



وزارت نیرو
شرکت مدیریت منابع آب ایران
شرکت آب منطقه‌ای مازندران
گروه تحقیقات کاربردی و معاونت مالی و پشتیبانی



خلاصه گزارش طرح

ارزیابی اثرات کارگاه‌های پرورش ماهی قزل‌آلا بر کیفیت آب و تعیین توان خودپالایی رودخانه‌های هراز و تجن

طرح تحقیقاتی سرباز نخبه

پژوهشگر
ایمان شیردل دارابی

مدیر پروژه و ناظر
حسینعلی زبردست رستمی

تاریخ انتشار

زمستان ۱۳۹۷

دبیرخانه گروه تحقیقات

شرکت آب منطقه‌ای مازندران

استان مازندران، ساری، کیلومتر ۳ جاده ساری - قائمشهر

شرکت آب منطقه‌ای مازندران کدپستی : ۴۸۱۵۸۹۸۶۴۳

تلفکس گروه تحقیقات : ۳۳۳۴۷۸۱۵ (۰۱۱)

تلفن : ۳۳۳۴۷۸۰۱-۴ (۰۱۱) دورنگار : ۳۳۳۴۷۸۰۰ (۰۱۱)

پست الکترونیک: wrm.mz.research@gmail.com

www.mzrw.ir

وب سایت :



وزارت نیرو
شرکت مدیریت منابع آب ایران
شرکت آب منطقه‌ای مازندران
گروه تحقیقات کاربردی و معاونت مالی و پشتیبانی

خلاصه گزارش طرح

ارزیابی اثرات کارگاه‌های پرورش ماهی قزل آلا بر کیفیت آب و تعیین توان خودپالایی رودخانه‌های هراز و تجن

طرح تحقیقاتی سرباز نخبه

پژوهشگر
ایمان شیردل دارابی

مدیر پروژه و ناظر
حسینعلی زبردست رستمی

تاریخ انتشار
زمستان ۱۳۹۷

پروژه ارزیابی اثربخشی و مستندسازی پروژه‌های تحقیقاتی

شناسنامه طرح

این گزارش نتیجه اجرای طرح تحقیقاتی سرباز نخبه معرفی شده از طریق مرکز نخبگان و استعدادهای برتر نیروهای مسلح کشور و شرکت مدیریت منابع آب ایران با عنوان «**ارزیابی اثرات کارگاه‌های پرورش ماهی قزل‌آلا بر کیفیت آب و تعیین توان خودپالایی رودخانه‌های هراز و تجن**» می‌باشد. که موافقت انجام آن طی نامه شماره ۹۴/۱۹۱/۵۲۰۴ مورخ ۹۴/۳/۲۷ شرکت مدیریت منابع آب ایران به شرکت آب منطقه‌ای مازندران اعلام گردیده است.

راهبری این طرح تحقیقاتی با تعامل و همکاری از سوی گروه تحقیقات کاربردی و معاونت مالی و پشتیبانی شرکت انجام گردیده است. پژوهشگر این طرح سرباز نخبه آقای **ایمان شیردل دارابی** بوده و مدیر پروژه و داوری نهایی طرح نیز توسط آقای **حسینعلی زبردست رستمی** (از شرکت آب منطقه‌ای مازندران) انجام گردیده است.

گروه تحقیقات کاربردی
شرکت آب منطقه‌ای مازندران

ارزیابی اثرات کارگاه‌های پرورش ماهی قزل‌آلا بر کیفیت آب و تعیین توان خودپالایی

رودخانه‌های هراز و تجن

پژوهشگران: ایمان شیردل دارابی و حسینعلی زبردست رستمی

چکیده

آبزی‌پروری ابزار مهمی برای افزایش رشد اقتصادی در نواحی شهری و روستایی از طریق ایجاد شغل و درآمد است. در راستای اقتصاد مقاومتی و با توجه به سیاست کشور مبنی بر افزایش تولید ماهیان پرورشی، ایجاد کارگاه‌های تکثیر و پرورش ماهیان سردابی بر روی رودخانه‌هایی نظیر هراز و تجن به‌عنوان بزرگ‌ترین و پرآب‌ترین رودخانه‌های استان مازندران بدون هرگونه مطالعه‌ای انجام می‌گیرد. به‌طوری‌که در طراحی و ساخت آنها دقت لازم نسبت به رعایت فواصل با کارگاه‌های بالادست و پایین‌دست و همچنین امکان پالایش آب خروجی قبل از ورود به مسیر رودخانه صورت نمی‌گیرد. از آن جا که استفاده از آب رودخانه‌های هراز و تجن به‌منظور ایجاد و توسعه کارگاه‌های تکثیر و پرورش ماهی قزل‌آلا به سرعت رو به گسترش می‌باشد، لذا سنجش شاخص‌های کیفی آب این رودخانه و ارزیابی تاثیر کارگاه‌ها بر آنها و به‌علاوه تعیین توان خودپالایی این رودخانه‌ها ضروری می‌باشد. در پژوهش حاضر، ارزیابی اثرات کارگاه‌های پرورش قزل‌آلای رنگین کمان بر کیفیت آب و تعیین توان خودپالایی رودخانه‌های هراز و تجن با بررسی تاثیر کمی و کیفی پساب خروجی مزارع پرورش ماهی بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی (BOD , PO_4 , NH_4 , NO_3 , NO_2 , pH , DO , EC , TS , TSS , TDS) آب رودخانه‌های هراز و تجن صورت گرفت. برای انجام این پروژه ۹ ایستگاه در رودخانه هراز و ۵ ایستگاه در رودخانه تجن انتخاب و نمونه‌برداری شدند. نمونه‌برداری قبل از ورودی آب هر مزرعه و بعد از آن در دو ایستگاه که ایستگاه اول در فاصله ۵۰-۱۰۰ متری و ایستگاه بعدی در فاصله حدود ۲-۱/۵ کیلومتری آنها برای مطالعه روند خودپالایی رودخانه انجام شد. نتایج نشان داد که این رودخانه‌ها در حال حاضر توان خودپالایی آلاینده‌های ناشی از کارگاه‌های پرورش ماهی را دارند ولی با توجه به سیاست کشور مبنی بر افزایش تعداد کارگاه‌های پرورش ماهیان سردابی و همچنین عدم کنترل آلاینده‌های وارده به این رودخانه‌ها، در فاصله زمانی نه چندان طولانی آلودگی این رودخانه‌ها از معضلات جدی خواهد بود. همچنین در

پایین دست مجتمع پرورش ماهی در منطقه گزنک، پساب مزارع تاثیرات شدیدی بر اکوسیستم رودخانه وارد کرده که مدیریت علمی مزارع این منطقه ضروری به نظر می‌رسد. فواصل مزارع پرورش ماهی ایجاد شده، در رودخانه هراز مبنای علمی نداشته و بررسی حاضر نشان می‌دهد خودپالایی آن در فاصله ۲-۱/۵ کیلومتری بعد از مزرعه نسبتاً قابل توجه می‌باشد. بنابراین رعایت این فاصله بین مزارع پرورش ماهی در حفظ سلامتی اکوسیستم رودخانه موثر می‌باشد. با توجه به این که پساب کلیه مزارع به طور مستقیم وارد اکوسیستم رودخانه می‌شوند، لذا بهتر است کلیه این واحدها از سیستم‌های مجهز برای تصفیه پساب و فاضلاب استفاده نمایند.

کلید واژه‌ها: پساب، مزرعه پرورش ماهی، قزل‌آلا، خودپالایی، هراز، تجن

مقدمه

آب‌های سطحی پتانسیل زیادی برای آلوده شدن دارند. این آب‌ها از دیرباز به طور جدی از سوی جوامع بشری و مراکز صنعتی مورد تهدید بوده‌اند که نتیجه آن فاضلابی است که از صنایع تولیدی و غیر تولیدی ایجاد شده و باعث به مخاطره انداختن شرایط اکولوژیک زیستگاه‌های آبریان می‌شود. یکی از استفاده‌های مرسوم از منابع آب، پرورش آبریان می‌باشد. احداث کارگاه‌های پرورش ماهیان سردابی در کنار رودخانه‌ها در ایران و دیگر کشورها به صورت امر رایج در آمده است. فاضلاب این کارگاه‌ها مستقیماً وارد رودخانه‌ها شده و مسلماً آثار سویی را به دنبال خواهد داشت.

