ارزیابی اثرات کارگاه‌های پرورش ماهی بر کیفیت آب رودخانه‌های هراز و تجن

- **ایمان شیردل***: گروه شیلات، دانشکده علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران
- **حسینعلی زبردست‌رستمی**: دفتر مطالعات پایه منابع آب، شرکت آب منطقه‌ای مازندران، ساری، ایران

تاریخ دریافت: تیر ۱۳۹۸ تاریخ پذیرش: مهر ۱۳۹۸

چکیده

ایجاد کارگاه‌های تکثیر و پرورش ماهیان سردابی بر روی رودخانه‌های هراز و تجن به‌عنوان بزرگ‌ترین و پرآب‌ترین رودخانه‌های استان مازندران بدون هیچ‌گونه مطالعه‌ای در مورد فواصل مناسب بین کارگاه‌ها و هم‌چنین امکان پالایش آب خروجی قبل از ورود به مسیر رودخانه صورت می‌گیرد. در مطالعه حاضر، ارزیابی اثرات مزارع آبزی‌پروری بر کیفیت آب رودخانه‌های هراز و تجن با بررسی تاثیر کمی و کیفی پساب این مزارع بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی آب رودخانه‌ها صورت گرفت. بدین منظور 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، یک ایستگاه در فاصله ۱۰۰-۵۰ متری و یک ایستگاه در فاصله ۲-۱/۵ کیلومتری، 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 به‌خاطر عدم کنترل آلاینده‌های وارده به این رودخانه‌ها، در فاصله زمانی نه چندان طولانی، آلودگی این رودخانه‌ها از معضلات جدی خواهد بود. فواصل مزارع پرورش ماهی ایجاد شده در رودخانه هراز مبنای علمی نداشته و بررسی حاضر نشان می‌دهد که خودپالایی آن در فاصله ۲-۱/۵ کیلومتری بعد از مزرعه نسبتاً قابل توجه می‌باشد. بنابراین رعایت این فاصله بین مزارع پرورش‌ماهی درحفظ سلامتی اکوسیستم رودخانه مؤثرمی‌باشد. با توجه به این که پساب کلیه مزارع به‌طور مستقیم وارد اکوسیستم رودخانه می‌گردند، لذا بهتر است کلیه این واحدها از سیستم‌های تصفیه پساب استفاده نمایند.

کلمات کلیدی: پساب، مرزعه پرورش ماهی، قزل‌آلای رنگین‌کمان، هراز، تجن

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: imanshirdel@gmail.com

(DOI): 10.22034/aej.2020.120283

مقدمه

آب‌های سطحی پتانسیل زیادی برای آلوده‌شدن دارند.این آب‌ها از دیرباز به‌طور 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 آبزیان می‌شود. یکی از استفاده‌های مرسوم از منابع آب، پرورش آبزیان می‌باشد. احداث کارگاه‌های پرورش ماهیان سردابی در کنار رودخانه‌ها در ایران و دیگر کشورها به‌صورت امر رایج در آمده است. فاضلاب این کارگاه‌ها مستقیماً وارد رودخانه‌ها شده و مسلماً آثار سویی را به‌دنبال خواهد داشت. متاسفانه در حال حاضر علی‌رغم کمبود آب آشامیدنی، در اغلب شهرهای کوچک و بزرگ ایران، هیچ گونه استانداردمشخصی جهت ایجادکارگاه‌های 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 حضر 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 روی‌رودخانه‌هایی نظیر هراز و تجن می‌گرددکه 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، ۱۳۸۰). 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 (آمونیوم 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 به‌هم خوردن موازنه شیمیایی در آب می‌باشد. ۳. مواد شیمیایی باقی‌مانده از درمان‌های دارویی انجام شده مثل سولفات مس، فرمالین، قارچ‌کش‌هایی مثل مالاشیت گرین و انواع مختلف آنتی‌بیوتیک‌ها مثل سولفانامیدها حتی در مقادیر نسبتاً کم خود از عوامل تشدیدکننده اختلالات شیمیایی در آب می‌باشد (Selong و Helfrich، ۱۹۹۸). اثر مستقیم پساب روی آب‌های جاری مزارع پرورش ماهی پایین‌دست بوده که باعث افزایش کدورت آب به همراه 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، دی اکسیدکربن، نیتروژن به اشکال نیتریت و نیترات و هم‌چنین فسفات موجود در آب است (Boyd و Tucker، ۱۹۹۸). کیفیت آبی که در مزارع پرورش ماهیان سردابی مورداستفاده قرار می‌گیرد به‌صورت ذیل تغییر می‌یابد:کاهش اکسیژن محلول، افزایش دی اکسید کربن، افزایش آمونیاک، افزایش نیتریت، افزایش فسفات، افزایش نیترات، افزایش مواد معلق و رسوبی، افزایش BOD. مشخص‌نمودن میزان پارامترهای فیزیکوشیمیایی پساب مزارع پرورش ماهی که به منابع آبی رها می‌شوند و تعیین تاثیر آبزی پروری بر این پارامترها، اطلاعات پایه را جهت تنظیم مقررات حفاظت از محیط زیست فراهم می‌نماید. براساس این اطلاعات، پرورش‌دهندگان ماهی ملزم به توسعه سیستم‌های تصفیه پساب مزارع و بهبود شرایط محیطی‌درمنابع‌آبی‌خواهندشد.از آن‌جاکه استفاده از آب رودخانه‌های هراز و تجن به‌عنوان بزرگ‌ترین و پرآب‌ترین رودخانه‌های استان مازندران جهت امور مختلف به ویژه ایجاد و توسعه کارگاه‌های تکثیر و پرورش ماهی قزل‌آلا به سرعت رو به گسترش می‌باشد، لذا لزوم سنجش شاخص‌های‌کیفی آب این رودخانه و ارزیابی تأثیرکارگاه‌ها بر آن با توجه به مصرف مواد غذایی، سموم و داروهای مختلف و هم‌چنین دفع فضولات و مواد دفعی آبزیان و به‌علاوه تعیین‌توان خودپالایی این رودخانه ضروری می‌باشد. در مطالعه حاضر، ارزیابی اثرات کارگاه‌های پرورش قزل‌آلای رنگین‌کمان بر کیفیت آب رودخانه‌های هراز و تجن با بررسی تاثیر کمی و کیفی پساب خروجی مزارع پرورش ماهی بر خصوصیات‌فیزیکی‌وشیمیایی (NO2، NO3، NH4، NH3، PO4، BOD، COD، pH، DO، EC، TS، TSS، TDS) آب رودخانه‌ها صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

انتخاب ایستگاه‌ها و نحوه نمونه‌برداری: برای انجام این پروژه سه مزرعه تکثیر و پرورش ماهی براساس 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

(DOI): 10.22034/aej.2020.120283

روند خودپالایی رودخانه(محلی که بخشی از اثرات منفی پساب کارگاه کاهش یافته)، انجام شد. در مجموع ۹ ایستگاه در روخانه هراز و ۵ ایستگاه در رودخانه تجن انتخاب و نمونه‌برداری شدند. نمونه‌برداری در ساعات اولیه روز و در دو فصل تابستان و زمستان انجام شد.

