مقاله پژوهشی

علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و ششم، شماره سوم، خرداد ماه ۱٤۰۳(۱٤-۱)

ارزیابی آلودگی خروجی مزارع پرورش ماهی قزل‌آلا، (مطالعه موردی؛ چشمه سرداب اردل)

سحر امینیان[۱]

رسول زمانی احمد محمودی [۲*]

rasoolzamani@yahoo.com

فرزانه نیکوخواه[۳]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۲/۱۳ **تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۲/۵**

چکیده

زمینه و هدف: یکی از منابع آلودگی در رودخانه‌ها، تخلیه پساب حاصل از مزارع پرورش ماهی است که سبب کاهش کیفیت آب رودخانه‌ها جهت استفاده‌های گوناگون گردیده است. در این تحقیق تاثیر پساب کارگاه‌های پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین کمان بر میزان پارامترهای فیزیکی و شیمیایی چشمه سرداب رستم‌آباد منطقه اردل بررسی شد.

روش بررسی: به منظور ارزیابی آلودگی خروجی مزارع پرورش ماهی، پنج کارگاه پرورش ماهی قزل‌الا احداث شده در حاشیه چشمه سرداب انتخاب شد و در دو فصل تابستان و پاییز سال ۱۳۹۵ میزان پارامترهای فیزیکی و شیمیایی پساب مزارع قزل‌الا از جمله، pH، دما، اکسیژن محلول، هدایت الکتریکی، نیترات، آمونیاک، فسفات و کدورت مورد آنالیز قرار گرفتند.

یافته‌ها: طبق نتایج به دست آمده بین مقادیر pH، دما، اکسیژن محلول، هدایت الکتریکی، آمونیاک، فسفات و کدورت در دو فصل تابستان و پاییز از لحاظ آماری اختلاف معنی داری وجود نداشت (t-test , p>۰/۰۵) در حالی که بین مقادیر نیترات در دو فصل تابستان و پاییز از لحاظ آماری اختلاف معنی داری وجود داشت (t-test , p<۰/۰۵).

بحث و نتیجه گیری: به‌طور کلی میزان پارامترهای فیزیکی و شیمیایی در فصل تابستان در مقایسه با فصل پاییز بیش‌تر بود. افزایش در مقدار پارامترهای مورد بررسی در ماه‌های گرم احتمالاً به علت افزایش دما و کاهش دبی آب است، علاوه بر عوامل ذکرشده، افزایش فعالیت‌های سوخت و ساز و تراکم ماهی‌ها در این فصل می‌تواند باعث افزایش در مقدار پارامترهای فیزیکی و شیمیایی گردد.

واژه های کلیدی: پساب مزارع پرورش ماهی، پایش، پارامترهای فیزیکی و شیمیایی، اردل.

۱- کارشناسی ارشد تکثیر و پرورش آبزیان، گروه شیلات و محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران.

۲- دانشیار گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران. *(مسوول مکاتبات)

۳- استادیار گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران.

J. Env. Sci. Tech., Vol 26, No. 3, July, 2024

Assessment of effluent pollution from trout farms: (A case study of Sardab spring of Ardal, Iran)

Sahar Aminian[1]

Rasool Zamani-Ahmadmahmoodi [2 *]

rasoolzamani@yahoo.com

Farzaneh Nikokhah[3]

Admission Date:April 24, 2024 Date Received: March 3, 2024

Abstract

Background and Objective: One of the sources of pollution in rivers is effluent discharge from fish farms, which decreases water quality for downstream usage. This study investigated the effects of trout farms' effluent on the levels of physicochemical parameters in Sardab spring.

Material and Methodology: To assess contamination from the effluent, five trout farms along the margin of the river were selected. In summer and autumn 2016, this study analyzed the levels of physicochemical parameters of trout farm effluent, such as pH, temperature, dissolved oxygen, electrical conductivity, nitrate, ammonia, phosphate and turbidity.

Findings: According to the obtained results, no significant differences were detected between pH, temperature, dissolved oxygen, ammonia, phosphate, and turbidity in the two seasons (t-test, $p>0.05$), but a significant difference between levels of nitrate was found in these time periods (t-test, $p<0.05$).

Discussion and Conclusion: The overall level of physicochemical parameters in that summer was higher compared to autumn. The increase in the levels of the investigated parameters in warm weather is probably due to increased temperature and decreased discharge. Rapid population growth in the area of Ardal and the demand for protein foods makes monitoring of the levels of physicochemical parameters of fish farms necessary. In addition to the mentioned factors, increasing the metabolic activities and density of fish in this season can increase the amount of physical and chemical parameters.

Keywords: Trout farms' effluent, Monitoring, Physicochemical parameters, Ardal.

1- MSc in Aquaculture, Department of Fisheries and Environmental Sciences, Faculty of Natural Resources and Earth Science, Shahrekord, Iran.

2- Associate professor of Environmental Science Department, Faculty of Natural Resources and Earth Science, Shahrekord University, Shahrekord, Iran. *(*Corresponding Author*)

3-Assistant professor of Fisheries Science Department, Faculty of Natural Resources and Earth Science, Shahrekord University, Shahrekord, Iran.

مقدمه

افزایش روز افزون جمعیت موجب رو آوردن به استفاده از منابع، بدون توجه به ظرفیت آن‌ها گردیده است. یکی از آثار مخرب این عمل ایجاد آلودگی در منابع آب می‌باشد که موجب از دست رفتن و محروم شدن دیگران از آن می‌گردد. تخلیه پساب‌ها در رودخانه‌ها بدون انجام عملیات پالایش باعث آلودگی آب رودخانه‌ها شده است (۱). یکی از فعالیت‌های تولیدی که در سال‌های اخیر در کشور رونق گرفته و روز به روز بر تعداد آن‌ها افزوده می‌شود، استفاده از آب‌های داخلی برای پرورش ماهی می‌باشد. مزارع پرورش ماهیان سردابی معمولا در رودخانه‌های کوهستانی و سرچشمه‌ها تاسیس می‌گردند و آب ورودی به مزارع پس از مصرف اکسیژن محلول آن و اختلاط با فضولات ماهی و غذاهای پس مانده خارج گشته و به رودخانه وارد می‌شود. این عمل باعث می‌گردد تا برداشت آب از رودخانه تا فاصله زیادی برای مصارف شرب و پرورش ماهی ممکن نگردد (۲). قدرت آلایندگی پساب تخلیه شده یک مزرعه پرورش ماهی به طور مستقیم با تعیین میزان مواد جامد معلق در آب و تعیین مصرف اکسیژن بیولوژیک آب قابل اندازه گیری می‌باشد. از جمله ترکیبات حاصل از تجزیه مواد آلاینده که باعث وارد کردن صدمه به محیط می‌شوند آمونیاک، نیتریت، نیترات و ترکیبات فسفر هستند (۳).