متأسفانه در حال حاضر علی‌رغم کمبود آب آشامیدنی، در اغلب شهرهای کوچک و بزرگ ایران، هیچ‌گونه استاندارد مشخصی جهت ایجاد کارگاه‌های تکثیر و پرورش ماهیان سردابی بر روی رودخانه‌های جاری با آب دائم که از شاه‌رگ‌های حیاتی جامعه به‌شمار می‌روند صورت نمی‌گیرد. این کنترل که باید از جهت میزان ترکیبات آلاینده در خروجی کارگاه‌ها و امکان شرایط پالایش آن‌ها از یک سو و رعایت فاصله مطمئن با کارگاه بعدی جهت فرصت خودپالایی رودخانه انجام گیرد، در حال حاضر رعایت نمی‌شود و با توجه به سیاست کشور مبنی بر افزایش تولید ماهیان پرورشی بدون هرگونه مطالعه‌ای اقدام به ایجاد کارگاه‌های تکثیر و پرورش ماهیان سردابی بر روی رودخانه‌هایی نظیر هراز و تجن می‌گردد که در طراحی و ساخت آن‌ها دقت لازم نسبت به رعایت فواصل با کارگاه‌های

بالادست یا پایین‌دست و همچنین امکان پالایش آب خروجی قبل از ورود به مسیر رودخانه نشده است. بدیهی است در فاصله زمانی نه چندان زیاد به‌علت نیاز به منابع آبی جدید آشامیدنی، آلودگی آن‌ها از معضلات جدی خواهد بود (اسماعیلی، ۱۳۷۹).

پساب مزارع قزل‌آلا به‌طور عمده شامل سه دسته مواد آلوده کننده است:

- ۱- مواد جامد معلق که شامل غذای خورده نشده و مدفوع ماهی است.
- ۲- مواد محلولی که توسط ماهی به محیط آزاد می‌شود که بزرگ‌ترین سهم این مواد زایدات ارگانیکی و ترکیبات ازته محلول (آمونیم و اوره) است.
- دو دسته مواد ذکر شده باعث اختلالات شیمیایی آب ناشی از فرایندهای تجزیه می‌گردد که مهم‌ترین آن‌ها ازدیاد BOD، ازت آمونیاکی، نیترات، نوسانات شدید اکسیژن محلول و تغییرات pH ناشی از به هم خوردن موازنه شیمیایی در آب می‌باشد.
- ۳- مواد شیمیایی باقی‌مانده از درمان‌های دارویی انجام شده مثل سولفات مس، فرمالین، قارچ‌کش‌هایی مثل مالاخیت گرین و انواع مختلف آنتی بیوتیک‌ها مثل سولفانامیدها حتی در مقادیر نسبتاً کم خود از عوامل تشدیدکننده اختلالات شیمیایی در آب می‌باشد (Selong and Helfrich, 1998).

اثر مستقیم پساب روی آب‌های جاری مزارع پرورش ماهی پایین‌دست بوده که باعث افزایش کدورت آب به‌همراه پایین آوردن میزان اکسیژن محلول در آب می‌باشد که ممکن است با بالا رفتن دمای آب نیز همراه باشد که علت را شاید بتوان این گونه توضیح داد که اصولاً آب‌های کدر در مجاورت نور خورشید به‌علت جذب انرژی نور توسط ذرات معلق موجود در آب سریع‌تر از آب‌های شفاف گرم می‌شوند. پساب به‌طور چشمگیری می‌تواند برای موجودات زنده آب سمی باشد که بیشتر به‌خاطر وجود آمونیاک، دی‌اکسیدکربن، نیتروژن به اشکال نیتريت و نیترات و همچنین فسفات موجود در آب است (Boyd and Tucker, 1998). کیفیت آبی که در مزارع پرورش ماهیان سردابی مورد استفاده قرار می‌گیرد به‌صورت زیر تغییر می‌یابد:

کاهش اکسیژن محلول، افزایش دی‌اکسید کربن، افزایش آمونیاک، افزایش نیتريت، افزایش فسفات، افزایش نیترات، افزایش مواد معلق و رسوبی، افزایش BOD.

آبی‌پروری ابزار مهمی برای افزایش رشد اقتصادی در نواحی شهری و روستایی از طریق ایجاد شغل و درآمد است. با این وجود باید به روش‌های تولید توجه لازم مبذول گردد تا اثرات منفی فرایند تولید در آبی‌پروری کاهش یابد. مطالعات علمی فراوانی در خصوص تاثیر احداث استخرهای پرورش ماهی بر رودخانه‌ها و اثرات زیست محیطی آن‌ها بر اکوسیستم‌های آبی در جهان انجام شده است. مشخص نمودن میزان پارامترهای فیزیکوشیمیایی پساب مزارع پرورش ماهی که به منابع آبی رها می‌شوند و تعیین تاثیر آبی‌پروری بر این پارامترها، اطلاعات پایه را جهت تنظیم مقررات حفاظت از محیط زیست فراهم می‌نماید. بر اساس این اطلاعات، پرورش‌دهندگان ماهی ملزم به توسعه سیستم‌های تصفیه پساب مزارع و بهبود شرایط محیطی در منابع آبی خواهند شد. از آن جا که استفاده از آب رودخانه هراز به‌عنوان بزرگ‌ترین و پرآب‌ترین رودخانه استان مازندران جهت امور مختلف به‌ویژه ایجاد و توسعه کارگاه‌های تکثیر و پرورش ماهی قزل‌آلا به سرعت رو به گسترش می‌باشد، لذا لزوم سنجش شاخص‌های کیفی آب این رودخانه و ارزیابی تاثیر کارگاه‌ها بر آن با توجه به مصرف مواد غذایی، سموم و داروهای مختلف و همچنین دفع فضولات و مواد دفعی آبزیان و به‌علاوه تعیین توان خودپالایی این رودخانه ضروری می‌باشد. در پژوهش حاضر، ارزیابی اثرات کارگاه‌های پرورش قزل‌آلای رنگین کمان بر کیفیت آب و تعیین توان خودپالایی رودخانه‌های هراز و تجن با بررسی تاثیر کمی و کیفی پساب خروجی مزارع پرورش ماهی بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی (NO_2 ، NO_3 ، NH_4 ، NH_3 ، PO_4 ، BOD ، COD ، pH ، DO ، EC ، TS ، TSS ، TDS) آب رودخانه هراز و تجن صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

رودخانه هراز یکی از رودخانه‌های مهم حوضه آبریز دریای خزر بوده و پرآب‌ترین رودخانه غرب مازندران و یکی از ۳ رودخانه پرآب شمال کشور محسوب می‌شود (افشین‌نژاد، ۱۳۷۳) که از دامنه شرقی کوه پالون گردن، ۸۰ کیلومتری جنوب غربی آمل و ۷۰ کیلومتری جنوب غربی نور سرچشمه گرفته و تا پلور، رودخانه لار و از آن پس هراز نامیده می‌شود (روشن طبری، ۱۳۷۵). این رودخانه یکی از رودخانه‌های دائمی استان مازندران است. طول رودخانه هراز ۱۸۵ کیلومتر بوده

ارزیابی اثرات کارگاه‌های پرورش ماهی قزل‌آلا بر کیفیت آب ...

(افشین‌نژاد، ۱۳۷۳) و حوزه آبخیز رودخانه هراز با مساحتی حدود ۵۱۰۰ کیلومتر مربع در بخش شمالی سلسله جبال البرز، ۳۵ درجه و ۴۵ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۴۲ دقیقه عرض شمالی و ۵۱ درجه و ۲۷ دقیقه تا ۵۲ درجه و ۴۲ دقیقه طول شرقی واقع شده است (روشن طبری، ۱۳۷۵).