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

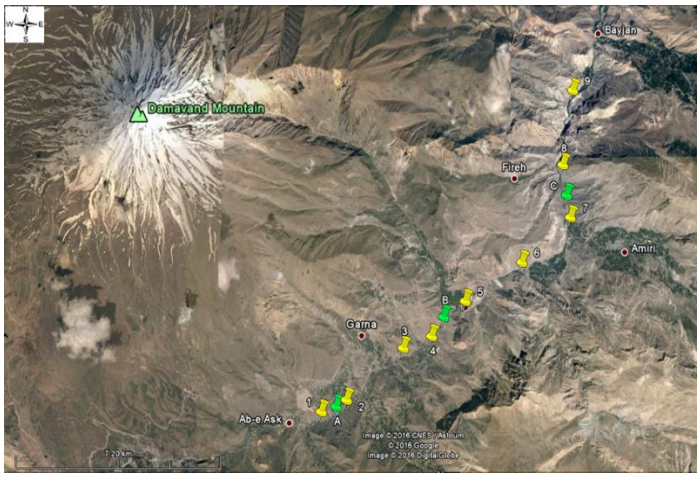
شماره ایستگاه	محل نمونه‌برداری
۱	بالادست مزرعه پرورش ماهی اول
۲	محل ورود پساب مزرعه پرورش ماهی اول به داخل رودخانه هراز
۳	۲-۱/۵ کیلومتر پایین‌دست مزرعه پرورش ماهی اول
۴	بالادست مزرعه پرورش ماهی دوم
۵	محل ورود پساب مزرعه پرورش ماهی دوم به داخل رودخانه هراز
۶	۲-۱/۵ کیلومتر پایین‌دست مزرعه پرورش ماهی دوم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

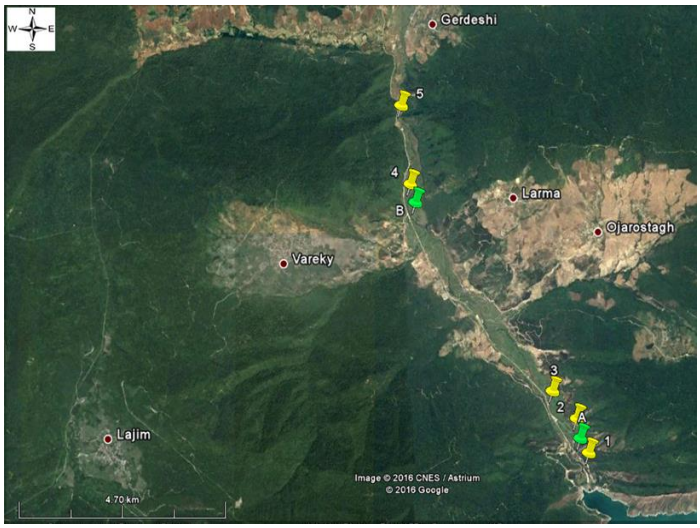
شماره ایستگاه	محل نمونه‌برداری
۱	بالادست مزرعه پرورش ماهی اول
۲	محل ورود پساب مزرعه پرورش ماهی اول به داخل رودخانه تجن
۳	۲-۱/۵ کیلومتر پایین‌دست مزرعه پرورش ماهی اول
۴	محل ورود پساب مزرعه پرورش ماهی دوم به داخل رودخانه تجن
۵	۲-۱/۵ کیلومتر پایین‌دست مزرعه پرورش ماهی دوم

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، شکل ۱). در رودخانه تجن نیز ۵ ایستگاه در حاشیه مزارع پرورش ماهی موجود انتخاب و نمونه‌برداری شد (جدول ۲، شکل ۲).

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 مولتی‌لاین، اندازه‌گیری شد و سپس نمونه‌های آب رودخانه با استفاده از ظروف پلاستیکی یک لیتری به آزمایشگاه مرکزی دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی دانشگاه تربیت مدرس انتقال داده شد. سنجش مقادیر سایر پارامترهای کیفی آب شامل اکسیژن‌خواهی بیولوژیکی (BOD)، اکسیژن‌خواهی شیمیایی (COD)، نیتریت (NO_2)، نیترات (NO_3)، فسفات (PO_4)، آمونیوم (NH_4^+)، مواد جامد معلق (TSS) و مواد جامد محلول (TDS) براساس روش‌های APHA (۱۹۹۸) اندازه‌گیری شد.



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



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

تعیین میزان اکسیژن‌خواهی شیمیایی (COD): میزان اکسیژن خواهی شیمیایی نمونه‌ها به‌روش Closed Reflux, Colorometric Method(رفلاکس)اندازه‌گیری شد. در این روش از دو محلول واکنش‌گر a، b و از پودر پتاسیم هیدروژن فتالات KHP (Potassium Hydrogen Phthalate) برای تهیه محلول استاندارد استفاده گردید که محلول‌های مورد نظر به‌روش زیر تهیه شده‌اند.

(DOI): 10.22034/aej.2020.120283

تهیه محلول هضم (a): مقدار ۱۰/۲۱۶ گرم $K_2Cr_2O_7$ را که قبلاً ۲ ساعت در دمای ۱۰۳ درجه سانتی‌گراد خشک شده است، در ۱۶۷ میلی‌لیتر اسیدسولفوریک غلیظ، ۳۳/۳ گرم سولفات جیوه و ۵۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر حل کرده و به حجم ۱۰۰۰ میلی‌لیتر رسانده شد.