عموماً خطرناک ترین ماده سمی برای ماهی در پساب تمام مزارع پرورش ماهی آمونیاک یونیزه نشده (NH_3) می‌باشد. آمونیاک محصول نهایی متابولیسم پروتئین است که در ماهیان از طریق آبشش به خارج دفع می‌گردد. غلظت مسموم کننده آمونیاک یونیزه نشده برای ماهی قزل‌الا ۰/۱۶-۱/۱ میلی گرم در لیتر می‌باشد (۴). نیتریت شکل یونیزه نشده اسید نیتروز می‌باشد که به اندازه آمونیاک یونیزه نشده کشنده و سمی است. مقدار نیتریت بین ۰/۳۹-۰/۰۹ میلی گرم در لیتر برای ماهی قزل‌الا کشنده تشخیص داده شده است. همچنین میزان تحمل قزل‌الا در برابر نیترات حدود ۱۳۶۰ میلی گرم در لیتر است که نشان دهنده کم خطر بودن آن است (۵).

مواد جامد معلق و فرایند تجزیه موادآلی موجود در آب مزارع باعث افزایش کدورت رنگ آب می‌شود و همین امر توانایی ماهی در تغذیه و گرفتن اکسیژن از آب را کاهش داده و از طرفی بسیاری از مواد معدنی و عناصر شیمیایی موثر در عملیات فیزیولوژیک جانور را از بین می‌برد. میزان تولید فضولات در سیستم‌های آبزیان به گونه و مرحله سنی ماهی، تراکم موجود زنده در سیستم و نوع مقدار غذایی که به ماهی داده می‌شود بستگی دارد (۶). افزایش برخی پارامترها در کارگاه های مختلف را می‌توان به تفاوت ظرفیت تولید، حجم غذادهی در کارگاه‌ها، نوع غذای مصرفی اعم از صنعتی و یا دست ساز، تر و خشک، نوسانات جریان، شدت و سرعت آب در کارگاه‌های مختلف و همچنین ورود آب مزارع کشاورزی و فاضلاب مرتبط دانست (۷). مطالعات علمی فراوانی در خصوص تاثیر احداث استخرهای پرورش ماهی بر رودخانه ها و اثرات زیست محیطی آن ها بر اکوسیستم های آبی در جهان انجام شده است که مشخص نمودن میزان پارامترهای فیزیکوشیمیایی پساب مزارع پرورش ماهی رها شده به منابع آبی و تعیین تاثیر آبزی پروری بر این پارامترها، اطلاعات پایه را جهت تنظیم مقررات حفاظت از محیط زیست فراهم می نماید (۸،۹).

در مطالعه نادری جلودار و همکاران (۱۳۸۵)، مشخص گردید مواد مغذی دارای نوسانات فصلی نیز بوده به طوری که در فصل تابستان با شدت گرفتن میزان فعالیت مزارع پرورش ماهی و افزایش تولید مواد مغذی، کاهش دبی آب رودخانه و افزایش دما، آثار پساب مزارع بر اکوسیستم رودخانه و کیفیت آب آن شدت بیش‌تری پیدا کرد (۱۰). در سال ۲۰۰۲ Miller و Semensدر مطالعات خود بیان نمودند که افزایش میزان BODدر ماه های تابستان بیش‌ترمشخص است که احتمالاً اغلب به علت افزایش دمای آب و مقدار بیش‌تر تغذیه ماهیان توسط مزارع پرورش ماهی می باشد .این افزایش BOD ، ناشی از ورود مواد آلی فراوان حاصل از مزارع پرورش ماهی قزل آلا به داخل رودخانه می باشد. البته این موضوع توسط

Maillardو همکاران (۲۰۰۵) نیز گزارش شده است (۱۱،۱۲).

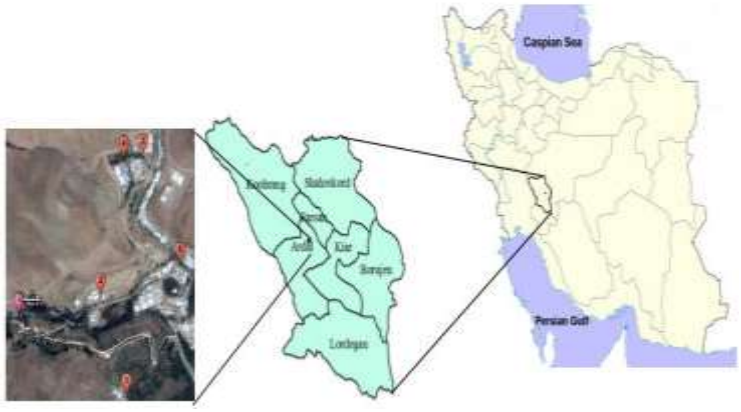
پساب کارگاه پرورش ماهی به طور عمده شامل سه قسمت است: ۱) مواد جامد معلق که شامل بقایای غذایی و مدفوع ماهی است. ۲) مواد محلولی که توسط ماهی به محیط آزاد می شود، که بیش‌ترین این مواد شامل کربن آلی وترکیبات ازته محلول (آمونیوم و اوره) است.