انتخاب ایستگاه‌ها و نحوه نمونه‌برداری

برای انجام این پروژه سه مزرعه تکثیر و پرورش ماهی بر اساس مطالعات میدانی انتخاب شدند (به‌طوری‌که هم بالادست و هم پایین‌دست رودخانه پوشش داده شود). نمونه‌برداری قبل از ورودی آب هر مزرعه (ایستگاه شاهد) و بعد از آن در دو ایستگاه که ایستگاه اول در فاصله ۵۰-۱۰۰ متری (جایی که آب خروجی این مزرعه با آب رودخانه مخلوط می‌شود) و ایستگاه بعدی در فاصله حدود ۲-۱/۵ کیلومتری آن‌ها برای مطالعه روند خودپالایی رودخانه (محلی که بخشی از اثرات منفی پساب کارگاه کاهش یافته)، انجام شد. در مجموع ۹ ایستگاه در رودخانه هراز و ۵ ایستگاه در رودخانه تجن انتخاب و نمونه‌برداری شدند.

جدول ۱- شماره ایستگاه‌ها و نام محل‌های نمونه‌برداری در رودخانه هراز

شماره ایستگاه	محل نمونه‌برداری
۱	بالادست مزرعه پرورش ماهی اول
۲	محل ورود پساب مزرعه پرورش ماهی اول به داخل رودخانه هراز
۳	۲-۱/۵ کیلومتر پایین‌دست مزرعه پرورش ماهی اول
۴	بالادست مزرعه پرورش ماهی دوم
۵	محل ورود پساب مزرعه پرورش ماهی دوم به داخل رودخانه هراز
۶	۲-۱/۵ کیلومتر پایین‌دست مزرعه پرورش ماهی دوم
۷	بالادست مزرعه پرورش ماهی سوم
۸	محل ورود پساب مزرعه پرورش ماهی سوم به داخل رودخانه هراز
۹	۲-۱/۵ کیلومتر پایین‌دست مزرعه پرورش ماهی سوم

جدول ۲- شماره ایستگاه‌ها و نام محل‌های نمونه‌برداری در رودخانه تجن

شماره ایستگاه	محل نمونه‌برداری
۱	بالادست مزرعه پرورش ماهی اول
۲	محل ورود پساب مزرعه پرورش ماهی اول به داخل رودخانه تجن
۳	۲-۱/۵ کیلومتر پایین‌دست مزرعه پرورش ماهی اول
۴	محل ورود پساب مزرعه پرورش ماهی دوم به داخل رودخانه تجن
۵	۲-۱/۵ کیلومتر پایین‌دست مزرعه پرورش ماهی دوم



شکل ۱- ایستگاه‌های مورد مطالعه در رودخانه هراز. نقاط زرد: ایستگاه نمونه‌برداری، نقاط سبز: کارگاه پرورش ماهی قزل‌آلا

ایستگاه‌های نمونه‌برداری

در رودخانه هراز ۹ ایستگاه در حاشیه سه مزرعه پرورش ماهی که در مناطق نیاک به‌عنوان ایستگاه بالادست، گزنک به‌عنوان ایستگاه میانه و وانا به‌عنوان ایستگاه پایین‌دست قرار داشتند، انتخاب و نمونه‌برداری شد (جدول ۱ و شکل ۱). در رودخانه تجن نیز ۵ ایستگاه در حاشیه مزارع پرورش ماهی موجود انتخاب و نمونه‌برداری شد (جدول ۲ و شکل ۲).



شکل ۲- ایستگاه‌های مورد مطالعه در رودخانه تجن. نقاط زرد: ایستگاه نمونه‌برداری، نقاط سبز: کارگاه پرورش ماهی قزل‌آلا

آنالیز شیمیایی

تعدادی از پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب از قبیل اکسیژن محلول (DO)، هدایت الکتریکی (EC) و pH در محل و با استفاده از دستگاه مولتی لاین، اندازه‌گیری شد. سپس نمونه‌های آب رودخانه با استفاده از ظروف پلاستیکی یک لیتری جهت سنجش مقادیر سایر پارامترهای کیفی آب شامل اکسیژن‌خواهی بیولوژیکی (BOD)، اکسیژن‌خواهی شیمیایی (COD)، نیتريت (NO_2)، نترات (NO_3)، فسفات (PO_4)، آمونیوم (NH_4^+)، مواد جامد معلق (TSS) و مواد جامد محلول (TDS) به آزمایشگاه دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی دانشگاه تربیت مدرس جهت اندازه‌گیری انتقال داده شد.

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

تجزیه و تحلیل داده‌های بدست آمده با نرم‌افزار آماری SPSS نسخه ۱۷ با استفاده از آنالیز واریانس یک طرفه (One-way ANOVA) و نرمال‌سازی داده‌ها با روش کولموگراف-اسمیرنوف انجام شد. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون دانکن (Duncan) در سطح ۵ درصد ($P=0.05$) استفاده گردید. محاسبه داده‌ها و ترسیم نمودارها با EXCEL انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج سنجش فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی رودخانه هراز به شرح زیر است:

مقدار DO چه در تابستان و چه در زمستان تغییر معنی‌داری در ایستگاه‌های قبل و بعد از کارگاه‌های پرورش ماهی نداشت. اگرچه مقدار DO در ایستگاه‌های بلافاصله بعد از کارگاه‌ها به‌ویژه ایستگاه شماره ۵ کمتر از ایستگاه‌های قبل و بعد از آن بود. مقدار BOD به‌طور کلی در فصل تابستان در ایستگاه‌های بعد از کارگاه‌های پرورش ماهی بیشتر از ایستگاه‌های قبل و بعد از کارگاه‌ها بود. به‌ویژه در ایستگاه شماره ۵ که مقدار این پارامتر به‌طور معنی‌داری از ایستگاه‌های قبل و بعد از آن بیشتر بود (در تابستان). مقدار EC در کارگاه‌های قبل و بعد از کارگاه پرورش ماهی تغییر معنی‌داری نداشت. اگرچه اندکی افزایش داشت. مقدار pH نیز در ایستگاه‌های بعد از مزرعه پرورش ماهی بیشتر از ایستگاه‌های قبل و بعد از آن بود (تابستان و زمستان)، اما این اختلاف معنی‌دار نبود.

مقدار آمونیوم هم در فصل تابستان و هم در فصل زمستان در ایستگاه‌های بعد از کارگاه پرورش ماهی بیشتر از ایستگاه‌های قبل و بعد از آن بود. که این اختلاف تنها در ایستگاه شماره ۵ چه در فصل تابستان و چه در فصل زمستان معنی‌دار بود. مقدار نیتريت از بالادست به سمت پایین‌دست رودخانه روند افزایشی داشت ولی اختلاف بین ایستگاه‌های قبل و بعد از کارگاه، معنی‌دار نبود. همچنین مقدار نیتريت در ایستگاه‌های ۲-۱/۵ کیلومتری پایینتر از کارگاه‌ها بیشتر از ایستگاه‌های بلافاصله بعد از کارگاه بود که این اختلاف البته معنی‌دار نبود. نترات هم روندی مشابه نیتريت داشت و اختلاف معنی‌داری بین ایستگاه‌های قبل و بعد از کارگاه‌های پرورش ماهی مشاهده نشد. مقدار فسفات نیز به سمت پایین‌دست روند افزایشی داشت ولی اختلاف معنی‌داری بین ایستگاه‌های قبل و بعد از کارگاه‌ها مشاهده نشد. اگرچه مقدار آن در ایستگاه‌های بعد از کارگاه‌های پرورش ماهی بیشتر از ایستگاه‌های قبل و بعد از آن بود.

مقادیر TDS، TS و TSS روند مشابهی با یکدیگر داشتند. به‌طوری که مقدار آن‌ها قبل و بعد از کارگاه پرورش ماهی اندکی افزایش داشت ولی این افزایش معنی‌دار نبود. مقادیر پارامترهای اندازه‌گیری شده در ایستگاه‌های نمونه‌برداری از رودخانه هراز به‌صورت زیر می‌باشد.

ارزیابی اثرات کارگاه‌های پرورش ماهی قزل‌آلا بر کیفیت آب ...



