

بررسی اثرات کیفی استخرهای پرورش قزل آلائی رنگین کمان بر رودخانه شاهرود با استفاده از شاخص ارزیابی سریع زیستی کفزیان Hilsenhoff

- **شهرام دادگر*:** موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، ایستگاه تحقیقات فن آوری های نوین شیلاتی، تهران، صندوق پستی: ۱۴۱۵۵-۶۱۱۶
- **فرید چهرزاد:** گروه زیست شناسی دریا، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، صندوق پستی: ۷۷۵-۱۴۵۱۵
- **کمیل رزمی:** موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، ایستگاه تحقیقات فن آوری های نوین شیلاتی، تهران، صندوق پستی: ۱۴۱۵۵-۶۱۱۶

تاریخ پذیرش: تیر ۱۳۹۳

تاریخ دریافت: اردیبهشت ۱۳۹۳

چکیده

در این تحقیق میزان آلاینده‌گی فعالیت‌های دو مزرعه پرورش ماهی قزل آلائی رنگین کمان واقع بر روی سرشاخه‌های خچیره و حسنجان در رودخانه شاهرود از حوضه سد طالقان، با استفاده از شاخص زیستی خانواده هیلسنهوف (HFBI) به روش ارزیابی سریع (Rapid bioassessment) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج به دست آمده از شاخص زیستی با پارامترهای فیزیکی-شیمیایی و آلودگی رودخانه‌های تحت تأثیر این مزارع، مقایسه شد. نتیجه بررسی اکسیژن خواهی بیوشیمیایی ۵ روزه نشان داد مقدار این پارامتر در هر دو سرشاخه نسبت به شاخه اصلی شاهرود بالاتر است اما مزارع پرورشی بر افزایش بار آلی تأثیر معنی داری ندارند ($p > 0.05$). تأثیر مزارع پرورش ماهی بر pH رودخانه در هیچ یک از ایستگاه‌های نمونه برداری معنی دار نبوده است ($p > 0.05$). مقدار کل جامدات معلق در محدوده رودخانه حسنجان نسبت به خچیره از مقادیر بالاتری برخوردار بود ($p < 0.05$) هم چنین محدوده رودخانه خچیره نسبت به محدوده رودخانه حسنجان، از آلودگی به ترکیبات فسفر به میزان کمتری برخوردار بود ($p < 0.05$). در نتیجه در مجموع مقدار آلاینده‌های آلی در رودخانه حسنجان از خچیره بیش تر بوده است ($p < 0.05$). بررسی روند تغییرات فراوانی کفزیان درشت براساس این مطالعه نشان داد که در محدوده مطالعاتی بیشترین فراوانی آن‌ها مربوط به خانواده Chironomidae از حشرات راسته دویالان (Diptera) با میانگین کل فراوانی ۱۱/۶ عدد در متر مربع و پس از آن خانواده Elmidae از راسته قاب‌بالان (Coeloptera) با میانگین کل فراوانی ۱۰/۰ عدد در متر مربع بود. نتیجه محاسبه شاخص زیستی هیلسنهوف براساس انواع و فراوانی کفزیان نشان داد که در محدوده رودخانه خچیره، وجود مزرعه پرورش ماهی قزل آلائی رنگین کمان (با توجه به عدم وجود مراکز جمعیتی و آلاینده‌های دیگر در بالادست) منجر به کاهش درجه کیفی این رودخانه به میزان یک درجه از کیفیت "متوسط" در ایستگاه بالادست مزرعه (ایستگاه ۱)، به کیفیت "متوسط ضعیف" در ایستگاه پایین دست مزرعه (ایستگاه ۲)، در زمان نمونه برداری می گردد. اما وجود مزرعه پرورش ماهی بر کیفیت شاخه اصلی رودخانه شاهرود که از دبی بالاتری برخوردار است، مؤثر نبوده و در ایستگاه‌های شماره ۳ و ۴ واقع در قبل و بعد از ورودی سرشاخه خچیره در شاخه اصلی شاهرود، تغییری در شاخص زیستی هیلسنهوف مشاهده نگردید. در سرشاخه حسنجان وضعیت کیفی بالادست مزرعه پرورش ماهی، با توجه به وجود مراکز جمعیتی، از نظر شاخص زیستی هیلسنهوف در زمان نمونه برداری "بد" بود که در اثر روند خودپالایی سرشاخه، این وضعیت بهتر شده و در پایین دست مزرعه شاخص، وضعیت "متوسط" را نشان داد. شاخه اصلی رودخانه شاهرود در اثر ورود سرشاخه حسنجان، از وضعیت "خیلی خوب" در ایستگاه ۷ به وضعیت "بد" در ایستگاه ۸ تنزل پیدا کرد که تأثیر ورود آلاینده‌های ناشی از این سرشاخه را به شاخه اصلی رودخانه، نشان داد. نتایج حاصل از مقایسه فاکتورهای فیزیکی-شیمیایی و زیستی به دست آمده در این مطالعه نشان داد که در زمان نمونه برداری، مزارع پرورش ماهی موجود بر کیفیت شاخه اصلی رودخانه شاهرود تأثیر منفی نداشتند.

کلمات کلیدی: شاخص زیستی خانواده هیلسنهوف (HFBI)، کفزیان درشت، اثرات کیفی مزارع پرورش قزل آلائی رنگین کمان، ارزیابی سریع



مقدمه

وضعیت آلودگی و کیفیت آب ایستگاه‌های مطالعاتی را نشان می‌دهد (Hilsenhoff, ۱۹۸۸).

Imanpour Nami و همکاران (۲۰۱۳) تأثیر پساب مزارع پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان را در محدوده رودخانه تجن با استفاده از شاخص هیلسنهوف مورد بررسی قرار دادند که در نتیجه تغییرات بارزی بین بالادست و پایین‌دست مزارع پرورشی مشاهده شد. نادری‌جلودار و همکاران (۱۳۹۰) پاسخ بزرگ بی‌مهرگان کفزی رودخانه هراز را به پساب مزارع پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان با استفاده از این روش مورد بررسی قرار دادند. در این بررسی نیز ایستگاه‌هایی که بلافاصله پس از مزارع قرار داشتند نسبت به ایستگاه‌های دورتر از وضعیت بدتری برخوردار بودند. در این مطالعه با فاصله از مزارع تحت تأثیر خودپالایی رودخانه، وضعیت کیفی ایستگاه‌ها بهتر می‌گردید.

