

وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور - پژوهشکده اکولوژی دریای خزر

عنوان:

**تعیین خصوصیات کیفی آب در سد مخزنی
شهید رجایی بر اساس فاکتورهای
فیزیکو شیمیایی - استان مازندران (ساری)**

مجری:

حسن نصراله زاده ساروی

شماره ثبت

۴۹۶۳۰

وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور- پژوهشکده اکولوژی دریای خزر

عنوان پروژه : تعیین خصوصیات کیفی آب در سد مخزنی شهید رجایی بر اساس فاکتورهای فیزیکی-شیمیایی
-استان مازندران (ساری)

شماره مصوب پروژه : ۹۲۰۰۱-۹۲۵۴-۱۲-۷۶-۱۴

نام و نام خانوادگی نگارنده/ نگارندگان : حسن نصراله زاده ساروی

نام و نام خانوادگی مجری مسئول (اختصاص به پروژه ها و طرحهای ملی و مشترک دارد) : -

نام و نام خانوادگی مجری / مجریان : حسن نصراله زاده ساروی

نام و نام خانوادگی همکار(ان) : محمود رامین ، حسین نگارستان ، محمد علی افرائی ، فریبا واحدی ، آسیه

مخلوق ، رضا صفری ، یوسف علومی ، عبدالله نصراله تبار ، زهرا یعقوب زاده ، مریم قیاسی ، حمید رضانی ، نیما

پورنگ ، رضا پورغلام ، مجید ابراهیم زاده ، مرتضی طهماسبی

نام و نام خانوادگی مشاور(ان) : -

نام و نام خانوادگی ناظر(ان) : -

محل اجرا : استان مازندران

تاریخ شروع : ۹۲/۴/۱

مدت اجرا : ۲ سال و ۶ ماه

ناشر : موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور

تاریخ انتشار : سال ۱۳۹۵

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 مسؤل / مجری»

پروژه: تعیین خصوصیات کیفی آب در سد مخزنی شهید رجایی بر

اساس فاکتورهای فیزیکوشیمیایی - استان مازندران (ساری)

کد مصوب: ۹۲۰۰۱-۹۲۵۴-۱۲-۷۶-۱۴

شماره ثبت (فروست): ۴۹۶۳۰ تاریخ: ۹۵/۳/۲۳

با مسؤلیت اجرایی جناب آقای حسن نصراله زاده ساروی دارای

مدرک تحصیلی دکتری در رشته علوم زیستی (گرایش محیط

زیست) می باشد.

پروژه توسط داوران منتخب بخش اکولوژی منابع آبی در تاریخ

۹۵/۲/۱۹ مورد ارزیابی و با رتبه خوب تأیید گردید.

در زمان اجرای پروژه، مجری در:

ستاد □ پژوهشکده ■ مرکز □ ایستگاه □

با سمت معاون تحقیقاتی در پژوهشکده اکولوژی دریای خزر

مشغول بوده است.

عنوان	« فهرست مندرجات »	صفحه
چکیده	۱
۱- مقدمه	۲
۱-۱- مروری بر منابع	۳
۲- مواد و روشها	۷
۲-۱- موقعیت و زمان نمونه برداری	۷
۲-۲- روشهای اندازه گیری عوامل فیزیکوشیمیایی	۸
۳- نتایج	۱۱
۳-۱- درجه حرارت	۱۱
۳-۲- اکسیژن محلول (DO)	۱۲
۳-۳- اکسیژن خواهی بیولوژیکی (BOD5) و اکسیژن خواهی شیمیایی (COD)	۱۵
۳-۴- pH	۱۶
۳-۵- یون کلسیم (Ca^{2+})، یون منیزیم (Mg^{2+}) و سختی کل (TH)	۱۷
۳-۶- کل ذرات جامد محلول (TDS) و هدایت الکتریکی (EC)	۱۸
۳-۷- یون کلراید (Cl^-)	۱۹
۳-۸- فسفر کل (TP) و یون فسفات (PO_4^{3-})	۲۰
۳-۹- نیتروژن کل (TN) و ازت معدنی محلول (DIN)	۲۱
۳-۱۰- یون آمونیم (NH_4^+) و آمونیاک (NH_3)	۲۳
۳-۱۱- یون نیتريت (NO_2^-) و یون نترات (NO_3^-)	۲۴
۳-۱۲- کلروفیل آ	۲۵
۳-۱۳- سطح تروفیکی (TSI)	۲۶
۳-۱۴- شاخص کیفیت آب (WQI)	۲۸
۴- بحث و نتیجه گیری	۲۹
نتیجه گیری نهایی	۳۸
پیشنهادها	۳۹
منابع	۴۰
پیوست	۴۳
چکیده انگلیسی	۵۱

چکیده

کیفیت آب در هر اکوسیستم اطلاعات با ارزشی در ارتباط با منابع در دسترس برای استفاده انسان را فراهم می کند. مخازن پشت سد از جمله منابع مهم آبهای سطحی محسوب می شوند که می تواند به عنوان یک منبع آبی مناسب جهت آبیاری، آب آشامیدنی و نیز پرورش ماهی محسوب گردد. یکی از سدهای مهم کشور سد مخزنی شهید رجایی (مازندران-ساری) می باشد که در این مطالعه به بررسی کیفیت آب آن خواهیم پرداخت. در این تحقیق پارامترهای فیزیکی شیمیایی و کلروفیل-آ در چهار ایستگاه در مخزن سد: ۱- ورودی شاخه شیرین رود، ۲- ورودی شاخه سفید رود به مخزن سد، ۳- تلاقی شیرین رود و سفیدرود در مخزن و ۴- نزدیک به تاج سد و یک ایستگاه در خروجی آن طی شش دوره نمونه برداری (خرداد، تیر، مرداد، شهریور، آبان و بهمن) در سال ۱۳۹۱ مورد اندازه گیری قرار گرفتند. سپس سطح تروفیکی و کیفیت آب در مخزن سد شهید رجایی بر اساس مراجع مختلف و فرمول کارلسون محاسبه گردید. نتایج نشان داد که میانگین به همراه خطای معیار دما، اکسیژن محلول، pH، غلظت فسفات، آمونیم، نترات و کلروفیل آ به ترتیب برابر $21/35$ ($\pm 1/30$) درجه سانتی گراد، $10/48$ ($\pm 0/37$)، $8/54$ ($\pm 0/04$)، $0/50$ ($\pm 0/004$)، $0/36$ ($\pm 0/004$)، $0/75$ ($\pm 0/033$) میلی گرم بر لیتر و $18/00$ ($\pm 7/23$) میکروگرم بر لیتر بوده است. در تحقیق حاضر در ماههای خرداد و تیر لایه بندی حرارتی بین سطح و عمق دریاچه در قسمتهای عمیق آن مشاهده شد بطوریکه در این لایه بندی در لایه های ۱۵ تا ۳۰ متر به ازای افزایش هر متر عمق آب $0/47$ و $0/69$ درجه سانتی گراد کاهش دما مشاهده شد. اما این تغییرات به ازای افزایش هر متر عمق آب در مرداد و شهریور به ترتیب $0/20$ و $0/26$ و در نهایت در آبان به صفر نزدیک شده بود. در ماههای گرم سال (تیر، مرداد و شهریور) همراه با تشکیل لایه بندی حرارتی در این دریاچه یک لایه بندی اکسیژنی نیز شکل گرفت اما در فصول سرد (ماههای آبان و بهمن) که اختلاط دمائی مخزن برقرار است اکسیژن محلول و درصد اشباعیت آن نیز در کل مخزن تقریباً همگن گردید. نتایج نشان داد که براساس مراجع اروپایی (OECD) ایستگاههای مختلف در ماههای نمونه برداری در حالت مزوتروف تا یوتروف قرار داشت. این مقایسه با مقادیر ذکر شده در مراجع سدهای ایران بر اساس متغیرهای شفافیت و کلروفیل آ نتایج مشابه نشان داد. اما متغیر فسفر با توجه به محدود بودن آن برای فیتوپلانکتون شرایط واقعی تروفیکی را نشان نداد. نتیجه اینکه آب سد شهید رجایی براساس شاخص تروفیکی کارلسون TSI در ماهها مختلف الیگوتروف (خرداد و آبان)، مزوتروف (بهمن) تا یوتروف (مرداد و شهریور) بوده است بنابراین براساس نتایج فوق مدیریت آب سد بیشتر بایستی در ماههای گرم سال با جدیت بیشتری صورت پذیرد.

واژه های کلیدی: کیفیت آب، سطح تروفیکی، سد شهید رجایی، مازندران، ساری

۱- مقدمه

دریاچه ها و مخازن پشت سد از جمله منابع مهم آبهای سطحی هستند (سعیدی و همکاران، ۱۳۹۲) و به عنوان منابع آبی غنی جهت آبیاری، تامین آب آشامیدنی و نیز پرورش ماهی در نظر گرفته می شوند (Pawale and Lokhande, 2012). مخازن سد ها نقش مهمی در جنبه های مختلف زیست محیطی ایفا می کنند. این مخازن می توانند به عنوان جمع کننده مواد بر جای مانده از رودخانه ها عمل کنند، از تغییرات زیاد پارامترهای کیفیت (مانند شوری) آب رودخانه جلوگیری کنند و کیفیت آب را با مدیریت صحیح اصلاح کنند. دریاچه ها بر حسب معیارهای مختلف از قبیل مشخصات فیزیکی، شیمیایی و زمین شناختی به انواع مختلفی طبقه بندی می شوند. در علم منابع آب، مخازن سدها به عنوان دریاچه های مصنوعی تلقی می گردند. مخازن سدها، یکی از انواع دریاچه های بشر ساخت هستند که برای برآورده کردن نیازهای آبی مختلفی به وجود می آیند. از چند جهت مخازن سدها با دریاچه های طبیعی تفاوت دارند. عمیق ترین قسمت دریاچه های طبیعی اغلب در مرکز آن قرار دارد و همه قسمت های کف دریاچه به طرف عمیق ترین بخش آن شیب دارند. در حالیکه عمیق ترین قسمت مخازن سدها، تقریباً همواره نزدیک بدنه سد قرار دارد و کف مخزن معمولاً بطرف بدنه سد شیب دارد. همچنین در دریاچه های طبیعی، ورودی و خروجی نزدیک سطح قرار دارد. در صورتی که یک مخزن سد می تواند آب را از هر قسمتی از سد، از سطح گرفته تا عمیق ترین قسمت مخزن، خارج کنند. همچنین اگر چه فرایندهای لیمنولوژیکی تعیین کننده در شرایط کیفی آب در هر دو حالت، مشابه می باشد، ولی هیدرودینامیک مخازن سدها، مشخصات کیفی آب آنها را از دریاچه های طبیعی متفاوت می کند. اندازه مخازن به شرایط اختلاط آن مرتبط است. در جدول زیر تقسیم بندی سد بر اساس اندازه مخزن ارائه شده است (شرکت مدیریت منابع آب ایران، ۱۳۹۱):

جدول ۱-۱- تقسیم بندی اندازه سدهای مختلف جهان

دسته بندی	سطح مخزن (کیلومتر مربع)	حجم مخزن (متر مکعب)
بزرگ	۱۰۴-۱۰۶	۱۰۱۰-۱۰۱۱
متوسط	۱۰۲-۱۰۴	۱۰۸-۱۰۱۰
کوچک	۱-۱۰۲	۱۰۶-۱۰۸
بسیار کوچک	۱	۱۰۶

(شرکت مدیریت منابع آب ایران، ۱۳۹۱)

سد مخزنی شهید رجایی (سد تجن ساری) بر روی رودخانه دودانگه در محلی به نام سلیمان تنگه واقع در ۴۱ کیلومتری جنوب شهر ساری در ارتفاعات البرز شمالی قرار دارد (سعیدی و همکاران، ۱۳۹۲) عملیات اجرای سد از شهریور ۷۰ شروع شد و در سال ۷۵ خاتمه یافت، به موازات آن نیز سد انحرافی و شبکه آبیاری و زهکشی آغاز شد (انوری فر و همکاران، ۱۳۸۹). راه دسترسی به سد تا ۲۵ کیلومتر اول جاده آسفالت، ساری-شهمیرزاد-سمنان می باشد ولی ۱۶ کیلومتر بعد را جاده اختصاصی سد تشکیل می دهد که توسط پیمانکار احداث گردیده و مورد بهره برداری است. این سد از نوع بتنی ۲ قوسی با سرریز آزاد و ارتفاع آن از پی ۱۳۸ متر و از بستر ۱۱۶ متر، عرض در پی ۲۷ متر و عرض تاج سد ۷ متر می باشد. ضخامت پوسته سد در کف ۲۷ متر و در تاج ۷ متر می باشد. طول تاج آن نیز ۴۲۷ متر، حجم بتن ریزی سد ۷۰۰۰۰۰ متر مکعب، حجم مخزن ۱۶۰ میلیون متر مکعب، مساحت دریاچه ۵۲۰ هکتار و طول دریاچه ۸۵۰۰ متر است می باشد (سعیدی و همکاران، ۱۳۹۲؛ انوری فر و همکاران، ۱۳۸۹). از نظر زمین شناسی این سد بر روی سنگهای آهکی دولومیتی با میان لایه های مارنی بنا شده است. دریاچه ای که در پشت سد شهید رجایی پس از آبرگیری ایجاد می شود، در قسمت جنوبی به ۲ شاخه تقسیم می گردد که یکی مربوط به رودخانه شیرین رود و دیگری مربوط به رودخانه گرم رود می باشد. مساحت دریاچه در مقطع پائین ۲/۷ کیلومتر مربع است. طول دریاچه برابر با ۸/۵ کیلومتر و عرض آن متفاوت می باشد. حجم آب دریاچه برابر ۱۹۱/۵ میلیون متر مکعب است و حجم آب قابل تنظیم این سد و شبکه آبیاری برابر با ۳۱۶ میلیون متر مکعب می باشد. عمق دریاچه در نقاط کم عمق حدود ۲ تا ۶ متر و در نقاط عمیق حدود ۶۵ تا ۸۰ متر برآورد می گردد. حجم رسوب سالانه آن ۴۰۰۰۰۰ متر مکعب برآورد گردیده است. پس از پرشدن مخزن حدود ۷۹۰ هکتار از زمین های کشاورزی، مراتع و جنگل های ساحل رودخانه به زیر آب می روند.

۱-۱- مروری بر منابع

- سعیدی و همکاران (۱۳۹۲) گزارش کردند که در مخزن سد شهید رجایی در اکثر فصول سال غلظت اکسیژن محلول در لایه های سطحی بیش از ۵ میلی گرم بر لیتر است که این مقدار در لایه های زیرین با اندکی کاهش روبرو می شود. غلظت یکنواخت اکسیژن محلول هنگام اختلاط دمایی و شکست لایه بندی در زمستان از مدلها

برداشت می شود. بیشترین غلظت اکسیژن محلول را در بهار و در لایه های سطحی آب مخزن داریم، در عمق مخزن در تابستان با تقویت لایه بندی حرارتی، شرایط بی هوازی در اعماق مخزن رخ می دهد، اما این ناحیه با شکست لایه بندی در پاییز و زمستان از این شرایط خارج می شود. و لایه بی هوازی از بین می رود. روند اختلاط و لایه ای شدن غلظت اکسیژن محلول هم سو با رژیم حرارتی مخزن سد شهید رجایی است و برداشت بیشتر آب مخزن نیز این چرخه را تغییر نمی دهد بلکه با بهبود شرایط بی هوازی در کف مخزن همراه است. با توجه به ارقام ارتفاعی دریچه های برداشت آب مخزن سد شهید رجایی که در ۲۵ تا ۳۵ متری کف مخزن قرار دارند، افزایش ۵۰ درصدی برداشت آب، نیروی جریانات خروجی را افزایش می دهد و اختلاط قائم بیشتری در مخزن تولید می کند.

- تحقیق در مورد پیامد ها و اثرات زیست محیطی رخ داده بر روی نتایج کمی بدست آمده از روش ماتریس، پس از احداث سد شهید رجایی نشان داد که ۲۴ درصد از پیامدها مثبت و ۷۶ درصد منفی بوده اند که پراکندگی آن ها از نظر کیفی در محدوده پیامدهای مفید خیلی خوب تا ناچیز و پیامدهای تخریبی خیلی زیاد تا ناچیز قرار گرفت. تخریب جنگل ها، کشاورزی و اسکان جمعیت از دلایل اصلی افزایش رسوبگذاری و تغییرات کیفی آب مخزن تعیین گردید. لذا مدیریت مسئولانه در واحد های بالا دست سد، جهت کنترل فرسایش و حجم رسوبگذاری بسیار با اهمیت است (نظریها و علی نژاد، ۱۳۸۱). مطالعه انوری فر و همکاران (۱۳۸۹) در سد شهید رجایی بیانگر جدایی ژنتیکی سیاه ماهی در بالادست و پایین دست سد تحت تاثیر احداث سد بوده است.

- سد گیلارلو یکی از مهم ترین منابع آب شرب شهر گرمی (استان اردبیل)، به علت داشتن کیفیت نامطلوب، موجب بروز مشکل طعم و بو در آب شهر گردیده است. بررسی ها نشان داد که مهم ترین منابع آلاینده تاثیر گذار بر کیفیت آب، فاضلاب های انسانی، کشاورزی و اثرات زمین شناسی می باشند. مخزن از نظر تغذیه گرایی در مرداد ماه در وضعیت مزو-یوتروفیک قرار داشته و در مهرماه به وضعیت کاملاً یوتروفیک تبدیل شده و در طول ماه های بعدی در این وضعیت تثبیت گردیده است. علت اصلی افت کیفیت آب دریاچه، اغتشاشات ناشی از به هم خوردن سیستم لایه بندی دمایی بوده که علاوه بر بالا آوردن محتویات بستر دریاچه و افزایش غلظت انواع آلاینده ها، شرایط را برای رشد فزاینده جلبک ها و تسریع پدیده تغذیه گرایی فراهم نموده است (عالی شاملو و همکاران، ۱۳۸۳).

- در مطالعه کیفیت آب سد ارس توسط علیزاده اصلو و همکاران (۱۳۹۴) مشاهده شد که آب سد با مقایسه با استانداردها در سطح تروفیکی یوتروف قرار دارد. حداکثر مواد مغذی در ورودی رودخانه ثبت گردید و میانگین بیشتر پارامترهای محیطی بین ایستگاههای مختلف معنی دار بوده است ($p < 0/05$).

- میرزاجانی (۱۳۸۹) گزارش کرد که مقایسه کیفیت آب دریاچه سد خاکی توده بین زنجان با الگوی استاندارد، مطلوبیت آب دریاچه را برای آبری پروری نشان داده است. بر این اساس میانگین مقدار اکسیژن همواره در حد

بالا تر از ۸ میلی گرم در لیتر قرار داشته است. مقدار میانگین تولید اولیه اکسیژنی لایه سطحی حدود ۰/۷۳ میلی گرم در لیتر محاسبه شد. میانگین فسفات، نیترژن کل و سختی آب بترتیب در حد ۰/۰۹، ۲/۰۰ و ۲۳۷ میلی گرم بر لیتر بوده است. در مورد اکثر فاکتورهای هیدرو شیمی تفاوت معنی دارمقادیر در دو لایه سطحی و عمقی مشاهده شده است.

- محاسبه شاخص کیفیت آب با استفاده از سیستم محاسبه شاخص بنیاد ملی بهداشت (NSF) در سد آیدغموش (استان آذربایجان) نشان داد که کیفیت آب خوب بوده و برای استفاده‌های مختلف مناسب می باشد (شکوهی و همکاران، ۱۳۹۰).

- نادری و همکاران (۱۳۹۰) مطالعه لیمنولوژیک پایاب سد سبلان به منظور پرورش ماهیان سردآبی، با انتخاب چهار ایستگاه درشش نوبت نمونه برداری، از مرداد الی دی ماه ۱۳۸۷ انجام دادند. نتایج حاصل از آنالیز پارامترهای کیفی آب نشان دادند که بااستثنا پارامترهای TP, PO4, TDS, COD و تا حدی دما، سایر پارامترها هیچ گونه محدودیتی درپرورش ماهیان سردآبی در پایاب سد ندارند. درضمن شاخص های زیستی شامل بایو اندیکاتورهای پلانکتونی، EPT/CHIR، شاخص زیستی هیلسنهوف، تنوع و پراکنش گیاهان آبرزی و ماهیان، وضعیت آب را در پایاب سد غنی از مواد آلی نشان دادند. بطوری که حداقل مقدار شاخص زیستی هیلسنهوف در پایین دست سد ۷ (در طبقه کیفی مواد آلی قابل ملاحظه) بدست آمد.

- بررسی کیفیت آب دریاچه سد دز (شهرستان اندیمشک، استان خوزستان) با استفاده از شاخص کیفیت آب NSF انجام گردید و پارامترهای نترات، فسفات، BOD, TDS, pH، کدورت کلیفرم مدفوعی، دما و اکسیژن محلول در آن مورد استفاده قرار گرفتند. بیشترین شاخص کیفیت آب با میزان ۸۹ برای ایستگاه ۱ در بهمن ماه و کمترین آن برای ایستگاه ۱ در مرداد ماه با میزان ۷۵ به دست آمد و بر اساس نتایج شاخص NSFQI، کیفیت آب دریاچه سد دز برای استفاده های مختلف مناسب است (عصار و همکاران، ۱۳۹۲).

- جاوید و همکاران (۱۳۹۳) براساس شاخص کیفیت آب (WQI) و سطح تروفیکی (TSI) بر ارزیابی سد دز پرداختند. نتایج نشان داد که آب این سد جهت مصارف عمومی مناسب بوده و برای استفاده آب شرب نیاز به تصفیه پیشرفته دارد. همچنین در صورت تداوم ورود آلاینده ها و مشکل تغذیه گرایی کیفیت آب تهدید میشود. در ایستگاههای مختلف شاخص کیفیت بیش از ۵۰ بوده و شاخص تروفیکی در محدوده ۳۰ تا ۶۰ را نشان داده است.

- Saghi و همکاران (2015) براساس شاخص کارلسون و مدل شبکه عصبی کیفیت آب سد دز را در ماههای مختلف سال مورد بررسی قرار دادند. محاسبات شاخص کارلسون اصلاح شده نشان داد که سطح تروفیکی سد از اوایل جولای تا اواسط نوامبر یوتروف بوده و با کاهش دما به وضعیت مزتروف بر می گردد. با بیان دیگر در ماههای گرم سال کیفیت آب کاهش می یابد. بر اساس مدل شبکه عصبی از میان ۸ پارامترهای محیطی،

متغیرهای نیتروژن و فسفر کل، شفافیت و کلروفیل-a حساس تر بوده است. همچنین براساس نتایج فوق مدیریت آب سد بیشتر بایستی در ماههای گرم سال با جدیدت بیشتری صورت پذیرد.

- منوری و همکاران (۱۳۹۲) گزارش کردند که دریاچه سد کرج در ماههای گرم سال دارای افزایش زیست توده جلبکی بوده است و تراکم فیتوپلانکتون با افزایش عمق تغییر نشان داد بیشترین تعداد فیتوپلانکتون به دیاتومه ها به ویژه Cyclotella مربوط بوده است. در این بررسی تراکم فیتوپلانکتون با عوامل شیمیایی ارتباط معنی داری را نشان نداد. در این مقاله از پارامترهای محیطی جهت ارزیابی کیفیت آب بهره برد بطوریکه براساس فسفر و نیتروژن و شفافیت سطح تروفیکی سد در محدوده ی مزوتروف تا توتروف تغییرات نشان داد.

