مجله بوم شناسی آبزیان

Journal homepage: http://jae.hormozgan.ac.ir

بررسی اثرات قفس‌های پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) بر ماکروبنتوزهای سد گلستان یک

صفربی‌بی کم[1*]، حمید علاف نویریان[1]، جاوید ایمان‌پورنمین[1]، کوروش امینی[2]

[1]گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی صومعه سرا، دانشگاه گیلان

[2] مرکز تحقیقات ذخایر آبزیان آب‌های داخلی، گرگان

نوع مقاله:
پژوهشی

تاریخچه مقاله:
دریافت: ۹۶/۱۰/۰۵
اصلاح: ۹۷/۱۱/۱۲
پذیرش: ۹۸/۰۹/۱۶

کلمات کلیدی:
زی‌توده
سد گلستان
قزل‌آلا
ماکروبنتوز

چکیده

در این مطالعه اثرات پرورش ماهی قزل‌آلای‌رنگین‌کمان بر روی پراکنش، تراکم و زی‌توده ماکروبنتیک و درصد مواد آلی، میزان نیترات و فسفات بستر در سد گلستان یک، مورد بررسی قرار گرفت. نمونه‌برداری به صورت ماهیانه و در چهار ایستگاه شامل محل استقرار قفس، ۵۰ متر بعد از قفس، ۱۵۰ متر و نهایتاً یک کیلومتر بعد از قفس با استفاده از گرب با سطح ۰/۰۲۲۵ مترمربع انجام گرفت که در مجموع چهار گونه از موجودات ماکروبنتیک شناسایی شدند. نتایج نشان داد که در دوره پرورش در قفس، تراکم و زی-توده ماکروبنتوزها در ایستگاه قفس به طور معنی‌داری بیشتر از ایستگاه شاهد بود ($p<۰/۰۵$). در دوره بعد از پرورش، اختلاف معنی‌داری در میزان تراکم و زی‌توده در ایستگاه قفس و شاهد مشاهده نشد ($p>۰/۰۵$). بیشترین درصد مواد آلی، میزان نیترات و فسفات بستر، مربوط به ایستگاه قفس در زمستان به دست آمد که به طور معنی‌داری بیشتر از ایستگاه شاهد بود ($p<۰/۰۵$). به عنوان نتیجه‌گیری کلی می‌توان گفت که در زمان پرورش ماهی در قفس، میزان تراکم و زی‌توده ماکروبنتوز، درصد مواد آلی، نیترات و فسفات در ایستگاه قفس به طور معنی‌داری ($p<۰/۰۵$) بیشتر از سایر ایستگاه‌ها بود که مربوط به فعالیت پرورش ماهی در قفس است.

مقدمــه

روند افزایش جمعیت جهان و از طرفی بهبود کیفی زندگی، تقاضا برای مواد غذایی پروتئینی را به تدریج افزایش داده است. به طوری‌که، تأمین این تقاضا تنها با تولید دام پوشش داده نمی‌شود و از آنجایی که تولید آبزیان نیز در آب‌های طبیعی در سراسر دنیا کاهش یافته است؛ آبزی‌پروری به سرعت رو به گسترش است (Brander, 2007).

تکنیک‌های جدید پرورشی و پرورش گونه‌های جدید منجر به افزایش تولید محصولات آبزی‌پروری جهان به بیش از ۷۰ میلیون تن در سال ۲۰۱۳ شده است (FAO, 2015). در میان این تکنیک‌ها، پرورش در قفس در سراسر جهان گسترش یافته است. قدمت پرورش در قفس به اوایل قرن دهم بر می‌گردد، زمانی که صیادان چینی لارو ماهی را در قفس‌های ساخته شده از چوب بامبو رشد دادند (Beveridge, 1996). پرورش در قفس مخصوصاً در بدنه‌های آبی با شرایط نامناسب تورکشی برای

* نویسنده مسئول، پست الکترونیک: Saeedeh_kam@yahoo.com

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-23]

صیادی ظرفیت بالایی دارد. این بدنه‌های آبی شامل دریاچه‌ها، سدهای بزرگ، استخرهای پرورشی[1]، رودخانه‌ها، مصب‌ها و سدهای کوچک می‌باشند. پرورش در قفس مزیت‌هایی از جمله مدیریت آسان، هزینه پائین برداشت و نظارت نزدیک بر رشد ماهی را در مقایسه با پرورش استخری ماهیان دارد. با این حال، نگرانی‌های فراوانی درباره اثرات زیست‌محیطی پرورش در قفس به‌ویژه بر کیفیت آب و موجودات زنده در بدنه‌های آبی کوچک مانند سدها و استخرهای ماهی وجود دارد (Degefu *et al*., 2011). مهم‌ترین اثر پرورش ماهی در قفس بر محیط‌زیست، تجمع مواد مغذی و مواد آلی در آب و رسوبات است. ضایعات تولید شده از پرورش در قفس به مقدار زیادی شامل مواد زائد جامد (غذای خورده نشده، مدفوع، فلس ماهی و موکوس) و مواد زائد محلول (فسفر و نیتروژن محلول) می‌باشند (Cornel and Whoriskey, 1993). چنین فعالیتی غلظت فسفر و نیتروژن در ستون آب را افزایش داده و منجر به یوتریفیکاسیون سیستم می‌شود (Diaz *et al*., 2001; Figueredo and Gian, 2005).

علاوه بر افزایش غلظت مواد مغذی ناشی از ضایعات پرورش که مستقیماً به آب رها می‌گردد، تغییرات در زنجیره غذایی و تعادل اجتماعات آبزی، ورود گونه غیربومی، کاهش تنوع زیستی و گسترش بیماری نیز وجود دارد (Borges *et al*., 2010). شاخص‌های زیستی[2] موجودات زنده‌ای هستند که به منظور بررسی وضعیت اکولوژیکی آب مورد استفاده قرار می‌گیرند (Maleri, 2011). مجموعه فیتوپلانکتون و زئوپلانکتون برای فاز پلاژیک و همچنین موجودات بنتیک برای ارزیابی رسوبات کاربرد دارد (Conti, 2008). پرورش در قفس متناسب با گونه پرورشی، تراکم ذخیره‌سازی، نوع غذا، هیدروگرافی منطقه و مدیریت پرورش ماهی درجات مختلفی از اثرات منفی را بر محیط وارد می‌کند. اگرچه مواد غذایی مصرف نشده و مواد مدفوعی تجمع یافته در کف می‌توانند تولیدات میکروبی را تحریک کرده و باعث کاهش اکسیژن می‌شوند که تأثیر منفی بر اجتماعات بنتیک دارد، اما این اثرات نامطلوب محیطی تنها محدود به بستر زیر قفس نیست و عواملی مانند باد، امواج و جریانات بستر باعث می‌شوند که گستره بزرگ‌تری در مجاورت قفس تحت تأثیر فعالیت‌های پرورشی قرار گیرند (Bascinar *et al*., 2014; Kalantzi and Karakassis, 2006). در ایران، پرورش ماهی در قفس به صورت تخصصی و با ظرفیت بالا انجام نگرفته است؛ اما پرورش به صورت موردی و کوتاه‌مدت و آزمایشی در اکثر آب‌های داخلی، حوضه جنوبی دریای خزر و همچنین در خلیج فارس و دریای عمان صورت گرفته و هم اکنون نیز مشغول به فعالیت است (Shakouri, 2003). هدف از این مطالعه بررسی اثرات پرورش قزل‌آلای رنگین‌کمان بر پراکنش، تراکم و زی‌توده ماکروبنتوز و مواد آلی، نیترات و فسفات رسوبات به ویژه در محل استقرار پرورش ماهی در قفس، در سد گلستان یک می‌باشد.

