# اثر پرورش‌در قفس قزل‌آلای رنگین‌کمان(*Oncorhynchus mykiss*) بر جمعیت کفزیان سواحل جنوبی دریای خزر(منطقه نشتارود)

**کورش حدادی مقدم [۱]، مهدی سلطانی *[۲]، ابوالقاسم کمالی [۱]، حسینعلی عبدالحی [۳]**

۱- گروه شیلات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران، صندوق پستی: ۷۷۵-۱۴۵۱۵

۲- گروه بهداشت و بیماری‌های آبزیان، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه تهران، تهران، ایران، صندوق پستی: ۶۴۵۲-۱۴۱۱۵

۳- موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، تهران، ایران، صندوق پستی: ۶۱۱۶-۱۴۱۵۵

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۷/۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۰/۲۱

## چکیده

تحقیق‌حاضر به منظور بررسی‌اثر پرورش‌در قفس قزل‌آلای رنگین‌کمان(*Oncorhynchus mykiss* ,Walbaum,1792) بر جمعیت کفزیان مستقر در عمق ۳۰-۲۵ متری سواحل جنوبی دریای خزر و در منطقه نشتارود استان مازندران طراحی و انجام شد.این مطالعه بمدت ۱۵۰ روز و با اندازه‌گیری وسنجش فاکتورهای فیزیکی‌و شیمیایی‌آب طی ۵ مرحله‌وتا انتهای دوره پرورشی انجام گرفت.رسوبات با استفاده از دستگاه ون‌وین طی سه‌تکرار بطور ماهیانه از داخل‌وخارج از قفس برداشت شد.دراین مطالعه برای بررسی جمعیت کفزیان ازشاخص تنوع (شانون‌وینر)، غالبیت (سیمپسون) وغنای گونه‌ای (مارگالف) استفاده شد.در مجموع ۲۰۰ عدد(درمترمربع)بی‌مهرگان کفزی متعلق به رده صدف‌های‌دوکفه‌ای،کرم‌های‌پرتار،وسخت‌پوستان‌جمع‌آوری‌شدند.بیشترین‌وکمترین زیتوده به ترتیب‌گونه *Abra ovate* با بیوماس(۴۹/۲ گرم‌در مترمربع)وگونه‌های *Nereis diversicolor*،*Balanus improvises*،*Mytilaster lineatus*، *Cerastoderma lamark* با بیوماس(۱گرم در مترمربع) مشاهده گردید.بیشترین میزان مواد آلی(organic matter)در غرب قفس‌های مستقر شده وکمترین آن در داخل قفس‌مشاهده گردید($P<0/05$).بین تراکم و زیتوده کفزیان با درصد رس موجود درکف بسترهمبستگی معنی‌دارآماری مشاهده گردید($P<0/05$).نتایج بررسی‌ها ضریب همبستگی‌مثبتی و معنی‌داری را بین شاخص تنوع شانون و زیتوده موجودات‌کفزی نشان داد($p=0.001$; $r= 0.467$).یافته‌ها حاکی از آن بود اگرچه پس از معرفی بچه‌ماهیان قزل‌آلا به قفس‌های پرورشی اختلاف معنی‌داری آماری در تنوع و تراکم‌کفزیان مشاهده گردید ($P<0/05$)اما روند تغییرات‌آنها تا انتهای دوره بسیار جزئی و اندک بوده است. بر اساس طبقه‌بندی اکولوژیکی انجام شده، بسترهای پرورشی مورد مطالعه در شرایط پرتنش وآلوده قرا داشتند.

**کلمات کلیدی:** پرورش، قفس، ماکروبنتوز، قزل‌آلا، دریای خزر.

* عهده‌دار مکاتبات (✉). *msoltani@ut.ac.ir*

[ Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-04 ]

[ DOR: 20.1001.1.23223545.1398.13.1.5.6 ]

**مقدمه**

در سال‌های اخیر پرورش ماهیان دریایی رشد چشمگیری داشته و منجر به افزایش تولید مواد غذایی شده است(FAO, 2014).آبزی‌پروری دریایی تحت تاثیر عوامل مختلفی نظیر شرایط هیدرودینامیکی و توپوگرافی‌منطقه، بافت رسوبات و ترکیب‌آن، موجودات کفزی،عمق و تکنیک‌های تغذیه‌ای می‌باشد می‌باشد ( Karakassiset *et al*., 2013; Fodelianaki *et al*., 2014). از مهم‌ترین مواردی که در قبل و بعد از استقرار قفس‌های پرورشی در دریا مورد مطالعه قرار می گیرند بررسی‌موجودات ساکن یا بومی منطقه‌است (Châteaua *et al*., 2009; Giles *et al*., 2015). بدلیل محدود بودن قابلیت تحرک کفزیان به عنوان نشا نگرهای حساس به آشفتگی های محیطی به عنوان شاخص زیست‌شناختی همواره مورد توجه بوم‌شناسان دریایی بوده‌اند و یکی از نشانه‌های تغییر در محیط زیست های ناپایدار دریایی تغییر در ساختار ماکروبنتوزها و ظهور برخی از گونه‌های مقاوم و فرصت‌طلب در جوامع کفزی نظیرکرم‌های پرتار است که طی دوره پرورش ماهیان در قفس جانشین گونه‌های مقاوم نظیر صدف‌های دو کفه‌ای می‌شوند. بنابراین اطلاع از وضعیت آنها کمک می کند تا تغییرات اکوسیستم متاثر از فعالیت‌های پرورش ماهی در قفس شناسائی شوند ومسیر برخورد با آن آسانترصورت پذیرد (Keeley *et al*., 2014; *et al*., 2016 Mirto *et al*., 2012; Tomassetti). مطالعات متعددی به منظورتعیین وضعیت سلامت محیط‌های دریایی با استفاده از نشانگرهای زیستی (موجودات کفزی)، وضعیت شیمیایی و زیست‌شناختی رسوبات انجام یافته است‌که نتایج بررسی‌ها حاکی از آن بود که با استفاده از اطلاعات بدست آمده از تغییرات زمانی و مکانی ایجادشده در ماکروبنتوزها شناسایی‌اختلالات موجود در سیستم‌های مدیریت پرورشی امکان‌پذیراست (Neofitou, 2008; Brigolin *et al*., 2016). مطالعات نشان داده است در مناطقی‌که بسترهای پرورشی تحت تاثیرعوامل آلاینده نیستندگونه‌های غیرمقاوم در آنها غالبیت دارند و بر عکس در مناطقی که فشارآلودگی وجود داشته باشد تنوع و تراکم کمتر وگونه‌های مقاوم در آن مناطق ساکن خواهند بود و شرایط بحرانی نیز برای موجودات کفزی بتدریج با فاصله قفس‌ها کاهش می‌یابد و در فاصله۱۰۰تا۲۰۰ متری شرایط طبیعی در آن فراهم خواهد شد ( Fodelianakis *et al*., 2014; Cubillo *et al*., 2016). Tomassetti وهمکاران (۲۰۰۹) نشان دادند که برخی‌از شاخص‌های فیزیکی و شیمیایی نظیر میزان موادآلی (organic matter)و خصوصیات غیرزنده نظیر اندازه و دانه‌بندی رسوبات منعکس‌کننده پاسخ‌های بیولوژیکی از بستر قفس‌های پرورشی می‌باشند.درحال حاضر بزرگترین منبع مواد زائد در آبزی‌پروری وجود موادآلی در قالب خوراک و مدفوع ماهیان پرورشی می‌باشد که در ستون آب و یا سطح رسوبات زیر قفسهای پرورشی مورد استفاده جوامع کفزی قرار می‌گیرد که فراوانی بیش از حد- آن منجر به کاهش غنای گونه‌ای، زیتوده، اکسیژن، ایجاد شرایط بی هوازی، افزایش هیدروژن سولفید، تولید مواد زائد سمی و مرگ‌ومیر گله‌ای ماهیان خواهد شد ( Trichkova *et al*., 2013; Pulatsü and Kaya, 2016).