-عنصری و همکاران (۱۳۸۶) با مقایسه کیفیت آب دریاچه سد حسنلو با استانداردهای کیفیت شیمیایی آب آشامیدنی سازمان جهانی بهداشت (WHO) پیش بینی نمودند که آب این سد در حداکثر تراز آبی بر اساس خواص شیمیایی برای مصارف شرب قابل استفاده خواهد بود. لذا با احداث تصفیه خانه متداول می توان از آب آن برای تامین آب شرب اجتماعات اطراف استفاده نمود.

به منظور پیشگیری از خطرات تهدید کننده ی سلامتی و خسارات اقتصادی و انسانی ناشی از آن، لازم است که آب منابع قبل از ارائه به مردم تعیین کیفیت گردند. در تعیین کیفیت آب باید خصوصیات منطقه ای (ویژگی های آب و هوایی) مسائل مربوط به زمین شناسی (وجود غلظت بالا از فلزات سمی به علت وجود کانی های طبیعی) عوامل زنده و غیرزنده پیکره آبی مورد توجه قرار گیرد (Jabbari, and Boustani, 2011). مبارزه با اثرات نامطلوب یوتروفیکاسیون اغلب بسیار پرهزینه است و گاهاً احیاء دریاچه به وضعیت اولیه ناممکن می گردد. از این رو دانستن جزئیات تغییرات کیفیت آب سد بسیار مهم است (Cuneyt, 2000) و بایستی قبل از هر گونه اقدامات اصلاحی و ارزیابی های مبتنی بر بهره برداری های مورد نظر و مطلوب، روند یوتروفی در آن شناخته شود (موسوی ندوشن و همکاران، ۱۳۸۷). لذا این نوع مطالعات به همراه تعیین شاخص کیفیت آب (Water Quality Index) و سطح تروفیکی که در سد با اهمیت شهید رجایی هنوز انجام نگرفته است، ضروری می باشد، بخصوص آن که آب این مخزن بزودی بعنوان منبع آب شرب نیز مورد استفاده قرار خواهد گرفت. بر این اساس اهداف این پروژه در آب دریاچه پشت سد شهید رجایی انجام گرفت به شرح ذیل است:

- بررسی روند تغییرات عوامل فیزیکو شیمیایی

-تعیین شاخص کیفیت آب

- طبقه بندی سطح تروفیکی آب (Trophic Index)

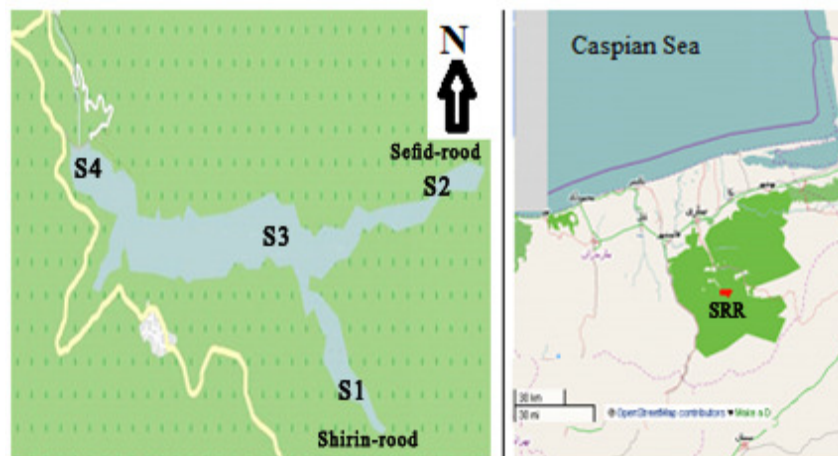
۲- مواد و روشها

۲-۱- موقعیت و زمان نمونه برداری

سد مخزنی شهید رجایی (مازندران-ساری) در مسیر رودخانه تجن ایجاد شده که سرشاخه های سفید رود و شیرین رود به آن می ریزند. در این مطالعه نمونه برداری در ۶ ماه (خرداد، تیر، مرداد، شهریور، آبان و بهمن) از سال ۱۳۹۱ در ۵ ایستگاه ورودی سرشاخه شیرین رود، ورودی سرشاخه سفید رود، تلاقی دو سرشاخه، تاج سد و خروجی سد انجام شد که مشخصات هر ایستگاه در جدول ۲ و شکل ۱ آمده است. همچنین نمونه برداری در ایستگاه تاج سد با عمق ۸۰ متر در ۳ لایه ۰، ۱۵ و ۳۰ متر انجام شد.

جدول ۲-۱- موقعیت جغرافیایی ایستگاه های نمونه برداری در سد شهید رجایی (سال ۱۳۹۱)

ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی
ورودی شیرین رود به مخزن	۳۱،۱۳،۳۶	۵۳،۱۷،۱۲
ورودی سفید رود به مخزن	۵۲،۱۴،۳۶	۵۳،۱۸،۱۷
تلاقی سفیدرود و شیرین رود در مخزن	۳۶،۱۴،۲۸	۵۳،۱۶،۱۱
نزدیک به تاج سد	۳۹،۱۴،۳۶	۱۴،۱۴،۵۳
خروجی سد	۱۱،۱۵،۳۶	۵۷،۱۳،۴۱



شکل ۲-۱: موقعیت جغرافیایی ایستگاههای نمونه برداری در سد شهید رجایی (SRR) (سال ۱۳۹۱)

۲-۲- روشهای اندازه گیری عوامل فیزیکوشیمیایی

دمای آب با استفاده از دماسنج جیوه ای معمولی و برگردان آلمانی، اکسیژن محلول و BOD به روش یدومتری یا وینکلر، COD بروش اکسیداسیون با دی کرومات پتاسیم و تعیین pH آب بوسیله دستگاه pH متر (مدل WTW 320 آلمانی) اندازه گیری گردید. سختی ها (کل، کلسیم و منیزیم) به روش کمپلکسومتری، و تعیین EC و TDS با استفاده از دستگاه CONDUCTIVITY / TDS METER مدل HACH آمریکایی صورت پذیرفت. یون کلرید به روش آرگنومتریک یا موهر، فسفات به روش مولبیدات، فسفر و نیتروژن کل به روش اکسیداسیون با پرسولفات سدیم، آمونیوم به روش هیپوکلریت، نیتريت و نترات به روش ستون کاهشی و نفتیل سولفانید (با استفاده از اسپکتروفوتومتر CECEIL مدل CE 1020 انگلیسی) اندازه گیری گردید. شفافیت با استفاده از صفحه دایره ای سشی دیسک و کلروفیل- آ نیز بوسیله استون استخراج و میزان جذب آن در طول موج های مختلف با اسپکتروفوتومتر قرائت شد (Sapozhnikov *et al.*, 1988 ; APHA, 2005).

محاسبه وضعیت تروپی با استفاده از شاخص تروپی کارلسون اصلاح شده (TSI) انجام شد (Carlson and Simpson, 1996; Sigua *et al.*, 2006).

I. Phosphorus-limited lakes (TN/TP, 30:1)

$$TSI \text{ (average)} = 1/3[TSI \text{ (Chl-a)} + TSI \text{ (Secchi depth)} + TSI \text{ (TP)}]$$

where:

$$TSI \text{ (Chl)} = 16/8 + 14/4 \times LN \text{ (Chl-a)}, \text{ (mg/m}^3\text{)}$$

$$TSI \text{ (Secchi depth)} = 60 - 30 \times LN \text{ (Secchi depth)}, \text{ (m)}$$

$$TSI \text{ (TP)} = - 23/8 + 23/6 \times LN \text{ (TP)}, \text{ (}\mu\text{g/L)}$$

II. Nitrogen-limited lakes (TN/TP, 10:1)

$$TSI \text{ (average)} = 1/3[TSI \text{ (Chl-a)} + TSI \text{ (Secchi depth)} + TSI \text{ (TN)}]$$

where:

$$TSI \text{ (Chl)} = 16/8 + 14/4 \times LN \text{ (Chl-a)}, \text{ (mg /m}^3\text{)}$$

$$TSI \text{ (Secchi depth)} = 60 - 30 \times LN \text{ (Secchi depth)}, \text{ (m)}$$

$$TSI \text{ (TN)} = 59/6 + 21/5 \times LN \text{ (TN)}, \text{ (mg /L)}$$

III. Nutrient-balanced lakes (10:1 < TN/TP < 30:1)

$$TSI \text{ (average)} = 1/3\{TSI \text{ (Chl-a)} + TSI \text{ (Secchi depth)} + [0/5TSI \text{ (TP)} + TSI \text{ (TN)}]\}$$

where:

$$TSI \text{ (Chl-a)} = 16/8 + 14/4 \times LN \text{ (Chl-a)}, \text{ (mg/m}^3\text{)}$$

$$TSI \text{ (TN)} = 56 + 19/8 \times LN \text{ (TN)}, \text{ (mg /L)}$$

$$TSI \text{ (TP)} = -18/4 + 18/6 \times \ln(\text{TP}), \text{ (}\mu\text{g /L)}$$

$$TSI \text{ (Secchi depth)} = 60 - 30 \times LN \text{ (Secchi depth)}, \text{ (m)}$$

جدول ۲-۲- طبقه بندی سطح تروفیکی آب براساس مقادیر شاخص کارلسون (TSI) (Saghi *et al.*, 2014)

TSI	سطح تروفیکی
۴۰ <	الیگوتروف
۴۰-۵۰	مزوتروف
۵۰-۷۰	پوتروف
۷۰ >	هایپر پوتروف

همچنین براساس پارامترهای مختلف در جداول ۲-۲ و ۲-۳ سطح تروفیکی و تغذیه گرایی (تروفیکی) و قابلیت باروری آب مخازن بررسی می گردد.

جدول ۲-۳- طبقه بندی سطح تروفیکی مخازن سد ها بر اساس پارامترهای مختلف (شرکت مدیریت منابع آب ایران، ۱۳۹۱; Saghi et al., 2014; اسماعیلی ساری، ۱۳۷۹)

هاپیروتروف	یوتروف	مزوتروف	الیگوتروف	اولترا الیگوتروف	
>۱۰۰	۳۵-۱۰۰	۱۰-۳۵	۱۰	۴	فسفر کل (µg/l)
>۹۶	۲۴-۹۶	۱۲-۲۴	<۱۲	—	
>۱۰۰	<۱۰۰	<۴۰	<۱۳	—	
—	—	—	—	—	ازت کل (µg/l)
—	—	—	—	—	
>۱۰۰۰	<۱۰۰۰	<۴۰۰	<۳۰۰	—	
>۲۵	۸-۲۵	۲/۵-۸	۲/۵	۱	کلروفیل-آ (µg/l)
>۵۵/۵	۷/۲-۵۵/۵	۲/۶-۷/۲	<۲/۶	—	
>۴۰	<۴۰	<۱۰	<۳	—	

جدول ۲-۴- طبقه بندی تغذیه گرایی (تروفیکی) و قابلیت باروری آب مخازن سد ها بر اساس پارامترهای مختلف (وزارت نیرو، ۱۳۹۳)

وضعیت تروفیکی	میانگین فسفر (mg/l)	میانگین کلروفیل سالانه (mg/m3)	ماکزیمم کلروفیل (mg/m3)	میانگین شفافیت (m)	مینیمم شفافیت (m)	حداقل اشباعیت اکسیژن (%)
اولترا اولیگوتروف	۴	۱	۲/۵	۱۲	۶	۹۰-۱۰۰
اولیگوتروف	≤۱۰	≤۲/۵	≤۸	≥۶	≥۳	۸۰-۹۰
مزوتروف	۱۰-۳۵	۲/۵-۸	۸-۲۵	۶-۳	۳-۱/۵	۴۰-۸۰
یوتروف	۳۵-۱۰۰	۸-۲۵	۲۵-۷۵	۳-۱/۵	۱/۵-۰/۷	۱۰-۴۰
هایپرتروف	≥۱۰۰	≥۱۰۰	≥۷۵	≤۱/۵	≤۰/۷	≤۱۰

* درصد اشباع در آبهای زیرین

در میان شاخص مختلف شاخص کیفیت آب (Water Quality Index =WQI) که در جهان عرضه شده است، شاخصی که توسط NSF (National Sanitation Foundation) بیان شده است به طور گسترده در سراسر جهان مورد استفاده قرار می گیرد (Ott, 1978; محبی و همکاران، ۱۳۹۲). در این سیستم با توجه به مقادیر پارامترهای مربوطه (نیترات، آمونیوم، فسفات، درصد اشباع اکسیژن، pH، EC، سختی کل، BOD5، COD و تعداد کلی فرم مدفوعی) شاخص عددی جدیدی (i) از روی نمودارها و یا فرمول های استاندارد استخراج می گردد و سپس با جاگذاری

اعداد فوق در فرمول های مربوطه و با توجه به ضریب ثابت وزنی (wi) هر یک از پارامترها یک عدد بعنوان شاخص کیفیت آب ارائه می گردد. عدد بدست آمده که بین ۰ تا ۱۰۰ قرار می گیرد، منبع آبی را در یکی از ۷ کلاس کیفی طبقه بندی می کند: کمتر از ۱۵ (خیلی بد)، ۱۵-۲۹/۹ (بد)، ۳۰-۴۴/۹ (نسبتاً بد)، ۴۵-۵۵ (متوسط)، ۵۵/۱-۷۰ (نسبتاً خوب)، ۷۰/۱-۸۵ (خوب) و بیشتر از ۸۵ (بسیار خوب). لازم به ذکر است که برای محاسبه شاخص کیفیت آب استفاده از همه پارامترهای فوق الزامی نیست. چنانکه در گزارش حاضر به علت عدم وجود داده های کلیفرم مدفوعی امکان استفاده از این پارامتر مهیا نبود.

$$WQI = \left[\frac{i \text{ BOD5}^{0.117} \times i \text{ Nitrate}^{0.108} \times i \% \text{ saturated O2}^{0.097} \times i \text{ EC}^{0.096} \times i \text{ COD}^{0.093} \times i \text{ Phosphate}^{0.087} \times i \text{ pH}}{0.0591^{0.657}} \right]$$

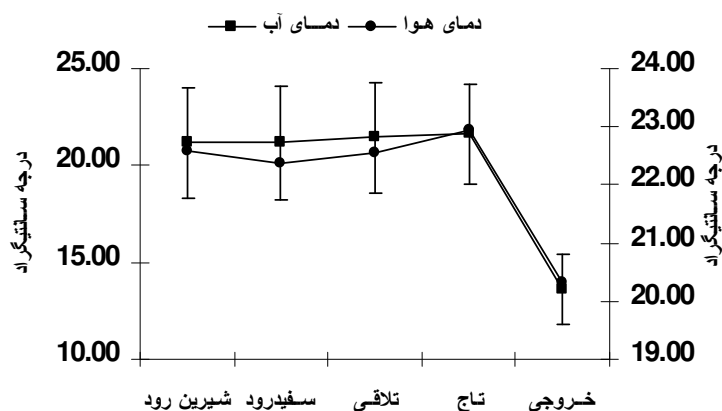
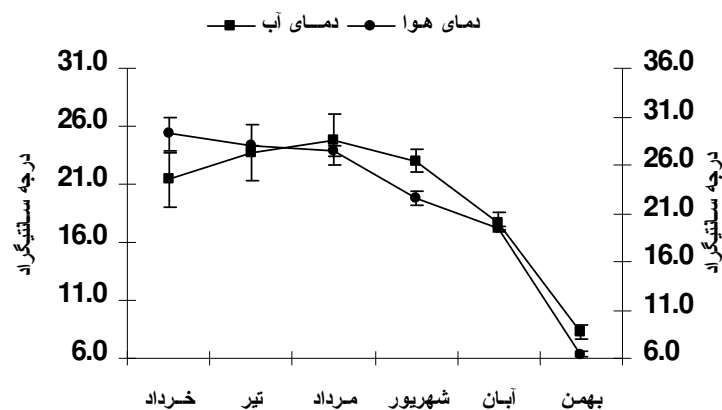
اعداد آورده شده در فرمول بیانگر شاخص وزنی هر یک از پارامترها است.

۳- نتایج

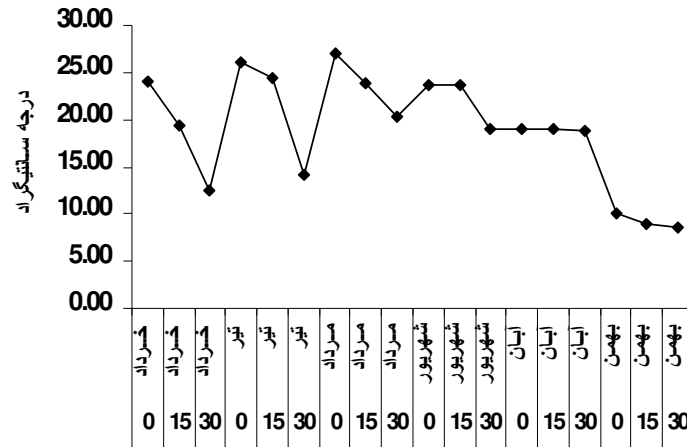
۳-۱- درجه حرارت

میانگین درجه حرارت آب طی مدت نمونه برداری ۲۱/۳۵ ($\pm 1/30$) بود که دامنه تغییرات آن در طول سال بین ۸/۲۰-۲۷/۰۰ درجه سانتیگراد متغیر بوده است (جدول ضمیمه ۱). آنالیزهای ماهانه نشان داد که حداکثر میانگین درجه حرارت آب در ماه مرداد ($24/80 \pm 2/20$) مشاهده شد، بطوریکه در محدوده ۱۶ تا ۲۷ درجه سانتی گراد در نوسان بود و کمترین میانگین درجه حرارت آب در بهمن ماه ($8/24 \pm 0/64$) در محدوده دمایی ۶ تا ۱۰ درجه سانتی گراد مشاهده گردید (نمودار ۳-۱). حداکثر و حداقل درجه حرارت هوا به ترتیب در ماههای خرداد و بهمن مشاهده شد. حداکثر میانگین درجه حرارت در ایستگاه تاج با میانگین ۲۱/۶۲ ($\pm 2/58$) و حداقل آن در ایستگاه خروجی با میانگین ۱۳/۶۳ ($\pm 1/81$) ثبت شد (نمودار ۳-۱). همچنین حداکثر و حداقل دمای هوا در ایستگاههای مختلف مشابه دمای آب در ایستگاههای تاج و خروجی ثبت گردید.

نمودار ۳-۲ تغییرات دمای در ماهها و لایه مختلف ایستگاه تاج را نشان می دهد. دمای آب در ماههای خرداد، تیر، مرداد و شهریور از سطح به عمق روند نزولی داشته اما در ماههای آبان و بهمن تغییرات از سطح به عمق بسیار جزئی است.



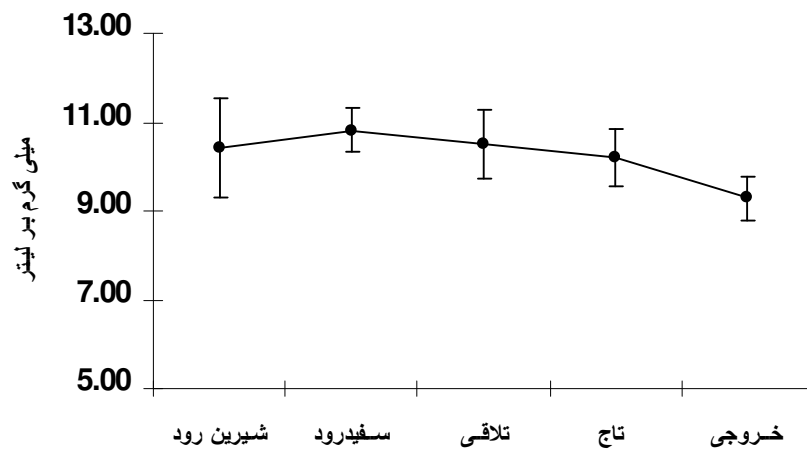
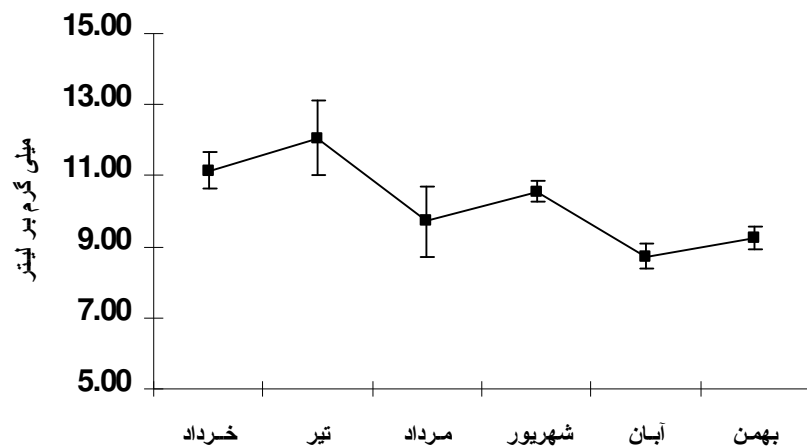
نمودار ۳-۱- تغییرات میانگین دمای آب و هوا در ماهها و ایستگاههای مختلف سد شهید رجایی (سال ۱۳۹۱)



نمودار ۳-۲- تغییرات دمای آب در ماهها و لایه های مختلف ایستگاه تاج در سد شهید رجایی (سال ۱۳۹۱)

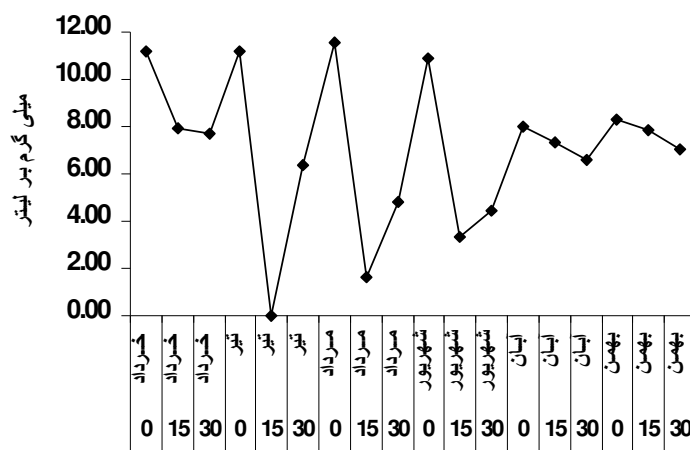
۳-۲- اکسیژن محلول (DO)

میانگین اکسیژن محلول آب $10/48 \pm 0/37$ میلی گرم بر لیتر بود بطوریکه دامنه تغییرات آن در طول سال بین $6/240 - 14/40$ میلی گرم بر لیتر متغیر بوده است (جدول ضمیمه ۱). حداکثر میانگین اکسیژن محلول در ایستگاه سفیدرود با میانگین $10/83 \pm 0/51$ میلی گرم بر لیتر و حداقل آن در ایستگاه خروجی با میانگین $9/28 \pm 0/48$ میلی گرم بر لیتر ثبت شد. همچنین آنالیزهای ماهانه نشان داد که حداکثر میانگین غلظت اکسیژن محلول در تیر ماه $(12/06 \pm 1/03)$ مشاهده شد و در محدوده $8/48$ تا $14/40$ میلی گرم بر لیتر در نوسان بود (جدول ضمیمه ۲) و حداقل میانگین اکسیژن محلول نیز در ماه آبان $(8/74 \pm 0/33)$ مشاهده گردید (نمودار ۳-۳).



