وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور- مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس

عنوان:

امکان‌سنجی پرورش ماهی قزل‌آلا با استفاده از پسآب کارگاه‌های بالادست در شهرستان سپیدان، استان فارس

مجری:
مهرداد زمان‌پور

شماره ثبت
۵۶۰۹۷

وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور - مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس

عنوان طرح/پروژه: امکان‌سنجی پرورش ماهی قزل‌آلا با استفاده از پسآب کارگاه‌های بالادست در شهرستان سپیدان، استان فارس
کد مصوب: ۲٤-٥٠-۱۲-۰۰۹-۹٦۰٥۷۳
نام و نام خانوادگی نگارنده/ نگارندگان: مهرداد زمانپور
نام و نام خانوادگی مجری مسئول (اختصاص به پروژه ها و طرحهای ملی و مشترک دارد) : -
نام و نام خانوادگی مجری / مجریان: مهرداد زمانپور
نام و نام خانوادگی همکار(ان): محمدحسین ابراهیمی، ساره یاری‌پور، لادن جوکار
نام و نام خانوادگی مشاور(ان): نیما پورنگ
نام و نام خانوادگی ناظر(ان): -
محل اجرا: استان فارس
تاریخ شروع: ۱۳۹٦/۰۲/۰۱
مدت اجرا: ۱ سال و ۰ ماه
ناشر : موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور
تاریخ انتشار : سال ۱۳۹۹
حق چاپ برای مؤلف محفوظ است . نقل مطالب ، تصاویر ، جداول ، منحنی ها و نمودارها با ذکر مأخذ بلامانع است .

«سوابق طرح یا پروژه و مجری مسئول / مجری»

طرح/پروژه: امکان‌سنجی پرورش ماهی قزل‌آلا با استفاده از پساب کارگاه‌های بالادست در شهرستان سپیدان، استان فارس

کد مصوب : ۹۶۰۵۷۳-۰۰۹-۱۲-۵۰-۲٤

شماره ثبت (فروست): ٥٦۰۹۷ تاریخ : ۱۳۹۸/٦/۱۰

با مسئولیت اجرایی جناب آقای مهرداد زمانپور دارای مدرک تحصیلی دکترای تخصصی در رشته زیست شناسی جانوران دریا می‌باشد.

پروژه توسط داوران منتخب بخش اکولوژی منابع آبی در تاریخ ۱۳۹۸/۲/۱۵ مورد ارزیابی و با رتبه خوب تأیید گردید.

در زمان اجرای طرح یا پروژه، مجری در :

ستاد ☐ پژوهشکده ☐ مرکز ■ ایستگاه ☐

با سمت عضو هیئت علمی در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس مشغول بوده است .

عنوان	«فهرست مندرجات»	صفحه

چکیده ۱
۱- مقدمه ۲
۱-۱- اهمیت موضوع ۲
۱-۲-مروری بر منابع ۳
۲-مواد و روش‌ها ۹
۲-۱- شرایط اکولوژیک منطقه اجرای پروژه ۹
۲-۲- معرفی منطقه ۹
۲-۳- محل‌های نمونه‌برداری ۱۰
۲-۴- نمونه‌برداری ۱۳
۲-۵- سنجش‌های شیمیایی ۱۳
۳- نتایج ۱۵
۳-۱- رودشیر ۱۵
۳-۱-۱- مقایسه میانگین ایستگاه‌ها ۱۵
۳-۲- جوبخَلّه ۱۸
۳-۲-۱- مقایسه میانگین ایستگاه‌ها ۱۸
۴-بحث ۲۲
۴-۱- عوامل مهم مناسب تکثیروپرورش قزل‌آلای رنگین‌کمان در آب شیرین ۲۵
منابع ۲۷
چکیده انگلیسی ۳۱

عنوان	«فهرست جداول »	صفحه

جدول ۱. مشخصات جغرافیایی مناطق نمونه‌برداری ۱۰
جدول ۲. نتایج اندازه‌گیری دوماهانه عوامل فیزیکی و شیمیایی در رودخانه رودشیر در ۱۳۹۵ ..... ۱۵
جدول ۳. نتایج اندازه‌گیری دو ماهانه عوامل فیزیکی و شیمیایی در رودخانه جوبخله در ۱۳۹۵ ..... ۱۸
جدول ۴. مقایسه ویژگی‌های مهم فیزیکی و شیمیایی در آب دو رودخانه جوبخله و رودشیر با استانداردهای لازم برای آبزی‌پروری سردآبی ۲۶

عنوان	«فهرست اشکال »	صفحه

شکل ۱. بالا: سرشاخه‌های رودخانه کر، پایین: رودخانه جوبخله. نقاط شماره‌گذاری شده ایستگاه‌های نمونه‌برداری است (تصویر از Google mpa, 2018)..... ۱۱
شکل ۲ .بالا: سرشاخه‌های رودخانه فهلیان، پایین: رودخانه رودشیر. نقاط شماره‌گذاری شده ایستگاه‌های نمونه‌برداری است (تصویر از Google mpa, 2018)..... ۱۲
شکل ۳. نمودار رگرسیون ارتباط فاصله از مبدأ با دمای آب در رودخانه رودشیر ۱۷
شکل ۴. نمودار رگرسیون ارتباط فاصله از مبدأ با سرعت جریان در رودخانه رودشیر..... ۱۷
شکل ۵. نمودار رگرسیون ارتباط فاصله از مبدأ با یون نیتریت در رودخانه جوبخله..... ۲۰
شکل ۶. نمودار رگرسیون ارتباط فاصله از مبدأ با کل مواد جامد محلول در رودخانه جوبخله ۲۰
شکل ۷. نمودار رگرسیون ارتباط فاصله از مبدأ با هدایت الکتریکی در رودخانه جوبخله ۲۱

چکیده

پرورش ماهی قزل‌آلا روند روبه رشدی در کشور داشته‌است و تقاضای بسیاری برای ساخت کارگاه‌های پرورش ماهیان سردآبی هست. از سوی دیگر، مواد افزوده‌شده در خروجی کارگاه‌ها بر کیفیت آب اثر منفی می‌گذارد، و امکان تولید آبزیان با استفاده از این آب خروجی را کاهش می‌دهد. هدف این پروژه اندازه‌گیری عوامل مهم کیفیت آب پس از خروج از کارگاه‌های موجود و تعیین فاصله لازم برای ساخت کارگاه‌های جدید پرورش ماهیان سردآبی در دو رودخانه رودشیر و جوبخله در شهرستان سپیدان، استان فارس بود. در هر یک از دو رودخانه یک نقطه پیش از کارگاه، یک نقطه پس از کارگاه، و سه نقطه با فاصله‌های ۵، ۸ و ۱۰ کیلومتری برگزیده شد. نمونه‌برداری‌ها در ۶ نوبت به‌صورت دوماهانه از بهار تا زمستان ۱۳۹۴ انجام شد. اندازه‌گیری‌ها شامل عوامل فیزیکی (سرعت جریان، کل‌موادجامدمعلق، کل مواد جامد محلول، دما، هدایت الکتریکی، اکسیژن محلول و pH)، خصوصیات اکولوژیایی شاخص آلودگی شامل اکسیژن‌خواهی بیوشیمیایی و شیمیایی، و عوامل مهم شیمیایی کیفیت آب (نیترات، نیتریت، آمونیاک، و فسفات) بود. با توجه به استانداردهای آبزی‌پروری سردآبی، هر دو رودخانه در کیلومتر ۱۰ از نظر عوامل اکسیژن محلول، دمای آب، پی اچ، کل‌موادجامدمعلق، اکسیژن‌خواهی بیوشیمیایی و شیمیایی، هدایت الکتریکی، غلظت یون فسفات، نیتریت و نیترات شرایط مناسبی دارند، اما مواد جامد محلول در هر دوی آن‌ها بسیار بیرون از استاندارد است و آمونیاک آب آن‌ها نیز اندکی از استاندارد بالاتر است.

واژه‌های کلیدی: اکوسیستم‌های آبی، آبزی‌پروری، قزل‌آلا، کیفیت آب، پسآب، استان فارس

۱- مقدمه

۱-۱- اهمیت موضوع

فعالیت‌های آب‌زی‌پروری از عوامل پایه‌یی تأثیرگذار بر توسعه‌ی پایدار است. گسترش خردمندانه و حساب‌شده‌ی این فعالیت‌ها می‌تواند کمک ارزشمندی برای اقتصاد ملی و محلی باشد. متولیان شیلات و آب‌زی‌پروری استان با اعتقاد به سودمندی‌های بهره‌گیری از منابع آبی استان برای ایجاد اشتغال و درآمدزایی برای ساکنان محلی و افزایش تولید ماهی در استان و تأکید بر بی‌زیان‌بودن این فعالیت‌ها، ادامه بهره‌برداری را به سود استان می‌دانند. با این‌حال، معیار دقیقی از کارکرد خودپالایی اکوسیستم و فاصله‌ی بی‌خطر برای راه‌اندازی کارگاه‌های جدید وجود ندارد.

از سوی دیگر، بهره‌برداری‌هایی که در آن هر گونه احتمال تأثیرگذاری بر کیفیت آب و تنوع زیستی رودخانه‌ها وجود دارد، نیازمند نگاه مسوولانه‌تری به مساله کیفیت آب و معیارهای محیط زیستی است.

پرورش ماهی قزل‌آلا روند روبه‌رشدی در کشور داشته‌است و هنوز هم تقاضا برای مزارع توسعه پرورش ماهیان سرد-آبی هست. ماهی قزل‌آلا پرسودترین ماهی برای پرورش در استان است. اگرچه منابع آب برای تولید ماهیان محدود است، نیاز روبه‌افزایش تولید در استان، بسیاری از بهره‌برداران را به فکر استفاده دوباره از آب خروجی کارگاه‌ها برای راه‌اندازی کارگاه‌های بیشتر انداخته است. از سوی دیگر، مواد افزوده‌شده در خروجی کارگاه‌ها بر کیفیت آب اثر منفی می‌گذارد و ضمن آلوده‌کردن محیط طبیعی و به خطر انداختن بهداشت انسان، امکان تولید آبزیان با استفاده از این آب خروجی را کاهش می‌دهد.

از همین‌رو، پیش‌ازتصمیم‌گیری برای دادن اجازه به کارگاه‌های نو، لازم است با بررسی‌ها و اندازه‌گیری‌های دقیق، مسافت لازم برای دگرگونی این مواد در آب رودخانه (توان خودپالایی رودخانه) سنجیده شود، تا بتوان در باره‌ی فاصله‌ی لازم و بی‌خطر میان دو کارگاه، و نیز تأثیرگیری محیط از آنها به نتیجه‌گیری درستی رسید. با حفاظت کیفیت آب از آسیب‌های ممکن و تعیین محدوده مفید و بی‌خطر برای بهره‌برداری‌های آبزی‌پروری، اندازه ممکن برای توسعه‌ی آبزی‌پروری تعیین می‌شود و تولید فعلی به بیشترین اندازه پایدار خود می‌رسد.

پرسش‌های اساسی در این پژوهش این است که اول، مواد خروجی تا چه اندازه از کارگاه‌های پرورش ماهی وارد محیط می‌شود، دوم، مواد آلاینده‌ی محلول و جامد تا چه فاصله‌ای در رودخانه کاهش می‌یابد و از میان می‌رود و سوم، در هر منطقه بررسی‌شده تا چه فاصله‌ای می‌توان از آب خروجی برای راه‌اندازی کارگاه جدید استفاده کرد؟

بنابراین، هدف این پروژه بدست‌آوردن فاصله مورد نیاز برای دگرگونی مولکول‌های آلاینده حاصل از برون‌ده کارگاه‌های پرورش ماهیان سردآبی و تعیین فاصله‌ی لازم برای ساخت کارگاه‌های پرورش ماهیان سردآبی پس از کارگاه‌های ساخته‌شده پیشین است.

۲-۱-مروری بر منابع

در مورد کیفیت آب و بررسی تأثیر آلاینده‌های مختلف نقطه‌یی (point source) در ایران و جهان کارهای بی‌شماری انجام شده است. منابع بسیاری اهمیت فرآیند پالایش را در بازگرداندن وضعیت اکوسیستم‌های آبی به تعادل نشان داده‌اند (از جمله در لمپرت و سومر[1]، ۲۰۰۷؛ کومار و کاکرانی[2]، ۲۰۰۰). هدف این پژوهش‌ها بیش‌تر توجه به پیامدهای زیست‌محیطی و آلایندگی فعالیت‌های انسانی از جمله پرورش ماهی بوده است. برخی از پژوهش‌های انجام شده در باره وضعیت آلودگی و توان خودپالایی رودخانه کر در پی می‌آید.

وضعیت رودخانه‌های کر و سیوند در پژوهش‌های مختلفی از جنبه‌های مختلف اکولوژیایی و آلودگی بررسی شده است (بنانی، ۱۳۷۱؛ کریمی، ۱۳۷۳؛ رهنمایی، ۱۳۷۷؛ خوانساری، ۱۳۷۸). تغییرات فصلی ترکیبات یونی رودخانه‌ی کر با مطالعه‌ی کیفیت آب رودخانه کر در طول مسیر شامل چندین کیفیت و کمیت نمک و تغییرات فصلی ترکیبات شیمیایی رودخانه‌ی کر، فاضل‌آب‌ها، چشمه‌ها و زه‌آب‌ها در طول مسیر آنها در نقاط مختلف صورت گرفت و راه‌حل‌هایی برای جبران کاهش کیفیت و آلودگی آب ارائه شد (ابطحی و همکاران، ۱۳۷۹).