تهیه محلول اسیدسولفوریک و سولفات نقره (b): به اسید سولفوریک غلیظ پودر کریستال سولفات نقره (Ag_2SO_4) به نسبت ۵/۵ گرم به‌ازای هر کیلوگرم H_2SO_4 یا ۵۵۴/۶ میلی‌لیتر از آن با چگالی ۱/۸ گرم/میلی‌لیتر و درجه خلوص ۹۸٪ اضافه کرده و یک تا دو روز صبر کرده تا کاملاً حل شود. بعد از آماده‌سازی محلول‌های واکنش‌گر، مقدار ۲/۵ میلی‌لیتر از نمونه را در ویال‌های COD ریخته و سپس ۱/۵ میلی‌لیتر از محلول a و ۳/۵ میلی‌لیتر از محلول b را به آن افزوده و درب ویال را بسته و به‌مدت ۱۲۰ دقیقه در دمای ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد در دستگاه ترموراکتور قرار داده شد تا هضم انجام شد. بعد از انجام این هضم و خنک شدن ویال‌ها، جذب محلول در طول موج ۶۰۰ نانومتر توسط دستگاه فوتومتر قرائت گردید و براساس میزان جذب، مقدار COD اندازه‌گیری شد.

تعیین مقدار اکسیژن‌خواهی بیولوژیکی (BOD): ۴۲۸ میلی لیتر از نمونه در بطری‌های شیشه‌ای مخصوص اندازه‌گیری BOD ریخته شد و سنسورهای BODمتر روی بطری‌ها قرار داده شد. بطری‌ها در دستگاه BODمتر با دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۵ روز قرار داده شد. در نهایت مقدار BOD بعد از ۵ روز اندازه‌گیری شد.

تعیین کل جامدات نمونه (TS): ابتدا بشرها با آب مقطر شستشو داده شده و در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد در آون خشک گردید و برای خنک شدن در دسیکاتور قرار داده شد. بعد از خنک شدن بشرها، آن‌ها را وزن کرده و مقدار ۵۰ میلی‌لیتر نمونه را در بشرها ریخته و آن‌ها در آون در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد تا رطوبت نمونه‌ها کاملاً تبخیر شود. بعد از تبخیر شدن آب نمونه‌ها، برای خنک کردن بشرها دوباره در دسیکاتور گذاشته شدند و سپس دوباره وزن گردیدند و براساس رابطه ۱ مقدار TS اندازه‌گیری گردید:

رابطه ۱:
$$TS\ \left(\frac{mg}{l}\right) = \frac{(A-B)}{V} \times ۱۰۰۰$$

که TS: کل جامدات برحسب میلی‌گرم/لیتر، A: وزن بشر به‌علاوه نمونه برحسب گرم، B: وزن بشر خالی بر حسب گرم و V: حجم نمونه برحسب میلی‌لیتر است.

تعیین کل جامدات معلق (TSS): ابتدا کاغذ صافی واتمن ۰/۴۵ میکرون با آب مقطر آب‌شویی گردید و در آون با دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد به‌مدت یک‌ساعت قرارداده‌شده و بعد از خشک‌شدن کامل، صافی در دسیکاتور قرار داده شدتا خنک شود و بعد توزین شد. سپس ۵۰ میلی‌لیتر نمونه را از صافی عبور داده و بعد صافی را به‌مدت دو ساعت در آون در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد تا کاملاً خشک شود. پس از گذشت زمان ذکر شده، کاغذ صافی برای خنک شدن به دسیکاتور منتقل شد و در نهایت کاغذ صافی را وزن کرده و عدد محاسبه شده و برای اندازه‌گیری مقدار کل جامدات معلق در رابطه ۲ قرار داده شد:

رابطه ۲:
$$TSS\ \left(\frac{mg}{l}\right) = \frac{(A-B)}{V} \times ۱۰۰۰$$

که TSS: جامدات معلق بر حسب میلی‌گرم/لیتر، A: وزن صافی به‌علاوه جامدات معلق بر حسب گرم، B: وزن صافی بر حسب گرم و V: حجم نمونه بر حسب میلی‌لیتر است.

تعیین کل جامدات محلول (TDS): یک عدد بشر را ابتدا با آب مقطر شستشو داده و در آون در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت تا کاملاً خشک شود و بعد برای خنک شدن به دسیکاتور منتقل شد و سپس بشر وزن گردید. سپس مقدار ۵۰ میلی‌لیتر نمونه از صافی ۰/۴۵ میکرون گذرانده شد و جامدات معلق آن حذف شد و بقیه نمونه را داخل بشر ریخته و بشر داخل آون در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد تا رطوبت نمونه تبخیر گردد و جامدات حل شده در آن در بشر باقی بماند و سپس در دسیکاتور قرار داده شد تا خنک شود و در نهایت بشر را وزن کرده و مقدار TDS با استفاده از رابطه ۳ محاسبه گردید:

رابطه ۳:
$$TDS\ \left(\frac{mg}{l}\right) = \frac{(A-B)}{V} \times ۱۰۰۰$$

که TDS: کل جامدات محلول بر حسب میلی‌گرم/لیتر، A: وزن بشر به‌علاوه جامدات حل شده بر حسب گرم، B: وزن بشر خالی بر حسب گرم و V: حجم نمونه بر حسب میلی‌لیتر است.

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها: برای تجزیه و تحلیل داده‌های به‌دست آمده از نرم‌افزار آماری SPSS نسخه ۱۷ استفاده شد. نرمال سازی داده‌ها با روش کولموگراف- اسمیرنوف انجام شد. برای مقایسه میانگین‌ها از آنالیز واریانس یک‌طرفه (One-way ANOVA) و آزمون دانکن (Duncan) استفاده گردید. محاسبه داده‌ها و ترسیم نمودارها با بسته‌های نرم‌افزاری Excel ۲۰۱۰ انجام شد.