در مطالعات مشابه Soltani (۲۰۱۴) و Mahboobi Soofiani (۲۰۱۲) این روش را برای بررسی تأثیر مزارع پرورش ماهی بر کیفیت آب رودخانه پایین دست در دو رودخانه هراز و زاینده‌رود مورد استفاده قرار دادند.

هدف از این تحقیق بررسی تأثیر فعالیت‌های دو مزرعه پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان موجود در سرشاخه‌های رودخانه شاهرود در حوضه سد طالقان، که از جمله سدهای مهم تأمین آب شرب تهران است، بر کیفیت آب رودخانه‌های منطقه در زمان نمونه‌برداری می‌باشد.

مواد و روش‌ها

جهت تعیین میزان تأثیر مزارع پرورش ماهی بر رودخانه‌های حوضه مطالعاتی محدوده سد طالقان (رودخانه شاهرود)، اندازه‌گیری فاکتورهای فیزیکی-شیمیایی، زیستی و آلودگی به‌طور هم‌زمان مدنظر قرار گرفت. بر این اساس با توجه به این که تجربیات انجام این قبیل مطالعات در گذشته نشان می‌دهد که صرفاً اندازه‌گیری فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی آب جهت بررسی اثر مزارع پرورشی و یا هرگونه منبع آلودگی دیگر در رودخانه‌ها کافی نبوده و میزان آلودگی‌ها با توجه به جریان دائمی رودخانه با نمونه‌برداری لحظه‌ای نشان داده نمی‌شود، لذا بررسی وضعیت کیفی رودخانه با استفاده از شاخص زیستی در دستور کار قرار گرفت.

برای تعیین ایستگاه‌های مطالعاتی با توجه به موقعیت مزارع پرورش ماهی در دو منطقه خچیره و حسنجان، یک ایستگاه قبل و یک ایستگاه بعد از محل مزرعه در نظر

در مکان‌یابی مزارع پرورش ماهی یکی از نکات کلیدی و با اهمیت، بررسی اثرات کیفی و آلودگی‌های زیست‌محیطی ناشی از این مزارع می‌باشد. بیش‌تر مزارع پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در حاشیه رودخانه‌ها واقع بوده و پساب خود را که حاوی مواد آلی ناشی از غذادهی و یا دفع فضولات ماهیان است، به رودخانه وارد می‌نمایند (Esmaili Sari, ۲۰۰۴). عدم مدیریت صحیح پساب و یا ورود پساب‌های آلوده به مواد ضدعفونی‌کننده و یا با غلظت بالای مواد مغذی و آلی، منجر به تغییر فون کفزیان پایین‌دست رودخانه می‌گردد که این تغییرات از طریق محاسبه شاخص‌های زیستی و با پاسخ اکولوژیک کفزیان درشت (Macrobenthos) قابل ردیابی می‌باشد (Adams, ۲۰۰۲; Costapierce, ۲۰۰۲; Hilsenhoff, ۱۹۸۸).

موجودات کفزی درشت به‌عنوان یکی از مهم‌ترین حلقه‌های زنجیره غذایی وابسته به رسوبات رودخانه‌ها و سایر منابع آبی مطرح می‌باشند. این موجودات بیش‌تر دوران حیات خویش را در مجاورت رسوبات به‌سر می‌برند. اغلب رنگی و کرم مانند بوده و گروه متنوعی از جانوران کوچک نظیر لارو حشرات، سخت‌پوستان، کرم‌ها و نرم‌تنان را شامل می‌گردند (Horne و Goldman, ۱۹۹۴).

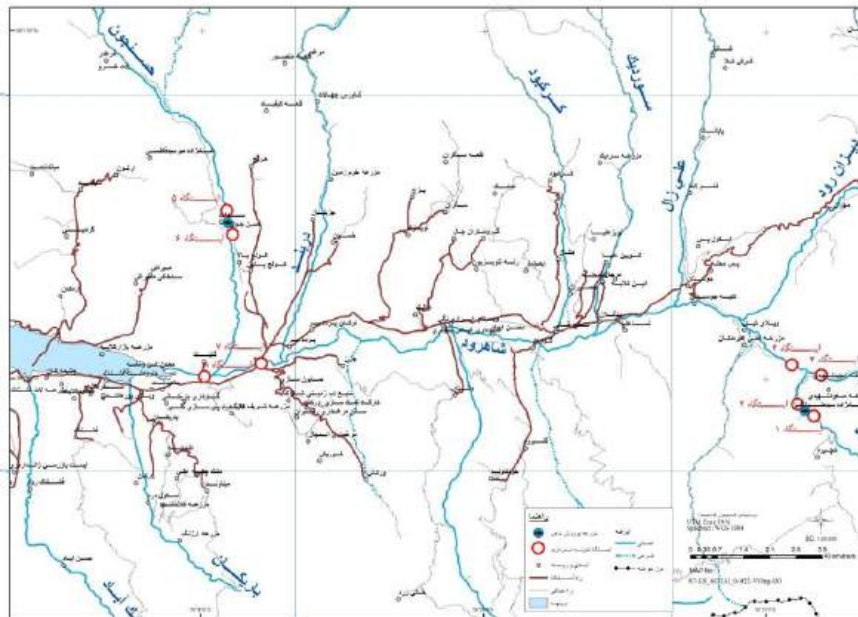
حضور یا عدم گونه‌ای خاص از کفزیان، قابلیت کلاسه‌بندی کیفی رودخانه‌ها را فراهم می‌آورد. در واقع این موجودات می‌توانند به‌عنوان شاخص زیستی (Biological Index) عمل نمایند و با توجه به این که تغییرات ساختاری در ترکیب گونه‌ای آن‌ها به‌آهستگی اتفاق می‌افتد، امکان ردیابی استرس‌های محیطی وارد به اکوسیستم‌های آبی در آن‌ها بیش‌تر فراهم می‌باشد. این ارگانیزم‌ها به‌خصوص در برابر آلودگی‌های آلی واکنش بهتری از خود نشان می‌دهند (Hilsenhoff, ۱۹۸۸).

