نشریه علمی-پژوهشی مهندسی و مدیریت آبخیز
جلد ۵، شماره ۴، ۱۳۹۲، صفحات ۲۴۳-۲۵۳

Journal of Watershed Engineering and Management
Volume 5, Issue 4, 2014, Pages 243-253

بررسی تغییرات مکانی و زمانی کیفیت آب رودخانه ارتکند ناشی از پساب مزارع پرورش ماهی

علی باقریان‌کلات[*۱]، غلامرضا لشکری‌پور[۲]، محمد غفوری[۳]، ناصر حافظی‌مقدس[۴]، غلامعلی گزنچیان[۵] و رضا غفوریان[۶]

[۱] دانشجوی دکتری، پردیس بین‌الملل دانشگاه فردوسی مشهد، [۲و۳] استاد، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد، [۴] دانشیار، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد، [۵] استادیار، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان‌رضوی و [۶] مربی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان‌رضوی

تاریخ دریافت: ۹۲/۰۶/۱۷ تاریخ پذیرش: ۹۲/۰۹/۱۱

چکیده

در سال‌های اخیر فعالیت مزارع پرورش ماهی در حاشیه رودخانه ارتکند کلات گسترش قابل ملاحظه‌ای یافته است. در این‌گونه فعالیت‌ها چنان‌چه ضوابط زیست‌محیطی رعایت نشود، ممکن است پیامدهای زیان‌باری را برای اکوسیستم رودخانه در پی داشته باشد. در این پژوهش، به‌منظور بررسی تغییرات زمانی و مکانی کیفیت آب رودخانه ارتکند کلات در استان خراسان رضوی که متاثر از ورود پساب مزارع پرورش ماهی قزل‌آلا در این رودخانه می‌باشد، بررسی‌های لازم در هفت ایستگاه مورد مطالعه قرار گرفت. برخی از خصوصیات فیزیکوشیمیایی و زیستی آب رودخانه، طی یک سال و در چهار فصل مختلف اندازه‌گیری شد. نتایج آنالیز نمونه‌ها نشان داد، دامنه مقدار متوسط پارامترها در ایستگاه‌های مطالعاتی در مدت بررسی، برای دما بین ۱۳/۳ تا ۱۵ درجه سانتی‌گراد، اسیدیته ۷/۹ تا ۸/۱، هدایت الکتریکی بین ۳۵۴ تا ۷۳۲ میلی‌موس بر سانتی‌متر، اکسیژن محلول (DO) بین ۸/۴ تا ۹/۶ میلی‌گرم در لیتر و برای اکسیژن مورد نیاز زیستی (BOD5) و اکسیژن مورد نیاز شیمیایی (COD) به‌ترتیب بین یک تا ۳/۷ و ۲/۵ تا ۱۳/۹ میلی‌گرم در لیتر متغیر بود. بررسی‌ها نشان داد، از نظر مکانی در ایستگاه‌های مورد بررسی به طرف پایین‌دست رودخانه، افزایش پارامترهای BOD5 و COD در سطح یک درصد معنی‌دار است. ضمناً کاهش میزان اکسیژن محلول از نظر زمانی یعنی در فصول مختلف سال در سطح یک درصد معنی‌دار می‌باشد. بررسی‌ها نشان داد، تغییرات پارامترهای BOD5، COD و DO عمدتاً متاثر از تغییر شرایط محیطی و شدت فعالیت مزارع پرورش ماهی می‌باشد. هرچند که در پساب مزارع پرورش ماهی در شرایط کنونی مقادیر پارامترهای BOD5 و COD پایین‌تر از حد مجاز استانداردهای محیط‌زیست می‌باشد، بدیهی است با گسترش فعالیت مزارع پرورش ماهی قزل‌آلا و با تخلیه مستقیم پساب این مزارع به آب رودخانه، مشکلات زیست‌محیطی رودخانه افزایش خواهد یافت.

واژه‌های کلیدی: اکسیژن مورد نیاز زیستی و شیمیایی، اکوسیستم رودخانه، ضوابط زیست‌محیطی، قزل‌آلا، مواد آلوده کننده

[*] مسئول مکاتبه: alibagheriankalat@yahoo.com

مقدمه

امروزه، رودخانه‌ها به‌عنوان یکی از منابع تامین آب برای مصارف شرب، کشاورزی و صنعت به‌شمار می‌روند. بنابراین، وجود هرگونه عامل آلاینده در مسیر رودخانه بر کیفیت آب اثر گذاشته و بسته به نوع عامل آلاینده، ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و زیستی آب را دچار تغییر می‌کنند. یکی از منابع آلودگی در رودخانه‌ها، تخلیه پساب حاصل از مزارع پرورش ماهی است که سبب کاهش کیفیت آب در پایین‌دست رودخانه می‌شود. مواد زاید بیولوژیک و شیمیایی، عوامل بیماری‌زا، گونه‌های ناخواسته و غیربومی همگی می‌توانند از طریق مزارع پرورش آبزیان وارد اکوسیستم‌های آبی شوند و در نهایت اثرات منفی زیان‌باری را بر روی اکوسیستم رودخانه برجا بگذارند. لذا، به‌منظور کاهش تغییر اکوسیستم کلی رودخانه و حاشیه‌های آن متاثر از ورود پساب مزارع پرورش ماهی، نیازمند برنامه‌ریزی و مدیریت ویژه می‌باشد (Lyssenko و Wheaton، ۲۰۰۶؛ Chen و همکاران، ۲۰۰۶). استفاده از آب رودخانه به‌عنوان منبع آب شرب، ارتقا فعالیت‌ها و کاربری‌های تفریحی و ایجاد یک اکوسیستم مناسب برای ماهیان و حیات‌وحش، مستلزم کیفیت بالای آب رودخانه می‌باشد. بدین دلیل، آگاهی از روند تغییرات کیفی آب رودخانه‌ها همراه با شناسایی عوامل اصلی آلودگی آن از اهمیت زیادی برخوردار می‌باشد (Jafari Salim و همکاران، ۲۰۰۹).

پساب از نظر فیزیکی با داشتن رنگ خاکستری و بوی گندیده و نامطبوع، کاملاً قابل تشخیص است که محتوی جامد آن حدود ۰/۱ درصد و بخش مایع آن حدود ۹۹/۹ درصد می‌باشد (Tajrishy و Abrishamchi، ۲۰۰۵). چنان‌چه پساب مزارع پرورش ماهی بدون تصفیه، مستقیماً وارد آب رودخانه شود، اثرات مخرب زیست‌محیطی حتمی خواهد بود (Schulz و همکاران، ۲۰۰۳؛ Miller و Semmens، ۲۰۰۲). ورود پساب تصفیه نشده اثرات زیست‌محیطی زیادی داشته و می‌تواند تنش‌هایی را بر آبزیان و به‌ویژه اجتماعات بزرگ کفزی وارد نماید (Costa، ۲۰۰۲؛ Adams، ۲۰۰۲). بررسی‌ها موید آن است که ورود پساب مزارع پرورش ماهی می‌تواند بر وضعیت اکولوژیکی آب رودخانه تاثیر به‌سزایی داشته باشد (Angus، ۲۰۱۲).