نتایج

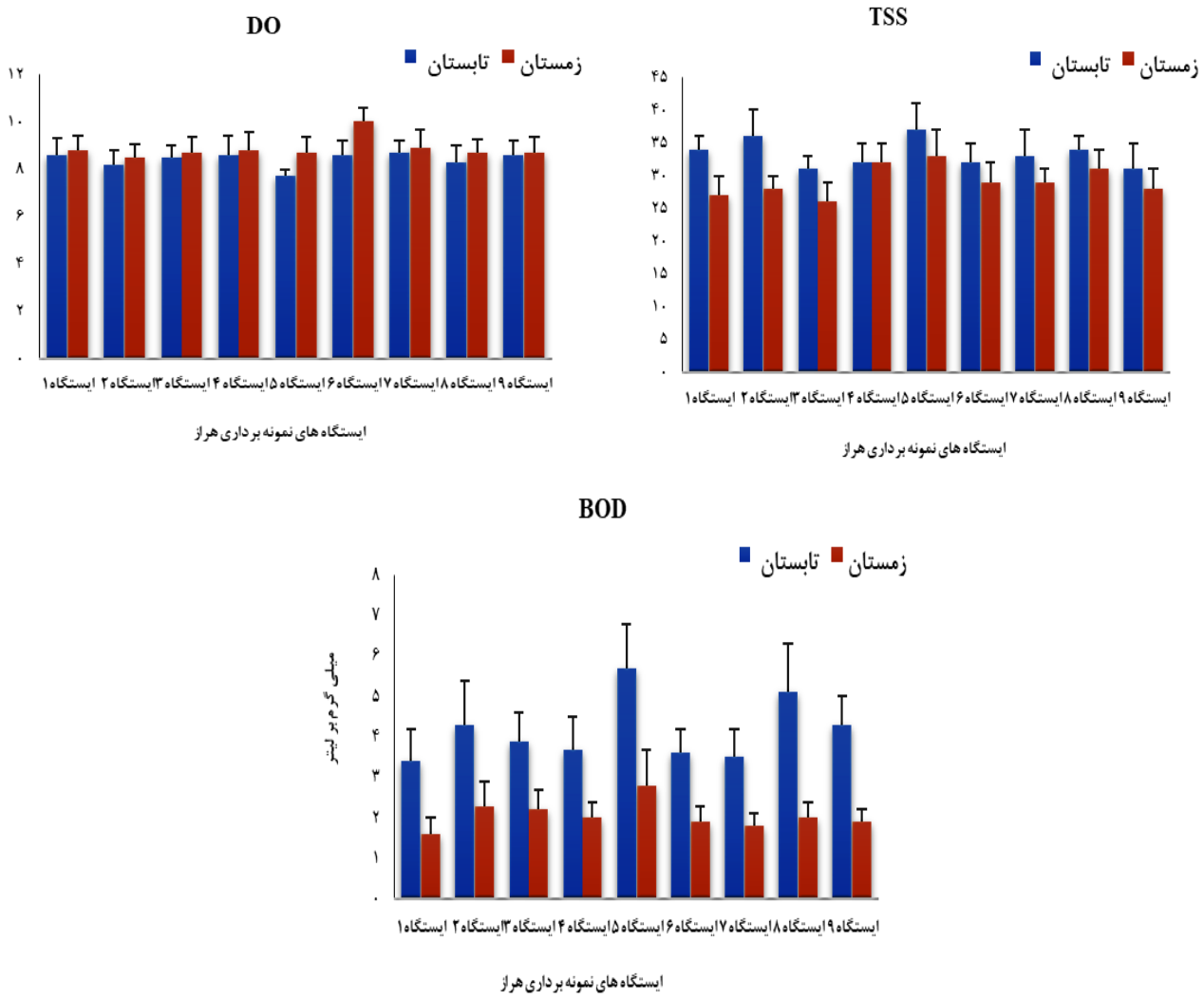
نتایج سنجش فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی رودخانه هراز به شرح ذیل می‌باشد:

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 به‌طورکلی در فصل تابستان در ایستگاه‌های بعد از کارگاه‌های پرورش ماهی

(DOI): 10.22034/aej.2020.120283

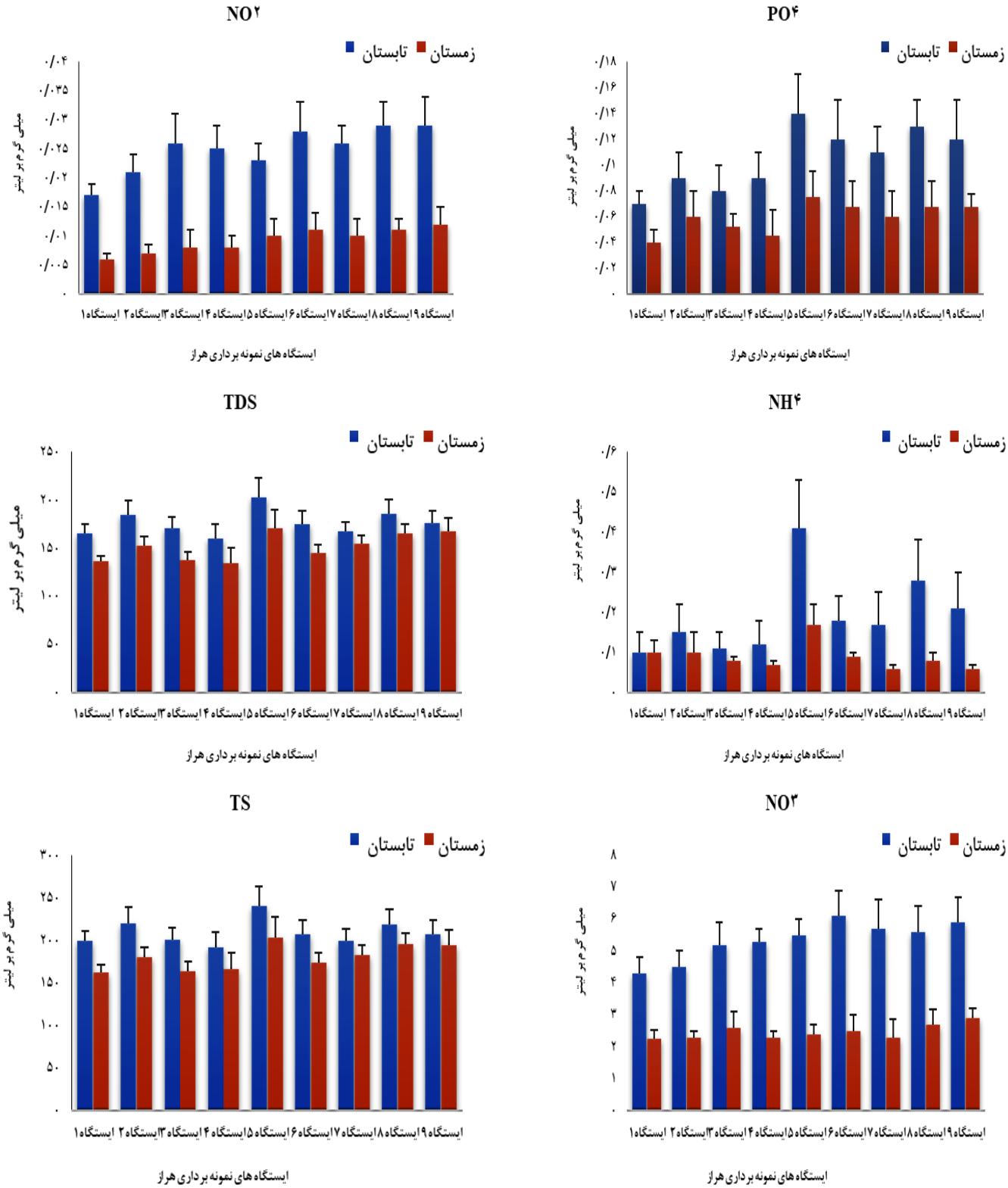
بیش‌تر از ایستگاه‌های قبل و بعد از کارگاه‌ها بود به‌ویژه در ایستگاه شماره ۵ که مقدار این پارامتر به‌طور معنی‌داری از ایستگاه‌های قبل و بعد از آن بیش‌تر بود (در تابستان). مقدار EC در کارگاه‌های قبل و بعد از کارگاه پرورش ماهی تغییر معنی‌داری نداشت. اگرچه اندکی افزایش داشت. مقدار pH نیز در ایستگاه‌های بعد 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 نیتریت از بالادست به سمت پایین‌دست رودخانه روند افزایشی داشت ولی اختلاف بین ایستگاه‌های قبل و بعد از کارگاه، معنی‌دار نبود.