شاخص زیستی خانواده هیلسنهوف (Hilsenhoff Family-Level Biological Index یا HFBI به‌عنوان یکی از شاخص‌های زیستی کفزیان مطرح می‌باشد (Hilsenhoff, ۱۹۸۸). این شاخص از جمله شاخص‌های مناسب در ارزیابی سریع در محل (Rapid Field assessment) اکوسیستم‌های آب‌های جاری است که براساس خانواده شناسایی شده از کفزیان درشت و امتیازی که به هر خانواده تعلق می‌گیرد،



در مجموع تعداد ۸ ایستگاه در منطقه مطالعاتی تعیین گردید و نمونه برداری در ایستگاه‌های مذکور بر روی رودخانه‌های خچیره و حسنجون و همچنین شاخه اصلی رودخانه شاهرود انجام شد. مختصات جغرافیایی ایستگاه‌های مطالعاتی در جدول ۱ قابل مشاهده می‌باشد.

گرفته شد. همچنین جهت بررسی تأثیر سرشاخه ورودی که مزرعه در آن سرشاخه قرار گرفته است نیز یک ایستگاه قبل و یک ایستگاه بعد از شاخه ورودی در شاخه اصلی شاهرود تعیین گردید. شکل ۱ نقشه موقعیت ایستگاه‌های نمونه برداری و موقعیت مزارع پرورشی را نشان می‌دهد. با توجه به موارد مذکور



شکل ۱: نقشه موقعیت ایستگاه‌های مطالعاتی

جدول ۱: مختصات جغرافیایی ایستگاه‌های مورد مطالعه

شماره ایستگاه	نام ایستگاه	E (شرق)	N (شمال)
۱	بالادست مزرعه خچیره	۵۰° ۵۷' ۲۲.۲۹۳" E	۳۶° ۸' ۳۰.۹۵۴" N
۲	پایین دست مزرعه خچیره	۵۰° ۵۵' ۳۳.۹۹۰" E	۳۶° ۹' ۴۷.۴۲۵" N
۳	شاهرود - بالادست سرشاخه خچیره	۵۰° ۵۷' ۱۶.۹۰۷" E	۳۶° ۱۰' ۲۰.۱۳۱" N
۴	شاهرود - پایین سرشاخه خچیره	۵۰° ۵۴' ۴۹.۴۸۱" E	۳۶° ۱۰' ۳۹.۳۴۳" N
۵	بالادست مزرعه حسنجون	۵۰° ۴۶' ۸.۵۸۵" E	۳۶° ۱۰' ۱۳.۷۶۰" N
۶	پایین دست مزرعه حسنجون	۵۰° ۴۵' ۱۱.۱۳۷" E	۳۶° ۱۳' ۱۳.۶۳۳" N
۷	شاهرود - بالادست سرشاخه حسنجون	۵۰° ۴۵' ۳۳.۷۵۲" E	۳۶° ۱۱' ۲۰.۰۶۳" N
۸	شاهرود - پایین سرشاخه حسنجون	۵۰° ۴۴' ۳۰.۱۱۳" E	۳۶° ۱۰' ۳۹.۴۳۵" N

انجام شد (Rice و همکاران، ۲۰۰۵). فاکتورهایی نظیر دما، کل جامدات محلول، هدایت الکتریکی، pH، کل جامدات معلق، شوری، کدورت و اکسیژن محلول با استفاده از مولتی پارامتر HQ مدل Hach و کدورت سنج پرتابل Hach در محل اندازه‌گیری شد. جهت انتقال نمونه برای انجام آزمایشاتی نظیر اکسیژن‌خواهی بیوشیمیایی، اکسیژن‌خواهی شیمیایی، فسفرکل، نیتروژن کل، کلراید، آهن و روی، نمونه‌ها به شکل خنک با دمای کمتر از ۴

نمونه برداری از پارامترهای فیزیکی-شیمیایی و زیستی محدوده مورد مطالعه در ۸ ایستگاه تعیین شده با توجه به محدودیت‌های موجود به روش ارزیابی سریع (یک مرتبه) و در اردیبهشت‌ماه ۱۳۹۱ انجام پذیرفت. فهرست پارامترهای فیزیکی-شیمیایی و آلودگی اندازه‌گیری شده در جدول ۲ قابل مشاهده است. کلیه آنالیزها با استفاده از روش‌های استاندارد



درجه سیلیسیوس و یا با استفاده از اسید با pH کمتر از ۲ در اسرع وقت به آزمایشگاه آساراب انتقال یافته و در آزمایشگاه سایر مراحل آزمایش بر روی آن‌ها در همان روز انجام پذیرفت. اندازه‌گیری پارامترهای نیتروژن کل، فسفر کل، کلراید، آهن و روی با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر Hach مدل DR2800 انجام شد.

جهت نمونه‌برداری از کفزیان درشت (Macrobenthos) نیز از یک دستگاه نمونه‌بردار سوربر (Surber Sampler) با ابعاد ۳۰/۵ در ۳۰/۵ و در سه تکرار در هر ایستگاه استفاده شد (Standard methods, ۲۰۰۵).

