زمستان را شکم پایان، جلبک‌های سبز و سخت پوستان به‌ترتیب ۳۴ درصد، ۳۲ درصد و ۳۰ درصد گزارش نمودند.

سطح ناهموار سازه‌های مصنوعی و دارای خلل و فرج میکرو زیستگاه‌هایی برای برخی بنتیک‌ها جهت سهولت نشست و تغذیه درون آنها فراهم می‌آورد (Chabanet *et al*., 1997). در این صورت افزایش تدریجی سطح نشست زمانی آشکار می‌گردد که با مهاجرت گونه‌ها این سطح بستر ارائه‌ی سرپناه و یا تأمین مواد غذایی را برای جمعیتی از جوامع افزایش خواهد داد. به‌نظر می‌رسد خلل و فرج موجود درصفحات چند لایه PVC فضایی را برای استقرار گونه‌ها فراهم آورده باشد. به‌طور کلی درصدفراوانی گروه‌های غالب جوامع زیست‌مزاحم نشان‌دادکه در دوره اولشکم پایان و بریوزوآ به‌ترتیب ۴۴ درصد و ۳۶ درصد از سطح بستر و در دوره دوم شکم‌پایان و جلبک‌های سبز به‌ترتیب با ۸۱ درصد و ۴۷ درصد از سطح بستر را اشغال کرده‌اند و فراوان‌ترین گروه‌های جانوری هستند. Swami & Udhayakumar (2010) نیز در شرق هند با مطالعه‌ی جوامع موجود بر سازه‌های فولاد و تیتانیوم،بریوزوآ را جزو گونه‌های غالب خود گزارش نمودند. همچنین Currie *et al*. (2015) با بررسی جوامع زیست‌مزاحم در سواحل استرالیا اعلام نمودندکه مناسب‌ترین دمای آب جهت رشد جوامع جلبک‌های سبز حدود ۲۰ درجه سانتی‌گراد است. نتایج شکل ۴ نشان داد که دمای آب در دوره اول با میانگین ۲۳ درجه سانتی‌گراد می‌باشد که به طور تقریبی با نتایج محققین قبلی مشابهت دارد. همچنین بر اساس شکل ۴ دامنه تغییرات شوری نسبتاً کم است و نمی‌تواند به تنهایی عامل تأثیرگذار بر نشست زیست‌مزاحم‌ها باشد. نتایج این تحقیق نشان داد که سازه‌های مختلف نرخ یکسانی برای نشست زیست‌مزاحم‌ها نداشت. محققق دیگری عنوان نمود که همه بسترهای آزمایشی زیست‌مزاحم نرخ یکسانی جهت نشست ندارند. ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی ذاتی مواد سازنده ی بستر، بر ویژگی‌های شیمیایی آب در حجم آب

تأثیرمی‌گذارد (Blair *et al*., 2014). به‌نظر می‌رسد به‌همین دلیل است که از قراردادن صفحاتی از فلزات مختلف در ستون آبی به عنوان بسترهای آزمایشی جهت نشست جوامع زیست‌مزاحم، نتیجه‌ی یکسانی به‌دست نمی‌آید.

در نهایت اگر چه ساختار جمعیت بنتوزها و نشست زیست‌مزاحم‌ها بر روی سطوح مختلف، توسط مجموعه-ای از عوامل همانند شوری، دما، اکسیژن محلول، مواد آلی و سایر ذرات رسوبی کنترل می‌شود و تنها نمی‌توان یک عامل را به‌عنوان عامل اصلی در پراکنش این موجودات در نظرگرفت، ولی رابطه بین نشست موجودات زیست‌مزاحم و جنس بستر بدیهی است (Jayaraj *et al*., 2007; Montile *et al*., 2005).

باوجود اهمیت زیست محیط یا اکوسیستم‌های ساحلی، تعیین الگو و شناخت توالی زیست‌مزاحم در آب‌هایی که پتانسیل توسعه اقتصادی بالایی دارند، بسیار اهمیت دارد. در طی این تحقیق بیشترین گونه‌هایی که نشست کردند، شامل *Alpheus edwardsii* و *Alpheus lobidens* از سخت‌پوستان (شکل ۳) و *Dictyuota* sp.، *Cladophora* sp.، *Padina* sp. از جلبک‌ها بودند. در نهایت با توجه به عدم وجود ذخایر نفت و گاز و پتانسیل‌های اقتصادی و محیطی در منطقه کوشکنار و تبدیل آن به یکی از قطب‌های اقتصادی در آینده‌ای نه چندان دور ساخت سازه‌های بشری می‌تواند به تکثیر و رشد هر چه بیشتر جوامع زیست‌مزاحم بیانجامد.

REFERENCES

Bixler, G.D. (2011). Extreme user centered design: methodology for eliciting and ranking requirements in user-centered new product development: case studies from Honduras and the Central African Republic. Global Humanitarian Technology Conference (GHTC). IEEE, 311-315.