هم‌چنین مقدار نیتریت در ایستگاه‌های ۲-۱/۵ کیلومتری پایین‌تر از کارگاه‌ها بیش‌تر از ایستگاه‌های بلافاصله بعد از کارگاه بود که این اختلاف البته معنی‌دار نبود. نیترات هم روندی مشابه نیتریت 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 آن بود. TDS، TSS و TS 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 ذیل می‌باشد:



شکل ۱: نمودار میانگین TSS، DO و BOD در نمونه‌های مورد مطالعه از ایستگاه‌های مختلف رودخانه هراز

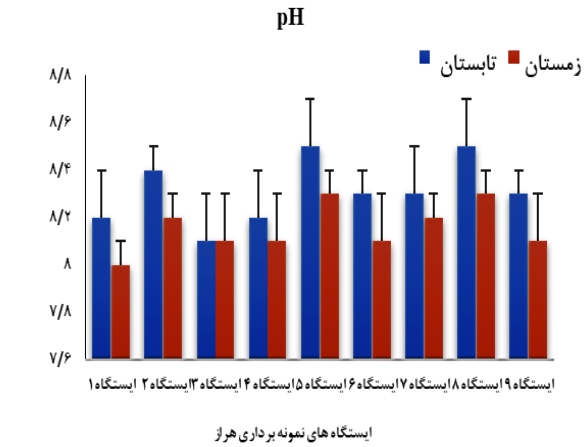
(DOI): 10.22034/aej.2020.120283

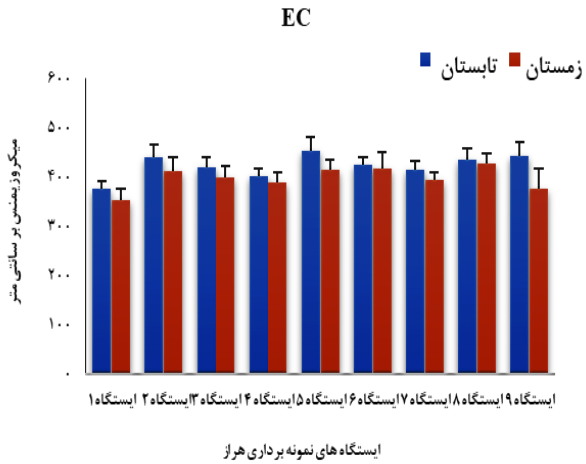


شکل ۲: نمودار میانگین NO_3، NH_4 و PO_4 در نمونه‌های مورد مطالعه از ایستگاه‌های مختلف رودخانه هراز

شکل ۳: نمودار میانگین NO2، TDS، TS در نمونه‌های مورد مطالعه از ایستگاه‌های مختلف رودخانه هراز

(DOI): 10.22034/aej.2020.120283

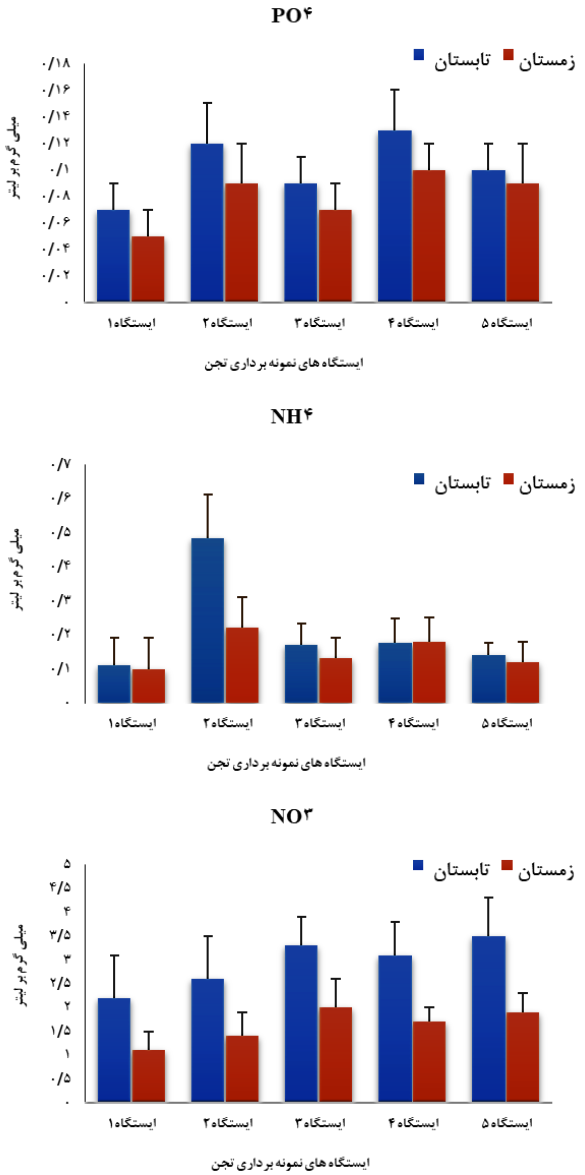




شکل ۴: نمودار میانگین pH و EC در نمونه‌های مورد مطالعه از ایستگاه‌های مختلف رودخانه هراز