جدول ۲: فهرست پارامترهای اندازه‌گیری شده در ایستگاه‌های مطالعاتی

ردیف	پارامتر	واحد اندازه‌گیری	ردیف	پارامتر	واحد اندازه‌گیری
۱	دمای آب (Temperature)	درجه سانتی‌گراد	۸	اکسیژن‌خواهی بیوشیمیایی ۵ روزه (BOD ₅)	میلی گرم بر لیتر
۲	اکسیژن محلول (DO)	میلی گرم بر لیتر	۹	اکسیژن‌خواهی شیمیایی (COD)	میلی گرم بر لیتر
۳	پ هاش (pH)	...	۱۰	نیتروژن کل (TN)	میکروگرم بر لیتر
۴	کل جامدات محلول (TDS)	میلی گرم بر لیتر	۱۱	فسفر کل (TP)	میکروگرم بر لیتر
۵	هدایت الکتریکی (EC)	میکرو زیمنس بر سانتی‌متر مربع	۱۲	کلراید (Cl)	میلی گرم بر لیتر
۶	کل جامدات معلق (TSS)	میلی گرم بر لیتر	۱۳	آهن (Fe)	میکروگرم بر لیتر
۷	سیلیکات (SiO ₂)	میلی گرم بر لیتر	۱۴	روی (Zn)	میکروگرم بر لیتر

محاسبه شاخص زیستی خانواده هیلسنهوف با استفاده از فرمول زیر صورت گرفت:

$$HFBI = \frac{\sum(x_i t_i)}{n}$$

که در آن x_i تعداد افراد در هر گروه، t_i ارزش تحمل آلودگی در آن گروه و n تعداد کل افراد می‌باشد. طبقه‌بندی کیفی تعیین شده در نهایت بر مبنای جدول ۳ صورت پذیرفت.

جدول ۳: طبقه‌بندی کیفی رودخانه بر اساس شاخص زیستی خانواده هیلسنهوف (Hilsenhoff, ۱۹۸۸)

ردیف	عدد شاخص هیلسنهوف	کیفیت آب
۱	۳/۷۵ - ۰	عالی
۲	۴/۲۵ - ۳/۷۶	خیلی خوب
۳	۵ - ۴/۲۶	خوب
۴	۵/۷۵ - ۵/۱	متوسط
۵	۶/۵ - ۵/۷۶	متوسط ضعیف
۶	۷/۲۵ - ۶/۵۱	بد
۷	۱۰ - ۷/۲۶	خیلی بد

نتایج

میانگین نتایج اندازه‌گیری پارامترهای فیزیکی و شیمیایی و آلودگی آب در جدول ۴ قابل مشاهده است. میانگین دمای آب در زمان نمونه‌برداری $11 \pm 1/6$ درجه سانتی‌گراد بود. اکسیژن محلول در کلیه ایستگاه‌ها همواره در حد اشباع و با میانگین مقدار $8/4 \pm 0/21$ میلی گرم بر لیتر اندازه‌گیری شد که نشانگر مناسب بودن وضعیت تبادلات اکسیژنی و تلاطم میان آب و هوا می‌باشد.

لازم به ذکر است که شاخص زیستی خانواده هیلسنهوف (HFBI) نسبت به شاخص زیستی گونه هیلسنهوف (BI) از دقت کمتری برخوردار است اما با توجه به عدم شناسایی گونه‌های ماکروبن‌توزها در ایران به شکل قابل قبول و نبود دسترسی به کلید داخلی معتبر و نیز عدم امکان استفاده از شاخص گونه‌ای، به استفاده از شاخص خانواده اکتفا گردید (Hilsenhoff, ۱۹۸۸).



در بررسی مقادیر نیتروژن و فسفر، نسبت ردفیلد^۱ که بیانگر محدود کننده بودن فسفر نسبت به نیتروژن با نسبت وزنی ۱ : ۷/۲ برای تولید اولیه است، دارای اهمیت خاصی می باشد. بر این اساس نسبت فسفر به نیتروژن در محدوده مطالعاتی ۱ : ۱/۴ محاسبه گردید که نشان می دهد مقادیر فسفر جهت شرکت در تولید اولیه کفایت نموده و محدودکننده نخواهد بود و در نتیجه در افزایش تروفی اکوسیستم مؤثر است. بررسی کدورت رودخانه بر اساس کل جامدات معلق (TSS) حاکی از بالا بودن این متغیر در کلیه ایستگاههاست. میانگین مقدار این متغیر در ایستگاههای مختلف 331 ± 166 میلی گرم بر لیتر بوده و در محدوده رودخانه حسنجون نسبت به خچیره از مقادیر بالاتری برخوردار است ($p < 0.05$).

اندازه گیری متغیرهای شاخص آلودگی نظیر فلزات سنگین آهن و روی مقدار آنها را کم تر از حد تشخیص دستگاه نشان داد. بر این اساس اندازه گیری لحظه ای عنصر روی به عنوان شاخصی از مصرف ملاشیت گرین در مزارع پرورش قزل آلاي رنگین کمان نشانگر عدم آلودگی آبهای منطقه به این عنصر در زمان نمونه برداری است.

از جمله متغیرهای مرتبط با مقادیر اکسیژن در محدوده مورد مطالعه مقادیر اکسیژن خواهی بیوشیمیایی و اکسیژن خواهی شیمیایی است. بررسی مقادیر هر یک از این متغیرها نشان داد که میزان اکسیژن خواهی بیوشیمیایی حداکثر ۱/۳ و اکسیژن خواهی شیمیایی حداکثر ۱۴ میلی گرم در لیتر بود که نشان می دهد رودخانه در این زمان (اردیبهشت ماه) توان پذیرش و پالایش آلودگی را تا حد مجاز دارا می باشد.

نکته جالب توجه در بررسی روند تغییرات اکسیژن خواهی بیوشیمیایی در هر دو منطقه مورد مطالعه (ایستگاههای ۱ تا ۴ در محدوده خچیره و ایستگاههای ۵ تا ۸ در محدوده حسنجون)، کاهش مقادیر این متغیر تحت تأثیر خودپالایی رودخانه از بالادست به سمت پایین دست ایستگاههای نمونه برداری است و نشان می دهد مزارع پرورش ماهی موجود منطقه در این محدوده زمانی تأثیر معنی داری در افزایش بار آلی لحظه ای رودخانه ندارند ($p < 0.05$). اما در مجموع در هر دو سرشاخه حسنجون و خچیره مقدار این پارامتر نسبت به شاخه اصلی شاهرود بالاتر بود (شکل ۲).

بررسی مقادیر pH محدوده مطالعاتی نشان داد که مقدار این متغیر در کلیه ایستگاههای نمونه برداری اندکی قلیایی و میانگین آن 8.7 ± 0.4 است. تأثیر مزارع پرورش ماهی بر pH رودخانه در هیچ یک از ایستگاههای نمونه برداری معنی دار نبوده است ($p < 0.05$).