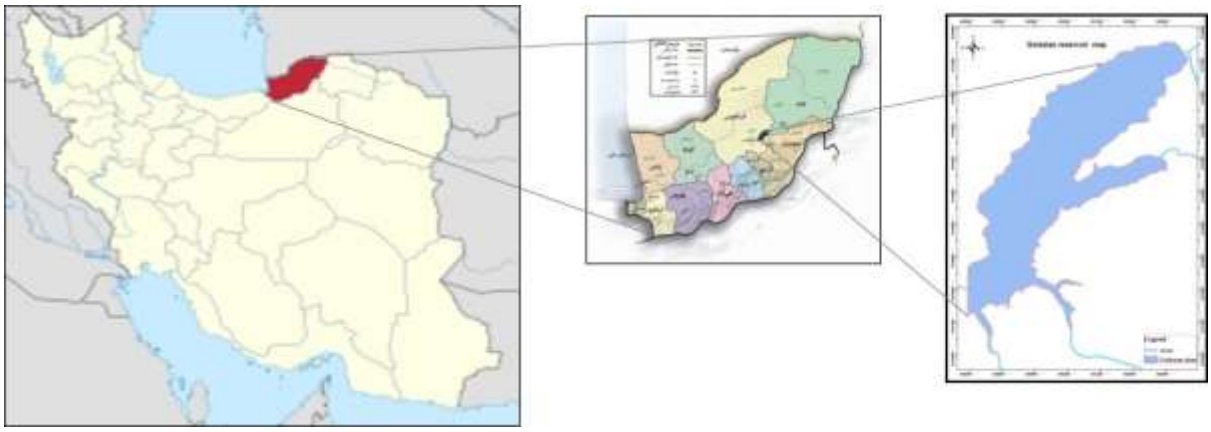
مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

حوضه آبریز سد گلستان با مساحت حدود ۵۰۰۰ کیلومترمربع بین عرض‌های ′۵۷ °۳۶ تا ′۴۶ °۳۷ شمالی و طول‌های°۵۵ ′ ۱۳ تا ′۲۸ °۵۵ شرقی واقع شده است. آبریز سد گلستان از سه حوضه بزرگ مادرسو (دوغ)، حاجی‌قوشان و اوغان تشکیل شده که رودخانه اصلی آن‌ها وارد سد گلستان می‌شود. سد گلستان در ۱۳ کیلومتری شرق شهرستان گنبد قرار دارد و در سال ۱۳۷۹ افتتاح شده است. حجم مخزن سد گلستان ۸۶ میلیون مترمکعب و مساحت آن ۱۵۰۰ هکتار است. نوع کاربری آن شامل کشاورزی، صنعت، پرورش ماهی، کنترل سیلاب می‌باشد (شکل ۱). در سال ۱۳۹۰، پرورش در قفس ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در سد گلستان آغاز به کار کرد. بر اساس آمار موجود، در سال ۱۳۹۵، ۴۰ قفس، با اندازه ۳× ۷×۷ (عمق ۳ متر) و اندازه چشمه تور ۰/۸ تا ۱/۶ میلی‌متر مورد استفاده قرار گرفته است. در هر قفس ۱۰۰۰ عدد ماهی با بیوماس ۴۰۰ کیلوگرم (وزن اولیه ورودی ماهی به قفس۴۰۰ گرم)، به صورت پرورش از اول آذر تا انتهای اسفند و با دو تا سه مرتبه غذادهی در روز و ضریب تبدیل غذایی ۱/۲ که غذادهی به صورت دستی صورت گرفته است. نرخ بقا ۹۵ درصد بود و در انتهای دوره پرورش ۹۰۰ کیلوگرم از هر قفس برداشت شد.

[1] Farm ponds
[1]Bioindicators

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-23]



شکل ۱. موقعیت سد گلستان یک

نمونه‌برداری از ماکروبنتوز

نمونه‌برداری از ماکروبنتور و مواد آلی، نیترات و فسفات رسوبات بستر سد گلستان به صورت ماهیانه در ایستگاه‌های مطالعاتی به مدت یک سال از مهرماه ۱۳۹۵شروع و تا مهر ماه ۱۳۹۶ ادامه داشت. به این منظور چهار ایستگاه شامل ایستگاه اول در محل استقرار قفس‌های پرورش ماهی، ایستگاه دوم در فاصله ۵۰ متری از ایستگاه اول، ایستگاه سوم در فاصله ۱۵۰ متری ایستگاه اول و ایستگاه چهارم به عنوان ایستگاه شاهد در فاصله ۱۰۰۰ متری ایستگاه اول در نظر گرفته شد. علت انتخاب این ایستگاه‌ها نشان دادن تغییرات پارامترهای اندازه‌گیری شده با فاصله گرفتن از قفس بود. این ایستگاه‌ها موازی با ساحل می‌باشد. جهت باد غالب در سد گلستان یک از سمت جنوب غربی، سرعت باد ۲/۷ متر در ثانیه و نوع رسوب لومی- رسی است. نمونه‌برداری از بستر ایستگاه‌های انتخابی به وسیله ون وین گرب (Van Veen Grab) انجام گرفت. در هر ایستگاه جهت مطالعه ماکروبنتوز سه مرتبه و برای بررسی درصد مواد آلی، نیترات و فسفات یک بار نمونه‌برداری انجام شد. نمونه‌های ماکروبنتوز به طور جداگانه با آب دریاچه شستشو و از الک با قطر چشمه ۵۰۰ میکرون عبور داده شدند (Muniz and Pires, 2000). سپس محتویات باقیمانده روی الک جمع‌آوری و در ظروف پلاستیکی با فرمالین ۴درصد تثبیت گردید. مقداری از رسوبات نمونه‌برداری چهارم جهت بررسی مواد آلی، نیترات و فسفات به آزمایشگاه انتقال داده شد (Wetzel and Likens, 1991). قبل از انجام آنالیزها، نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت روی ورقه‌های پلاستیکی، در هوای آزاد در سایه قرار داده شد تا کاملاً خشک شوند، پس از خشک شدن کاملاً رسوبات را نرم کرده سپس از روی الک دو میلی‌متری عبور داده شد (Weaver, 1982) و نمونه جمع‌آوری شده برای انجام آنالیزهای بعدی به آزمایشگاه خاک‌شناسی منتقل شد. در آزمایشگاه مرکز تحقیقات ذخایر آبزیان آب‌های داخلی گرگان، نمونه‌ها پس از جداسازی از درون زوائد، با استفاده از لوپ آزمایشگاهی و کلید شناسایی معتبر بررسی، شناسایی و شمارش شدند (Edmonson, 1959; Needham, 1976; Quigley, 1986). دریاچه سد گلستان یک، جزو دریاچه‌های آب شیرین است و میانگین سالانه دما، اکسیژن محلول و pH آن به ترتیب ۱۷/۴۰ درجه سانتی‌گراد، ۷/۷۸ میلی‌گرم در لیتر و ۷/۲۷ بود.

تعیین تراکم و زی‌توده بنتوزها

میزان تراکم و زی‌توده ماکروبنتوزها در ماه‌ها و ایستگاه‌های نمونه‌برداری، برای هر یک از گروه‌های شناسایی شده محاسبه گردید. در آزمایشگاه، نمونه‌های هر گروه جداسازی و شمارش شده، سپس روی کاغذ صافی خشک شده و با ترازوی دیجیتال ۰/۰۰۱ گرم توزین شد. تراکم بنتوزها بر حسب تعداد و بیوماس بر حسب وزن تر در واحد گرب محاسبه و به یک مترمربع تعمیم داده شد (APHA, 2003; Pennak, 1953).

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-23]

اندازه‌گیری کل مواد آلی (Total Organic Matter)**، نیترات و فسفات**

اندازه‌گیری نیترات و فسفات در رسوبات سد گلستان یک، از طریق اسپکتروفتومتری و بر اساس روش‌های استاندارد موجود انجام شد (Jacson, 1973). علت اندازه‌گیری این دو پارامتر این است که نشان داده شود پرورش ماهی در قفس، تغییراتی را در میزان مواد مغذی بستر ایجاد می‌کند. مواد آلی در زمان‌های مختلف در آب ورودی سد گلستان یکسان بوده و منطقه مورد بررسی تغییراتی در میزان مواد آلی نداشته است. برای اندازه‌گیری درصد کل مواد آلی، مقداری از رسوب هر ایستگاه در سه تکرار در کروزه چینی ریخته شده و به مدت ۲۴ ساعت در آون تحت دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. کروزه‌های محتوی رسوب بعد از سرد شدن در دسیکاتور به وسیله ترازوی دیجیتال توزین گردید. سپس نمونه‌ها به مدت چهار ساعت در کوره الکتریکی تحت دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفته و پس از سرد شدن دوباره وزن آن‌ها اندازه‌گیری شد (Holme and Mcintyre, 1984). درصد TOM با استفاده از رابطه زیر تعیین شد:

فرمول (۱) $TOM\% = (B-C/B-A)*100$

A: وزن بوته چینی خالی B: وزن بوته چینی با رسوب بعد از خشک شدن در آون

C: وزن بوته چینی با رسوب بعد از سوخت در کوره

شاخص تنوع شانون- وینر

در این شاخص اطلاعات مربوط به تعداد گونه‌های متعلق به یک جمعیت و فراوانی نسبی آن‌ها با هم در محاسبه لحاظ می‌شود و در حقیقت تخمینی از ترکیب یک جمعیت است.

