مقاله علمی–پژوهشی:

بررسی عوامل فیزیکی و شیمیایی آب دریاچه سد گاران مریوان به منظور فعالیت‌های آبزی‌پروری

عرفان کریمیان*[۱]، حبیب‌اله محمدی[۱]، ادریس قادری[۱]، حمید حسین‌پور[۲]، نظیر واحدی[۲]

*Erfankarimian88@gmail.com

۱- گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه کردستان، سنندج، ایران.
۲- مدیریت شیلات و امور آبزیان، سازمان جهاد کشاورزی کردستان، سنندج، ایران.

تاریخ دریافت: مرداد ۱۳۹۸ تاریخ پذیرش: بهمن ۱۳۹۸

چکیده

استان کردستان از نظر آب‌های سطحی و زیرزمینی یکی از استان‌های مهم کشور محسوب می‌گردد و سد گاران مریوان می‌تواند نقش مهمی را در فعالیت‌های شیلاتی و آبزی‌پروری داشته باشد. بدین منظور مطالعه حاضر با بررسی ۲۲ عامل فیزیکی و شیمیایی آب دریاچه سد گاران از مرداد ۱۳۹۶ لغایت تیر ۱۳۹۷ در ۴ ایستگاه انجام گردید. نتایج نشان داد که میانگین دمای آب دریاچه ۶/۷±۱۱/۱۳ درجه سانتی‌گراد و غلظت اکسیژن محلول لایه سطحی و عمقی به‌ترتیب ۸/۴۴ و ۳/۸۷ میلی‌گرم بر لیتر بود. همچنین نشان داده شد که لایه ترموکلاین و اکسی‌کلاین از خرداد شروع و در آذر از بین می‌رود. میانگین pH ۷/۹۹ و شفافیت نسبتاً بالا (۲/۰۳ متر) بود. میانگین سالانه قلیائیت، BOD_5، COD، TSS، TDS و هدایت الکتریکی به‌ترتیب برابر با ۱۳۸/۵۹، ۱/۳۲، ۲۵/۰۲، ۰/۰۴۷، ۱۵۶/۹۱ میلی‌گرم بر لیتر و ۲۴۲/۱۸ میکروموس بر سانتی‌متر به‌دست آمد. همچنین میانگین غلظت مواد مغذی نیز در دامنه قابل قبول قرار داشت. به طور کلی، اگرچه تغییرات فصلی و مکانی در مقادیر بعضی عوامل مشاهده گردید اما طبق نتایج خصوصیات فیزیکوشیمیایی، سد گاران برای فعالیت‌های آبزی‌پروری با الگوی استاندارد مطلوب است.

لغات کلیدی: عوامل فیزیکی و شیمیایی، آبزی‌پروری، سد گاران، استان کردستان

*نویسنده مسئول

[Downloaded from isfj.ir on 2025-08-02]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1399.29.5.3.9]

مقدمه

آبهای داخلی جزو مهم‌ترین منابع با استراتژی خاص در گذشته، حال و آینده است. نیاز ضروری انسان به آب و حفظ شرایط طبیعی زندگی انسان روی کره زمین و همچنین افزایش جمعیت بشری، فشار بی سابقه‌ای را به منابع آبی وارد کرده است. مدیریت کیفیت آب در مخازن سدها نیازمند مطالعه و ارزیابی تغییرات کیفیت آب و شناخت پدیده‌هایی است که به صورت طبیعی یا مصنوعی در آن اتفاق می‌افتد که بخشی از این ارزیابی و شناخت می‌تواند با پایش کیفیت آب مخزن سد به‌دست آید. با وجود فشارهای فزآینده‌ای که در اثر رشد جمعیت بر منابع محدود کنونی وارد می‌شود، نیاز به شناخت هرچه بیشتر منابع آبی و آبزیان به منظور اعمال مدیریت صحیح شیلاتی بیشتر احساس می‌شود (عباسی و همکاران، ۱۳۸۶). به‌طورکلی، میزان تغییرات در اکوسیستم‌های آبی طبیعی یا مصنوعی همواره در دنیا مورد توجه لیمنولوژیست‌ها و اکولوژیست‌ها بوده است تا برنامه‌هایی را برای طبقه‌بندی و پایش زیستی شرایط اکولوژیک توسعه دهند.

ماهی‌دار کردن منابع آبهای داخلی از وظایف اساسی شیلات است که هر ساله به منظور بکارگیری توان تولید طبیعی آنها صورت می‌گیرد. به منظور بهره‌برداری بهینه از توان تولیدی منابع آبی و جلوگیری از کاهش میزان تولید ماهی در این منابع سالانه عملیات رهاسازی بچه ماهیان گرمابی در منابع آبهای طبیعی و نیمه طبیعی کشور انجام می‌شود (حسین زاده صحافی، ۱۳۸۶). در بسیاری از کشورهای توسعه یافته، رهاسازی و معرفی گونه‌های جدید و بازسازی ذخایر آبزیان از روش‌های متداولی است که برای احیاء آبگیرهای مصنوعی و طبیعی، رودخانه‌ها، دریاچه‌ها و بعضاً در دریاها انجام می‌پذیرد. در پنجاه سال گذشته اقدامات زیادی در این زمینه صورت گرفته است به‌طوری‌که تاکنون بیش از ۵۴ مورد معرفی ۲۳۷ گونه در ۱۴۰ کشور انجام شده است (عبدالملکی و همکاران، ۱۳۹۳). میرزاجانی (۱۳۹۵) در بررسی دریاچه‌های شویر و میرزاخانلو استان زنجان مشاهده نمود که خصوصیات هیدروشیمی دریاچه برای آبزی‌پروری محدودیتی ایجاد نمی‌کند و با وجود برخی محدودیت‌های دمایی، آبزی‌پروری گسترده در این دریاچه‌ها امکان‌پذیر است. همچنین طی مطالعه لیمنولوژیک سد آزاد سنندج و بررسی عوامل فیزیکوشیمیایی آب دریاچه نشان داده شد که میانگین غلظت اکسیژن محلول در لایه‌های بالاتر از ۶۰ متر همواره بالاتر از ۵ میلی‌گرم بر لیتر بود و سایر عوامل مانند مواد مغذی، pH، هدایت الکتریکی، BOD5 و COD در مقایسه با استانداردهای پرورش آبزیان در محدوده مجاز قرار داشتند (نصراله‌زاده ساروی و همکاران، ۱۳۹۵).