دو دسته مواد ذکر شده باعث اختلالات شیمیایی آب ناشی از فرایند تجزیه مواد می‌گردد که مهم‌ترین آن‌ها افزایش COD و BOD، آمونیاک، نیترات، نوسانات شدید اکسیژن محلول و تغییرات pH ناشی از به هم خوردن موازنه شیمیایی آب می‌باشد. ۳) مواد شیمیایی باقی مانده از درمان‌های دارویی انجام شده مثل سولفات مس و فرمالین، قارچ کش‌هایی مثل مالاشیت گرین و انواع مختلف آنتی بیوتیک‌ها مثل سولفامیدها حتی در مقادیر نسبتا کم خود از عوامل تشدید کننده اختلالات شیمیایی در آب می‌باشند (۱۳). مشخص کردن میزان فاکتور-های فیزیکوشیمیایی موجود در پساب مزارع پرورش ماهی و تعیین میزان تاثیر آبزی‌پروری بر فاکتورهای فیزیکوشیمیایی آب، اطلاعات و داده‌های پایه را برای تصمیم گیرنده فراهم می-کند تا با تنظیم مقررات حفاظت از محیط‌زیست و ملزم نمودن پرورش‌دهندگان ماهی برای ایجاد و توسعه سیستم‌های کاهش پساب مزارع خودشان، شرایط محیطی را بهبود دهند(۹). هدف از این مطالعه ارزیابی میزان آلودگی خروجی پنج کارگاه پرورش ماهی احداث شده در حاشیه چشمه سرداب رستم‌آباد شهرستان اردل می‌باشد.

مواد و روش کار

منطقه‌ی مورد مطالعه

در ۲۰ کیلومتری شهر اردل در استان چهارمحال و بختیاری و در ۹۰ کیلومتری شهرکرد از کوهی به نام سفیددانه در نزدیکی روستای رستم آباد چشمه‌ای از دل زمین می‌جوشد که نام آن چشمه سردآب رستم آباد است. در مطالعه حاضر بر اساس موقعیت منطقه و نحوه قرارگیری استخرهای پرورش ماهی قزل آلا در منطقه چشمه سرداب اردل، از ورودی و خروجی پنج کارگاه تکثیروپرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان جهت آنالیز پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب نمونه‌گیری شد.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی کارگاه‌های پرورش ماهی (چشمه سرداب) شهرستان اردل، استان چهارمحال وبختیاری

Figure 1. Geographical position of fish farms (Sardab spring) Ardal County, Chaharmahal & Bakhtiari Province

نمونه‌برداری

نمونه‌برداری از چشمه سرداب اردل که ورودی مزارع پرورش ماهی می‌باشد و خروجی پنج کارگاه پرورش ماهی واقع در این منطقه طی دو فصل تابستان و پاییز انجام شد. قبل از انجام نمونه‌برداری ظروف نمونه‌برداری طی ۲۴ ساعت با اسید نیتریک ۱۰ درصد و سپس آب شهر و آب دیونیزه شست و شو شدند و جهت نمونه-

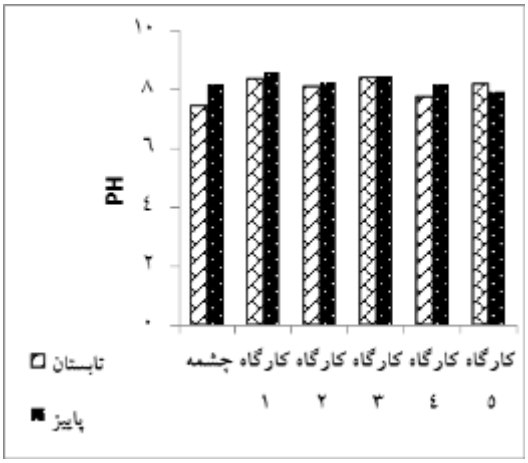
برداری آماده گردیدند (۱۴). پس از آن که نمونه‌برداری از خروجی پنج کارگاه تکثیر و پرورش ماهی صورت گرفت، نمونه-ها به همراه یخ در دمای کم‌تر از چهار درجه سانتی‌گراد در کم ترین زمان جهت آنالیز پارامترهای فیزیکی و شیمیایی به آزمایشگاه منتقل شدند. دما، اکسیژن‌محلول و هدایت الکتریکی با استفاده از دستگاه قابل‌حمل در محل خروجی مزارع پرورش ماهی اندازه‌گیری شدند و سنجش میزان پارامترهای نیترات، فسفات، آمونیاک و کدورت نمونه‌های آب جمع‌آوری شده با دستگاه اسپکتروفتومتر مدل DR 3900 طبق دستورالعمل مندرج شده در کتاب استاندارد متد پس از انتقال به آزمایشگاه سنجیده شد (۱۵).

نتایج

نتایج به دست آمده از آنالیز پارامترهای فیزیکی و شیمیایی مورد مطالعه طی دو فصل تابستان و پاییز در زیر به صورت نمودار ارایه شده است.

pH

نتایج تغییرات میزان pH در دو فصل پاییز و تابستان در شکل ۱ ارایه شده است. چشمه (ورودی مزارع پرورش ماهی) در فصل تابستان کم‌ترین مقدار PH (۷/۴۴) و کارگاه یک در فصل پاییز بیش‌ترین مقدار pH (۸/۵۹) اندازه‌گیری شده را به خود اختصاص داده اند.. pH خیلی پایین یا بالا می‌تواند مستقیما موجب مرگ ماهیان شود و یا در اثر ایجاد استرس به طور غیرمستقیم منجر به مرگ آن‌ها شود. بسیاری از مواد سمی در pH بالا یا پایین سمیت بیش‌تری برای ماهیان به وجود می‌آورند(۱۶) بر اساس نتایج آماری بین مقادیر pH بدست آمده در دو فصل تابستان و پاییز اختلاف معنی داری وجود نداشت (t-test , p>۰/۰۵).