نمودار ۳-۳- تغییرات میانگین اکسیژن محلول (DO) در ماهها و ایستگاههای مختلف سد شهید رجایی (سال ۱۳۹۱)

نمودار ۳-۴ تغییرات دمای در ماهها و لایه مختلف ایستگاه تاج را نشان می دهد. اکسیژن محلول در ماههای خرداد، آبان و بهمن از سطح به عمق روند نزولی داشته اما در ماههای تیر، مرداد و شهریور تغییرات از سطح به عمق نامنظم بوده است.



نمودار ۳-۴- تغییرات اکسیژن محلول (DO) در ماهها و لایه های مختلف ایستگاه تاج در سد شهید رجایی (سال ۱۳۹۱)

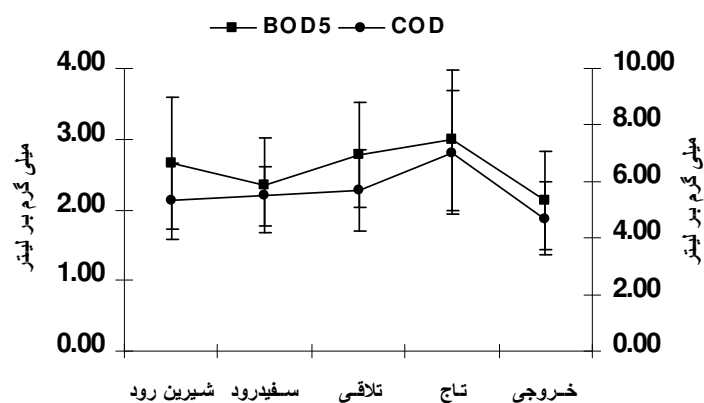
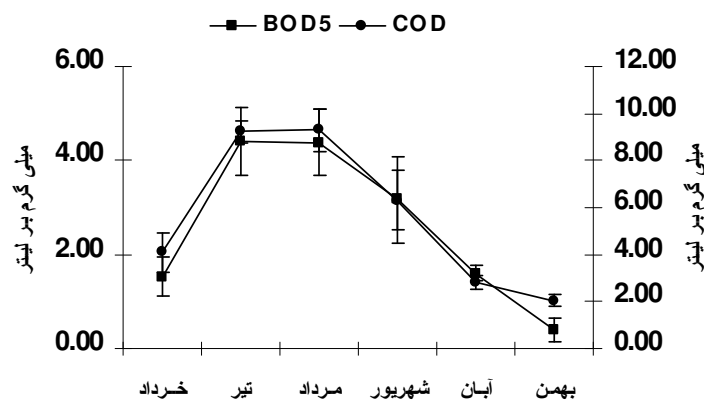
جدول ۳-۱ تغییرات درصد اشباعیت اکسیژن در ماهها و ایستگاههای مختلف را نشان می دهد. حداکثر میانگین درصد اشباعیت اکسیژن در ماه تیر و حداقل در ماه بهمن ثبت گردید. همچنین حداکثر میانگین درصد اشباعیت اکسیژن در ایستگاه سفید رود و حداقل آن در ایستگاه خروجی مشاهده گردید.

جدول ۳-۱- تغییرات اشباعیت اکسیژن (DO%) در ماهها و لایه های مختلف ایستگاه تاج در سد شهید رجایی (سال ۱۳۹۱)

ماه	میانگین	\pm خطای معیار	حداکثر	حداقل
خرداد	۱۲۷	۱۱	۱۴۴	۸۹
تیر	۱۴۵	۱۷	۱۷۸	۸۲
مرداد	۱۱۶	۱۴	۱۴۲	۷۸
شهریور	۱۲۳	۳	۱۳۰	۱۱۶
آبان	۹۲	۴	۱۰۱	۸۳
بهمن	۷۸	۳	۸۵	۷۲
ایستگاه				
شیرین رود	۱۱۸	۱۶	۱۷۸	۷۸
سفیدرود	۱۲۳	۱۱	۱۶۴	۸۵
تلاقی	۱۲۰	۱۴	۱۶۲	۷۶
تاج	۱۱۷	۱۲	۱۴۲	۷۴
خروجی	۹۰	۷	۱۲۴	۷۲

۳-۳- اکسیژن خواهی بیولوژیک (BOD₅) و اکسیژن خواهی شیمیایی (COD)

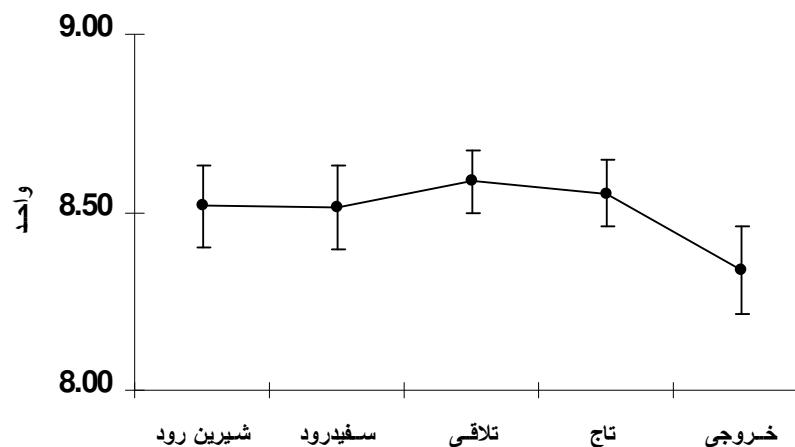
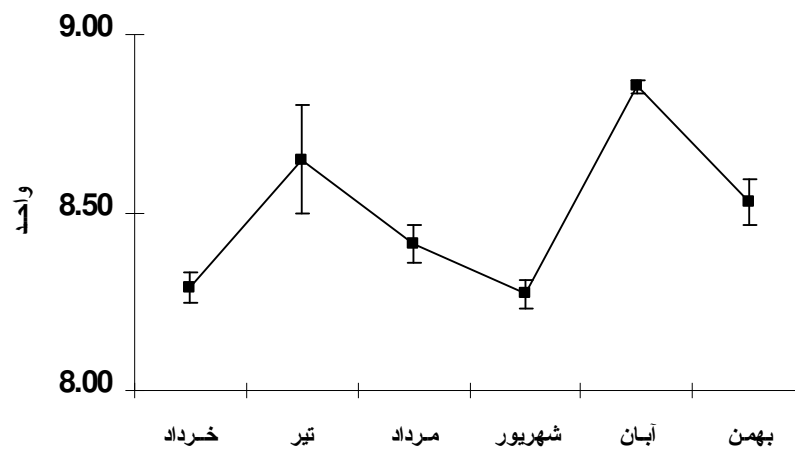
میانگین سالانه BOD₅ و COD به ترتیب برابر ۲/۵۲ (±۰/۳۵) و ۵/۶۳ (±۰/۶۳) میلی گرم بر لیتر بود و دامنه تغییرات آنها در طول سال بین ۰/۹۶-۷/۰۴ و ۱۳/۶۰-۱/۶۰ میلی گرم بر لیتر متغیر بوده است (جدول ضمیمه ۱). حداکثر میانگین BOD₅ در طول سال در ایستگاه تاج با میانگین ۲/۹۱ (±۱/۰۴) میلی گرم بر لیتر و حداقل آن در ایستگاه سفیدرود با میانگین ۲/۱۹ (±۰/۷۹) میلی گرم بر لیتر مشاهده شد. حداکثر میانگین این فاکتور در طول سال در ایستگاه تاج با میانگین ۷/۰۲ (±۲/۱۸) میلی گرم بر لیتر و حداقل آن در ایستگاه شیرین رود با میانگین ۵/۳۰ (±۱/۳۴) میلی گرم بر لیتر ثبت شد. همچنین آنالیزهای ماهانه نشان داد که حداکثر میانگین مقدار BOD₅ در تیر ماه (۴/۴۲ ± ۰/۷۲) مشاهده شد که در محدوده ۲/۷۲ تا ۷/۰۴ میلی گرم بر لیتر متغیر بود و حداقل میانگین آن نیز در ماه بهمن (۰/۴ ± ۰/۰۶) و در محدوده ۰/۹۶- تا ۱/۲۸ میلی گرم بر لیتر مشاهده گردید. حداکثر میانگین مقدار COD در مرداد ماه ۹/۳۰ (±۰/۹۱) مشاهده شد، بطوریکه در محدوده ۶/۵۰ تا ۱۱/۹۰ میلی گرم بر لیتر متغیر بود و ۲/۰۶ (±۰/۲۵) و حداقل آن نیز در بهمن بود در محدوده ۱/۶۰ تا ۲/۸۰ میلی گرم بر لیتر مشاهده گردید (نمودار ۳-۵).



نمودار ۳-۵- تغییرات میانگین اکسیژن خواهی بیولوژیک (BOD₅) و شیمیایی (COD) در ماهها و ایستگاههای مختلف سد شهید رجایی (سال ۱۳۹۱)

۴-۳- pH

میانگین pH آب طی مدت نمونه برداری ۸/۵۰ ($\pm 0/04$) بود و دامنه تغییرات آن در طول سال بین ۸/۲۳ - ۸/۹۱ متغیر بوده است (جدول ضمیمه ۱). حداکثر میانگین pH در ایستگاه تلاقی با میانگین ۸/۵۹ ($\pm 0/09$) و حداقل آن در ایستگاه سفیدرود با میانگین ۸/۱۲ ($\pm 0/12$) ثبت شد (جدول ضمیمه ۳). همچنین آنالیزهای ماهانه نشان داد که حداکثر میانگین pH در ماه آبان ($8/85 \pm 0/02$) مشاهده شد، بطوریکه در محدوده ۸/۸۰ - ۸/۹۱ قرار داشت و حداقل میانگین pH نیز در شهریور ماه ($8/27 \pm 0/04$) و در محدوده ۸/۱۶ - ۸/۳۷ مشاهده گردید (نمودار ۳-۶).

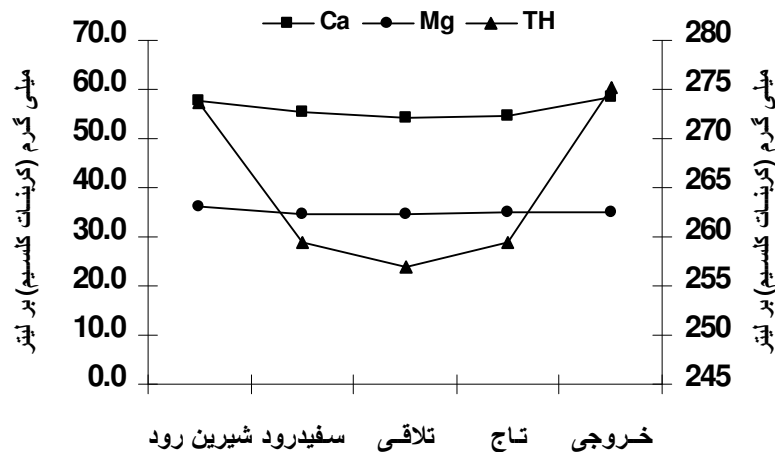
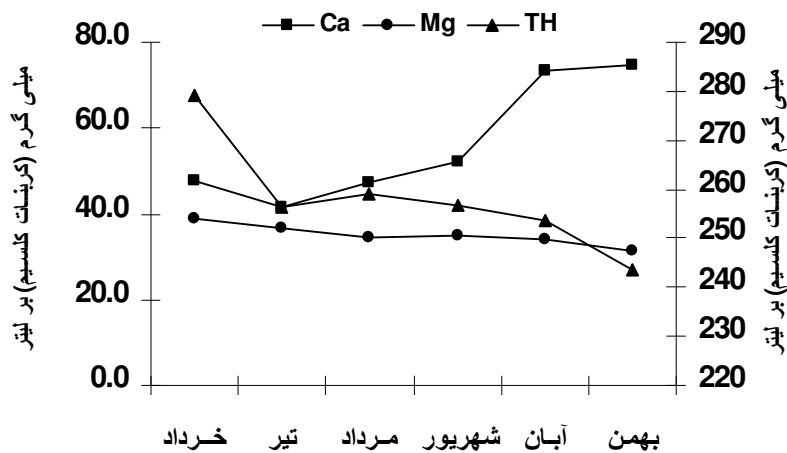


نمودار ۳-۶- تغییرات میانگین pH در ماهها و ایستگاههای مختلف سد شهید رجایی (سال ۱۳۹۱)

۳-۵- یون کلسیم (Ca^{2+})، یون منیزیم (Mg^{2+}) و سختی کل (TH)

میانگین غلظت یون Ca^{2+} و Mg^{2+} به ترتیب برابر ۵۶/۱۱ ($\pm ۲/۴۹$) و ۳۵/۰۵ ($\pm ۰/۵۳$) میلی گرم بر لیتر بود و دامنه تغییرات آن در طول سال بین ۸۰/۱۶ - ۳۸/۶۰ و ۴۶/۱۷ - ۳۱/۵۹ میلی گرم بر لیتر نوسان داشت. میانگین غلظت TH طی مدت نمونه برداری ۲۶۴/۹۰ ($\pm ۵/۳۰$) میلی گرم بر لیتر بود و دامنه تغییرات آن در طول سال بین ۲۴۱ - ۳۲۵ میلی گرم بر لیتر نوسان داشت. حداکثر میانگین غلظت یون Ca^{2+} در ایستگاه شیرین رود با میانگین ۵۷/۷۵ ($\pm ۶/۹۹$) میلی گرم بر لیتر و حداقل آن در ایستگاه تلاقی با میانگین ۵۴/۱۵ ($\pm ۶/۲۶$) میلی گرم بر لیتر بود (جدول ضمیمه ۴) و حداکثر میانگین غلظت یون Mg^{2+} در ایستگاه شیرین رود با میانگین ۳۶/۰۲ ($\pm ۲/۰۹$) میلی گرم بر لیتر و حداقل آن در ایستگاه تلاقی با میانگین ۳۴/۶۱ ($\pm ۱/۰۳$) میلی گرم بر لیتر ثبت شد. همچنین حداکثر میانگین غلظت TH در ایستگاه شیرین رود با میانگین ۲۷۳/۶۷ ($\pm ۲۵/۹۸$) میلی گرم بر لیتر و حداقل آن در ایستگاه تلاقی با میانگین ۲۵۶/۸۳ ($\pm ۳/۶۵$) میلی گرم بر لیتر ثبت شد (نمودار ۳-۷).

نتایج نشان داد که حداکثر میانگین غلظت یون Ca^{2+} در بهمن ماه ۷۴/۸۱ ($\pm ۱/۴۶$) مشاهده شد و در محدوده ۷۲/۱۴ تا ۸۰/۱۶ میلی گرم بر لیتر در نوسان بود و حداقل میانگین آن نیز در تیر ماه ۴۱/۵۶ ($\pm ۱/۸۰$) در محدوده ۳۸/۶۰ تا ۴۸/۱۰ میلی گرم بر لیتر مشاهده گردید و حداکثر میانگین غلظت یون Mg^{2+} در ماه خرداد ۳۸/۹۵ ($\pm ۱/۸۱$) مشاهده شد، بطوریکه در محدوده ۳۶/۸۱ تا ۴۶/۱۷ میلی گرم بر لیتر در نوسان بود و حداقل میانگین آن نیز در بهمن ماه (۳۱/۵۹) ثبت شد. همچنین حداکثر میانگین غلظت TH در ماه خرداد ۲۷۹/۳۰ ($\pm ۱۱/۸۴$) مشاهده شد، و در محدوده ۲۶۰ تا ۳۲۵ میلی گرم بر لیتر در نوسان بود و حداقل میانگین آن نیز در تیر ماه ۲۵۶/۴۰ ($\pm ۶/۷۸$) و در محدوده ۲۴۱ تا ۲۷۴ میلی گرم بر لیتر مشاهده گردید (نمودار ۳-۷).

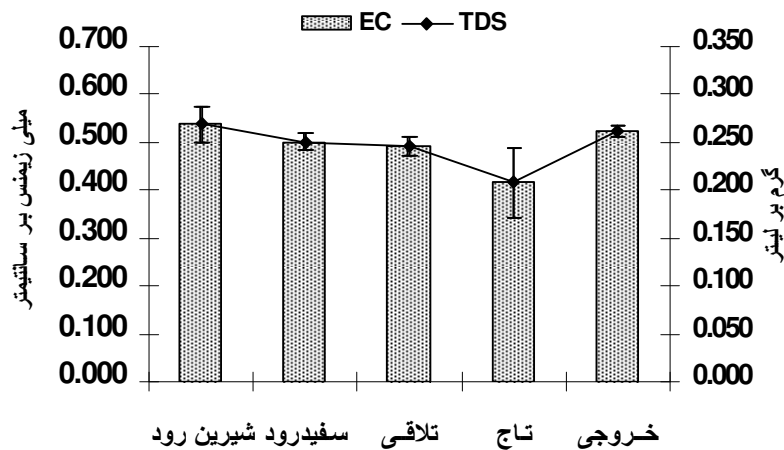
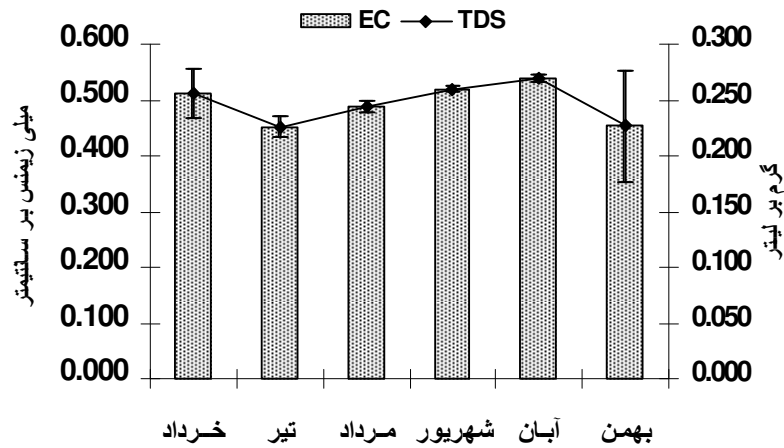


نمودار ۳-۷- تغییرات میانگین کلسیم (Ca)، منیزیم (Mg) و سختی کل (TH) در ماهها و ایستگاههای مختلف سد شهید رجایی (سال ۱۳۹۱)

۳-۶- کل ذرات جامد محلول (TDS) و هدایت الکتریکی (EC)

میانگین EC و غلظت TDS آب به ترتیب برابر $0/493 (\pm 0/018)$ میلی زیمنس بر سانتیمتر و $0/246 (\pm 0/009)$ میلی گرم بر لیتر بود و دامنه تغییرات EC در طول سال بین $0/690 - 0/054$ و برای TDS در محدوده $0/345 - 0/27$ میلی گرم بر لیتر متغیر بوده است (جدول ضمیمه ۱). حداکثر میانگین مقدار EC در ایستگاه شیرین رود با میانگین $0/538 (\pm 0/038)$ میلی زیمنس بر سانتیمتر و حداقل آن در ایستگاه تاج با میانگین $0/416 (\pm 0/074)$ میلی زیمنس بر سانتیمتر (جدول ضمیمه ۵) و حداکثر میانگین غلظت TDS در ایستگاه شیرین رود با میانگین $0/269 (\pm 0/019)$ میلی گرم بر لیتر و حداقل آن در ایستگاه تاج با میانگین $0/208 (\pm 0/037)$ میلی گرم بر لیتر ثبت شد. همچنین حداکثر میانگین EC در ماه آبان $0/538 (\pm 0/007)$ مشاهده شد و در محدوده $0/520$ تا $0/560$ در نوسان بود و حداقل میانگین EC نیز در تیر ماه $0/452 (\pm 0/019)$ و در محدوده $0/420$ تا $0/520$

مشاهده گردید و حداکثر میانگین غلظت TDS در ماه آبان ۰/۲۶۹ ($\pm ۰/۰۰۳$) مشاهده شد و در محدوده ۰/۲۶۰ تا ۰/۲۸۰ میلی گرم بر لیتر در نوسان بود و حداقل میانگین آن نیز در تیر ماه ۰/۲۲۶ ($\pm ۰/۰۰۹$) در محدوده ۰/۲۱۰ تا ۰/۲۶۰ میلی گرم بر لیتر مشاهده گردید (نمودار ۳-۸).

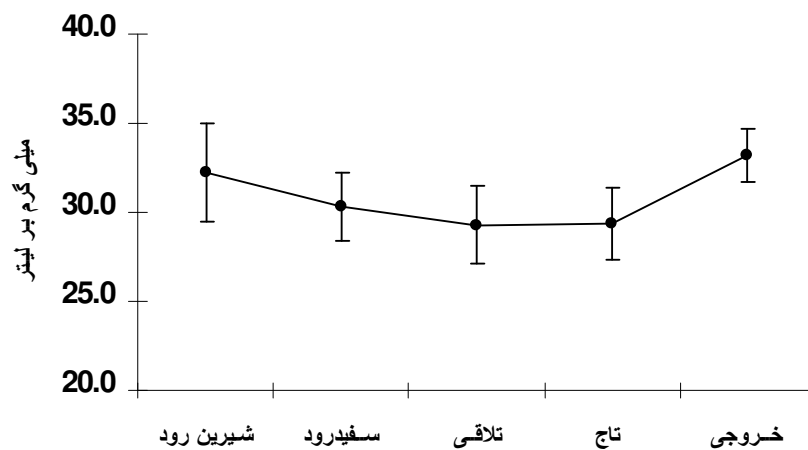
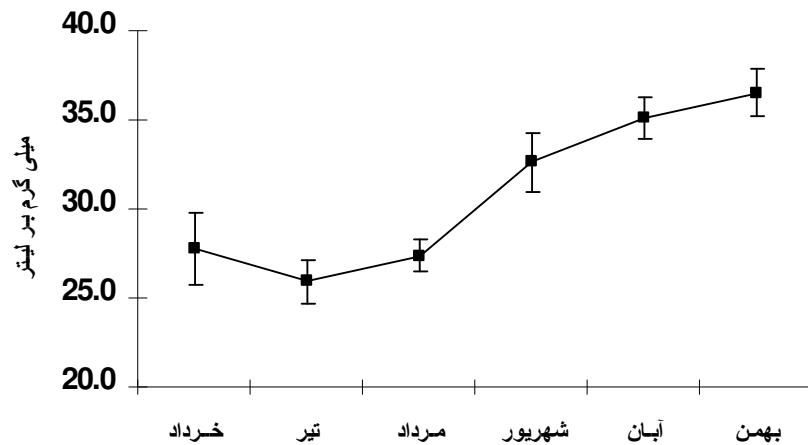


نمودار ۳-۸- تغییرات میانگین هدایت الکتریکی (EC) و مواد جامد محلول (TDS) در ماهها و ایستگاههای مختلف سد شهید رجایی (سال ۱۳۹۱)

۳-۷- یون کلراید (Cl⁻)

میانگین غلظت یون Cl⁻ طی مدت نمونه برداری ۳۰/۸۷ ($\pm ۰/۹۲$) میلی گرم بر لیتر بود و دامنه تغییرات آن در طول سال بین ۲۳/۰۴-۴۰/۷۶ میلی گرم بر لیتر نوسان داشت (جدول ضمیمه ۱). حداکثر میانگین غلظت یون Cl⁻ در ماه بهمن ۳۶/۵۱ ($\pm ۱/۳۲$) مشاهده شد و در محدوده ۳۳/۶۷ تا ۴۰/۷۶ میلی گرم بر لیتر در نوسان بود و حداقل میانگین آن نیز در ماه تیر ۲۵/۹۱ ($\pm ۱/۲۶$) در محدوده ۲۳/۷۵ تا ۳۰/۶۶ میلی گرم بر لیتر مشاهده گردید. همچنین آنالیزهای ماهانه نشان داد که حداکثر میانگین غلظت این یون در ایستگاه خروجی با میانگین

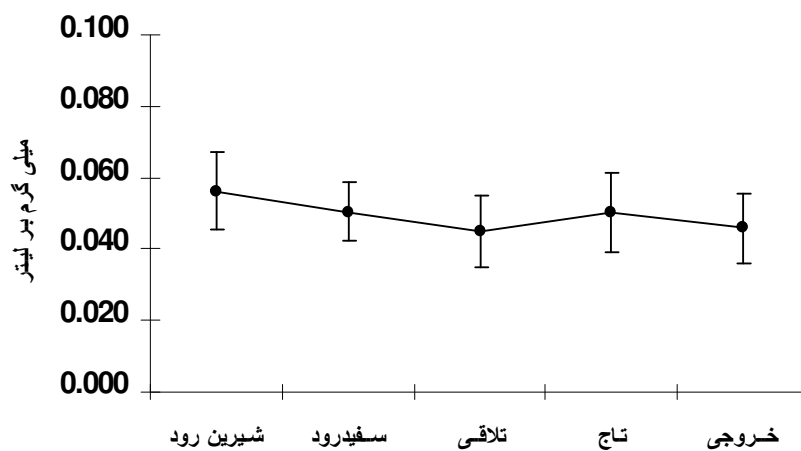
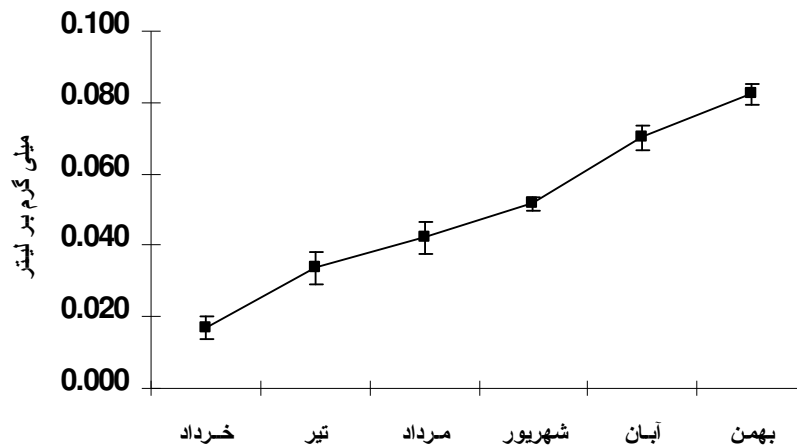
۳۳/۱۰ (± ۱/۵۰) میلی گرم بر لیتر (جدول ضمیمه ۶) و حداقل آن در ایستگاه تلاقی و تاج با میانگین ۲۹/۳۰ (± ۲/۲۰) میلی گرم بر لیتر ثبت شد (نمودار ۳-۸).