استان کردستان به عنوان یکی از استان‌های مهم کشور از نظر آب‌های سطحی و زیرزمینی دارای شش حوضه آبریز عمده است که بخش عمده‌ای از منابع آبی ایران را تشکیل می‌دهد. در حال حاضر، وزارت نیرو در استان کردستان تعداد ۳۹ سد را در حال مطالعه، اجرای بدنه یا در دست بهره‌برداری دارد که از لحاظ رتبه تعداد سد در کشور، استان کردستان جایگاه چهاردهم را در بین ۳۱ استان کشور دارد. این تعداد سد در استان کردستان قابلیت تنظیم سالانه ۴/۵٪ از آبهای کشور را دارد و حدود ۲/۸٪ از حجم مخازن سدهای کشور را به‌خود اختصاص می‌دهد (شرکت منابع آب ایران، ۱۳۹۶). با توجه به این‌که سد گاران مریوان با حجم مخزن ۹۲ میلیون متر مکعب و مساحت حدود ۴۵۰ هکتار اخیراً آبگیری شده است، لذا می‌تواند یکی از استعدادهای بالقوه در زمینه فعالیت‌های شیلاتی و آبزی‌پروری به‌شمار آید که در این راستا مطالعه لیمنولوژی آن تدوین گردید. لذا، این مطالعه با بررسی عوامل فیزیکوشیمیایی آب دریاچه سد گاران همراه با تعیین تغییرات فصلی و مکانی و مقایسه با استاندارد مختلف آبزی‌پروری و دامنه مجاز آبزیان، می‌تواند اطلاعات پایه‌ای را برای پایش و مدیریت دریاچه فراهم نماید و اولین اقدامات در راستای پرورش آبزیان، اشتغال و رونق اقتصادی و حتی گردشگری منطقه باشد.

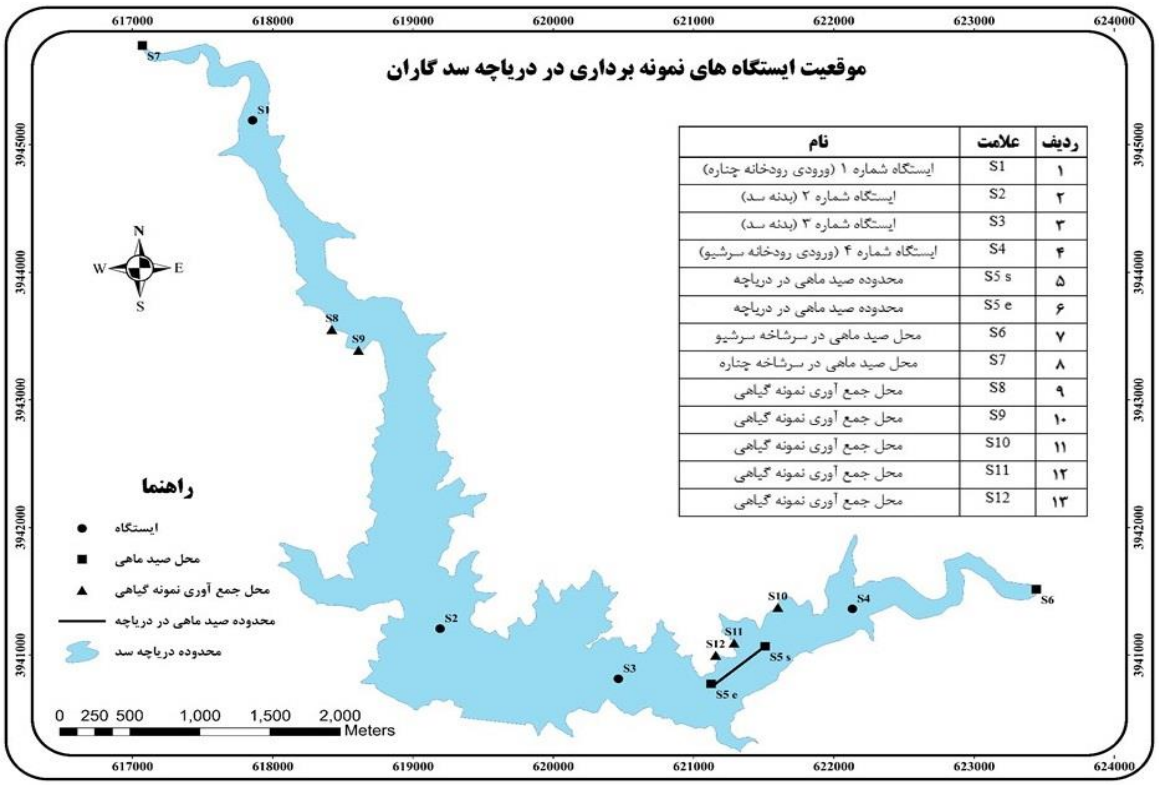
مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه و ایستگاه‌های نمونه‌برداری