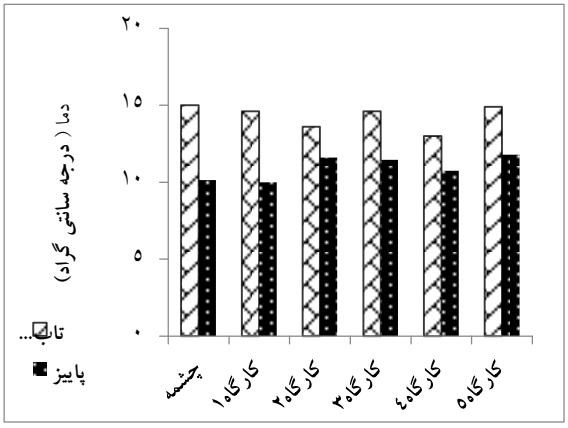
شکل ۲- تغییرات میزان pH در دو فصل پاییز و تابستان در ورودی (چشمه) و خروجی کارگاه‌های پرورش ماهی

Figure 2. Variation of pH in two season of autumn and summer in influent (spring) and effluent of fish farms

دما

نتایج تغییرات میزان دما در دو فصل پاییز و تابستان در شکل ۲ ارایه شده است. طبق نتایج بدست آمده درجه حرارت پنج کارگاه تکثیر و پرورش در فصل تابستان در محدوده ^{o}C ۱۵-۱۳ و در فصل پاییز در محدوده ^{o}C ۴۵-۱۱/۱۰ قرار داشته است. درجه حرارت آب به عوامل متعددی وابسته است که از جمله آن‌ها می‌توان به زمان نمونه‌برداری در طول روز و فصل نمونه‌برداری اشاره نمود. افزایش میزان دما، به دلیل حضور ماهی در استخرها و واکنش‌های گرمازا در اثر تجزیه مواد آلی به وجود می‌آید (۱۷). بر اساس نتایج آماری بدست آمده بین مقادیر دما در دو فصل

تابستان و پاییز اختلاف معنی داری وجود نداشت (t-test ۰/۰۵ <p,).

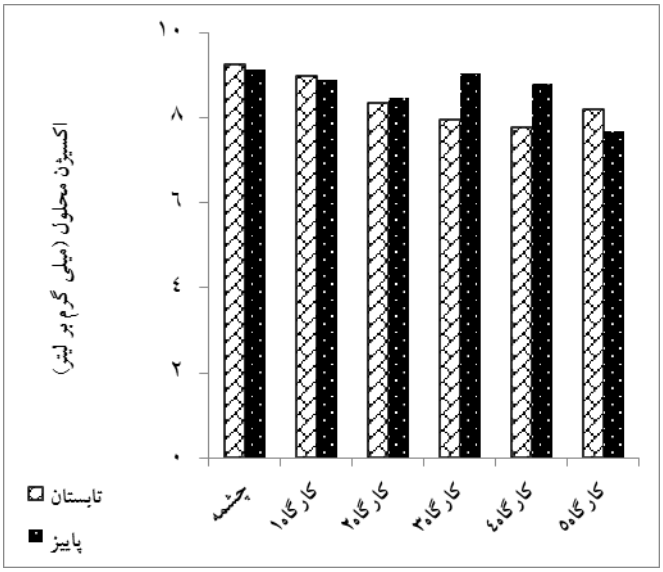


شکل ۳- تغییرات میزان دما در دو فصل پاییز و تابستان در ورودی (چشمه) و خروجی کارگاه‌های پرورش ماهی

Figure 3. Variation of temperature in two season of autumn and summer in influent (spring) and effluent of fish farms

اکسیژن محلول

نتایج تغییرات میزان اکسیژن محلول در دو فصل پاییز و تابستان در شکل ۳ ارایه شده است. چشمه (ورودی مزارع پرورش ماهی) در دو فصل تابستان و پاییز به ترتیب بیش‌ترین مقدار اکسیژن محلول ۹/۲۵ و ۹/۱۳ میلی گرم بر لیتر را دارا بودند. Pedersen (۱۹۸۷)، Person و همکاران (۲۰۰۳) حداقل میزان اکسیژن محلول مورد نیاز برای رشد قزل‌الای رنگین کمان را ۷ میلی گرم در لیتر عنوان نموده اند (۱۸،۱۹). اکسیژن محلول آب کارگاه‌های پرورش ماهی مورد مطالعه بالاتر از ۷ میلی گرم بر لیتر بود. همچنین براساس نتایج آماری بدست آمده اختلاف معنی داری بین مقادیر اکسیژن محلول در دو فصل تابستان و پاییز وجود نداشت (t-test ۰/۰۵ <p,).

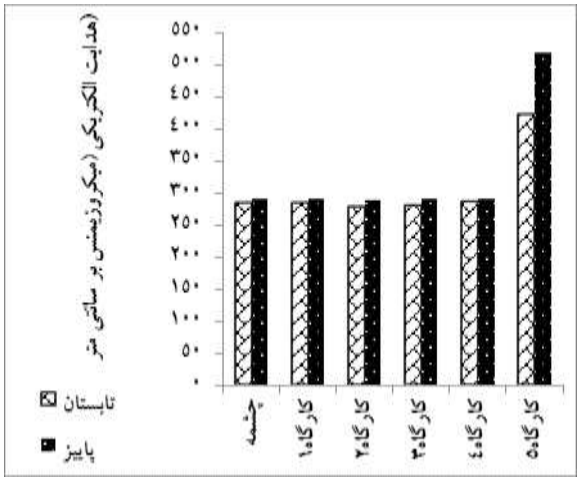


شکل ۴- تغییرات میزان اکسیژن محلول در دو فصل پاییز و تابستان در ورودی (چشمه) و خروجی کارگاه‌های پرورش ماهی

Figure 4. Variation of dissolved oxygen in two season of autumn and summer in influent (spring) and effluent of fish farms

هدایت الکتریکی

نتایج تغییرات میزان هدایت الکتریکی در دو فصل پاییز و تابستان در شکل ۴ ارایه شده است. طبق نتایج بدست آمده کارگاه شماره پنج به علت تراکم بالا و افزایش غذادهی بیش ترین مقدار هدایت الکتریکی را به خود اختصاص داده است. زیرا هدایت الکتریکی بیان‌گر میزان املاح موجود در آب می‌باشد. باقی مانده مواد غذایی و ضایعات ناشی از سوخت و ساز ماهی و در نتیجه افزایش بی رویه کود و غذا باعث می‌شود میزان املاح در خروجی کارگاه‌های پرورش ماهی افزایش یابد (۲۰). بر همین اساس میزان هدایت الکتریکی و کل جامدات محلول در خروجی کارگاه‌ها بیش تر از ورودی است این موضوع با نتایج پژوهش سلیمانی و همکاران (۱۳۹۰) که به ارزیابی اثرات محیط زیستی حاصل از پرورش ماهی در استان خوزستان اقدام نمودند (۲۱) و پژوهش طیبی و سبحان اردکانی(۱۳۹۱) که به سنجش پارامترهای کیفی آب رودخانه گاماسیاب و عوامل مؤثر بر آن اقدام نمودند، مطابقت داشت (۲۲). بر اساس نتایج آماری بدست آمده بین مقادیر هدایت الکتریکی در دو فصل تابستان و پاییز اختلاف معنی داری وجود نداشت (t-test , p>۰/۰۵).