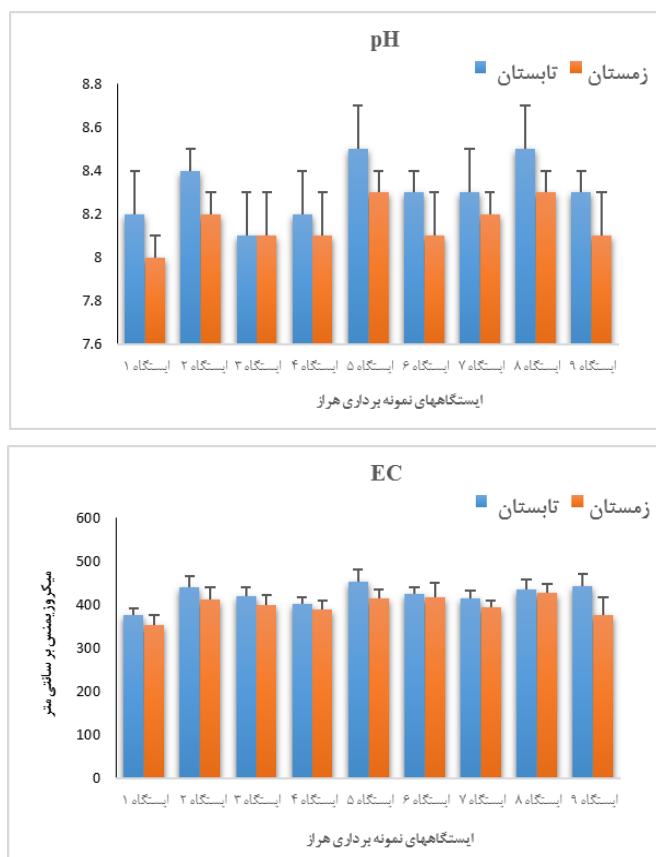
شکل ۳- میانگین TSS، DO و BOD در نمونه‌های مورد مطالعه از ایستگاه‌های مختلف رودخانه هراز



شکل ۴- میانگین NO_3 ، NH_4 و PO_4 در نمونه‌های مورد مطالعه از ایستگاه‌های مختلف رودخانه هراز



شکل ۵- میانگین NO₂، TDS، TS در نمونه‌های مورد مطالعه از ایستگاه‌های مختلف رودخانه هراز



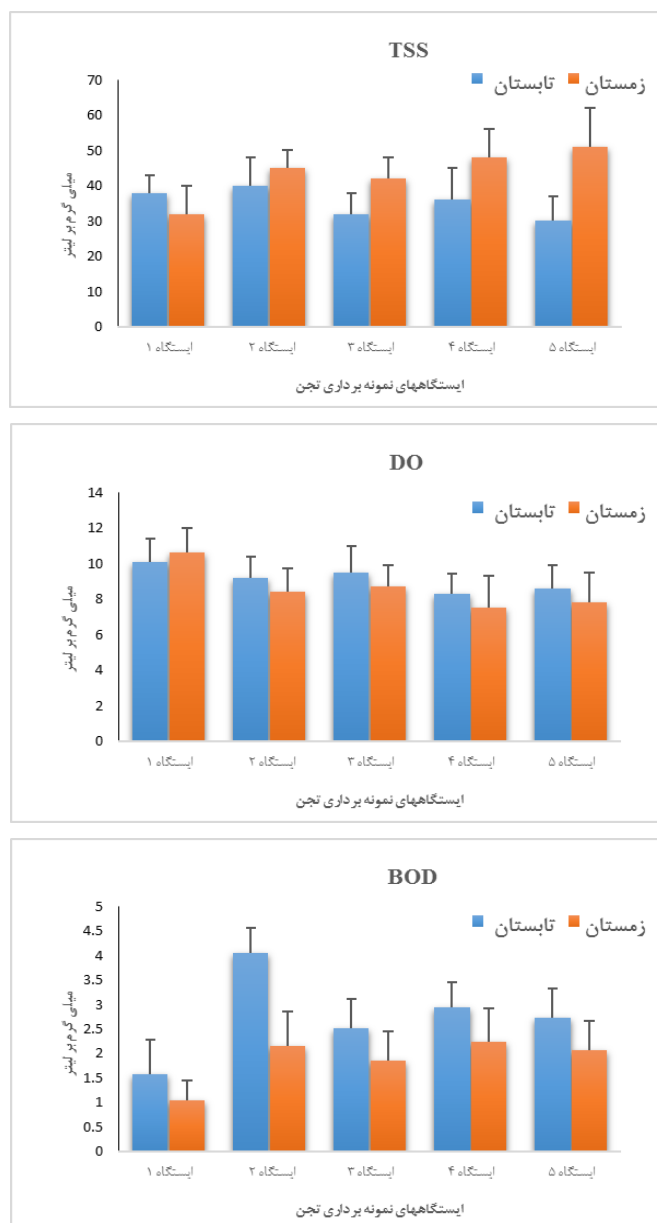
شکل ۶- میانگین pH و EC در نمونه‌های مورد مطالعه از ایستگاه‌های مختلف رودخانه هراز

نتایج سنجش فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی رودخانه تجن به شرح زیر می‌باشد:

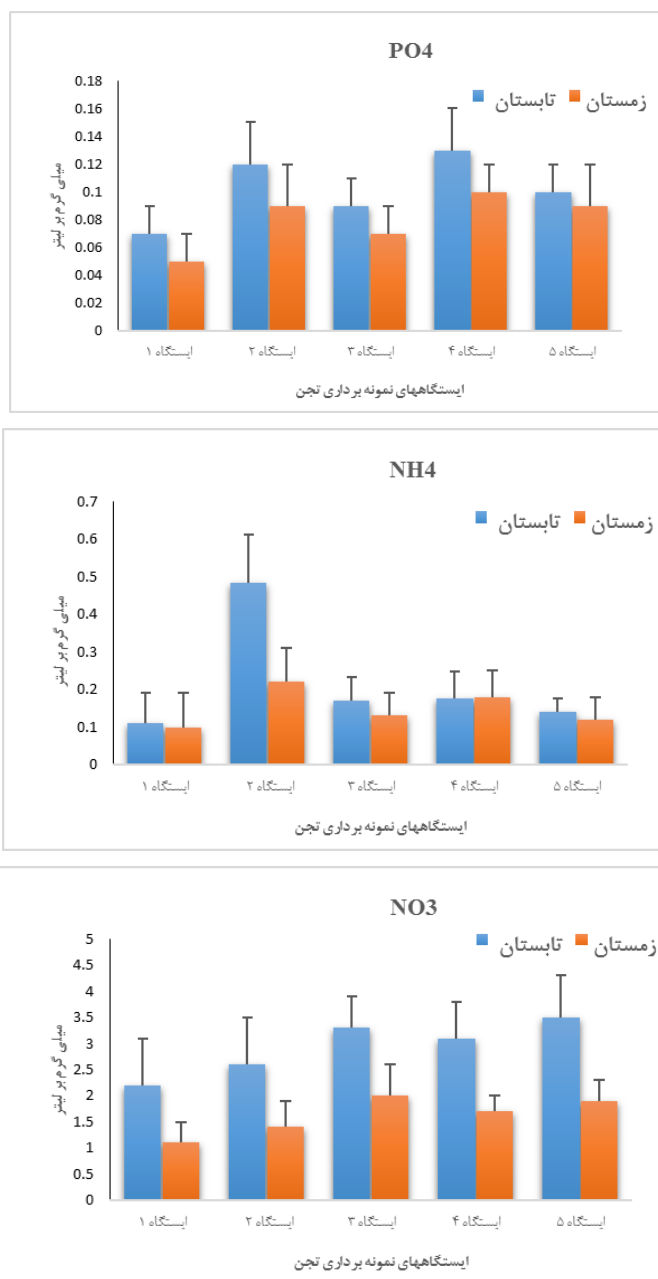
مقدار DO در فصل تابستان و زمستان تغییر معنی‌داری در ایستگاه‌های قبل و بعد از کارگاه‌های پرورش ماهی نداشت. مقدار BOD نیز تنها در ایستگاه دوم تجن در فصل تابستان با ایستگاه‌های قبل و بعد از آن اختلاف معنی‌دار داشت. مقدار EC نیز تفاوت معنی‌داری در ایستگاه‌های مورد مطالعه به‌ویژه قبل و بعد از کارگاه پرورش ماهی از خود نشان نداد (چه در فصل تابستان و چه در فصل زمستان). مقدار pH اگرچه نوسانات زیادی در ایستگاه‌های مختلف به‌ویژه فصل تابستان داشت، اما اختلاف معنی‌داری را بین ایستگاه‌های مختلف و همچنین قبل و بعد از کارگاه پرورش ماهی نشان نداد.