منابع آلودگی خانگی، صنعتی و کشاورزی رودخانه کر و سیوند در حوضه‌های آبریز آنها بررسی و کیفیت آنها با توجه به نوع مصرف آب رودخانه با انجام نمونه‌برداری و آزمایش‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیک سنجیده شد، تا با بدست‌آوردن ظرفیت خودپالایی بتوان ضوابط و معیارهای زیست‌محیطی برای کاربری بهینه زمین‌های حوضه آبریز را تعیین کرد. فلزات سنگین (از جمله پارامترهای مهم آلودگی آب) در آب، رسوب بستر و آبزیان نیز اندازه‌گیری شد (کریمی، ۱۳۷۸).

تأثیرات آلودگی شدیدی که صنایع مختلف و کشاورزی به رودخانه کر اضافه می‌کنند نیز بررسی شد تا مقدار آلودگی موجود پیدا شود و حد نهایی ظرفیت خودپالایی رودخانه کر تعیین شود (امین و کریمی، ۱۳۷۸). با تعیین این اندازه‌ها حد مجاز بار آلودگی آب رودخانه مشخص شد.

منابع آلاینده صنعتی و شهری رودخانه کر شناسایی و سپس کمیت و کیفیت فاضل‌آبهای ورودی به این رودخانه اندازه‌گیری شد. با مطالعه دقیق تغییرات غلظت اکسیژن محلول در یک دوره سه‌ساله و با استفاده از یک برنامه کامپیوتری روند کاهش اکسیژن محلول در نوزده ایستگاه انتخابی برای شرایط معمول و بحرانی ارزیابی شد. فاضلاب‌های صنعتی بیش از فاضلاب‌های شهری در کاهش اکسیژن محلول رودخانه مؤثر بودند و به دلیل ورود فاضلاب صنایع پتروشیمی، تصفیه و تولید قند، تولید چرم، گوشت و محصولات پروتیینی و فاضلابهای شهری، غلظت اکسیژن محلول رودخانه به شرایط بحرانی پایین‌تر از ۳/۰ میلی‌گرم در لیتر کاهش یافت (عباسی و نعمت زاده، ۱۳۷۹). کیفیت آب و ظرفیت خودپالایی این رودخانه نیز در یک طرح پایان نامه دانشجویی بررسی شد (اسلامی، ۱۳۷۷).

---

[1] Lampert and Sommer
[2] Kumar and Kakrami

در مورد مدیریت استفاده از پس‌آب ناشی از بهره‌برداری از کارگاه‌های پرورش ماهیان سردآبی بررسی‌هایی صورت گرفته است. نتایج این بررسی‌ها نشان می‌دهد که بر اثر ورود آب استخرهای پرورش ماهی به رودخانه، تغییراتی در کیفیت آب رودخانه از نظر فیزیکی، شیمیایی و میکروبی ایجاد می‌شود. حسینعلی‌ثانی (۱۳۷۶) اثر پس‌آب یک مزرعه پرورش ماهی سردآبی را بر اکوسیستم رودخانه دوهزار تنکابن، و توان خودپالایی آن رودخانه را در کاهش و حذف آلودگی‌ها مطالعه نمود. این بررسی با در نظر گرفتن ۴ ایستگاه نمونه‌برداری (بالادست رودخانه، خروجی کارگاه و دو ایستگاه در پایین‌دست رودخانه) در سه زمینه کیفیت آب، موجودات کف‌زی و توان خودپالایی رودخانه انجام شد. قدرت تبادل کاتیونی، غلظت جامدات معلق، غلظت یون‌های آمونیوم، نیتریت، نیترات، اورتوفسفات، اکسیژن محلول و اکسیژن‌خواهی بیوشیمیایی میان ایستگاه‌ها اختلاف معنی‌داری داشت. به عبارت دیگر، پسآب مزرعه پرورش ماهی بر کیفیت آب تأثیر منفی گذاشت. با اینحال، به‌گزارش این پژوهشگر، مزرعه پرورش ماهی مورد نظر هر چند سبب بروز تغییرات جزیی در برخی از عوامل کیفیت آب شد، ولی در مجموع اثر مهمی بر اکوسیستم رودخانه دوهزار نداشت و تغییر عمده‌ای در آن ایجاد نکرد.

فدوی‌حسینی و همکاران (۱۳۸۶) عوامل فیزیکی و شیمیایی آب را قبل و بعد از مزارع پرورش ماهی قزل آلا در رودخانه دوهزار تنکابن بررسی کردند. اکسیژن محلول، pH، دمای آب، آمونیوم، نیتریت، نیترات و فسفات به مدت ۱۵۰ روز در ۶ نقطه اندازه‌گیری شد. اختلاف دمای آب در بخش‌های ورودی و خروجی و ۵۰۰ متر پایین‌تر از کارگاه معنی‌دار نبود. پایین‌ترین اکسیژن محلول در آب خروجی مزارع اول (۸/۷۷ میلی‌گرم در لیتر) و دوم (۸,۱۷ میلی گرم در لیتر) بود. اکسیژن‌خواهی بیوشیمیایی[1] تنها برای خروجی کارگاه دوم بالاترین میزان (۴/۸۵ میلی‌گرم در لیتر) را داشت و نسبت به سایر ایستگاه‌ها اختلاف معنی‌داری نشان داد. ایستگاه‌های مختلف در غلظت آمونیوم، نیتریت، نیترات و فسفات اختلاف معنی‌داری با هم داشتند. فعالیت مزارع تأثیرات سویی بر اکوسیستم نداشت و رودخانه می‌تواند شرایط مناسبی را برای پرورش‌دهندگان ماهی قزل‌آلا در پایین‌دست فراهم کند.

زمانپور (۱۳۹۰) اثر پسآبهای مزارع پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان را در رودخانه حاجی‌آباد (اقلید) و مارگون (سپیدان) بررسی کرد. آلودگی مواد ناشی از کارگاه‌های پرورش ماهی در دو منطقه برای برخی عوامل در آب وجود داشت. برخی از آنها از حد استاندارد بالاتر بود و برخی از این حد فراتر نرفت یا افزایش آن بعد از کیلومتر ۵ تا حد مؤثری کاهش یافت. برخی از عوامل نیز پس از خروج پسآب تغییری نداشت. همچنین نشان داده شد که تمرکز مواد آلوده‌گر در این دو رودخانه بویژه در رسوب‌ها، می‌تواند مانند منبعی دایمی این مواد را به درون آب رها کند.

[1] Biochemical Oxygen Demand (BOD)

میررسولی و همکاران (۲۰۱۲)، تأثیر مزارع پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین کمان را بر عوامل فیزیکوشیمیایی آب رودخانه زرین‌گل بررسی کردند. پسآب مزارع پرورش ماهی بر غلظت فاکتورهای فسفات، نیترات، نیتریت، و هدایت الکتریکی در آب رودخانه تأثیر معنی‌داری داشت، اما تغییرات معنی‌داری در غلظت اکسیژن و pH میان ایستگاه‌های مختلف مشاهده نشد. رُنّه[1] (۱۹۹۴) اثر پس‌آب کارگاه پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان را بر پارامترهای کیفی رودخانه براندنبرگ بررسی کرد. کل نیتروژن غیرآلی، فسفر کل، اکسیژن‌خواهی شیمیایی و مواد معلق در آب ورودی و پسآب خروجی کارگاه اندازه‌گیری شد. هیچ تفاوتی در نیتروژن نیتراتی و نیتریتی در آب ورودی و پس‌آب خروجی وجود نداشت، اما آمونیوم پس‌آب خروجی افزایش چشمگیری داشت. فسفر کل، مواد معلق و اکسیژن‌خواهی شیمیایی آب ورودی و پس‌آب خروجی نیز بویژه در حدود ۷ ساعت پس از غذادهی ماهیان تفاوت معنی‌داری داشت.

لُک و همکاران[2] (۱۹۹۶) تاثیر پسآب کارگاه‌های پرورش ماهی قزل‌آلا را بر غناء گونه‌ای درشت‌بی‌مهرگان کفزی رودخانه‌های کارولینای شمالی بررسی کردند. این پژوهش در سه کارگاه انجام شد و در هر یک از آنها اکسیژن محلول، دمای آب و اکسیژن‌خواهی بیوشیمیایی در سه نقطه از آب در (۱) بالادست، (۲) ۵۰-۲۰ متر پایین‌تر از خروجی کارگاه و (۳) ۱/۵ کیلومتر پس از خروجی اندازه‌گیری شد. نتایج این پژوهش نشان داد که رسوب‌گذاری، غلظت جامدات معلق و مواد آلی محلول، اکسیژن‌خواهی بیوشیمیایی، غلظت یون‌های آمونیوم، نیتریت و نیترات افزایش و غلظت اکسیژن محلول در نتیجه فعالیت‌های آبزی‌پروری کاهش داشت. اندازه این تغییرات با نوع گونه، اندازه، سن و تراکم ماهیان در رودخانه‌ها متناسب بود. غناء گونه‌ای بی‌مهرگان حساس به آلودگی نیز در پایین‌دست رودخانه در مقایسه با بالادست بسیار کمتر بود.

سِلُونگ و هیلفریش[3] (۱۹۸۸) پنج مزرعه قزل‌آلا در ویرجینیای آمریکا را برای آزمایش اثر فاضلاب بر کیفیت آب پایین دست، تولیدات پریفیتون[4] و ترکیبات بی‌مهرگان‌درشت و جوامع ماهی بررسی کردند. تولیدات سالانه قزل‌آلا و نرخ تغذیه بترتیب ۵۹/۵-۱۸/۵ هزار کیلوگرم و ۷۷۰۶-۱۵/۶ هزار کیلوگرم بود. نیتروژن آمونیاکی کل، نیتروژن آمونیاکی غیریونیزه و نیتروژن نیتریتی به طور معنی‌داری در پایین‌دست مزارع پرورش ماهی افزایش داشت، اما زیر آستانه کشندگی برای زیندگان آبی بود. دمای آب، غلظت نیتروژن نیتریتی و فسفر کل فاضلاب با سطح مقادیر بالادست اختلافی نداشت، زیرا استخرهای ته‌نشینی در دو مزرعه بار مواد مغذی پایین‌دست نهر را به طور موثری کاهش داده بودند.

[1] Rennert
[2] Loch *et al*
[3] Selong and Helfrich
[4] periphyton

پولاتسو و همکاران[1] (۲۰۰۴) تأثیر فاضلاب کارگاه‌های پرورش قزل‌آلا بر کیفیت آب رودخانه قره‌سو[2] در ترکیه را بررسی کردند. غلظت اکسیژن، نیترات، نیتریت، اکسیژن‌خواهی بیوشیمیایی و فسفر کل میان ایستگاه ۱ (پیش‌از مزارع پرورش ماهی) و ایستگاه ۲ (پس‌از مزارع پرورش ماهی) اختلاف معنی‌داری داشت. pH، غلظت کل مواد جامد معلق[3] و آمونیاک اختلاف معنی داری نداشت.

ایگبینوسا و اوکو[4] (۲۰۰۹) تأثیر تخلیه‌ی پس‌آب بر فاکتورهای فیزیکوشیمیایی را در یک جامعه روستایی در ایالت کیپ شرقی آفریقای جنوبی در ۱۲ ماه بررسی کردند. پارامترهای اندازه‌گیری شده شامل pH، دما، هدایت الکتریکی، شوری، کدورت، مواد جامد کل، اکسیژن محلول، اکسیژن‌خواهی شیمیایی، نیترات، نیتریت و سطح ارتوفسفات بود. سطوح بالایی از اکسیژن‌خواهی شیمیایی، نیترات، نیتریت، ارتوفسفات، اکسیژن محلول و کدورت مشاهده شد که از مقدار تعیین‌شده توسط دستورکارهای آفریقای جنوبی و سازمان بهداشت جهانی برای پسآب بالاتر بود. این مطالعه نشان داد که تخلیه فاضلاب از تأسیسات تأثیر ناخواسته‌ای بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی حوضه آب دریافتی دارد.

زیندیلاریو و همکاران[5] (۲۰۰۹) نیز تأثیر پسآب کارگاه‌های قزل‌آلا را بر کیفیت آب جریان خروجی در ۱۳ مزرعه ماهی قزل‌آلا در آلمان بررسی کردند. فسفر کل، اکسیژن‌خواهی بیوشیمیایی، اکسیژن‌خواهی شیمیایی و کل جامدات معلق اندازه‌گیری شد. مزارع اثر مهمی بر کیفیت پس‌آب و بی‌مهرگان درشت داشت. در خروجی‌هایی که آب از حوضچه‌های رسوب و تالاب‌های مصنوعی می‌گذشت، مقدار زیادی از آلودگی گرفته می‌شد. تالاب مورد بررسی بالاترین بازده تصفیه را نشان داد. با توجه به این نتایج، راهکارهای تصفیه برای فاضلاب مزارع قزل‌آلا می‌تواند با توجه به نوع سیستم پرورش و شدت تولید توسعه یابد.

امینی راد (۱۳۸۰) در بررسی تراکم و اثرهای زیست‌محیطی واحدهای پرورش ماهی قزل‌آلای رودخانه هراز با بررسی تغییرات کیفیت آب رودخانه با شاخص‌هایی مانند آلودگی میکروبی، فیزیکی و بیوشیمیایی نتیجه گرفت که در زمان این بررسی تغییرات مهم و خطرناکی در کیفیت آب رودخانه هراز صورت نگرفته است، اما در صورت ادامه گسترش بی‌رویه کارگاه‌های پرورش ماهی و ادامه روند تخلیه فاضلاب‌های شهری، صنعتی و

[1] Pulatsu *et al*.
[2] Karasu
[3] Total Suspended Solids (TSS)
[4] Igbinosa and Okoh
[5] Sindilariu

روستایی، در آینده نه‌چندان‌دور شاهد تغییر شدید کیفیت آب رودخانه هراز خواهیم بود و خشکسالی‌های اخیر این موضوع را حادتر نموده است.