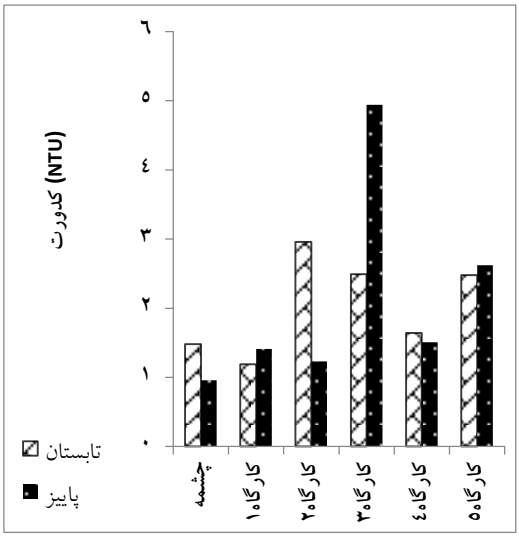


شکل ۵ - تغییرات میزان هدایت الکتریکی در دو فصل پاییز و تابستان در ورودی (چشمه) و خروجی کارگاه‌های پرورش ماهی

Figure 5. Variation of Electrical conductivity in two season of autumn and summer in influent (spring) and effluent of fish farms

کدورت

نتایج تغییرات میزان کدورت در دو فصل پاییز و تابستان در شکل ۵ ارایه شده است. طبق نتایج حاصل در فصل پاییز کارگاه شماره سه بیش‌ترین مقدار کدورت را دارا می‌باشد که ناشی از تراکم بالای تولید ماهی و مدیریت نامطلوب می‌باشد. کدورت و تیرگی آب از عوامل نامطلوب در تکثیر و پرورش ماهی قزل‌آلا می‌باشد. به طور کلی آب استخرهای پرورش ماهی باید زلال باشد و شفایت تا کف استخر تامین باشد. عامل اصلی ایجاد کدورت در مراکز تکثیر و پرورش ماهی قزل‌آلا که از منابع آبی رودخانه‌ها استفاده می‌کنند، گل و لای و ذرات رس است. لذا میزان ذرات معلق برای محیط‌های تکثیر و پرورش ماهی قزل‌آلا باید کم‌تر از ۱۵ میلی گرم در لیتر و برای انکوباسیون تخم‌ها و بچه ماهی‌ها باید کمتر از ۵ میلی گرم در لیتر باشد (۱۰). بر اساس نتایج آماری بدست آمده بین مقادیر کدورت در دو فصل تابستان و پاییز اختلاف معنی داری وجود نداشت (t-test , p>۰/۰۵).

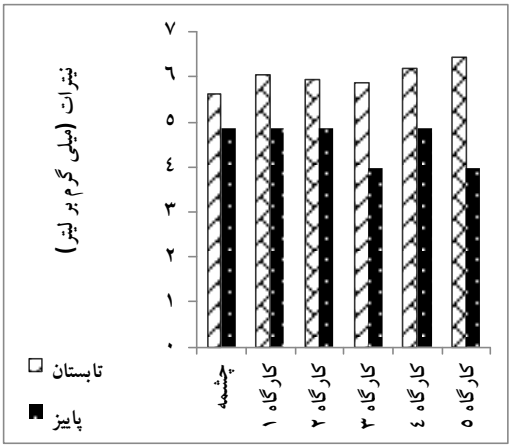


شکل ۶- تغییرات میزان کدورت در دو فصل پاییز و تابستان در ورودی (چشمه) و خروجی کارگاه‌های پرورش ماهی

Figure 6. Variation of turbidity in two season of autumn and summer in influent (spring) and effluent of fish farms

نیترات

نتایج تغییرات میزان نیتـرات در دو فصـل پـاییز و تابسـتان در شکل ۶ ارایه شـده اسـت. غلظـت نیتـرات در آبهـای طبیعـی سطحی کم‌تر از ۱ میلی گرم در لیتر گزارش شـده اسـت (۲۳). کم‌ترین مقدار نیترات محاسبه شده مختص به چشـمه (ورودی کارگاه‌های تکثیر و پـرورش) و بـیش‌تـرین مقـدار مخـتص بـه کارگاه پنجم می‌باشد. کارگاه پنجم به علت افزایش تولید ماهی که در نهایت منجر به مصرف بیش‌تر غذا و مواد شیمیایی (مواد ضدعفونی کننده، دارو و نمک) شـده و همچنـین میـزان مـواد دفعی افزایش می‌یابـد، بـیش‌تـرین مقـدار نیتـرات را بـه خـود اختصاص داده است. از آن جا که سایر ترکیبات دفعی از آبزیان و همچنین افزایش فعالیت‌های انسانی در طول روز که منجر به افزایش مواد آلی و نیترات آب می‌شود، ممکن است در معـرض اکسید شدن قرار بگیرند، نرخ اکسیژن خواهی زیست شیمیایی محیط افزایش یافته و اکسیژن موجود در آب به سرعت مصرف می‌شود بر این اساس افزایش نیتـرات مـورد بررسـی در پسـاب خروجی دور از انتظار نیست. بر اساس نتایج آماری بدست آمده بین مقادیر نیترات در دو فصل تابستان و پاییز اخـتلاف معنـی داری وجود داشت (t-test , p< ۰/۰۵).