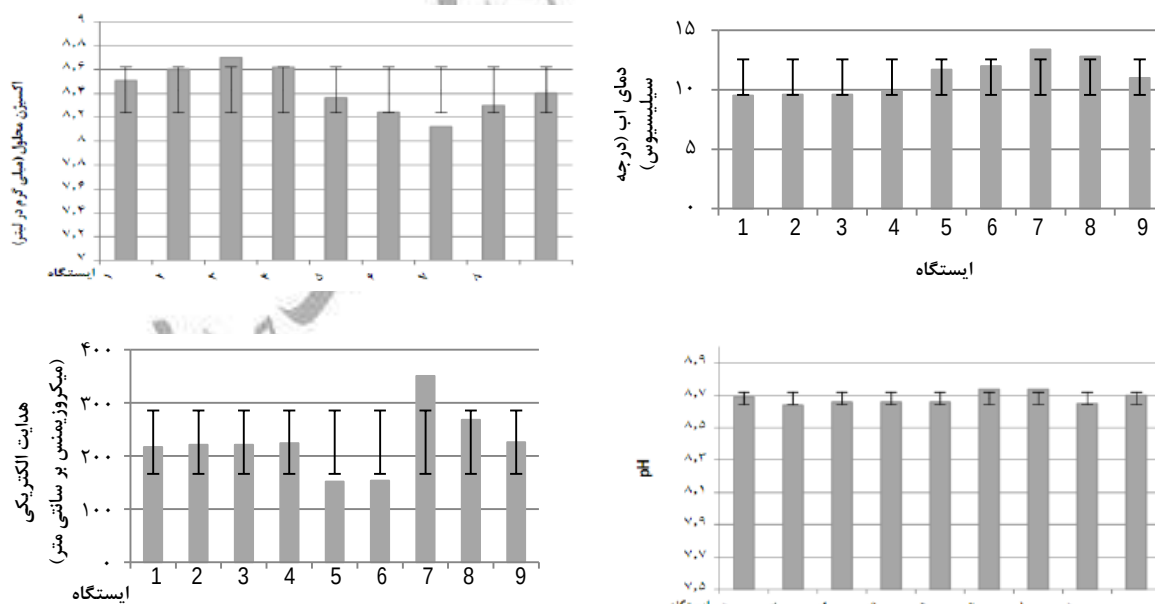
فسفر به عنوان یکی از عوامل مهم غنی شدن (Eutrophication) در آبها مطرح بوده و افزایش آن به افزایش روند غنی شدن آبها خواهد انجامید. بر این اساس مقایسه مقدار فسفر کل در دو منطقه نمونه برداری انجام شده و نتیجه حاصل نشان داد که محدوده رودخانه خچیره نسبت به محدوده رودخانه حسنجون، از آلودگی به ترکیبات فسفر به میزان کم تری برخوردار است ($p < 0.05$). هم چنین مقایسه مقدار فسفر کل در بالادست نسبت به پایین دست مزارع پرورشی، افزایش مقدار فسفر کل را در هر دو سرشاخه نشان داد. میانگین مقدار این پارامتر در محدوده مطالعاتی 2.42 ± 1.6 میکروگرم بر لیتر ثبت شد. در خصوص متغیر نیتروژن کل نیز همانند فسفر کل، محدوده رودخانه حسنجون نسبت به محدوده رودخانه خچیره آلوده تر است. میانگین مقدار این متغیر در محدوده مطالعاتی 3.50 ± 1.34 میکروگرم بر لیتر بود.

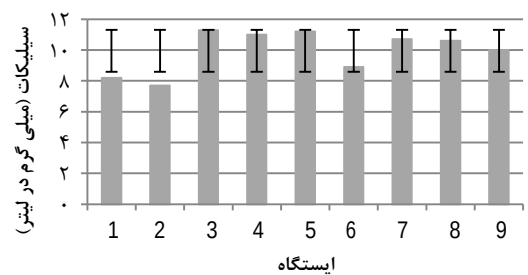
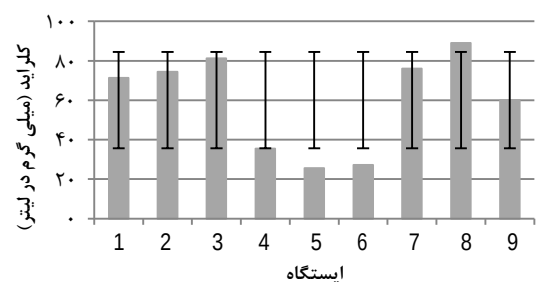
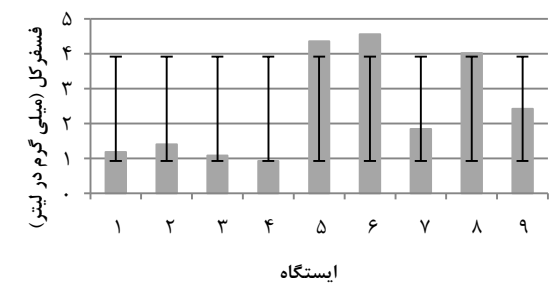
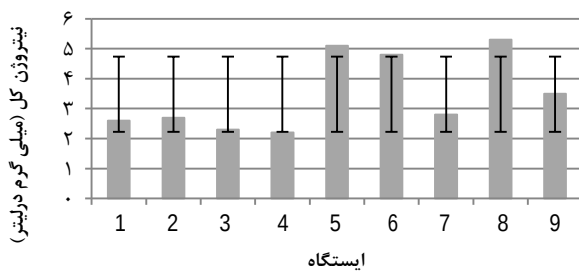
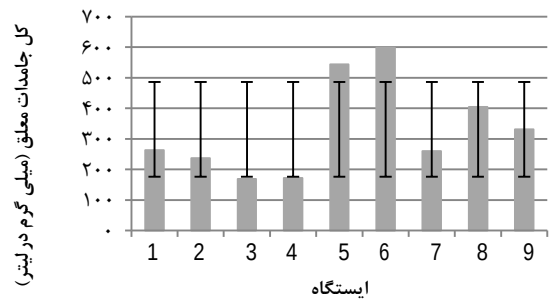
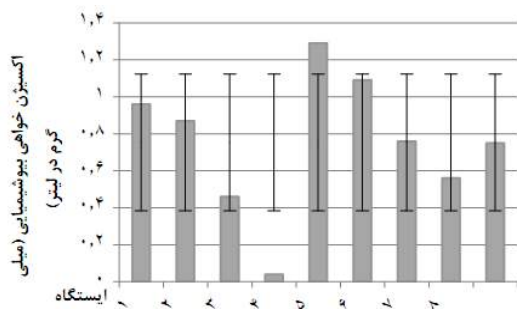
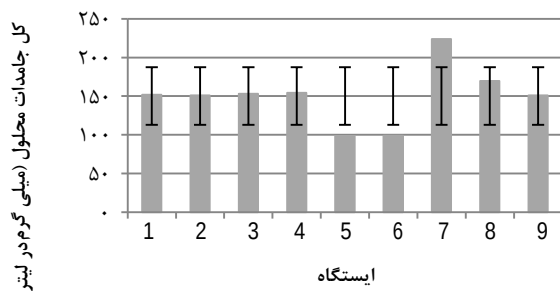
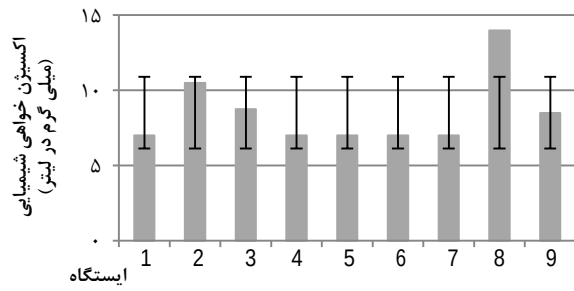
^۱ Redfield Ratio