نمودار ۳-۸- تغییرات میانگین کلراید (Cl-) در ماه‌ها و ایستگاه‌های مختلف سد شهید رجایی (سال ۱۳۹۱)

۳-۸- فسفر کل (TP) و یون فسفات (PO₄³⁻)

میانگین غلظت یون PO₄³⁻ در طول سال ۰/۰۵۰ (± ۰/۰۰۴) میلی گرم بر لیتر بود و دامنه تغییرات آن بین ۰/۰۹۳-۰/۰۱۱ میلی گرم بر لیتر نوسان داشت (جدول ضمیمه ۱). حداکثر میانگین غلظت یون PO₄³⁻ در ماه بهمن ۰/۰۸۲ (± ۰/۰۰۳) مشاهده شد و در محدوده ۰/۰۷۷ تا ۰/۰۹۳ میلی گرم بر لیتر در نوسان بود و حداقل میانگین آن نیز در ماه خرداد ۰/۰۱۷ (± ۰/۰۰۳) و در محدوده ۰/۰۱۱ تا ۰/۰۲۵ میلی گرم بر لیتر مشاهده گردید (نمودار ۳-۹). همچنین حداکثر میانگین غلظت این یون در ایستگاه شیرین رود با میانگین ۰/۰۵۶ (± ۰/۰۱۱) میلی گرم بر لیتر و حداقل آن در ایستگاه تلاقی با میانگین ۰/۰۴۵ (± ۰/۰۱۰) میلی گرم بر لیتر ثبت شد.



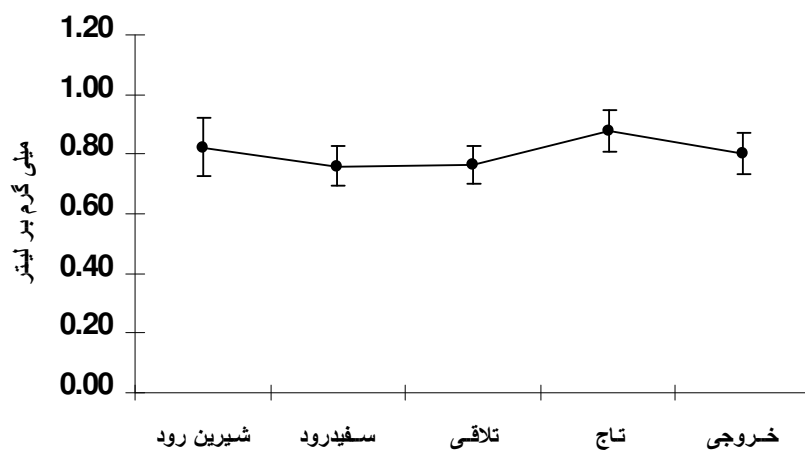
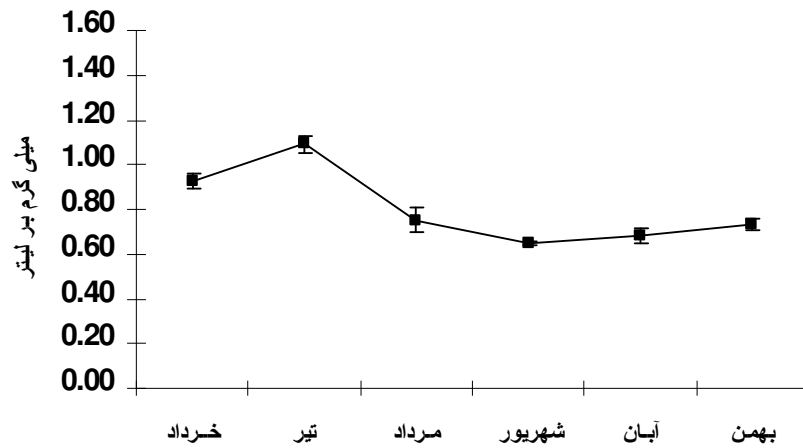
نمودار ۳-۹- تغییرات میانگین غلظت فسفات (PO₄³⁻) در ماهها و ایستگاههای مختلف سد شهید رجایی (سال ۱۳۹۱)

میانگین غلظت TP در ایستگاه‌های منتخب طی ۲ ماه آبان و بهمن ۰/۱۱۴ (±۰/۰۰۴) میلی گرم بر لیتر بود و دامنه تغییرات آن بین ۰/۱۴۷-۰/۰۹۸ میلی گرم بر لیتر نوسان داشت (جدول ضمیمه ۱). حداکثر میانگین غلظت TP در ماه آبان ۰/۱۲۳ (±۰/۰۰۸) مشاهده شد و در محدوده ۰/۰۹۸ تا ۰/۱۴۷ میلی گرم بر لیتر در نوسان بود. همچنین حداکثر میانگین غلظت این یون در ایستگاه تلاقی با میانگین ۰/۱۱۹ (±۰/۰۱۵) میلی گرم بر لیتر و حداقل آن در ایستگاه شیرین رود با میانگین ۰/۱۰۲ (±۰/۰۰۴) میلی گرم بر لیتر ثبت شد.

۳-۹- نیتروژن کل (TN) و ازت معدنی محلول (DIN)

میانگین غلظت DIN در ایستگاه‌های منتخب در طول سال ۰/۱۹ (±۰/۰۰۹) میلی گرم بر لیتر بود و دامنه تغییرات آن بین ۰/۳۰-۰/۱۴ میلی گرم بر لیتر نوسان داشت (جدول ضمیمه ۱). حداکثر میانگین غلظت DIN در ماه تیر ۱/۰۹ (±۰/۰۴) مشاهده شد و در محدوده ۰/۹۸ تا ۱/۲۱ میلی گرم بر لیتر در نوسان بود و حداقل میانگین آن نیز

در ماه شهریور ۰/۶۵ (±۰/۰۱) در محدوده ۰/۶۳ تا ۰/۶۶ میلی گرم بر لیتر مشاهده گردید. همچنین حداکثر میانگین غلظت این یون در ایستگاه تاج با میانگین ۰/۸۸ (±۰/۰۷) میلی گرم بر لیتر و حداقل آن در ایستگاه سفیدرود با میانگین ۰/۷۶ (±۰/۰۶) میلی گرم بر لیتر ثبت شد (نمودار ۳-۱۰).

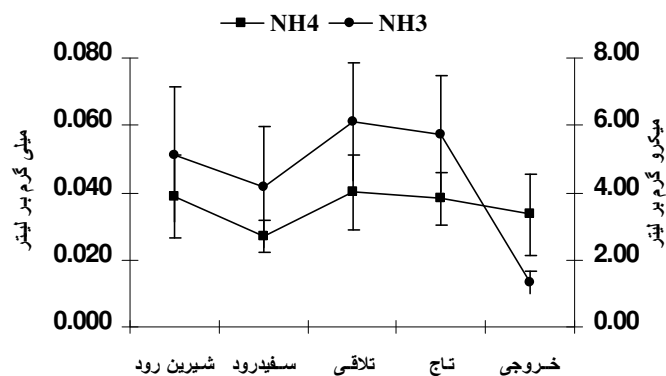
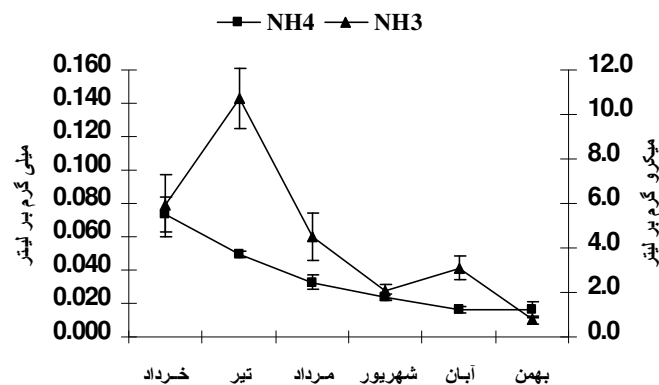


نمودار ۳-۱۰- تغییرات میانگین غلظت ازت معدنی (DIN) در ماهها و ایستگاههای مختلف سد شهید رجایی (سال ۱۳۹۱)

میانگین غلظت TN در ایستگاه های منتخب طی ۲ ماه آبان و بهمن ۱/۴۵۸ (±۰/۰۷۱) میلی گرم بر لیتر بود و دامنه تغییرات آن بین ۱/۸۱۶-۱/۱۳۷ میلی گرم بر لیتر نوسان داشت. حداکثر میانگین غلظت TN در ماه آبان ۱/۵۱۴ (±۰/۱۰۹) مشاهده شد و در محدوده ۱/۲۱۰ تا ۱/۸۱۶ میلی گرم بر لیتر در نوسان بود. همچنین حداکثر میانگین غلظت این یون در ایستگاه شیرین رود با میانگین ۱/۷۰۶ (±۰/۱۱۰) میلی گرم بر لیتر و حداقل آن در ایستگاه سفیدرود با میانگین ۱/۱۷۳ (±۰/۰۳۷) میلی گرم بر لیتر ثبت شد.

۱۰-۳- یون آمونیم (NH_4^+) و آمونیاک (NH_3)

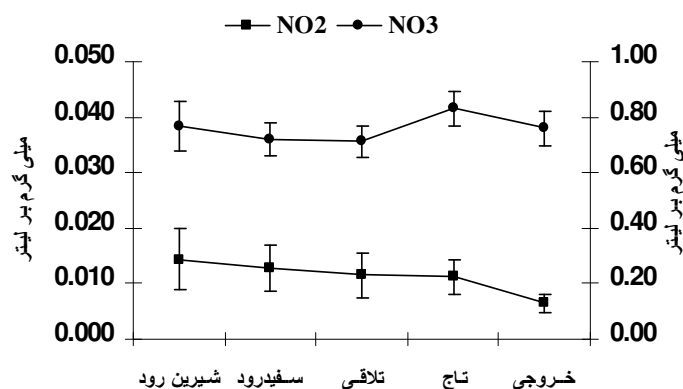
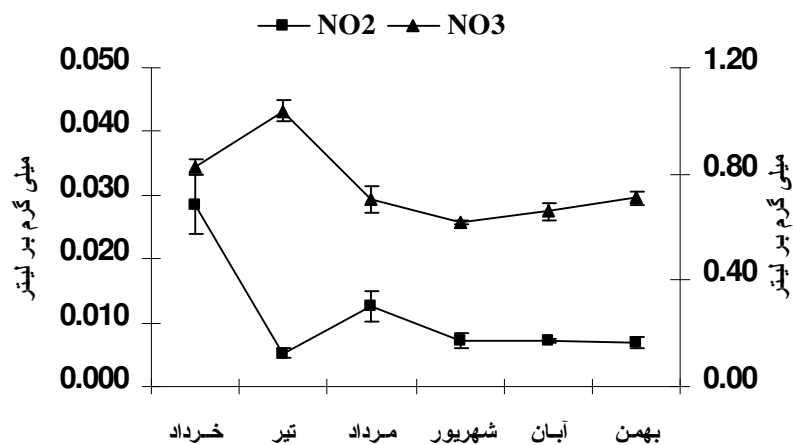
میانگین غلظت یون NH_4^+ و آمونیاک در طول سال به ترتیب $0/036 (\pm 0/004)$ میلی گرم بر لیتر و $4/50 (\pm 0/75)$ میکروگرم بر لیتر بود و دامنه تغییرات آنها بین $0/095 - 0/009$ میلی گرم بر لیتر و $14/20 - 0/40$ میکروگرم بر لیتر نوسان داشت (جدول ضمیمه ۱). حداکثر میانگین غلظت یون NH_4^+ در ماه خرداد $0/074 (\pm 0/010)$ مشاهده شد و در محدوده $0/036$ تا $0/095$ میلی گرم بر لیتر در نوسان بود و حداقل میانگین آن نیز در بهمن ماه $0/016 (\pm 0/004)$ در محدوده $0/008$ تا $0/032$ میلی گرم بر لیتر مشاهده گردید و حداکثر میانگین غلظت آمونیاک در ماه تیر $10/7 (\pm 1/4)$ میکروگرم بر لیتر و در محدوده $1/30$ تا $14/20$ میکروگرم بر لیتر در نوسان بود و حداقل میانگین آن نیز در بهمن ماه $0/80 (\pm 0/20)$ در محدوده $0/40$ تا $1/30$ میکروگرم بر لیتر ثبت گردید. حداکثر میانگین غلظت این یون در ایستگاه تلاقی با میانگین $0/040 (\pm 0/011)$ میلی گرم بر لیتر و حداقل آن در ایستگاه سفید رود با میانگین $0/027 (\pm 0/005)$ میلی گرم بر لیتر و حداکثر میانگین غلظت آمونیاک در ایستگاه تلاقی با میانگین $6/12 (\pm 1/76)$ میکروگرم بر لیتر و حداقل آن در ایستگاه خروجی با میانگین $1/33 (\pm 0/32)$ میلی گرم بر لیتر ثبت شد (نمودار ۳-۱۱).



نمودار ۳-۱۱- تغییرات میانگین غلظت آمونیم (NH_4^+) و آمونیاک (NH_3) در ماهها و ایستگاههای مختلف سد شهید رجایی (سال ۱۳۹۱)

۱۱-۳- یون نیتريت (NO₂⁻) و یون نترات (NO₃⁻)

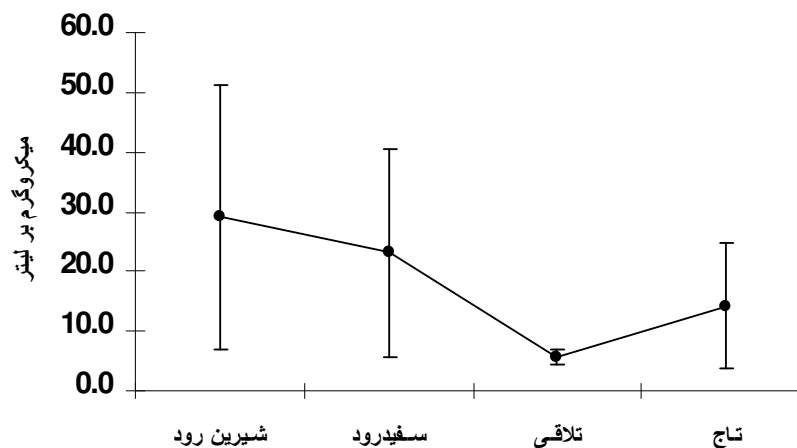
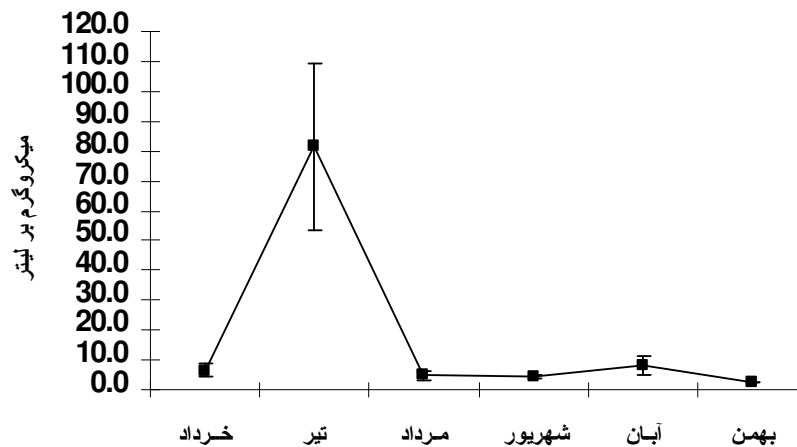
میانگین غلظت یون نیتريت و نترات در طول سال به ترتیب ۰/۰۱۲ (±۰/۰۰۲) و ۰/۷۵۸ (±۰/۰۳۳) میلی گرم بر لیتر بود و دامنه تغییرات آنها بین ۰/۰۴۱ - ۰/۰۰۳ و ۱/۱۵۳ - ۰/۵۹۷ میلی گرم بر لیتر نوسان داشت (جدول ضمیمه ۱). حداکثر میانگین غلظت یون NO₂⁻ در ماه خرداد ۰/۰۲۹ (±۰/۰۰۵) مشاهده شد و در محدوده ۰/۰۱۳ تا ۰/۰۴۱ میلی گرم بر لیتر در نوسان بود و حداقل میانگین آن نیز در ماه تیر ۰/۰۰۵ (±۰/۰۰۱) در محدوده ۰/۰۰۳ تا ۰/۰۰۷ میلی گرم بر لیتر و حداکثر میانگین غلظت یون NO₃⁻ در ماه تیر ۱/۰۳۷ (±۰/۰۳۸) مشاهده شد و در محدوده ۰/۹۳۷ تا ۱/۱۵۳ میلی گرم بر لیتر در نوسان بود و حداقل میانگین آن نیز در ماه شهریور ۰/۶۱۶ (±۰/۰۰۶) در محدوده ۰/۶۰۴ تا ۰/۶۳۱ میلی گرم بر لیتر مشاهده گردید. همچنین حداکثر میانگین غلظت یون NO₂⁻ در ایستگاه شیرین رود با میانگین ۰/۰۱۴ (±۰/۰۰۵) میلی گرم بر لیتر و حداقل آن در ایستگاه تاج با میانگین ۰/۰۱۱ (±۰/۰۰۳) میلی گرم بر لیتر و حداکثر میانگین غلظت یون NO₃⁻ در ایستگاه تاج با میانگین ۰/۸۳۱ (±۰/۰۶۳) میلی گرم بر لیتر و حداقل آن در ایستگاه تلاقی با میانگین ۰/۷۱۲ (±۰/۰۵۷) میلی گرم بر لیتر ثبت شد (نمودار ۳-۱۲).



نمودار ۳-۱۲- تغییرات میانگین غلظت نیتريت (NO₂) و نترات (NO₃) در ماه‌ها و ایستگاه‌های مختلف سد شهید رجایی (سال ۱۳۹۱)

۱۲-۳- کلروفیل آ

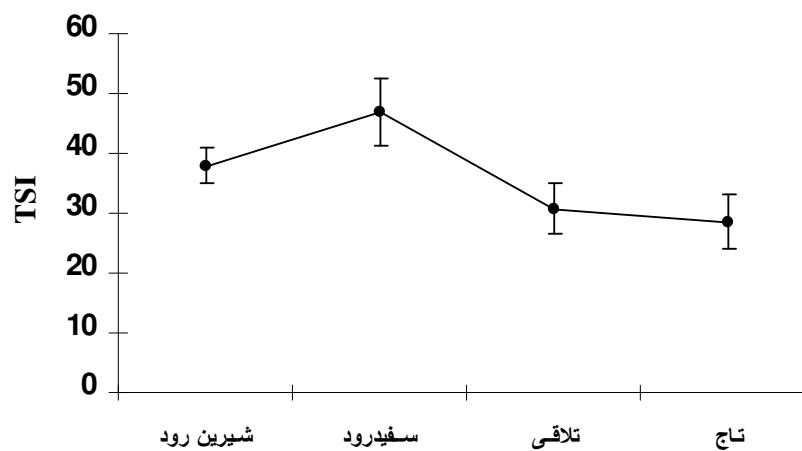
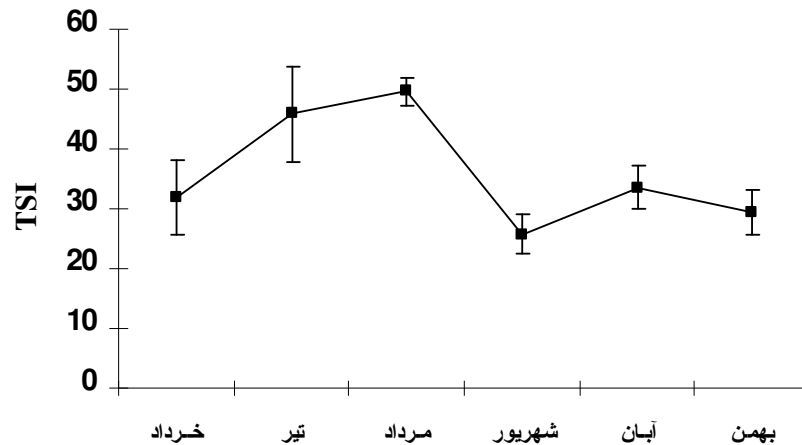
میانگین غلظت کلروفیل-آ برابر ۱۸/۰ ($\pm 7/2$) میکروگرم بر لیتر بود و محدوده تغییرات آن بین ۱۳۸/۷-۱/۷۶ میکروگرم بر لیتر اندازه گیری شد (جدول ضمیمه ۱). حداکثر میانگین غلظت کلروفیل-آ در ماه خرداد ۸۱/۴ ($\pm 27/9$) و در محدوده ۱۰/۳ تا ۱۳۸/۷ میکروگرم بر لیتر در نوسان بود و حداقل میانگین آن نیز در بهمن ماه ۲/۶ ($\pm 0/1$) در محدوده ۲/۴ تا ۳/۰ میکروگرم بر لیتر مشاهده گردید. همچنین حداکثر میانگین غلظت کلروفیل آ در ایستگاه شیرین رود با میانگین ۲۹/۱ ($\pm 22/1$) میکروگرم بر لیتر و حداقل آن در ایستگاه تلاقی با میانگین ۵/۶ ($\pm 1/2$) میکروگرم بر لیتر ثبت شد (نمودار ۳-۱۳).