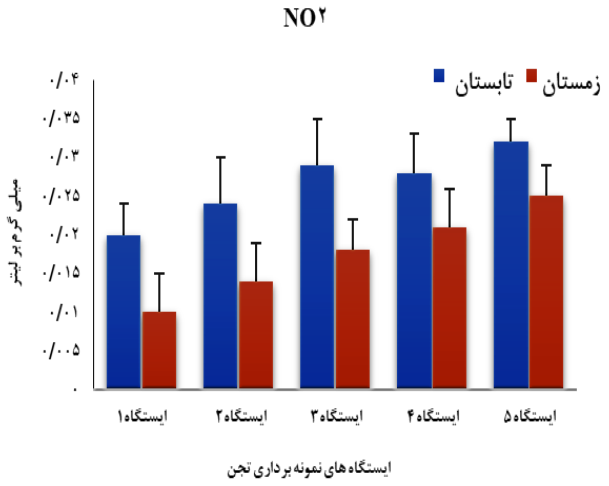
نتایج سنجش فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی رودخانه تجن به شرح ذیل می‌باشد:

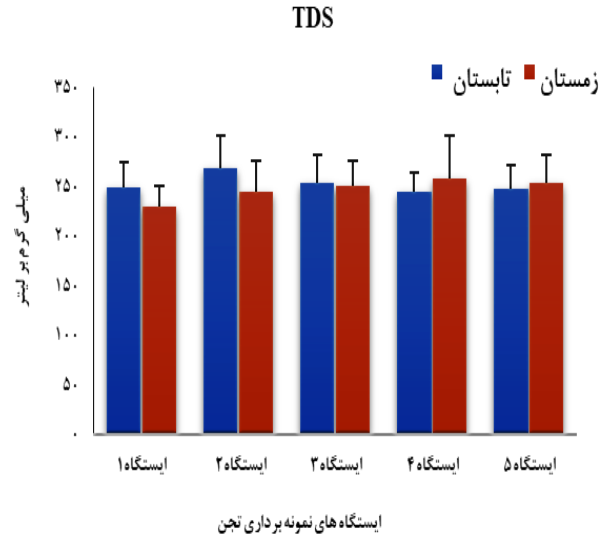
مقدار DOدر فصل تابستان و زمستان تغییر معنی‌داری در ایستگاه‌های قبل و بعد از کارگاه‌های پرورش ماهی نداشت. مقدار BOD نیز تنها در ایستگاه دوم تجن در فصل تابستان با ایستگاه‌های قبل و بعد از آن اختلاف معنی‌دار داشت. مقدار EC نیز تفاوت معنی‌داری در ایستگاه‌های مورد مطالعه به‌ویژه قبل و بعد از کارگاه پرورش 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 نیتریت از بالادست به سمت پایین‌دست روند افزایشی داشت، ولی تفاوت معنی‌داری بین ایستگاه‌های قبل و بعد از کارگاه‌های پرورش ماهی مشاهده نشد. هم‌چنین نیترات روندی مشابه نیتریت 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 مشاهده‌نشد. TDS، TSS و TS هم تقریباً روندمشابهی‌داشتندو تفاوت معنی‌داری بین ایستگاه‌های مختلف و هم‌چنین قبل و بعد از کارگاه پرورش ماهی مشاهده نشد.

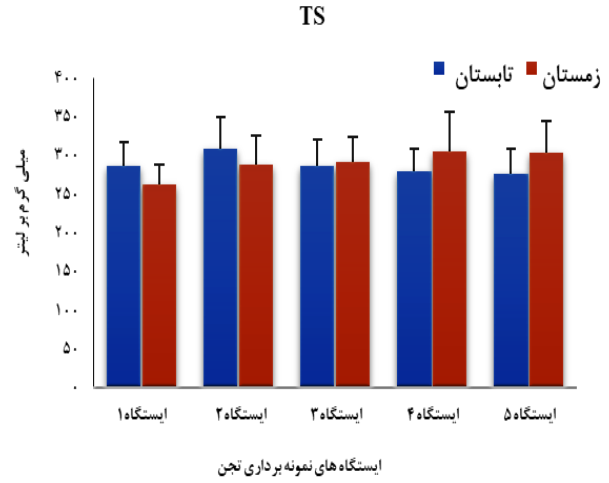


شکل ۶: نمودار میانگین PO_4، NH_4 و NO_3 در نمونه‌های مورد مطالعه از ایستگاه‌های مختلف رودخانه تجن

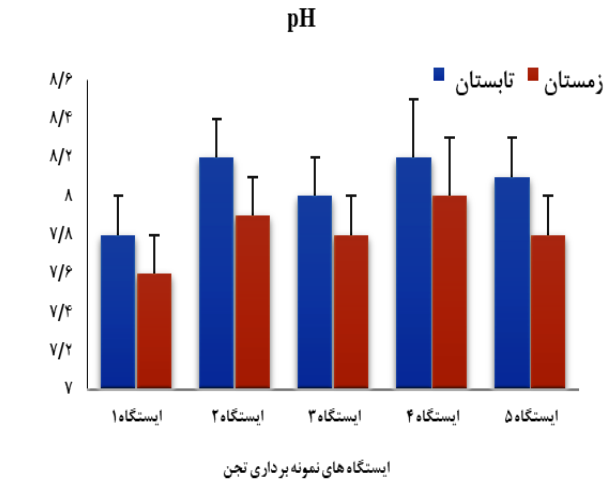
(DOI): 10.22034/aej.2020.120283

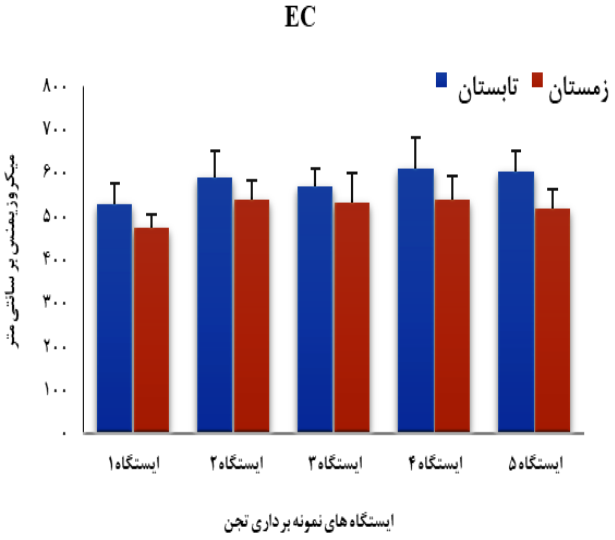






شکل ۷: نمودار میانگین NO_2، TDS و TS در نمونه‌های مورد مطالعه از ایستگاه‌های مختلف رودخانه تجن