در ایران و طی سالهای اخیر،پژوهش‌های صورت گرفته در زمینه اثرات پرورش در قفس بر جوامع کفزی را می‌توان به دهقان مدیسه (۱۳۸۶)، دوست-

[ Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-04 ]

[ DOR: 20.1001.1.23223545.1398.13.1.5.6 ]

شناس(۱۳۸۷) و پروژه‌های پژوهشی شامل پژند و همکاران (۱۳۹۰)، هاشمیان و همکاران (۱۳۹۰) و- پورعلی‌و همکاران (۱۳۹۱)اشاره نمود.

با توجه به گسترش و توسعه روز افزون پرورش ماهی در قفس در سواحل جنوبی دریای خزر (استان گیلان و مازندران) اطلاع از ساختار و عملکرد ماکروبنتوزها می‌تواند در توسعه پایدار فعالیت‌های آبزی‌پروری دریایی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار باشد بنابراین می‌توان با نمونه‌برداری‌های مستمر از ماکروفونها در محیط زیست قفس ماهیان‌دریایی از خطراتی که هرم‌های غذایی و رسوبات نزدیک به کف با آن مواجه هستندآگاهی پیدا کرد. با توجه به اهمیت موضوع، مطالعه مزبور جهت پاسخ به این فرضیه که موجودات بنتیک بعنوان نشانگرهای محیطی برای تعیین اثرات پرورش ماهی در قفس مورد استفاده قرار می گیرند و با هدف استفاده از شاخص‌های زیستی مختلف جهت ارزیابی تنوع ماکروبنتوز و ارزیابی وضعیت کیفیت زیستی در زیر قفس و مقایسه آن با مناطق خارج از قفس در منطقه نشتارود استان مازندران انجام شد.

## مواد و روش‌ها

این پژوهش‌جهت پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین کمان (*O.mykiss*) در ۱۰ قفس فایبرگلاس شناور به ابعاد دایره‌ای با قطر ۱۶ متر مربع،در عمق ۳۰-۲۵ متری سطح آب دریای‌خزر و در دو ترانسکت افقی در منطقه نشتارود واقع دراستان مازندران انجام شد.ایستگاههای مورد مطالعه با استفاده از دستگاه GPS (Global Positioning System)مکان‌یابی و درموقعیت جغرافیایی (36º، 49′49″N 51º،53′31″/5E) ثبت گردیدند.دراین بررسی با توجه به جهت جریان، عمق و فاصله از ساحل ۴ ایستگاه در نظرگرفته شد:

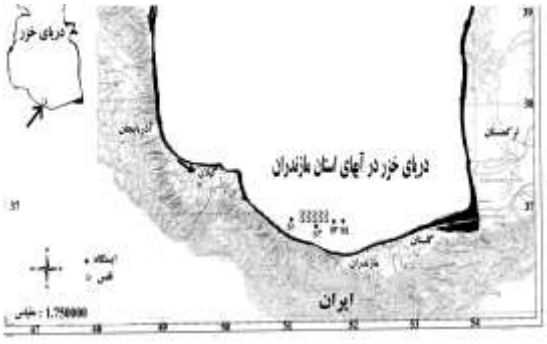
ایستگاه اول (S2) در زیر قفس های پرورش ماهی.

ایستگاه دوم (S1) که در فاصله ۱۵۰ متری غرب ایستگاه اول قرار دارد.

ایستگاه سوم (S3) که در فاصله ۱۵۰ متری و در شرق ایستگاه اول واقع می‌باشد.

ایستگاه چهارم (S4) که به ۳۰۰ متری از شرق ایستگاه اول انتخاب گردید.

شروع نمونه‌برداری در قبل از معرفی بچه‌ماهیان قزل‌آلابه قفس‌های مستقراز دی سال۱۳۹۴طی۵ مرحله‌و تا ۵ ماه (اردیبهشت ۹۵) ادامه داشت ( شکل۱).




شکل ۱: موقعیت ایستگاههای نمونه برداری در منطقه نشتارود

در این مطالعه تراکم ماهیان قزل‌آلا در هر قفس به تعداد ۳۲۳۹۵ عدد با متوسط وزن ۲۱/۹۳± ۱۹۸گرم و میانگین طولی ۰/۳۳± ۳۷/۳۳ سانتی‌متربود. با توجه به رژیم‌غذایی گوشتخواری قزل‌آلا غذادهی با استفاده از پلیت‌های اکسترود با اندازه ۵-۴/۵ میلی‌متری،با قابلیت شناور بودن و نام تجاری GFT2 (growth fish trout) در مرحله پرواری که حاوی ۳۶ درصد پروتئین،۱۴٪ چربی، ۴٪ درصد فیبر،۱۰٪ خاکستر،۱۱٪ رطوبت و ۱٪ فسفر(ساخت شرکت فرادانه) بودند و بصورت دستی

[ Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-04 ]
[ DOR: 20.1001.1.23223545.1398.13.1.5.6 ]

انجام شد. میزان غذای مصرفی با توجه به بیوماس، درجه حرارت، طی۳ وعده در روز بود.

در هر مرحله از نمونه‌برداری‌خصوصیات فیزیکی آب، درجه‌حرارت آب و هوا، اکسیژن محلول توسط دستگاه دیجیتالHACH مدل Q40dhulti ساخت کشور آمریکا و اسیدیته با دستگاه handheld meter pH مدل 100Aساخت کشورکانادا، شوری آب با استفاده از دستگاهRefracto meter مدلHR-099 ساخت کشور انگلیس اندازه‌گیری شد. همچنین برای اندازه‌گیری خصوصیات شیمیایی آب نظیر نیتریت ($NO_2^{2-}$–N)، نیترات ($NO_3^{-}$N)فسفات ($PO_4^{3-}$ -P)، سختی کل (Total hardness) و مواد جامد معلق ( TSS)به تعداد یک نمونه آب از کف هر قفس توسط بطری‌های ۵ لیتری مدل ساخت شرکتHYDRO- BIOS ساخت کشور آلمان طی سه مرحله (قبل، اواسط و انتهای دوره پرورش) از هر ایستگاه جمع‌آوری و با استفاده کیت‌های تخصصی و دستگاه اسپکتوفتومتر(HACH) مدل DR2800 ساخت کشور آلمان و با روش های استاندارد اندازه گیری گردیدند (Strickland and Parsons ,1972) با استفاده از دستگاهEckman-Grab با مساحت ۰/۰۲۵مترمربع و عمق ۱۰سانتی‌متری نمونه‌برداری از رسوبات داخل و خارج بطور ماهیانه و با سه تکرار جهت بررسی موجودات کفزی انجام شد.رسوبات جمع‌آوری شده از کف توسط الک با چشمه ۵۰۰ میلی‌متری و با آب دریا شستشو، غربال شده و پس جداسازی موجودات با رزبنگال ۰/۲گرم در لیتر و الکل اتانول ۹۵درصد به میزان دو برابر حجم رسوب رنگ‌آمیزی و تثبیت شدند. نمونه‌های ماکروبنتوز و رسوبات به منظور شناسایی و بررسی به آزمایشگاه منتقل شدند. مجدد پس از شستشو و عبور از الک ۵۰۰ میلی‌لیتری و پس از توزن با ترازوی الکترونیک حساس ۰/۰۰۰۱ گرم مدلSZ6045 ساخت شرکت Olympus کشور بلژیک،با استفاده ازاستریومیکروسکوپ (Stereo microscope) مدل Nikon-smz800 ساخت کشور آلمان و میکروسکوپ‌های نوری شمارش و برای تحزیه و تحلیل‌های آماری تا حد گونه شناسایی و زیتوده آنها محاسبه گردیدند (Keeley *et al.*, 2012). در این پژوهش دانه‌بندی رسوبات پس از همگن‌سازی (homogenization) با استفاده از متدهای آزمایشگاهی (ASTM, 1990) و با استفاده از روش الک تر و خشک و تکنیک منحنی و طی دو مرحله (قبل و انتهای دوره) و هر کدام با سه تکرار اندازه و تعیین گردیدند(Martinez *et al.*, 2015).آماده‌سازی اولیه رسوبات جهت تجزیه تعیین میزان مواد آلی(OM) با استفاده از روش (Carrolla *et al.*, 2003) انجام شد.