جدول ۴: میانگین نتایج اندازه‌گیری پارامترهای فیزیکی-شیمیایی و آلودگی آب در محدوده مطالعاتی - اردیبهشت ۹۱

پارامتر	واحد	میانگین	انحراف معیار
دمای آب	درجه سلیوس	۱۱	۱/۶
اکسیژن محلول	میلی گرم در لیتر	۸/۴	۰/۲۱
اشباعیت اکسیژن	درصد	۹۷/۵	۰/۶۸
pH	...	۸/۷	۰/۰۴
هدایت الکتریکی	میکروزیمنس بر سانتی مترمربع	۲۲۶	۶۳/۵۷
کل جامدات محلول	میلی گرم در لیتر	۱۵۱	۳۹/۹۵
اکسیژن خواهی شیمیایی	میلی گرم در لیتر	۸/۵	۲/۵۴
اکسیژن خواهی بیوشیمیایی	میلی گرم در لیتر	۰/۷۵	۰/۳۹
کل جامدات معلق	میلی گرم در لیتر	۳۳۱	۱۶۵/۹۶
کلراید	میلی گرم در لیتر	۶۰/۱	۲۶/۰۶
فسفر کل	میلی گرم در لیتر	۲/۴۲	۱/۶۰
سیلیکات	میلی گرم در لیتر	۱۰	۱/۴۵
نیتروژن کل	میلی گرم در لیتر	۳/۵	۱/۳۴
آهن	میکروگرم در لیتر	<۲۰	...
روی	میکروگرم در لیتر	<۱۰	...

شکل ۱: نمودار تغییرات پارامترهای کیفی در محدوده مطالعاتی - اردیبهشت ۹۲





بررسی روند تغییرات فراوانی ماکروبتوزها براساس این مطالعه نشان می‌دهد که در محدوده مطالعاتی بیش‌ترین فراوانی ماکروبتوزها مربوط به خانواده Chironomidae از حشرات راسته دوبالان (Diptera) با میانگین کل فراوانی ۱۱/۶ عدد در متر مربع و پس از آن خانواده Elmidae از راسته قاب‌بالان (Coeloptera) با میانگین کل فراوانی ۱۰/۰ عدد در مترمربع می‌باشد.

نتایج شناسایی کفزیان درشت (ماکروبتوزها) در ایستگاه‌های مختلف در جدول ۵ ارائه شده است. همان‌گونه که در جدول مذکور مشاهده می‌شود در این مطالعه در منطقه مطالعاتی مجموعاً ۱۲ خانواده از ماکروبتوزها از ۵ راسته و رده مختلف شامل دوبالان، یکروزه‌ها، موی‌بالان، قاب‌بالان و کم‌تاران مورد شناسایی قرار گرفتند.



جدول ۵: نتایج شناسایی کفزیان درشت در محدوده مطالعاتی - اردیبهشت ۹۱ (میانگین تعداد در مترمربع)

راسته یا رده	خانواده	ایستگاه ۱	ایستگاه ۲	ایستگاه ۳	ایستگاه ۴	ایستگاه ۵	ایستگاه ۶	ایستگاه ۷	ایستگاه ۸
Diptera	Chironomidae	۱۰	۱۳/۳	۱۳/۳	۱۰		۲۳/۳	۳/۳	۶/۶
Diptera	Tipulidae	۳/۳							
Ephemeroptera	Baetidae	۳/۳					۶/۶		
Diptera	Simuliidae	۳/۳							
Diptera	Muscidae	۳/۳							
Tricoptera	Hydropsychidae			۶/۶	۶/۶				
Ephemeroptera	Heptageniidae			۶/۶	۳/۳		۶/۶		
Coeloptera	Elmidae				۱۰				
Diptera	Empididae					۳/۳			
Oligochaeta	Naididae					۳/۳			۶/۶
Ephemeroptera	Caenidae							۳/۳	
Diptera	Sciomyzidae								
جمع کل		۲۳/۳	۱۳/۳	۲۶/۶۷	۳۰	۱۰	۳۶/۶	۱۰	۱۳/۳

بحث

مطالعات نادری جلودار و همکاران (۱۳۹۰) و Soltani (۲۰۱۴) نیز مشاهده شده است.