فرمول (۲) $$H' = -\sum P_i Ln\, P_i$$

P_i: فراوانی نسبی گونه iام

H': شاخص تنوع شانون- وینر

محاسبات و تحلیل داده‌ها

تحلیل و توصیف داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS 16 انجام شد. نخست با استفاده از آزمون کولموگراف - اسمیرنوف (Kolmogorov-Smirnov) داده‌های مربوط به تراکم و زی‌توده ماکروبنتوزها و درصد مواد آلی، نیترات و فسفات در طول دوره نمونه‌برداری مورد آزمون نرمال قرار گرفت. در این مطالعه اثر متقابل فصل و ایستگاه با استفاده از آنالیز واریانس دوطرفه مورد بررسی قرار گرفت و اثر متقابل بین آن‌ها غیرمعنی‌دار بود. در نتیجه جهت تعیین سطوح اختلاف بین تراکم و زی‌توده ماکروبنتوزها، درصد مواد آلی، نیترات و فسفات در فصول و ایستگاه‌های مختلف از آنالیز واریانس یک‌طرفه و در صورت وجود اختلاف معنی‌دار از آزمون توکی جهت دسته‌بندی داده‌ها استفاده گردید. از آزمون پیرسون در نرم‌افزار SPSS جهت یافتن میزان همبستگی بین تراکم ماکروبنتوزها با کل مواد آلی بستر استفاده شد. برای تعیین شاخص تنوع شانون در ماکروبنتوزها از نرم‌افزار Ecological Methodology 16 استفاده شد.

نتایـج

پس از شناسایی و شمارش نمونه‌های مختلف ماکروبنتوزی، در مجموع چهار گونه مربوط به سه رده ماکروبنتوزی شناسایی شد که در جدول ۱ ارائه شده است. از این میان یک گونه مربوط به حشرات، دو گونه مربوط به گروه کم‌تاران و یک گونه نیز مربوط به پرتاران بوده است. جدول ۲ پراکنش گونه‌های مختلف از ماکروبنتوز در ایستگاه‌ها و فصول مختلف در سد گلستان یک، طی سال‌های ۹۶-۱۳۹۵ را نشان می‌دهد. بررسی حضور گونه‌ها در فصول و ایستگاه‌های مختلف نشان داد که گونه *Chironomus* sp. و *Tubifex* sp. در تمام ایستگاه‌ها و فصول حضور داشت.

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-23]

جدول ۱. گونه‌های مختلف شناسایی شده از ماکروبنتوز در سد گلستان یک در طی سال‌های ۹۶-۱۳۹۵

گونه	خانواده	رده	شاخه
Chironomus sp.	Chironomidae	Diptera	Arthroppoda
Tubifex sp.	Tubificidae	Oligocheata	Annelida
Naidium sp.	Naididae	Oligocheata	Annelida
Nereis sp.	Nereididae	Polycheata	Annelida

جدول ۲. پراکنش گونه‌های مختلف از ماکروبنتوزها در ایستگاه‌ها و فصول مختلف در سد گلستان یک طی سال‌های ۹۶-۱۳۹۵.

نام گونه	بهار				تابستان				پائیز				زمستان			
	ایستگاه															
	۱	۲	۳	۴	۱	۲	۳	۴	۱	۲	۳	۴	۱	۲	۳	۴
Chironomus sp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Tubifex sp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Naidium sp.	+	+	+	+	+	−	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Nereis sp.	+	+	+	+	−	−	−	−	+	−	+	+	+	+	−	+

تراکم و زی‌توده ماکروبنتوزها

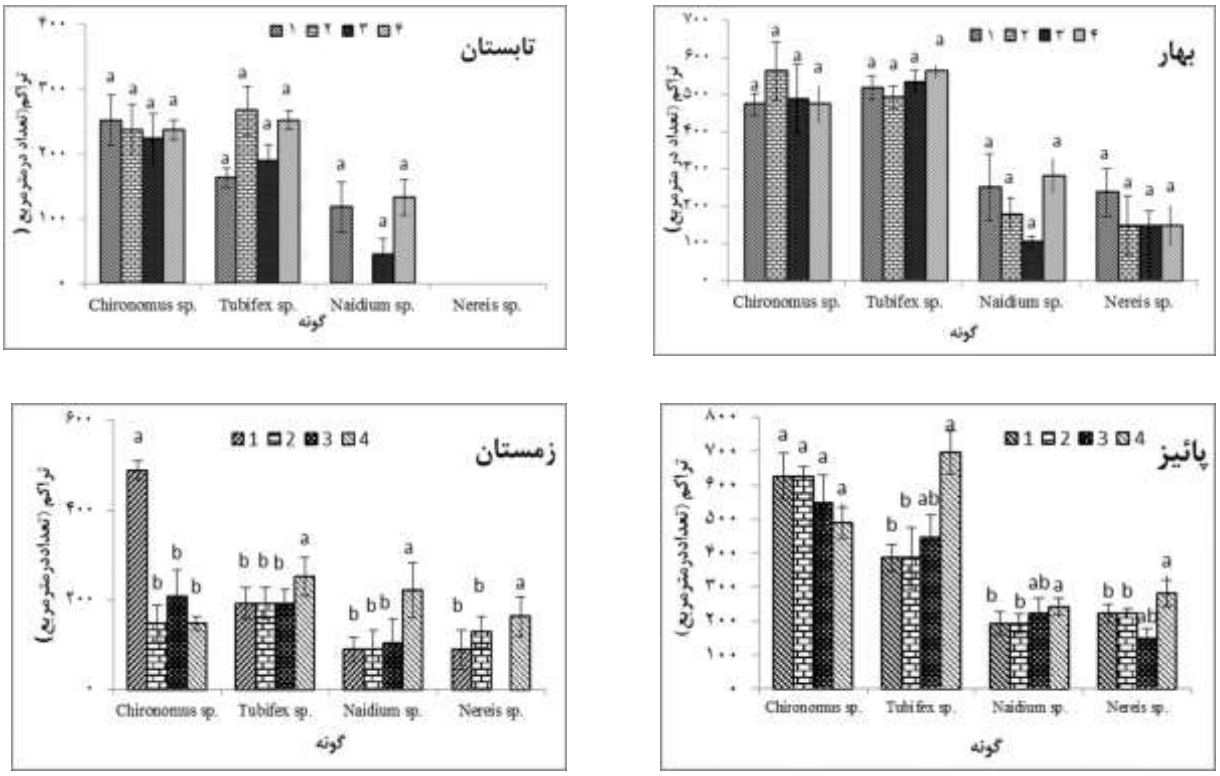
جدول ۳ میانگین تراکم (تعداد در مترمربع) و زی‌توده (گرم در مترمربع) موجودات ماکروبنتوز در ایستگاه‌های مختلف سد گلستان یک، در سال ۹۶- ۱۳۹۵را نشان می‌دهد. وضعیت موجودات بنتیکی در ایستگاه‌های مختلف نشان داد که بیشترین و کمترین تراکم به ترتیب در ایستگاه ۴ با متوسط ۳۶۶/۷۹ ±۴۰۷۴/۱ عدد در مترمربع و ایستگاه ۳ با میانگین ۳۰۶۶/۷۰±۱۵۶/۰۸ عدد در مترمربع به دست آمد. بیشترین و کمترین میانگین زی‌توده نیز به ترتیب در ایستگاه ۱ با متوسط ۷/۸۶ ±۹۴/۱۲ گرم در مترمربع و در ایستگاه ۲ با میانگین ۴/۷۹±۷۴/۶۸ گرم در مترمربع بوده است (جدول ۳). در کل دوره نمونه‌برداری اختلاف معنی‌داری در میزان تراکم و زی‌توده ماکروبنتوزها میان ایستگاه‌های مورد بررسی وجود نداشت. بررسی تراکم و زی‌توده گونه‌ها در فصول مختلف نشان داد که از فصل بهار تا زمستان میزان تراکم و زی‌توده کاهش یافت و بیشترین تراکم در فصل پائیز با ۶۹۶/۳ عدد در مترمربع در ایستگاه شاهد که مربوط به گونه .*Tubifix* sp بود و بیشترین زی‌توده متعلق به گونه .*Chironomus* sp با ۱۹/۳۹گرم در مترمربع که در فصل پائیز در ایستگاه زیر قفس به دست آمد و کمترین تراکم و زی‌توده ماکروبنتوزها در فصل زمستان مشاهده گردید. در فصل زمستان، کمترین تراکم و زی‌توده به ترتیب در ایستگاه ۲

جدول ۳. میانگین تراکم و زی‌توده موجودات ماکروبنتوز در ایستگاه‌های مختلف سد گلستان یک در سال ۹۶-۱۳۹۵.