پساب کارگاه‌های پرورش ماهی قزل‌آلا به‌طور عمده شامل سه نوع مواد آلاینده است. آلاینده‌های نوع اول از مواد جامد معلق تشکیل شده که شامل بقایای غذا و مدفوع ماهیان می‌باشد. نوع غذای ماهیان در وضعیت کمی و کیفی این‌گونه آلاینده‌ها تاثیر زیادی دارد (Teodorowicz و همکاران، ۲۰۰۶؛ Selong و Helfrich، ۱۹۹۸). آلاینده‌های نوع دوم شامل مواد محلولی است که به‌وسیله ماهیان به محیط آزاد می‌شود و غالباً شامل کربن آلی و ترکیبات ازته محلول (آمونیوم و اوره) می‌باشد. دو دسته مواد عنوان شده سبب اختلالات شیمیایی آب ناشی از فرآیندهای تجزیه مواد شده که مهم‌ترین آن‌ها افزایش BOD، COD[1]، ازت آمونیاکی، نیترات، نوسانات شدید اکسیژن محلول و تغییرات pH ناشی از به‌هم‌خوردن موازنه شیمیایی در آب می‌باشد. آلاینده‌های نوع سوم متشکل از مواد شیمیایی باقی‌مانده از درمان‌های دارویی انجام شده نظیر سولفات مس و فرمالین، قارچ‌کش‌هایی مثل مالاشیت گرین و انواع مختلف آنتی‌بیوتیک‌ها (سولفانامیدها) می‌باشند که حتی در مقادیر نسبتا کم از عوامل تشدید کننده اختلالات شیمیایی در آب می‌باشند (Selong و Helfrich، ۱۹۹۸).

نتایج پژوهش‌های Tchobanoglous و همکاران (۲۰۰۳) و Sawyer و همکاران (۲۰۰۳) نشان داد، مقدار BOD5[2] و COD آب رودخانه می‌تواند به‌عنوان معیارهای شاخص میزان آلودگی آب مورد نظر، قرار گیرد. با ورود پساب به آب رودخانه، اکسیژن محلول آب مصرف شده و اثرات آلودگی با افزایش مقدار BOD و COD آب، قابل تشخیص است.

بررسی‌های Kazemzade Khajooie (۲۰۰۲) بر روی رودخانه هراز نشان داد، دامنه اختلاف برخی از پارامترهای فیزیکوشیمیایی بین نمونه‌های آب ورودی و خروجی کارگاه‌های پرورش ماهی در مورد اکسیژن محلول، اکسیژن خواهی شیمیایی و بیوشیمیایی، میزان یون آمونیوم و نیترات قابل توجه می‌باشد. Naderi و همکاران (۲۰۰۶) نیز در پژوهش مشابهی

[1] Chemical Oxygen Demand
[2] Biochemical Oxygen Demand

نتیجه گرفتند که در اثر ورود پساب مزارع پرورش ماهی به رودخانه هراز، مقادیر برخی از پارامترهای کیفی آب مانند کدورت، آمونیاک افزایش قابل ملاحظه‌ای داشته و اکسیژن محلول آب کاهش یافته است. پژوهش Pulatsu و همکاران (۲۰۰۴) نشان داد که ورود پساب مزارع پرورش ماهی موجب افزایش قابل توجهی در مقدار BOD5، (NH3-N) و کاهش DO[1] آب رودخانه شده (P<۰/۰۵) اما تغییرات NH3-N و pH آب قابل توجه نمی‌باشد (P>۰/۰۵). Teknay و Guroy (۲۰۰۹) در پژوهشی تغییرات زیست‌محیطی رودخانه یووارلاکی ترکیه که متاثر از ورود پساب یکی از بزرگ‌ترین مزارع پرورش ماهی قزل‌آلا می‌باشد را بررسی نموده و نتیجه گرفتند، افزایش قابل ملاحظه در اسیدیته و کاهش مقدار اکسیژن محلول آب رودخانه معنی‌دار می‌باشد. مقدار اکسیژن‌خواهی شیمیایی (COD) و بیوشیمیایی (BOD5) آب رودخانه افزایش یافته، اما این میزان افزایش، قابل توجه نمی‌باشد.

بررسی Mirrasooli و همکاران (۲۰۱۱) نشان داد که ورود پساب مزارع پرورش ماهی موجب افزایش قابل ملاحظه‌ای در شوری آب و مقدار یون‌های نیترات، آمونیوم و فسفات به‌سمت پایین‌دست رودخانه زرین‌گل شده، اما تغییرات اکسیژن محلول و اسیدیته آب، قابل توجه نبوده و میزان فسفات و نیترات آب رودخانه از استانداردهای موجود بیشتر می‌باشد. بررسی‌های Fadaeifard و همکاران (۲۰۱۲) نشان داد که ورود پساب به رودخانه کوهرنگ موجب افزایش برخی از پارامترهای فیزیکوشیمیایی آب مانند نیترات، آمونیوم، COD، BOD و کاهش اکسیژن محلول آب رودخانه شده است. بخشی از این آلودگی‌ها در فاصله ۱۵۰۰ متری پایین‌دست مزارع پرورش ماهی در اثر فرآیند خودپالایی رودخانه کاسته شده، به‌نحوی‌که میزان این آلاینده‌ها در آب رودخانه از استانداردهای موجود کمتر شده است.

رودخانه ارتکند یکی از رودخانه‌های دائمی شهرستان کلات است. در حال حاضر در مسیر این رودخانه چهار مزرعه پرورش ماهی قزل‌آلا فعالیت دارند. این مزارع سالانه در مجموع حدود ۱۳۰ تن ماهی قزل‌آلا تولید می‌کنند. از آنجا که به ازای تولید هر تن ماهی حدود نیم تن ماده جامد قابل رسوب تولید می‌شود (Costa Pierce، ۲۰۰۲). بنابراین، با یک محاسبه ساده مشخص می‌شود که تنها در سال ۱۳۸۹ حدود ۶۵ تن ماده جامد قابل رسوب تولید و بدون تصفیه وارد اکوسیستم رودخانه شده است. با توجه به این، احتمال افزایش آلودگی این رودخانه و تاثیرات نامطلوب زیست‌محیطی در اثر وجود ماده جامد قابل رسوب تولیدی، وجود دارد. لذا با توجه به اهمیتی که فعالیت مزارع پرورش ماهی قزل‌آلا در رودخانه ارتکند از نظر اقتصادی، برای منطقه و استان دارد، لازم است تا تاثیر ناشی از این فعالیت‌ها بر کیفیت آب رودخانه و شرایط زیست‌محیطی آن مشخص شود و بتوان از نتایج مربوطه در برنامه‌ریزی‌های لازم برای استفاده بهینه از پتانسیل منابع آب منطقه استفاده نمود. از این‌رو در این پژوهش، تغییرات زمانی و مکانی کیفیت آب این رودخانه که متاثر از ورود پساب مزارع پرورش ماهی قزل‌آلا می‌باشد، مورد بررسی قرار گرفته است.