جهت مقایسه جوامع کفزی و تعیین طبقه‌بندی اکولوژیکی محیط پرورش از شاخص‌های کیفی موجودات بنتیک Benthic Quality Index (BQI) استفاده شد(Leonardsson *et al.*, 2009). که آنها عبارت بودند از:

۱-شاخص تنوع شانون -وینر از رابطه زیرمحاسبه گردید ( Rosenberg *et al.*, 2004; Borja *et al.*, 2009)

$$H'=\sum_{i=-1}^{s} Ni/Nln\ Ni/N$$

تعدادکل افراد=N

جمعیت همگی گونه ها =Ni

۲- شاخص تنوع سیمپسون که در سال ۱۹۴۹ توسط سیمپسون ارائه شده است(Simpson, 1949)

$$D=1-\frac{\sum_{i=1}^{s} ni(ni-1)}{N(N-1)}$$

[ Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-04 ]

[ DOR: 20.1001.1.23223545.1398.13.1.5.6 ]

تعداد کل گونه=S

تعداد کل افراد=N

جمعیت هر گونه=ni

جمعیت کل گونه ها=Ni

۳- شاخص غنای مارگالوف (Gamito, 2010)

$M = (S - 1) / \ln N$

تعدادکل گونه=S

تعدادکل افراد=N

## داده پردازی آماری

به منظور بررسی توزیع نرمال داده های آماری در هر ایستگاه از آزمون Shapiro-wilk و رسم نمودار هیستوگرام استفاده شد.در صورت نرمال بودن داده‌ها و به منظور مقایسه آماری بین ایستگاه‌ها (S۱،S۲،S۳،S۴) و جهت تعیین سطوح اختلاف بین زیتوده ماکروبنتوزها، از آزمون آنالیز واریانس One-way analysis of variance (ANOVA) با اختلاف آماری در سطح ۵ درصد استفاده شد.میزان همبستگی و ضریب همبستگی بین زیتوده موجودات ماکروبنتوز و شاخص‌های بوم شناختی در نزدیک بستر دانه‌بندی وکل موادآلی بستر با استفاده از آزمون همبستگی Pearson correlation تعیین شد. تجزیه و تحلیل آماری اطلاعات، رسم نمودارها و اشکال با استفاده از نرم افزارهای Excel وSPSS تحت ویندوز استفاده گردید SPSS vers. 20 (for Windows SPSS,) Chicago, IL, USA).داده‌ها بصورت(میانگین±SE) بیان گردیدند.

## نتایج

نتایج حاصل از اندازه‌گیری دمای اکسیژن محلول، دمای و اسیدیته آب در کف ایستگاه‌های مورد نظر طی ماه‌های مورد بررسی نشان داد که حداقل میزان اکسیژن (۹/۰۳±۰/۲۵) ($mgl^{-1}$) درارديبهشت وحداکثرآن در بهمن‌ماه به مقدار (۹/۵۷ ±۰/۲۵) بود.در این پژوهش دامنه تغییرات دمای آب(۲۰/۹-۱۱/۱) درجه سانتی‌گراد در بهمن‌ماه و (۲۶/۹ -۲۴/۳) در طی اردیبهشت ماه اندازه‌گیری شد.دامنه تغییرات میزان شوری(۱۱/۳-۱۰/۱۱) و همچنین میزان اسیدیته آب در کل بررسیهای انجام شده بالای ۸ اندازه‌گیری شد که از نظر آماری اختلاف معنی‌داری را بین ایستگاه کنترل و سایر ایستگاه ها نشان نداد ($p>0.05$) (جدول ۱).

جدول ۱: دامنه تغییرات دمای آب، اکسیژن محلول، اسیدیته و شوری آب در قفس‌های مستقر درمنطقه نشتارود

| | درجه حرارت (درجه سانتی‌گراد) | | اکسیژن محلول ( میلی گرم/لیتر) | | اسیدیته | شوری (درهزار) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| زمان | سطح | عمق | سطح | عمق | سطح | عمق |
| دی | ۱۱/۵۳ ±۰/۳۵ | ۱۰/۳ ±۰/ ۱۵ | ۱۰/۰۸ ±۰/۱ | ۹/۵۷ ±۰/۲۵ | ۸/۲۰ ±۰/۱۰ | ۱۱/۶۷ ±۰/۳۵ |
| بهمن | ۱۲/۳۳ ±۰/۱۵ | ۱۰/۷ ±۰/۲۵ | ۱۰/۷۳ ±۰/۳۸ | ۱۰/۴ ±۰/۴۰ | ۸/۵۳ ±۰/۱۵ | ۱۲/۱۳ ±۰/۷۵ |
| اسفند | ۱۴/۴۷ ±۰/۳۸ | ۱۲/۷ ±۰/۳۰ | ۱۰/۴۳ ±۰/۳۲ | ۹/۴۳ ±۰/۵۴ | ۸/۵۷ ±۰/۱۵ | ۱۲/۲۰ ±۰/۳۵ |
| فروردین | ۱۷/۲۰ ±۰/۱ | ۱۶/۷ ±۰/۳۷ | ۱۰/۴ ±۰/۲۵ | ۱۰/۴۳ ±۰/۱۱ | ۸/۳۳ ±۰/۲۱ | ۱۲/۲۳ ±۰/۶۷ |
| اردیبهشت | ۲۴/۲۰ ±۰/۱ | ۲۳/۳ ±۰/۳۵ | ۹/۳۳ ±۰/۲۵ | ۹/۳ ±۰/۲۵ | ۸/۵۰ ±۰/۲۰ | ۱۲/۳۰ ±۰/۳۵ |

[ Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-04 ]

[ DOR: 20.1001.1.23223545.1398.13.1.5.6 ]

* مقادیر به صورت میانگین±SE بیان گردید.

نتایج حاصل از بررسی فاکتورهای شیمیایی آب نظیر نیتریت ،نیترات،فسفات، سختی کل و مواد جامد معلق نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دارآماری در بین ایستگاه‌های مورد بررسی بود (P>0.05) (جدول ۲).

جدول ۲: دامنه تغییرات نیتریت، نیترات، فسفات، مواد جامد معلق و سختی کل در داخل و خارج قفس‌های مستقر در منطقه نشتارود

| | نیتریت ($mgl^{-1}$) | | نیترات ($mgl^{-1}$) | | فسفات ($mgl^{-1}$) | | مواد جامد معلق ($mgl^{-1}$) | | سختی کل ($mgl^{-1}$) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| زمان | داخل قفس | خارج قفس | داخل قفس | خارج قفس | داخل قفس | خارج قفس | داخل قفس | خارج قفس | داخل قفس | خارج قفس |
| دی | ۰/۰۳±۰/۰۳ | ۰/۰۰۲±۰/۲۱ | ۰/۰۱±۰/۰۹ | ۰/۰۲±۰/۰۵۷ | ۰/۱۸±۰/۰۱ | ۰/۱۳±۰/ ۰۰۲ | ۳۸ /۲±۰/۱۲ | ۳۶/۲±۰/۱۷ | ۲۰۲۰±۵/۷ | ۲۰۰±۶/۰۳ |
| اسفند | ۰/۰۰۵±۰/۰۶ | ۰/۰۰۶±۰/۰۳ | ۰/۰۱±۰/۰۵ | ۰/۰۱±۰/۰۰۸ | ۰/۱۹±۰/۰۱ | ۰/۱۸±۰/۰۰۱ | ۳۸/۸±۰/۸۱ | ۲۳/۷±۰/۷ | ۲۲۵۰±۵/۹ | ۲۳۲۰±۴/۳ |
| اردیبهشت | ۰/۰۰۵±۰/۰۴ | ۰/۰۰۲±۰/۰۰۳ | ۰/۰۲±۰/۰۲ | ۰/۰۱±۰/ ۰۰۳ | ۰/۱۷±۰/۰۵ | ۰/۱۶±۰/۰۰۵ | ۵۷/۷±۰/۱۲ | ۳۷/۶±۰/۰۲ | ۲۴۰۷±۵/۳ | ۲۳۷۰±۵/۰۷ |

* مقادیر به صورت میانگین±SE بیان گردید.