امکان پرورش قزل‌آلای رنگین‌کمان در استخرهای خاکی پرورش میگو و بهره‌وری بهینه از منابع آبی در دسترس در خوزستان بررسی شد (سرمدیان، ۱۳۸۴). در این پژوهش دو استخر نیم‌هکتاری در مرکز شهید کیانی شیلات خوزستان، در سایت پرورش میگو انتخاب شد. نتایج نشان داد که رشد قزل‌آلای رنگین‌کمان در این دوره ایزومتریک بود. میانگین وزنی ماهیان پس از ۹۰ روز پرورش برای دو استخر ۶۰/۲۶ ± ۲۲۸/۳ و ۸۷/۳۴ ± ۲۴۲/۹ گرم بود. وی نتیجه گرفت که پرورش قزل‌آلای رنگین‌کمان در استخرهای خاکی پرورش میگو امکان‌پذیر است، اما برای اقتصادی نمودن آن باید مشکلات موجود را برطرف نمود.

اثرهای زیست‌محیطی آبزی‌پروری با تاکید بر قزل آلا با توجه به ظرفیت‌های توسعه، کیفیت فیزیکی و شیمیایی آب بررسی شد ارجمندی (۱۳۸۶). در این پژوهش درجه اهمیت آبزی‌پروری در ایجاد امنیت غذایی برای رشد جمعیت، افزایش اشتغال و افزایش تولید ناخالص ملی زیاد در نظر گرفته شده بود. نتیجه این بررسی این بود که مدیریت تغذیه عامل اصلی کاهش اثرهای زیست‌محیطی است. نشان داده شد که تصفیه کردن آلودگی‌های پسآب خروجی استخرهای پرورش ماهی با استخرهای ته‌نشینی و هوادهی آن با کمپرسورهای هواده، راهکار موثری برای کاهش اثرهای بد آبزی‌پروری بر محیط است.

شهسواری پور (۱۳۸۶) کیفیت آب رودخانه هراز را ماهانه در مطالعه ۱۷ ایستگاه بررسی کرد. آلودگی میکروبی نمونه‌ها (شاخص های موجود: اشریشیا کلی، کل باکتری‌های مدفوعی، و کلیفرم مدفوعی) سنجیده شد. نتیجه نشان داد که آلودگی در پایین‌دست رودخانه بیشتر از بالادست بود. در همه ایستگاه‌ها آلودگی میکروبی در بهار بیشتر از سایر فصل‌ها بود. در مقایسه با استانداردهای جهانی، میانگین تعداد اشریشیا کلی و سایر کلیفرم‌ها در آب رودخانه هراز، به دلیل ورود انواع فاضلاب‌های خانگی، شهری و کشاورزی از حد استاندارد تعیین‌شده برای بیشتر کاربری‌ها بسیار فراتر بود. بر اساس این پژوهش، آب رودخانه کیفیت بهداشتی مناسبی نداشت.

در بررسی اثر پساب‌های خروجی حوضچه‌های پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی و شاخص‌های بهداشتی و زیستی آب، از پنج ایستگاه انتخاب شده هر ماه یک بار نمونه‌برداری شد (طالبی). این حوضچه‌ها در مزرعه‌ای در کنار رودخانه‌ی زاینده‌رود، در منطقه چلگرد استان چهارمحال و بختیاری بود. ایستگاه ۱ (شاهد) در محل چشمه‌دیمه، ایستگاه ۲ پس از ۶۰۰ متری محل ورود آب به مزرعه،

ایستگاه ۳ در محل خروجی پساب مزرعه، ایستگاه ۴ حدود ۱۰۰ متر پایین تر از خروجی در محل پیوستن پساب کشاورزی و فاضلاب‌های خانگی و ایستگاه ۵ حدود ۳ کیلومتر پایین‌تر از خروجی در رودخانه بود. مقادیر متوسط آلودگی‌های بدست‌آمده هرگز از حد مجاز توصیه‌شده برای آبهای رده‌ی I و II فراتر نرفت. بررسی شاخص‌های زیستی نشان داد که برخی از جوامع در هر ۵ ایستگاه یافت شدند. حضور جورپایان در ایستگاه ۳ و ۴ نمایانگر آلودگی زیاد آب به مواد آلی بود. از سوی دیگر، حضور گونه‌هایی از راسته یک‌روزه‌ییان، موی‌بالان، باف‌بالان و کاهش گونه‌های شاخص آبهای آلوده و نیمه‌آلوده در ایستگاه ۵ نسبت به ایستگاه ۳ و ۴ نشان دهنده بهتر شدن کیفیت آب و کاهش بار آلودگی بود.

باقریان کلات و انگشتری (۱۳۸۸) راهکارهای کاهش آلودگی آب رودخانه ناشی از پساب استخرهای پرورش ماهی را در استان خراسان بررسی کرد. مدیریت بهینه پساب این استخرها و کارگاه‌های پرورش ماهی نیازمند داشتن اطلاعات تغییرات کیفی آب در بخش‌های مختلف بویژه در پایین‌دست رودخانه است. بنابراین، این بررسی‌ها برای مشخص‌شدن توان خودپالایی رودخانه لازم است تا ضمن جلوگیری از بروز آلودگی آب از ظرفیت رودخانه‌های دایمی برای تولید آبزیان و ایجاد اشتغال، استفاده بهینه شود.

۲-مواد و روش‌ها

در این پژوهش پسآب ۲ مزرعه پرورش ماهی در شهرستان سپیدان بر رودهای جوب‌خله و رودشیر، شهرستان سپیدان، استان فارس، از بهار تا زمستان ۱۳۹۴ بررسی شد.

۲-۱- شرایط اکولوژیک منطقه اجرای پروژه

شهرستان سپیدان در عرض جغرافیایی ۳۰ درجه و ۱۶ دقیقه شمالی و طولی جغرافیایی ۵۱ درجه شرقی با مساحت حدود ۲۸۵۹ کیلومتر مربع در شمال غربی شیراز واقع شده است و از شمال با استان کهگیلویه و بویراحمد و شهرستان اقلید و از جنوب به شهرستان شیراز و از شرق به مرودشت و از غرب به شهرستان ممسنی محدود می‌گردد. بخش عمده‌ای از این شهرستان کوهستانی و پوشیده از درخت است. تابستان معتدل و زمستان سرد و پوشیده از برف دارد. با توجه به موقعیت آب و هوایی آن از مناطق با اهمیت کشاورزی و دامداری استان فارس است. وجود چشمه‌ها و رودهای بسیار زیاد با شیب تند، جریان زیاد و دماهای پایین که آن را با اکسیژن محلول بالا همراه می‌کند موجب توسعه‌ی آبزی‌پروری با ماهی قزل‌آلا در این شهرستان شده است.

۲-۲- معرفی منطقه

شهرستان سپیدان در غرب استان فارس است. این شهرستان از شمال و شرق به شهرستان مرودشت، از جنوب به شهرستان شیراز، از جنوب غربی و غرب به شهرستان ممسنی، و از شمال غربی به استان کهگیلویه و بویراحمد محدود می‌شود.

جوبخَلّه رودی همیشگی از شاخه‌های بالادست رودخانه کر است که از کوه چالکلاغ و کوه‌های کُمِهر، جوبخله و منطقهٔ کاکان در ۴۰ کیلومتری شمال غربی اردکان در بخش مرکزیِ دهستان کُمِهر سرچشمه می‌گیرد. طول آن ۳۰ کیلومتر و مسیر کلّی آن جنوب شرقی است. این رود پس از گذر از کوهستان‌های پُرپیچ و خم به رودخانه مارگون می‌پیوندد و از شهرستان سپیدان بیرون می‌رود و به رود کر می‌پیوندد.

رود کُر که خود بزرگترین رودخانه‌ی استان فارس است از کوه‌های پالانگردی در شهرستان اقلید سرچشمه می‌گیرد و پس از پیوستن آبِ شماری از چشمه‌های این شهرستان، با نام دِزکُرد (یا دِزکُرد) از ناحیه‌ی تنگ‌بُراق وارد شهرستان مرودشت می‌شود. در همین محل نیز رود جوبخله به آن می‌پیوندد (شکل ۱). رود کر سرانجام به دریاچه بختگان می‌ریزد.

رودشیر در غرب شهر سپیدان (نزدیک‌ترین فاصله۱۰ کیلومتر) از سرچشمه‌های رود فهلیان است. فهلیان مهم‌ترین رودخانه‌ی شهرستان ممسنی است که از به‌هم‌پیوستن رودخانه شش‌پیر و رودشیر به‌وجود آمده است. این رودخانه پس از گذار از کنار کوه قلعه‌سفید وارد منطقه‌ی فهلیان می‌شود (شکل ۲). رود فهلیان پس از پیوستن سرشاخه‌های زیاد به آن، سرانجام در شهرستان ممسنی رود زهره را می‌سازد. رودخانه زهره با طول

تقریبی ۲۷۵ کیلومتر پس از بیرون رفتن از استان فارس به سوی جنوب غرب می‌رود و از کنار شهرستان گچساران (استان کهگیلویه و بویراحمد) می‌گذرد؛ سپس وارد منطقه سردشت (استان خوزستان) می‌شود و به سوی جنوب می‌رود تا سرانجام به خلیج فارس بریزد.

۳-۲- محل‌های نمونه‌برداری

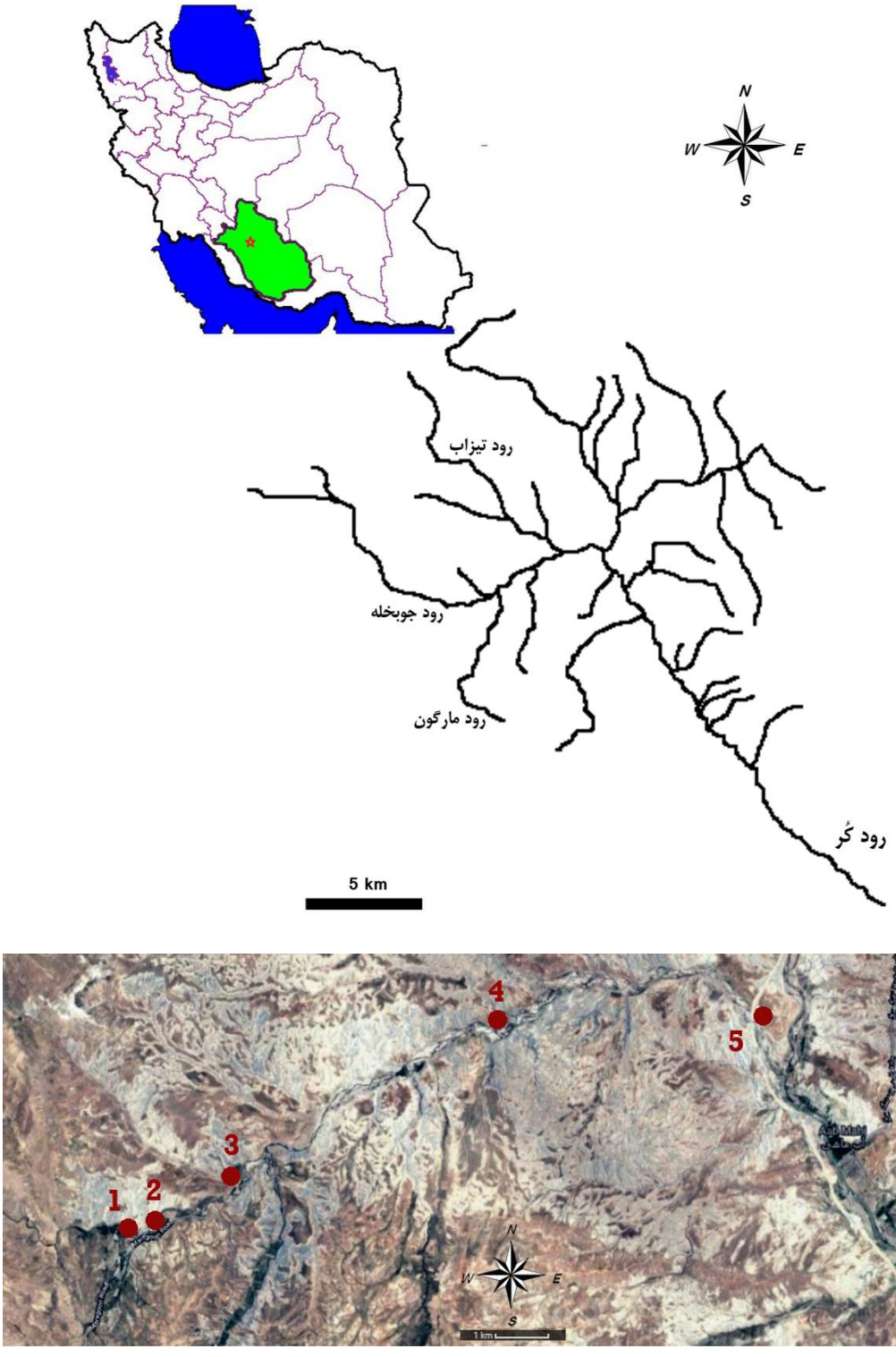
برای نمونه‌برداری از آب و سنجش عوامل، در هریک از دو رودخانه نقطه‌هایی که پیش از آن کارگاه‌های پرورش ماهی ساخته شده بود، شناسایی شد. سپس یک نقطه پیش از کارگاه، یک نقطه پس از کارگاه و سه نقطه تا فاصله ۱۰-۵ کیلومتری برگزیده شد.