شکل ۸: نمودار میانگین pH و EC در نمونه‌های مورد مطالعه از ایستگاه‌های مختلف رودخانه تجن

بحث

نتایج تحقیقات Loch و همکاران (۱۹۹۶) مبین تغییرات ذیل درنتیجه فعالیت مزارع پرورش‌ماهی بر روی بوم‌سازگان‌های‌آبی اطراف آن‌ها می‌باشد: افزایش رسوب‌گذاری، افزایش جامدات معلق و مواد آلی محلول، کاهش میزان اکسیژن محلول به‌دلیل تنفس ماهی‌ها و افزایش اکسیژن مورد نیاز زیستی، افزایش غلظت آمونیوم، نیترات و نیتریت و 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 به‌طورطبیعی از طریق آبشش ماهی‌ها و از راه‌مدفوع آن‌هاونیز شکسته

(DOI): 10.22034/aej.2020.120283

شدن سلول‌های مرده توسط باکتری‌ها، وارد آب شده که میزان آن ۶/۵ الی 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. کارگاه‌های پرورش ماهی در حاشیه رودخانه‌های هراز و تجن شامل استخرهای بزرگ کانالی رو باز بود که حجم زیادی از آب را از بالادست خود برداشته و پس از فعالیت آبزی‌پروری، 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 این‌حال 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 آبزی‌پروری 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 به‌شدت 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 نیتروژن‌دار از جمله آمونیوم است که برای اکوسیستم خطرآفرین است. نتایج مطالعه حاضر با نتایج نادری‌جلودار و همکاران (۱۳۸۵) 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 زیست‌محیطی ناشی از آبزی‌پروری خصوصاً در پایین‌دست لازم است. نکته دیگری از تاثیرات فعالیت‌های آبزی‌پروری بر اکوسیستم‌های طبیعی، دفع مواد شیمیایی است که برای شستن استخرها و تاسیسات استخر به محیط وارد می‌کنند. ورود مواد گندزدایی هم‌چون فرمالین، سولفات مس و پرمنگنات 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 در سانتی‌متر دارای ارزش مختلف شیلاتی می‌باشند و خارج از این حدود نشانگر مناسب نبودن آن‌ها برای گروه‌های خاصی از ماهیان و بی‌مهرگان می‌باشد (نادری و همکاران، ۱۳۸۵). البته در آب‌هایی با قابلیت هدایت الکتریکی تا ۲۰۰۰ نیز می‌تواند به‌منظور استفاده در صنعت تکثیر و پرورش ماهی به‌کار رود. بالا بودن قابلیت الکتریکی در بیش‌تر موارد در ایران منشاء زمین‌شناسی دارد. حاشیه رودخانه‌های هراز و تجن به‌واسطه پتانسیل بالقوه‌ای که در زمینه آبزی‌پروری دارا می‌باشد، زمینه مساعدی را درخصوص جلب سرمایه‌گذاری بخش خصوصی در این صنعت فراهم نموده است (میراب‌زاده‌اردکانی، 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 آتی این امر از جمله تعیین توان اکولوژیک آبزی‌پروری در منطقه و هم‌چنین وضعیت خودپالایی آب رودخانه به‌دقت 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، ۱۹۹۶). 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 و Helfrich، ۱۹۹۸). 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 آشفتگی‌زا مانند، خروجی کارگاه‌های پرورش ماهی و مصرف اکسیژن در مزارع، مناطق مسکونی روستایی و رستوران‌ها قرار دارد. 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 به‌دلیل 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 هرچه 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 به‌همراه دارد. به‌طور کلی در تابستان بیش‌ترین مقادیر BOD دیده می‌شود 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 میلی‌گرم در لیتر را برای آب‌های بسیار پاکیزه و ۵-۳ میلی‌گرم در لیتر را برای آب‌های نسبتاً آلوده و بیش از ۵ میلی‌گرم در لیتر را برای آب‌های بسیار آلوده در نظر گرفت (EPA، ۱۹۹۶). 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.