Blair, S.; Roberts, D.; Scantlebury, M.; & Eden, B. (2014). The Potential Impacts of Biofouling on a Wave Energy Converter Using an Open Loop Seawater Power Take Off System. Prepared for Aquamarine Power. Belfast, UK: Queen's University Belfast and Rawwater Engineering Company Ltd.

Callow, M.E.; & Callow, J.A. (2002). Marine biofouling: a sticky problem. *Biologist*; 49: 1-5.

Chabanet, P.; Ralambondrainy, H.; Amanieu, M.; Faure, G.; & Galzin, R. (1997). Relationships between coral reef substrata and fish. *Coral reefs*; 16: 93-102.

Chapman, M.; & Clynick, B. (2006). Experiments testing the use of waste material in estuaries as habitat for subtidal organisms. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*; 338: 164-178.

Currie, D.R.; & Small, K.J. (2005). Macrobenthic community responses to long-term environmental change in an east Australian sub-tropical estuary. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*; 63: 315-331.

Das, S.; Deshmukhe, G.; & Dwivwdi, A. (2014). Grazing of selected genera of green, red and brown macroalgae. *Applied Ecology and Environmental Research*; 12(3): 717-725.

De Nys, R.; & Guenther, J. (2009). The impact and control of biofouling in marine finfish aquaculture. Woodshead Publishing: Cambridge, UK.

Fitridge, I.; Dempster, T.; Guenther, J.; & de Nys, R. (2012). The impact and control of biofouling in marine aquaculture: a review. *Biofouling*; 28: 649-669.

Jang, N.; Ren, X.; Choi, K.; & Kim, I.S. (2006). Comparison of membrane biofouling in nitrification and denitrification for the membrane bioreactor (MBR). *Water science and technology*; 53: 43-49.

Jayaraj, K.; Jayalakshmi, K.; & Saraladevi, K. (2007). Influence of environmental properties on macrobenthos in the northwest Indian shelf. *Environmental Monitoring and Assessment*; 127: 459-475.

Kerckhof, F. (2010). Early development of the subtidal marine biofouling on a concrete offshore windmill foundation on the Thornton Bank (southern North Sea): first monitoring results. 137 *International Journal of the Society for Underwater Technology*; 29(3): 137-149. doi:10.3723/ut.29.

Krohling, W.; Brotto, D.S.; & Zalmon, I.R. (2006). Functional role of fouling community on an artificial reef at the northern coast of Rio de Janeiro State, Brazil. *Brazilian Journal of Oceanography*; 54: 183-191.

Lebret, K.; Thabard, M.; & Hellio, C. (2009). Algae as marine fouling organisms: adhesion damage and prevention. Advances in Marine Antifouling Coatings and Technologies; Hellio C, Yebra DMY (Eds) Woodshead Publishing: Cambridge, UK, 80-112.

Marszalek, D.S.; Gerchakov, S.M.; & Udey, L.R. (1979). Influence of substrate composition on marine microfouling. *Applied and environmental microbiology*; 38: 987-995.

Melo, L.; Bott, T.R.; & Bernardo, C. (2012). Fouling science and technology. Springer Science & Business Media.

Montile, Y.; Chaparro, O.; & Segura, C. (2005). Changes in feeding mechanisms during early ontogeny in juveniles of *Crepidula fecunda* (Gastropoda, Calyptraeidae). *Marine biology*; 147: 1333-1342.

Mori Bazofti. H. (2011) Temporal and spatial study of biofilling communities of offshore structures of Bandar Imam Khomeini Petrochemical. Master Thesis in Marine Biology. Khorramshahr University of Marine Sciences and Technology.

Pati, S.; & Rao, M. (2015). Fouling load in a tropical Indian harbor: spatial and temporal pattern. *Journal of the Marine Biological Association of India*; 57: 6.

Pati, S.; Rao, M.; & Balaji, M. (2015). Spatial and temporal changes in biofouling community structure at Visakhapatnam harbour, east coast of India. *Tropical Ecology*; 56: 139-154.

Railkin, A.I. (2004). Marine biofouling; colonization process and defenses. *Biofoul*; 20: 129-131.

Salimi, E., Sakhaei', N. , Nurinezhad, M., Savari, A., Ghaemmaghami, S.S. (2021). Composition, biomass and secondary production of the macrobenthic invertebrate assemblage in a mangrove forest in Nayband Bay, Persian Gulf. Regional Studies in Marine Science, 42 : 101636.

Swami, B.S. & M. Udhayakumar (2010). Seasonal influence on settlement, distribution and diversity of organisms at Mumbai harbour. Indian Journal of Marine Sciences 39(1): 57–67.

Wilhelmsen, U.; & Reise, K. (1994). Grazing on green algae periwinkle *Littorina littorea*in the Wadden Sea. *Helgolinder Meeresunters*; 48: 233-242.