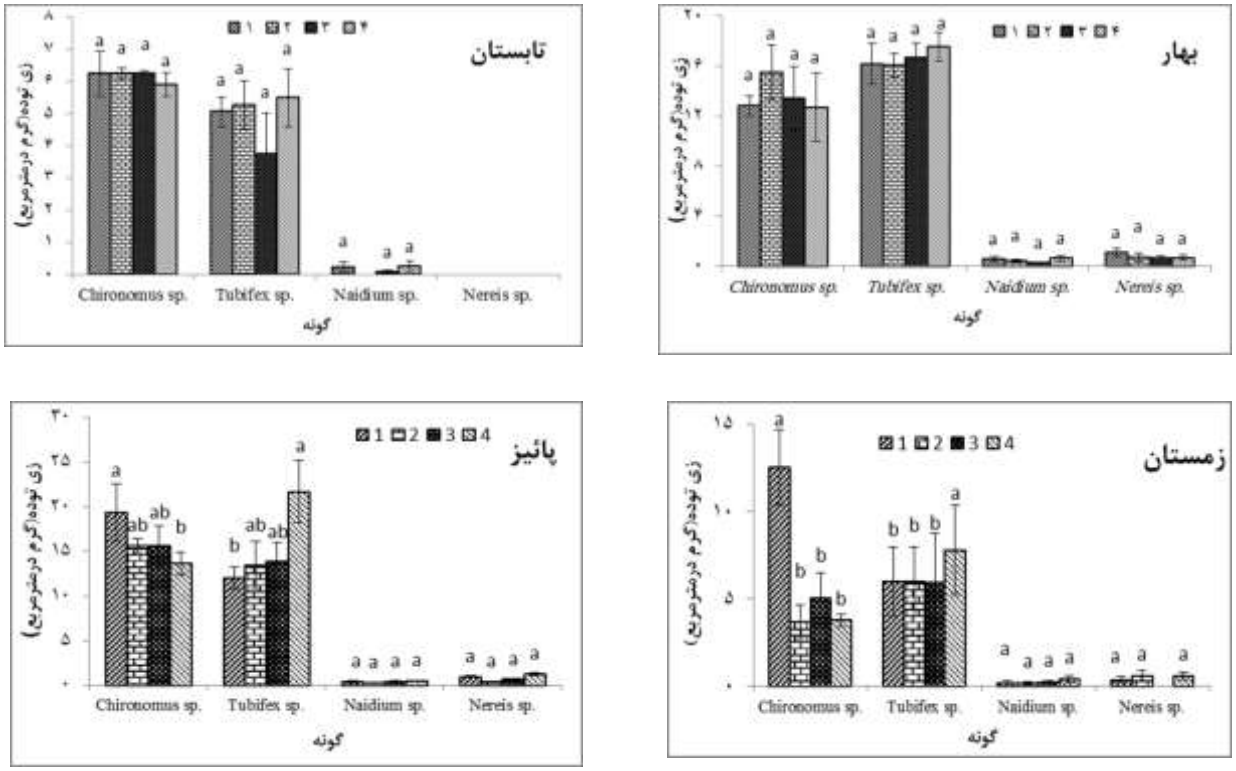
ایستگاه	میانگین تراکم (تعداد در مترمربع)	میانگین زی‌توده (گرم در مترمربع)
۱	۴۰۴۸/۱۰±۳۱۴/۰۲[a]	۹۴/۱۲±۷/۸۶[a]
۲	۳۲۰۰/۰۰±۲۶۰/۴۲ [a]	۷۴/۶۸±۴/۷۹[a]
۳	۳۰۶۶/۷۰±۱۵۶/۰۸ [a]	۸۳/۰۷±۹/۲۲[a]
۴	۴۰۷۴/۱۰±۳۶۶/ ۷۹ [a]	۹۳/۱۷±۷/۵۰[a]

ستون با حروف مشابه بدون اختلاف معنی‌دار هستند (P>۰/۰۵). توجه: ایستگاه ۱(محل استقرار قفس)، ایستگاه ۲(۵۰ متری قفس)، ایستگاه ۳ (۱۵۰ متری از قفس) و ایستگاه ۴ (۱کیلومتری بعد از قفس= ایستگاه شاهد).

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-23]



شکل ۲. تراکم گونه‌های مختلف ماکروبنتوز در فصول و ایستگاه‌های مختلف سد گلستان یک طی سال‌های ۹۶-۱۳۹۵.



شکل ۳. زی‌توده گونه‌های مختلف ماکروبنتوز در فصول و ایستگاه‌های مختلف در سد گلستان یک در طی سال‌های ۹۶-۱۳۹۵.

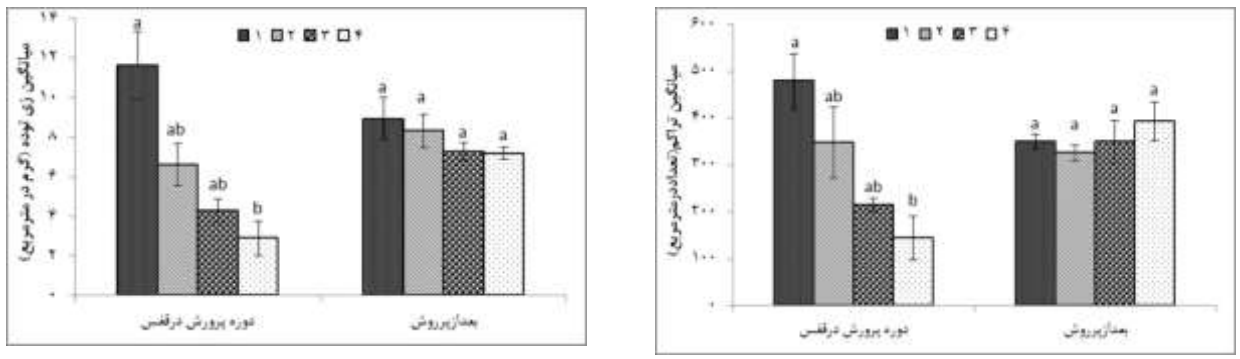
[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-23]

مربوط به .*Naidium* sp با متوسط ۴۴/۴۴ عدد در مترمربع و در ایستگاه ۲ با میانگین ۰/۱۸ گرم در مترمربع در گونه .*Naidium* sp مشاهده شد (شکل۲ و ۳). تراکم و زی‌توده .*chironomus* sp در دوره پرورش قزل‌آلا در قفس (زمستان) در ایستگاه ۱ در مقایسه با ایستگاه شاهد (یک کیلومتری بعد از قفس) به طور معنی‌داری ($p< ۰/۰۵$) بالاتر بود و نشان‌دهنده تحت تأثیر قرار گرفتن این گونه از فعالیت پرورش در قفس بود. در این مطالعه در دوره پرورش در قفس، میزان تراکم و زی‌توده .*Tubifex* sp در محل استقرار قفس به طور معنی‌داری ($p< ۰/۰۵$) کمتر از ایستگاه شاهد بود. در دوره پرورش در قفس میزان تراکم گونه‌های .*Naidium* sp و .*Nereis* sp در ایستگاه شاهد به طور معنی‌داری ($p< ۰/۰۵$) بیشتر از محل استقرار در قفس بود، در این دوره زی‌توده گونه‌های ذکر شده اختلاف معنی‌داری بین ایستگاه شاهد و قفس مشاهده نشد ($p>۰/۰۵$). ولی زی‌توده در ایستگاه شاهد بیشتر از ایستگاه قفس بود.

میانگین تراکم (تعداد در مترمربع) و میانگین زی‌توده (گرم در مترمربع) در ایستگاه‌های مختلف در دوره پرورش ماهی قزل آلای‌رنگین‌کمان در قفس و بعد از دوره پرورش در قفس در شکل ۴ نشان داده شده است. اختلاف معنی‌دار ($P<۰/۰۵$) بین میانگین تراکم و زی‌توده ماکروبنتوزها در ایستگاه قفس و ایستگاه شاهد در دوره پرورش ماهی در قفس مشاهده شد؛ در حالی که در دوره بعد از پرورش ماهی در قفس میانگین تراکم و زی‌توده ماکروبنتوزها در ایستگاه قفس و شاهد، اختلاف معنی‌داری نداشت ($P>۰/۰۵$). در دوره پرورش، میانگین تراکم و زی‌توده در ایستگاه قفس به ترتیب ۴۷۸/۷±۵۹/۴۹ عدد در مترمربع و ۱۱/۶۲±۱/۷۱ گرم در مترمربع بود. در این دوره میانگین تراکم و زی‌توده در ایستگاه شاهد به ترتیب ۱۴۴/۴۴±۴۶/۲۵ عدد در مترمربع و ۲/۸۹±۰/۸۷ گرم در مترمربع بود. در دوره بعد از پرورش نیز میانگین تراکم و زی‌توده در ایستگاه قفس ۳۵۰±۱۶/۹۷ عدد در مترمربع و ۸/۹۳±۱/۰۶ گرم در مترمربع و در ایستگاه شاهد به ترتیب ۴۱/۲۴ ±۳۹۲/۵۹ عدد در مترمربع و ۰/۳۲ ±۷/۱۹ گرم در مترمربع مشاهده شد.