مقدار کل زیتوده کفزیان در داخل قفس۸۲/۶۶ گرم در متر مربع و در خارج از قفس ۱۲۹/۲ گرم در متر مربع بود.کفزیان مشاهده شده در رسوبات داخل و خارج از قفس عبارت بودند از:

polychaeta worms (*Nereis diversicolor*)، Bivalvia Molluscas (*Abra ovata*, Cerastoderma lamarki , *Mytilaster lineatus* ، Crustacea Maxillopoda (*Balanus improvises*). بیشترین تنوع گونه‌ای در صدف‌های دوکفه ای(۳گونه) و کمترین آن در کرم‌های پرتار و سخت‌پوستان (هرکدام ۱ گونه) مشاهده گردید. نتایج بررسی‌ها نشان داد که با شروع دوره ترکیب‌گونه‌های بنتیکی در داخل قفس‌های پرورشی شامل ۴ گونه از سخت‌پوستان، صدف های دوکفه‌ای و در خارج از قفس فقط دو گونه از صدفهای دو کفه‌ای و کرم پرتار نرئیس مشاهده شد(جدول ۳).

جدول ۳: حضور و عدم حضور گونه‌های بنتیک در داخل و خارج از قفس های مستقر در منطقه نشتارود

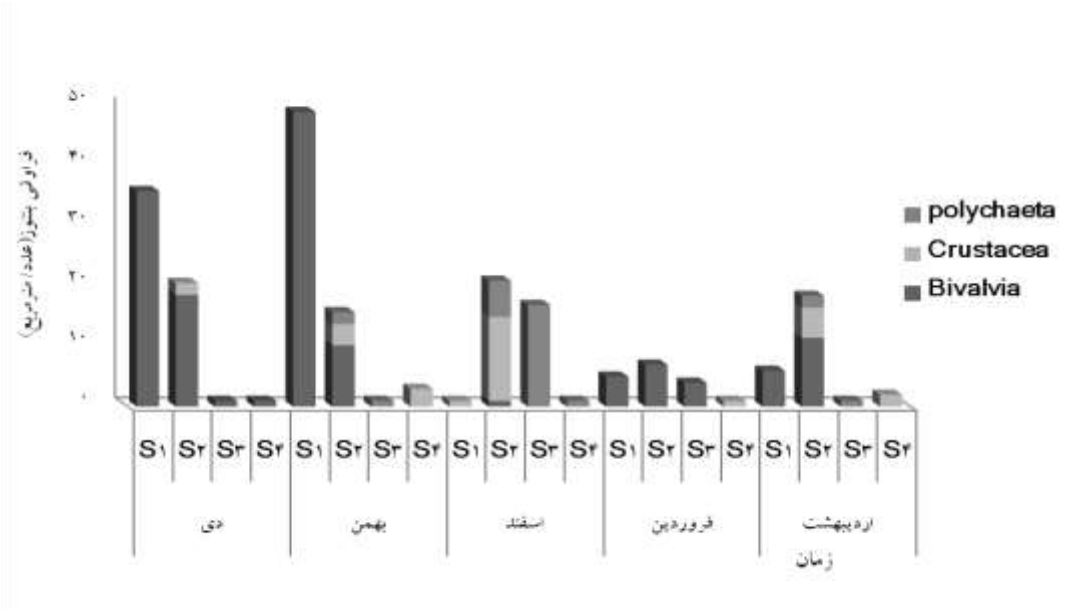
| ماکروبنتوزها( بر حسب گونه) | مکان نمونه برداری | | زمان نمونه برداری | |
|---|---|---|---|---|
| | داخل قفس | خارج از قفس | قبل از معرفی | انتهای دوره |
| *Abra ovata* | + | + | + | + |
| *Cerastoderma lamarki* | + | + | + | + |
| *Mytilaster lineatus* | + | – | + | – |
| *Nereis diversicolor* | + | + | – | + |
| *Balanus improvises* | + | – | + | – |

نتایج نشان داد که بیشترین تنوع کفزیان در زیر قفس در ایستگاه انتخاب شده در غرب و طی ماه‌های (بهمن، اسفند و فروردین) کمترین آن در فاصله های۱۵۰تا۳۰۰ متری شرق آن مشاهده شد.گونه غالب در این پژوهش صدف‌های دوکفه ای بودند با زیتوده ۴۹/۵ ٪ گرم در مترمربع که در ماه اسفند و خارج از

[ Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-04 ]

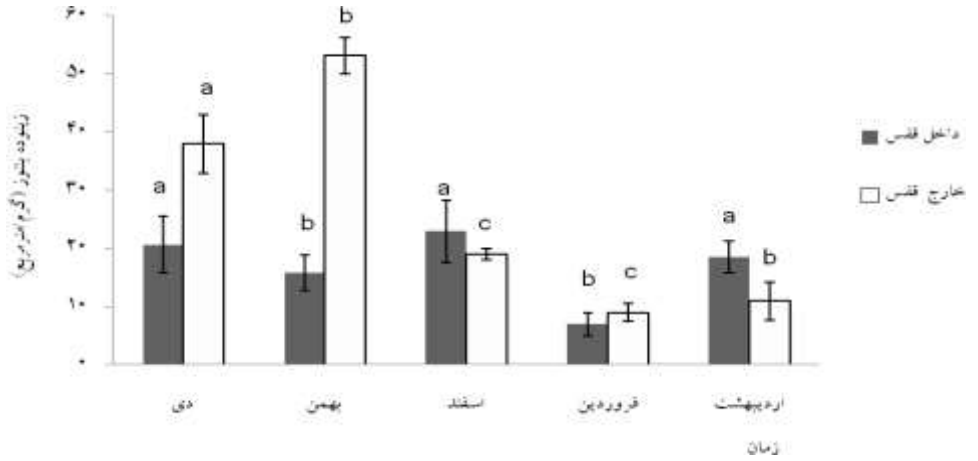
[ DOR: 20.1001.1.23223545.1398.13.1.5.6 ]

قفس مشاهده شد وکمترین آن از Crustacea Polychaeta درماه‌های (اسفند، فروردین و اردیبهشت) با زیتوده(۱گرم در متر مربع)و در شرق قفس‌های مستقر مشاهده شدند(شکل ۲).




شکل۲: مقایسه فراوانی بنتوز (عدد/ متر مربع) در رسوبات داخل و خارج قفس در ماههای مورد بررسی

نتایج حاصل ازبررسی‌ها اختلاف معنی‌داری آماری را در طی ماه‌های اسفند، فروردین و اردیبهشت نشان داد($P<0.05$)(شکل۳).




شکل۳: مقایسه زیتوده بنتوز (گرم/ متر مربع) در رسوبات داخل و خارج قفس در ماه‌های مورد بررسی
*حروف کوچک غیر هم نام در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار آماری در سطح ($P<0.05$) می‌باشد

نتایج حاصل از بررسی مواد آلی نشان داد که بیشترین مواد اندازه‌گیری شده در خارج از قفس و در فاصله ۱۵۰ متری غرب ایستگاه اول (داخل قفس)و به مقدار (۴۱/۴۹±۰/۳۶) وکمترین آن نیز در همین ایستگاه مشاهده گردید(۳/۰۱±۰/۵۱). نتایج بدست آمده حاکی از اختلاف معنی‌دار آماری بین ایستگاه‌های

[ Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-04 ]
[ DOR: 20.1001.1.23223545.1398.13.1.5.6 ]

در هـر مرحلـه از نمونـه بـرداری شـده بـود($P<0.05$) (جدول۴).