نمودار ۳-۱۳- تغییرات میانگین غلظت کلروفیل-آ (Chl-a) در ماهها و ایستگاههای مختلف سد شهید رجایی (سال ۱۳۹۱)

۱۳-۳- سطح تروفیکی (TSI)

میانگین TSI سالانه برابر $36/0 (\pm 2/5)$ و محدوده تغییرات آن بین $19/0 - 47/0$ اندازه گیری شد (جدول ضمیمه ۱). حداکثر میانگین TSI در ماه مرداد $49/6 (\pm 2/3)$ و در محدوده $45/0$ تا $55/9$ در نوسان بود و حداقل میانگین آن نیز در بهمن ماه $29/4 (\pm 3/4)$ در محدوده $21/1$ تا $37/3$ مشاهده گردید. همچنین حداکثر میانگین TSI در ایستگاه سفیدرود با میانگین $46/8 (\pm 5/6)$ و حداقل آن در ایستگاه تاج با میانگین $28/5 (\pm 4/5)$ ثبت شد (جدول ۳-۲، نمودار ۳-۱۴).

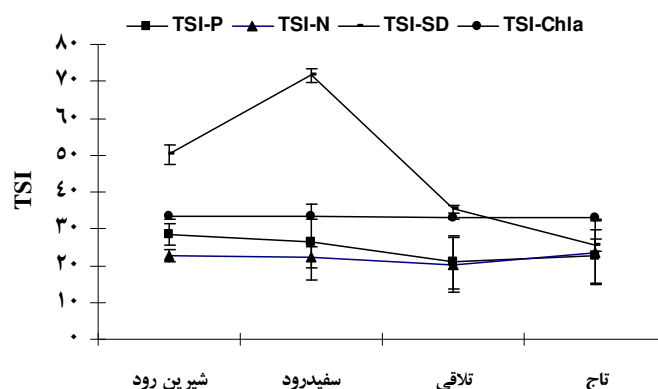
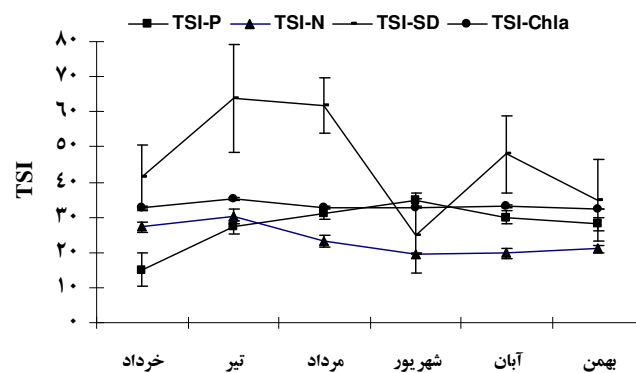


نمودار ۳-۱۴- تغییرات میانگین شاخص تروفیکی (TSI) در ماهها و ایستگاههای مختلف سد شهید رجایی (سال ۱۳۹۱)

جدول ۳-۲- میانگین (±خطای معیار) پارامترهای تروفیکی و شاخص TSI در ایستگاه های سد شهید رجایی (سال ۱۳۹۱)

ایستگاه	N (mg/l)	P (mg/l)	SD (m)	Chl a (µg/l)	TSI
شیرین رود	۰/۸۱±۰/۱۱	۰/۰۵۶±۰/۰۱۱	۱/۴۲±۰/۱۴	۲۹/۰۷±۲۲/۰۵	۳۸/۰±۲/۸
سفید رود	۰/۷۵±۰/۰۷	۰/۰۵۱±۰/۰۰۸	۰/۹۱±۰/۳۲	۲۳/۱۲±۱۷/۳۳	۴۶/۸±۵/۶
تلاقی	۰/۷۵±۰/۰۷	۰/۰۴۵±۰/۰۱۰	۲/۶۰±۰/۶۰	۵/۶۰±۱/۱۵	۳۰/۷±۴/۲
تاج سد	۰/۸۷±۰/۰۷	۰/۰۵۰±۰/۰۱۱	۳/۶۰±۰/۸۲	۱۴/۲۰±۱۰/۵۷	۲۸/۵±۴/۶

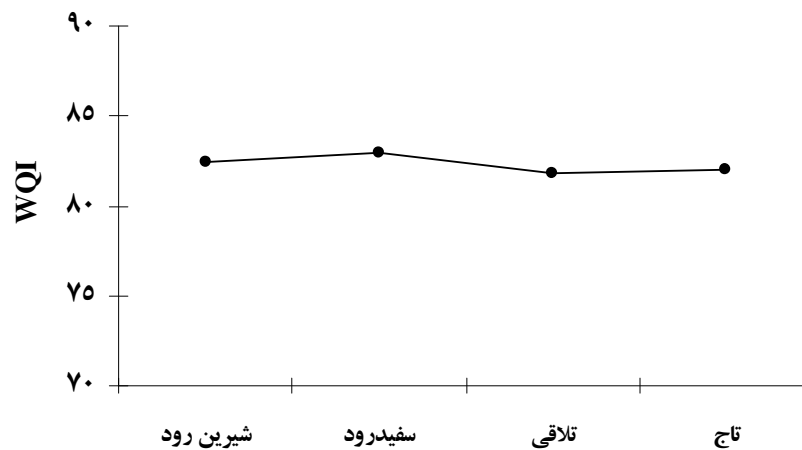
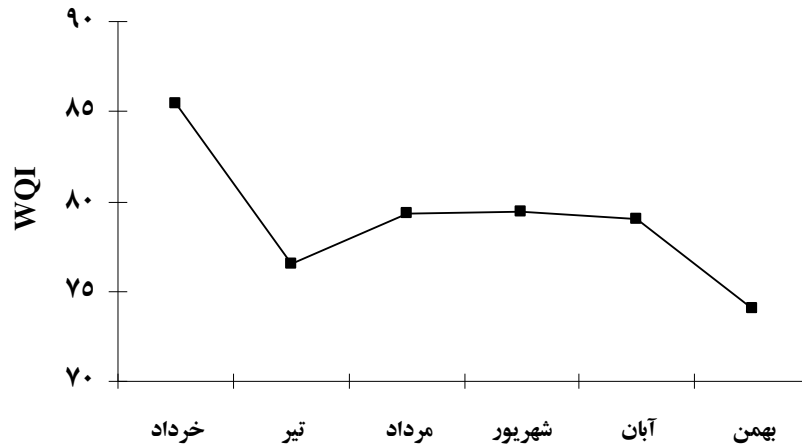
نمودار ۳-۱۵ تغییرات میانگین چهار پارامتر تروفیکی را در ماهها و ایستگاههای مختلف نشان می دهد. بر اساس این نمودار عدد تروفیکی سه متغیر فسفر (TSI-P)، نیتروژن (TSI-N) و کلروفیل آ (TSI-Chla) کمتر از ۴۰ بوده در صورتیکه این مقادیر برای متغیر شفافیت (TSI-SD) حتی در تیر و مرداد به بیش از ۵۰ رسیده است. همچنین در ایستگاههای مختلف نیز روند تغییرات این پارامترهای مشابه بالاست بطوریکه عدد تروفیکی متغیر شفافیت در ایستگاههای سفیدرود و شیرین رود به بیش از ۵۰ ثبت گردید.



نمودار ۳-۱۵- تغییرات میانگین پارامترهای تروفیکی (TSI) در ماهها و ایستگاههای مختلف سد شهید رجایی (سال ۱۳۹۱)

۱۴-۳- شاخص کیفیت آب (WQI)

میانگین WQI سالانه برابر ۷۸/۸ ($\pm 1/5$) و محدوده تغییرات آن بین ۸۵/۰ - ۷۴/۰ اندازه گیری شد. حداکثر WQI در ماه تیر (۸۵/۰) و حداقل آن نیز در بهمن ماه ۷۴/۰ مشاهده گردید. مقادیر WQI در ایستگاههای مختلف تغییرات بطنی داشته است بطوریکه اختلاف WQI بین ایستگاهها یک واحد مثبت گردید (نمودار ۳-۱۶).



نمودار ۳-۱۵- تغییرات شاخص کیفیت آب (WQI) در ماهها و ایستگاههای مختلف سد شهید رجایی (سال

۱۳۹۱)

۴- بحث و نتیجه گیری

مخازن سدها نقش مهمی در جنبه های مختلف زیست محیطی ایفا می کنند. این مخازن به عنوان جمع کننده مواد بر جای مانده از رودخانه ها عمل کرده و از تغییرات زیاد پارامترهای کیفیت آب رودخانه جلوگیری می کنند و سبب اصلاح کیفیت آب می گردند (شرکت مدیریت منابع آب ایران، ۱۳۹۱). پیگیری مستمر کیفیت آب اولین قدم به سمت مدیریت و حفاظت از اکوسیستم های آبی است (Yadav et al., 2013).

سد شهید رجایی که طبق طبقه بندی McAllister و همکاران (۲۰۰۱) براساس حجم آبی و مساحت جزو سدهای بسیار بزرگ محسوب می شود، از جمله مخازن بزرگ و پراهمیت در استان مازندران می باشد که آب آن در جهت تامین اهداف گوناگون مورد بهره برداری قرار می گیرد. این سد به منظور مدیریت آب در طول سال، کنترل سیل و نیز آب مورد نیاز برای مصارف کشاورزی منطقه از سال ۱۳۷۷ مورد بهره برداری قرار گرفته است و بزودی بعنوان منبع آب شرب شهرستان ساری (مازندران) نیز مورد استفاده قرار خواهد گرفت.

استفاده های متعدد از سدهای مخزنی و فعالیتهای انسانی تغییراتی را در ورودی مواد مغذی به وجود می آورند که احتمالاً دلیل اصلی تغییرات در وضعیت تروپی آنها می باشد (Molisani et al., 2010). بنابراین بررسی کیفیت آب و وضعیت تروپی از جوانب مهمی از بررسی دریاچه یا سد مخزنی محسوب می گردند (Reynolds, 1999) که در این قسمت به آن خواهیم پرداخت.

نتایج نشان داد که میانگین درجه حرارت آب طی مدت نمونه برداری در این سد مخزنی برابر $21/35 (\pm 1/30)$ با دامنه تغییرات $27/00 - 8/20$ درجه سانتیگراد ثبت گردید بطوریکه متناسب با تغییر فصل حداکثر و حداقل دما به ترتیب در ماه های مرداد و بهمن ثبت گردید. سعیدی و همکاران (۱۳۹۲) گزارش کردند که سطح دریاچه ها و مخازن در بیشتر مناطق زمین یک چرخه دمایی مشخص را در سال طی می کنند. دلایل اصلی تغییرات دما در سطح آب تماس حرارتی با اتمسفر و تغییرات میزان تابش خورشیدی است، سیکل لایه بندی تابستانه و اختلاط زمستانه در سد مخزنی شهید رجایی به این صورت است که بازه زمانی آذر تا بهمن لایه های مختلف عمقی اختلاط حرارتی را تجربه می کنند و لایه بندی حرارتی در مخزن شکسته می شود. با نزدیک شدن به فصل بهار اختلاف دما بین لایه های سطحی و عمقی افزایش می یابد و لایه بندی حرارتی ایجاد می شود، بیشترین گرادیان حرارتی و اوج لایه بندی نیز در تابستان دیده می شود، پس از سپری شدن دوره گرما و با خنک شدن هوا از شدت لایه بندی کم می شود و بار دیگر در زمستان به شرایط اختلاط دمایی در مخزن می رسیم (سعیدی و همکاران، ۱۳۹۲). در تحقیق حاضر در ماههای خرداد و تیر لایه بندی حرارتی بین سطح و عمق دریاچه در قسمتهای عمیق آن مشاهده شد (نمودار ۳-۲) بطوریکه در این لایه بندی در لایه های ۱۵ تا ۳۰ متر به ازای افزایش هر متر عمق آب $0/47$ و $0/69$ درجه سانتی گراد کاهش دما مشاهده شد. اما این تغییرات به ازای افزایش هر متر عمق آب در مرداد و شهریور به ترتیب $0/20$ و $0/26$ و در نهایت در آبان به صفر نزدیک شده بود. این نتایج نشان می دهد که بطور کلی با نتایج فوق (سعیدی و همکاران، ۱۳۹۲) مشابه بوده است اما اگر این قیاس در

ماههای مختلف صورت پذیرد تفاوتی را می توان مشاهده نمود. بطوریکه شکست دمایی در تحقیق حاضر از ماه خرداد شروع شده و در ماه مرداد نصف شده و سپس در شهریور چهار برابر کاهش یافته و در انتها در فصل پاییز و زمستان کاملاً ناپدید می گردد در صورتی که نتایج مطالعات سعیدی و همکاران (۱۳۹۲) شکست دمایی بارز در ماه مرداد مشاهده گردید که با نتایج این تحقیق منطبق نمی باشد و نکته دیگر اینکه شکست دمایی ماه مرداد در لایه ۵ تا ۱۰ متر اتفاق افتاد در صورتی که این شکست در تحقیق حاضر در لایه ۱۵ تا ۳۰ متر ماه تیر بوده است.

میانگین غلظت اکسیژن محلول در این دریاچه برابر $10/48 (\pm 0/37)$ با محدوده $6/2$ تا $14/4$ میلی گرم بر لیتر بود که در مقایسه با سایر مطالعات نظیر سد مخزنی Dhanora در هند ($9/4 \text{ mg/l}$) (Pawale and Lokhande, 2012)، سد مخزنی Savitri ($6/7 \text{ mg/l}$ تا $8/5$) (Lianthuamluaia et al., 2013)، سد مخزنی Oyun در نیجریه ($4/8 \text{ mg/l}$ تا $8/2$) (Moshood Keke, 2008) شرایط بهتری را دارد. همچنین میانگین غلظت اکسیژن محلول تحقیق حاضر در مقایسه با سد توده بین زنجان (میرزاجانی، ۱۳۸۹) بالاتر بوده است که بیانگر تلاطم و جابجایی بهتر آب این سد می باشد. میانگین، حداقل و حداکثر غلظت اکسیژن محلول لایه سطحی در مقایسه با استانداردهای اروپایی (EU)، کانادایی (CANAD) و روسی (RUSSIA) بالاتر بوده (جدول ۴-۱) که نشان دهنده کیفیت مناسب و تلاطم مناسب آب سد در ایستگاههای مورد بررسی می باشد. شایان ذکر است که حداکثر غلظت اکسیژن محلول و اشباعیت در منطقه رودخانه ای سد بدلیل جریان و جابجایی رودخانه های ورودی (ایستگاههای سفیدرود و شیرین رود) اتفاق افتاد (نمودار ۳-۳، جدول ۳-۱) که این نتایج با تحقیق Cole و Hannan (1990) منطبق بوده است.

سعیدی و همکاران (۱۳۹۲) گزارش کردند که در سد مخزنی شهید رجائی لایه بندی حرارتی می تواند یکی از دلایل ایجاد شرایط بی هوایی در کف مخزن و جلوگیری از انتقال عمودی اکسیژن محلول در عمق باشد. نتایج تحقیق حاضر نشان داد که در ماههای گرم سال (تیر، مرداد و شهریور) همراه با تشکیل لایه بندی حرارتی در این دریاچه یک لایه بندی اکسیژنی نیز شکل گرفت (نمودار ۳-۴). بطوریکه درصد اشباعیت در خرداد از لایه سطحی (138%)، 15% و 30% (62%) متر و در مرداد و شهریور در اعماق مشابه به ترتیب (145% ، 19% و 53%) و (129% ، 40% و 48%) تغییرات زیادی مشاهده گردید. همان طوریکه نتایج نشان می دهد در لایه ۱۵ متری در فصل گرم سال در ناحیه دریاچه ای (ایستگاه تاج) افت درصد اشباعیت داشته اما در لایه پایین تر (عمق ۳۰ متر) بر خلاف انتظار با افزایش درصد اشباعیت اکسیژنی نسبت به لایه ۱۵ متری مشاهده گردید. این افزایش احتمالاً بدلیل نزدیکی این لایه (۳۰ متری) به دریاچه خروجی سد در فصل زراعی (فصل تابستان) می باشد که بطور متوسط ۱۰ تا ۱۵ مترمکعب بر ثانیه آب تخلیه می گردد. همین تخلیه آب همراه با تلاطم و جابجایی در این لایه بوده که سبب افزایش درصد اشباعیت اکسیژن شده است. اما در فصول سرد (ماههای آبان و بهمن) که اختلاط دمائی مخزن برقرار است اکسیژن محلول و درصد اشباعیت آن نیز در کل مخزن تقریباً همگن می شود بطوریکه

درصد اشباعیت در آبان از لایه سطحی (۰/۹۲)، ۱۵ (۰/۸۰) و ۳۰ (۰/۷۱) متر و در بهمن در اعماق مشابه (۰/۷۸)، ۰/۶۸ و ۰/۶۰) تغییرات کمی مشاهده گردید (جدول ۳-۱).

میانگین BOD_5 در این دریاچه ۲/۵۲ (±۰/۳۵) میلی گرم بر لیتر بود که بالاترین میزان آن در تیر ماه با توجه با بالاتر بودن دمای آب مشاهده شد، همچنین در قیاس با سایر مطالعات مانند سد مخزنی Lalpari در کشور هند (Bhadja and Vaghela, 2013) (۳/۹ تا ۵/۱ میلی گرم بر لیتر) و سد مخزنی Karimnagar هند (Thirupathaiah et al., 2012) (۳/۱ میلی گرم بر لیتر) شرایط بهتری را نشان داد. با مقایسه نتایج حاضر با جدول ۴-۱ میانگین BOD_5 در ماههای فصل تابستان بیش از ۳ میلی گرم بر لیتر بوده است که این میزان از حد مجاز استاندارد روسی و حداقل استاندارد اروپایی بیشتر بوده است بطوریکه ۳۰ درصد داده های این تحقیق بیش از مقدار استاندارد بوده است. اما ماههای فصل بهار، پاییز و زمستان غلظت BOD_5 کمتر از ۳ بوده که نشان از کیفیت مناسب تر آب در این زمانها بوده است.

میانگین pH آب در طول سال برابر ۸/۵۴ (±۰/۰۴) بود و دامنه تغییرات آن در طول سال بین ۸/۹۱ - ۸/۲۳ اندازه گیری شد که این شرایط قلیائی در ۲ سد مخزنی در هند (Pawale and Lokhande, 2012; Bhadja and Vaghela, 2013) نیز مشاهده شد. نتایج تحقیق حاضر نشان می دهد که تغییرات pH آب در سطح و لایه های مختلف در محدوده حد مجاز کشورهای اروپایی و کانادا بوده است.

میانگین غلظت یون Ca^{2+} و Mg^{2+} بترتیب طی مدت نمونه برداری برابر ۵۶/۱۱ (± ۲/۴۹) و ۳۵/۰۵ (±۰/۵۳) میلی گرم بر لیتر بود و بالاترین میانگین غلظت هر دو یون و نیز سختی کل در ایستگاه ورودی سرشاخه شیرین رود مشاهده شد که احتمالاً به ورود پسابهای مختلف به رودخانه مربوط می شود. سایر مطالعات سدهای مخزنی نظیر Lampari در هند غلظت این دو یون را ۴۳ تا ۴۷ برای کلسیم و ۴۱ تا ۴۴ میلی گرم بر لیتر برای منیزیم (Bhadja and Vaghela, 2013) گزارش داد، همچنین در سد مخزنی Oyun در نیجریه نیز غلظت این دو یون به ترتیب ۲۰ تا ۴۴ میلی گرم بر لیتر کلسیم و ۱۰ تا ۲۸ میلی گرم بر لیتر منیزیم گزارش شد (Moshood keke, 2008). میانگین غلظت TDS طی مدت نمونه برداری ۰/۲۴۶ (± ۰/۰۰۹) میلی گرم بر لیتر و میانگین EC آب ۰/۴۹۳ (±۰/۰۱۸) میلی زیمنس بر سانتیمتر بود و بالاترین میانگین این دو پارامتر نیز در ایستگاه ورودی سرشاخه شیرین رود به دست آمد که احتمالاً نمایانگر ورود پسابهای آنتروپوژنیک و یا کشاورزی به این ایستگاه بوده است.

میانگین غلظت یون فسفات در سد مخزنی رجائی برابر ۰/۰۵۰ (±۰/۰۰۴) با دامنه نوسان ۰/۰۹۳ - ۰/۰۱۱ میلی گرم بر لیتر اندازه گیری شد که تقریباً نظیر سایر مطالعات مانند سد مخزنی Savitri (Lianthuamluaia et al., 2013) (۰/۰۱۶ تا ۰/۰۲۸)، سد مخزنی Karimnagar (Thirupathaiah et al., 2012) (۰/۰۳۹)، سد مخزنی Oyun در نیجریه (Moshood Keke, 2008) (۰/۷ تا ۲/۲) و سد مخزنی ستارخان (Taherioun et al., 2010) (۰/۰۴۶ تا ۰/۱۴) بود. حداکثر میانگین غلظت این یون در ایستگاه شیرین رود مشاهده شد اما بالاترین میانگین غلظت فسفر کل در

ایستگاه تلاقی دو سرشاخه به دست آمد که حاوی غلظت بالای فسفر آلی در این ایستگاه است. این افزایش فسفر کل در ایستگاه تلاقی احتمالاً بدلیل ورود آبهای دو سر شاخه شیرین رود و سفید رود بوده است. میانگین غلظت یون آمونیوم در ایستگاه های مختلف سد مخزنی رجائی برابر ۰/۰۳۶ (±۰/۰۰۴) با دامنه تغییرات ۰/۰۹۵ - ۰/۰۰۹ میلی گرم بر لیتر بوده است. میانگین غلظت یون نیتريت در طول سال برابر ۰/۰۱۲ (±۰/۰۰۲) با دامنه نوسان ۰/۰۴۱ - ۰/۰۰۳ میلی گرم بر لیتر بود که در محدوده سایر مطالعات نظیر سد مخزنی Savitri (Lianthuamluaia et al., 2013) (۰/۰۰۷ تا ۰/۰۳۵) قرار گرفت. نتایج میانگین غلظت یون آمونیوم و یون نیتريت تحقیق حاضر در ایستگاههای مختلف و مقایسه با حد مجاز جدول ۴-۱ نشان می دهد که کمتر حد مجاز کشورهای کانادا و روسیه بوده است اما از حد مجاز اروپا کمی بیشتر بوده است.