محل‌های نمونه‌برداری بترتیب (پیش از ورود به کارگاه، پس از خروج از کارگاه، کیلومتر ۵، کیلومتر ۸ و کیلومتر ۱۰) است، اما نقطه دقیق آن در محل و بر اساس مورفولوژی و فیزیوگرافی رود و بویژه باتوجه به امکان دسترسی تعیین شد. تعیین فاصله ایستگاه‌ها بر مبنای مطالعه پیشین (زمان‌پور، ۱۳۹۰) و برای تکمیل آن انجام گرفت. از آنجایی که تراکم برخی از مواد معدنی در پژوهش پیشین تا کیلومتر ۵ بررسی و نتایج نشان داد که برخی از آنها بالاتر از استاندارد است، ایستگاه‌های این پژوهش از این فاصله به بعد انتخاب شد. در رودخانه جوبخله، منطقه میان ایستگاه‌های ۳ و ۴، و ایستگاه‌های ۴ و ۵ کاملاً دره‌ای است و حتی در صورت دسترسی، زمین مناسبی برای بهره‌برداری در آن نیست.

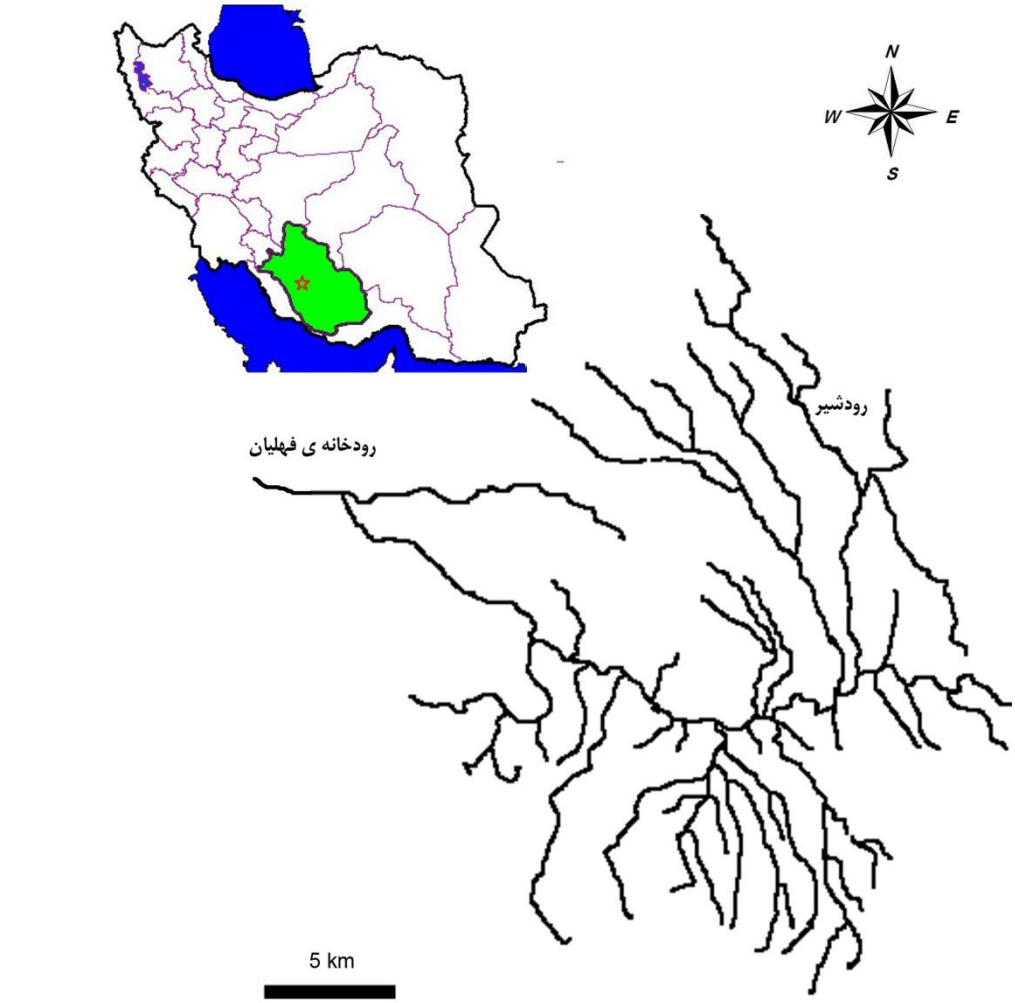
در سرشاخه رودشیر، دو کارگاه پرورش ماهی با فاصله کم از یک‌دیگر وجود دارد. به همین دلیل، این دو کارگاه "یک یگان تولید مواد پس‌آبی" در نظر گرفته شد. در نتیجه، ایستگاه ۱-a و ۱-b در واقع دو نمونه‌برداری از ناحیه "پیش از ورود به کارگاه در نظر گرفته می‌شوند. ایستگاه ۲ محلی است که خروجی‌های دو کارگاه بهم می‌پیوندند و خروجی مشترک گرفته شدند. منطقه میان ایستگاه‌های ۳ و ۴، و ایستگاه‌های ۴ و ۵ در این رود نیز دره‌ای بوده و زمین مناسبی برای دسترسی یا بهره‌برداری در آن نیست. محل دقیق نقطه‌های نمونه‌برداری در جدول ۱ ارائه شده و بر تصویر هوایی دو منطقه در شکل‌های ۱ و ۲ نشان داده شده است.

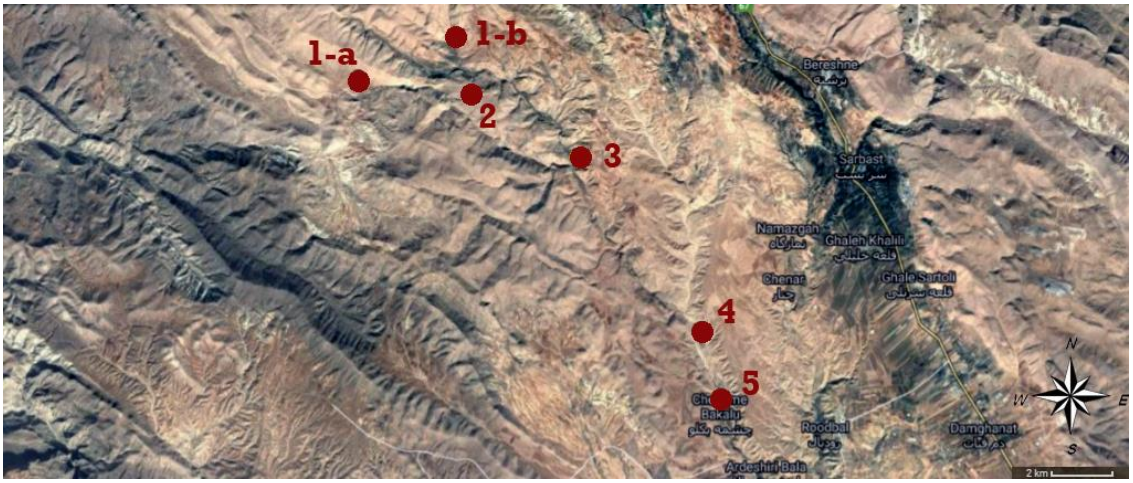
جدول ۱. مشخصات جغرافیایی مناطق نمونه‌برداری

رودخانه	ایستگاه‌های نمونه‌برداری	مشخصات جغرافیایی
جوبخله	station 1	30°32'50.3"N 51°53'42.7"E
	station 2	30°32'51.2"N 51°54'00.2"E
	station 3	30°33'04.0"N 51°54'39.6"E
	station 4	30°34'54.1"N 51°58'10.2"E
	station 5	30°35'03.8"N 52°01'09.3"E
رودشیر	station 1-a	30°11'57.4"N 51°52'33.7"E
	station 1-b	30°12'27.0"N 51°54'42.4"E
	station 2	30°12'26.9"N 51°54'40.6"E
	station 3	30°10'32.4"N 51°57'05.1"E
	station 4	30°07'25.9"N 51°59'38.7"E
	station 5	30°06'23.1"N 52°00'16.3"E



شکل ۱. بالا: سرشاخه‌های رودخانه‌ی کر، پایین: رودخانه جوبخله. نقاط شماره‌گذاری شده ایستگاه‌های نمونه‌برداری است (تصویر از Google mpa, 2018).





شکل ۲ .بالا: سرشاخه‌های رودخانه فهلیان، پایین: رودخانه رودشیر. نقاط شماره‌گذاری شده ایستگاه‌های نمونه‌برداری است (تصویر از Google mpa, 2018).

٤-۲- نمونه‌برداری

نمونه‌برداری‌ها در ۶ نوبت به‌صورت دوماهانه انجام گرفت (فروردین، خرداد، مرداد، مهر، آذر و بهمن ۱۳۹۵). در هر نقطه سه نمونه از بخش‌های سطح آب در میان، کناره، و عمق رود برداشته و با هم ترکیب می‌شد تا یک نمونه‌ترکیبی بدست آید (Greenberg et al., 1992).

۵-۲- سنجش‌های شیمیایی

اندازه‌گیری‌ها به شرح ذیل انجام شد (Hauer and Lamberti, 2007)

- عوامل مهم و اصلی آلودگی آب شامل نیترات، نیتریت، آمونیاک، نیتروژن کل، و فسفات
- خصوصیات اکولوژیایی شاخص آلودگی شامل اکسیژن‌خواهی بیوشیمیایی و شیمیایی
- در همه مناطق اندازه‌گیری عوامل فیزیکی مانند سرعت جریان، حجم آب‌دهی، کل مواد جامد معلق، کل مواد جامد محلول، دما، شفافیت، هدایت الکتریکی (به عنوان معیاری از شوری)، اکسیژن محلول و pH
- برای اندازه‌گیری مواد جامد معلق (Total Suspended Solids, TSS) یک حجم ۵۰۰ میلی‌لیتری از آب با کاغذهای صافی از پیش وزن شده Wattmann صاف کرده شد و سپس در آزمایشگاه پس از خشک کردن در کوره با دمای ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد مجدداً وزن شد و از اختلاف وزن آن، اندازه مواد جامد معلق در ۵۰۰cc بدست آمد و به ۱۰۰۰ cc تبدیل شد.
- آب صاف‌شده این مرحله نگهداری شد تا در اندازه‌گیری بعدی یون‌های آمونیوم (NH_4^+)، نیتریت (NO_2^-) و نیترات (NO_3^-) بکار رود.
- برای اندازه‌گیری یون فسفات سختی کل آب از نمونه آب صاف نشده استفاده شد.
- برای اندازه‌گیری یون‌های نیتریت، نیترات، و فسفات از روش طیف‌سنجی با استفاده از دستگاه HACH استفاده شد. فسفات با روش آسکوربیک اسید (Standard Methods, section 4500-P E)، آمونیوم با روش Phenate (Standard Methods, section 4500-NH3 D)، نیتریت با به‌کارگیری روش colorimetric (Standard Methods, section 4500-NO_2^- B) و نیترات با دادن معرف Brucin sulfate اندازه‌گیری شد.
- برای اندازه‌گیری هدایت الکتریکی (EC) و کل مواد معلق (Total Dissolved Solids, TDS) دستگاهEC-meter دیجیتال (WTW- LF340 با الکترود Tetracon 345) بکار گرفته شد.
- برای اندازه‌گیری BOD (Biochemical Oxygen Demand) نمونه برداشته شده از روش آزمون BOD پنج‌روزه بر مبنای (Standard Methods, section 5210 B) استفاده شد.
- برای اندازه‌گیری COD از روش Closed reflux (Standard Methods, section 5520 C) استفاده شد.
- حجم تخلیه با اندازه‌گیری سطح مقطع و سرعت جریان انجام شد.

- داده‌های هر رودخانه نخست در قالب یک طرح کاملا تصادفی با فاکتور فاصله (شامل ۵ ایستگاه) با یکدیگر مقایسه شد. سپس تجزیه مکانی انجام و تفاوت میان داده‌های ایستگاه‌ها بررسی شد.
- برای تعیین ارتباط این فاصله‌ها با عوامل مهم آلودگی و سایر متغیرها نیز تجزیه رگرسیون انجام شد تا اگر رابطه معناداری مشاهده شد، نوع ارتباط آن تعیین شود. تحلیل واریانس و رگرسیون با بکارگیری نرم‌افزار SPSS و SAS انجام شد.

۳- نتایج

۱-۳- رودشیر

۱-۱-۳- مقایسه میانگین ایستگاه‌ها

نتایج اندازه‌گیری‌ها و تحلیل آماری داده‌ها نشان داد که بیشتر عوامل فیزیکی و شیمیایی آب رود رودشیر پس از اضافه شدن خروجی پرورش ماهی تغییر کرده است. اکسیژن محلول پس از خروجی (ایستگاه ۲) کاهش چشمگیری داشت و این کاهش با افزایش دمای آب نیز همراه بود. بیش‌ترین افزایش pH در ایستگاه ۳ مشاهده شد و تا پایان مسیر بررشده به سطح نخست برگشت نداشت. مقدار مواد معلق پس از خروجی‌ها افزایش بیش از ۳ برابر داشت و پس از این اگرچه کاهش یافت، اما تا ایستگاه‌های پایانی به اندازه طبیعی نرسید. هر دو شاخص اکسیژن‌خواهی شیمیایی و بیوشیمیایی پس از خروجی پس‌آبها افزایش شدیدی نشان دادند، اما مقدار آنها تا رسیدن به ایستگاه ۵ به نزدیکی اندازه‌های پیشین بازگشت. هدایت الکتریکی و کل مواد جامد محلول در ایستگاه ۲ به بیش از دو برابر رسید ($P<0.05$)، اما در ایستگاه ۵ به اندازه ابتدایی خود کاهش یافت. این روند در غلظت یون‌های نیتروژن‌دار (آمونیوم، نیترات، و نیتریت) نیز مشاهده شد. غلظت یون‌های فسفات نیز در ایستگاه ۲ افزایش و در ایستگاه ۵ کاهش یافت و در ایستگاه ۵ از حد ایستگاه ۱ نیز کمتر بود (جدول ۲).