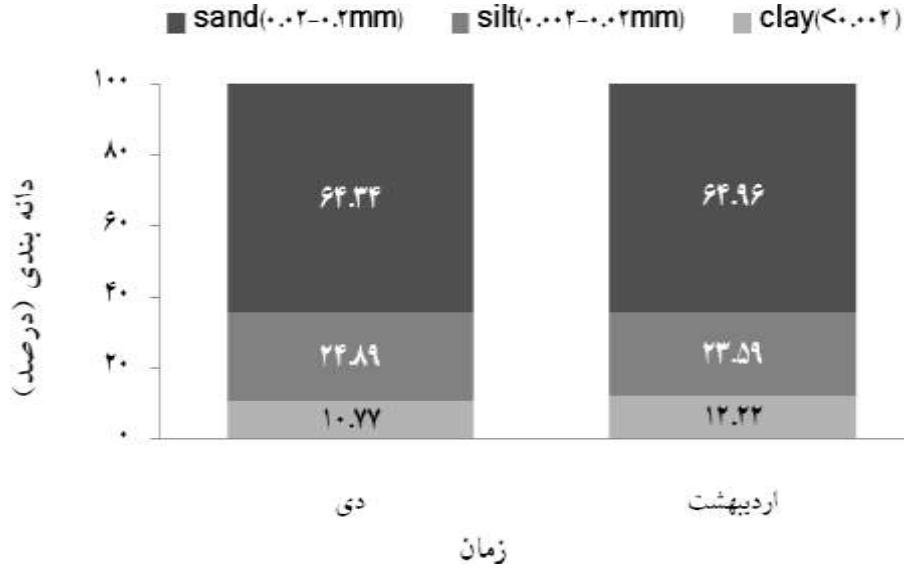
جدول ۴:تغییرات درصد مواد آلی دررسوبات داخل و خارج قفس در طی دوره بررسی

| | مکان نمونه برداری | | | |
|---|---|---|---|---|
| زمان | داخل قفس | | خارج از قفس | |
| دی | S۲ | S۴ | S ۳ | S۱ |
| بهمن | ۵/۴۷±۰/۱۲$^{b}$ | ۸/۲۱±۰/۶۸$^{a}$ | ۳۷/۲±۰/۵۱$^{c}$ | ۴/۵±۰/۰۸$^{c}$ |
| اسفند | ۲۱/۱±۵/۳۳$^{b}$ | ۳۶/۰±۱/۲۶$^{a}$ | ۳۱/۴±۱۹/۰۳$^{a}$ | ۳/۰۱±۰/۵۱$^{a}$ |
| فروردین | ۳۲/۱±۵۷/۹۲$^{a}$ | ۲۸/۷۴±۰/۰۶$^{b}$ | ۱۸/۱۱±۰/۷۳$^{c}$ | ۳۴/۵۱±۰/۷$^{a}$ |
| اردیبهشت | ۳۵/۹۲±۸/۲۱$^{b}$ | ۲۵/۱۴±۰/۸$^{c}$ | ۳۷/۴۱±۰/۲۳$^{b}$ | ۴۱/۴۹±۰/۳۶$^{a}$ |

*حروف کوچک غیر هم نام در هر ردیف نشان دهنده اختلاف معنی دار آماری در سطح ($P<0.05$)می‌باشد

*مقادیر به صورت میانگین±SE بیان گردید.

نتـایج حاصـل از بررسـی ترکیـب دانـه‌بنـدی در رسـوبات کـف شـامل Silt, Sand clay نشـان دادکـه بیشترین وکمترین ترکیب دانه بندی در بستر قفس‌هـای پرورشی به ترتیب بـه دانـه‌هـای شـنی(۶۴/۹۶٪) و رسـی (۱۰/۷۷٪) تعلق داشت (شکل ۴).

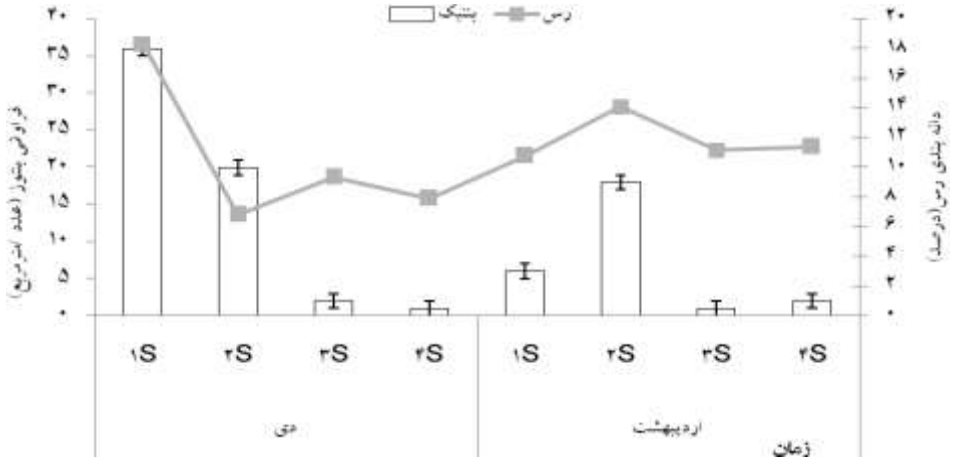



شکل۴: ترکیب دانه‌بندی در رسوبات قفس‌های پرورشی در منطقه نشتارود.

نتـایج بررسـی‌هـا نشـان داد اگرچـه مقـدار sand بیشـتر از، silt ،clay بـوده اسـت امـا خـتلاف معنـی‌دار آمـاری بـین آنهـا مشـاهده نگردیـد ($P>0.05$).مقایسـه میـزان فراوانـی تعـداد موجـودات کفـزی و دانـه‌بنـدی رسوبات نشان می‌دهد که با فـزایش میـزان درصـد رس در رسوبات زیتوده آن نیز افزایش پیدا کـرد(۵/ ۲۹عـدد در متر مربع) (شکل ۵).

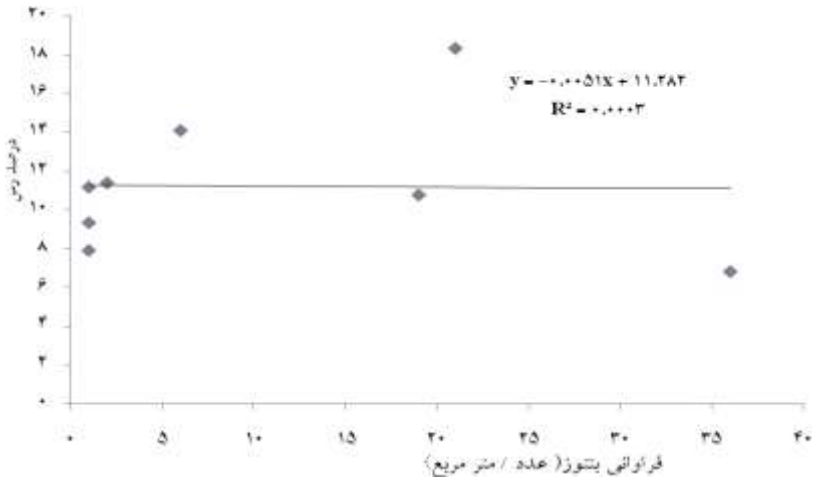
[ Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-04 ]

[ DOR: 20.1001.1.23223545.1398.13.1.5.6 ]




شکل ۵: ارتباط فراوانی موجودات بنتیک و درصد فراوانی رس در بستر قفس های مورد مطالعه در منطقه نشتارود

نتایج نشان دادکه رگرسیون خطی بین درصدClay موجود در رسوبات و فراوانی زیتوده هبستگی منفی و ضعیفی را نشان داد(p=0.966; r= -0.018) (شکل ۶).




شکل۶: ارتباط بین فراوانی ماکروبنتوزها و مقدار رس در رسوبات موجود در قفس‌های پرورشی

نتایج حاصل از بررسی با استفاده از شاخص‌های زیستی نشان داد که که بیشترین تنوع گونه‌ای در داخل قفس در دی ماه (۰/۶±۰/۷۳) و کمترین آن در ماه اسفند مشاهده شد (۰/۱۵±۰/۱۹).بیشترین غالبیت گونه-ای سیمپسون نیز در قبل از معرفی در فاصله ۳۰۰ متری (۰/۰۷±۰/۶۵) و کمترین آن نیز در همین‌ماه و در فاصله ۱۵۰ آن مشاهده شد(۰/۰۹±۰/۱۲). بیشترین شاخص غنای مارگالوف دراردیبهشت ماه به مقدار (۰/۰۸±۱/۹۸) در داخل قفس و کمترین آن در دی ماه و به مقدار (۰/۰۱±۱/۰۲) و در فاصله ۱۵۰متری شرق قفس‌های مستقر شده بود. نتایج بررسی‌ها اختلاف معنی‌داری را در شاخص‌های زیستی خارج و داخل قفس نشان نداد (P>0.05). (جدول ۵).