درصد مواد آلی، نیترات و فسفات

بررسی وضعیت درصد کل مواد آلی بستر در فصول مختلف نشان داد که کمترین و بیشترین درصد به ترتیب مربوط به فصل تابستان و زمستان بود (جدول ۴). نتایج نشان داد که در زمستان بیشترین درصد مواد آلی بستر مربوط به ایستگاه ۱ و کمترین آن در ایستگاه شاهد بود. همچنین بررسی وضعیت نیترات و فسفات بستر در فصول مختلف نشان داد که کمترین و بیشترین میزان به ترتیب مربوط به فصل تابستان و زمستان بود. به طوری که در فصل زمستان بیشترین میزان نیترات و فسفات بستر مربوط به ایستگاه ۱ و کمترین آن در ایستگاه شاهد بود. در فصل‌های پائیز و زمستان درصد مواد آلی، میزان نیترات و فسفات بستر سد گلستان یک، در ایستگاه ۱ نسبت به ایستگاه شاهد اختلاف معنی‌داری نشان داد ($P<۰/۰۵$) و بین این پارامترها در فصول بهار و تابستان بین ایستگاه ۱ و شاهد اختلاف معنی‌داری وجود نداشت ($P>۰/۰۵$).



شکل ۴. میانگین تراکم (تعداد در مترمربع) و زی‌توده (گرم در مترمربع) ماکروبنتوزهای سد گلستان یک در ایستگاه‌های مختلف در طی پرورش ماهی در قفس و بعد از پرورش در سال۹۶-۱۳۹۵.

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-23]

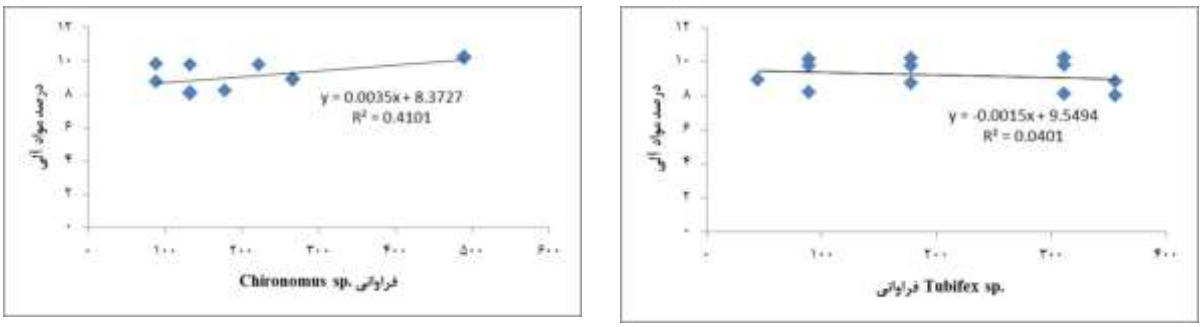
جدول ۴. درصد کل مواد آلی، نیترات و فسفات بستر در فصول و ایستگاه‌های مختلف نمونه‌برداری در سد گلستان یک طی سال‌های ۹۶-۱۳۹۵.

فصل/پارامتر	ایستگاه	درصد مواد آلی (±SE)	نیترات (میلی‌گرم در لیتر) (±SE)	فسفات (میلی‌گرم در لیتر) (±SE)
بهار	۱	۶/۵۵±۰/۰۷۶ a	۶/۴۳±۰/۰۲۳ a	۰/۵۲±۰/۰۰۸ a
	۲	۶/۶۲±۰/۰۳۳ a	۶/۴۳±۰/۰۱۷ a	۰/۵۱±۰/۰۱۴ a
	۳	۶/۵۴±۰/۰۷۷ a	۶/۴۲±۰/۰۱۳ a	۰/۴۹±۰/۰۱۸ a
	۴	۶/۵۲±۰/۰۳۰ a	۶/۴۲±۰/۰۱۲ a	۰/۵۱±۰/۰۲ a
تابستان	۱	۵/۴۲±۰/۰۱۲ a	۶/۳۳±۰/۰۰۵ a	۰/۵۰±۰/۰۳۰ a
	۲	۵/۴۱±۰/۰۱۸ a	۶/۳۳±۰/۰۰۳ a	۰/۵۰±۰/۰۲۶ a
	۳	۵/۴۱±۰/۰۱۲ a	۶/۳۲±۰/۰۰۵ a	۰/۴۹±۰/۰۲۰ a
	۴	۵/۴۱±۰/۰۱۳ a	۶/۳۲±۰/۰۰۳ a	۰/۵۰±۰/۰۱۴ a
پائیز	۱	۶/۰۹±۰/۰۵۹a	۶/۶۶±۰/۰۳۲ a	۰/۶۴±۰/۰۲۳a
	۲	۵/۸۶±۰/۰۴۹b	۶/۶۴±۰/۰۱۵ab	۰/۶۱±۰/۰۱۸ab
	۳	۵/۷۵±۰/۰۳۰b	۶/۵۹±۰/۰۱۷ab	۰/۶۱±۰/۰۱۴ab
	۴	۵/۵۵±۰/۰۱۳c	۶/۵۵±۰/۰۲۳ b	۰/۵۶±۰/۰۰۶b
زمستان	۱	۱۰/۲۱±۰/۰۵۹a	۷/۲۴±۰/۰۸۸ a	۰/۹۵±۰/۰۲۶a
	۲	۹/۷۹±۰/۰۴۵b	۶/۹۶±۰/۰۴۲ b	۰/۹±۰/۰۱۱a
	۳	۸/۸۴±۰/ ۰۳۸c	۶/۸۲±۰/ ۰۳۸b	۰/۸۵±۰/۰۶۱a
	۴	۸/۱۱±۰/۰۱۵ d	۶/۵۳±۰/۰۲۴c	۰/۶۶±۰/۰۳۳b

ستون با حروف متفاوت دارای اختلاف معنی‌دار هستند (P<۰/۰۵).

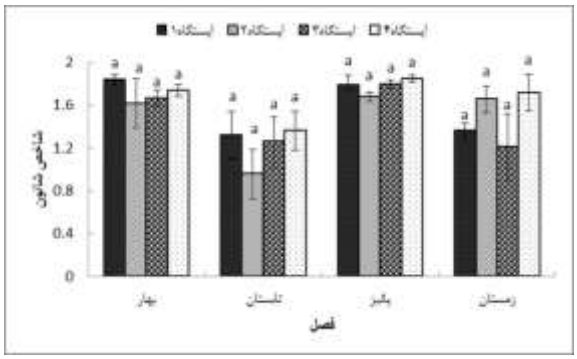
آزمون همبستگی خطی تراکم ماکروبنتوزها با مواد آلی برای گونه‌های *Chironumus* sp. و *Tubifex* sp. در فصل زمستان انجام شد (شکل ۵). رگرسیون خطی بین میزان مواد آلی و فراوانی کل *Tubifex* sp. نشان می‌دهد که یک همبستگی منفی و ضعیف بین فراوانی کل این گونه و میزان مواد آلی وجود دارد و برای *Chironumus* sp. در زمستان همبستگی مثبت و معنی‌دار با مواد آلی بستر به دست آمد.

بررسی شاخص تنوع شانون نشان داد که پائیز بیشترین تنوع و تابستان کمترین تنوع گونه‌ای را داشت (شکل ۶). بررسی تنوع گونه‌ها در ایستگاه‌ها و فصول مختلف با تحلیل واریانس یک‌طرفه بررسی شد که نتیجه آن عدم وجود تفاوت معنی‌دار در ایستگاه‌ها مورد بررسی در فصول بهار، تابستان و پائیز و زمستان بود (P>۰/۰۵). شاخص تنوع شانون در پائیز با تابستان و زمستان دارای تفاوت معنی‌داری (P<۰/۰۵) بود. همچنین از پائیز تا بهار تفاوت معنی‌داری از نظر تنوع گونه‌ای مشاهده نشد (P >۰/۰۵).



شکل ۵. همبستگی بین میزان مواد آلی و فراوانی در فصل زمستان گونه *Tubifex* sp. و *Chironomus* sp.

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-23]



شکل ۶. شاخص تنوع شانون ماکروبنتوزها در فصول و ایستگاه‌های مختلف سد گلستان یک در طی سال‌های ۹۶-۱۳۹۵.