جدول ۲. نتایج اندازه‌گیری دوماهانه عوامل فیزیکی و شیمیایی در رودخانه رودشیر در ۱۳۹۵

ایستگاه	DO (mg/L)			DO (% sat.)			WT		
	میانگین	SE	Sig	میانگین	SE	Sig	میانگین	SE	Sig
۱-الف	۸/۳	۰/۱۴	A	۹۹/۵	۱/۰۴	B	۱۲/۴	۰/۳	A
۱-ب	۸/۸	۰/۴۳	A	۱۰۷/۴	۶/۲۴	AB	۱۲/۸	۰/۵	A
۲	۵/۹	۰/۲۰	B	۷۳/۹	۲/۴۴	C	۱۴/۰	۰/۸	A
۳	۸/۷	۰/۲۳	A	۱۰۸/۹	۱/۲۳	AB	۱۵/۳	۱/۴	A
٤	۸/۹	۰/۵۸	A	۱۰۷/۵	۱/۶۱	AB	۱۴/۹	۲/۹	A
۵	۸/۶	۰/۴۷	A	۱۰۹/۷	۲/۵۸	A	۱۷/۳	۲/۶	A

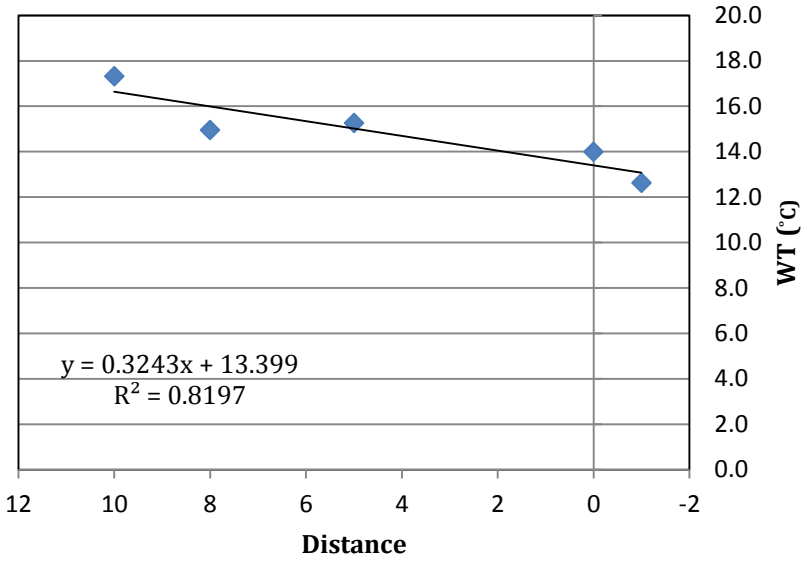
ایستگاه	pH			TSS			C. V.		
	میانگین	SE	Sig	میانگین	SE	Sig	میانگین	SE	Sig
۱-الف	۷/۷۵	۰/۱۱	C	۱/۴۵	۰/۲۰	B	۰/۲۰	۰/۰۱	B
۱-ب	۸/۰۴	۰/۱۵	BC	۲/۵۰	۰/۷۴	B	۰/۵۳	۰/۰۸	A
۲	۸/۰۱	۰/۰۷	BC	۵/۳۵	۰/۷۵	A	۰/۳۷	۰/۱۴	AB
۳	۸/۴۶	۰/۱۰	A	۳/۰۵	۰/۶۳	B	۰/۴۵	۰/۰۲	AB
٤	۸/۲۰	۰/۱۵	AB	۳/۷۶	۰/۸۳	AB	۰/۵۸	۰/۱۴	A
۵	۸/۳۳	۰/۱۲	AB	۳/۴۰	۰/۹۸	AB	۰/۵۸	۰/۰۹	A

ایستگاه	BOD			COD		
	میانگین	SE	Sig	میانگین	SE	Sig
۱-الف	۱/۰۰	۰/۲۲	B	۷/۴۸	۰/۳۵	B
۱-ب	۱/۵۰	۰/۲۰	B	۸/۵۳	۰/۴۸	B
۲	۴/۵۰	۰/۲۰	A	۲۶/۶۷	۰/۷۵	A
۳	۱/۰۸	۰/۱۷	B	۷/۸۳	۰/۴۷	B
٤	۱/۲۸	۰/۳۴	B	۸/۵۴	۰/۴۴	B
٥	۱/۰۵	۰/۱۲	B	۷/۷۰	۰/۲۶	B

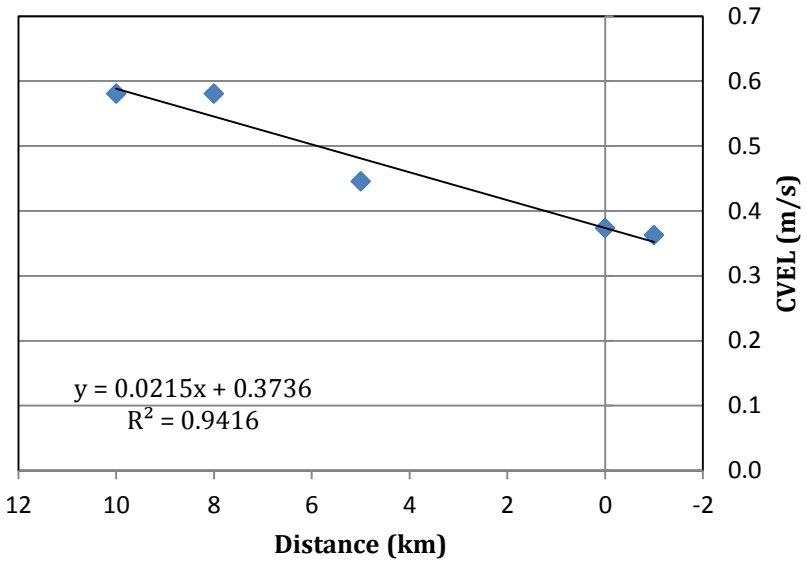
ایستگاه	EC			TDS			PO_4		
	میانگین	SE	Sig	میانگین	SE	Sig	میانگین	SE	Sig
۱-الف	۲۷۳	۱۹	B	۱۷۵	۱۲	B	۰/۶۲۲	۰/۳۲	B
۱-ب	۳۰۵	۱۸	B	۱۹۶	۱۲	B	۰/۳۱۳	۰/۰۹	B
۲	۶۲۵	۱۶	A	۳۹۸	۱۱	A	۲/۴۸۰	۰/۴۷	A
۳	۲۷۷	۱۵	B	۱۷۸	۱۰	B	۰/۱۴۳	۰/۰۳	B
٤	۲۹۶	۱۷	B	۱۹۲	۱۱	B	۰/۱۲۴	۰/۰۲	B
٥	۲۷۳	۱۵	B	۱۷۵	۱۰	B	۰/۱۶۰	۰/۰۶	B

ایستگاه	NO_2			NO_3			NH_3		
	میانگین	SE	Sig	میانگین	SE	Sig	میانگین	SE	Sig
۱-الف	۰/۰۰۵	۰/۰۰۱	**B**	۱/۶۲	۰/۰۱	**B**	۰/۰۷	۰/۰۲	**B**
۱-ب	۰/۰۰۴	۰/۰۰۱	**B**	۱/۴۰	۰/۱۳	**B**	۰/۰۵	۰/۰۲	**B**
۲	۰/۰۲۰	۰/۰۰۳	**A**	۵/۲۸	۰/۴۳	**A**	۰/۷۸	۰/۰۶	**A**
۳	۰/۰۰۷	۰/۰۰۱	**B**	۱/۴۳	۰/۲۱	**B**	۰/۰۵	۰/۰۲	**B**
٤	۰/۰۰۶	۰/۰۰۱	**B**	۱/۴۸	۰/۲۴	**B**	۰/۰۵	۰/۰۱	**B**
٥	۰/۰۰۵	۰/۰۰۱	**B**	۱/۹۰	۰/۶۷	**B**	۰/۰۴	۰/۰۲	**B**

تجزیه رگرسیون ارتباط فاصله از مبدأ با عوامل مهم فیزیکی و شیمیایی در رودشیر نشان داد که تنها دمای آب (همبستگی پیرسون: ۰/۹۰۵، $P<$ ۰/۰۵) (شکل ۳) و سرعت جریان (همبستگی پیرسون: ۰/۹۷۰، $P<$ ۰/۰۱) (شکل ۴) با فاصله‌گیری از مبدأ همبستگی معنادار دارد و این همبستگی برای سایر عوامل معنادار نبود.



شکل ۳. نمودار رگرسیون ارتباط فاصله‌ازمبدأ با دمای آب در رودخانه رودشیر



شکل ٤. نمودار رگرسیون ارتباط فاصله‌ازمبدأ با سرعت جریان در رودخانه رودشیر

۲-۳- جوبخَلّه

۱-۲-۳- مقایسه میانگین ایستگاه‌ها

تحلیل آماری اندازه‌گیری‌ها و داده‌های این پژوهش نشان داد که در رود جوبخله نیز برخی از عوامل فیزیکی و شیمیایی آب رود پس از اضافه شدن، خروجی پرورش ماهی تغییر کرده است. اکسیژن محلول پس از خروجی (ایستگاه ۲) کاهشی به اندازه‌ی ۱م‌گ\ل داشت که البته از نظر آماری در تراز $P<0.05$ معنادار نبود، و در فاصله تا ایستگاه ۳ به سطح پیشین خود بازگشت. دمای آب نیز از ایستگاه ۲ تا ایستگاه ۵ با روند افزایشی تغییر کرد. pH و سرعت جریان تغییر معناداری در درازای گذر رود نداشت. اندازه مواد معلق‌درآب در ایستگاه ۲ و ۳ به‌اندازه ۱ م‌گ\ل افزایش یافت، اما از ایستگاه ۴ به بعد به تراز پیشین بازگشت. اکسیژن‌خواهی شیمیایی نیز در ایستگاه ۲ و ۳ افزایش یافت و سپس به تراز طبیعی برگشت. افزایش این دو در تحلیل آماری معنادار نبود. با این‌حال، اکسیژن‌خواهی بیوشیمیایی در ایستگاه ۳ به حدود ۲ برابر رسید ($P<0.05$) ولی در ایستگاه ۴ به حدود قبلی کاهش یافت. تغییرات هدایت الکتریکی و کل مواد جامد محلول در ایستگاه ۴ و ۵ به طور ناگهانی افزایش یافت و برای هدایت الکتریکی به ۴ برابر رسید. تغییر اندازه یون فسفات به صورت افزایش در ایستگاه ۲ و ۳ و سپس افزایش در ایستگاه ۴ و ۵ بود، اما این تغیرات معنادار نبود. غلظت یون نیتریت از ایستگاه ۳ به بعد روند افزایشی بی‌بازگشت داشت. یون آمونیوم نیز افزایش مشخص و معناداری را در ایستگاه ۲ و ۳ تا حدود ۳ برابر مقدار ایستگاه اول داشت ($P<0.05$)، سپس در ایستگاه ۴ کاهش یافت و در ایستگاه ۵ به کم‌تر از مقدار اول رسید. اندازه‌گیری غلظت یون نیترات تفاوت معناداری میان ایستگاه‌ها نشان نداد.

جدول ۳. نتایج اندازه‌گیری دو ماهانه عوامل فیزیکی و شیمیایی در رودخانه جوبخله در ۱۳۹۵

ایستگاه	DO (mg/L)			(% sat.) DO			WT		
	میانگین	SE	Sig	میانگین	SE	Sig	میانگین	SE	Sig
۱	۹/۳	۰/۳	A	۱۱۲/۱	۲/۴	A	۱۳/۷	۱/۰	A
۲	۸/۴	۰/۳	A	۱۰۱/۷	۱/۱	B	۱۳/۷	۱/۰	A
۳	۹/۴	۰/۶	A	۱۱۵/۳	۴/۶	A	۱۴/۴	۱/۶	A
٤	۸/۹	۰/۷	A	۱۰۹/۷	۲/۷	AB	۱۵/۹	۳/۰	A
۵	۸/۸	۰/۵	A	۱۰۷/۹	۲/۳	AB	۱۵/۱	۱/۰	A

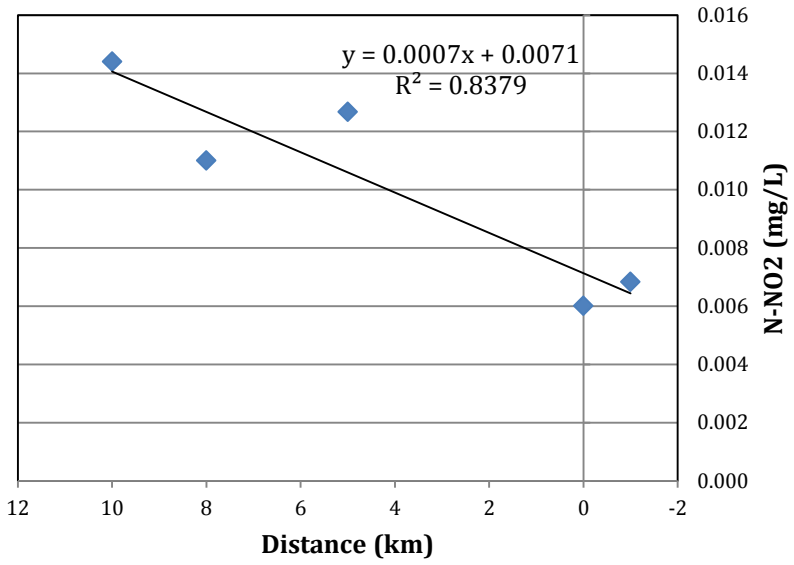
ایستگاه	pH			TSS			C. V.		
	میانگین	SE	Sig	میانگین	SE	Sig	میانگین	SE	Sig
۱	۸/۳۶	۰/۰۵	A	۵/۹۰	۱/۶۲	A	۰/۵۴	۰/۱۷	A
۲	۸/۳۱	۰/۰۵	A	۶/۹۰	۱/۷۹	A	۰/۳۸	۰/۱۱	A
۳	۸/۵۳	۰/۱۷	A	۶/۹۳	۱/۸۱	A	۰/۶۲	۰/۰۸	A
٤	۸/۵۳	۰/۱۱	A	۴/۹۰	۱/۵۵	A	۰/۴۸	۰/۰۹	A
۵	۸/۱۹	۰/۳۳	A	۵/۵۰	۱/۴۳	A	۰/۴۶	۰/۰۸	A