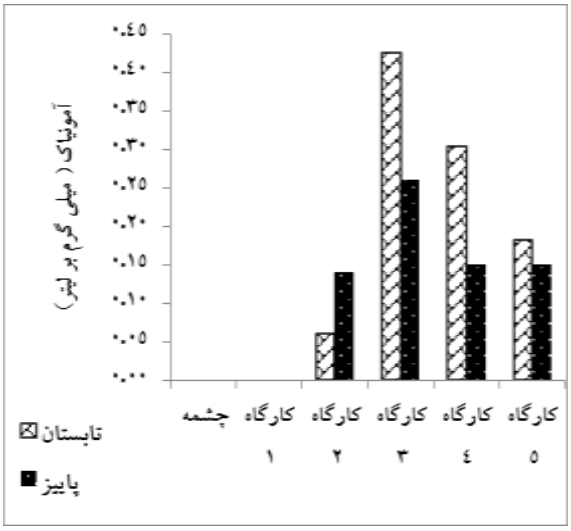


شکل ۷ -تغییرات میزان نیترات در دو فصل پاییز و تابستان در ورودی (چشمه) و خروجی کارگاه‌های پرورش ماهی

Figure 7. Variation of Nitrate in two season of autumn and summer in influent (spring) and effluent of fish farms

آمونیاک

نتایج تغییرات میزان آمونیاک در دو فصل پاییز و تابستان در شکل ۷ ارایه شده است. اشکال مختلف نیتروژن شامل نیترات، نیتریت و آمونیاک می‌باشد. سمیت آمونیاک (NH_3) وابسته به میزان آمونیوم نیتروژنی ($NH4 -N$)، PH و درجه حرارت است. در مقادیر PH بالای ۹ تبدیل آمونیوم ($NH4 -N$) به آمونیاک (NH_3) تسریع شده و سمیت آن افزایش می‌یابد (۲۴). حداکثر PH کارگاه‌های مورد مطالعه از ۸/۵ تجاوز نکرده و حداکثر مقدار آمونیوم نیتروژنی درخروجی کارگاه سوم مشاهده شد. نیتروژن مخصوصا به صورت آمونیاک، یکی از ویژگی‌های اصلی پساب مزارع آبزی‌پروری می باشد. آمونیاک برای موجودات آبزی داخل رودخانه سمی می‌باشد و پساب نیتروژن به طورکلی می‌تواند باعث تسریع رشد آلگها و گیاهان شود. بر اساس نتایج آماری بدست آمده بین مقادیر آمونیاک در دو فصل تابستان و پاییز اختلاف معنی داری وجود نداشت (t-test , p>۰/۰۵).

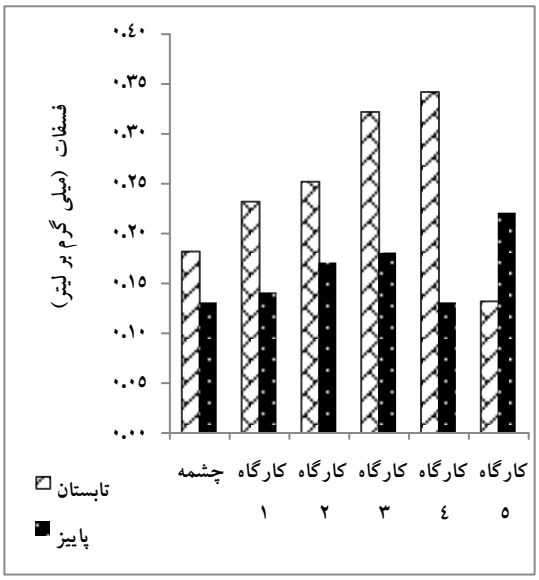


شکل ۸- تغییرات میزان آمونیاک در دو فصل پاییز و تابستان در ورودی (چشمه) و خروجی کارگاه‌های پرورش ماهی

Figure 8. Variation of ammonia in two season of autumn and summer in influent (spring) and effluent of fish farms

فسفات

نتایج تغییرات میزان فسفات در دو فصل پاییز و تابستان در شکل ۸ ارایه شده است. طبق نتایج بدست آمده درفصل تابستان، بیش‌ترین مقدار فسفات اندازه‌گیری شده در کارگاه-های شماره چهار و سه مشاهده شده است. فسفات موجود در پساب مزارع آبزی‌پروری، به صورت ذره‌ای یا به صورت محلول می‌باشد. وقتی فسفر ذره‌ای در رسوبات حوضه رودخانه یا در نزدیک دهانه خروجی استخر پرورش ماهی انباشته می‌شود، فرم انحلال پذیر آن کیفیت آب را مورد تاثیر قرار می‌دهد که این امر می‌تواند منجر به شرایط یوتریفیکاسیون شود (۲۵). فرم ذره‌ای فسفر می‌تواند محدوده بین ۷ تا ۶۴ درصد در آبزی پروری را تشکیل دهد اما در استخرهای جریاندار قزل‌آلای رنگین کمان در کشور پرتغال، رها سازی فسفر ذره‌ای به میزان۰/۳ فسفر کل گزارش شد (۲۶). بر اساس نتایج آماری بدست آمده بین مقادیر فسفات در دو فصل تابستان و پاییز اختلاف معنی داری وجود نداشت (t-test , p>۰/۰۵).



شکل ۹- تغییرات میزان فسفات در دو فصل پاییز و تابستان در ورودی (چشمه) و خروجی کارگاه‌های پرورش ماهی

Figure 9. Variation of phosphate in two season of autumn and summer in influent (spring) and effluent of fish farms

شاخص کیفی آب به عنوان زیرشاخه ای منحصر به فرد برای تشریح شرایط کلی کیفیت آب با استفاده از متغیرهای چندگانه کیفی ارایه شده است. محققان بسیاری اندازه گیری شاخص کیفی آب سطحی و زیرزمینی را مطرح کرده اند .براون و همکاران شاخص کیفی آب (WQI) را بیان کردند.شاخص کیفی آب زیرزمینی نشان می دهد (جدول ۱) که کیفیت آب زیرزمینی در منطقهٔ بررسی شده خوب و نسبتاً خوب است (۲۷).