(DOI): 10.22034/aej.2020.120283

البته این ارزیابی در فصول مختلف سال وضعیت متفاوتی داشته است. براساس نتایج مطالعه حاضر به استثناء 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، به‌طوری‌که مقدار NH_4و BOD ایستگاه ۵ هراز و ۲ تجن با ایستگاه‌های قبل و بعد از خود دارای اختلاف معنی‌داری بوده که نشان‌دهنده تأثیر 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 براثر فرآیند نیتریفیکاسیون به نیتریت و سپس به نیترات غیرسمی 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 به‌نظر می‌رسد. هم‌چنین علی‌رغم دمای بالای آب رودخانه هراز در تابستان و شدت پیدا کردن فرآیند نیتریفیکاسیون، مقادیر آمونیاک و نیتریت در این فصل بیش‌تر از فصل زمستان بوده که به‌نظر می‌رسد ناشی از فعالیت مزارع باشد. میزان فسفر برای آب‌های طبیعی سطحی حداکثر ۰/۱ میلی‌گرم در لیتر بیان گردید (EPA، ۱۹۹۶). 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 تأثیر مزارع پرورش ماهی و به احتمال بیش‌تر ورود فاضلاب‌های شهری و روستایی باشد. نتایج این مطالعه با نتایج مطالعات تعدادی از محققین (Selong و Helfrich، ۱۹۹۸؛ Costa-Pierce، ۲۰۰۲؛ کاظم‌زاده‌خواجویی و همکاران، ۱۳۸۱) در ارتباط با تأثیر پساب مزارع بر میزان نوترینت‌های رودخانه هم‌سو است. در مطالعه 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، ۱۹۹۶؛ McNeely و Neimanis، ۱۹۷۹). نیتریت از نظر استاندارد زیست محیطی نباید از ۰/۵۱ میلی‌گرم در لیتر بیش‌تر باشد و در آب‌های طبیعی سطحی مقدار نیتریت ۰/۰۰۱ می‌باشد (McNeely و Neimanis، ۱۹۷۹). در بررسی انجام شده نیتریت در منطقه مورد مطالعه از نظر استاندارد زیست‌محیطی در محدوده نرمال بوده، ولی نسبت به آب‌های طبیعی سطحی از مقدار بیش‌تری برخوردار بود. فسفر و نیتروژن از مواد اساسی برای گیاهان می‌باشند که اساس زنجیره غذایی را تشکیل می‌دهند. از آن‌جایی‌که 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 منشاء متعدد طبیعی و انسانی باشد. منشاء طبیعی شامل خاک و سنگ بستر است و منشاء انسانی عمدتاً شامل آبشویی حاصل از کودهای مصرفی در کشتزار ها، فضولات ناشی از مکان‌های نگه‌داری حیوانات و شوینده‌ها می‌باشد. مقادیر فسفات به‌دست آمده در ایستگاه‌های مطالعاتی تجن به‌طور متوسط بین ۰/۰۵ و ۰/۱۳ و 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، ۱۹۹۶) 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)، نیتریت (NO_2) و نیترات (NO_3) در آب وجود دارد. ازت از مواد مغذی گیاهان به‌حساب 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 نیترات‌ها می‌تواند برای جانوران سمی باشد. در بررسی انجام شده مقدار نیترات 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 نیترات برای آب‌های طبیعی کم‌تر از ۱ میلی‌گرم در لیتر است (McNeely و Neimanis، ۱۹۷۹؛ EPA، ۱۹۹۶). در بررسی‌های انجام شده مقدار نیتریت اندازه‌گیری شده در ایستگاه‌های مختلف بین ۰/۰۱ و ۰/۰۳۲ میلی‌گرم در لیتر متغیر بوده است. این مقدار نیتریت در محدوده نرمال گزارش شده برای آب‌های طبیعی می‌باشد که کم‌تر از ۰/۵۱ میلی‌گرم در لیتر است (McNeely و Neimanis، ۱۹۷۹). مقدار آمونیوم در آب‌های طبیعی کم‌تر از ۱ میلی‌گرم در لیتر است (EPA، ۱۹۹۶) 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 آبزی دارد. کاهش pH موجب افزایش سمیت فلزات سنگین و سایر آلاینده‌ها می‌گردد برای مثال با افزایش ۱ واحد اسیدیته مقدار آمونیاک ۱۰

(DOI): 10.22034/aej.2020.120283

برابر می‌شود. محدوده pH بیان شده برای آب‌های سطحی جهت حفظ تنوع بیولوژیکی در محدوده بین ۹-۶/۵ بیان شده است (EPA، ۱۹۹۶). 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.

باتوجه 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. Philips و همکاران (۱۹۸۵) بیان داشتند که به‌ازای هر تن تولید ماهی قزل‌آلا، ۳۰۰-۱۵۰ کیلوگرم مواد غذایی مصرف نشده و ۳۰۰-۲۵۰ کیلوگرم مدفوع به آب وارد می‌شود. هم‌چنین مشخص شده که تقریباً به‌ازای ۱۰۰ تن مواد غذایی، ۱۰ تن ماده آلی در کارگاه‌های پرورش ماهی قزل‌آلا ایجاد می‌شود (Gown و همکاران، ۱۹۹۱).

با مقایسه پارامترهای مورد مطالعه در آب رودخانه هراز و تجن می‌توان چنین 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 نه‌چندان 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 باتوجه 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 بوم‌سازگان می‌شود. پس لازم است که قبل از احداث کارگاه‌های پرورش ماهیان سردابی، به‌ظرفیت 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 می‌داد، 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 مؤثر می‌باشد. باتوجه به‌این‌که 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.

منابع

۱. **اسماعیلی‌ساری، ع.، ۱۳۸۰.** مبانی مدیریت کیفی آب در آبزی پروری. موسسه تحقیقات شیلات ایران. تهران. ۲۶۰ صفحه.

۲. **کاظم‌زاده‌خواجویی، ا.، ۱۳۸۱.** ارزیابی آلودگی ناشی از کارگاه‌های پرورش ماهی قزل‌آلا در رودخانه هراز. پایان کارشناسی‌ارشد مهندسی محیط زیست. دانشگاه تربیت مدرس. ۸۲ صفحه.

۳. **نادری‌جلودار، م.؛ اسماعیلی‌ساری، ع.؛ احمدی، م.ر.؛ سیف آبادی، س.ج. و عبدلی، ا.، ۱۳۸۵.** بررسی آلودگی ناشی از کارگاه‌های پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان بر روی پارامترهای کیفی آب رودخانه هراز. مجله علوم محیطی. سال ۴، شماره ۲، صفحات ۲۱ تا ۳۶.

۴. **Amirkolaie, A.K., 2008.** Environmental impact of nutrient discharged by Aquaculture waste water on the Haraz River. Journal of Fisheries and Aquatic Sciences.Vol. 3, No. 5, pp: 275-279.

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

۶. **Costa-Pierce, B.A., 2002.** Ecological Aquaculture: The Evolution of the Blue Revolution Blackwell Science. Oxford, UK. pp: 17-20.

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

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

(DOI): 10.22034/aej.2020.120283

۹. **Phillips, M.J.; Beveridge, M.C.M. and Muir, J.G., 1985.** Waste output and environmental effects of rainbow trout culture. ICES CM 1985/F: 21.

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

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

(DOI): 10.22034/aej.2020.120283

Scientific Research Journal of Animal Environment Vol. 12, No. 3, Autumn 2020

Assessing the effects of aquaculture farms on water quality of Haraz and Tajan rivers

- **Iman Shirdel*:** Department of Fisheries, Marine Sciences Faculty, Tarbiat Modares University, Noor, Iran
- **Hosseinali Zabardast Rostami:** Office of Basic Water Resources Studies, Mazandaran Regional Water Authority, Sari, Iran

Received: July 2019 Accepted: October 2019

Key words: Effluent, Aquaculture farm, Rainbow Trout, Haraz, Tajan

Abstract

Constructing cold-water fish farms along Haraz and Tajan rivers is 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. In the present study, we have investigated the impacts of aquaculture farms on water quality parameters in Haraz and Tajan rivers. We have analyzed quantitative and qualitative effects of farms effluents on water physicochemical parameters 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 aquaculture farms. However, increasing the number of these farms in the future and also releasing untreated effluents may cause important problems for these rivers. It seems, according to the present study, that self-purifying potential at 1.5-2 km downstream of the farms is considerable. Therefore, considering this distance in the construction of aquaculture 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.

* Corresponding Author's email: imanshirdel@gmail.com