دریاچه سد گاران در شهرستان مریوان در غرب استان کردستان با موقعیت طول جغرافیایی ´۱۹ °۴۶ و عرض جغرافیایی ´۳۶ °۳۵ روی شاخه اصلی رودخانه گاران و در حد فاصل دو روستای ویله و دویسه در مجاورت جاده مریوان به سقز قرار دارد. با توجه به بررسی‌های اولیه و مورفولوژی سد گاران و همچنین بر اساس شرح خدمات طرح، تعداد ۴ ایستگاه نمونه‌برداری (S1-S4) در موقعیت‌های مختلف (بر اساس ورودی‌ها و عمق‌های مختلف مخزن دریاچه سد) تعیین گردید (شکل ۱). با توجه به عمق ایستگاه، گروه شیلات دانشگاه کردستان در ایستگاه‌های ورودی شامل ایستگاه‌های ۱ و ۴ نمونه‌برداری را فقط از لایه سطحی و در ایستگاه‌های ۲ و ۳ واقع در بدنه دریاچه سد از سه لایه (لایه سطحی، لایه میانی و ۱ متر بالای بستر) به مدت یکسال (۹۷-۱۳۹۶) و به صورت ماهانه توسط انجام دادند.

[Downloaded from isfj.ir on 2025-08-02]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1399.29.5.3.9]



شکل ۱: نقشه دریاچه سد گاران مریوان و موقعیت ایستگاه‌های نمونه‌برداری (کردستان، سال ۹۷-۱۳۹۶)

Figure 1: Map of Marivan Garan dam and location of sampling stations (Kurdistan, 2017-2018)

روش‌های اندازه‌گیری

نمونه‌برداری از آب دریاچه سد با بطری روتنر صورت گرفت. برخی از عوامل فیزیکی و شیمیایی آب شامل pH، دما، اکسیژن محلول و هدایت الکتریکی در محل نمونه برداری با استفاده از دستگاه پرتابل (HQ 30d flexi) اندازه‌گیری شد. شفافیت آب با استفاده از صفحه سکشی به قطر ۲۵ سانتی‌متر و با توجه به دو عمق روئیت در زمان پایین فرستادن و بالا آوردن صفحه به‌دست آمد (Wetzel and likens, 1991). سایر عوامل فیزیکوشیمیایی پس از تهیه نمونه آب و انتقال آن، در آزمایشگاه بوم‌شناسی آبزیان دانشکده منابع طبیعی دانشگاه کردستان با استفاده از دستگاه فتومتر (Plaintest 8000) با استفاده از روش کار استاندارد «انجمن بهداشت عمومی آمریکا برای آزمایش آب»، اندازه‌گیری شدند (APHA[1], 2005;). مقایسه مقادیر عوامل فیزیکی و شیمیایی تحقیق حاضر با مقادیر استاندارد و دامنه طبیعی شرایط آبزی‌پروری مطابق با جدول ۱ و برخی کشورها انجام گردید.

نتایج

مقدار میانگین و انحراف معیار عوامل فیزیکی و شیمیایی مورد بررسی آب دریاچه پشت سد گاران طی دوره مطالعه در جدول ۲ ارائه شده است. تعیین میانگین دمای لایه سطحی آب دریاچه سد گاران نشان داد که کمترین و بیشترین میانگین آن به‌ترتیب در بهمن ماه (۶/۱ درجه سانتی‌گراد) و مرداد ماه (۲۶/۶۵ درجه سانتی‌گراد) به‌دست آمد. همچنین میانگین اکسیژن محلول در لایه‌های مورد بررسی ۶/۱۶ میلی‌گرم بر لیتر به‌دست آمد که بیشترین میزان آن در اسفند مشاهده گردید. میانگین کل pH آب دریاچه سد گاران ۷/۹۹ بود که بیشترین میزان آن در اردیبهشت اندازه‌گیری شد. سایر عوامل اندازه‌گیری شده طی ماه‌های مختلف در جدول ۲ ارائه شده است.

[1]- American Public Health Association

[Downloaded from isfj.ir on 2025-08-02]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1399.29.5.3.9]

جدول ۱: مقادیر استاندارد عوامل فیزیکی و شیمیایی آب شیرین جهت پرورش آبزیان (میرزاجانی، ۱۳۸۹)
Table 1: Standards values on physico-chemical parameters of fresh water in aquaculture (Mirzajani, 2010)

عامل	واحد	میزان/محدوده
دمای آب ماهیان گرم‌آبی	سانتی‌گراد	۱۸-۳۰
دمای آب ماهیان سردآبی	سانتی‌گراد	۴-۲۰
pH ماهیان گرم‌آبی	واحد	۶/۵-۹
pH ماهیان سردآبی	واحد	۶/۵-۸/۵
اکسیژن محلول (DO) ماهیان گرم‌آبی	میلی‌گرم بر لیتر	۴<
اکسیژن محلول (DO) ماهیان سردآبی	میلی‌گرم بر لیتر	۵<
شفافیت ماهیان گرم‌آبی	متر	۰/۳-۰/۵
شفافیت ماهیان سردآبی	متر	۰/۳-۱/۵
هدایت الکتریکی (EC)	میکروموس بر سانتی‌متر	۲۰۰۰
جامدات محلول کل (TDS) ماهیان گرم‌آبی	میلی‌گرم بر لیتر	۲۰۰۰
جامدات محلول کل (TDS) ماهیان سردآبی	میلی‌گرم بر لیتر	۲۴۰۰
جامدات معلق کل (TSS)	میلی‌گرم بر لیتر	۸۰<
دی‌اکسیدکربن (CO_2) ماهیان گرم‌آبی	میلی‌گرم بر لیتر	۰-۱۰
دی‌اکسیدکربن (CO_2) ماهیان سردآبی	میلی‌گرم بر لیتر	۰/۰۵>
آمونیاک غیریونیزه (NH_3) ماهیان گرم‌آبی	میلی‌گرم بر لیتر	۰/۰۳>
آمونیاک غیریونیزه (NH_3) ماهیان سردآبی	میلی‌گرم بر لیتر	۰/۰۱>
ازت نیتریتی	میلی‌گرم بر لیتر	آب سخت: ۰/۱۶۷، آب سبک: ۰/۰۳۱
ازت نیتراتی	میلی‌گرم بر لیتر	۴/۵۲
فسفات معدنی (PO_4^{3-})	میلی‌گرم بر لیتر	۰/۰۶۵>
فسفر کل	میلی‌گرم بر لیتر	۰/۰۱-۲
اکسیژن‌خواهی بیوشیمیایی (BOD_5)	میلی‌گرم بر لیتر	۰-۵
اکسیژن‌خواهی شیمیایی (COD)	میلی‌گرم بر لیتر	۲۰>