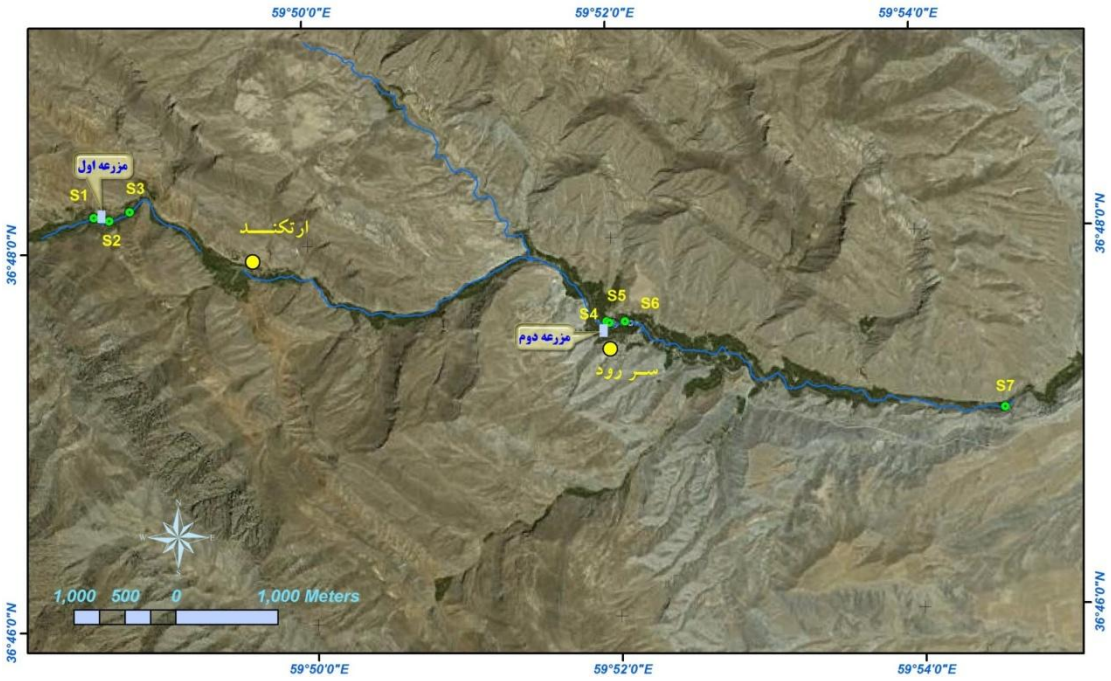
مواد و روش‌ها

منطقه مورد پژوهش: رودخانه ارتکند در حوزه آبخیز ارتکند و در محدوده تقسیمات سیاسی استان خراسان رضوی، در فاصله ۹۵ کیلومتری شمال‌شرق شهر مشهد قرار دارد. این محدوده مطالعاتی، بخشی از حوزه آبخیز قره‌قوم به‌شمار می‌رود. در شکل ۱ موقعیت مزارع پرورش ماهی و ایستگاه‌های نمونه‌برداری آب بر روی تصویر ماهواره‌ای منطقه نشان داده شده است. در این شکل، ایستگاه‌های نمونه‌برداری آب با علائم S1 تا S7 ارائه شده است.

تعیین ایستگاه‌ها و نمونه‌برداری: برای رسیدن به اهداف این پژوهش، در بازه‌ای از رودخانه ارتکند به‌طول حدود ۷/۵ کیلومتر که دو استخر پرورش ماهی فعالیت دارند، هفت ایستگاه شامل ایستگاه‌های S1 تا S7 انتخاب شدند. ایستگاه‌های اول و دوم به‌ترتیب در قبل از ورودی و خروجی آب اولین مزرعه پرورش ماهی واقع بود. ایستگاه سوم در ۲۰۰ متری پایین‌دست محل ریزش پساب اولین مزرعه پرورش ماهی به آب رودخانه، ایستگاه‌های چهارم و پنجم در فاصله حدود ۳/۵ کیلومتر پایین‌تر و به‌ترتیب در قبل

[1] Dissolved Oxygen

از ورودی و خروجی آب دومین مزرعه پرورش ماهی واقع شده بود. ایستگاه ششم در ۲۰۰ متری پایین‌دست محل ریزش پساب دومین مزرعه پرورش ماهی و ایستگاه هفتم نیز در فاصله ۳/۵ کیلومتری پایین‌دست ایستگاه ششم انتخاب شد. طی یک‌سال و در چهار فصل مختلف، پارامترهای دما و میزان دبی آب در محل هر یک از ایستگاه‌ها تعیین شد. در محل هر یک از این ایستگاه‌ها نمونه آب در ظروف پلی‌اتیلنی برداشت شد. به این ترتیب، در هر فصل، هفت نمونه و جمعاً ۲۸ نمونه آب برداشت شد.



شکل ۱- موقعیت مزارع پرورش ماهی و ایستگاه‌های مطالعاتی بر روی رودخانه ارتکند

آنالیز نمونه‌ها: پارامترهای اکسیژن محلول، اسیدیته و هدایت الکتریکی در محل با استفاده از دستگاه DOسنج مدل Multiline F/Set3–WTW اندازه‌گیری شد. نمونه‌ها برای تعیین پارامترهای اکسیژن مورد نیاز زیستی (BOD5) و اکسیژن مورد نیاز شیمیایی (COD) در کوتاه‌ترین زمان ممکن به آزمایشگاه منتقل و مورد آنالیز قرار گرفتند. BOD5 و COD نمونه‌ها نیز بر اساس روش‌های استاندارد (Standard Methods) ، در آزمایشگاه اندازه‌گیری شد.

آنالیز آماری اطلاعات: مقایسه داده‌ها برای فصول مختلف و ایستگاه‌های اندازه‌گیری شده، با استفاده از نرم‌افزار SAS به‌طور جداگانه مورد تجزیه واریانس یک‌طرفه قرار گرفت. در تجزیه واریانس از آزمون فیشر (F) استفاده شد. پارامترهای مورد نظر، با آماره‌های میانگین و انحراف معیار برای هر فصل و ایستگاه‌های اندازه‌گیری شده، مورد تحلیل قرار گرفت.

نتایج و بحث

نتایج مربوط به آنالیز شیمیایی نمونه‌های آب رودخانه در جدول ۱ ارائه شده است. ویژگی‌های پارامترهای مورد پژوهش در رودخانه مورد بررسی، به شرح ذیل می‌باشد.

هدایت الکتریکی: این بررسی نشان داد که مقدار هدایت الکتریکی آب رودخانه، به‌سمت پایین‌دست، روند افزایشی داشته و تغییرات EC نمونه‌ها در سطح یک درصد معنی‌دار است (جدول ۲). دامنه مقدار متوسط EC اندازه‌گیری شده در ایستگاه‌های مختلف، در مدت بررسی بین ۳۵۴ و ۷۳۲ میلی‌موس بر سانتی‌متر است. مقدار متوسط EC برای کل ایستگاه‌ها ۵۱۵/۶ میلی‌موس بر سانتی‌متر به‌دست آمد.

تشکیلات سنگی منطقه مورد پژوهش بر روی نقشه زمین‌شناسی حوضه (شکل ۲) نشان داده شده است. همان‌گونه که این شکل نیز نشان می‌دهد، سازند شوریجه (JKS) در قسمت‌های شمالی تا

شمال‌شرقی و مرکزی منطقه گسترش زیادی دارد. این سازند عمدتاً از شیل و ماسه‌سنگ‌های قرمز رنگ که واجد لایه‌های نازک ژیپس است، تشکیل شده است. به نظر می‌رسد که در اثر عمل انحلال و ورود املاح مختلف از این سازند به آب رودخانه، به تدریج به‌طرف پایین‌دست رودخانه از کیفیت آب کاسته شده و بر میزان هدایت الکتریکی آن افزوده می‌شود. از آن‌جا که میزان هدایت الکتریکی نمونه‌ها به‌سمت پایین‌دست منطقه افزایش یافته، اما تفاوت قابل ملاحظه‌ای بین میزان هدایت الکتریکی نمونه‌های آب ورودی و خروجی در هر مزرعه پرورش ماهی وجود ندارد (ایستگاه‌های اول و دوم و همچنین، ایستگاه‌های چهارم و پنجم)، لذا می‌توان نتیجه گرفت که تغییرات هدایت الکتریکی عمدتاً متاثر از عوامل زمین‌شناسی و هیدروژئولوژیکی بوده و تاثیر پساب قابل توجه نمی‌باشد.