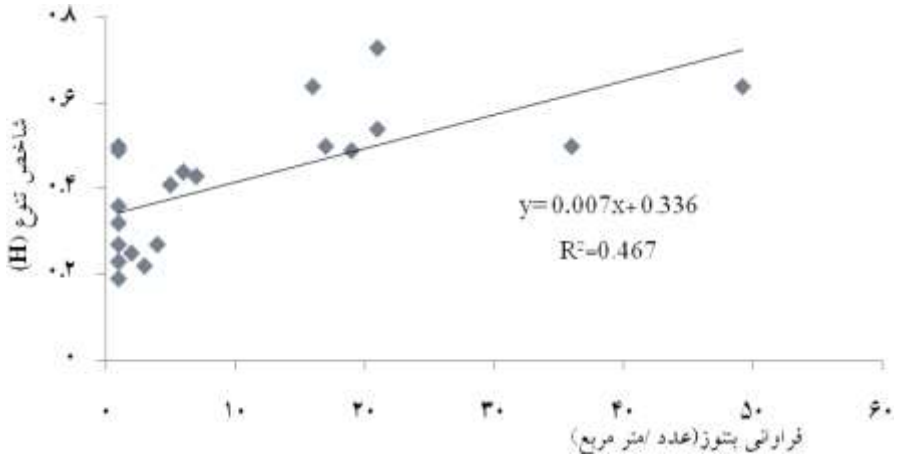
[ Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-04 ]
[ DOR: 20.1001.1.23223545.1398.13.1.5.6 ]

جدول۵:نتایج میانگین شاخص‌های بوم‌شناختی در ایستگاههای مختلف

| زمان | شاخص | ایستگاههای نمونه برداری S۲ | S۴ | S ۳ | S۱ |
|---|---|---|---|---|---|
| | شانون | ۰/۵± ۰ /۱۱ | ۰/۳۶±۰/۰۳ | ۰/۳۲±۰/۰۱۳ | ۰/۷۳±۰/۶ |
| دی | سیمپسون | ۰/۳۸±۰/۰۴ | ۰/۱۲±۰/۰۹ | ۰/۶۵±۰/۰۷ | ۰/۳۹±۰/۰۴ |
| | مارگالوف | ۱/۱۴±۰/۲۹ | ۱/۰۲±۰/۰۱ | ۱/۳۶±۰/۸۱ | ۱/۹۵±۰/۱۵ |
| | شانون | ۰/۶۴±۰/۱۱ | ۰/۲۷±۰/۰۹ | ۰/۲۲±۰/۰۷ | ۰/۶۴±۰/۰۲ |
| بهمن | سیمپسون | ۰/۵۲±۰/۱۸ | ۰/۱۴±۰/۱۱ | ۰/۳۲±۰/۱۲ | ۰/۳۸±۰/۰۱ |
| | مارگالوف | ۱/۲۹±۰/۱۶ | ۱/۶۵±۰/۱۴ | ۱/۰۵±۰/۱۵ | ۱/۳۴±۰/۱۹ |
| | شانون | ۰/۲۳±۰/۰۷ | ۰/۵±۰/۱۳ | ۰/۱۹±۰/۱۵ | ۰/۵۴±۰/۰۶ |
| اسفند | سیمپسون | ۰/۳۲±۰/۱۱ | ۰/۴۲±۰/۱ | ۰/۳۳±۰/۱۷ | ۰/۳۵±۰/۲۴ |
| | مارگالوف | ۱/۶۳±۰/۲۶ | ۱/۸۲±۰/۲۵ | ۱/۰۶±۰/۱۱ | ۱/۴۱±۰/۰۴ |
| | شانون | ۰/۴۱±۰/۶۱ | ۰/۲۷±۰/۳۵ | ۰/۰۵±/۸۱ | ۰/۴۳±۰/۹۱ |
| فروردین | سیمپسون | ۰/۵۳±۰/۰۳ | ۰/۱۸±۰/۳۴ | ۰/۴۲±۰/۲۳ | ۰/۴۹±۰/۳۳ |
| | مارگالوف | ۱/۵۸±۰/۰۶ | ۱/۳۵±۰/۲ | ۱/۹۶±۰/۳۴ | ۱/۳۵±۰/۵۴ |
| | شانون | ۰/۴۴±۰/۳۶ | ۰/۴۹±۰/۲۶ | ۰/۲۵±۰/۰۹ | ۰/۴۹±۰/۳۳ |
| اردیبهشت | سیمپسون | ۰/۵۲±۰/۶۹ | ۰/۲۴±۰/۴ | ۰/۱۴±۰/۲۳ | ۰/۵±۰/۰۹ |
| | مارگالوف | ۱/۳±۰/۸ | ۱/۷۸±۰/۸ | ۱/۰۸±۰/۷۳ | ۱/۹۸±۰/۰۸ |

*مقادیر به صورت میانگین±SE بیان گردید

بر اساس ضریب همبستگی پیرسون(Pearson Correlation) همبستگی مثبتی بین شاخص تنوع شانون و زیتوده کفزیان در مراحل مختلف نمونه برداری مشاهده گردید ($r^2$=0.467) اما این همبستگی در شاخص های زیستی مارگالوف و سیمپسون موجودات بنتیک منفی بود(شکل۷).




شکل۷: ارتباط بین شاخص تنوع وزیتوده کفزیان در قفس های مستقر در منطقه نشتارود

[ Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-04 ]

[ DOR: 20.1001.1.23223545.1398.13.1.5.6 ]

## بحث

در این مطالعه با توجه به موقعیت جغرافیایی دریای خزر،وسعت، عمق جریانات غالب اختلاف معنی‌دار آماری بین فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی آب در داخل و خارج قفس های پرورشی مشاهده نشد. Zaker و همکاران (۲۰۱۱) در تحقیق مشابه‌ای گزارش دادند که در فصول سرد سال بعد از شکست لایه حرارتی در اعماق بالای ۲۰ متر پایداری مناسبی از نظر دمایی ایجاد می‌گردد و بیان داشت که طبقه‌بندی عمودی آب بر اساس شوری در دریای خزر بسیار ضعیف می باشد و بر این اساس اختلاط بین ستون آبی به خوبی صورت می‌گیرد همچنین عامل اصلی اختلاط و عدم اختلاط عمودی آب دریای خزر را گرادیان دمای آب دانستند. مطالعات انجام یافته توسط Tomassettiو همکاران (۲۰۱۶) نشان داد که طی عملیات غذادهی در قفس‌های پرورشی مواد زائد محلول نظیر نیتروژن و فسفر در منابع آبی باقی مانده و ذرات آلی جامد در رسوبات ته نشین می‌شوند و بیشتر ذرات جامد رها سازی شده شامل کربن آلی می‌باشند که مستقیما سبب افزایش میزان مصرف اکسیژن محلول شده و زمانی که تقاضا برای اکسیژن بیشتر از مقدار موجود باشد، رسوبات وضعیت بی‌هوازی پیدا می‌کنند و در درجه حرارت‌های پایین انتشار مواد مغذی و تجمع آن در رسوبات در طی مدت طولانی‌تری انجام می شود. در این تحقیق بنظر می‌رسد یکی از دلایل عدم اختلاف معنی‌دار بودن شرایط ویژه دریای خزر باشدکه بدلیل پایین بودن درجه‌حرارت آب و بالا بودن اکسیژن محلول در سطح لایه‌های رسوبی توانسته پایداری مناسب حرارتی و اسیدیته را در محیط پرورش ایجاد کرده و باعث سازگاری ماهیان نسبت به محیط شان شده باشد و آن باعث گردیده‌است که مواد مغذی فرصت تجمع را پیدا نکنند. در این مطالعه درصد فراوانی زیتوده کفزیان و تنوع مورد بررسی قرارگرفت و نتایج نشان داد که این تنوع در ایستگاه‌های مختلف کم بوده است. درتحقیقات مشابه انجام یافته توسط Forchino و همکاران (۲۰۱۱)، و Mirto و همکاران (۲۰۱۲) مشاهده گردید که تعداد، تنوع و فراوانی موجودات کفزی در زیر قفس با اجتماع آنها در فاصله ها و ایستگاه‌های دست نخورده متفاوت می باشد و تنوع کم جانوران کفزی را بدلیل عدم ثبات بستر و شرایط فیزیکی و شیمیایی ناشی از تغییرات جوی و ایجاد جریانهای متلاطم داخلی آب دانستند که آن عوامل باعث بهم خوردن رسوبات بستر می‌گردد. نتایج مطالعات پژند و همکاران (۱۳۹۰) در قفس‌های مستقر در دریای‌خزر نشان داد که که فراوانی ماکروبنتوزها تحت تأثیر عواملی نظیر بافت بستر، عوامل فیزیکی وشیمیایی و حضور و عدم حضور آلودگی در منطقه می‌باشد. در تحقیق دیگری که در قفس‌های مستقر در دریای آدریاتیک انجام یافت، روند این تغییرات را با مدیریت غذادهی روزانه ماهیان(اتوماتیک و یا دستی)، مساحت قفس‌های مستقر شده، نوع غذا (بر حسب مقدا پروتئین موجود در غذاهای فرموله شده) میزان ورودی رسوبات به دریا و کاهش اثرات ورودی رودخانه‌ها به دریا، اندازه و نوع دانه‌بندی رسوبات، کاهش فراوانی فیتوپلانکتونها، عمق و جریان آب مرتبط دانسته‌اند ( Forchino et *al.*, 2011;Tomassetti *et al.*, 2016). دراین پژوهش تفاوت معنی‌داری آماری در بین دانه‌بندی رسوبات مشاهده نگردید اما همبستگی مثبتی بین زیتوده و میزان رس موجود در رسوبات در ابتدای دوره مشاهده شد.

[ Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-04 ]
[ DOR: 20.1001.1.23223545.1398.13.1.5.6 ]

بررسی‌های انجام شده توسط Brigolin و همکاران (۲۰۱۶) نشان داد که درشتی وریزی دانه های تشکیل دهنده رسوبات یکی ازعواملی است که دربررسی نحوه گسترش وتجمع بنتوزها مهم است و همواره بین تنفس جوامع کفزی و اندازه ذرات ارتباط مستقیمی وجود دارد به‌طوریکه با پر شدن آب در منافذ موجود در بین ذرات خاک و رسوبات محیط مناسبی برای تجمع کفزیان فراهم می‌شود و آنها می‌توانند در رسوبات فضای بیشتری را ایجاد نمایند.همچنین برخی از محققان اظهار داشتند که موادآلی موجود در رسوبات متشکل از ذرات ریز و یا موجودات زنده میکروسکوپی می‌باشند و به عنوان منبع غذایی موجودات بنتیک محسوب می‌شوند( Teixeira *et al.*, 2010; Kristensen *et al.*, 2012; Trichkova *et al.*, 2013). نتایج بررسی‌های انجام شده در این پژوهش تفاوت معنی‌دار آماری را در مواد آلی و افزایش آن در فاصله ۱۵۰ متری غرب قفس‌های نصب شده نشان داد. بررسی که توسط Martinez و همکاران (۲۰۱۵) انجام گرفت نشان داد که اختلاف معنی‌داری در عملکرد ماکروبنتوزها و غنی‌شدن موادآلی در مناطق با جریان‌های دریایی شدید وجود دارد به طوریکه سرعت رسوب مواد آلی در زیر قفس‌ها ۵۰۰ برابر شده و مدفوع و غذای زائد در رسوبات زیر قفس‌های دریایی انباشته می شود و آن افزایش میزان مواد آلی و مغذی (کربن, نیتروزن و فسفر) در زیر و نزدیک قفس را فراهم نماید و آن باعث می شود که تراکم گونه‌های فرصت‌طلب افزایش پیدا نمایند. یافته‌های حاصل از این پژوهش نیز نشان داد که بعلت شرایط مناسب اکسیژن در کف و در توده آب و نامناسب بودن بستر برای ساکن‌شدن کرم‌های پرتار صدف‌های دوکفه‌ای سهم مهمی را در افزایش تراکم و توده زنده کفزیان داشتند و توانستند جایگزین کرم‌های پرتار شوند. مطالعات Beni Naderi و همکاران (۲۰۱۳) نشان دادکه جریانهای محلی آب دریای‌خزر می‌تواند یکی از عواملی باشد که با حرکت خود در جهت عقربه‌های ساعت این انباشتگی را سبب می گردد.

در این مطالعه همبستگی مثبتی بین تنوع شانون با زیتوده موجودات بنتیک مشاهده شد به‌طوریکه با افزایش مواد آلی در اواسط دوره پرورش تنوع وغالبیت برخی از گونه‌ها افزایش نسبی را نشان داد. Forchino وهمکاران (۲۰۱۱)گزارش دادند که در قفس‌های مستقر در دریای مدیترانه، سواحل یونان و ایتالیا با افزایش فاصله ۲۵ متری از قفس های پرورشی اثرات منفی آن کاهش یافته و وضعیت اکولوژیکی خوبی در آنها ایجاد گردید. همچنین نتایج مطالعات انجام شده توسط Ghasemi و همکاران (۲۰۱۶) وTavoli و همکاران (۲۰۱۶) درعمق ۵ متری خلیج گرگان و در اعماق ۲۰ متری سواحل منطقه چالوس نشان داد که تنوع، غالبیت گونه‌ها و شرایط اکولوژیک در مناطق مورد مطالعه متوسط بوده است. مطالعات Borja و همکاران (۲۰۱۲) نشان داد که پایین بودن فراوانی برخی از گونه‌های بنتیکی نظیرآمفی‌پودا (Amphipods) دراعماق بالای ۳۰ متر شرق دریای مدیترانه بدلیل افزایش عمق،اکسیژن محلول،دما،دانه بندی رسوبات بستر بوده است که آن اثر منفی رادر شاخص‌های زیستی ایجاد کرده است. در تحقیق حاضر تنوع بسیار پایین گونه‌های فرصت طلب از راسته کرم-های پرتار، دانه‌بندی درشت موجود دررسوبات منطقه و جریان‌های غالب منطقه‌ای عواملی بودند که سبب گردید که شاخص‌های زیستی کاهش یابند و گونه‌های

[ Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-04 ]

[ DOR: 20.1001.1.23223545.1398.13.1.5.6 ]

درشت بنتیکی نظیر صدف‌ها و سخت پوستان در آن ایستگاه‌ها غالبیت داشته باشند که مطالعات انجام شده با نتایج بدست آمده از این پژوهش مطابقت دارد.

جهت درک بهتر از وضعیت اکولوژیکی بستر قفس‌های پرورشی و پایش مستمر در محیط‌زیست کفزیان لازم است عوامل محیطی نظیر رسوب‌گذاری، جریانهای منطقه‌ای، اثرگذاری ماهیان وحشی و عوامل انسانی نیز مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته شود.

## سپاسگزاری

در اینجا بر خود لازم می‌دانیم که از زحمات کارشناسان محترم بخش اکولوژی موسسه تحقیقات بین المللی تاسماهیان دریای خزر و تمام کسانی که ما را در انجام این پژوهش یاری نمودند سپاسگزاری نماییم.

## منابع

۱. پژند، ذ.، مهدی نژاد، ک.، صادقی راد، م.، رمضانپور، ز.، حدادی مقدم، ک.، چوبیان، ف.، و فرزانه، ا.، ۱۳۹۰. بررسی فاکتورهای زیستی و غیرزیستی پرورش فیل ماهی در قفس در دریای خزر، انتشارات موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، ۶۵ص.

۲. پورعلی،م.ر.، یزدانی، م.ع.، پیکران مانا، ن.، حسنی، م.، محسنی، م.، نظامی، ا. ۱۳۹۱. بیوتکنیک پرورش ماهیان خاویاری در آب شیرین و لب شور، مجله دنیای آبزیان،۱(۲)، ۳۰-۲۱.

۳. هاشمیان، ع.، سلیمانی رودی، ع.، سالاروند، غ.، الیاسی، ف.، نظران، ۴.م.، دشتی،ع.، نورانی، ا.، اسلامی، ف.، غلامی، م.، کاردر رستمی، م.، شعبانی، خ.، ۱۳۹۰. بررسی تنوع، پراکنش و فراوانی زیتوده ماکروبنتوزها درحوزه جنوبی دریای خزر، انتشارات پژوهشکده اکولوژی دریای خزر، ۶۰ ص.

۴. دهقان مدیسه،س.، ۱۳۸۶.شناسایی مناطق حساس و تحت اثر در خوریات ماهشهر با استفاده از شاخص های اکولوژیک وبیولوژیک، رساله دکترای تخصصی در رشته بیولوژی دریا، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر،۱۴۴صفحه.