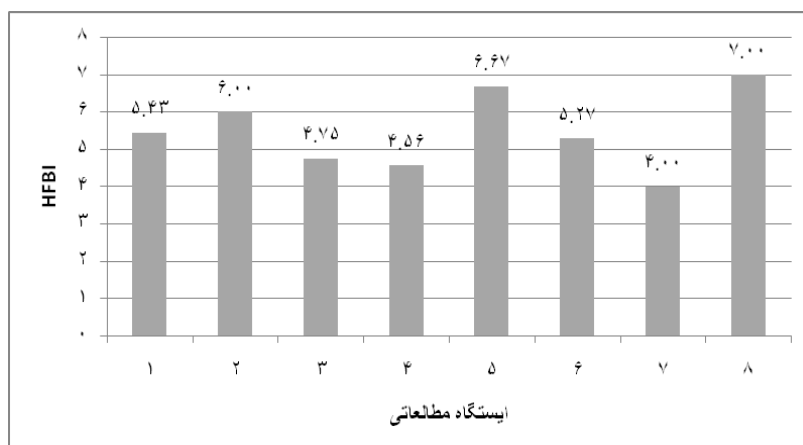
اما در محدوده رودخانه حسنجون وضعیت متفاوت است. در این سرشاخه وضعیت کیفی بالادست مزرعه پرورش ماهی "بد" بود که در اثر روند خودپالایی سرشاخه، این وضعیت بهتر شده و در پایین‌دست مزرعه وضعیت کیفی "متوسط" مشاهده شد. براین اساس چنین استنتاج می‌شود که مراکز جمعیتی بالادست مزرعه در منطقه حسنجون به شکلی تأثیرگذار از کیفیت رودخانه در این شاخه کاسته است. ورود فاضلاب خانگی روستاهای منطقه از جمله این آلاینده‌ها است که در نمونه‌برداری میدانی اردیبهشت ماه نیز مشاهده گردید. در شاخه اصلی شاهرود نیز در اثر ورود سرشاخه حسنجون، وضعیت کیفی رودخانه از "خیلی خوب" در ایستگاه ۷ به وضعیت "بد" در ایستگاه ۸ تنزل پیدا کرد که ناشی از ورود آلاینده‌های این سرشاخه به شاخه اصلی شاهرود، است. مقایسه مقادیر غلظت نیترژن و فسفر کل در این منطقه نیز افزایش مقدار آن‌ها را تا بیش از دو برابر از ایستگاه ۷ به ۸ نشان داد که تأثیر این آلاینده‌ها را در افزایش مواد مغذی تأیید می‌نماید.

نتایج محاسبه فرمول شاخص زیستی هیلسنهوف براساس معادله HFBI در محدوده رودخانه‌های مطالعاتی در جدول ۶ و شکل ۲ ارائه شده است. نتیجه حاصل از بررسی نتایج محاسبات شاخص نشان داد که در محدوده رودخانه خچیره، وجود مزرعه پرورش ماهی (با توجه به عدم وجود مراکز جمعیتی و صنایع دیگر در بالادست) منجر به کاهش درجه کیفی رودخانه خچیره به میزان یک درجه از کیفیت "متوسط" در ایستگاه ۱ به کیفیت "متوسط ضعیف" در ایستگاه ۲ شده است. به‌طور هم‌زمان مقدار اکسیژن‌خواهی بیوشیمیایی نیز در ایستگاه ۱ نسبت به ۲ افزایش نشان می‌دهد که تأییدکننده نتایج شاخص زیستی می‌باشد. اما وجود مزرعه بر کیفیت شاخه اصلی رودخانه شاهرود که از حجم بالاتری برخوردار است، مؤثر نبوده و در ایستگاه‌های شماره ۳ و ۴ تغییری در نتیجه شاخص زیستی مشاهده نشد. آلودگی به مواد آلی در مناطق بعد از مزارع پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان نسبت به قبل از آن در

جدول ۶: نتیجه محاسبه شاخص زیستی هیلسنهوف در ایستگاه‌های مختلف محدوده مطالعاتی

ایستگاه	ایستگاه ۱	ایستگاه ۲	ایستگاه ۳	ایستگاه ۴	ایستگاه ۵	ایستگاه ۶	ایستگاه ۷	ایستگاه ۸
نتیجه شاخص زیستی	۵/۴۳	۶	۴/۷۵	۴/۵۶	۶/۶۷	۵/۲۷	۴	۷
وضعیت کیفی	متوسط	متوسط ضعیف	خوب	خوب	بد	متوسط	خیلی خوب	بد
وجود آلودگی	وجود آلودگی	وجود آلودگی قابل	مقداری آلودگی	مقداری آلودگی	وجود آلودگی	وجود آلودگی نسبتاً	آلودگی آلی	وجود آلودگی
وضعیت آلودگی	نسبتاً قابل توجه	توجه به احتمال زیاد	آلی وجود دارد	آلی وجود دارد	خیلی قابل توجه	قابل توجه به احتمال زیاد	احتمالی اندک	خیلی قابل توجه به احتمال زیاد





شکل ۲: نمودار تغییرات مقدار شاخص HFBI در محدوده مطالعاتی - اردیبهشت ۹۱

aquatic ecosystem stress. American Fisheries Society. Bethesda, Maryland. 644 P.