تغییرات شکست دمایی در شکل ۲ نشان داد که لایه ترموکلاین دریاچه سد گاران به صورت مشخص از خرداد ماه تشکیل و در آذر ماه از بین می‌رود. بیشترین شکست دمایی در ماه تیر (۱۳/۲ درجه سانتی‌گراد) مشاهده شد و با کاهش تدریجی به کمترین میزان خود در ماه آذر رسید.

[Downloaded from isfj.ir on 2025-08-02]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1399.29.5.3.9]

جدول ۲: میانگین (± انحراف معیار) عوامل فیزیکی و شیمیایی آب دریاچه سد گاران مریوان طی ماه‌های مختلف، ۱۳۹۷-۱۳۹۶

Table 2: Mean values (±SE) of physico-chemical parameters of Marivan Garan dam during different months, 2017-2018

عامل	مرداد ۹۶	شهریور ۹۶	مهر ۹۶	آبان ۹۶	آذر ۹۶	دی ۹۶
دمای هوا (درجه سانتی‌گراد)	۳۴±۳/۱۶	۲۸±۲/۹۱	۱۷/۵±۰/۵۷	۱۷/۵±۱/۲۲	۱۲±۲/۵۴	۷/۶۲±۴/۶۷
دمای آب سطحی (درجه سانتی‌گراد)	۲۶/۶۵±۱/۱۲	۲۱/۹۵±۰/۴۲	۱۵/۸۷±۰/۲۵	۱۳/۸۷±۰/۲۵	۸/۳۷±۰/۲۵	۶/۹۲±۰/۰۹
شفافیت (متر)	۲/۵۲±۰/۷۵	۱/۸۷±۰/۶۱	۲/۱۵±۰/۵۴	۲/۲۳±۰/۶۴	۲/۳۷±۰/۳۹	۲/۱۱±۱/۱۹
کدورت (NTU)	۳/۳۷±۱/۷۶	۳/۷۵±۲/۲۵	۴/۲۹±۰/۹۶	۴/۰۰±۱/۴۶	۲/۴۴±۰/۴۹	۲/۲۱±۰/۱۴
اکسیژن محلول (میلی‌گرم بر لیتر)	۴/۹۹±۱/۹۵	۴/۶۵±۲/۴۹	۴/۷۸±۲/۷	۴/۹۸±۳/۰۱	۶/۰۶±۲/۸۴	۷/۱۹±۲/۰۹
pH	۷/۹۹±۰/۳۲	۷/۹۲±۰/۳۳	۷/۹±۰/۳۴	۷/۸۸±۰/۳۴	۷/۹۲±۰/۲۸	۷/۹۳±۰/۱۸
هدایت الکتریکی (µmhos/cm)	۲۸۳/۶۲±۱۵/۱۲	۲۶۴/۷۵±۱۰/۳۶	۲۴۳/۳۷±۲/۳۸	۲۳۷±۶/۵	۲۲۴/۳۸±۱۷/۸۷	۲۱۵/۸۷±۱۱/۲۴
BOD_5 (میلی‌گرم بر لیتر)	۱/۵±۳/۲	۰/۵۶±۰/۸۲	۰	۰/۵۱±۰/۷۳	۰/۲۵±۰/۳۷	۰/۵۵±۱/۱۵
COD (میلی‌گرم بر لیتر)	۵۴/۵±۴۴/۵۸	۲۶/۲۵±۶/۴	۲۲/۲۵±۵/۹۷	۱۰/۰۰±۲/۹۳	۳۲/۷۵±۳/۴۱	۲۹/۲۵±۷/۹۲
دی‌اکسید کربن (میلی‌گرم بر لیتر)	۴/۱±۵/۰۴	۳/۰۱±۲/۳۱	۵/۱۱±۴/۲۶	۴/۹±۴/۰۹	۵/۶±۳/۹۵	۴/۵۸±۲/۴۸
فسفات معدنی (میلی‌گرم بر لیتر)	۰/۰۷±۰/۰۳	۰/۰۷۹±۰/۰۳	۰/۰۴±۰/۰۱	۰/۰۴±۰/۰۳	۰/۰۴±۰/۰۲	۰/۰۸±۰/۰۰۳
فسفر کل (میلی‌گرم بر لیتر)	۰/۱۵±۰/۰۳	۰/۱۳±۰/۰۴	۰/۰۵±۰/۰۱	۰/۰۵±۰/۰۱	۰/۱۲±۰/۰۳	۰/۱۱±۰/۰۰۵
نیتریت (میلی‌گرم بر لیتر)	۰/۰۰۱±۰/۰۰۱	۱/۳۱±۱/۳۶	۰/۰۱۴±۰/۰۱۱	۰/۱۸±۰/۳۱	۰/۰۵۸±۰/۰۲	۰/۰۱۸±۰/۰۲
نیترات (میلی‌گرم بر لیتر)	۰/۱۸±۰/۳۲	۴/۵۷±۲	۰/۱۶±۰/۱۱	۱/۰۸±۰/۲۱	۱/۵۲±۰/۴۱	۰/۶۲±۰/۲۵
آمونیوم (میلی‌گرم بر لیتر)	۰	۰	۰	۰/۰۵±۰/۱۴	۰	۰/۰۰۱±۰/۰۰۳
آمونیاک (میلی‌گرم بر لیتر)	۰	۰	۰	۰/۰۵۳±۰/۱۵	۰	۰/۰۰۰۱±۰/۰۰۰۳
نیتروژن کل (میلی‌گرم بر لیتر)	۰/۹۸±۱/۶۹	۰/۹۲±۰/۷۵	۰/۳۱±۰/۱۹	۲/۳۶±۰/۵۱	۲/۷۶±۰/۷۲	۱/۱۳±۰/۴۶
دی‌اکسید سیلیس (میلی‌گرم بر لیتر)	۱/۵۸±۱/۴۵	۱/۴۶±۱/۷۱	۲/۱۲±۱/۸	۲/۲۳±۱/۸۱	۲/۹±۱/۵۴	۱/۲۳±۱/۲۹
سیلیس (میلی‌گرم بر لیتر)	۰/۷۶±۰/۶۹	۰/۸±۰/۷۹	۱/۰۱±۰/۸۶	۱/۰۴±۰/۸۴	۱/۳۵±۰/۷۱	۰/۵۸±۰/۶۱
مواد جامد محلول کل (میلی‌گرم بر لیتر)	۱۴۲±۷/۶۹	۱۳۲/۶۲±۵/۱۵	۱۴۴/۵±۱۶/۹۷	۱۴۳/۷۵±۱۳/۴۶	۱۵۰/۱۲±۱۱/۶۹	۱۴۶/۸۷±۶/۹۵
مواد معلق کل (میلی‌گرم بر لیتر)	۰/۰۰۱±۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۰۶±۰/۰۰۰۲	۰/۲۳±۰/۰۵	۰/۰۲۲±۰/۰۰۵	۰/۰۵±۰/۰۱	۰/۰۱±۰
قلیائیت کل (میلی‌گرم بر لیتر)	۱۳۰±۲۱/۳۸	۹۵/۶۲±۱۲/۹۳	۱۵۵/۶۲±۲۶/۹۷	۱۲۰/۶۵±۲۲/۹	۱۵۷/۵±۱۹/۸۲	۱۵۳/۷۵±۹/۱۶
سطح تراز آب (متر)	۱۴۱۸/۳۱	۱۴۱۸/۱۰	۱۴۱۷/۴۰	۱۴۱۷/۱۲	۱۴۱۷/۲۰	۱۴۱۷/۱۹