همچنین میانگین غلظت یون ازت نیتراتی (NO_3^-/N) در این سد مخزنی برابر ۰/۷۵ (±۰/۰۳۳) میلی گرم بر لیتر بود و محدوده تغییرات آن بین ۱/۱۵ - ۰/۵۹ میلی گرم بر لیتر اندازه گیری شد، این در حالی است که غلظت این یون در سایر مطالعات نظیر سد مخزنی Dhanora در هند (Pawale and Lokhande, 2012) (۰/۵۸۴)، سد مخزنی Savitri (Lianthuamluaia et al., 2013) (۰/۰۶ تا ۰/۱۹) و سد مخزنی Oyun در نیجریه (Moshood Keke, 2008) (۱/۴ تا ۶/۴) متفاوت بود. میانگین یون نیترات در ایستگاههای مختلف سال کمتر از واحد بوده است که فاصله بسیار زیادی از استاندارد روسی (جدول ۴-۱) داشته است. همچنین بالاترین میانگین غلظت ازت نیتراتی و نیز DIN در ایستگاه نزدیک به تاج سد به دست آمد. میانگین یون آمونیوم قابل ملاحظه بوده است بطوریکه نزدیک به ۵۰٪ از ازت معدنی را به خود اختصاص داده است و به همین دلیل میزان ازت نیتراتی این سد نسبت به دیگر سدها کمتر بوده است.

میانگین غلظت یون کلر در ایستگاه های مختلف سد مخزنی برابر ۳۰/۸۷ (±۰/۹۲) با دامنه تغییرات ۴۰/۷۶/۰۹۵ - ۲۳/۰۴ میلی گرم بر لیتر بوده است. نتایج میانگین غلظت یون کلر تحقیق حاضر در ایستگاههای مختلف و مقایسه با حد مجاز جدول ۴-۱ نشان می دهد که تقریباً هفت برابر کمتر از حد مجاز کشور روسیه بوده است.

جدول ۴-۱- مقادیر بین المللی حداکثر مجاز غلظت ها در آب مخازن سدها (Chapman, 2002)

و سد شهید رجایی

سدهای شهید رجایی	روسیه (RUSSIA)	کانادا (CANAD)	اروپا (EU)	واحد	پارامترهای کیفی
۸/۲۳-۸/۹۱		۶/۵-۹	۶-۹		pH
۶/۲-۱۴/۴	۴-۶	۵-۹/۵	۵-۹	میلی گرم بر لیتر	DO
۰/۰۱-۰/۰۹۵	۰/۰۶۱	۱/۶۶-۲/۶۷	۰/۰۰۶-۰/۰۳۰	میلی گرم بر لیتر	NH4+
۰/۶۰-۱/۱۵	۴۰	-	-	میلی گرم بر لیتر	NO3-
۰/۰۰۳-۰/۰۴۱	۰/۰۸	۰/۰۶	۰/۰۱-۰/۰۳	میلی گرم بر لیتر	NO2-
۲۳-۴۱	۳۰۰	-	-	میلی گرم بر لیتر	Cl-
۰/۹۶-۷/۰۴	۳	-	۳-۶	میلی گرم بر لیتر	BOD5

میانگین غلظت کلروفیل آ در مخزن سد رجائی برابر $18/00 \pm 7/23$ میکروگرم بر لیتر بود و محدوده تغییرات آن بین $138/68 - 1/76$ میکروگرم بر لیتر اندازه گیری شد، اما در سایر سدهای مخزنی نظیر سد مخزنی Bidighinzu در ایالات ساردینیا میانگین غلظت کلروفیل آ 11 میکروگرم بر لیتر به دست آمد (Luglie et al., 2001) و محدوده غلظت کلروفیل آ در سد مخزنی ستارخان در شمال غربی ایران نیز $0/4$ تا $23/3$ میکروگرم بر لیتر گزارش شد که بالاترین غلظت کلروفیل آ در ماه آوریل مشاهده شد (Taherioun et al., 2010)، در حالیکه بالاترین غلظت کلروفیل آ در سد مخزنی شهید رجائی در تیر ماه به دست آمد. Makhloogh و همکاران (2016) در بررسی سد شهید رجایی گزارش کردند که در ماه های گرم سال بالاترین تراکم فیتوپلانکتون ثبت گردید که با افزایش کلروفیل آ مطابقت دارد.

پدیده یوتروفیکاسیون یا غنی شدن مواد مغذی سیستم های آبی یک فرایند طبیعی در بدنه آبی است که شامل افزایش تراکم و رشد نامطلوب جلبکی می شود. تسریع این فرایند معمولاً با افزایش بیش از حد مواد مغذی صورت می گیرد که سبب افت کیفیت آب و در نتیجه آسیب رساندن به بهره برداریهای مطلوب از مخازن سدها نظیر زندگی آبزیان، تامین آب آشامیدنی و غیره خواهد شد (شرکت مدیریت منابع آب ایران، ۱۳۹۱)، اثرات نامطلوب یوتروفیکاسیون اکتسابی از محیط شامل از بین رفتن کیفیت آب، تخریب عملکرد اکوسیستم، شکوفائی های جلبکی همراه با احتمال تولید سم و نیز مزه و بوی نامطلوب می باشند (Dodds et al., 2009). یوتروفیکاسیون ناشی از فعالیت های انسان همراه با ورود بیش از حد مواد مغذی از پسابهای محلی، کشاورزی و شهری بطور گسترده ای استفاده از آبهای مختلف را تهدید می کند (Cunha et al., 2011) و بر تعادل اکولوژیکی مخازن پشت سد اثر می گذارد و آسیب پذیری زیست محیطی آنها را افزایش می دهد (Rangel et al., 2012). در مطالعه حاضر وضعیت تروفیکی مخزن سد بر اساس هر یک از پارامترها بیانگر وجود شرایط مختلف از اولیگوتروف تا یوتروف بوده است. بطوریکه ایستگاه ورودی سرشاخه شیرین رود به مخزن سد براساس پارامتر میانگین سالانه کلروفیل آ و فسفر کل و نیز میانگین سالانه ازت کل (جدول ۲-۲) به ترتیب شرایط یوتروفی، مزوتروفی و الیگوتروفی را نشان داد. این شرایط برای ایستگاه ورودی سرشاخه سفید رود و ایستگاه نزدیک به تاج سد نیز همین گونه بوده است، اما ایستگاه مربوط به تلاقی این دو سرشاخه در دریاچه براساس دو پارامتر اول (کلروفیل آ و فسفر کل) شرایط مشابهی را نشان داد که حاکی از وضعیت مزوتروفی بوده است. ارزیابی های چند پارامتری بدلیل چند بعدی بودن پدیده یوتروفیکاسیون جامع تر از شاخص های تروفیکی تک متغیره می باشند (Xu, 2008; Sawant and Chavan, 2013). بر اساس اعداد بدست آمده حداقل سطح تروفیکی در بهمن ماه (اولیگوتروف) بوده در حالی که ماه های فصل تابستان دارای بیشترین مقدار از شاخص تروفیکی (یوتروف) بوده اند. نتایج تحقیق حاضر با نتایج عالی شاملو و همکاران (۱۳۸۳) در سد گیلارلو و عزیزاده اصلو و همکاران (۱۳۹۴) در سد ارس مشابه بوده بطوریکه وضعیت تروفی را مزو-یوتروفیک گزارش کردند.

یکی دیگر از مراجع کلاسه بندی سطح تروفیکی OECD (Vollenweider and Kerekes, 1982) می باشد که از میانگین هندسی سالانه ازت و فسفر کل، کلروفیل آ و شفافیت استفاده شده است. در تحقیق حاضر بجای فسفر و نیتروژن کل از فرمهای معدنی آنها بکار گرفته شد. نتایج تحقیق حاضر نشان داد که براساس متغیر شفافیت (۲/۴۵= الیگوتروف، ۴/۲= مزوتروف و ۹/۹= یوتروف) هر چهار ایستگاه در شرایط مزوتروف تا یوتروف بوده است و براساس متغیر کلروفیل آ (۱/۷= الیگوتروف، ۴/۷= مزوتروف و ۱۴/۳= یوتروف) تمامی ایستگاهها در وضعیت مزو-یوتروف قرار داشتند. همچنین براساس متغیر فسفر (۸/۰= الیگوتروف، ۲۶/۷= مزوتروف و ۸۴/۴= یوتروف) و نیتروژن (۶۶۱= الیگوتروف، ۷۵۳= مزوتروف و ۱۸۷۵= یوتروف) ایستگاهها در شرایط مزوتروف و مزو-یوتروف بوده است. همچنین در ماههای مختلف سال نیز میانگین هندسی چهار متغیر شرایط مزوتروف تا یوتروف را نشان داده است (جدول ۴-۲). همچنین Saghi و همکاران (2015) براساس مدل شبکه عصبی سطح تروفیکی سد دز را بررسی نمودند که در تحقیق سطح تروفیکی در ماههای گرم سال یوتروف بوده و با کاهش دما به وضعیت مزوتروف بر می گردد که با نتایج تحقیق مطابقت داشته است.

جدول ۴-۲- سطح تروفیکی به روش تک پارامتری در دریاچه پشت سد شهید رجائی (سال ۱۳۹۱)

ایستگاه	میانگین سالانه کلروفیل آ (µg/l)	حداکثر کلروفیل (µg/l)	میانگین سالانه شفافیت (متر)	حداقل شفافیت (متر)
۱	۲۹/۰۸ (هایپرتروف)	۱۳۹ (هایپرتروف)	۱/۳۵ (هایپرتروف)	۱ (یوتروف)
۲	۲۳/۱۳ (یوتروف)	۱۱۰ (هایپرتروف)	۰/۷۹ (هایپرتروف)	۰/۲ (هایپرتروف)
۳	۵/۶۱ (مزوتروف)	۱۰ (مزوتروف)	۲/۴۲ (یوتروف)	۱ (یوتروف)
۴	۱۴/۲۰ (یوتروف)	۶۷ (یوتروف)	۳/۳۳ (مزوتروف)	۱/۵۰ (یوتروف)
کل	۱۸/۰۰ (یوتروف)	۱۳۹ (هایپرتروف)	-	-

پیکره هر مخزن از نظر طولی به سه ناحیه اصلی تقسیم می گردد. ناحیه رودخانه ای، گذرا (میانی) و دریاچه ای. ناحیه رودخانه ای که در دهانه مخزن و محل ورود آب رودخانه تشکیل می شود، معمولا دارای عمق کمتر و جریان بیشتر و انتقال همرفتی مواد مغذی و ذرات معلق بالاتر می باشد. ناحیه دریاچه ای بیشتر ویژگی های دریاچه ها و عمق بیشتر است (وزارت نیرو، ۱۳۹۳). ایستگاههای سد مخزنی شهید رجایی در هر سه ناحیه انتخاب گردیده است بطوریکه شاخه های سفید رود و شیرین رود در ناحیه رودخانه ای، ایستگاه تلاقی ناحیه میانی و ایستگاه تاج در ناحیه دریاچه ای واقع شدند. بنابراین طبقه بندی نواحی مختلف سد مخزنی شهید رجایی را براساس جدول ۲-۳ مورد ارزیابی قرار می گیرد. نتایج میزان فسفر در نواحی مختلف سد (۰/۰۵ میلی گرم برلیتر) نشان می دهد که سد در حالت اولتراولیگوتروف می باشد زیرا نتایج نسبت های نیتروژن به فسفر نشان داد که این سد دارای محدودیت فسفری است که با نتایج فوق مطابقت دارد. در نواحی میانی (با خصوصیات

دریاچه ای) که بیشتر تحت تاثیر تغییرات جلبکی می باشند، قضاوت بر اساس پارامتر شفافیت منطقی تر می باشد. بررسی نتایج با توجه به جدول ۲-۳ نشان می دهد که سطح تروفیکی براساس میانگین شفافیت در محل تلاقی یوتروف و در محل تاج مزوتروف می باشد اما براساس مینیم شفافیت هر دو ناحیه در وضعیت یوتروف قرار گرفتند. همچنین بر اساس میانگین سالانه کلروفیل آ، نواحی رودخانه ای (۶/۵) و تلاقی (۵/۶) در وضعیت اولیگوتروف و دریاچه ای (۱۴/۲) مزوتروف بوده اند. ضمن آن که براساس ماکزیمم میزان کلروفیل آ نواحی رودخانه ای (۱۶/۳) و تلاقی (۱۰/۳) در وضعیت مزوتروف و در ناحیه دریاچه ای (۶۷/۰) یوتروف می باشند. از آنجاییکه نمونه برداری و لایه بندی در ناحیه دریاچه ای (ایستگاه تاج) صورت پذیرفت بنابراین حداقل درصد اشباع در لایه های زیرین نیز در این ایستگاه قابل بررسی می گردد. نتایج با مقایسه از جدول ۲-۳ نشان داد که ناحیه دریاچه ای (۶۰٪) در وضعیت مزوتروف قرار دارد. شایان ذکر است که در ماههای فصل تابستان در عمق ۱۵ متر ناحیه دریاچه ای (ایستگاه تاج) میزان اکسیژن محلول (۳/۴-۰/۰ میلی گرم بر لیتر معادل درصد اشباعیت) کم بوده است که براساس جدول ۲-۳ در حالت هایپرتروف قرار گرفت اما در ماههای دیگر این شرایط مشاهده نگردید.

به عقیده ی کارلسون و بعضی دیگر از محققین در تعیین وضعیت تروفی بر مبنای یک پارامتر، شاخص بدست آمده از کلروفیل آ شناخت بهتری را نسبت به شاخص تعیین شده بوسیله غلظت فسفر کل و شفافیت فراهم میکند (Lee et al., 2010; An and Park, 2003; Matthews et al., 2002) در مطالعه حاضر نیز این پارامتر تمایز بیشتری را در شرایط تروفیکی بین ایستگاه ها نشان داده است، بطوریکه ایستگاه تلاقی را از سایر ایستگاه ها جدا نموده است که احتمالاً به افزایش عمق در این قسمت نسبت به دو ایستگاه قبلی مربوط می شود (جدول ۴-۳). نیتروژن احتمالاً نقش کم اهمیت تری را از دیدگاه مدیریتی یک سد مخزنی ایفا می کند زیرا نتایج نشان داد که در اغلب ماهها با توجه به نسبت مولی نیتروژن به فسفر بیانگر محدودیت فسفری آب سد بوده است بنابراین کاهش نیتروژن جهت کنترل یوتروفیکاسیون تاثیر کمتری دارد زیرا مکانیسمهای طبیعی جهت جایگزینی کمبود این ماده مغذی وجود دارد (Schindler et al., 2008 ; Wang et al., 2008) شواهدی از سایر مطالعات وجود دارد که کاهش کلروفیل در طولانی مدت از کاهش یافتن فسفر به دست می آید نه نیتروژن، که در نهایت موجب بهبود چشمگیری در کیفیت آب خواهد شد (Cunha et al., 2011; Welch, 2009).

کارلسون در سال ۱۹۹۱ مفهوم تفاوت مقادیر TSI را با فراهم کردن یک رویکرد گرافیکی ۲ بعدی به منظور ارزیابی نوع و درجه محدودیت در اکوسیستم دریاچه ها توسعه داد، به گونه ای که اگر TSI CHLa کمتر از TSI SD باشد، دال بر این است که یک عاملی غیر از عامل جلبکی در کاهش نفوذ نور سهم می باشد و یا زمانی که TSI CHLa برابر یا بزرگتر از TSI TP باشد، معمولاً فسفر برای رشد جلبکی محدود کننده بوده است (Carlson, 1991). در بررسی ایستگاهی مطالعه حاضر میانگین TSI CHLa بزرگتر از میانگین TSI TP بدست آمد و میانگین

TSI CHLa کمتر از TSI SD ثبت گردیده است. همچنین در مطالعه حاضر میانگین سالانه (۴۹/۲۹) TSI CHLa بزرگتر از TSI TP (۴۲/۵۷) و کمتر از TSI SD (۵۳/۵۵) بدست آمده است . شفافیت آب وابسته به مقدار مواد معلق و محلول در آب است. مواد در آب از جامدات معلق معدنی، پلانکتون ها، مواد هیومیک (humic) و مواد محلول رنگی تشکیل شده است (Sanden and Hakasson, 1996). بنابراین وضعیت دریاچه و تولیدات بیولوژیکی بر شفافیت آب موثر می باشد. از نتایج بدست آمده می توان بیان نمود که با توجه به بزرگتر بودن TSI SD نسبت به TSI CHLa عاملی غیر از عامل جلبکی در کاهش نفوذ نور سهمیم بوده است که می تواند علاوه بر عامل جلبکی، مواد معلق و مواد هیومیک دخالت داشته اند. در ایستگاههای ورودی (شاخه سفیدرود و شیرین رود=ناحیه رودخانه ای) سد مخزنی شهید رجایی مواد معلق نقش داشته است اما در ایستگاههای تلاقی وتاج (ناحیه میانی و دریاچه ای) که از محل ورودی دور هستند مواد هیومیک نقش اصلی را در بزرگتر بودن TSI SD داشته اند. محاسبه نسبت ازت محلول به فسفر محلول نشان داده است که در اکثر ماه های نمونه برداری به ویژه ماههای گرم، فسفر عامل محدود کننده بوده است، دلیل دیگر بیشتر بودن TSI CHLa از TSI TP بوده است و با نتایج فوق مطابقت دارد. محدودیت فسفر احتمالاً منجر به سهمیم بودن سایر گروه های فیتوپلانکتونی به ویژه کلروفیتا در افزایش تراکم جلبکی خواهد شد، در مطالعه مخلوق و همکاران (۱۳۹۴) در سد شهید رجایی نیز درصد مشارکت کلروفیتا در ایجاد تراکم فیتوپلانکتون به ویژه در ماه های خرداد و شهریور (که محدودیت فسفر وجود داشت) بیش از سایر ماه های سال بود (Cunha *et al.*, 2011).

جدول ۴-۳- تغییرات شاخص تروفیکی و شاخص WQI در دریاچه پشت سد شهیدرجایی (سال ۱۳۹۱)

شاخص TSI	شاخص WQI	
ایستگاه		
۳۸	۸۲	۱
۴۷	۸۳	۲
۳۱	۸۲	۳
۲۹	۸۲	۴
ماه		
۴۸	۸۵	خرداد
۶۵	۷۷	تیر
۶۵	۷۹	مرداد
۳۶	۷۹	شهریور
۴۷	۷۹	آبان
۳۷	۷۴	بهمن
لایه (متر)		
۲۹	۸۲	۰
۵۱	۶۵	۱۵
۴۶	۷۱	۳۰

بر اساس شاخص کیفیت آب (WQI) آب این مخزن در همه ماه ها در طبقه خوب قرار گرفت. طبق تعاریف کیفیت آب های موجود در این طبقه به ندرت از سطح مطلوب خارج می شود (جدول ۴-۳) و در صورت استفاده از آن برای آب شرب نیازمند تصفیه متداول است و برای پرورش ماهی و سایر گونه های حساس آبی و برای تفریحات آبی و شنا نیز مناسب است (محبی و همکاران، ۱۳۹۲؛ شکوهی و همکاران، ۱۳۹۰). نتایج تحقیق حاضر با نتایج شکوهی و همکاران (۱۳۹۰) در سد آغداشلو، عصار و همکاران (۱۳۹۲) و همچنین جاوید و همکاران (۱۳۹۳) در سد دز مطابقت داشته است.

۵- نتیجه گیری نهایی

بر اساس شاخص کیفیت آب (WQI) آب این مخزن در همه ماه ها و ایستگاههای نمونه برداری در طبقه نسبتاً "خوب و خوب قرار گرفت. اصولاً "میزان سطح تروفیکی مستقیماً" به عنوان شاخص کیفیت آب محسوب نمی گردد اما از این شاخص همچون برخی از شاخص های زیستی (شانون) می توان به صورت غیر مستقیم برای ارزیابی کیفیت آب استفاده نمود (مخلوق و همکاران، ۱۳۹۴). در مطالعه حاضر کیفیت آب در ایستگاه ها بر اساس TSI از خوب تا عالی طبقه بندی می شود ولی در مقایسه بین ماه ها مشخص گردید که تیر و مرداد نسبت به ماه های دیگر کم ترین کیفیت را داشته اند و به حد متوسط از کیفیت آب رسیده اند. اما حساسیت طبقه بندی WHO, 1996 (طبقه بندی تک پارامتری) بیش از TSI (طبقه بندی چند پارامتری) بوده و مخزن سد شهید رجایی در طی دوره نمونه برداری بر اساس حداقل شفافیت و میانگین کلروفیل-آ در کیفیت متوسط (یوتروف) قرار گرفت. هر چند که در این طبقه بندی چشم انداز سطح تروفیکی بر اساس حداکثر میزان کلروفیل به آب دارای کیفیت بسیار بد (هایپر تروف) نیز رسید.

پیشنهادها

- مدیریت آب سد در ماههای گرم سال با جدیدت بیشتری صورت پذیرد
- کاهش یا جلوگیری از ورود پسابها به آب در حوزه های بالادست به منظور کاهش مواد مغذی بخصوص منابع فسفری، آلی و مواد سمی
- تلاش مسئولان ذی ربط در ایجاد قانون صریح در رابطه با الزام پایش مستمر کمی و کیفی منابع آبی به منظور حفاظت و نیز اعمال مدیریت مناسب
- تدوین دستورالعمل جامع تعیین کیفیت آب های مخازن (اضافه نمودن شاخص های غیر زیستی و زیستی)

منابع

- اسماعیلی ساری، ع. ۱۳۷۹. مدیریت کیفیت آب در آبرزی پروری. تهران: موسسه تحقیقات شیلات ایران.
- انوری فر، ح.، فرحمنند، ح.، نعمت الهی، م.ع.، رحمانی، ر.، کرمی م.، و خلیلی ب. ۱۳۸۹. اثر سد شهید رجائی بر تنوع و تمایز ژنتیکی سیاه ماهی (*Capoeta capoeta gracilis*) در رودخانه تجن ساری با استفاده از انگشت نگاری RAPD. نشریه محیط زیست طبیعی، مجله منابع طبیعی ایران، ۶۳ (۳)، ص ۲۱۱-۲۲۳.
- عالی شاملو، ا.ع.، نصری، س. و ندافی، ک. ۱۳۸۳. پایش کیفی آب مخزن سد گیلارلو، مجله آب و فاضلاب، ۱۵ (۳:۵۱)، صفحات ۲۲-۲۷.
- عصار، س.، رجب زاده، ق.ا. و محمدی، ر.م. ۱۳۹۲. بررسی کیفیت آب دریاچه سد دز با استفاده از شاخص کیفیت آب NSF، اولین همایش ملی جغرافیا، شهرسازی و توسعه پایدار.
- علیزاده اصلو، ژ.، پورآذری، ع.م.، نکویی فرد، ع.، صیدگر، م.، یحیی زاده، م.ی.، شیری، ص.، و علیزاده کلشانی، م. ۱۳۹۴. بررسی مقطعی روند تغییرات کیفی آب دریاچه پشت سد ارس. فصلنامه اکویولوژی تالاب، سال ۶، شماره ۲۳، ۱۴-۵ صفحات.
- سعیدی، پ.، مهرداد، ن.، اردستانی، م.، و باغوند، ا. ۱۳۹۲. شبیه سازی لایه بندی حرارتی و غلظت اکسیژن محلول با استفاده از مدل Ce - Qual- W2 (مطالعه موردی: مخزن سد شهید رجائی). مجله محیط شناسی، ۳۹ (۴)، ص ۱۸۰-۱۷۱.
- شکوهی، ر.، حسین زاده، ا.، روشنایی، ق.، علیپور، م. و حسین زاده، س. ۱۳۹۰. بررسی کیفیت آب دریاچه پشت سد آیدغوش با استفاده از شاخص ملی کیفیت آب (NSFWQI) و تغییرات پارامترهای کیفی آب، مجله سلامت و محیط ایران، ۴ (۴)، صفحات ۴۳۹-۴۵۰.
- شرکت مدیریت منابع آب ایران. ۱۳۹۱. تغذیه گرایی مخازن سدها و راهکارهای مقابله. بخش محیط زیست و کیفیت منابع آب، وزارت نیرو، تهران.
- جاوید، م.ح.، میرباقری، س.ا.، کریمیان، آ. ۱۳۹۳. ارزیابی وضعیت کیفی دریاچه سد دز با استفاده از شاخص های WQI و TSI. مجله سلامت و محیط، دوره ۷، شماره ۲، صفحات ۱۳۳ تا ۱۴۲.
- نظریها، مهرداد و ساسان علی نژاد. ۱۳۸۱. برنامه ریزی جهت بهسازی و کاهش نشان زدهای منفی زیست محیطی سد شهید رجائی. مجله محیط زیست، ۳۰، ۱۸-۹ ص.
- محبی، م.ر.، اعظم واقفی، ک.، منتظری، ا.، ابطحی، م.، اکتایی، س.، غلام نیا، ر.، علی عسگری، ف. و سعیدی، ر. ۱۳۹۲. توسعه یک شاخص نوین کیفیت آب آشامیدنی (MDWQI) و استفاده از آن در ارزیابی کیفیت آب زیرزمینی ایران، مجله سلامت و محیط، انجمن علمی بهداشت محیط ایران، ۶ (۲)، صفحات ۱۸۷-۲۰۰.