ایستگاه	BOD			COD		
	میانگین	SE	Sig	میانگین	SE	Sig
۱	۱/۱۳	۰/۱۵	B	۷/۶۲	۰/۲۵	A
۲	۱/۳۲	۰/۱۹	B	۸/۴۲	۰/۱۲	A
۳	۲/۰۵	۰/۳۴	A	۸/۳۳	۰/۷۶	A
٤	۱/۲۵	۰/۱۰	B	۷/۹۰	۰/۳۹	A
۵	۱/۱۶	۰/۲۵	B	۸/۲۲	۰/۷۴	A

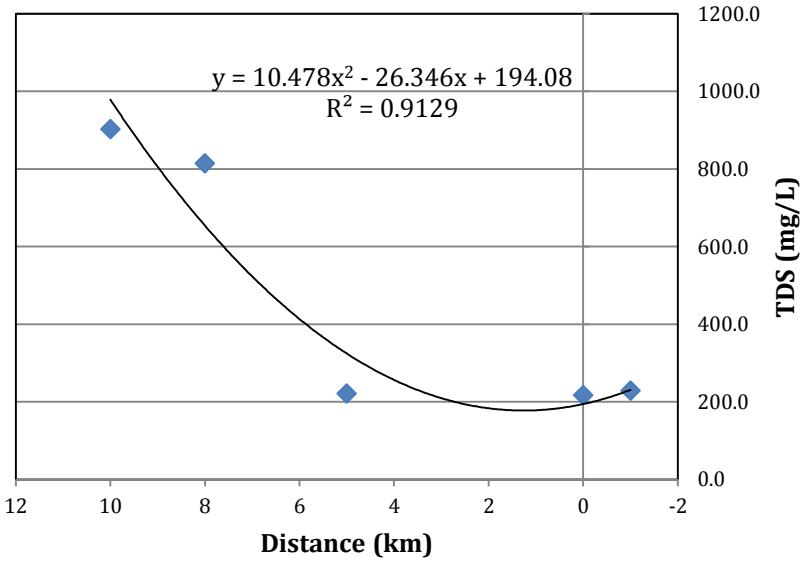
ایستگاه	EC			TDS			PO4		
	میانگین	SE	Sig	میانگین	SE	Sig	میانگین	SE	Sig
۱	۳۵۴	۱۸	B	۲۲۸	۱۲	B	۰/۲۰۳	۰/۰۴۹	A
۲	۳۳۷	۱۹	B	۲۱۷	۱۲	B	۰/۲۵۰	۰/۰۶۲	A
۳	۳۴۳	۲۳	B	۲۲۱	۱۵	B	۰/۲۴۵	۰/۰۷۳	A
٤	۱۲۵۱	۷۰	A	۸۱۴	۴۸	A	۰/۱۴۸	۰/۰۴۳	A
۵	۱۳۸۴	۸۱	A	۹۰۲	۵۷	A	۰/۱۳۸	۰/۰۳۳	A

ایستگاه	NO2			NO3			NH3		
	میانگین	SE	Sig	میانگین	SE	Sig	میانگین	SE	Sig
۱	۰/۰۰۷	۰/۰۰۱	BC	۱/۲	۰/۲	A	۰/۰۶۲	۰/۰۱۹	B
۲	۰/۰۰۶	۰/۰۰۱	C	۱/۵	۰/۲	A	۰/۱۷۷	۰/۰۴۷	A
۳	۰/۰۱۳	۰/۰۰۳	AB	۱/۶	۰/۲	A	۰/۱۹۷	۰/۰۲۳	A
٤	۰/۰۱۱	۰/۰۰۱	ABC	۱/۱	۰/۲	A	۰/۱۲۸	۰/۰۳۸	AB
۵	۰/۰۱۴	۰/۰۰۳	A	۱/۲	۰/۴	A	۰/۰۵۰	۰/۰۱۴	B

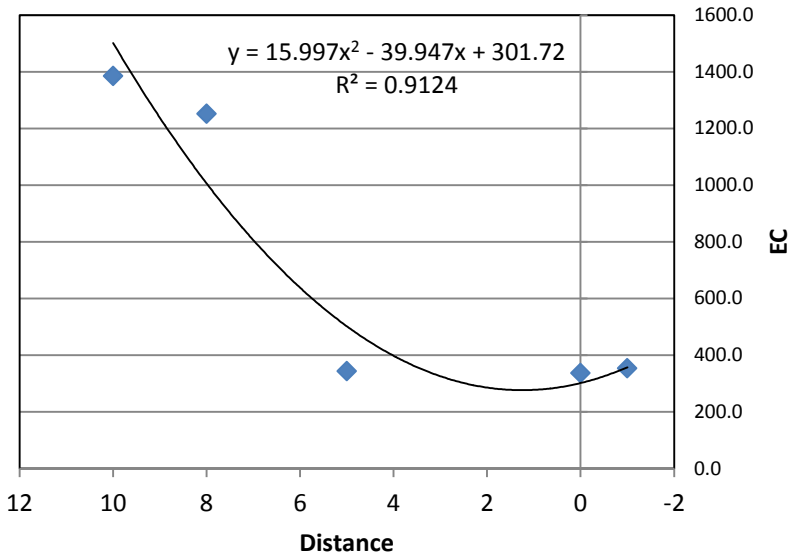
در تجزیه رگرسیون ارتباط فاصله‌ازمبدأ با عوامل مهم فیزیکی و شیمیایی در رودخانه جوبخله، غلظت یون نیتریت (همبستگی پیرسون: ۰/۹۱۵، $P<$ ۰/۰۵) (شکل ۵)، کل مواد جامد محلول (همبستگی پیرسون: ۰/۸۷۸، $P<$ ۰/۰۵) (شکل ۶)، و هدایت الکتریکی (همبستگی پیرسون: ۰/۸۷۸، $P<$ ۰/۰۵) (شکل ۶) با فاصله‌گیری از مبدأ همبستگی معناداری نشان داد.



شکل ۵. نمودار رگرسیون ارتباط فاصله‌ازمبدأ با یون نیتریت در رودخانه جوبخله



شکل ٦. نمودار رگرسیون ارتباط فاصله‌ازمبدأ با کل مواد جامد محلول در رودخانه جوبخله



شکل ۷. نمودار رگرسیون ارتباط فاصله‌ازمبدأ با هدایت الکتریکی در رودخانه جوبخله

٤-بحث

همه فرآیندهای بدنی ماهیان مانند تنفس، خوراک، رشد، دفع مواد، تعادل یونی، و زایش در آب انجام می‌شود، و آب تا اندازه زیادی پیروزی یا شکست برنامه آبزی‌پروری را تعیین می‌کند. بنابراین، آگاهی از چگونگی شیمی آب برای آبزی‌پروری کارآمد ضروری است. در تولید تجاری ماهی همیشه آب عامل محدودکننده است. بسیاری از پیامدهای منفی شیمیایی محیطی در سرچشمه‌ها تولید می‌شود. در نتیجه، گزینش جایگاه برای آبزی‌پروری باید بر پایه اندازه آب در دسترس و چگونگی آن باشد.

بر پایه داده‌های این پژوهش بیش‌تر عوامل فیزیکی و شیمیایی در آب رودخانه‌ی رودشیر و برخی از عوامل در رودخانه جوبخله پس از خروجی کارگاه پرورش ماهی در جهت کاهش کیفیت تغییر کرده است. پژوهش‌های مختلف در رودهای ایران نتایج کم و بیش یکسانی را نشان می‌دهد (ارجمندی ۱۳۸۶، کرمی ۱۳۷۶، حسینی و همکاران ۱۳۹۲، سبحان اردکانی و همکاران ۱۳۹۳، باقری و همکاران ۱۳۹۶، طیبی و سبحان اردکانی ۱۳۹۱، طهماسبی و همکاران، ۱۳۹۰، قانع و همکاران ۱۳۸۸، کاظم زاده خواجویی و همکاران ۱۳۸۱، نادری جلودار و همکاران ۱۳۸۵).

اکسیژن محلول رودشیر پس از خروجی پرورش ماهی کاهش معنی‌داری نشان داد و به میزان ۵/۹ میلی‌گرم در لیتر (۷۴٪ اشباع) رسید. غلظت اکسیژن برای ماهیان نباید از ۷۰٪ اشباع کمتر باشد. کمترین غلظت برای پرورش ماهیان سردآبی ۶ میلی‌گرم در لیتر در دمای بهینه رشد است و از غلظت ۳ میلی‌گرم در لیتر مرگ و میر قزل‌آلای رنگین‌کمان آغاز می‌شود (کرمی ۱۳۷۶). اکسیژن محلول در جوبخله نیز کاهش یافت، اما مقدار آن در ایستگاه ۲ در مجموع بالاتر (۸/۴ میلی‌گرم در لیتر، ۱۰۲٪ اشباع) بود.

همزمان با کاهش مقدار اکسیژن محلول، مقدار اکسیژن‌خواهی بیوشیمیایی و شیمیایی در هر دو رود افزایش یافت. آشکار است که هر دو گروه مواد دفعی متابولیک و مدفوع ماهیان باعث می‌شود که اکسیژن محلول در آب کاهش یابد و با افزایش فعالیت میکروارگانیسم‌های آب همزمان افزایش اکسیژن‌خواهی بیوشیمیایی را بدنبال دارد. با افزایش مواد آلی به همراه افزایش دمای آب (که آن نیز در ایستگاه دوم رودشیر مشاهده شد) موجب سریع‌تر شدن فرآیندهای شیمیایی شکستن مواد که نیازمند مصرف اکسیژن است می‌شود و افزایش اکسیژن‌خواهی شیمیایی را درپی‌دارد.

pH آب رودشیر در ایستگاه دوم و سوم به اندازه‌های بالاتر از ۸ افزایش داشت. این افزایش تقریباً در همان حدود باقی ماند. در جوبخله pH تغییری نداشت. مقدار pH در رودخانه‌ی هراز در حدود ۷/۸ بود و پس از کارگاه‌ها به ۷/۴ رسید و در ایستگاه آخر به حدود ۷/۷ بازگشت (نادری جلودار و همکاران ۱۳۸۵). با این‌حال در رودخانه ریجاب مشاهده شد که پس از خروجی کارگاه به بالای ۸ رفته و در ایستگاه آخر کاهش نیافته است، طرحی که با رودخانه رودشیر همخوانی دارد (حسینی و همکاران ۱۳۹۲). pH از شاخص‌های اصلی کیفیت آب است که با

اثر غلظت یون‌های اسیدی یا بازی تاثیر مستقیم و با کمک به حل شدن مواد سمی در آب یا تبدیل موادی مانند آمونیوم به آمونیاک تاثیر نامستقیمی بر اکوسیستم‌های آبی و آبزیان درون آنها دارد.

مقدار TSS در رودخانه رودشیر پایین بود (۱/۵ میلی‌گرم‌درلیتر) و پس از خروجی نیز افزایش اندکی (۵/۵ میلی‌گرم در لیتر) داشت. در جوبخله این مقدار کمی بالاتر (۵/۹ میلی‌گرم‌درلیتر) بود و پس از خروجی پسآب به ۶/۹ میلی‌گرم در لیتر رسید. این عامل در رودخانه هراز میان به میزان ۲۴۰-۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر متغیر بود (جلودار و همکاران ۱۳۸۵). اما اندازه‌های رودخانه‌ی صمصامی در محدوده رودشیر بود و طرح افزایش از ۲/۸ میلی‌گرم‌درلیتر به ۳/۲-۲/۵ میلی‌گرم در لیتر در ایستگاه آخر را نشان داد (باقری و همکاران ۱۳۹۶). مقدار متوسط اندازه‌گیری‌شده TSS و TDS در رود هراز در تمام فصل‌ها در ایستگاه‌های بلافاصله بعداز هر کارگاه از ایستگاه‌های پیش از مزرعه بیشتر بود (نادری جلودار ۱۳۸۵).

مقدار هدایت الکتریکی در رودشیر در ایستگاه خروجی افزایش ناگهانی داشت، اما پس از پنج ایستگاه به اندازه طبیعی رود بازگشت. در جوبخله پس از خروجی پسآب تغییری در هدایت الکتریکی مشاهده نشد، اما در ایستگاه ۴ یک تغییر ناگهانی شدید تا ۱۲۰۰ میکروزیمنس برسانتی‌متر ثبت شد. در رودخانه گاماسیاب دامنه تغییرات هدایت الکتریکی از حدود ۱۵۰ میکروزیمنس برسانتی‌متر پیش‌از کارگاه تا ۱۹۰ میکروزیمنس برسانتی‌متر در انتها بود (طیبی و سبحان اردکانی ۱۳۹۱). در رودخانه‌ی ریجاب هدایت الکتریکی از ۸۳۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر به ۹۶۰ میکروزیمنس‌بر سانتی‌متر در ایستگاه ۴ و پس از ایستگاه ۵ به ۹۳۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر رسید (حسینی و همکاران ۱۳۹۲). با این مقایسه، در رودشیر اندازه هدایت الکتریکی به تراز پیشین خود بازگشت در حالیکه در این دو رودخانه در اندازه‌ی بالا ماند. هدایت الکتریکی در رودخانه صمصامی از ۲۷۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر به حدود ۲۶۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر رسید و دوباره به ۲۷۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر افزایش یافت (باقری و همکاران ۱۳۹۶).