[Downloaded from isfj.ir on 2025-08-02]

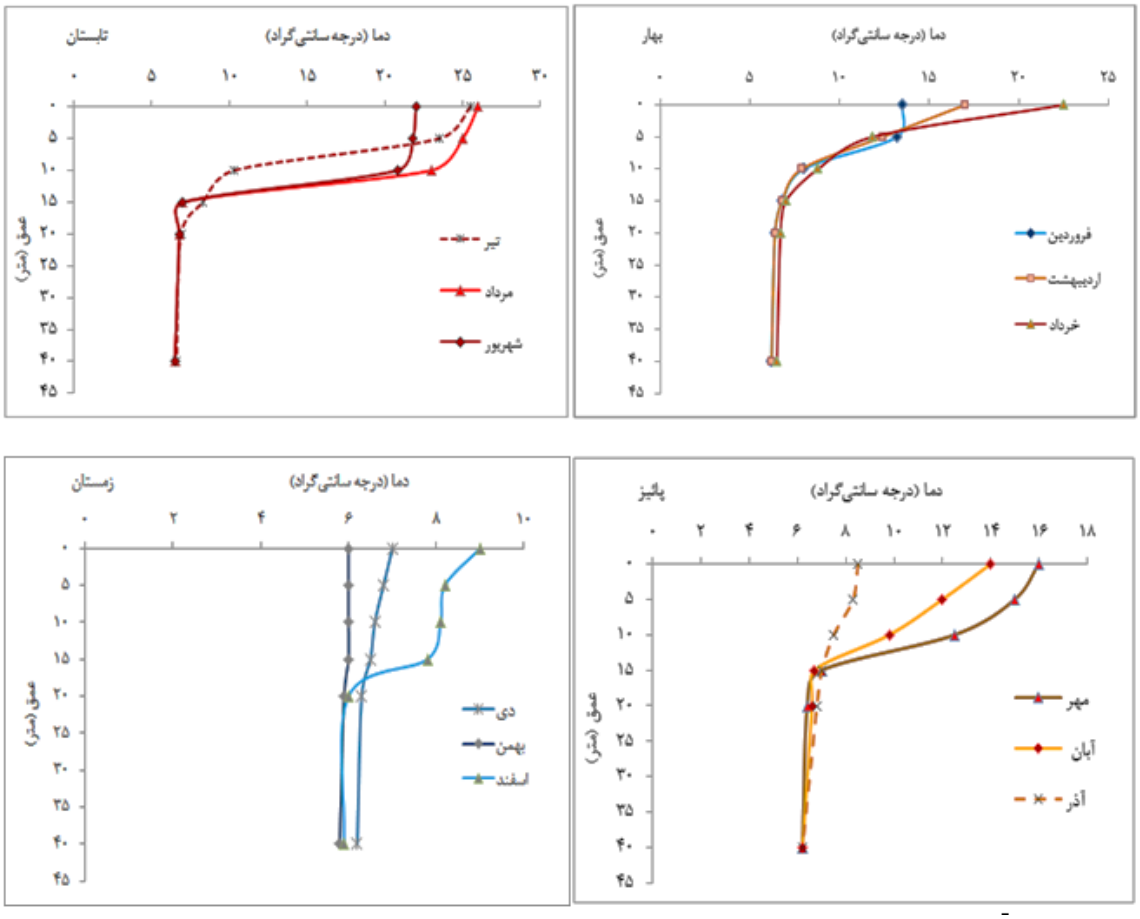
[DOR: 20.1001.1.10261354.1399.29.5.3.9]