بحث

اثرات زیست‌محیطی فعالیت‌های آبزی‌پروری یکی از مهم‌ترین چالش‌های پیش روی کشورهای در حال توسعه است. سیستم پرورش در قفس نقش مهمی را در صنعت آبزی‌پروری ایفا می‌کند و با افزایش جمعیت جهان و افزایش تقاضا برای محصولات آبزی‌پروری در سراسر جهان گسترش یافته است (Naylor *et al*., 2000; Brander, 2007). پرورش در قفس ماهیان، کاملاً وابسته به غذاهای فرموله شده است (Phuong, 1998). مواد مغذی شامل غذای مصرف نشده، مدفوع ماهیان و تولیدات اوره ناشی از ضایعات پرورش در قفس است که منجر به مشکلاتی مانند یوتریفیکاسیون، تغییر در رشد ماهی و تغییر در بنتوزها می‌گردد. ماکروبنتوزها به خاطر فراوانی، غیرمتحرک بودن و تحمل دامنه وسیعی از آلودگی‌ها، در مطالعات آلودگی استفاده می‌شوند (Rosenberg and Resh, 1993). از تمام اثرات زیست‌محیطی پرورش در قفس آزادماهیان، تغییرات رسوبات زیر قفس مورد توجه هستند (Brooks and Mahaken, 2003). اگرچه این تغییرات موقتی و به مقدار زیادی برگشت‌پذیر هستند. در مطالعات مختلفی تغییرات در بیوماس، فراوانی، تغییر گونه‌ای و تعداد ماکروبنتوزها در سیستم‌های آب شیرین و شور که ماهیان در قفس پرورش می‌یابند، گزارش شده است (OÕConnor *et al*., 1992; Drake and Arias, 1997; Demir *et al*., 2001; Cornel and Whoriskey, 1993).

در سد گلستان یک، فقط قزل‌آلای‌رنگین‌کمان در قفس پرورش می‌یابد و از سال ۱۳۹۰ شروع و هر ساله انجام می‌شود و دوره پرورش ماهی در قفس ۴ ماه است. نتایج این مطالعه نشان داد که پرورش در قفس قزل‌آلای‌رنگین‌کمان (با ظرفیت ۳۰ تن در سال) در سد گلستان یک، بر تراکم و زی‌توده ماکروبنتوز، درصد کل مواد آلی، فسفات و نیترات بستر تأثیر گذاشته است. Kaya و Pulatsü (۲۰۱۷) بیان کردند که سدها از نظر فون بنتیک غنی نیستند. که در مطالعه حاضر نیز به همین صورت بود، به این دلیل که سدها از نظر ویژگی‌های هیدرولوژیکی و مورفولوژیکی با دریاچه‌ها تفاوت دارند. ماکروبنتوزها به تغییرات آب، رژیم دمایی، موج و ورود خارجی مواد آلی که بر رسوبات اثرگذار می‌باشند، حساس هستند. در دریاچه سد گلستان یک، تنها در فصل تابستان تغییرات در سطح آب مشاهده و دما نیز تغییرات فصلی را نشان می‌دهد و ورود مواد آلی از مناطق اطراف تغییراتی را نشان نمی‌دهد. از این رو، نظارت بر پارامترهای کیفی رسوبات، اساس پایداری فعالیت آبزی‌پروری داخلی، همچنین در حفظ ترکیب طبیعی اکوسیستم‌های آبی داخلی مورد توجه است. میزان تراکم و زی‌توده موجودات بنتیکی در فصول مختلف نشان داد که بیشترین تراکم و زی‌توده در فصل پائیز بود. کمترین تراکم و زی‌توده مربوط به فصل زمستان به دست آمد که می‌تواند به دلیل ورود به فصل زمستان‌گذرانی[1] باشد و بعد از آن یک افزایش تراکم در بهار است که می‌تواند به نزدیک شدن به فصل تولیدمثلی[2] آن‌ها مرتبط باشد. در بهار با افزایش دما تکثیر و تولیدمثل کفزیان آغاز شده و تولید ماکروبنتوز نیز بیشتر می‌شود. با وجود کاهش دما و تغذیه ماهیان بنتوزخوار در پاییز، باز هم فراوانی موجودات کفزی بیشتر بوده است؛ با کاهش دما رشد کفزیان کاهش یافته و لاروهای حشرات، که عمده کفزیان درشت را تشکیل می‌دهند، نمی‌توانند سریعاً بالغ شوند. در نتیجه، به طور کلی موجودات بنتیک در پائیز نسبت به تابستان افزایش نشان می‌دهند. متفاوت بودن توده‌ی زنده در فصول مختلف با عوامل متعددی هم‌چون خصوصیات زیست‌شناختی گروه‌های زیستی، ساختار بستر، فراوانی غذایی جانداران، نقش

[1] Wintering
[2] Spawning season

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-23]

تغذیه‌ای ماهیان از موجودات و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی محیط‌زیست حاکم بر فصل تولید مثل ارتباط دارد (Barnes, 1987). تولیدمثل بسیاری از ماهیان معروف و بنتوزخوار از اواخر اسفند تا اواخر بهار است. نوزادان این ماهی‌ها پس از گذراندن دوره لاروی از جانوران کفزی تغذیه می‌کنند، در نتیجه به علت حضور بیشتر و افزایش فعالیت شکارگران میزان توده‌ی زنده کفزیان در تابستان به تدریج کاهش می‌یابد. با مقایسه تراکم گروه‌های ماکروبنتیک بین ایستگاه قفس و شاهد در زمان پرورش ماهی در قفس مشخص شد که بعضی گروه‌ها تحت تأثیر پرورش در قفس قرار گرفتند. فراوانی بالاتر و معنی‌دار *chironomus* sp. در ایستگاه قفس در مقایسه با ایستگاه شاهد در دوره پرورش در قفس نشان‌دهنده تأثیر قفس‌های پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان است. فراوانی بالای *chironomus* sp. بیان‌کننده ورود مواد آلی است و نشان می‌دهد که این موجودات تحمل بالایی به آلودگی دارند (Mandaville, 2002; Zimmerman, 2014). همگام با این نتایج Karaca و Pulatsu (۲۰۰۳) و Ndaruga و همکاران (۲۰۰۴) فراوانی بیشتر *chironomus* sp. در نزدیکی قفس را گزارش کردند.

در این مطالعه میزان تراکم و زی‌توده *Tubifex* sp. و تراکم *Naidium* sp. و *Nereis* sp. در ایستگاه قفس به طور معنی‌داری کمتر از ایستگاه شاهد بود که می‌تواند به دلیل فعالیت پرورش ماهی و ته‌نشست مواد غذایی و تأثیر آن بر بستر باشد که سبب دور شدن موجودات ماکروبنتوزی از محل شده است. مشابه با نتایج به دست آمده، Doughty و McPhail (۱۹۹۵) فراوانی قابل توجه کمتر کم‌تاران در ایستگاه قفس را مشاهده کردند، که احتمالاً متأثر از خصوصیات هیدرولوژیکی، نوع بستر، فشار شکار و آشفتگی‌های طبیعی و انسانی است. در زمان پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در قفس، بیماری خاصی در ماهیان رخ نداده و نیازی به استفاده از دارو نبود. همچنین Hall و همکاران (۱۹۹۰) و Anusuya و همکاران (۲۰۱۵) معتقدند که تنها بخش کوچکی از کربن عرضه شده به ماهی از طریق خوراک بازیابی می‌شود و مقدار قابل توجهی از طریق مدفوع و غذای مصرف نشده به بستر می‌رسد و این ممکن است سبب غنی‌سازی مواد آلی رسوبات در زیر قفس‌های پرورش ماهی گردد، در نتیجه اثراتی را به تدریج بر جوامع موجودات ماکروبنتوزی با اختلافات زیاد به وجود خواهد آورد. بر اساس نتایج به دست آمده، در دوره پرورش ماهی در ماه‌های آذر، دی، بهمن و اسفند میزان تراکم و زی‌توده در ایستگاه قفس نسبت به ایستگاه شاهد افزایش معنی‌داری نشان داد، پس از دوره پرورش اختلاف معنی‌داری از نظر تراکم و زی‌توده ماکروبنتوزها در ایستگاه شاهد و قفس مشاهده نشد. به طوری که بیشترین تراکم و زی‌توده در زمان پرورش ماهی در قفس به ترتیب ۴۷۸/۷ عدد در مترمربع و ۱۱/۶۲ گرم در مترمربع در ایستگاه قفس مشاهده شد که می‌تواند به دلیل فعالیت پرورش در قفس در ایستگاه ۱ مرتبط باشد. با توجه به پرورش ماهیان قفس‌ها و تحت تأثیر قرار گرفتن محیط آبی، ترکیب پلانکتونی و به دنبال آن درصد مواد آلی رسوبات، در نهایت جمعیت کفزیان دستخوش تغییر قرار می‌گیرند (Jahani *et al*., 2012). بیشترین تراکم و زی‌توده پس از دوره پرورش به ترتیب با ۳۹۲/۵۹ عدد در مترمربع و ۷/۱۹ گرم در مترمربع متعلق به ایستگاه ۴ (ایستگاه شاهد) بود. در ضمن در دوره پرورش در قفس، گونه جدید از ماکروبنتوز در ایستگاه‌های مورد بررسی مشاهده نشد.