مقدار آمونیوم نیز تنها در ایستگاه ۲ و آن هم در فصل تابستان با سایر ایستگاه‌ها تفاوت معنی‌دار داشت و مقدار آن از ایستگاه قبل از پرورش ماهی بیشتر بود. مقدار نیتريت از بالادست به سمت پایین دست روند افزایشی داشت، ولی تفاوت معنی‌داری بین ایستگاه‌های قبل و بعد از کارگاه‌های پرورش ماهی مشاهده نشد. همچنین نترات روندی مشابه نیتريت داشت و اثر قابل توجهی که ناشی از ورود پساب کارگاه‌های پرورش ماهی باشد، در مورد این پارامتر مشاهده نشد. مقدار فسفات هم بین ایستگاه‌های مختلف تا حدودی نوسان داشت ولی اختلاف معنی‌داری بین مقادیر فسفات در ایستگاه‌های مختلف و همچنین قبل و بعد از کارگاه پرورش ماهی مشاهده نشد.

مقادیر TDS، TSS و TS هم تقریباً روند مشابهی داشتند و تفاوت معنی‌داری بین ایستگاه‌های مختلف و همچنین قبل و بعد از کارگاه پرورش ماهی مشاهده نشد. مقادیر پارامترهای اندازه‌گیری شده در ایستگاه‌های نمونه‌برداری از رودخانه تجن به‌صورت زیر می‌باشد:



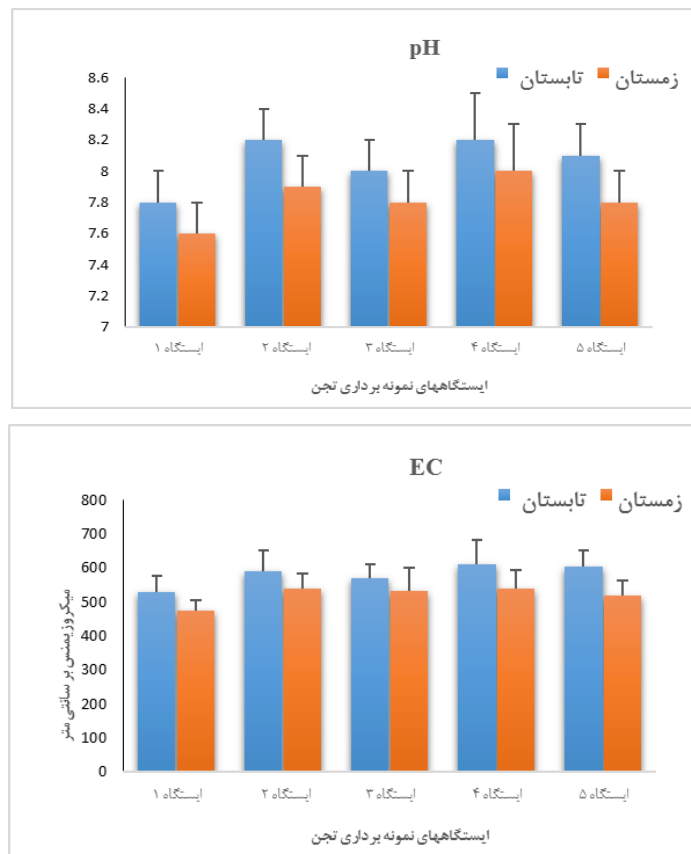
شکل ۷- میانگین TSS، DO و BOD در نمونه‌های مورد مطالعه از ایستگاه‌های مختلف رودخانه تجن



شکل ۸- میانگین PO_4 ، NH_4 و NO_3 در نمونه‌های مورد مطالعه از ایستگاه‌های مختلف رودخانه تجن



شکل ۹- میانگین NO₂، TDS و TS در نمونه‌های مورد مطالعه از ایستگاه‌های مختلف رودخانه تجن



شکل ۱۰- میانگین pH و EC در نمونه‌های مورد مطالعه از ایستگاه‌های مختلف رودخانه تجن

نتایج تحقیقات لوچ و همکاران (۱۹۹۶) مبین تغییرات ذیل در نتیجه فعالیت مزارع پرورش ماهی

بر روی بوم سازگان‌های آبی اطراف آن‌ها می‌باشد:

- ۱- افزایش رسوب‌گذاری
- ۲- افزایش جامدات معلق و مواد آلی محلول
- ۳- کاهش میزان اکسیژن محلول به دلیل تنفس ماهی‌ها و افزایش اکسیژن موردنیاز زیستی
- ۴- افزایش غلظت آمونیوم، نیترات و نیتريت

۵- افزایش سمیت آمونیوم

البته با توجه با گونه، اندازه و سن ماهی، تراکم ماهی‌ها در استخر میزان مواد آلاینده تولید شده کارگاه‌ها بسیار متفاوت است.

در استخرهای پرورش ماهی قزل‌آلا، آمونیاک که به‌طور طبیعی از طریق آبشش ماهی‌ها و از راه مدفوع آن‌ها و نیز شکسته شدن سلول‌های مرده توسط باکتری‌ها، وارد آب شده که میزان آن ۶/۵ تا ۷ ساعت پس از غذادهی ماهیان به حداکثر خود می‌رسد. قسمت عمده آمونیاک محلول در آب بعداً تبدیل به آمونیوم شده که برای ماهی، سمی به‌شمار نمی‌آید.

کارگاه پرورش ماهی در حاشیه رودخانه‌های هراز و تجن شامل استخرهای بزرگ رو باز بود که حجم زیادی از آب را از بالادست خود برداشته و پس از فعالیت آبی پروری، مجدداً در پایین‌دست به رودخانه رها می‌کند. مطالعات قبلی نیز تاثیر منفی استخرهای پرورش ماهی روی جوامع ماهیان ساکن در رودخانه را به خوبی ثابت کرده است؛ با این حال Raczyńska و همکاران (۲۰۱۲) معتقد هستند که بسیاری از اثرات منفی توسعه و احداث استخرهای پرورش ماهی هنوز مطالعه نشده است. در ایران، از یک طرف، تامین مواد غذایی، موجب گسترش و میل به گسترش صنعت آبی پروری شده است و از سوی دیگر با توجه به محدودیت‌های منابع آبی، لازم است نسبت به نظارت کامل بر اجرای اصولی ساخت استخرها دقت شود. بدیهی است که خروجی پساب استخرهای پرورش ماهی حاوی مواد آلی زیادی است که ناشی از مصرف مواد غذایی، رشد ماهیان می‌باشد. این مواد آلی در نتیجه تجزیه زیستی، میزان اکسیژن آب را به شدت کاهش می‌دهند، دمای آب را افزایش و نهایتاً ضمن افزایش کدورت آب، موجب از دست رفتن تعادل طبیعی اسیدیته در آب‌های جاری می‌شوند؛ همچنین خروجی پساب، حاوی مقادیر زیادی ترکیبات نیتروژن دار از جمله آمونیوم است که برای اکوسیستم خطرآفرین است.

نتایج مطالعه حاضر با نتایج نادری جلودار و همکاران (۲۰۰۷) و Raczyńska (۲۰۱۲) کاملاً مطابقت دارد. توجه به پتانسیل خودپالایی رودخانه، کنترل ظرفیت تولید و استفاده از روش‌های تصفیه آب استخرها همچون هوادهی بیشتر و سیستم‌های برگشت‌پذیر برای کنترل آلودگی‌های زیست

محیطی ناشی از آبی‌ری پروری خصوصا در پایین‌دست لازم است. نکته دیگری از تأثیرات فعالیت‌های آبی‌ری پروری بر اکوسیستم‌های طبیعی، دفع مواد شیمیایی است که برای شستن استخرها و تاسیسات استخر به محیط وارد می‌کنند. ورود مواد گندزدایی همچون کلر، نفتالین، استون و ... به محیط به‌خاطر لزوم شستشوی استخرها ثابت شده است.