در رابطه با شرایط مناسب برای رشد ماهیان قزل‌آلا در آب‌های شیرین، نتایج تحقیقات Boyd (۲۰۰۳) نشان داده است که ماهیان قزل‌آلا در آب‌های شیرین معمولی که هدایت الکتریکی آن‌ها بین ۲۰ تا ۱۵۰۰ میلی‌موس بر سانتی‌متر است، به خوبی رشد می‌کنند. لذا با توجه به این‌که مقدار متوسط هدایت الکتریکی آب رودخانه مورد بررسی ۳۵۴ تا ۷۳۲ میلی‌موس بر سانتی‌متر بوده و در تابستان حداکثر به ۸۹۶ میلی‌موس بر سانتی‌متر می‌رسد، آب رودخانه از نظر میزان هدایت الکتریکی برای پرورش و رشد این‌گونه ماهیان مناسب می‌باشد.

اسیدیته: این بررسی نشان داد که تغییرات مقدار اسیدیته آب رودخانه به‌سمت پایین‌دست روند مشخصی را نشان نمی‌دهد. مقدار متوسط اسیدیته در ایستگاه‌های مطالعاتی در مدت بررسی، بین ۷/۹ تا ۸/۱ متغیر است، به‌نحوی‌که تغییرات آن از نظر آماری در این ایستگاه‌ها، در سطح پنج درصد معنی‌داری نمی‌باشد (جدول‌های ۱ و ۳).

مقدار pH آب رودخانه عمدتاً متاثر از عواملی مانند نوع منشاء اولیه آب، نوع تشکیلات زمین‌شناسی و گیاهان آبزی منطقه می‌باشد. اسیدیته مناسب برای آب مزارع پرورش ماهی بین ۶/۵ تا ۹ می‌باشد. چنان‌چه pH آب به مقدار زیاد افزایش یا کاهش یابد، باعث کاهش وزن و کاهش زاد و ولد ماهیان شده و برای مقادیر کمتر از چهار و بیشتر از ۱۱، موجب مرگ ماهیان قزل‌آلا می‌شود (Lawson، ۲۰۰۱). آب‌های دارای اسیدیته معمولی، تاثیر سوء بر سلامتی انسان و جانداران ندارد، اما مقادیر خیلی زیاد باعث ایجاد مسمومیت می‌شود (Kumar و همکاران، ۲۰۱۰). در مقادیر اسیدیته خیلی پایین، حلالیت برخی از فلزات سنگین به‌طور چشمگیری افزایش داشته و این‌گونه فلزات به سهولت به‌وسیله ارگانیزم‌های آبزی جذب می‌شود (Schulz و همکاران، ۲۰۰۳).

عدم معنی‌داری تغییرات اسیدیته آب رودخانه بین ایستگاه‌های مطالعاتی در مدت بررسی، نشان می‌دهد که پساب در تغییر میزان اسیدیته آب تاثیر چندانی ندارد. با توجه به یافته‌های محققینی نظیر Lawson (۲۰۰۱)، Schulz و همکاران (۲۰۰۳) و Kumar (۲۰۱۰) می‌توان نتیجه‌گیری نمود که آب رودخانه با داشتن اسیدیته فعلی، برای آبزیان مناسب بوده و مشکلی وجود ندارد.

اکسیژن محلول: اکسیژن محلول همراه با درجه حرارت، سوخت و ساز ماهی‌ها و بی‌مهرگان را تنظیم می‌کند. ماهی می‌تواند خود را با شرایط کمبود اکسیژن محلول سازگار نماید، اما روند این تعدیل به کندی صورت گرفته و بسته به شرایط ممکن است چند ساعت تا چند هفته طول بکشد (Pulatsu و همکاران، ۲۰۰۴). یکی از مهم‌ترین پارامترهای هیدروشیمی آب، اکسیژن محلول بوده که در رودخانه مورد پژوهش و در بحرانی‌ترین شرایط در فصل تابستان در پی افزایش درجه حرارت و بالا بودن میزان BOD5، به مقدار ۷/۶ میلی‌گرم در لیتر کاهش یافت. در فصول مختلف سال، میزان اکسیژن محلول آب در رودخانه مورد بررسی به‌سمت ایستگاه‌های پایین‌دست کاهش یافته و تغییرات آن در سطح یک درصد اختلاف معنی‌داری را نشان داد. این نتیجه‌گیری با نتایج حاصل از بررسی‌های Teknay و Guroy (۲۰۰۹)، Fadaeifard و همکاران (۲۰۱۲) و Naderi و همکاران (۲۰۰۶) نزدیک می‌باشد. این محققین با پژوهش‌های مشابهی نتیجه گرفتند که ورود پساب به رودخانه باعث کاهش معنی‌دار اکسیژن محلول آب رودخانه شده است.

این پژوهش نشان داد مقدار اکسیژن محلول آب بین ایستگاه‌های قبل و بعد هر مزرعه تفاوت قابل ملاحظه‌ای دارد که موید تاثیر تخلیه پساب مزارع پرورش ماهی به آب رودخانه است (جدول‌های ۱ و ۳).

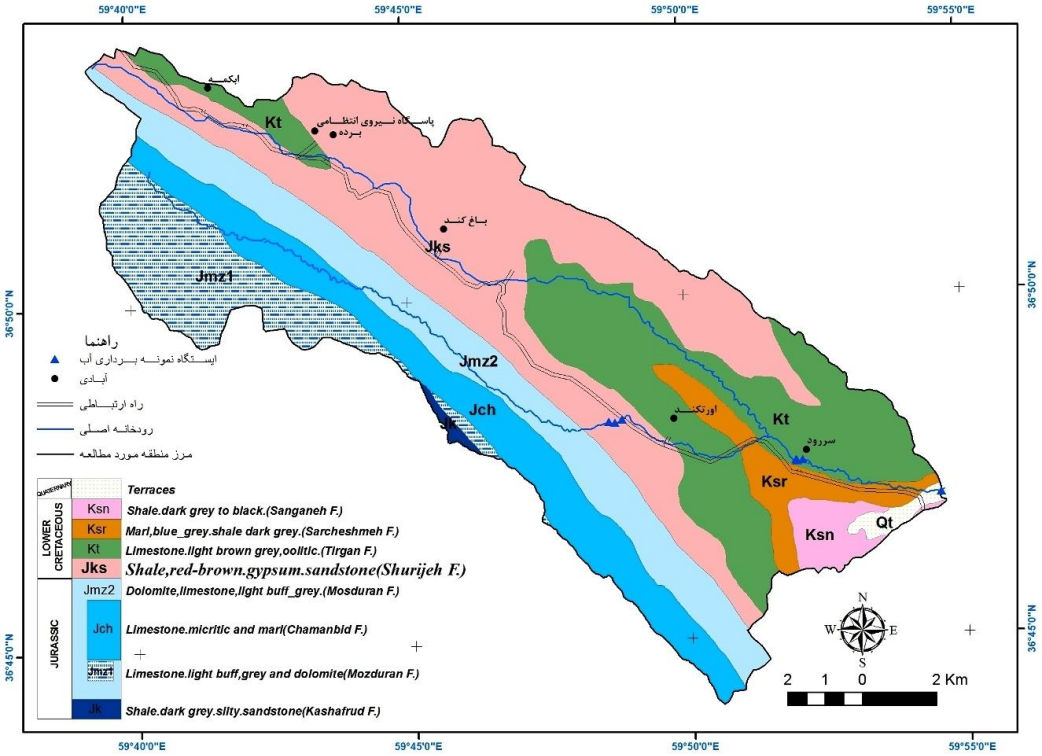
جدول ۱- میانگین و انحراف معیار نتایج آنالیز شیمیایی نمونه‌های آب در ایستگاه‌های اندازه‌گیری طی چهار فصل در سال ۱۳۹۰-۱۳۸۹