اندازه کل‌موادجامدمحلول نیز طرح افزایش و کاهش همسانی را با هدایت الکتریکی نشان داد و در رودشیر پس از افزایش به ۳۹۸ میلی‌گرم در لیتر در ایستگاه ۳، در ایستگاه ۵ به تراز نخستین خود (۱۷۵ میلی‌گرم در لیتر) بازگشت. در جوبخله نیز در ایستگاه ۴ افزایش شدید نشان داد. کل مواد جامد محلول در رودخانه ریجاب ۵۳۰ تا ۶۱۰ میلی‌گرم در لیتر (حسینی و همکاران ۱۳۹۲) بود و در رودخانه هراز از ۲۱۰ میلی‌گرم در لیتر به ۲۵۰ - ۲۲۰ میلی‌گرم در لیتر (نادری جلودار و همکاران ۱۳۸۵) رسید. این عامل در رودخانه صمصامی در حدود ۱۶۰-۱۵۰ متغیر بود (باقری و همکاران ۱۳۹۶). علت افزایش هدایت الکتریکی و مواد جامد محلول در ایستگاه ۴ و ۵ رود جوبخله پیوستن یک نهر کوچک آب شور در جایی میان ایستگاه ۳ و ۴ است.

غلظت یون فسفات محلول در رودشیر از ۰/۶ میلی‌گرم در لیتر به حدود ۲/۵ میلی‌گرم در لیتر رسید، اما پس از گذر در رودخانه در ایستگاه پنج به حدود ۰/۲ میلی‌گرم در لیتر کاهش یافت. در جوبخله در مجموع مقدار غلظت یون فسفات پایین‌تر بود و از ۰/۲۰ میلی‌گرم در لیتر در ایستگاه ۱ به ۰/۲۵ میلی‌گرم در لیتر در ایستگاه ۲

رسید، اما در ایستگاه ۴ به پایین‌تر از تراز طبیعی خود رسید. این احتمال هست که این یون با برخی از یون‌های نهر شور واردشده میان ایستگاه ۳ و ۴ ترکیب شده و رسوب داده باشد. رودخانه کبکیان نیز با طرح همسانی افزایش از ۰/۱ به ۰/۵ میلی‌گرم در لیتر در ایستگاه‌های میانی وکاهش دوباره به ۰/۲ میلی‌گرم در لیتر را در ایستگاه پایانی نشان داد (سبحان اردکانی و همکاران ۱۳۹۳)، در حالیکه در رودخانه ریجاب این مقدار از ۰/۳ به ۰/۸ میلی‌گرم در لیتر رسید اما کاهش نیافت و در ایستگاه آخر به ۱/۲ میلی‌گرم در لیتر رسید (حسینی و همکاران ۱۳۹۲). رودخانه صمصامی نیز تغییر افزایشی از ۰/۰۵ به ۰/۱ میلی‌گرم در لیتر و افزایش بیشتر تا ۰/۲ میلی‌گرم در لیتر (باقری و همکاران ۱۳۹۶) را نشان داد، طرحی که در رودخانه هراز نیز با تغییر از ۰/۰۲ به ۰/۰۵ میلی‌گرم در لیتر و سپس ۰/۰۶ میلی‌گرم در لیتر در پایان (نادری جلودار و همکاران ۱۳۸۵) در مجموع موجب افزایش یون فسفات شد.

اندازه غلظت یون‌های نیتریت رودشیر پس از ورود پسآب از ۰/۰۰۵ به ۰/۰۲۰ افزایش یافت اما در ایستگاه پنج دوباره به تراز ۰/۰۰۵ بازگشت. این روند افزایش و کاهش دوباره در غلظت یون‌های نیترات (از ۱/۶ به ۵/۳ و ۱/۹) و آمونیوم (از ۰/۰۷ به ۰/۸ و ۰/۰۴) نیز مشاهده می‌شود. در جوبخله نیز افزایش نیتریت (از ۰/۰۰۷ به ۰/۰۱۳ میلی‌گرم در لیتر) و آمونیوم (از ۰/۰۶۲ به ۰/۱۷۷ میلی‌گرم در لیتر) مشاهده شد اما این یون‌ها به تراز پیشین برنگشت. در رودخانه ریجاب اندازه یون نیتریت از ۰/۰۰۵ به ۰/۰۲ رسید اما در پایان گذر ۰/۲ بود، غلظت نیترات بی تغییر حدود ۱/۱، و آمونیوم از ۰/۰۶ به ۰/۰۴ کاهش یافت اما دوباره تا ۰/۰۹ بالا رفت (حسینی و همکاران ۱۳۹۲). اندازه‌ی یون نیترات در رودخانه گاماسیاب از ۱/۵ به ۳/۸، و اندازه یون آمونیوم از۰/۲- ۰/۰۶ افزایش یافت (طیبی و سبحان اردکانی ۱۳۹۱). این اندازه‌ها در رودخانه‌ی کبکیان برای نیتریت ۰/۰۱-۰/۰۰۴، نیترات ۰/۸-۰/۴و آمونیوم ۰/۲۷-۰/۰۷ بود (سبحان اردکانی و همکاران ۱۳۹۳). رودخانه هراز نیز اندازه‌های همسانی را برای نیتریت (۰/۰۲-۰/۰۰۳ در ایستگاه دوم و ۰/۰۱ در پایان)، نیترات (۱/۵-۱/۴ در ایستگاه دوم و ۱/۲ در پایان)، و آمونیوم (۰/۰۱۶-۰/۰۱۴ در ایستگاه دوم و ۰/۲۳ در پایان) نشان داد (نادری جلودار و همکاران ۱۳۸۵). در رودخانه صمصامی نیتریت از ۰/۰۱۵ به ۰/۰۳۱ در ایستگاه دوم رسید اما در ایستگاه پایانی ۰/۱۲۰ بود، و آمونیوم از ۰/۰۰۵ به ۰/۰۱۸ در ایستگاه دوم افزایش یافت و در پایان ۰/۰۳۳ گزارش شد (باقری و همکاران ۱۳۹۶).

آبزی‌پروری با برخی تأثیرات محیط‌زیستی مانند غنی‌شدن آب با مواد مغذی از جمله فسفر و نیتروژن، رهاشدن داروها و ضدعفونی‌کننده‌ها به آب و درنتیجه آسیب‌های زیستی به زیندگان همراه است. در برابر تولید هر تن ماهی حدود نیم تن ماده جامد معلق به محیط رها می‌شود (اسماعیلی ساری ۱۳۸۰، روز و پدرسن، ۲۰۰۵). فیلیپس و راس (۱۹۸۵) نشان داده اند که در برابر هر تن تولید ماهی۱۵۰ کیلوگرم مواد غذایی مصرف نشده و ۳۰۰-۲۵۰ کیلوگرم مدفوع به آب وارد می‌شود و تقریباً دربرابر هر ۱۰۰ تن ماده غذایی، ۱۰ تن ماده آلی در کارگاه‌های پرورش ماهی قزل‌آلا ایجاد می‌شود. بنابراین، طبیعی است که ساخت کارگاه‌های جدید در

فاصله‌های کم می‌تواند تاثیرهای منفی آلودگی‌های بالادست بر کیفیت آب را به ماهیان پرورشی و کارآیی تولید منتقل کند (کاستاپیرس ۲۰۰۲).

پژوهشگران بسیاری تاثیرهای پرورش ماهی بر کیفیت آب را نشان داده اند. برای نمونه، برخی نشان داده‌اند که همه عوامل اندازه‌گیری‌شده در گذر رود تا آخرین ایستگاه در مقایسه با وضعیت طبیعی آن افزایش یافته است (باقری و همکارا ن۱۳۹۶، طیبی و سبحانی اردکانی ۱۳۹۱). ولی محققان دیگری گزارش کرده‌اند که کیفیت آب رودخانه در بالادست کاملاً طبیعی و سالم است، اما در پایین دست کیفیت بدی دارد، مانند رود گرگر (طهماسبی و همکاران ۱۳۹۰) و کاهش کیفیت پس از کارگاه اتفاق می افتد بطوریکه تجمع آلودگی‌های آبزی‌پروری تاثیر چشمگیری بر کیفیت آب ایستگاه‌های پایین دست دارد، اگرچه در پایین‌دست به نزدیکی وضعیت مناسب می‌رسد (قانع و همکاران ۱۳۸۸). حسینی و همکاران (۱۳۹۲) نشان داده اند که پساب پرورش ماهی تاثیری منفی بر عوامل مختلف کیفی رودخانه ریجاب دارد و تعداد زیاد کارگاه ساخته شده در این منطقه توان خودپالایی رودخانه را از بین برده است.

بنظر می‌رسد در برخی موارد امکان مهار ساخت کارگاه‌های جدید با دیدگاه کارشناسی نبوده بطوریکه برای نمونه یکی از محققان ساخت کارگاه‌های پرورش ماهیان سردآبی در کنار در رودخانه هراز را "امری رایج" نامیده است (کاظم زاده خواجویی ۱۳۸۱). تاکنون ۱۹ مزرعه درحال بهره‌برداری، ۹ مزرعه درحال راه‌اندازی و ۱۱ مزرعه دارای موافقت اصولی در کناره این رودخانه گزارش شده است و فاضلاب کارگاه‌های موجود بدون هیچ مهاری به طور مستقیم به رودخانه می‌ریزد (کاظم زاده خواجویی ۱۳۸۱).

۱-٤- عوامل مهم مناسب تکثیروپرورش قزل‌آلای رنگین‌کمان در آب شیرین

دما: پس از اکسیژن، دما مهم‌ترین عاملی است که بر سلامت ماهیان اثر می‌گذارد. از اینرو، برای ماهیانی که به آب سرد سازگارند، گزینش جایی با دمای مناسب اهمیت حیاتی دارد. دمای بهینه برای رشد، ۱۵ درجه سانتی‌گراد و حد نهایی تحمل دما ۲۵/۷ درجه سانتی گراد است. ماهیان در دمای بالاتر از آن دچار مرگ و میر می شوند.

pH مناسب برای ماهیان محدوده‌یی میان ۸/۵ -۶/۵ است. تغییرات ناگهانی آن به اندازه ۱/۷ واحد باعث مرگ و میر ماهیان می شود.

آمونیاک محلول: منبع اصلی آمونیاک در آب کارگاه‌های پرورش ماهی یا آب خروجی استخرها مدفوع ماهی است. آمونیاک توسط جانوران در متابولیسم پروتیین تولید می‌شود. در دما و pH زیاد، نسبت آمونیوم (شکل یونیزه‌شده که سمی است) افزایش می‌یابد. آمونیاک از آبشش‌های ماهیان دفع می‌شود. این ماده در غلظت‌های پایین نیز بسیار سمی و بیشترین تاثیر آن بر آبشش‌هاست.

درجه تحمل آزادماهیان به آمونیاک و آمونیوم برای ماهیان کوچک ۰/۴-۰ میلی‌گرم در لیتر و برای ماهیان بزرگ ۰/۲-۰ میلی‌گرم در لیتر، و آمونیوم برای همه گروه‌ها ۱۲۵-۰ میلی‌گرم در لیتر است.

هدایت الکتریکی مناسب برای این ماهیان حدود ۴۰۰ میکروزیمنس‌بر سانتی‌متر، یون نیتریت کمتر از ۰/۵۵ میلی‌گرم در لیتر و مواد معلق (برای بچه‌ماهیان) کمتر از ۲۰ میلی‌گرم در لیتر است (ارجمندی ۱۳۸۶).

با توجه به معیارها و استانداردهای تعیین شده برای استفاده‌ی آب در آبزی‌پروری (جدول ۳) هر دو رودخانه رودشیر و جوبخله از نظر عوامل اکسیژن محلول، دمای آب، pH، کل‌موادجامدمعلق، اکسیژن‌خواهی بیوشیمیایی و شیمیایی، هدایت الکتریکی، غلظت یون فسفات، نیتریت و نیترات شرایط مناسبی را برای استفاده در آبزی‌پروری سردآبی دارند، اما مواد جامد محلول در هر دوی آنها بسیار بیرون از استاندارد است و آمونیاک آب آنها نیز اندکی از استاندارد بالاتر است.