بررسی‌های انجام شده در آب‌های داخلی ایالات متحده نشان می‌دهد که آب‌هایی با قابلیت هدایت الکتریکی ۵۰۰-۱۵۰ میکروموس بر سانتی‌متر دارای ارزش مختلف شیلاتی می‌باشند و خارج از این حدود نشانگر مناسب نبودن آن‌ها برای گروه‌های خاصی از ماهیان و بی‌مهرگان می‌باشد (Kelly et al., 1998؛ نادری و همکاران، ۱۳۸۵). البته در آب‌هایی با قابلیت هدایت الکتریکی تا ۲۰۰۰ نیز می‌تواند به منظور استفاده در صنعت تکثیر و پرورش ماهی به‌کار رود. بالا بودن قابلیت الکتریکی در بیشتر موارد در ایران منشأ زمین‌شناسی دارد.

حاشیه رودخانه‌های هراز و تجن به‌واسطه پتانسیل بالقوه‌ای که در زمینه آبی‌ری پروری دارا می‌باشد، زمینه مساعدی را در خصوص جلب سرمایه‌گذاری بخش خصوصی در این صنعت فراهم نموده است (میرابزاده اردکانی، ۱۳۷۳). اگرچه امر تکثیر و پرورش از نگاه اول ممکن است به ظاهر آسان جلوه نماید، لیکن به‌منظور استمرار امر پرورش در این منطقه لازم است تا دورنمای مسائل آبی این امر از جمله تعیین توان اکولوژیک آبی‌ری پروری در منطقه و همچنین وضعیت خودپالایی آب رودخانه به دقت مدنظر قرار گیرد.

یکی از فاکتورهای شاخص هیدروشیمی آب اکسیژن محلول می‌باشد که در این بررسی حتی در بحرانی‌ترین شرایط که در فصول گرم سال پیش می‌آید مقدار آن از ۷/۷ میلی‌گرم در لیتر در هراز و از ۷/۵ در تجن کمتر نشده است. به این ترتیب با توجه به این‌که حد کمینه اکسیژن محلول برای یک نهر، تا بتواند تنوع زیستی و سلامت اکولوژیک خود را حفظ نماید ۶ میلی‌گرم در لیتر می‌باشد (EPA, 1996). میزان اکسیژن محلول در تمام فصول سال بیشتر از ۷ میلی‌گرم در لیتر برآورد گردید که با نتایج مطالعه در نهرهای ویرجینیا همسو می‌باشد (Selong and Helfrich, 1998). رودخانه هراز و تجن از نظر این شاخص کیفی آب در شرایط مطلوبی می‌باشند. تغییرات اندک اکسیژن در طول مسیر

مورد مطالعه تحت تاثیر عوامل آشفته‌گی‌زا قرار دارد. مانند، خروجی کارگاه‌های پرورش ماهی و مصرف اکسیژن در مزارع، مناطق مسکونی روستایی و رستوران‌ها می‌باشد. در مورد اکسیژن محلول می‌توان چنین استنباط کرد که رودخانه هراز و تجن از نظر میزان اکسیژن محلول در هر دو فصل نمونه‌برداری از میزان مطلوبی برخوردار بوده که این مساله به دلیل پایین بودن دمای هوا در این مناطق و شیب زیاد رودخانه و در نتیجه تلاطم و سرعت زیاد آب می‌باشد.

یکی دیگر از عوامل تعیین‌کننده کیفیت در محیط‌های آبی و رودخانه‌ها، BOD می‌باشد لذا هر چه مقدار مواد آلی نهرها بیشتر باشد اکسیژن بیشتری برای تجزیه هوازی آن‌ها نیاز است که خود، کاهش اکسیژن محلول در دسترس برای سایر موجودات را به همراه دارد. به طور کلی در تابستان بیشترین مقادیر BOD را داریم که دلیل اصلی آن افزایش فعالیت‌های انسانی، گرم شدن هوا و همچنین افزایش میزان تولید کارگاه‌های پرورش ماهی قزل‌آلا می‌باشد.

آژانس حفاظت محیط زیست ایالات متحده براساس مقادیر BOD، آب‌های رودخانه‌ها را از لحاظ کیفی طبقه‌بندی نموده که معمولاً محدوده‌ای بین ۲-۰ میلی گرم در لیتر را برای آب‌های بسیار پاکیزه و ۵-۳ میلی گرم در لیتر را برای آب‌های نسبتاً آلوده و بیش از ۵ میلی گرم در لیتر را برای آب‌های بسیار آلوده در نظر گرفت (EPA, 1996). بر این اساس تمامی ایستگاه‌های مطالعاتی این تحقیق در مدت بررسی در طبقه آب‌های نسبتاً آلوده قرار گرفته، در حالی که ایستگاه ۵ هراز در طبقه با آلودگی شدید قرار می‌گیرد. البته این ارزیابی در فصول مختلف سال وضعیت متفاوتی داشته است. براساس نتایج مطالعه حاضر به استثنای NH_4 ، سایر مواد مغذی شامل NO_2 ، PO_4 و NO_3 بین ایستگاه‌های مختلف در مدت بررسی اختلاف معنی‌داری را نشان نمی‌دادند. ایستگاه ۵ هراز و ۲ تجن با بیشترین آلودگی آلی ناشی از فعالیت مزارع، از لحاظ مقدار NH_4 و BOD تفاوت معنی‌داری با ایستگاه‌های قبل و بعد از خود نشان می‌داد. در تابستان نیز این اختلاف در بین ایستگاه‌های مختلف شدت بیشتری پیدا کرده، به طوری که مقدار NH_4 و BOD ایستگاه ۵ هراز و ۲ تجن با ایستگاه‌های قبل و بعد از خود دارای اختلاف معنی‌داری بوده که نشان‌دهنده تاثیر مزرعه و خودپالایی رودخانه در ایستگاه ۶ هراز و ۳ تجن می‌باشد. در تحلیل افزایش مقدار NH_4 این

موضوع اشاره می‌شود که ماهیان پروتئین موجود در غذایشان را هضم کرده و آمونیاک را از طریق آبشش و مدفوع به بیرون دفع می‌نمایند. آمونیاک بر اثر فرایند نیتریفیکاسیون به نیتريت و سپس به نیترات غیر سمی تبدیل می‌شود. مزارع پرورش ماهی NH_4 قابل توجه‌ای را تولید می‌کنند که با فاصله گرفتن از مزارع پرورش ماهی و مطلوب شدن شرایط اکسیژنی سرعت عمل نیتریفیکاسیون شدت بیشتری پیدا کرده، بنابراین در بررسی حاضر افزایش میزان نیترات طی عمل خودپالایی رودخانه در ایستگاه‌های ۳، ۶ و ۹ (در فاصله ۲-۱/۵ کیلومتری بعد از هر مزرعه) منطقی به نظر می‌رسد. همچنین علی‌رغم دمای بالای آب رودخانه هراز در تابستان و شدت پیدا کردن فرایند نیتریفیکاسیون، مقادیر آمونیاک و نیتريت در این فصل بیشتر از فصل زمستان بوده که به نظر می‌رسد ناشی از فعالیت مزارع باشد. میزان فسفر برای آب‌های طبیعی سطحی حداکثر ۰/۱ میلی‌گرم در لیتر بیان گردید (EPA, 1996). بر این اساس با توجه به مقادیر فسفر به‌دست آمده در ایستگاه‌های مطالعاتی، ایستگاه ۵ هراز و پایین‌تر از آن و همچنین ایستگاه‌های ۲ و ۴ تجن، از وضعیت مطلوبی برخوردار نبوده است که می‌تواند ناشی از تاثیر مزارع پرورش ماهی و به احتمال بیشتر ورود فاضلاب‌های شهری و روستایی باشد.