4. **CostaPierce, B.A., 2002.** Ecological Aquaculture: The evolution of the blue revolution. Dept. of Fisheries, Animal and Veterinary Science. University of Rhode Island. 501 P.
5. **Esmaili Sari, A., 2004.** Hydrochemistry and Aquaculture. 250 P.
6. **Hilsenhoff, W.L., 1988.** Rapid field assessment of organic pollution with a family-level biotic index. J. N. Am. Benthol. Soc. Vol. 7, No. 1, pp. 65-68.
7. **Horne, A.J. and Goldman, C.R., 1994.** Limnology. McGraw-Hill international Edition. 576 P.
8. **Imanpour Namin, J.; Sharifinia, M. and Bozorgi Makrani, A., 2013.** Assessment of fish farm effluents on macroinvertebrates based on biological indices in Tajan River (north Iran). Caspian J. Env. Sci. Vol. 11, No.1, pp. 29-39.
9. **Mahboobi Soofiani, N.; Hatami, R.; Hemami, M.R. and Ebrahimi, E., 2012.** Effects of Trout Farm Effluent on Water Quality and the Macroinvertebrate Community of the Zayandeh-Roud River. North American Journal of Aquaculture. Vol. 74, No. 2, pp. 132-141.
10. **Patrick McCafferty, W., 1981.** Aquatic Entomology, Jones and Bartlett Publishers, Boston-London, 449 P.
11. **Soltani, F.; Nadri Jolodar, M.; Vosoghi, A.; Darvish Bastami, K. and Lotfiashtani, M., 2014.** The effects of Trout Farms Effluent in Haraz River on population structure of benthic

با توجه به نتایج مطالعات حاضر بررسی تأثیر چندجانبه آلاینده‌های آلی نظیر فاضلاب‌های خانگی همراه با پساب مزارع پرورش ماهی توصیه می‌گردد. در این مطالعات در بخش خچیره به دلیل عدم وجود مراکز جمعیتی، امکان ردیابی آلودگی‌های آلی ناشی از مزرعه پرورش ماهی قزل آلا رنگین کمان در منطقه فراهم گردید. اما در منطقه حسنجون آلودگی‌های آلی دیگر به جز پساب مزرعه پرورش ماهی مؤثر بوده و در نتیجه از بالادست به پایین‌دست رودخانه بهبود وضعیت کیفی مشاهده شد. بر این اساس جهت تعیین تأثیر پساب مزرعه پرورش ماهی، نمونه‌برداری از خروجی مزرعه جهت تفکیک آلودگی‌های ناشی از آن در مقایسه با سایر آلاینده‌ها پیشنهاد می‌شود. همچنین با افزایش تعداد آزمایش‌های میدانی در طول زمان، امکان مقایسه زمانی تغییرات کیفی همراه با تغییرات مکانی فراهم می‌گردد.

منابع

۱. نادری جلودار، م.؛ عبدلی، ا.؛ میرزاخانی، م.ک. و شریفی جلودار، ر.، ۱۳۹۰. پاسخ بزرگ بی‌مهرگان کفزی رودخانه هراز به پساب مزارع پرورش ماهی قزل‌آلا رنگین‌کمان، نشریه سیلات. مجله منابع طبیعی ایران. دوره ۶۴، شماره ۲، صفحات ۱۶۳ تا ۱۷۶.
۲. کویگلی، م.، ۱۳۷۹. کلید شناسایی بی‌مهرگان نهرها و رودخانه‌ها. ترجمه محبوبی صوفیانی، ن. و نادری، غ.، جهاد دانشگاهی دانشگاه صنعتی اصفهان. ۱۳۱ صفحه.
3. **Adams, S.M., 2002.** Biological indicators of



macro invertebrates. Journal of animal environment. Vol. 16, No.1, pp. 25-34.

12. **Rice, E.W.; Baird, R.B.; Eaton, A.D. and Clesceri, L.S., 2005.** Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water. 21st. Ed. Centennial edition. USA. 345 P.
13. **Wetzel, R.G., 2001.** Limnology. Academic Press, 1006 P.

فصلنامه علمی-پژوهشی محیط زیست جانوری

Study of qualitative effects of Rainbow Trout farms on Shahroud River using Hilsenhoff macrobenthic rapid bioassessment index

- **Shahram Dadgar***: Iranian Fisheries Research Organization (IFRO), Station of new fisheries technologies, P.O.Box: 14155-6116, Tehran, Iran
- **Farbod Chehrzad**: Department of Marine Biology, Science and Research Branch, Islamic Azad University, P.O.Box: 775-14515, Tehran, Iran
- **Komail Razmi**: Iranian Fisheries Research Organization (IFRO), Station of new fisheries technologies, P.O.Box: 14155-6116, Tehran, Iran

Received: May2014

Accepted: July 2014

Key words: Hilsenhoff Family Biological Index (HFBI), Macrobenthos, Qualitative impacts of Rainbow Trout fish farms, Rapid Bioassessment.

Abstract

In this study pollution emissions of two Rainbow Trout farms situated on Khochireh and Hasanjoun branch of Shahroud River in Taleghan Dam basin was studied, using Hilsenhoff Rapid Bioassessment Family Biological Index (HFBI). Results of the Biological Index were comprised with Physical, Chemical and Contaminant results of affected rivers. Results showed that BOD₅ in both branches were more than Shahroud River as a main branch but the farms didn't have significant effect on organic matter increasing load ($p>0.05$). The effect of the farms on rivers pH were not significant ($p>0.05$). TSS in Hasanjoun River was more than Khochireh River ($p<0.05$) and Khochireh River had less phosphorus contaminant than Hasanjoun River ($p<0.05$). As a result, the load of organic contaminant in Hasanjoun was more than Khochireh branch ($p<0.05$). Changes in macrobenthos communities showed that the dominant families were Chironomidae (Diptera order) with 11.6 mean numbers in m² and Elmidae (Coeloptera order) with 10.0 mean numbers in m² in the study area. HFBI results based on macrobenthos diversity and density in sampling time showed that presence of Rainbow Trout farm in Khochire caused decreasing in river quality as little as one degree from "Moderate" in station1 to "Fairly poor" in station2. But this fish farm has not effect on Shahroud river main branch, based on no changing in HFBI results on stations3 and 4. The quality of Hasanjoun branch at fish farm upstream was "Bad" because of the presence of population centers in this area. Assimilative capacity of the river cause better condition in water quality at fish farm downstream in this branch as "Moderate" condition. Shahroud river at this area had "Very good" condition on station7 (upstream of Hasanjoun branch in Shahroud) and "Bad" condition on station8 (Downstream of Hasanjoun branch in Shahroud) that is shown the effects of organic pollutants entering from Hasanjoun branch to the Shahroud main branch. Results of physicochemical and biological comparison showed that in the sampling time, the fish farms had not impacts on Shahroud main river branch because of high water volume of this river.