- مخلوق، آ. نصراله زاده ساروی، ح.، افرایی، م.ع.، فارابی، س.م.و.، یعقوب زاده، ز.، قیاسی، م. ۱۳۹۴. بررسی کیفیت آب سد شهید رجایی (مازندران-ساری) براساس ساختار فیتوپلانکتونی (۱۳۹۱). موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، ۹۲۰۰۲-۹۲۵۴-۱۲-۷۶-۱۴.
- موسوی ندوشن، ر.، فاطمی، م.ر.، اسماعیلی ساری ع.، و وثوقی غ.ح. ۱۳۸۷. تعیین وضعیت تروفی و پتانسیل تولید ماهی در دریاچه چغاخور. مجله شیلات، ۲ (۲)، ص ۵-۱.
- میرزاجانی، ع.ر. ۱۳۸۹. مطالعه دریاچه سد خاکی توده بین استان زنجان به منظور امکان آبری پروری. پژوهشکده آبری پروری آبهای داخلی، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، ۸۹۰۵۳-۱۲-۷۳-۴.
- منوری، م.، نوذی، ج.، سهراب نیا، ن. ۱۳۹۲. اثر تجمع فیتوپلانکتون بر کیفیت آب سد کرج. مجله آب و فاضلاب، ۲، صفحات ۳۰-۱۹.
- نادری، م.، فارابی، س.م.و.، نجف پور، ش.، واردی، س.ا.، گنجیان، ع.، آذری، ح.، رستمیان، م.ت.، واحدی، ف.، علوم، ی.، نصر... تبار، ن.، یونسی پور، ح.، دوستدار، م.، خداپرست، خ.، سلیمان رودی، ع.، گل آقائی، م.، روشن طبری، م.، تهامی، ف.س.، مخلوق، آ.، کیهان ثانی، ع.ر.، هاشمیان، ع.، شیخ الاسلامی، ع.، کاردر رستمی، م. ۱۳۹۰. مطالعه لیمنولوژیک پایاب سد سبلان به منظور پرورش ماهیان سردآبی. موسسه تحقیقات شیلات ایران، ۸۸۰۶۹-۱۲-۷۶-۲.
- وزارت نیرو، ۱۳۹۳. گزارش وضعیت منابع آب استان مازندران. شرکت سهامی آب منطقه ای مازندران، مدیریت مطالعات پایه منابع آبی، گروه تلفیق و بیلان منابع آب، ۱۲ صفحه.
- An, K.G. and Park, S.S. 2003. Influence of seasonal Monsoon on the trophic state deviation in an Asian reservoir. *Water, Air and Soil Pollution*, 145: 267- 287.
- APHA. 2005. Standard methods for the examination of water and wastewater. Washington DC, USA :American publication Health Association.
- Bhadja, P. and Vaghela, A. 2013. Assessment of physico-chemical parameters and water quality index of reservoir water. *International journal of plant, animal and environmental sciences*, 3(3): 89-95.
- Carlson, R.E. 1991. Expanding the trophic state concept to identify non-nutrient limited lakes and reservoirs. In *enhancing the states lake management programs*: 59-71.
- Carlson, R.E., J. Simpson. 1996. Trophic state in a coordinator guide to Volunteer Lake monitoring methods. *Nam Lake manage society*, 7-1-7-20 .
- Chapman, D. 2002. *Water Quality Assessment- A Guide to the Use of Biota Sediment and Water in Environmental Monitoring*, Chapman & Hall, London.
- Cole, T.M. and Hannan, H.H. 1990 Dissolved oxygen dynamics. In: K.W. Thornton, B.L.
- Kimmel and F.F. Payne [Eds] *Reservoir Limnology: Ecological Perspectives*. Wiley, New York, 71-107.
- Cuneyt, K.A. 2000. Case Studies on the use of neural networks in eutrophication modeling. *Ecology Model*, 134: 145-152.
- Cunha, D.J.F., Grull, D., Damato, M., Blum, J.R.C., Lutti, J.E., Eiger, S. and Mancuso, P.C.S. 2011. Trophic state evolution in a subtropical reservoir over 34 years in response to different management procedures. *Water science and technology*, 64(12): 2338-2344.
- Dodds, W.K., Bouska, W.W., Eitzmann, J.L., Pilger, T.J., Pitts, K.L., Riley, A.J., Schloesser J.T. and Thornbrugh, D.J. 2009. Eutrophication of U.S freshwaters: Analysis of potential economic damages. *Environmental Science Technology*, 43(1): 12-19.
- Jabbari, M.M. and Boustani, F. 2011. Assessment of Water Pollution of Kowsar Dam Reservoir, *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 5 (12), P.12-27.
- Lianthumluaia , A.T., Purushothaman, C.S., Deshmukhe, G. and Ramteke, K.K. 2013. Assessment of seasonal variations of water quality parameters of Savitri reservoir, Poladpur, Raigad district, Maharashtra. *The Bioscan*, 8(4):1337-1342.

- Lee, J., Kim, J.M., Kim, D.S., Hwang, S.J. and An, K.G. 2010. Nutrients and chlorophyll a dynamics in a temperate reservoir influenced by Asian Monsoon along with in situ nutrient enrichment bioassays. *Limnology*, 11:49-62.
- Luglie, A., Aktan, Y. Cassidu, P. and Secchi, N. 2001. The trophic status of Bidighinzu reservoir (Sardinia) before and after the diversion of waste waters. *Journal of Limnology*, 60(2): 135-142.
- Makhloogh, A., Nasrollahzadeh Saravi, H. and Ebrahimzadeh, M. 2016. Water Quality of Shahid Rajaei Reservoir (Mazandaran-Iran): Based on Phytoplankton Community. *Iranian Journal of Science & Technology*, Accepted paper.
- Matthews, R., Hilles, M. and Pelletier, G. 2002. Determining trophic state in lake Whatcom, Washington (USA), a soft water exhibiting seasonal nitrogen limitation. *Hydrobiologia*, 468: 107-121.
- McAllister, D.E., Craige, J.F., Davidson, N., Delany S. and Seddon, M. 2001. Biodiversity impacts of large dams. Background paper Nr.1, prepared for IUCN/UNEP/WCD.
- Molisani, M.M., Barrosa, H.S., Becker, H., Moreira M.O.P. and Hijo, C.A.G. 2010. Monte TM, Vasconcellos GH. Trophic State, phytoplankton assemblages and limnological diagnosis of the Castanhao reservoir, CE, Brazil. *Acta Limnologica Braziliensia*, 22(1):1-12.
- Moshood Keke, M. 2008. Assessment of the water quality of Oyun reservoir, Offa, Nigeria, using selected physico-chemical parameters. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 8: 309-319.
- Ott, W.R. 1978. Water quality indices: a survey of indices used in the United States. Washington DC: US Environmental Protection Agency. P.138.
- Pawale, R.G. and Lokhande, M.V. 2012. Studies on physicochemical parameters of Dhanora Reservoir in Nanded district, Maharashtra (India). *Water Research and Development*, 2(3): 76- 78.
- Rangel, L.M., Silva, L.H.S., Rosa, P., Roland F. and Huszar, V.L.M. 2012. Phytoplankton biomass is mainly controlled by hydrology and phosphorus concentrations in tropical hydroelectric reservoirs. *Hydrobiologia*, 693(1): 13-28.
- Reynolds, C.S. 1999. Non-determinism to probability, or N/P in the community ecology of phytoplankton. *Archiv Fur Hydrobiologie*, 146:23-35.
- Saghi, H., Karimi, L. and Javid, A.H. 2015. Investigation on trophic state index by artificial neural networks (Case Study: Dez Dam of Iran). *Applied Water Science*, DOI 10.1007/s13201-014-0161-2.
- Sandén, P. and Håkansson, B. 1996. Long-term trends in Secchi depth in the Baltic Sea. *Limnology and Oceanography*, 41:346-351.
- Sapozhnikov V.N., Agatova A.E., Arjanova N.V., Nalitova E.A., Mardosova N.V., Zobarowij V.L. and Bandarikov. E.A., 1988. Methods of hydrochemical analysis of the major nutrients. VNIRO publisher: Moscow, Russia. 105P.
- Sawant, R. and Chavan, N. 2013. Water quality status of Mahagaon reservoir from Gadhinglaj tahsil from Mahamrashtra. *International journal of science, environment and technology*, 2(6): 1196-1204.
- Schindler, D.W., Hecky, R.E., Findlay, D.L. and Kasian, S.E.M. 2008. Eutrophication of lakes can not be controlled by reducing nitrogen input: results of a 37-year whole ecosystem experiment. *Pnas*, 105(32): 11254-11258.
- Sigua, G.C., Williams, M.J. Coleman, S.W. and Starks, R. 2006. Nitrogen and Phosphorus Status of Soils and Trophic State of Lakes Associated with Forage- Based Beef Cattle Operations in Florida. *Journal of Environmental Quality*, 35: 240–252.
- Taherioun, M., Karamous, M. and Baghvand, A. 2010. Development of an entropy-based fuzzy eutrophication index for reservoir water quality evaluation. *Iranian journal of environmental health science engineering*, 7(1): 1-14.
- Thirupathiah, M., Samatha, C.H. and Sammaiah, C. 2012. Analysis of water quality using physico-chemical parameters in lower manair reservoir of Karimnagar district, Andhra Pradesh. *International journal of environmental sciences*, 3(1): 172-180.
- Vollenweider, R.A. and Kerekes, J.J. 1982. Eutrophication of water Monitoring, Assessment and control. OECD, Paris, 164 pp.
- Wang, Z., J. Hong, G. Du. 2008. Use of satellite imagery to assess the trophic state of Miyun reservoir, Beijing, China. *Environmental pollution*, 155: 13-19.
- Welch, E.B. 2009. Should nitrogen be reduced to manage eutrophication if it is growth limiting? Evidence from Moses Lake. *Lake Reservoir manages*, 25(4): 401-409.
- Xu, F.L. 2008. Trophic Classification for lakes, In: Jorgensen SE, Fath BD (eds). *Ecological Indicators*, 5: 3594-3601.
- Yadav, J., Pathak, R.K. and Khan, E. 2013. Analysis of water quality using physico-chemical parameters, Satak reservoir in Khargone District, MP, India. *International Research Journal of Environmental Sciences*, 2(1): 9-11.

پیوست

جدول ضمیمه ۱: میانگین (± خطای معیار) پارامترهای محیطی در ایستگاه های دریاچه پشت سد شهید رجائی (ساری، مازندران - ۱۳۹۱)

خروجی	تاج	تلاقی	سفید رود	شیرین رود	ایستگاه	
					پارامترهای محیطی	
۱۳/۶۳ ± ۱/۸۱	۲۱/۶۲ ± ۲/۵۸	۲۱/۴۳ ± ۲/۸۲	۲۱/۱۸ ± ۲/۹۳	۲۱/۱۸ ± ۲/۸۵	Mean±SE	درجه حرارت آب (C)
۶/۰۰ - ۱۹/۲۰	۱۰/۰۰ - ۲۷/۰۰	۸/۵۰ - ۲۷/۰۰	۸/۵۰ - ۲۷/۰۰	۸/۲۰ - ۲۷/۰۰	Min - Max	
۶	۶	۶	۶	۶	N	
۲۰/۳۲ ± ۳/۱۶	۲۲/۹۵ ± ۳/۶۰	۲۲/۵۷ ± ۳/۵۳	۲۲/۳۸ ± ۳/۶۶	۲۲/۵۸ ± ۳/۷۷	Mean±SE	درجه حرارت هوا (C)
۶/۰۰ - ۲۸/۰۰	۷/۰۰ - ۳۱/۰۰	۷/۰۰ - ۳۱/۰۰	۶/۰۰ - ۳۱/۰۰	۶/۰۰ - ۳۱/۰۰	Min - Max	
۶	۶	۶	۶	۶	N	
۹/۲۸ ± ۰/۴۸	۱۰/۱۹ ± ۰/۶۵	۱۰/۵۱ ± ۰/۷۶	۱۰/۸۳ ± ۰/۵۱	۱۰/۴۳ ± ۱/۱۳	Mean±SE	DO(mg/l)
۸/۳۲ - ۱۱/۵۲	۸/۰۰ - ۱۱/۵۲	۸/۳۲ - ۱۳/۱۲	۹/۷۶ - ۱۳/۱۲	۶/۲۴ - ۱۴/۴۰	Min - Max	
۶	۶	۶	۶	۶	N	
۰/۶۰	۳/۶۰ ± ۱/۰۰	۲/۶۰ ± ۰/۷۳	۰/۹۱ ± ۰/۳۹	۱/۴۲ ± ۰/۱۷	Mean±SE	SD(m)
—	۱/۵ - ۶/۵	۱/۰۰ - ۵/۰۰	۰/۲۰ - ۲/۴۰	۱/۰۰ - ۲/۰۰	Min - Max	
۶	۶	۶	۶	۶	N	
۴۳/۰۰ ± ۳/۰۰	۴۸/۰۰ ± ۱۰/۰۰	۵۶/۰۰ ± ۴/۰۰	۵۸/۰۰ ± ۸/۰۰	۶۰/۰۰ ± ۶/۰۰	Mean±SE	TA(mgCaCO3/l)
۴۰/۰۰ - ۴۶/۰۰	۳۸/۰۰ - ۵۸/۰۰	۵۲/۰۰ - ۶۰/۰۰	۵۰/۰۰ - ۶۶/۰۰	۵۴/۰۰ - ۶۶/۰۰	Min - Max	
۶	۶	۶	۶	۶	N	
۲/۱۳ ± ۰/۶۸	۲/۹۱ ± ۱/۰۴	۲/۷۵ ± ۰/۷۷	۲/۱۹ ± ۰/۷۹	۲/۶۷ ± ۰/۹۴	Mean±SE	BOD ₅ (mg/l)
۰/۸۰ - ۵/۲۸	-۰/۴۸ - ۵/۷۶	-۰/۱۶ - ۴/۶۴	-۰/۹۶ - ۴/۴۸	۰/۶۴ - ۷/۰۴	Min - Max	
۶	۶	۶	۶	۶	N	
۴/۷۰ ± ۱/۲۸	۷/۰۲ ± ۲/۱۸	۵/۶۸ ± ۱/۴۲	۵/۴۸ ± ۱/۰۳	۵/۳۰ ± ۱/۳۴	Mean±SE	COD(mg/l)
۲/۰۰ - ۹/۴۰	۱/۶۰ - ۱۳/۶۰	۱/۷۰ - ۱۰/۳۰	۲/۵۰ - ۸/۶۰	۱/۷۰ - ۱۰/۵۰	Min - Max	
۶	۶	۶	۶	۶	N	
۸/۳۴ ± ۰/۱۲	۸/۵۵ ± ۰/۰۹	۸/۵۹ ± ۰/۰۹	۸/۵۱ ± ۰/۱۲	۸/۵۲ ± ۰/۱۱	Mean±SE	pH
۸/۰۵ - ۸/۸۰	۸/۲۳ - ۸/۸۶	۸/۳۶ - ۸/۹۱	۸/۲۳ - ۸/۸۷	۸/۲۴ - ۸/۸۶	Min - Max	
۶	۶	۶	۶	۶	N	
۲۷/۰۰ ± ۱/۰۰	۳۶/۰۰ ± ۶/۰۰	۴۴/۰۰ ± ۴/۰۰	۴۴/۰۰ ± ۶/۰۰	۴۶/۰۰ ± ۴/۰۰	Mean±SE	HCO ₃ ⁻ (mg/l)
۲۶/۰۰ - ۲۸/۰۰	۳۰/۰۰ - ۴۲/۰۰	۴۰/۰۰ - ۴۸/۰۰	۳۸/۰۰ - ۵۰/۰۰	۴۲/۰۰ - ۵۰/۰۰	Min - Max	
۶	۶	۶	۶	۶	N	
۱۶/۰۰ ± ۴/۰۰	۱۲/۰۰ ± ۴/۰۰	۱۲/۰۰	۱۴/۰۰ ± ۲/۰۰	۱۴/۰۰ ± ۲/۰۰	Mean±SE	CO ₃ ²⁻ (mg/l)
۱۲/۰۰ - ۲۰/۰۰	۸/۰۰ - ۱۶/۰۰	—	۱۲/۰۰ - ۱۶/۰۰	۱۲/۰۰ - ۱۶/۰۰	Min - Max	
۶	۶	۶	۶	۶	N	
۲۷۵/۱۶ ± ۲/۵۲	۲۵۹/۳۳ ± ۵/۲۰	۲۵۶/۸۳ ± ۳/۶۵	۲۵۹/۵۰ ± ۱۰/۵۴	۲۷۳/۶۶ ± ۲۵/۹۸	Mean±SE	TH(mg/l)
۲۷۱/۵۰ - ۲۸۰/۰۰	۲۵۰/۰۰ - ۲۶۸/۰۰	۲۵۰/۰۰ - ۲۶۲/۵۰	۲۴۱/۰۰ - ۲۷۷/۵۰	۲۴۱/۰۰ - ۳۲۵/۰۰	Min - Max	
۶	۶	۶	۶	۶	N	
۰/۲۶۲ ± ۰/۰۰۶	۰/۲۰۸ ± ۰/۰۳۷	۰/۲۴۶ ± ۰/۰۰۹	۰/۲۵۰ ± ۰/۰۰۹	۰/۲۶۹ ± ۰/۰۱۹	Mean±SE	TDS(mg/l)
۰/۲۳۵ - ۰/۲۷۰	۰/۰۲۷ - ۰/۲۷۰	۰/۲۲۰ - ۰/۲۷۵	۰/۲۱۰ - ۰/۲۷۵	۰/۲۱۰ - ۰/۳۴۵	Min - Max	
۶	۶	۶	۶	۶	N	
۳۳/۱۴ ± ۱/۴۸	۲۹/۳۶ ± ۲/۰۳	۲۹/۳۰ ± ۲/۲۰	۳۰/۳۱ ± ۱/۸۹	۳۲/۲۶ ± ۲/۷۵	Mean±SE	Cl-(mg/l)
۲۹/۲۴ - ۳۸/۹۹	۲۳/۰۴ - ۳۵/۴۵	۲۳/۰۴ - ۳۷/۲۲	۲۳/۷۵ - ۳۷/۲۲	۲۳/۷۵ - ۴۰/۷۶	Min - Max	
۶	۶	۶	۶	۶	N	
۵۸/۴۵ ± ۴/۵۲	۵۴/۶۷ ± ۶/۱۳	۵۴/۱۵ ± ۶/۲۶	۵۵/۵۳ ± ۵/۶۲	۵۷/۷۵ ± ۶/۹۹	Mean±SE	Ca ²⁺ (mg/l)
۴۸/۰۹ - ۷۲/۱۴	۴۲/۰۸ - ۷۴/۸۱	۳۹/۷۰ - ۷۴/۸۱	۳۸/۶۰ - ۷۴/۸۱	۳۸/۶۰ - ۸۰/۱۶	Min - Max	
۶	۶	۶	۶	۶	N	

ادامه جدول ضمیمه ۱: میانگین (\pm خطای معیار) پارامترهای محیطی در ایستگاه های دریاچه پشت سد شهید رجایی (ساری، مازندران - ۱۳۹۱)

خروجی	تاج	تلاقی	سفید رود	شیرین رود	ایستگاه	
					پارامترهای محیطی	
۳۵/۰۰ \pm ۰/۷۲	۳۴/۹۱ \pm ۱/۲۲	۳۴/۶۱ \pm ۱/۰۳	۳۴/۷۰ \pm ۰/۷۴	۳۶/۰۲ \pm ۲/۰۹	Mean \pm SE	Mg ²⁺ (mg/l)
۳۱/۵۹ - ۳۶/۸۱	۳۱/۵۹ - ۳۹/۴۰	۳۱/۵۹ - ۳۸/۲۰	۳۱/۵۹ - ۳۷/۰۵	۳۱/۵۹ - ۴۶/۱۷	Min - Max	
۶	۶	۶	۶	۶	N	
۰/۰۴۶ \pm ۰/۰۱۰	۰/۰۵۰ \pm ۰/۰۱۱	۰/۰۴۵ \pm ۰/۰۱۰	۰/۰۵۱ \pm ۰/۰۰۸	۰/۰۵۶ \pm ۰/۰۱۱	Mean \pm SE	PO ₄ ⁻ /P mg/l
۰/۰۱۳ - ۰/۰۸۰	۰/۰۱۱ - ۰/۰۸۳	۰/۰۱۱ - ۰/۰۸۰	۰/۰۲۵ - ۰/۰۷۷	۰/۰۲۵ - ۰/۰۹۳	Min - Max	
۶	۶	۶	۶	۶	N	
۰/۰۰۶ \pm ۰/۰۰۲	۰/۰۱۱ \pm ۰/۰۰۳	۰/۰۱۲ \pm ۰/۰۰۴	۰/۰۱۳ \pm ۰/۰۰۴	۰/۰۱۴ \pm ۰/۰۰۵	Mean \pm SE	NO ₂ ⁻ /N (mg/l)
۰/۰۰۳ - ۰/۰۱۳	۰/۰۰۵ - ۰/۰۲۶	۰/۰۰۳ - ۰/۰۲۹	۰/۰۰۴ - ۰/۰۳۳	۰/۰۰۶ - ۰/۰۴۱	Min - Max	
۶	۶	۶	۶	۶	N	
۰/۰۳۳ \pm ۰/۰۱۲	۰/۰۲۸ \pm ۰/۰۰۸	۰/۰۴۰ \pm ۰/۰۱۱	۰/۰۲۷ \pm ۰/۰۰۵	۰/۰۳۹ \pm ۰/۰۱۲	Mean \pm SE	NH ₄ ⁺ /N (mg/l)
۰/۰۰۸ - ۰/۰۸۴	۰/۰۲۰ - ۰/۰۶۸	۰/۰۰۹ - ۰/۰۸۵	۰/۰۱۲ - ۰/۰۴۲	۰/۰۱۱ - ۰/۰۹۵	Min - Max	
۶	۶	۶	۶	۶	N	
۰/۷۶۰ \pm ۰/۰۶۳	۰/۸۳۱ \pm ۰/۰۶۳	۰/۷۱۲ \pm ۰/۰۵۷	۰/۷۲۱ \pm ۰/۰۵۹	۰/۷۶۸ \pm ۰/۰۸۸	Mean \pm SE	NO ₃ ⁻ /N mg/l
۰/۶۳۱ - ۱/۰۴	۰/۶۲۸ - ۱/۰۷۲	۰/۶۰۸ - ۰/۹۷۴	۰/۵۹۷ - ۰/۹۳۷	۰/۶۰۴ - ۱/۱۵۳	Min - Max	
۶	۶	۶	۶	۶	N	
۰/۵۲۳ \pm ۰/۰۱۱	۰/۴۱۶ \pm ۰/۰۷۴	۰/۴۹۲ \pm ۰/۰۱۸	۰/۵۰۰ \pm ۰/۰۱۸	۰/۵۳۸ \pm ۰/۰۳۸	Mean \pm SE	EC(ms/cm)
۰/۴۷۰ - ۰/۵۴۰	۰/۰۵۴ - ۰/۵۴۰	۰/۴۴۰ - ۰/۵۵۰	۰/۴۲۰ - ۰/۵۵۰	۰/۴۲۰ - ۰/۶۹۰	Min - Max	
۶	۶	۶	۶	۶	N	
۳/۵۸ \pm ۱/۴۴	۱۴/۲۰ \pm ۱/۵۷	۵/۶۰ \pm ۱/۱۵	۲۳/۱۲ \pm ۱۷/۳۳	۲۹/۰۷ \pm ۲۲/۰۵	Mean \pm SE	Chl a(mg/m ³)
۱/۷۵ - ۱۰/۸۰	۲/۴۱ - ۶۷/۰۳	۲/۶۵ - ۱۰/۳۴	۲/۳۵ - ۱۰/۹۵۳	۱/۷۶ - ۱۳۸/۶۸	Min - Max	
۶	۶	۶	۶	۶	N	