جدول ۱ - شاخص کیفی کارگاه‌های پرورش ماهی در دو فصل تابستان و پاییز

Table 1. Quality index of fish farms in two season of summer and autumn

کارگاه‌های پرورش ماهی مورد مطالعه	مقدار شاخص WQI محاسبه شده		معادل توصیفی	
	فصل تابستان	فصل پاییز	فصل تابستان	فصل پاییز
چشمه	۸۲/۴	۷۵/۳	خوب	خوب
کارگاه ۱	۶۸/۲	۷۹/۶	نسبتا خوب	خوب
کارگاه ۲	۶۹/۱	۷۸/۴	نسبتا خوب	خوب
کارگاه ۳	۶۳/۵	۶۹/۳	نسبتا خوب	نسبتا خوب
کارگاه ۴	۶۵	۶۹/۷	نسبتا خوب	نسبتا خوب
کارگاه ۵	۶۲/۲	۶۸/۲	نسبتا خوب	نسبتا خوب

بحث

هدف از این مطالعه تاثیر پساب کارگاه‌های پرورش ماهی قزل آلای رنگین کمان بر پارامترهای فیزیکی و شیمیایی چشمه سرداب رستم‌آباد در دو فصل تابستان و پاییز بود. مطالعات علمی فراوانی در خصوص بررسی کیفیت آب رودخانه‌ها و همچنین تاثیر احداث استخرهای پرورش ماهی بر رودخانه ها و اثرات زیست محیطی آن‌ها بر اکوسیستم های آبی در

جهان انجام شده است. طبق نتایج بدست آمده در مطالعات اخیر پارامترهای فیزیکو شیمیایی مورد ارزیابی در فصول مختلف سال نیز در تغییر بوده که علت اصلی آن تغییر شرایط محیطی و شدت فعالیت کارگاه‌ها می‌باشد. بنابراین بر اساس شاخص کیفیت آب، کیفیت آب به صورت فصلی متفاوت است (۲۸،۲۹،۳۰،۳۱). براساس نتایج بدست آمده در این مطالعه بین مقادیر pH، دما، اکسیژن محلول، هدایت الکتریکی، آمونیاک، فسفات و کدورت در دو فصل تابستان و پاییز از لحاظ آماری اختلاف معنی داری وجود نداشت (t-test , p> ۰/۰۵) در حالی که بین مقادیر نیترات در دو فصل تابستان و پاییز از لحاظ آماری اختلاف معنی داری وجود داشت (t-test , ۰/۰۵ >p). پارامترهای فیزیکی و شیمیایی اکوسیستم‌های آبی به طور عمده بازتابی از شرایط اکولوژیک در فصول مختلف و فعالیت‌های کشاورزی، شهری و صنعتی در مسیر رودخانه می-باشد (۳۲). در مطالعه حاضر به‌طور کلی میزان پارامترهای فیزیکی و شیمیایی در فصل تابستان در مقایسه با فصل پاییز بیش‌تر بود. افزایش در مقدار پارامترهای مورد بررسی در ماه-های گرم احتمالاً به علت افزایش دما و کاهش دبی آب است. همچنین در تمام کارگاه‌های مورد بررسی، ماهی‌های پرورشی در فصل تابستان به حداکثر نرخ رشد خود رسیده و آماده فروش می‌باشند. بنابراین علاوه بر عوامل ذکرشده، افزایش فعالیت‌های سوخت و ساز و تراکم آبزیان در این فصل می‌تواند باعث افزایش در مقدار این پارامترها گردد. این موضوع با نتایج پژوهش راستی و همکاران (۱۳۸۵) که تأثیر پساب‌های پرورش ماهی برکیفیت آب رودخانه گرگر را بررسی کردند، مطابقت داشت (۳۳). علت افزایش برخی پارامترها در کارگاه‌های مختلف را می‌توان به تفاوت ظرفیت تولید، حجم غذادهی در کارگاه‌ها، نوع غذای مصرفی اعم از صنعتی و یا دست ساز، تر و خشک، نوسانات جریان، شدت و سرعت آب در کارگاه‌های مختلف و همچنین ورود آب مزارع کشاورزی و فاضلاب اشاره نمود (۲۲). نرخ آلودگی پساب خروجی به عواملی مانند: مقدار مواد تخلیه شده، مقیاس زمانی تخلیه مواد به طبیعت، ظرفیت جذب و توان تخلیه و ستون آب دریافت کننده در پایین دست بستگی دارد (۳۴). همچنین مواد شیمیایی مورد استفاده جهت درمان عفونت‌های انگلی و باکتریایی و ضدعفونی استخرها (مانند سولفات مس) از جمله موادی هستند که در پساب کارگاه‌های پرورش ماهی وجود دارند (۳۵). میزان نیترات در آب‌های سطحی بر اساس منابع موجود و استانداردهای محیط زیست حداکثر ۰/۱ میلی گرم در لیتر گزارش شده است. در تمام کارگاه‌های پرورشی میزان نیترات در دو فصل تابستان و پاییز از حد استاندارد محیط زیست بیش‌تر بوده است (۳۶). کارگاه‌های پرورش ماهی نیز مانند هر کارگاه یا کارخانه‌ای نیازمند مدیریت قوی و مسئولانه است. بنابراین، هرچه مدیریت کارگاه قوی‌تر و دقیق‌تر باشد، میزان تولید ماهی در کارگاه بیش تر بوده و از طرف دیگر میزان مواد آلاینده تولید شده توسط این کارگاه‌ها کاهش می‌یابد (۳۷).

References

1. Jafari Bari, Mehdi, 2001, Principles of Aquatic Engineering, Iranian Fisheries Company, Deputy of Aquaculture Reproduction. (In Persian)
2. Jihad Engineering Services Company, 1999, First Stage Studies of Badinabad Aquaculture Complex, Water Resources Report. (In Persian)
3. Abdollah Mashaei, Mehrdad, 2000, Guide to Breeding and Reproduction of Rainbow trout, Nourbakhsh Publications. (In Persian)
4. Chaudhari L.P., 2001. Supplemental Irrigation Through Conjunctive Use of Rainwater for Aquaculture and Horticulture, International Specialty Conference, University of Dundee.
5. Davis J.T., 1993, Survey of Aquaculture Effluent Permitting and 1993 Standards in the Sourth, Southern Regional Aquaclture Center.
6. Smith D., 1997, Aquaculture Effluent Management, NCRAC, North Central

Regional Aquaculture Center Compendium Rep.