۵.دوست شناس،ب.، ۱۳۸۷.طبقه بندی اکوسیستم ساحلی خورموسی با استفاده ازشاخص بیوتوپ بسترونظام‌های امتیازدهی به منظورتعیین سلامت زیستی در سامانه GIS، رساله دکترای تخصصی دررشته بیولوژی دریا، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر،۱۶۵صفحه.

6. ASTM, 1990. Manual for conducting an interlaboratory study of a test method. Philadelphia. USA. 330P.
7. Borja, A., Rodriguez, J.G., Black, K., Bodoy, A., 2009.Assessing the suitability of a range of benthic indices inthe evaluation of environmental impact of fin and shellfish aquaculture located in sites across Europe. Aquaculture, 293,231–240.
8. Borja, J.A., Dauer, D.M.,Grémare, A., 2012.The importance of setting targets and reference conditions in assessing marine ecosystem quality. Ecological Indicators, 12(1), 1–7.
9. Brigolin, D., Pranovi,F., Kholeif,S., Abdelsalam,K., Pastres,R., 2016.Interactions of cage aquaculture in Nile Delta lakes: Insights from field data and models. Marine Science, 7,129–135.
10. Château,P.A., Huang, Y.C.A., Chen,C.A.,Chang,Y.C., 2015.Integrated assessment of sustainable marine cage culture throughsystem dynamics modeling.Ecological Modeling, 299,140–146.
11. Cubillo, A.M., Ferreira, J.G., Robinson, S.M.C., Pearce, C.M., Corner, R.A., Johansen, J., 2016. Role of deposit feeders

[ Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-04 ]
[ DOR: 20.1001.1.23223545.1398.13.1.5.6 ]

in integrated multi-trophic aquaculture - A model analysis. Aquaculture, 453, 54–66.

12. Carrolla, S., Cochrane, R., Fieler, R., Velvin, P., White, S., 2003. Organic enrichment of sediments from salmon farming in Norway: environmental factors, management practices, and monitoring techniques. Aquaculture, 226 (1-4), 165-180.
13. Forchino, A., Borja, A., Brambilla, F.,Rodrigues,J.G., Muxika,I., Terova, G., Saroglia, M.,2011. Evaluating the influence of off-shore cage aquaculture on the benthic ecosystemin Alghero Bay (Sardinia, Italy) using AMBI and M-AMBI. Ecological Indicators, 11, 1112–1122.
14. Fodelianaki,S., Papageorgiou, N., Karakassis, I., Ladoukakis, E.D., 2014. Community structure changes in sediment bacterial communities along an organic enrichment gradient associated with fish farming. Annals of Microbiology, 65(1), 331-338.
15. FAO, 2014. National Aquaculture Sector Overview Maps Collection.Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, Italia, pp.230.
16. Giles, H., Broekhuizen, N., Bryan, K.R.,Pilditch, C.A., 2015. Modeling the dispersal of bio deposits from mussel farms: the importance of simulating bio deposit erosion and decay. Aquaculture, 291(3), 168–178.
17. Gamito, S., 2010. Caution is needed when applying Margalef diversity index. Ecological Indicators, 10(2), 550–551.
18. Ghasemi, A.F, Taheri, M., Foshtomi, M., Yazdani,M, Noranian, M., Sahab, M., Gam, A., 2016.Gorgan Bay: a microcosm for study on macro benthos species environment relationships in the southeastern Caspian Sea. Oenological Acta, 35(4), 82–88.
19. Karakassis, I.,Panagiotis, D., Dimitrioua, P.D.,Apageorgioua, E.S., Apostolakib,E.T., Lampadarioub, N., Blackc, K.D., 2013.Methodological considerations on the coastal and transitional benthic indicators proposed for the Water Framework Directive. Ecological Indicators, 29, 26–33.
20. Keeley, N., Forrest, B., Crawford, C., Macleod, C., 2012. Exploiting salmon farm benthic enrichment gradients to evaluate the regional performance of biotic indices and environmental indicators. Ecological Indicators, 23,453–466.
21. Kristensen, E., Lopes, G., Delefosse, M., Valdemarsen, T.,Quintana, C.O., Banta, G.T., 2012. What is bioturbation? Theneed for a precise definition for fauna in aquatic sciences.Marine Ecology Progress Series Journal, 446,285–302.
22. Keeley, N.B., Macleod, C.K., Hopkins, G.A., Forrest, B.M., 2014. Spatial and temporal dynamics inmacro benthos during recovery from salmon farm induced organic enrichment: when is recovery complete? Marine Pollution Bulletin, 80), 250–262.
23. Leonardsson, K., Blomqvist, M., Rosenberg, R., 2009. Theoretical and practical aspects on benthic quality assessment according to the EU-Water Framework Directive examples from Swedish waters. Marine Pollution Bulletin. 58(9), pp, 1286–1296.
24. Mirto, S., Gristina, M., Sinopoli, M., Maricchiolo, G., Genovese, L., Vizzini, S., Mazzola, A., 2012. Meiofauna as an indicator for assessing the impact of fish farming at an exposed marine site. Ecological Indicators, 18,468–476.
25. Martinez, E., Sundstein,P.,Sanchez, P.,Sa´nchez, L.L., SanzL., 2015. Effect of sediment grain size and bioturbation on decomposition of organic matter from aquaculture. Biogeochemistry, 125(1), 33–148.
26. Neofitou, N., Klaoudatos, S., 2008. Effect of fish farming on the water column nutrient concentration in a semi-enclosed gulf of the Eastern Mediterranean. Aquaculture Research, 39(5), 482–490.
27. Naderi Beni, A., Lahijani, H., Mousavi Harami, R., Arpe, K., 2013. Caspian Sea-level changes during the last millennium: historical and geological evidence from the

[ Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-04 ]

[ DOR: 20.1001.1.23223545.1398.13.1.5.6 ]

South Caspian Sea, Climatology Past, 9, 1645–1665.
28. Pulatsü,P., Kaya,D., 2016. Estimation of local environmental condition and holding density in rainbow trout cage culture (Karaova Dam Lake, Turkey). Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 33(4), 313-320.
29. Rosenberg, R., Blomqvist, M., Nilsson, C.H., Cederwall, H., Dimming, A., 2004. Marine quality assessment by use of benthic species-abundance distributions: a proposed new protocol within the European Union Water Framework Directive.Marine Pollution Bulletin, 49, 728–739.
30. Simpson, E.H., 1949. Measurement of diversity. Nature, pp.352.
31. Strickland, J.D.H., Parsons, T.R., 1972. Practical Handbook of Seawater Analysis. Journal of shellfish research, 18(1), 1-11
32. Tomassetti, P., Persia, E., Marcatali, I., Vani, D., Marusso, V., Porrello, S., 2009. Effects maricultural on microbenthic assemblages in a western Mediterranean site. Marine Pollution Bulletin, 7, pp.1–11.
33. Teixeira, C.M., Carvalho, G.J., Silva, C.A., Andrade, M.J., Pereira, J.M., 2010. Release of macronutrients from straw of single millet pea and intercropped with bean under cultivation. Brazilian Society for Soil Science, 10, 497–*505*
34. Trichkova, T., Tyufekchieva, V., Kenderov, L., Vidinova, Y., Botev, I., Kozuharov, Z., Uzunov, Y., Stoichev,S. Cheshmedjiev, S., 2013. Benthic macroinvertebrate diversity in relation to environmental parameters, and ecological potential of reservoirs, Danube River Basin, North-West Bulgaria. Acta ZoologicaBulgarica, 65(3), 337-348.
35. Tomassetti,P.,Gennaro,P., Lattanzi,L.,Mercatali, I.,Persia,E.,Vani,D., Porrello,S., 2016. Benthic community response to sediment organic enrichment by Mediterranean fish farms: Case studies. Aquaculture, 450,262–272.
36. Tavoli, M., Seyfabadi,J., Nejatkhah, P., 2016. Ecological and Biological Study of Macrobenthic Communities in Chalus Shore of the Caspian Sea. Oceanography, 7(26), 43-54.
37. Zaker, N. H., Ghaffari, P., Jamshidi, S., Nouranian, M., 2011. Currents on the Southern Continental Shelf of the Caspian Sea off Babolsar, Mazandaran, Iran .Journal of Coastal Research, 50, 564 – 569.

[ Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-04 ]
[ DOR: 20.1001.1.23223545.1398.13.1.5.6 ]