پارامتر اندازه‌گیری شده	ایستگاه اول	ایستگاه دوم	ایستگاه سوم	ایستگاه چهارم	ایستگاه پنجم	ایستگاه ششم	ایستگاه هفتم	میانگین	انحراف معیار
بهار									
EC (میلی‌موس بر سانتی‌متر)	۳۶۱	۳۸۷	۴۶۶	۶۴۰	۶۶۱	۶۵۵	۸۸۴	۵۷۹/۱	۱۸۵/۵
pH	۸/۱	۸	۷/۹	۸	۸	۸/۱	۷/۶	۷/۹	۰/۲
DO (میلی‌گرم در لیتر)	۹/۴	۹	۹/۱	۹/۳	۸/۶	۸/۷	۹	۹/۱	۰/۳
BOD5 (میلی‌گرم در لیتر)	۱/۱	۳/۴	۲/۹	۲/۴	۳/۵	۳/۲	۲/۸	۲/۸	۰/۸
COD (میلی‌گرم در لیتر)	۳	۱۰/۳	۹	۷/۷	۱۶/۲	۱۱/۵	۵/۵	۹/۰	۴/۳
تابستان									
EC (میلی‌موس بر سانتی‌متر)	۳۹۲	۴۱۸	۴۷۵	۶۸۸	۶۹۲	۶۷۶	۸۹۶	۶۰۵/۳	۱۸۳/۲
pH	۸/۱	۸	۸	۸	۷/۹	۷/۸	۷/۷	۷/۹	۰/۱
DO (میلی‌گرم در لیتر)	۸/۹	۷/۹	۸/۲	۸/۶	۷/۶	۷/۸	۸	۸/۱	۰/۵
BOD5 (میلی‌گرم در لیتر)	۱/۴	۴/۱	۳/۹	۲/۷	۴/۵	۴/۳	۳/۱	۳/۴	۱/۱
COD (میلی‌گرم در لیتر)	۳/۸	۱۷/۵	۱۳/۷	۸/۵	۲۰	۱۸/۳	۱۱/۱	۱۰/۷	۶/۳
پاییز									
EC (میلی‌موس بر سانتی‌متر)	۳۳۷	۳۶۳	۳۷۴	۴۷۱	۴۸۳	۴۷۴	۵۸۹	۴۴۱/۶	۸۸/۵
pH	۸/۱	۸	۸	۸/۳	۸/۱	۸/۳	۸/۲	۸/۱	۰/۱
DO (میلی‌گرم در لیتر)	۹/۷	۹	۹/۱	۹/۴	۸/۶	۸/۸۰	۹/۱	۹/۱	۰/۴
BOD5 (میلی‌گرم در لیتر)	۰/۹	۳/۸	۳/۵	۱/۸	۳/۴	۲/۷	۱/۸	۲/۶	۱/۱
COD (میلی‌گرم در لیتر)	۱/۷	۱۵	۱۱/۶	۶/۴	۱۳/۱	۱۰/۷	۴/۵	۹/۰	۴/۹
زمستان									
EC (میلی‌موس بر سانتی‌متر)	۳۲۸	۳۵۱	۳۵۸	۴۵۳	۴۶۷	۴۵۵	۵۵۸	۴۲۴/۳	۸۲/۲
pH	۸/۲	۷/۹	۸/۲	۸/۴	۸/۳	۸/۳	۸/۲	۸/۲	۰/۲
DO (میلی‌گرم در لیتر)	۱۰/۳	۹/۱	۹/۳	۹/۶	۸/۹	۹/۱	۹/۴	۹/۴	۰/۵
BOD5 (میلی‌گرم در لیتر)	۰/۶	۳/۱	۲/۸	۱/۵	۳/۳	۲/۵	۱/۴	۲/۲	۱/۰
COD (میلی‌گرم در لیتر)	۱/۶	۹/۲	۸/۴	۴/۵	۱۴/۷	۷/۲	۳/۶	۷/۰	۴/۳
میانگین فصول									
EC (میلی‌موس بر سانتی‌متر)	۳۵۴/۵	۳۷۹/۸	۴۱۸/۲	۵۶۳	۵۷۵/۷	۵۶۴	۷۳۱/۸	۵۱۲/۶	۱۳۴/۸
pH	۸/۱	۸	۸/۱	۸/۲	۸/۱	۸/۱	۷/۹	۸	۰/۱۵
DO (میلی‌گرم در لیتر)	۹/۶	۸/۸	۸/۹	۹/۲	۸/۴	۸/۶	۸/۹	۸/۹	۰/۴
BOD5 (میلی‌گرم در لیتر)	۱	۳/۶	۳/۳	۲/۱	۳/۷	۳/۲	۲/۳	۲/۸	۱
COD (میلی‌گرم در لیتر)	۲/۵	۱۳	۱۰/۷	۶/۸	۱۶	۱۱/۹	۶/۲	۸/۹	۵

جدول ۲- تجزیه واریانس پارامترهای مورد مطالعه آب در ایستگاه‌های نمونه‌برداری در متوسط چهار فصل

منابع تغییرات	درجه آزادی	COD (میلی‌گرم در لیتر)	BOD5 (میلی‌گرم در لیتر)	DO (میلی‌گرم در لیتر)	PH	EC (میلی‌موس بر سانتی‌متر)
ایستگاه	۶	۵۸/۹**	۳/۸***	۰/۶^{ns}	۱/۱^{ns}	۷۲۵۶۴/۸***
خطا	۲۱	۱۴/۳	۰/۴	۰/۳	۰/۸۸	۱۱۴۷۷/۳

** و *** به‌ترتیب معرف معنی‌داری در سطح پنج و یک درصد و ^{ns} موید عدم معنی‌داری در سطح پنج درصد است.



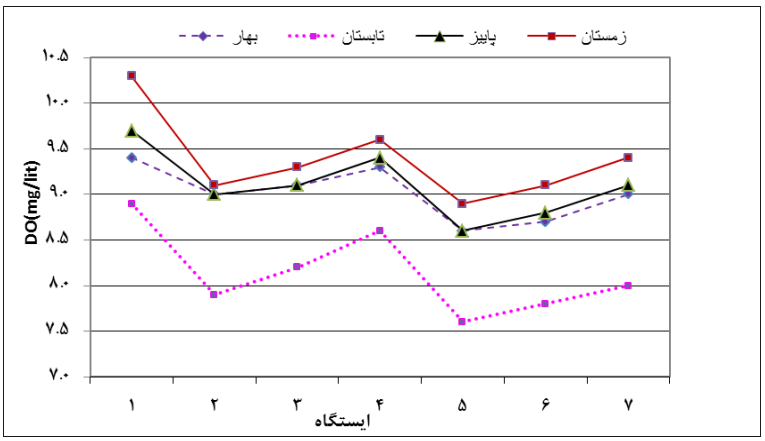
شکل ۲- نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد پژوهش

جدول ۳- تجزیه واریانس برخی از پارامترهای مورد مطالعه آب در چهار فصل در متوسط هفت ایستگاه مطالعاتی

منابع تغییرات	درجه آزادی	COD (میلی‌گرم در لیتر)	BOD5 (میلی‌گرم در لیتر)	DO (میلی‌گرم در لیتر)	pH	EC (میلی‌موس بر سانتیمتر)
ایستگاه	۳	۱۵/۸^{ns}	۹/۱^{ns}	۲/۲***	۰/۷^{ns}	۶۰۳۴۷/۱^{ns}
خطا	۲۴	۲۵/۳	۱/۰	۰/۲	۰/۹۵	۲۰۶۴۰/۵