7. Kazemzadeh Khajavi, A., Ismaili Sari, A., Ghasem Pouri, S. M. 2003. Survey of pollution caused by salmon workshops in Haraz River. Iranian Journal of Marine Science 3: 27-35. (In Persian)
8. Bergheim, A., Brinker, A. 2003. Effluent treatment for flow through systems and European environmental regulations. Aquacultural Engineering. 7: 61-77.
9. Pulatsu, S., Rad, F., Koksal, G., Aydın, F. 2004. The Impact of rainbow trout Farm effluents on water quality of Karasu stream, Turkey. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 4: 9-15.
10. Naderi Jollodar, M., Esmaili Sari, A., Ahmadi, M. R., Seifabadi, SJ, Abdoli, A. 2007. Survey of pollution caused by rainbow trout on water quality parameters of Haraz River. Environmental Science 2: 21-36. (In Persian)
11. Miller, D., Semmens, K. 2002. Waste Management in Aquaculture. West Virginia University Extension Service Publication No. AQ02-1. USA.
12. Maillard, V.M., Boardman, G.D., Nyland, J.E., Kuhn, D.D. 2005. Water quality and sludge characterization at raceway-system trout farms. Aquaculture Engineering. 33: 271-28419-Person.
13. Zarezadeh F, Farhadian M, Khosravi M, Soltani S. Survey of environmental effects of rice fields on Zayandeh-Rood River Proceedings of the National Conference on Clean Water 2010; p. 8. (In Persian)
14. Hassanzadeh P. 2000. Agenda of Bacteriology Laboratory, Faculty of Science. Department of Biology, Shiraz University. 174 pages. (In Persian)
15. Standard methods for the examination of water and waste waters. 20th ed. United States of America: American Public Health Association. 34-38.
16. Baba Mukher, Fisheries Diseases, Sixth Edition, University of Tehran Publications, 2010, Jedwal, pages 48-49. (In Persian)
17. Zarezadeh F, Farhadian M, Khosravi M, of environmental Soltani S. Survey effects of rice fields on Zayandeh-Rood River Proceedings of the National Conference on Clean Water 2010; p. 8. (In Persian)
18. Pedersen, C.L., 1987. Energy budgets for juvenile rainbow trout at various oxygen concentrations. Aquaculture 62, 289-298.
19. Person J., Lacut A., Le Bayon, N., Le Roux, A. and Pichuvant, K., 2003. Effects of reputed hypoxia shocks on growth and metabolism of trout juveniles. Aquatic Living Resource 16, 25-34.
20. Nader, Sh. Shari'ah, 2001. Investigation of Relationship between Biological Indices and Water Quality Parameter in the Drinking Water Distribution System of Rural Areas of Qazvin Province. Proceedings of the 6th National Conference on Environmental Health. Mazandaran. (In Persian)
21. Soleimani N, Ramzi Esmaili M, Chelehmal Dezpholnezhad M. Survey of environmental effects of fish farming in Khuzestan Province. Proceedings of the 1th Regional

Conference on Environment and pollutants2011; p. 7. (In Persian)
22. Tayebi L, Sobhanardakani S. Monitoring of water quality parameters of Gamasiab River and affecting factors on these parameters. J Environ Sci Tech 2012; 53: 48-37. (In Persian)
23. McNeely, R. N., Neimanis, V. P., 1979.Water quality sourcebook, A guide to waterquality parameter, water quality branch. OTAWA, Canada.14p.
24. Colt J., Watten, B. and Rust, M., 2009. Modeling carbon dioxide, pH, and un-ionized ammonia relationships in serial reuse systems. Aquaculture Engineering 30, 28-44.
25. European Economic Community (EEC), 1978. Council Directive of 18 July on the quality of fresh waters needing protection or improvement in order to support fish life, 78, 659. EEC, Brussels.
26. Boaventura, R., Pedro, A.M., Coimbra, J., Lencastre, E. 1997. Trout farm effluents characterization and impact on the receiving streams. Environmental Pollution. 95: 379-387.
27. Brown R. M., McClelland N. I., Deininger R. A., Tozer R., "GA water quality index: Do we dare?", Water & Sewage Works, 117 (1970) 339-343.
28. Ardakani S. S. Mehrabi Z. Ehteshami M. 2014. Effect of Aquaculture Farms Wastewater on Physicochemical Parameters of Kabkian River. J Mazandaran Univ Med Sci. 24 (113). 140-149.
29. Andreia dalla V. Carolin R. Rodringos. Mayra C. S. Fernanda G. S. Andreia H. Eliane L. S. Carlos A. N. Daniela M. Q. Juliane D. F. Larissa S. H. Sabrina E. M. A. Fernando R. S. 2015. Surface water quality in the Sinos River basin, in Southern Brazil: tracking microbiological contamination and correlation with physicochemical parameters. Environ Sci Pollut Res22:9899–9911.
30. Aazami j. Esmaili-Sari A. Abdoli A. Sohrabi.H and Van den Brink.P.J.2015. Monitoring and assessment of water health quality in the Tajan River, Iran using physicochemical, fish and macroinvertebrates indices.10: 015-0186.
31. Jian-Ping S. Robby Yussac T.2016. Aquaculture Water Quality Index: a low-cost index to accelerate aquaculture development in Indonesia. Aquacult Int (2016) 24:295–312.
32. Ehlinger Sandgren, C., T. J., D. and Dethorne, S. L., 2003. Monitoring of stream Habitat and Aquatic Biotic Integrity Lincoln Creec Milwaukee Country, Wisconsin, Department of Biological Sciences University of Wisconsin – Milwaukee. 42p.
33. Rasti M, Nabavi SMB, Jafarzadeh Haghighi 33-Fard N, Mobed P. Investigation of the effect of aquaculture effluent on water quality of Gargar River. Proceedings of the 3th National Conference on Iran's Environmental Crisis & Improvement of Its 2006; 6 P. (In Persian)
34. Kelly LA, Stellwagen J, Bergheim A. Waste loadings from a fresh-water Atlantic salmon farm in Scotland. Water Res Bull 1996; 32(5): 1017-25.
35. Bagherian Kalat A, Angoshtari H, Ghafurian R, Nekoei AA. Survey of the effect of fish farms effluent on microbial status of Sarrud Kalat River. Proceedings of the 4th National

Conference & Exhibition on Environmental Engineering 2010; p. 11. (In Persian)

36. Environmental Protection Agency (EPA), 1996. Quality criteria for waters, Washington D. C.

37. Sadeghi N. Rainbow Trout Culture. Tehran: Naghshe-Mehr Publications, 2001. (In Persian)