ادامه جدول ۲: میانگین (±انحراف معیار) عوامل فیزیکی و شیمیایی آب دریاچه سد گاران مریوان طی ماه‌های مختلف، ۱۳۹۷-۱۳۹۶

عامل	بهمن ۹۶	اسفند ۹۶	فروردین ۹۷	اردیبهشت ۹۷	خرداد ۹۷	تیر ۹۷
دمای هوا (درجه سانتی‌گراد)	۱۰/۲±۲/۷۸	۱۴/۲±۲/۰۲	۱۳/۳۷±۷/۲۸	۱۶/۷۵±۸/۹۹	۲۵±۱۳/۴۴	۳۲/۶۲±۱/۴۹
دمای آب سطحی (درجه سانتی‌گراد)	۶/۱±۰/۳۳	۹/۲۵±۰/۵	۱۳/۵±۰/۲۴	۱۷±۰	۲۲/۶۲±۰/۶۲	۲۵/۱۷±۰/۳۹
شفافیت (متر)	۲/۴۳±۱/۳۴	۱/۴۱±۰/۸۶	۱/۶±۱/۴	۱/۲۸±۰/۷۱	۱/۴۲±۰/۷۸	۲/۲۳±۰/۴۶
کدورت (NTU)	۲/۷۱±۰/۹۴	۱۰/۶۴±۳/۸۱	۸/۴۵±۲/۰۱	۱۰/۵۳±۵/۵۳	۳/۱۴±۱/۸۹	۲/۴۳±۰/۳۶
اکسیژن محلول (میلی‌گرم بر لیتر)	۷/۵۳±۱/۴۲	۸/۳۹±۱/۴۳	۷/۱۷±۲/۷۱	۸/۰۳±۴/۳۶	۵/۸±۳/۷۲	۴/۳۴±۲/۸۱
pH	۸/۰۸±۰/۱۵	۸/۱۷±۰/۲۲	۸/۰۰±۰/۳۶	۸/۲۰±۰/۴۸	۷/۹۹±۰/۳۹	۷/۸±۰/۳۷
هدایت الکتریکی (µmhos/cm)	۲۱۴/۹۳±۵/۰۳	۲۲۸/۳۸±۳۱/۵۲	۲۳۲/۵±۱۱/۳۳	۲۲۸±۸/۲۱	۲۴۳/۳۷±۱۲/۱۵	۲۹۰±۱۵/۷۵
BOD_5 (میلی‌گرم بر لیتر)	۰/۱۲±۰/۳۵	۲/۹۲±۳/۸۶	۶/۴۶±۳/۳۸	۱/۵۰±۲	۰/۸۷±۱/۱۲	۰/۶۸±۰/۷
COD (میلی‌گرم بر لیتر)	۱۰/۳۷±۲/۳۲	۱۵/۶۲±۲/۰۶	۲۷/۶۲±۳/۳۳	۲۵/۲۵±۸/۵۴	۱۴/۲۵±۶/۱۱	۳۵/۸۷±۱۱/۱۷
دی‌اکسید کربن (میلی‌گرم بر لیتر)	۲/۲۴±۱/۰۸	۲/۵۲±۱/۷۲	۴/۵۵±۳/۶۲	۵/۷۵±۵/۲۱	۳/۶۵±۳/۲۹	۶/۴۴±۴/۵
فسفات معدنی (میلی‌گرم بر لیتر)	۰/۰۹±۰/۰۵	۰/۰۷±۰/۰۳	۰/۰۱۹±۰/۰۱	۰/۰۲±۰/۰۰۶	۰/۰۲±۰/۰۰۴	۰/۰۲۲±۰/۰۱
فسفر کل (میلی‌گرم بر لیتر)	۰/۱۲±۰/۰۷	۰/۰۹±۰/۰۵	۰/۰۳±۰/۰۱	۰/۰۳±۰/۰۰۸	۰/۰۳±۰/۰۰۷	۰/۰۳۳±۰/۰۱
نیتریت (میلی‌گرم بر لیتر)	۰/۰۱±۰/۰۱	۰/۰۰۲±۰/۰۰۶	۰/۰۱±۰/۰۰۸	۰/۰۳±۰/۰۳	۰	۰/۰۳±۰/۰۴
نیترات (میلی‌گرم بر لیتر)	۰/۲۶±۰/۰۸	۰/۷۵±۰/۲۲	۰/۹۶±۰/۱	۰/۶۳±۰/۲۹	۰/۷±۰/۵۸	۰/۸۷±۰/۳۴
آمونیوم (میلی‌گرم بر لیتر)	۰	۰/۰۱±۰/۰۲	۰	۰/۰۰۸±۰/۰۰۹	۰	۰
آمونیاک (میلی‌گرم بر لیتر)	۰	۰/۰۱۵±۰/۰۲	۰	۰/۰۱±۰/۰۱	۰	۰
نیتروژن کل (میلی‌گرم بر لیتر)	۰/۴۸±۰/۱۵	۱/۳۱±۰/۳۸	۱/۷±۰/۱۷	۱/۱۶±۰/۵۳	۱/۲۲±۱/۰۱	۱/۶±۰/۶۸
دی‌اکسید سیلیس (میلی‌گرم بر لیتر)	۰/۸۸±۱/۰۵	۲/۷۶±۱/۹۱	۱/۴۶±۱/۳۴	۱/۳۸±۱/۲۴	۱/۶۳±۱/۰۷	۲/۳۹±۱/۴
سیلیس (میلی‌گرم بر لیتر)	۰/۴۲±۰/۵	۱/۳±۰/۹	۰/۶۸±۰/۶۲	۰/۶۴±۰/۵۸	۰/۸۱±۰/۴۶	۱/۱۲±۰/۶۵
مواد جامد محلول کل (میلی‌گرم بر لیتر)	۱۴۸/۷۵±۴/۷۷	۱۴۵/۸۷±۱۵/۹۶	۳۳۷/۵±۷۱۶	۱۳۵±۱۳/۶	۱۲۴/۸۷±۱۸/۷۵	۱۳۱/۱۲±۱۳/۶۶
مواد معلق کل (میلی‌گرم بر لیتر)	۰/۰۳±۰/۰۱	۰/۱۵±۰/۰۶	۰/۰۳±۰/۰۲	۰/۰۰۷±۰/۰۰۴	۰/۰۰۸±۰/۰۰۵	۰/۰۱±۰/۰۰۴
قلیائیت کل (میلی‌گرم بر لیتر)	۱۰۹/۳۷±۱۳/۹۹	۱۴۷/۵±۲۲/۵۱	۱۵۲/۵±۹/۲۵	۱۷۶/۸۷±۱۴/۸۶	۱۱۴/۳۷±۱۲/۶۵	۱۴۹/۳۷±۲۲/۵۸
سطح تراز آب (متر)	۱۴۱۷/۳۸	۱۴۱۹/۳۴	۱۴۱۹/۱۷	۱۴۱۹/۲۰	۱۴۱۹/۱۰	۱۴۱۸/۸۵