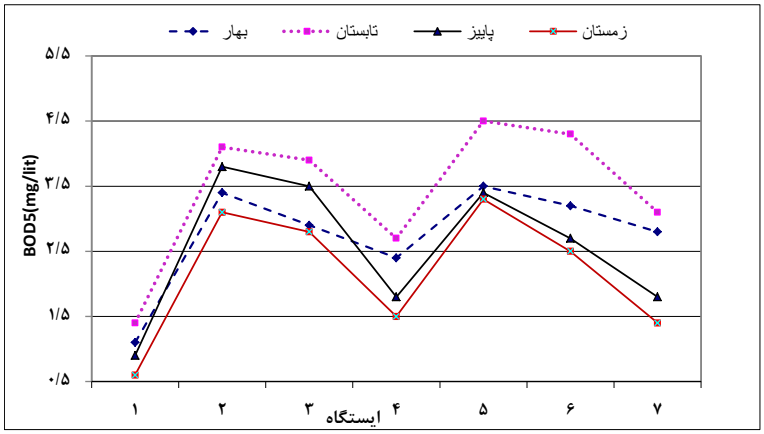
*** معرف معنی‌داری یک درصد و ^{ns} موید عدم معنی‌داری در سطح پنج درصد است.

در مدت بررسی، میانگین اکسیژن محلول در ایستگاه‌های مختلف بین ۸/۴ (ایستگاه ۵) و ۹/۶ (ایستگاه ۱) متغیر بود. در شکل ۳ نمودار تغییرات مقادیر اکسیژن محلول آب رودخانه ارتکند در فصول مختلف سال نشان داده شده است. همان‌گونه که این شکل نیز نشان می‌دهد، آب رودخانه در فصول زمستان و تابستان به‌ترتیب دارای بیشترین و کمترین مقدار اکسیژن محلول می‌باشد.



شکل ۳- نمودار تغییرات مقادیر اکسیژن محلول آب رودخانه ارتکند در فصول مختلف سال

اکسیژن مورد نیاز زیستی: یکی دیگر از عوامل تعیین‌کننده کیفیت آب در رودخانه‌ها، فاکتور اکسیژن مورد نیاز زیستی است. BOD5 در واقع مقدار اکسیژنی است که به‌وسیله میکروارگانیسم‌ها در اکسیداسیون هوازی مواد آلی نیاز می‌باشد. بدین ترتیب، هرقدر میزان مواد آلی رودخانه بیشتر باشد، اکسیژن بیشتری برای تجزیه هوازی نیاز است. ورود پساب ناشی از فعالیت مزارع پرورش ماهی به رودخانه موجب افزایش میزان اکسیژن مورد نیاز زیستی آب شده به‌نحوی‌که به‌سمت پایین‌دست رودخانه، روند تغییرات مقدار این پارامتر بین ایستگاه‌های مطالعه شده در مدت بررسی در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). افزایش مقدار BOD5 در پساب خروجی از هر مزرعه نسبت به آب ورودی به آن مزرعه قابل توجه می‌باشد. Selong و Helfrich (۱۹۹۸) و Pulatsu و همکاران (۲۰۰۴) نیز در پژوهش‌های خود نتایج مشابهی را ارائه نموده‌اند. این محققین نتیجه گرفتند که ورود پساب مزارع پرورش ماهی به رودخانه، به‌طور قابل ملاحظه‌ای موجب افزایش میزان اکسیژن مورد نیاز زیستی آب رودخانه شده است. در این بررسی، مقدار متوسط BOD5 بین یک و ۳/۷ میلی‌گرم در لیتر به‌ترتیب در ایستگاه اول و پنجم متفاوت بود. این متغیر در فصول مختلف سال و در ایستگاه‌های مختلف، نوساناتی داشت که حداقل و حداکثر مقدار آن در فصل زمستان برابر با ۰/۶ و ۴/۵ میلی‌گرم در لیتر به‌ترتیب در ایستگاه اول و پنجم اندازه‌گیری شد. در شکل ۴، نمودار مقادیر BOD5 آب رودخانه ارتکند در فصول مختلف سال نشان داده شده است. همان‌گونه که این شکل نیز نشان می‌دهد، آب رودخانه در فصول تابستان دارای بیشترین مقدار BOD5 می‌باشد.



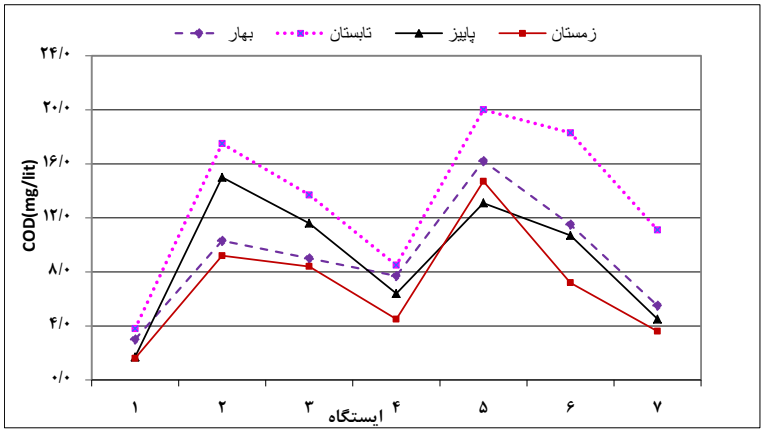
شکل ۴- نمودار مقادیر BOD5 موجود در آب رودخانه ارتکند در فصول مختلف

اکسیژن مورد نیاز شیمیایی: اکسیژن‌خواهی شیمیایی یا اکسیژن مورد نیاز فاضلاب (COD) در واقع مقدار اکسیژنی است که برای اکسیداسیون شیمیایی فاضلاب لازم است (Erfanmanesh و Efuni، ۱۹۹۹). کل مواد آلی موجود در آب را می‌توان از طریق اندازگیری COD و BOD5 تخمین زد. BOD5 و COD مقدار اکسیژن لازم برای تجزیه مواد آلی را مشخص کرده و مستقیما مقدار مواد آلی را معین نمی‌کنند (Shariatpanahi، ۲۰۰۱). ازآن‌جا که مواد آلی موجود در آب‌ها بسیار متنوع هستند، تعیین جداگانه هر یک از آن‌ها بسیار دشوار بوده و معمولا به تعیین مجموع مواد آلی اکتفا می‌شود. به‌همین دلیل، ترجیحا از مقدار COD برای تعیین مقدار مواد آلی موجود در آب استفاده می‌شود. مجموع مواد آلی در آب به این دلیل مهم است که باعث کاهش اکسیژن محلول در آب شده و حیات آبزیان را به خطر می‌اندازند (Monzavi، ۱۹۹۶).

این بررسی نشان داد که ورود پساب ناشی از مزارع پرورش ماهی به رودخانه موجب افزایش میزان اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی آب شده، به‌نحوی‌که به طرف پایین‌دست رودخانه روند تغییرات مقدار این پارامتر بین ایستگاه‌های مطالعه شده در مدت بررسی تفاوت معنی‌داری ($P\leq 0/01$) را نشان داد (جدول ۲). Selong و Helfrich (۱۹۹۸) و Teodorowicz و

همکاران (۲۰۰۶) نیز در پژوهش‌های خود نتایج مشابهی را ارائه نموده‌اند. این محققین نتیجه گرفتند که ورود پساب مزارع پرورش ماهی به رودخانه، موجب افزایش قابل ملاحظه در میزان COD آب رودخانه شده است.