نتایج این مطالعه با نتایج مطالعات تعدادی از محققین (Costa-Selong and Helfrich, 1998; Pierce, 2002؛ کاظم زاده خواجویی و همکاران، ۱۳۸۱) در ارتباط با تأثیر پساب مزارع بر میزان نوترینت‌های رودخانه همسو است.

در پژوهش حاضر مقدار متوسط NH_4 اندازه‌گیری شده در ایستگاه‌ها در محدوده نرمال بوده که برای آب‌های طبیعی در حد کمتر از یک میلی‌گرم در لیتر بیان شد (EPA, 1996؛ McNeely and Neimanis, 1979). نیتريت از نظر استاندارد زیست محیطی نباید از ۰/۵۱ میلی‌گرم در لیتر بیشتر باشد و در آب‌های طبیعی سطحی مقدار نیتريت ۰/۰۰۱ می‌باشد (McNeely and Neimanis, 1979). در بررسی انجام شده نیتريت در منطقه مورد مطالعه از نظر استاندارد زیست محیطی در محدوده نرمال بوده، ولی نسبت به آب‌های طبیعی سطحی از مقدار بیشتری برخوردار بود.

مواد مغذی (فسفر و نیتروژن): هم فسفر و هم نیتروژن از مواد اساسی برای گیاهان می‌باشند که اساس زنجیره غذایی را تشکیل می‌دهند. از آنجایی که فسفر در اکثر منابع آبی از مواد مغذی بسیار محدود است، افزایش حتی بسیار اندک در مقدار آن می‌تواند موجب وقایع نامطلوب نظیر رشد بیش از اندازه گیاهان و جلبک‌ها در منطقه وارد شده گردد. فسفر در منابع آبی می‌تواند دارای منشا متعدد طبیعی و انسانی باشد. منشا طبیعی شامل خاک و سنگ بستر است و منشا انسانی عمدتاً شامل آبشویی حاصل از کودهای مصرفی در کشتزارها، فضولات ناشی از مکان‌های نگهداری حیوانات و شوینده‌ها می‌باشد. مقادیر فسفات به‌دست آمده در ایستگاه‌های مطالعاتی تجن به‌طور متوسط بین ۰/۱۳ و ۰/۰۵ در ایستگاه‌های مطالعاتی تجن به‌طور متوسط بین ۰/۰۴ تا ۰/۱۴ میلی‌گرم فسفر در لیتر متغیر بوده است. مقدار فسفات از ۰/۱ میلی‌گرم در لیتر (EPA, 1996) که برای آب‌های طبیعی سطحی بیان شده است. اگرچه مقدار این پارامتر در ایستگاه‌های بلافاصله بعد از پرورش ماهی بیشتر از این مقدار بود ولی در فاصله ۲-۱/۵ کیلومتری بعد از آن به مقدار استاندارد رسید و این نشان‌دهنده توان خودپالایی و وضعیت مطلوب رودخانه تجن در ایستگاه‌های مورد مطالعه بود.

ازت در منابع آبی به اشکال مختلفی شامل آمونیوم (NH_4)، نیتريت (NO_2) و نترات (NO_3) در آب وجود دارد. ازت از مواد مغذی گیاهان به حساب می‌آید ولی مقدار زیاد آن مشکلات کیفیتی را برای منابع آبی ایجاد می‌کند مانند رشد بیش از حد گیاهان، تغییر نوع گیاهان و جانوران نهرها. این تغییرات می‌تواند بر شاخص‌های آب تاثیر نموده و مقدار زیاد نترات‌ها می‌تواند برای جانوران سمی باشد. در بررسی انجام شده مقدار نترات اندازه‌گیری شده در ایستگاه‌های مختلف هراز بین ۲/۲ و ۶/۱ و در ایستگاه‌های مختلف تجن بین ۰/۴ تا ۳/۵ میلی‌گرم در لیتر اندازه‌گیری شده است. محدوده نرمال نترات برای آب‌های طبیعی کمتر از یک میلی‌گرم در لیتر است (Mc-Neely and Neimanis, 1979; EPA, 1996).

در بررسی‌های انجام شده مقدار نیتريت اندازه‌گیری شده در ایستگاه‌های مختلف بین ۰/۰۱ و ۰/۰۳۲ میلی‌گرم در لیتر متغیر بوده است. این مقدار نیتريت در محدوده نرمال گزارش شده برای آب‌های طبیعی می‌باشد که کمتر از ۰/۵۱ میلی‌گرم در لیتر است (Mc-Neely and Neimanis, 1979).

مقدار آمونیوم در آب‌های طبیعی کمتر از ۱ میلی‌گرم در لیتر است (EPA, 1996) که در بررسی‌های انجام شده مقدار متوسط آمونیوم اندازه‌گیری شده در ایستگاه‌های مختلف بین ۰/۱ و ۰/۴۸۲ میلی‌گرم در لیتر بود که در حد استاندارد زیست محیطی می‌باشد.

pH آب از دیگر عوامل بسیار مهم کیفی آب می‌باشد که تاثیرات مستقیم و غیرمستقیمی بر محیط آبی و موجودات آبی دارد. کاهش pH موجب افزایش سمیت فلزات سنگین و سایر آلاینده‌ها می‌گردد. برای مثال با افزایش ۱ واحد اسیدیته مقدار آمونیاک ۱۰ برابر می‌شود (APHA, 1985). محدوده pH بیان شده برای آب‌های سطحی جهت حفظ تنوع بیولوژیکی در محدوده بین ۹-۶/۵ بیان شده است (EPA, 1996). مقدار متوسط pH آب رودخانه تجن در ایستگاه‌های مطالعاتی بین ۷/۶ تا ۸/۲ متغیر می‌باشد که در محدوده نرمال آب‌های طبیعی قرار دارد.

با توجه به نتایج به‌دست آمده از کارگاه‌های مورد مطالعه می‌توان چنین بیان داشت که افزایش تولید ماهی منجر به مصرف بیشتر مواد غذایی و مواد شیمیایی شده و در نتیجه تولید زایدات افزایش می‌یابد. غذاهای مصرف نشده و هضم نشده به‌همراه مواد دفعی ماهی، آلاینده‌های خروجی کارگاه‌های پرورش ماهی می‌باشند. فیلیپس و راس (۱۹۸۵) بیان داشتند که به ازای هر تن تولید ماهی ۳۰۰-۱۵۰ کیلوگرم مواد غذایی مصرف نشده و ۳۰۰-۲۵۰ کیلوگرم مدفوع به آب وارد می‌شود (Philips and Ross, 1985). همچنین مشخص شده که تقریباً به ازای ۱۰۰ تن مواد غذایی، ۱۰ تن ماده آلی در کارگاه‌های پرورش ماهی قزل‌آلا ایجاد می‌شود (Gown et al., 1991).

نتیجه‌گیری

با مقایسه پارامترهای مورد مطالعه در آب رودخانه هراز و تجن می‌توان گفت که این رودخانه‌ها در حال حاضر توان خودپالایی آلاینده‌های ناشی از کارگاه‌های پرورش ماهی را دارند ولی با توجه به سیاست کشور مبنی بر افزایش تعداد کارگاه‌های پرورش ماهیان سردابی و همچنین عدم کنترل آلاینده‌های وارده به این رودخانه‌ها، در فاصله زمانی نه چندان طولانی آلودگی این رودخانه‌ها از معضلات جدی خواهد بود. سالانه حجم عظیمی از مواد آلی و مغذی از طریق کارگاه‌های پرورش ماهی به آب رودخانه می‌ریزد و با توجه به سیاست دولت مبنی بر افزایش تولید ماهیان پرورشی، اگر

روند احداث کارگاه‌ها به همین صورت ادامه پیدا کند، منجر به پدیده خوراکوری در این رودخانه و از بین رفتن این بوم سازگان می‌شود. پس لازم است که قبل از احداث کارگاه‌های پرورش ماهیان سردابی، به ظرفیت کارگاه، دبی آب رودخانه، نوع تغذیه و میزان آن توجه کافی مبذول داشت. استفاده از برخی پارامترهای کیفی آب و شاخص‌های زیستی نشان داد که در پایین‌دست مجتمع پرورش ماهی در منطقه گزنک (ایستگاه ۵) پساب مزارع تأثیرات شدید بر اکوسیستم رودخانه وارد کرده که مدیریت علمی مزارع این منطقه ضروری است. فواصل مزارع پرورش ماهی ایجاد شده، در رودخانه هراز مبنای علمی نداشته و بررسی حاضر نشان داد، خودپالایی آن در فاصله ۱/۵-۲ کیلومتری بعد از مزرعه نسبتاً قابل توجه می‌باشد. بنابراین رعایت این فاصله بین مزارع پرورش ماهی در حفظ سلامتی اکوسیستم رودخانه موثر می‌باشد. با توجه به این‌که پساب کلیه مزارع و همچنین فاضلاب‌های رستوران‌ها، روستاها و واحدهای صنعتی حاشیه رودخانه به‌طور مستقیم وارد اکوسیستم رودخانه می‌گردند، لذا بهتر است کلیه این واحدها از سیستم‌های مجهز به تصفیه پساب و فاضلاب استفاده نمایند.