[Downloaded from isfj.ir on 2025-08-02]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1399.29.5.3.9]



شکل ۲: تشکیل و از بین رفتن لایه‌بندی دمایی طی فصول مختلف در دریاچه سد گاران ، ۱۳۹۷-۱۳۹۶.

Figure 2: Formation and vanishing of thermal stratification during different seasons at Marivan Garan dam (2017-2018)

بحث

دریاچه‌ها و مخزن آبهای سطحی با فواید غیرقابل انکار از مهم‌ترین منابع آب‌شیرین کره زمین هستند که با اهداف مختلفی مورد استفاده قرار می‌گیرند و زیستگاه مهمی را برای زیست آبزیان بخصوص ماهیان ایجاد می‌کنند. بنابراین، منبع مهم پروتئینی نیز به‌شمار می‌آیند (Seher, 2015). قبل از این‌که این منابع آبی برای مصارف مختلف مانند شرب، آبزی‌پروری، کشاورزی و صنعتی مورد استفاده قرار گیرند، می‌بایست بررسی عوامل فیزیکی و شیمیایی آب برای مدیریت کیفی آن مورد ارزیابی قرار گیرد. نتایج هیدروشیمی و فیزیکی و شیمیایی دریاچه سد گاران و مقایسه آن با مقادیر استاندارد (میرزاجانی، ۱۳۸۹؛ DWAF, 1996) مطلوبیت بیشتر این عوامل را برای آبزی‌پروری گرم‌آبی و حتی سردآبی نیز نشان داد. تعیین میانگین دمای لایه سطحی آب دریاچه سد گاران با میانگین سالانه ۱۵/۶۱ درجه سانتی‌گراد، طی دوره مطالعه نشان داد که تغییرات آن از بهمن تا مرداد ماه روند افزایشی اما از مرداد تا بهمن ماه روند کاهشی داشت که این تغییرات بیشتر تحت تأثیر دمای هوا (با میانگین سالانه ۲۰/۵۹ درجه سانتی‌گراد) قرار داشت (r=۰/۹۲). دمای آب یکی از عوامل مهم فیزیکی و شیمیایی در اکوسیستم‌های آبی است که بر بعضی عوامل دیگر نیز تأثیر می‌گذارد. شایان ذکر است، میانگین سالانه دمای آب در کل دریاچه ۶/۷±۱۱/۱۳ درجه سانتی‌گراد به‌دست آمد که با میزان مشابه آن در سد آزاد سنندج با میانگین ۶/۶۲ ± ۱۱/۹۶ درجه سانتی‌گراد نیز بسیار نزدیک بود. با توجه به میانگین پائین دمایی دریاچه سد گاران، سرعت نرخ رشد ماهیان گرمابی بخصوص در فصول سرد سال کند خواهد

[Downloaded from isfj.ir on 2025-08-02]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1399.29.5.3.9]

بود اما با افزایش دما در فصول گرم‌تر و لایه‌های سطحی، شرایط دمایی برای رشد ماهیان گرمابی فراهم می‌گردد.