در این پژوهش، مقدار متوسط BOD5 بین ۲/۵ و ۱۶ میلی‌گرم در لیتر، به‌ترتیب در ایستگاه اول و پنجم متغیر بود. این فاکتور در فصول مختلف سال و در ایستگاه‌های مختلف نوساناتی داشت که حداقل و حداکثر مقدار آن در فصل زمستان برابر با ۱/۶ و ۲۰ میلی‌گرم در لیتر به‌ترتیب در ایستگاه اول و پنجم اندازه‌گیری شد. با توجه به این‌که مقدار COD برای آب‌های سطحی خیلی تمیز دو تا ۱۰ میلی‌گرم در لیتر، برای آب‌های تمیز ۱۰ تا ۳۰ میلی‌گرم در لیتر و برای آب‌های کثیف ۳۰ تا ۱۵۰ گرم در لیتر می‌باشد (Monzavi، ۱۹۹۶)، لذا رودخانه مورد مطالعه از نظر میزان COD در شرایط فعلی در رده آب‌های تمیز قرار می‌گیرد. در شکل ۵ نمودار مقادیر COD آب رودخانه ارتکند در فصول مختلف سال نشان داده شده است. بر اساس این شکل، آب رودخانه در فصل تابستان نسبت به سایر فصول دارای بیشترین مقدار COD می‌باشد.



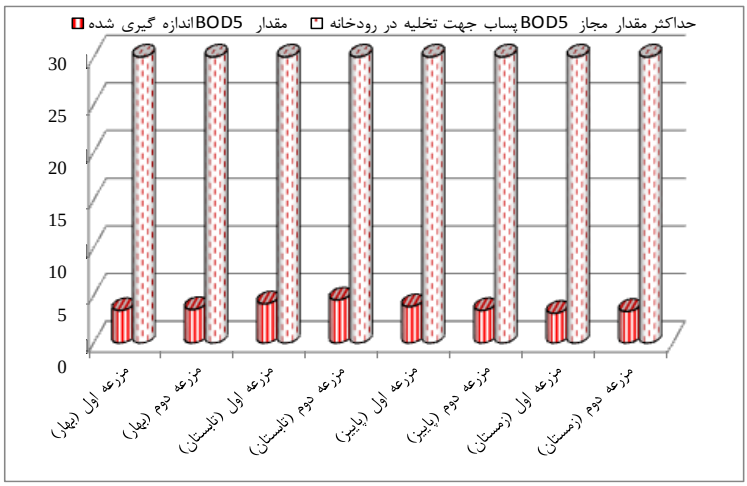
شکل ۵- نمودار مقادیر COD موجود در آب رودخانه ارتکند در فصول مختلف

با بهره‌گیری از نتایج به‌دست آمده از این پژوهش، جمع‌بندی زیر را می‌توان به‌عمل آورد.

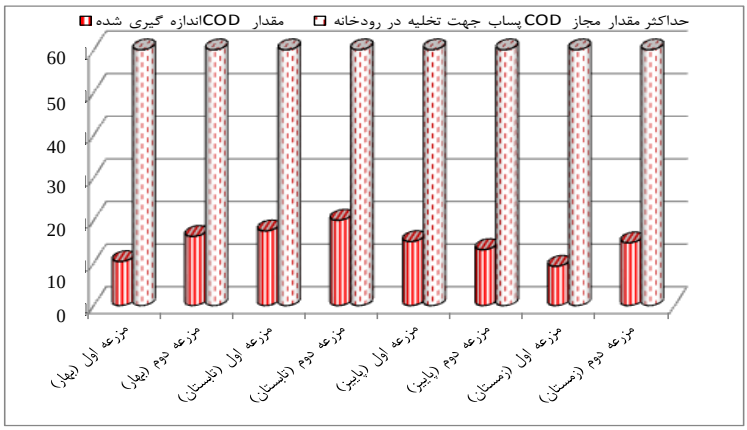
۱. نتایج این پژوهش نشان داد که در مقادیر برخی از پارامترهای مورد بررسی بین آب ورودی به هر مزرعه و پساب خروجی از آن، تفاوت قابل ملاحظه و بارزی وجود دارد. این موضوع موید آن است که ورود پساب مزارع پرورش ماهی به رودخانه باعث تغییرات نامطلوب آب رودخانه و از جمله موجب افزایش قابل ملاحظه‌ای در مقدار پارامترهای اکسیژن مورد نیاز زیستی و اکسیژن مورد نیاز شیمیایی و کاهش اکسیژن محلول آب می‌شود. محققین مختلفی از جمله Selong و Helfrich (۱۹۹۸)، Pulatsu و همکاران (۲۰۰۴)، Teknay و Guroy (۲۰۰۹)، Fadaeifard و همکاران (۲۰۱۲) نیز در پژوهش‌های خود نتایج مشابهی را ارائه نموده‌اند.

۲. از آن‌جا که آب رودخانه ارتکند برای مصارف کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گیرد و استفاده از رودخانه به‌عنوان اکوتوریسم در سال‌های اخیر حائز اهمیت می‌باشد، لذا با توجه به احتمال بروز آلودگی‌های زیست‌محیطی متاثر از ورود پساب مزارع پرورش ماهی به آب رودخانه، رعایت استانداردهای زیست‌محیطی به‌منظور کاهش آلودگی آب کاملاً ضروری است. بیشترین آلایندگی پساب مزارع پرورش ماهی در منطقه، مربوط به فصل تابستان است. در شکل‌های ۶ و ۷ به‌ترتیب میزان BOD5 و COD موجود در نمونه‌های مورد بررسی با مقادیر استاندارد تعیین شده برای پساب ورودی به آب‌های جاری (جدول ۴) مقایسه شده است. همان‌گونه که در این شکل‌ها نشان داده شده، در شرایط فعلی حتی در فصل تابستان نیز مقادیر آلاینده‌ها در پساب خروجی از مزارع پرورش ماهی منطقه، از استاندارد پیشنهادی

محیط زیست کمتر است. در نهایت، ذکر این نکته ضروری است که هرچند در شرایط کنونی مقادیر این آلاینده‌ها پایین‌تر از حد مجاز استانداردهای محیط زیست می‌باشد، اما بدیهی است که با گسترش فعالیت مزارع پرورش ماهی قزل‌آلا و در صورت عدم رعایت ضوابط زیست‌محیطی، مشکلات زیست‌محیطی و عواقب سوء ناشی از آن در سال‌های آتی دور از انتظار نخواهد بود.



شکل ۶- مقایسه مقادیر BOD5 موجود در نمونه‌های مورد بررسی با استانداردهای زیست‌محیطی موجود



شکل ۷- مقایسه مقادیر COD موجود در نمونه‌های مورد بررسی با استانداردهای زیست‌محیطی موجود

جدول ۴- استاندارد پیشنهادی سازمان حفاظت محیط زیست کشور برای دفع پساب‌ها و آب‌های برگشتی به آب‌های سطحی

آلاینده	دامنه	میانگین	واحد	مرز استاندارد آلوده‌کننده‌ها در پساب	
				رهایی در آب‌های پذیرنده	بهره‌گیری در آبیاری و کشاورزی
BOD5	۴/۵-۰/۶	۲/۸	میلی‌گرم در لیتر	۳۰ (لحظه‌ای ۵۰)	۱۰۰
COD	۲۰-۱/۶	۸/۹	میلی‌گرم در لیتر	۶۰ (لحظه‌ای ۵۰)	۲۰۰
DO (حداقل)	۱۰/۳-۷/۶	۸/۹	میلی‌گرم در لیتر	۲	۲
PH	۸/۴-۷/۶	۸	-	۶/۵-۸/۵	۶-۸/۵