Demir و همکاران (۲۰۰۱) گزارش نمودند که فراوانی گروه‌های گاستروپودا، کم‌تاران، حشرات و سخت‌پوستان در محل استقرار قفس‌های پرورش ماهی در پشت سد آناتولیا در ترکیه بیشتر از سایر ایستگاه‌های مورد مطالعه بوده، جایی که میزان فراوانی فیتوپلانکتون و زئوپلانکتون و بنتوز در محل استقرار قفس‌های ماهی بیشتر از سایر مناطق بود. همچنین مشاهده کردند که ترکیب بنتوزها در میان ایستگاه‌ها اختلافی نداشت. اما، در بررسی اثر پرورش در قفس سی‌باس (*Dicentrarchus labrax*) بر جمعیت ماکروبنتیک در Croatia، Katavic و Antolic (۱۹۹۹)، نشان دادند که ترکیب، ساختار و پراکنش بنتیک به وسیله پرورش ماهی تحت تأثیر قرار گرفته‌اند.

اثر آبزی‌پروری بر رسوبات و موجودات بنتیک به خاطر ته‌نشست مواد زائد آلی است (Cornel and Whoriskey, 1993). میزان غنی‌سازی آلی ناشی از قفس‌های پرورشی به میزان تراکم ماهی و نوع غذا بستگی دارد (Wu, 1995) و این موضوع، ساختار فون بنتیک را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Brown *et al*., 1987). همان‌گونه که در جدول ۳ مشاهده می‌گردد مواد آلی در رسوبات بین دو ایستگاه شاهد و زیر قفس اختلاف معنی‌داری در فصل پائیز و زمستان نشان می‌دهد. جایی که می‌تواند به دلیل پرورش ماهیان در قفس باشد. تجزیه مواد آلی ناشی از آبزی‌پروری، واکنش‌های شیمیایی را که برای بنتوزها مضر هستند تسریع می‌کنند، مانند تحریک فعالیت باکتری که منجر به کاهش اکسیژن و تولید آمونیاک می‌گردد (Sandra Wetton,

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-23]

2012). در این مطالعه میزان مواد آلی در رسوبات محل استقرار قفس‌ها کمتر از میزان مواد آلی (۳۹-۶۹٪) در ایستگاه زیر قفس دریاچه اولیگوتروف Passage کانادا، که قزل‌آلای‌رنگین‌کمان با ظرفیت ۱۴ تن پرورش می‌یابد، بود (Cornel and Whoriskey, 1993).

همچنین روابط بین تغییرات میزان مواد آلی بستر با موجودات ماکروبنتوزی در فصل زمستان نشان می‌دهد که گونه *Chironimus* sp. دارای همبستگی مثبت با بالا بودن ماده آلی بستر دارند، جایی که می‌تواند به دلیل خاستگاه اکولوژی گونه از نظر شرایط زندگی و نوع رفتار زیستی و تغذیه‌ای آن بیان شود. اثر قابل توجه پرورش در قفس بر آب شیرین و رسوبات افزایش میزان مواد مغذی است. مواد مغذی تمایل به تجمع در رسوبات زیر قفس پرورش ماهیان در طول دوره طولانی دارند، مخصوصاً سطح رسوبات منبع مواد مغذی اضافی است که منجر به یوتریفیکاسیون می‌گردد (Karakoca and Topcu, 2017). مطالعات متعددی گزارش کردند که نیتروژن و فسفر رها شده از قفس پرورش ماهیان پارامترهای شیمیایی رسوبات را تحت تأثیر قرار می‌دهند (Kullman *et al*., 2007: Porrello *et al*., 2005). میزان نیتروژن در رسوبات اغلب شاخص خوبی از غنی‌سازی رسوبات می‌باشد، به این دلیل که نیتروژن تنها منشأ خارجی دارد (CSIRO, 2000; Telfer and Robinson, 2003). اغلب ضایعات فسفر به شکل ذره‌ای هستند (بیشتر مدفوع) که میزان ته‌نشین‌شدن در رسوبات بیشتر از آب‌شویی است. در مورد ضایعات نیتروژنی نیز همین گونه است (Phillips, 1985). اگرچه، افزایش مواد مغذی ناشی از فرایندهای دیگری از قبیل ته‌نشینی سستون[1] غنی از فسفات به رسوبات نیز باشد (Schindler and Lean, 1974). دفع فسفر در پرورش ماهیان مرتبط با میزان قابلیت هضم فسفر در جیره است. اندازه ماهی، دمای آب، و شیوه آبزی‌پروری (ترکیب و میزان غذا و روش‌های غذادهی) و تراکم ذخیره‌سازی، بعضی از فاکتورهای هستند که میزان تولید مواد زائد را تحت تأثیر قرار می‌دهند. با مدیریت مناسب در هر یک از موارد مذکور می‌توان تولید مواد زائد را کاهش داد.

فراوانی، غنای گونه‌ای و شاخص تنوع شانون بهترین شاخص سلامت بیولوژیکی می‌باشند (Henderson and Ross., 1995). الگوی تنوع ماکروبنتوزها در مزارع پرورش ماهی به گستردگی مطالعه شده است (Kutti *et al*., 2007; Edgar *et al*., 2010). تنوع گونه‌ای با افزایش غنی‌سازی مواد آلی کاهش می‌یابد (Brown *et al*., 1987). در این بررسی ترکیب ماکروبنتوزها در میان ایستگاه‌های مورد مطالعه اختلاف معنی‌دار نداشت، فرض می‌شود که پرورش در قفس بر ترکیب ماکروبنتوزهای منطقه تأثیری نداشت. در فصل زمستان تنوع گونه‌ای در ایستگاه شاهد اختلاف معنی‌داری با ایستگاه قفس نداشت، البته میزان تنوع شانون در ایستگاه شاهد بیشتر از ایستگاه قفس بود. کاهش در تنوع گونه‌ای در ایستگاه قفس نسبت به ایستگاه شاهد نشان‌دهنده تجمع مواد آلی ناشی از پرورش ماهیان در قفس است. به همراه شیب افزایش غنی‌سازی مواد آلی، جمعیت ماکروبنتوز، تنوع کمتری داشته و بیوماس کمتری را نشان می‌دهند (Pearson and Rosenberg, 1978). مطالعه حاضر نشان داد که اثرات پرورش در قفس بر جمعیت ماکروبنتوز در محل استقرار قفس بوده است؛ همان‌گونه که در مطالعات دیگر نیز مشاهده شده است (Costa-Pierce, 2002).

منابـع

Anusuya, P.D., Padmavathy, P.A., Srinivasan, A., Jawahar, P. 2015. Environmental impact of cage culture on Poondi reservoir, Tamil Nadu. Current World Environment. 10(3): 1048-1054.

APHA (Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater). 2003. 20nd edition. American Water Works Association Water. Environment Federation, Washington, DC, USA. 350 p.

Bascinar, N.S., Gozler, A.M., Şahin, C., Eruz, Ç., Tolun, L., Agirbas, E., Mantikci, M., Serdar, S.1., Verep, B. 2014. The impact assessment of cage aquaculture on benthic communities along the south eastern Black Sea. Iranian Journal of Fisheries Sciences. 13(3): 719- 738.

Barnes, R. 1987. Invertebrate zoology. Saunders college publishing. New York. U.S.A. 250 p.

Beveridge, M. 1996. Cage Aquaculture. 2nd edition. Fishing News Book, Blackwell Science Ltd., oxford. 120 p.