جدول ضمیمه ۲: مقادیر پارامترهای محیطی در ایستگاه ه شیرین رود سد شهید رجایی-ساری (سال ۱۳۹۱)

شیرین رود						ایستگاه
بهمن	آبان	شهریور	مرداد	تیر	خرداد	پارامترهای محیطی
۸/۲۰	۱۸/۸۰	۲۴/۱۰	۲۷/۰۰	۲۶/۰۰	۲۳/۰۰	درجه حرارت آب (°C)
۶/۰۰	۱۹/۵۰	۲۲/۰۰	۳۱/۰۰	۲۹/۰۰	۲۸/۰۰	درجه حرارت هوا (°C)
۹/۹۲	۹/۲۸	۱۰/۴۰	۶/۲۴	۱۴/۴۰	۱۲/۳۲	DO(mg/l)
۱/۵۰	۲/۰۰	۱/۴۰	۱/۲۰	۱/۰۰	—	SD(cm)
—	—	—	۵۴/۰۰	۶۶/۰۰	—	TA(mgCaCO3/l)
۰/۶۴	۱/۲۸	۲/۲۴	۱/۷۶	۷/۰۴	۳/۰۴	BOD5(mg/l)
۱/۷۰	۲/۲۰	۴/۳۰	۶/۵۰	۱۰/۵۰	۶/۶۰	COD(mg/l)
۸/۲۹	۸/۸۶	۸/۳۷	۸/۴۸	۸/۸۶	۸/۲۴	pH
—	—	—	۴۲/۰۰	۵۰/۰۰	—	HCO ₃ ⁻ (mg/l)
—	—	—	۱۲/۰۰	۱۶/۰۰	—	CO ₃ ⁻ (mg/l)
—	—	—	۲۵۵/۰۰	۲۴۱/۰۰	۳۲۵/۰۰	TH(mg/l)
۰/۲۸۵	۰/۲۸۰	۰/۲۵۵	۰/۲۴۰	۰/۲۱۰	۰/۳۴۵	TDS(mg/l)
۴۰/۷۶	۳۸/۹۹	۳۰/۱۳	۲۶/۵۸	۲۳/۷۵	۳۳/۳۲	Cl ⁻ (mg/l)
۸۰/۱۶	۷۷/۴۸	۵۰/۱۰	۴۶/۰۹	۳۸/۶۰	۵۴/۱۰	Ca ²⁺ (mg/l)
۳۱/۵۹	۳۴/۰۲	۳۵/۲۳	۳۴/۰۲	۳۵/۱۰	۴۶/۱۷	Mg ²⁺ (mg/l)
۰/۰۹۳	۰/۰۸۳	۰/۰۵۵	۰/۰۳۷	۰/۰۴۵	۰/۰۲۵	PO ₄ ³⁻ /P mg/l
۰/۰۱۰	۰/۰۰۷	۰/۰۰۷	۰/۰۱۴	۰/۰۰۶	۰/۰۴۱	NO ₂ ⁻ /N (mg/l)
۰/۰۳۲	۰/۰۱۱	۰/۰۲۲	۰/۰۲۵	۰/۰۴۸	۰/۰۹۵	NH ₄ ⁺ /N (mg/l)
۰/۷۱۴	۰/۶۱۵	۰/۶۰۴	۰/۰۶۴	۱/۱۵۳	۰/۸۸۵	NO ₃ ⁻ mg/lN
۰/۵۷۰	۰/۵۶۰	۰/۵۱۰	۰/۴۸۰	۰/۴۲۰	۰/۶۹۰	EC (ms/cm)
۲/۴۳	۱۶/۳۳	۳/۲۱	۱/۷۷	۱۳۸/۶۸	۱۲/۰۳	Chl a(mg/m ³)

جدول ضمیمه ۳: مقادیر پارامترهای محیطی در ایستگاه سفید رود سد شهید رجایی-ساری (سال ۱۳۹۱)

سفیدرود						ایستگاه
بهمن	آبان	شهریور	مرداد	تیر	خرداد	پارامترهای محیطی
۸/۵۰	۱۷/۰۰	۲۴/۱۰	۲۷/۰۰	۲۶/۵۰	۲۴/۰۰	درجه حرارت آب (°C)
۶/۰۰	۲۰/۰۰	۲۲/۳۰	۳۱/۰۰	۲۷/۰۰	۲۸/۰۰	درجه حرارت هوا (°C)
۱۰/۰۸	۹/۷۶	۱۰/۲۴	۱۱/۳۶	۱۳/۱۲	۱۰/۴۰	DO(mg/l)
۱/۰۰	۰/۵۰	۲/۴۰	۰/۴۵	۰/۲۰	—	SD(cm)
—	—	—	۵۰/۰۰	۶۶/۰۰	—	TA(mgCaCO3/l)
۰/۹۶	۱/۹۲	۲/۷۲	۴/۴۸	۳/۶۸	۱/۲۸	BOD5(mg/l)
۲/۵۰	۳/۶۰	۴/۵۰	۸/۴۰	۸/۶۰	۵/۳۰	COD(mg/l)
۸/۴۹	۸/۸۴	۸/۲۴	۸/۴۱	۸/۸۷	۸/۲۳	pH
—	—	—	۳۸/۰۰	۵۰/۰۰	—	HCO ₃ ⁻ (mg/l)
—	—	—	۱۲/۰۰	۱۶/۰۰	—	CO ₃ ⁻ (mg/l)
—	—	—	۲۶۰/۰۰	۲۴۱/۰۰	۲۷۷/۵۰	TH(mg/l)
۰/۲۷۵	۰/۲۶۰	۰/۲۶۰	۰/۲۴۵	۰/۲۱۰	۰/۲۵۰	TDS(mg/l)
۳۷/۲۲	۳۱/۹۰	۳۱/۹۰	۲۶/۹۴	۲۳/۷۵	۳۰/۱۳	Cl ⁻ (mg/l)
۷۴/۸۱	۶۹/۴۷	۵۲/۱۰	۴۸/۰۹	۳۸/۶۰	۵۰/۱۰	Ca ²⁺ (mg/l)
۳۱/۵۹	۳۵/۲۳	۳۵/۲۳	۳۴/۰۲	۳۵/۱۰	۳۷/۰۵	Mg ²⁺ (mg/l)
۰/۰۷۷	۰/۰۷۲	۰/۰۵۱	۰/۰۳۹	۰/۰۴۰	۰/۰۲۵	PO ₄ 3 ⁻ /P mg/l
۰/۰۰۸	۰/۰۰۸	۰/۰۰۹	۰/۰۱۶	۰/۰۰۴	۰/۰۳۳	NO ₂ ⁻ /N (mg/l)
۰/۰۱۲	۰/۰۱۶	۰/۰۲۶	۰/۰۲۹	۰/۰۴۲	۰/۰۳۶	NH ₄ ⁺ /N (mg/l)
۰/۶۵۶	۰/۵۹۷	۰/۶۰۶	۰/۶۶۳	۰/۹۳۷	۰/۸۶۴	NO ₃ ⁻ mg/lN
۰/۵۵۰	۰/۵۲۰	۰/۵۲۰	۰/۴۹۰	۰/۴۲۰	۰/۵۰۰	EC (ms/cm)
۲/۹۵	۱۰/۳۶	۴/۵۶	۹/۰۰	۱۰۹/۵۴	۲/۳۵	Chl a(mg/m ³)

جدول ضمیمه ۴: مقادیر پارامترهای محیطی در ایستگاه تلاقی دو سر شاخه سد شهید رجایی-ساری (سال ۱۳۹۱)

تلاقی دو سر شاخه						ایستگاه
بهمن	آبان	شهریور	مرداد	تیر	خرداد	پارامترهای محیطی
۸/۵۰	۱۹/۰۰	۲۴/۱۰	۲۷/۰۰	۲۶/۰۰	۲۴/۰۰	درجه حرارت آب (C)
۷/۰۰	۱۹/۲۰	۲۳/۲۰	۳۱/۰۰	۲۷/۰۰	۲۸/۰۰	درجه حرارت هوا (C)
۸/۹۶	۸/۳۲	۹/۷۶	۱۰/۷۲	۱۳/۱۲	۱۲/۱۶	DO(mg/l)
۳/۵۰	۲/۰۰	۵/۰۰	۱/۰۰	۱/۵۰	—	SD(cm)
—	—	—	۵۲/۰۰	۶۰/۰۰	—	TA(mgCaCO3/l)
۰/۱۶	۱/۹۲	۴/۱۶	۴/۶۴	۴/۱۶	۱/۷۶	BOD5(mg/l)
۱/۷۰	۳/۴۰	۵/۶۰	۱۰/۳۰	۹/۴۰	۳/۷۰	COD(mg/l)
۸/۶۶	۸/۹۱	۸/۳۶	۸/۴۶	۸/۷۲	۸/۴۱	pH
—	—	—	۴۰/۰۰	۴۸/۰۰	—	HCO ₃ ⁻ (mg/l)
—	—	—	۱۲/۰۰	۱۲/۰۰	—	CO ₃ ⁻ (mg/l)
—	—	—	۲۵۰/۰۰	۲۵۸/۰۰	۲۶۲/۵۰	TH(mg/l)
۰/۲۷۵	۰/۲۶۵	۰/۲۵۵	۰/۲۳۵	۰/۲۲۰	۰/۲۲۵	TDS(mg/l)
۳۷/۲۲	۳۳/۶۷	۳۰/۱۳	۲۶/۲۳	۲۵/۵۲	۲۳/۰۴	Cl ⁻ (mg/l)
۷۴/۸۱	۷۲/۱۴	۵۰/۱۰	۴۴/۰۸	۳۹/۷۰	۴۴/۰۸	Ca ²⁺ (mg/l)
۳۱/۵۹	۳۲/۸۰	۳۴/۰۲	۳۴/۰۲	۳۸/۲۰	۳۷/۰۵	Mg ²⁺ (mg/l)
۰/۰۸۰	۰/۰۶۳	۰/۰۴۸	۰/۰۴۵	۰/۰۲۳	۰/۰۱۱	PO ₄ ³⁻ /P mg/l
۰/۰۰۵	۰/۰۰۶	۰/۰۰۸	۰/۰۱۷	۰/۰۰۳	۰/۰۲۹	NO ₂ ⁻ /N (mg/l)
۰/۰۰۹	۰/۰۲۰	۰/۰۲۸	۰/۰۴۶	۰/۰۵۲	۰/۰۸۵	NH ₄ ⁺ /N (mg/l)
۰/۶۵۸	۰/۶۰۸	۰/۶۱۳	۰/۶۶۸	۰/۹۷۴	۰/۷۵۳	NO ₃ ⁻ mg/lN
۰/۵۵۰	۰/۵۳۰	۰/۵۱۰	۰/۴۷۰	۰/۴۴۰	۰/۴۵۰	EC (ms/cm)
۲/۶۵	۳/۹۵	۴/۹۹	۴/۱۶	۱۰/۳۴	۷/۵۴	Chl a(mg/m ³)

جدول ضمیمه ۵: مقادیر پارامترهای محیطی در ایستگاه تاج سد شهید رجایی-ساری (سال ۱۳۹۱)

تاج						ایستگاه
بهمن	آبان	شهریور	مرداد	تیر	خرداد	پارامترهای محیطی
۱۰/۰۰	۱۹/۰۰	۲۳/۷۰	۲۷/۰۰	۲۶/۰۰	۲۴/۰۰	درجه حرارت آب (°C)
۷/۰۰	۱۹/۰۰	۲۴/۷۰	۳۱/۰۰	۲۸/۰۰	۲۸/۰۰	درجه حرارت هوا (°C)
۸/۳۲	۸/۰۰	۱۰/۸۸	۱۱/۵۲	۱۱/۲۰	۱۱/۲۰	DO(mg/l)
۵/۵۰	۲/۵۰	۶/۵۰	۱/۵۰	۲/۰۰	—	SD(cm)
—	—	—	۵۸/۰۰	۳۸/۰۰	—	TA(mgCaCO3/l)
۰/۴۸	۱/۷۶	۵/۱۲	۵/۷۶	۴/۴۸	۰/۸۰	BOD5(mg/l)
۱/۶۰	۲/۹۰	۱۳/۶۰	۱۱/۹۰	۹/۷۰	۲/۴۰	COD(mg/l)
۸/۶۰	۸/۸۶	۸/۲۳	۸/۵۱	۸/۷۴	۸/۳۸	pH
—	—	—	۴۲/۰۰	۳۰/۰۰	—	HCO ₃ ⁻ (mg/l)
—	—	—	۱۶/۰۰	۸/۰۰	—	CO ₃ ⁻ (mg/l)
—	—	—	۲۵۰/۰۰	۲۶۸/۰۰	۲۶۰/۰۰	TH(mg/l)
۰/۰۲۷	۰/۲۷۰	۰/۲۶۰	۰/۲۳۵	۰/۲۳۰	۰/۲۲۵	TDS(mg/l)
۳۳/۶۷	۳۵/۴۵	۳۱/۹۰	۲۶/۲۳	۲۵/۸۷	۲۳/۰۴	Cl ⁻ (mg/l)
۷۲/۱۴	۷۴/۸۱	۵۲/۱۰	۴۴/۰۸	۴۲/۸۰	۴۲/۰۸	Ca ²⁺ (mg/l)
۳۱/۵۹	۳۲/۸۰	۳۴/۰۲	۳۴/۰۲	۳۹/۴۰	۳۷/۶۶	Mg ²⁺ (mg/l)
۰/۰۸۳	۰/۰۶۸	۰/۰۵۷	۰/۰۵۸	۰/۰۲۳	۰/۰۱۱	PO ₄ ³⁻ /P mg/l
۰/۰۰۶	۰/۰۰۸	۰/۰۰۸	۰/۰۱۳	۰/۰۰۵	۰/۰۲۶	NO ₂ ⁻ /N (mg/l)
۰/۰۲۰	۰/۰۲۲	۰/۰۲۷	۰/۰۳۸	۰/۰۵۴	۰/۰۶۸	NH ₄ ⁺ /N (mg/l)
۰/۷۳۴	۰/۷۸۱	۰/۶۲۸	۰/۹۱۰	۱/۰۷۲	۰/۸۵۸	NO ₃ ⁻ mg/lN
۰/۰۵۴	۰/۵۴۰	۰/۵۲۰	۰/۴۷۰	۰/۴۶۰	۰/۴۵۰	EC (ms/cm)
۲/۴۱	۲/۶۲	۴/۶۳	۴/۶۷	۶۷/۰۴	۳/۸۵	Chl a(mg/m ³)

جدول ضمیمه ۶: مقادیر پارامترهای محیطی در خروجی سد شهید رجایی - ساری (سال ۱۳۹۱)

خروجی						ایستگاه
بهمن	آبان	شهریور	مرداد	تیر	خرداد	پارامترهای محیطی
۶/۰۰	۱۴/۷۰	۱۹/۲۰	۱۶/۰۰	۱۳/۹۰	۱۲/۰۰	درجه حرارت آب (°C)
۶/۰۰	۱۹/۳۰	۲۰/۶۰	۲۲/۰۰	۲۶/۰۰	۲۸/۰۰	درجه حرارت هوا (°C)
۸/۹۶	۸/۳۲	۱۱/۵۲	۸/۸۰	۸/۴۸	۹/۶۰	DO(mg/l)
—	۰/۶۰	—	—	—	—	SD(cm)
—	—	—	۴۶/۰۰	۴۰/۰۰	—	TA(mgCaCO3/l)
۱/۲۸	۱/۱۲	۱/۶۰	۵/۲۸	۲/۷۲	۰/۸۰	BOD5(mg/l)
۲/۸۰	۲/۰۰	۳/۶۰	۹/۴۰	۷/۹۰	۲/۵۰	COD(mg/l)
۸/۶۱	۸/۸۰	۸/۱۶	۸/۲۱	۸/۰۵	۸/۱۹	pH
—	—	—	۲۶/۰۰	۲۸/۰۰	—	HCO ₃ ⁻ (mg/l)
—	—	—	۲۰/۰۰	۱۲/۰۰	—	CO ₃ ⁻ (mg/l)
—	—	—	۲۸۰/۰۰	۲۷۴/۰۰	۲۷۱/۵۰	TH(mg/l)
۰/۲۷۰	۰/۲۷۰	۰/۲۷۰	۰/۲۶۵	۰/۲۶۰	۰/۲۳۵	TDS(mg/l)
۳۳/۶۷	۳۵/۴۵	۳۸/۹۹	۳۰/۸۴	۳۰/۶۶	۲۹/۲۴	Cl-(mg/l)
۷۲/۱۴	۷۲/۱۴	۵۶/۱۱	۵۴/۱۰	۴۸/۱۰	۴۸/۰۹	Ca ²⁺ (mg/l)
۳۱/۵۹	۳۵/۲۳	۳۵/۲۳	۳۵/۲۳	۳۵/۹۰	۳۶/۸۱	Mg ²⁺ (mg/l)
۰/۰۸۰	۰/۰۶۶	۰/۰۴۸	۰/۰۳۳	۰/۰۳۷	۰/۰۱۳	PO ₄ ³⁻ /P mg/l
۰/۰۰۵	۰/۰۰۸	۰/۰۰۳	۰/۰۰۳	۰/۰۰۷	۰/۰۱۳	NO ₂ ⁻ /N (mg/l)
۰/۰۰۸	۰/۰۱۳	۰/۰۱۸	۰/۰۲۴	۰/۰۵۲	۰/۰۸۴	NH ₄ ⁺ /N (mg/l)
۰/۷۸۵	۰/۶۸۷	۰/۶۳۱	۰/۶۵۲	۱/۰۴۹	۰/۷۵۷	NO ₃ ⁻ mg/lN
۰/۵۴۰	۰/۵۴۰	۰/۵۴۰	۰/۵۳۰	۰/۵۲۰	۰/۴۷۰	EC (ms/cm)
۲/۱۰	۲/۲۰	۱/۷۶	۱/۹۴	۲/۷۰	۱۰/۸۰	Chl a(mg/m ³)

Abstract

The water quality provides the valuable information about the available resources for human usage. The reservoirs are the important resources of surface water which could be considered as an appropriate water resource for irrigation, drinking water and also fish culturing. The Shahid Rajaei Reservoir- Sari is an important reservoir in Iran, which conducted to study on its water quality in this survey. In this study, some of the physico-chemical parameters and Chlorophyll- a of Shahid Rajaei reservoir were measured at 4 stations (Shirin Roud branch, Sefid Roud branch, the crossing point of branches, near the tower) during six sampling months (June, July, August, September, November and February) in 2012-2013. The water quality and trophic status of reservoir calculated based on some reference values and the modified Carlson formula. The results showed that the mean (\pm Standard Error) of temperature, dissolved oxygen, pH, phosphate, ammonium and nitrate concentrations and Chlorophyll a were $21.35 (\pm 1.30) ^\circ\text{C}$, $10.48 (\pm 0.37)$, $8.54 (\pm 0.04)$, $0.050 (\pm 0.004)$, $0.036 (\pm 0.004)$, $0.75 (\pm 0.03) \text{ mg/l}$ and $18.00 (\pm 7.23) \text{ mg/m}^3$, respectively.

In the present study, temperature between surface and deep layer was stratified in June and July, which the stratification was registered 0.47 and $0.69 ^\circ\text{C}$ decreases with increasing of each meter depth in 15 to 30 meter column. But, these changes for each increasing meter of water depth were 0.2 to $0.26 ^\circ\text{C}$ in August and September, respectively, and finally was close to zero in November. In the warm months (July, August and September) with the formation of thermal stratification in the reservoir was formed oxygen stratification, but in the cold season (November and February), with vertical mixing of water oxygen and percent saturation of the reservoir was nearly homogeneous.

The results showed that the European authorities (OECD) trophic status varied between mezotrophic to hypertrophic during the sampling period at all stations. The comparison with the values listed in the references of Iranian dams based on transparency and chlorophyll variables showed similar results. However, phosphorus variable (due to limited for phytoplankton) was not showing the true conditions of trophic status. As a conclusion, trophic status of Shahid Rajaei dam based on Carlson trophic index (TSI) was obtained oligotrophic (May and October), mezotrophic (February) and eutrophic (August and September) condition during different months. Therefore, water management of the reservoir was more attention during warm months.

Keywords: Water Quality, Trophic State, Shahid Rajaei Reservoir, Sari, Mazandaran

Ministry of Jihad – e – Agriculture
AGRICULTURAL RESEARCH, EDUCATION & EXTENSION ORGANIZATION
Iranian Fisheries Science Research Institute – Caspian Sea Ecology Research Center

Project Title : Determination of water quality characteristics of Shahid Rajaei reservoir (Sari) based on physic-chemical parameters

Approved Number:14-76-12-9254-92001

Author: Hassan Nasrollahzadeh Saravi

Project Researcher : Hassan Nasrollahzadeh Saravi

Collaborator(s) : Ramin, M., Negarstan, H., Afraei, M., Vahedi, F., Makhlogh, A., Safari, R., Olomi, Y., Nasrollatabar, A., Yaghobzadeh, Z ., Ghiasi, M., Ramzani, H., Pourang, N., Pourgholam, R., Ebrahimzadeh, M., Tahmasbi, M.

Advisor(s): -

Supervisor: -

Location of execution : Mazandaran province

Date of Beginning : 2013

Period of execution : 2 Years & 6 Months

Publisher : Iranian Fisheries Science Research Institute

Date of publishing : 2016

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 -Caspian Sea Ecology Research Center

Project Title :
Determination of water quality characteristics of Shahid
Rajaei reservoir (Sari) based on physic-chemical
parameters

Project Researcher :
Hassan Nasrollahzadeh Saravi

Register NO.

49630