تشکر و قدردانی

در تهیه این مقاله از اطلاعات طرح پژوهشی با عنوان "بررسی تاثیر پساب استخرهای پرورش ماهی قزل‌الا بر کیفیت آب رودخانه ارتکند کلات" که به سفارش شرکت آب منطقه‌ای خراسان‌رضوی به‌وسیله مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان‌رضوی

انجـام شـده، اسـتفاده شـده اسـت. بـدین وسـیله از مسئولین و دستانـدرکاران طـرح در شـرکت و مرکـز مذبور تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع مورد استفاده

1. Adams, S.M. 2002. Biological indicators of aquatic ecosystem stress. American Fisheries Society. Bethesda, Maryland, 644 pages.
2. Angus Webb, J. 2012. Effects of trout farms on stream macroinvertebrates: linking farm-scale disturbance to ecological impact. Aquacult Environ Interact, 3: 23–32.
3. Boyd, C.E. 2003. Guidelines for aquaculture effluent management at farm-level. Aquaculture, 226:101-112.
4. Chen, Y.H., W.C. Lee, C.C. Chen, Y.H. Chen and I.C. Liao. 2006. Impact of externality on the optimal production of eel (Anguilla japonica) aquaculture in Taiwan. Aquaculture, 257: 18-29.
5. Costa Pierce, B.A. 2002. Ecological aquaculture: The evolution of the blue revolution. Dept. of Fisheries, Animal and Veterinary Science, University of Rholde Island, 501 pages.
6. Erfanmanesh, M. and M. Efuni. 1999. Environmental, water, soil and air contamination. First publication, Esfahan Arkan Publication (in persian).
7. Fadaeifard, F., M. Raissy, M. Faghani, A. Majlesi and G. Nodeh Farahani. 2012. Evaluation of physicochemical parameters of wastewater from rainbow trout fish farms and their impacts on water quality of Koohrang stream, Iran. International Journal of Fisheries and Aquaculture, 4(8): 170-177.
8. Jafari Salim, B., G. Nabi Bidhendi, A. Salemi, M. Taheryiounand and M. Ardestani. 2009. Water quality assessment of Gheshlagh River using water quality indices. Environmental Sciences, 2(4): 19-28.
9. Kazemzade Khajooie, A. 2002. Evaluation of contamination resulting from Haraz trout farms effluent. Msc Thesis, Tarbiate Modares University (in Persian).
10. Kumar, A., B.S. Bisht, A. Talwar and D. Chandel. 2010. Physico-chemical and microbial analysis of ground water from different regions of Doon valley. International Journal of Applied Environmental Sciences, 5(3): 433-440.
11. Lawson, T.B. 2001. Fundamentals of aquacultural engineering. Chapman and Hall, New York, 364 pages.
12. Lyssenko, C. and F. Wheaton. 2006. Impact of rapid impulse operating disturbances on ammonia removal by trickling and submerged-upflow biofilters for intensive recirculating aquaculture. Aquacultural Engineering, 35: 38-50.
13. Miller, D. and K. Semmens. 2002. Waste management in aquaculture. West Virginia University Extension Service, Publication No. AQ02-1, USA, 8 pages.
14. Mirrasooli, E., S. Nezami, R. Ghorbani, H. Khara and M. Talebi. 2011. The impact of rainbow trout (Oncorhynchus mykiss) farm effluents on water quality. World Journal of Fish and Marine Sciences, 4(4): 330-334.
15. Monzavi, M. 1996. Wastewater refining. Tehran University Publication, 266 pages. (in Persian).
16. Naderi, J.M., S. Esmaili, A. Ahmadi, J. Saifabadi and A. Abdoli. 2006. Investigation on contamination resulting from Haraz trout farms effluent on water quality. Environmental Sciences, 4(2): 21-26 (in Persian).
17. Pulatsu, S., F. Rad, G. Koksal, F. Aydın, C.K. Benli and A. Topcu. 2004. The impact of rainbow trout farm effluents on water quality of Karasu stream, Turkey. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 4: 09-15.
18. Sawyer, C.N, P. McCarty and G.F. Parkin. 2003. Chemistry for environmental engineering and science. 5th Edition, NewYork, Tata McGraw-Hill.
19. Schulz, C., J. Gelbrecht and B. Rennert. 2003. Treatment of rainbow trout farm effluents in constructed wetland with emergent plants and subsurface horizontal water flow. Aquaculture, 217: 207-221.
20. Selong, J.H. and L.A. Helfrich. 1998. Impact of trout culture effluent on water quality and biotic communities in Virginia Headwater Streams. The Progressive Fish-Culturist, 60: 247-262.
21. Shariatpanahi, M. 2001. Fundamental refining of water and wastewater. Tehran University Publication, 196 pages (in Persian).
22. Tajrishy, M. and A. Abrishamchi. 2005. Integrated approach to water and wastewater management for Tehran, Iran, water conservation, reuse and recycling. Proceedings of the Iranian-American Workshop, Washington, DC., National Academies Press.
23. Tchobanoglous, G., F.L. Burton and H.D. Stensel. 2003. Wastewater engineering (treatment, disposal, reuse). 4th edition. New York, Metcalf and Eddy Inc.

24. Teknay, A.A. and D. Guroy. 2009. The environmental effect of a land-based trout farm on Yuvarlakçay, Turkey. Ekoloji, 19: 65-70.
25. Teodorowicz, M., H. Gawrońska, K. Lossow, and M. Łopata. 2006. Impact of trout farms on water quality in the Marózka stream (Mazurian Lakeland, Poland), Archives of Polish Fisheries, 14(2): 243-255.

Investigation on the temporal and spatial variation of Ortakand River water quality due to trout farms effluent

Ali Bagherian Kalat[*1], Gholamreza Lashkaripour[2], Mohammad Ghafoori[3], Naser Hafezi Moghadas[4], Gholamali Ghazanchian[5] and Reza Ghafoorian[6]

[1] PhD Student, International Unit of Ferdowsi University of Mashhad, Iran, [2, 3] Professor, Faculty of Science, Ferdowsi University of Mashhad, Iran, [4] Associate Professor, Faculty of Science, Ferdowsi University of Mashhad, Iran, [5] Assistant Professor, Agricultural and Natural Resources Research Center, Khorasan Razavi, Iran and [6] Scientific Board, Agricultural and Natural Resources Research Center, Khorasan Razavi, Iran

Received: 08 September 2013 Accepted: 30 November 2013

Abstract

In recent years, activities on trout fish farming is developed significantly in Ortakand River. Fish production may have huge impact on the river ecosystem if an environmental rule is neglected. This research was carried out in Ortakand River in Kalat city in Khorasan Razavi with the aim of investigation of fish production projects effluent effect on the river water quality. Two fish farms and seven stations were selected and during one year in each season, water samples were collected. The samples were analyzed in the laboratory for determining some physic-chemical and biological parameters of water samples. The results showed that the average of these parameters were within a range between 13.3-15 °C of temperature, 7.9-8.1 of pH, 354-732 mmhos/cm of EC, 8.4-9.6 mg/L of DO, 1-3.7 and 2.5-13.9 mg/L of BOD5 and COD, respectively. The results showed that BOD5 and COD concentration had a significant increasing toward upstream ($p<0.01$), spatially. Meanwhile, amount of DO showed a significant decrease ($p<0.01$), temporaly. This research revealed that changes in concentration of BOD5, COD and DO were dominantly due to fluctuations of environmental conditions and activity rates of the farms. Although, the amount of COD and BOD5 in fish farms effluent in current situation are less than the standard environmental amount, but environmental impacts could be increased by activities of new fish farms,.

Key words: BOD and COD, Environmental rules, River ecosystem, Pollutants, Trout

[*] Corresponding author: alibagheriankalat@yahoo.com