[1] Seston

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-23]

Borges, P.A.F., Train, S., Dias, J.D., Bonecker, C.C. 2010. Effects of fish farming on plankton structure in a Brazilian tropical reservoir. Hydrobiologia. 649(1): 279-291.
Brander, K.M. 2007. Global fish production and climate change. PNAS. pp. 19709-19714.
Brooks, K.M., Mahnken, C.V.W. 2003. Interactions of Atlantic salmon in the Pacific Northwest environment. Fish Research. 62: 255-293.
Brown, J.R., Gowen, R.J., McLusky, D.M. 1987. The effects of salmon farming on the benthos of a Scottish sea loch. Marin Ecology. 109: 39-51.
Conti, M.E. 2008. Biological Monitoring: Theory and Applications - Bioindicators and Biomarkers for Environmental Quality and Human Exposure Assessment. WIT Press, Boston. 210 p.
Cornel, G.E., Whoriskey, F.G. 1993. The effects of rainbow trout (*Onchorynchus mykiss*) cage culture on the water quality, zooplankton, benthos and sediments of Lac du Passage, Quebec. Aquaculture. 109: 101-117.
Costa-Pierce, B.A. 2002. Ecology as the paradigm for the future of aquaculture. In: Ecological Aquaculture. Costa-Pierce, B.A. (eds.). Blackwell Publishing Ltd. UK. 310 p.
CSIRO. 2000. Huton Estuary Study. CSIRO Division of Marine Research, Marine Laboratories, Hobart, Tasmania.120 p.
Degefu, F., Mengistu, S., Schagerl, M. 2011. Influence of fish cage farming on water quality and plankton in fish ponds: A case study in the Rift Valley and North Shoa reservoirs, Ethiopia. Aquaculture. 316: 129-135.
Demir, N., Kirkagac, M.U., Pulatsue, S., Bekcan, S. 2001. Influence of trout cage culture on water quality, plankton and benthos in an Anatolian dam lake. Aquaculture. 53(3-4): 115-127.
Diaz, M.M, Temporetti, P.F., Pedrozo, F.L. 2001. Response of phytoplankton to enrichment from Cage fish farm waste in Alicura reservoir (Patagônia, Argentina). Lakes and Reservoirs: Research and Management. 6: 151-158.
Doughty, C.R., McPhail, C.D. 1995. Monitoring the environmental impacts and consent compliance of freshwater fish farms. Aquaculture Research. 26(8): 557-565.
Drake, P., Arias, A.M. 1997. The effect of aquaculture practices on the benthic macroinvertebrate community of a lagoon system in the Bay of Cadiz (Southwestern Spain). Estuaries. 20(4): 677-688.
Edgar, G.J., Davey, A., Sheperd, C. 2010. Application of biotic and abiotic indicators for detecting benthic impacts of marine salmonid farming among coastal regions of Tasmania. Aquaculture. 307: 212-218.
Edmonson, W.T. 1959. Freshwater Biology. John Wiley and Sons. Inc, U.S.A. 1248 p.
FAO. 2015. Global Aquaculture Production statistics database updated to 2013.
Figueredo, C.C., Giani, A. 2005. Ecological interactions between Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*, L.) and the phytoplankton community of the Furnas reservoir (Brazil). Freshwater Biology. 50: 1394-1403.
Hall, P.O.J., Anderson, L.G., Holby, O., Kollberg, S., Samuelsson, M.O. 1990. Chemical fluxes and mass balance in a marine fish cage farm: I. carbon. Marin Ecology. 61: 61-73.
Henderson, A.R., Ross, D.J. 1995. Use of macrobenthic infaunal communities in the monitoring and control of the impact of marine cage fish farming. Aquaculture Research. 26: 659-678.
Holme, N.A., Mcintyre, A.D. 1984. Methods for study of marine benthos. 2nd edition. Oxford Blackwell Scientific Publication. 387 p.
Jacson, M.L. 1973. Soil chemical analysis. 2nd edition. Assistance of the India American text book programme. 354 p.
Jahani, N., Nabavi, S.N.B., Dehghan, M.S., Mortezaie, S.R.S., Fazeli, N. 2012. The effect of marine fish cage culture on benthic communities using BOPA in Ghazale Creek (Persian Gulf). Iranian Journal of Fisheries Sciences. 11(1): 78-88.
Karaca, I., Pulatsu, S. 2003. The Effect of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792) Cage Culture on Benthic Macrofauna in Kesikkopru Dam Lake. Animal Science. 27: 1141-1146.
Kalantzi, I., Karakassıs, I. 2006. Benthic impacts of fish farming: Meta-analysis of community and geochemical data. Marine Pollution Bulletin. 52: 484-493.
Karakassıs, I., Hatzıyannı, E. 2000. Benthic disturbance due to fish farming analyzed under different levels of taxonomic resolution. Marine Ecology Progress Series. 203: 247-253.

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-23]

Karakoca, S., Topcu, A. 2017. Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) cage culture: preliminary observations of surface sediment's chemical parameters and phosphorus release in Gokcekaya Reservoir, Turkey. Journal of Geoscience and Environment Protection. 5: 12-23.

Katavic, I., Antolic, B. 1999. On the impact of a seabass (*Dicentrarchus labrax* L.) cage farm on water quality and macrobenthic communities. Acta Adriat. 40(2): 19-32.

Kaya, D., Pulatsü, S. 2017. Sediment-Focused Environmental Impact of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792) Cage Farms: Almus Reservoir (Tokat). Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 17: 345-352.

Kullman, M.A., Podemski, C.L., Kidd, K.A.A. 2007. Sediment bioassay to assess the effects of aquaculture waste on growth, reproduction, and survival of *Sphaerium simile* (Say) (Bivalvia: Sphaeriidae). Aquaculture. 266: 144-152.

Kutti, T., Hansen, P.K., Ervik, A., Hoisaeter, T., Johannessen, P. 2007. Effects of organic effluents from a salmon farm on a fjord system. Temporal and spatial patterns in infauna community composition. Aquaculture. 262: 355-366.

Maleri, M. 2011. Effects of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) cage culture on Western Cape irrigation reservoirs. PhD thesis. The Faculty of AgriSciences. Stellenbosch University. 296 p.

Mandaville, L.M. 2002. Benthic Macroinvertebrates in Freshwaters: Taxa Tolerance Values, Metrics and Protocols. Soil & Water Conservation Society of Metro Halifax. 420 p.

Muniz, P., Pires, A.M.S. 2000**.** Polychaete association in a subtropical environment (Sao Sebastian Channel, Brazil). A structureal analysis. Marine Ecology. 21(2): 145-160.

Naylor, R.L., Goldburg, G.R.J., Primavera, J.H., Kautsky, N., Beveridge M.C., Clay, J., Folke, C., Lubchenco, J., Mooney, H., Troell, M. 2000. Effect of aquaculture on world fish supplies. Nature. 405: 1017-1024.

Ndaruga, A.M., Ndiritu, G.G., Gichuki, N.M., Wamicha, W.N. 2004. Impact of water quality on the macroinvertebrate assemblages along a tropical stream in Kenya. African Journal of Ecology. 42(3): 208-216.

Needham, J.G. 1976. A guide to the study of freshwater biology. Holden Sanfrancisco. 107 p.

OÕConnor, R., Whelan, B.J., Crutchfield, J.A. 1992. Review of the Irish aquaculture sector and recommendations for its development. The Economic and Social Research Institute, Dublin, 287 p.

Pearson, T.H., Rosenberg, R. 1978. Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. Oceanographic Marine Biology Annual Review. 62: 229-311.

Pennak, R.W. 1953. Freshwater invertebrates of the United States. The Ronald Press Company. 769 p.

Phillips, M.J. 1985. The environmental impact of cage culture on Scottish freshwater lochs. Institute of Aquaculture, University of Stirling. 106 p.

Phuong, N.T. 1998. Cage culture of Pangasius catfish in the Mekong delta, Vietnam: current situation analysis and studies for feed improvement. Ph.D thesis. National Institute of polytechnique of Toulouse, France. 87 p.

Porrello, S., Tomassetti, P., Manzueto, L., Finoia, M.G., Mercatali, I., Stipa, P. 2005. The influence of marine cages on the sediment chemistry in the Western Mediterranean Sea. Aquaculture. 1(4): 145-158.

Quigley, M. 1986. Invertebrates of streams and rivers. Head of Studies in Environmental Biology. Nene College. Northampton, Edward Arnold. 83 p.

Rosenberg, D.M., Resh, V.H. 1993. Introduction to freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates. In: Freshwater. Biomonitoring and Benthic Macro invertebrates. 9 p.

Sandra Wetton, M. 2012. Effect of waste loading from freshwater cage aquaculture on benthic invertebrates and sediment chemistry. PhD thesis. Faculty of Graduate Studies. University of Manitoba. 240 p.

Schindler, D.W., Lean, D.R.S. 1974. Biological and chemical mechanisms in eutrophication of freshwater lakes. Annals of the New York Academy of Sciences. 250: 129-135.

Shakouri, M. 2003. Impact of cage culture on sediment chemistry: A case study in Mjoifjordur. UNU-Fisheries Training Programme. 44 p.

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-23]

Telfer, T., Robinson, K. 2003. Environmental quality and carrying capacity for aquaculture in Mulory Bay Co. Institute of Aquaculture, University of Sterling, UK. 78 p.
Wetzel, R.G., Likens, G.E. 1991. limnological Analysis. 2nd edition. Springer-Verlag, New York. 391 p.
Zimmerman, M.C. 2014. The use of the biotic index as an indication of water quality. Tested studies for laboratory teaching. 120 p.
Weaver, R.W. 1982. Methods of soil analysis. Soil Science Society of America. Washington, D.C. 1094 p.
Wu, R.S.S. 1995. The environmental impact of marine fish culture: towards a sustainable future. Marin Pollution Bulletin. 31(4): 159 - 66.

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-23]