جدول ٤. مقایسه ویژگی‌های مهم فیزیکی و شیمیایی در آب دو رودخانه جوبخله و رودشیر با استانداردهای لازم برای آبزی‌پروری سردآبی

ویژگی‌ها	رودشیر	جوبخله	معاونت آبزی‌پروری ۱۳۹۲	مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران ۱۳۸۵
DO (mg/L)	8.60	8.80	>6.00	6-12
WT (˚C)	12.00	15.00	8-18	9-17
pH	8.30	8.20	6.5-8.5	6.5-8.5
TSS (mg/L)	3.40	5.50		<200
BOD (mg/L)	1.00	1.20	<5.00	
COD (mg/L)	7.70	8.20	<10.00	
EC (µS/cm)	273.00	1384.00		<3000
TDS (mg/L)	175.00	902.00		<80
PO4 (mg/L)	0.16	0.14		0.2-0.5
NO2 (mg/L)	0.01	0.01	<0.1	<0.02
NO3 (mg/L)	1.90	1.20	<4	<2
NH3 (mg/L)	0.04	0.05	<0.03	<0.01

منابع

- ابطحی، ع.، امین س.، مفتون م.، و کریمیان ن. ۱۳۷۹. تغییرات فصلی ترکیبات یونی رودخانه کر. گزارش طرح پژوهشی دانشکده‌ی کشاورزی. دانشگاه شیراز، شیراز. ۸۷ ص.
- ارجمندی، ر. ۱۳۸۶. بررسی اثرات زیست محیطی آبزی پروری در ایران. علوم و تکنولوژی محیط زیست. ۹(۲): ۱۹-۲۸.
- اسلامی، ا. ۱۳۷۷. بررسی کیفیت آب و تعیین ظرفیت خودپالایی رودخانه‌ی کر. پایان نامه‌ی کارشناسی ارشد. دانشگاه شیراز. ۱۸۲ ص.
- اسماعیلی ساری، ع. ۱۳۸۰. مبانی مدیریت کیفیت آب در آبزی‌پروری. انتشارات موسسه تحقیقات علوم شیلاتی. ۱۲۲ ص.
- امین، س. و کریمی، ی. ۱۳۷۸. بررسی کیفیت آب رودخانه‌ی کر و تعیین ظرفیت خود پالایی آن. طرح پژوهشی دانشکده‌ی کشاورزی. دانشگاه شیراز، شیراز. ؟ ص.
- امینی‌راد، ا. ۱۳۸۰. بررسی تراکم و اثرات زیست محیطی واحدهای پرورش ماهیان سرد آبی رودخانه هراز، پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس. ۱۵۳ ص.
- باقری، م.، فرزان، م.، طالبی، م.، کرمی، م.، منصوری، پ. ۱۳۹۶. مقایسه‌ی پارامترهای کیفی آب رودخانه‌های صمصامی و دیناران با استانداردهای کیفی آب برای پرورش ماهی. مجله‌ی علمی شیلات ایران. ۲۶(۴): ۲۵-۳۶.
- باقریان کلات، ع.، انگشتری، ح. ۱۳۸۸. راهکارهای کاهش آلودگی آب رودخانه ناشی ازپساب استخرهای پرورش ماهی. همایش ملی مدیریت بحران آب. دانشگاه آزاد اسلامی واحد مرودشت ،اسفندماه ۱۳۸۸.
- بنانی، کمال. ۱۳۷۱. گزارش وضعیت رودخانه‌ی کر و سیوند. اداره‌ی کل حفاظت محیط زیست استان فارس. شیراز. ۶۸ ص.
- حسینعلی ثانی، م. ۱۳۷۶. بررسی آلودگی های حاصل از مزارع تولید ماهی قزل آلا روی بوم سازگان رودخانه دوهزار تنکابن و نقش خودپالایی آن، پایان نامه کارشناسی ارشد محیط زیست. دانشگاه تهران، ۱۰۴ ص.

- حسینی، س.ح.، سجادی، م.م.، کامرانی، ا.، سوری‌نژاد، ا.، رنجبر، ح. ۱۳۹۲. تاثیر پساب مزارع پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان بر پارامترهای فیزیکوشیمیایی آب رودخانه‌ی ریجاب (استان کرمانشاه). مجله‌ی بوم‌شناسی آبزیان. ۲: ۲۹-۳۹.
- خوانساری، ج. ۱۳۷۸. آلودگی‌های رودخانه کر. نشریه‌ی علمی و فنی مسایل کشاورزی ، سال ۲ ، شماره ۲، ص‌ص ۸۵-۸۱.
- رهنمایی، ه. ۱۳۷۷. نگرشی کوتاه به رودخانه‌های کر و سیوند در استان فارس. محیط زیست ، شماره ۹، ص‌ص ۳۷-۳۴.
- زمان‌پور، م. ۱۳۹۰. بررسی تغییرات پس‌آب کارگاه‌های پرورش ماهی در حوضه‌ی آب‌خیز سد درودزن. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی. سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی. شماره‌ی فروست: ۳۹۸۱۸. ۱۷۳ ص.
- سبحانی اردکانی، س.، محرابی، ز.، احتشامی، م. ۱۳۹۳. ارزیابی تاثیر پساب کارگاه های تکثیر و پرورش ماهی بر کیفیت فیزیکوشیمیایی آب رودخانه کبکیان در سال ۱۳۹۰. مجله دانشگاه علوم پزشکی مازندران. ۲۴(۱۱۳):۱۴۰-۱۴۹.
- سرمدیان، س.، محمدی‌دوست، م.، حاجب‌نژاد، ک. ۱۳۸۶. بررسی امکان پرورش قزل آلای رنگین‌کمان (Oncorhynchus mykiss) در استخرهای خاکی پرورش میگوی چوییده آبادان. پژوهش و سازندگی در امور دام و آبزیان. ۲۰(۷۵)۵۱-۵۶.
- شهسواری‌پور، ن. ۱۳۹۰. بررسی آلودگی میکروبی رودخانه هراز و تعیین کاربری های مجاز آب رودخانه با توجه به استانداردهای جهانی. علوم و تکنولوژی محیط زیست. ۱۳(۴-۵۱):۸۱ — ۹۴.
- طهماسبی، س.، افخمی، م.، تکدستان، ا. ۱۳۹۰. تحلیل وضعیت فیزیکی، شیمیایی و میکروبی آب رودخانه‌ی گرگر با استفاده از شاخص کیفیت آب. مجله‌ی علوم سلامت جندی‌شاپور. ۴: ۵۵-۶۴.
- طیبی، ل. و سبحان اردکانی، س. ۱۳۹۱. سنجش پارامترهای کیفی آب رودخانه‌ی گاماسیاب و عوامل موثر بر آن. علوم و تکنولوژی محیط زیست. ۲: ۳۷-۴۹.
- فدوی حسینی، ه.، قمی، م.، جمالزاده، ح.، فغانی لنگرودی، ح.، جدید دخانی، د. و حسن‌دوست، م. ۱۳۸۹. مقایسه‌ی فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی آب قبل و بعد از مزارع پرورش ماهی قزل‌آلا در رودخانه‌ی دوهزار تنکابن. مجله‌ی شیلات، ۴(۲): ۷۷-۸۳.

- قانع، ا.، عوفی، ف.، نجف‌پور، ن.، طاهری، غ.، عابدینی، ع.، میرزاجانی، ع.، سبک‌آرا، ج. و بابایی، ه. ۱۳۸۸. بررسی و مطالعه‌ی اثرات پساب مزارع پرورش ماهیان سردآبی رودخانه‌ی سبزکوه در استان چهارمحال و بختیاری. گزارش نهایی پروژه. موسسه‌ی تحقیقات علوم شیلاتی کشور. ۱۰۰ صص.
- کریمی، ی. ۱۳۷۳. پروژه‌ی مطالعه حوضه آبریز رودخانه‌های کر و سیوند؛ طرح بررسی مدیریت زیست‌محیطی منابع آب و خاک. گزارش اول. تهران. سازمان حفاظت محیط زیست- ۱۱۵ ص.
- کریمی، ی. ۱۳۷۸. بررسی وضعیت آلودگی رودخانه‌های کر و سیوند. اداره‌ی کل حفاظت محیط زیست فارس. ۵۷ ص.
- کاظم‌زاده خواجویی، ا.، اسماعیلی ساری، ع.، قاسمپوری، س.م. ۱۳۸۱. بررسی آلودگی ناشی از کارگاه‌های پرورش ماهی قزل آلا در رودخانه هراز. علوم دریایی ایران. ۳: ۲۷-۳۴.
- کرمی، ع. ۱۳۷۶. مدیریت آب و تنظیم اکسیژنی استخرهای پرورش ماهیان تکثیر و پرورش آبزیان، اداره کل آموزش و ترویج، معاونت سهامی شیلات ایران.
- معاونت آبزی‌پروری. ۱۳۹۲. نرماتیوهای مورد نیاز برای احداث مزارع تکثیر و پرورش آبزیان و ظرفیت های صدور مجوزهای آبزی‌پروری. سازمان شیلات ایران. ۴۵ ص.
- مؤسسه‌ی استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران. ۱۳۸۵. کیفیت آب – تعیین آب استخر پرورش ماهی برای گونه‌های رایج گرمابی و سردابی – روش متداول – ویژگی‌ها. استانداردملی ایران. شماره ی ۸۷۲۶ ۲۱ ص.
- نادری جلودار، م.، اسماعیلی ساری، ع.، احمدی، م.، سیف‌آبادی، س.ج. و عبدلی، ا. ۱۳۸۵. بررسی آلودگی ناشی از کارگاه‌های پرورش ماهی قزل آلای رنگین‌کمان بر روی پارامترهای کیفی آب رودخانه هراز. علوم محیطی. ۴(۲): ۲۱-۳۶.
- Costa-Pierce, B.A. (ed). 2002. EcologicalAquaculture: The Evolution of the Blue Revolution. Oxford and Malden (Massachusetts): Blackwell Science. 382 p.
- Greenberg, A.E., Clesceri, L.S. and Eaton, A.D. (ed). 1992. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewter. 8th edition. American Public Health Association, American Water Works Association and Water Environment Federation, USA.
- Hauer F. R. and Lamberti, G A. (eds.) 2007. Methods in Stream Ecology. Elsevier Inc. Academic Press, London [Elsevier]. 896 pp.
- Igbinosa E.O. and Okoh A.I. 2009. Impact of discharge wastewater effluents on the physico-chemical qualities of a receiving watershed in a typical rural community. International Journal of Environmental Science and Technology, 6 (2):175-182.
- Kumar U. and Kakrami B. 2000. Water, Environment, and Pollution. Agrobios. 258 p. Delhi.
- Lampert W. and Sommer U. 2007. Limnoecology, The Ecology of Lakes and Streams. 2nd edition. Oxford: Oxford University Press, 324 pp.
- 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, 147: 37-55.

- Mirrasooli E., Nezami S., Ghorbani R., Khara H. and Talebi M. 2012. The Impact of rainbow trout (Oncorhynchus mykiss) farm effluents on water quality. World Journal of Fish and Marine Sciences, 4(4):330-334.
- Philips, M. G. and Ross, L. G. 1985. "The environmental impact of Salmonid cage culture on inland fisheries". J. Fish. Biol., 27, pp. 123-137.
- Pulatsu S., Rad F., Köksal G., Aydın F., Karasu Benli A., Topçu A. 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.
- Rennert, B. 2000. Water pollution by a land-based trout farm, Journal of Applied Ichthyology, 16: 373-378.
- Rose PE, Pedersen JA. Fate of oxytetracycline in streams receiving aquaculture discharges: model simulations. Environ Toxicol Chem 2005; 24: 40-50.
- Selong J.H., and Helfrich L.A. 2002. Impact of trout culture effluent on water quality and biotic communitiesin Virginia Headwater streams. The progressive Fish Culturist, 76: 247-262.
- Sindilariu P-D., Brinker A. and Reiter R. 2009. Factors influencing the efficiency of constructed wetlands used for the treatment of intensive trout farm effluent. Ecological Engineering, 3(5):711–722.

Abstract
Trout culture had an increasing trend in the country, with a huge demand for establishment of further farms. On the other hand, fish farm effluents have negative effects on water quality and reduce possibility of fish farm developments using effluent water. The aim of this project was measuring main factors of water quality after the existing farms and determining required distance for construction of new coldwater fish farms in two rivers of Sepidan County, Fars Province, Rudshir and Joobkhelle. one point before the existing farm, one point after, and 3 three points in distances of 5, 8, and 10 km were selected in each of the rivers. Samplings were conducted 6 times bimonthly, from spring 2015 to winter 2016. Measurements included physical factors (current velocity, total suspended solids, total dissolved solids, temperature, electrical conductivity, dissolved oxygen, and pH), ecological indices of pollution (biochemical and chemical oxygen demand), and main chemical factors of water quality (nitrates, nitrites, ammonia, and phosphate concentrations). Regarding coldwater aquaculture standards, both rivers have suitable conditions in kilometer 10 due to dissolved oxygen, water temperature, pH, total suspended solids, biochemical and chemical oxygen demand, electrical conductivity, nitrates, nitrites, and phosphate concentrations, but total dissolved solids were higher than the standard values and ammonia concentrations were slightly higher in both rivers.

Keywords: Aquatic ecosystems, Aquaculture, Trout, Water quality, Effluent, Fars Province

Ministry of Jihad-e- Agriculture
AGRICULTURAL RESEARCH, EDUCATION & EXTENSION ORGANIZATION
Iranian Fisheries Science Research Institute- Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center

---

Project Title: Study of the possibility of trout culture with re-use of upstream effluents in
Sepidan County, Fars Province
Approved Number: 24-50-12-009-960573
Author: Mehrdad Zamanpoore
Project Researcher: Mehrdad Zamanpoore
Collaborator(s): M.H. Ebrahimi, S. Yaripour, L. Jokar
Advisor(s): N. Pourang
Supervisor: -
Location of execution: Fars Province
Date of Beginning: 2017
Period of execution: 1 Year
Publisher: Iranian Fisheries Science Research Institute
Date of publishing: 2020

All Right Reserved. No Part of this Publication May be Reproduced or Transmitted without indicating the Original Reference

Ministry of Jihad-e- Agriculture
AGRICULTURAL RESEARCH, EDUCATION & EXTENSION ORGANIZATION
Iranian Fisheries Science Research Institute- Fars Agricultural
& Natural Resources Research & Education Center

Project Title:

Study of the possibility of trout culture with re-use of upstream effluents in Sepidan County, Fars Province

Project Researcher:

Mehrdad Zamanpoore

Register NO.
56097