تشکر و قدردانی

پژوهشگران این طرح از شرکت آب منطقه‌ای مازندران برای حمایت مالی، کمال تشکر و قدردانی را دارند.

منابع

اسماعیلی ساری، ع. (۱۳۷۹). مبانی مدیریت کیفی آب در آبرزی پروری. تهران: موسسه تحقیقات شیلات ایران.

اسماعیلی ساری، ع. (۱۳۸۳). هیدروشنیمی: بنیان آبرزی پروری. تهران: انتشارات اصلانی.

افشین‌نژاد، ی. (۱۳۷۳). رودخانه‌های ایران جلد دوم، انتشارات وزارت نیرو- شرکت مهندسين مشاور جاماب.

حسینعلی ثانی، م. ۱۳۷۶. بررسی آلودگی‌های حاصل از مزارع تولید ماهی قزل‌آلا روی بوم سازگان رودخانه دوهزار تنکابن و نقش خودپالایی آن، پایان‌نامه کارشناسی ارشد محیط زیست دانشگاه تهران.

حسینی، س.ح.، سجادی، م.م.، کامرانی، ا.، سوری نژاد، ا.، رنجبر، ح. تاثیر پساب مزارع پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین کمان بر پارامترهای فیزیکوشیمیایی آب رودخانه ریجاب (استان کرمانشاه). بوم شناسی آبریان، دوره دوم، شماره چهارم. ۱۳۹۲. صفحه ۳۹-۲۹.

روشن طبری، م. (۱۳۷۵). هیدرولوژی و هیدروبیولوژی رودخانه هراز. مجله علمی شیلات ایران، ۲۸-۴۴.

سبحان اردکانی، س.، محرابی، ز.، احتشامی، م. ارزیابی تاثیر پساب کارگاه‌های تکثیر و پرورش ماهی بر کیفیت فیزیکوشیمیایی آب رودخانه کبکیان در سال ۱۳۹۰. مجله دانشگاه علوم پزشکی مازندران، دوره بیست و چهارم، شماره ۱۱۳، خرداد ۱۳۹۳. صفحه ۱۴۹-۱۴۰.

سهراییان، ب. ۱۳۸۸. بررسی کیفیت پساب استخرهای پرورش ماهی منطقه کلم و تاثیر آن بر آب پذیرنده با استفاده از شاخص SNF. پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اهواز.

طیعی، ل.، سبحان اردکانی، س. سنجش پارامترهای کیفی آب رودخانه گاماسیاب و عوامل موثر بر آن. علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره چهارم، شماره دوم، تابستان ۱۳۹۱. صفحه ۴۹-۳۷.

عابدی کوپایی، ج.، نصری، ز.، طالبی، خ.، مأمّن‌پوش، ع.ر.، موسوی، س.ف. ۱۳۹۰. مطالعه کیفیت شیمیایی و آلودگی آب زاینده‌رود در بالادست به دیازینون و توان خودپالایی آن. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک. سال پانزدهم، شماره پنجاه و ششم، ۱-۱۹.

کیا قادی، ر.، نیکویی، ا. ۱۳۶۴. شناسایی ماهیان رودخانه هراز، پایان‌نامه کارشناسی ارشد شیلات، دانشگاه تهران.

کاظم‌زاده خواجویی، ا. ۱۳۸۱. ارزیابی آلودگی ناشی از کارگاه‌های پرورش ماهی قزل‌آلا در رودخانه هراز. پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی محیط زیست، دانشگاه تربیت مدرس.

نادری جلودار، م.، اسماعیلی ساری، ع.، احمدی م.ر.، سیف آبادی، س.ج.، عبدلی ا. ۱۳۸۵. بررسی آلودگی ناشی از کارگاه‌های پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان بر روی پارامترهای کیفی آب رودخانه هراز. علوم محیطی، سال چهارم، شماره دوم، زمستان ۱۳۸۵. صفحه ۳۶-۲۱.

Amirkolaie, A.K. 2008. Environmental impact of nutrient discharged by Aquaculture waste water on the Haraz River, Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 3(5): 275-279.

APHA, 1998. Standard method for examination of water and wastewater. American Public Health Association.

Costa-Pierce BA. Ecological Aquaculture: The Evolution of the Blue Revolution Blackwell Science, Oxford, UK; 2002. pp. 17-20.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Fisheries and Aquaculture Information and Statistics Service, FAO Year Book, Aquaculture Production 1950-2008; Rome, Italy; 2010. pp. 28-40.

Loch, D.D., West, J.L., Perlmutter, D.G. 1996. The effect of trout farm effluent on the taxa richness of benthic macroinvertebrates, Aquaculture, 147: 37-55.

Rennert, B. 1994. Water pollution by a land-based trout farm, Journal of Applied Ichthyology, 16: 373-378.

Selong, J.H. and Helfrich, L.A. Impact of trout culture effluent on water quality and biotic communities in Virginia Headwater Streams. The Progressive Fish-Culturist; 1998. 60: 247-262.

Selong, J.H., Helfrich, L.A. 1998. Impact of trout culture effluent on water quality and biotic communities in Virginia Headwater streams, The progressive fish culturist, 76: 247-262.

Abstract

Aquaculture is considered as an important tool for increasing economic growth in urban and rural area. Constructing cold-water fish farms along Haraz and Tajan rivers has been done without any scientific investigations. Little attention has been paid to the distances between farms. Moreover, the farms lack wastewater treatment facilities, and untreated effluents are easily discharged into the surrounding rivers. Construction and development of trout culture farms along Haraz and Tajan rivers are increasing. So, assessment of water quality parameters in these rivers as well as investigating self-purification potential of the rivers seems to be necessary. In the current study, we have investigated the impacts of trout farming on water quality parameters in Haraz and Tajan rivers and the self-purification potential of these rivers. We have analyzed quantitative and qualitative effects of farms effluents on physical and chemical characteristics (NO_2 , NO_3 , NH_4 , PO_4 , BOD, COD, pH, DO, EC, TS, TSS and TDS) of these two rivers. Three different farms in each river were selected. For each farm, samples were collected from before farm inlet (control station), and two other stations, one at 50-100 m (where the farm effluent enters the river) and one at 1.5-2 km (to assess the self-purification potential) downstream of the farm. In total, 9 stations in Haraz river and 5 stations in Tajan river were selected. The results showed that both Haraz and Tajan rivers have the potential of purifying the effluents discharged by trout culture farms. However, increasing the number of these farms in the future and also releasing untreated effluents may cause important problems for these rivers. The results also demonstrated that in downstream of the farms located in Gazanak region, effluents had severe effects on the water quality. So, management and screening of the farms in this region is needed. It seems that self-purifying potential at 1.5-2 km downstream of the farms is considerable. Therefore, suitable distances between farms can help in maintaining the health of the river ecosystem. In addition, owners of the farms should be asked to use some facilities for treating the effluents.

Keywords: Effluent, Aquaculture farm, Trout, Self-purification, Haraz, Tajan