در مناطق مختلف میزان تغییرات دما در لایه‌بندی دمایی متفاوت است به‌طوری‌که در مناطق غیراستوایی اگر دمای آب به اندازه یک درجه سانتی‌گراد یا بیشتر به ازاء هر متر عمق کاهش یابد، لایه‌بندی دمایی و ترموکلاین تشکیل خواهد شد (Wetzel, 2001). نتایج مطالعه حاضر نشان داد که لایه ترموکلاین دریاچه سد گاران به‌صورت مشخص و بارز از خردادماه تشکیل، در مرداد ماه به حداکثر خود می‌رسد و نهایتاً در آذرماه از بین می‌رود که چنین روند تشکیل لایه‌بندی دمایی با روند آن در سد آزاد سنندج مطابقت دارد (پژوهشکده اکولوژی دریای خزر، ۱۳۹۶). مورد توجه است که تشکیل لایه ترموکلاین در ماه‌های اول در لایه بالاتر و نزدیک به سطح آب اتفاق افتاد و سپس به لایه‌های عمقی‌تر انتقال یافت به‌طوری‌که در خرداد، تیر و مرداد ماه به‌ترتیب از عمق ۵-۰ به ۱۰-۵ و سپس ۱۵-۱۰ متری منتقل گردید. در سد گاران شکست دمایی از خردادماه با کاهش دمایی ۲/۱۳ درجه سانتی‌گراد به ازاء هر متر صورت گرفت و این اختلاف دمایی در ماه‌های تیر (۲/۶۳ درجه سانتی‌گراد) و مرداد (۳/۲ درجه سانتی‌گراد) افزایش یافت. اما در سد آزاد مشاهده گردید که برخلاف انتظار این شکست دمایی در تیرماه کاهش یافت که علت آن را به کاهش سطح تراز آب در سد (افزایش خروجی سد) و اختلاط مصنوعی نسبت دادند (نصراله‌زاده ساروی و همکاران، ۱۳۹۵). از لحاظ تیپ گردشی و با توجه به خصوصیات دمایی، دریاچه سد گاران جزء دریاچه‌های گرم یک‌گردشی هولومیکتیک به‌شمار می‌آید که یک گردش در تمام ستون آبی دریاچه با سرد شدن لایه‌های سطحی آب طی فصول سرد صورت می‌گیرد و همانند دریاچه سد آزاد با الگوی مذکور مطابقت دارد.

شفافیت آب (عمق روئیت سشی‌دیسک) به عنوان یکی از شاخص‌های مهم انباشتگی غذائی یا یوتروفیکاسیون محیط آبی تحت تأثیر وجود ذرات معلق کل (TSS) و رشد جلبکی است و به عبارتی، با افزایش این عوامل شفافیت آب پائین خواهد آمد. در این تحقیق دامنه تغییرات شفافیت ۲/۵۲-۱/۲۸ متر بود که در محدوده شفافیت فوق قرار دارد اما در مقایسه با استانداردهای جدول ۱ با میزان شفافیت مناسب برای ماهیان گرم‌آبی ۰/۵-۰/۳ متر و سردآبی ۱/۵۰-۰/۳ متر دارای مقادیر بالایی است که به‌نظر می‌رسد برای دریاچه جوان گاران میانگین نسبتاً بالای شفافیت امری طبیعی باشد زیرا این دریاچه با میانگین سالانه شفافیت ۲/۰۳ متر به میانگین شفافیت سالانه سد آزاد (۱/۹۶ متر) نیز بسیار نزدیک بود. مقایسه تغییرات شفافیت دریاچه سد گاران طی دوره مطالعه بین ایستگاه‌های مختلف نیز نشان داد که در محل ورودی‌ها به سمت ایستگاه‌های داخل دریاچه میزان شفافیت افزایش می‌یابد به‌طوری‌که ایستگاه‌های ۱ و ۴ شفافیت پائین‌تری نسبت به ایستگاه‌های ۲ و ۳ داشتند که با بیشتر مطالعات (مهندسین مشاور آساراب، ۱۳۸۷؛ پژوهشکده اکولوژی دریای خزر، ۱۳۹۶) همخوانی دارد. همچنین حداقل و حداکثر شفافیت با کمینه و بیشینه عمق دریاچه نیز مطابقت داشت که می‌تواند حاکی از اثر عمق بر شفافیت آب باشد (ایستگاه ۱ با حداقل عمق دارای کمترین میزان شفافیت نیز بود). کاهش شفافیت ناشی از کاهش عمق معمولاً به دلیل افزایش مواد معلق و بخصوص انحلال مواد مغذی در آب است زیرا آورد آبهای ورودی در مسیر انتقالی دریاچه سبب افزایش جمعیت فیتوپلانکتونی و میزان فتوسنتز خواهد شد به‌طوری‌که طی دوره مطالعه در ایستگاه ۱ و در اردیبهشت‌ماه شکوفایی شدید فیتوپلانکتونی نیز مشاهده شد. همچنین با مقایسه میزان شفافیت آب در فصول مختلف سال مشخص گردید که کم‌ترین آن در فصل بهار اندازه‌گیری شد. سپس با روند تدریجی در فصول تابستان و پائیز افزایش و نهایتاً در زمستان کاهش یافت.

کدورت آب وابسته به میزان ذرات معلق شامل ذرات رس و فیتوپلانکتون‌هاست که می‌تواند نفوذ نور را محدود کند. بنابراین، فرآیند فتوسنتز را در لایه‌های عمقی کاهش دهد. میزان بالاتر آن نیز حتی می‌تواند سبب لایه‌بندی دمایی و اکسیژن محلول گردد (Tessema *et al.*, 2014). میزان کدورت توصیه شده در آب شرب مطابق با استانداردها ۵ (NTU) گزارش شده است (WHO, 2008). در مطالعه حاضر با میانگین سالانه کدورت ۴/۸۳ (NTU)، به‌نظر می‌رسد که عامل کاهش کدورت و افزایش شفافیت در فصول تابستان و پائیز ناشی از کاهش بارندگی و رواناب‌ها (با توجه به کمبود بارندگی در فصل پائیز و شروع دیرهنگام آن در زمان مطالعه)، عدم تلاطم آب سطحی و همچنین وجود لایه‌بندی شدید بخصوص در تابستان باشد در حالی‌که کاهش آن در فصول زمستان و بهار با افزایش بارندگی و رواناب‌های زیاد، وجود امواج، شکست لایه‌بندی دمایی در زمستان و اختلاط کارآمد عمودی (کمترین شفافیت در اسفند ماه با ۰/۱۷ متر) و افزایش جمعیت فیتوپلانکتونی (شکوفایی فیتوپلانکتونی در اردیبهشت ماه) در فصل بهار مرتبط باشد (Leory *et al.*, 2007؛ کریمیان، ۱۳۹۵). در این مطالعه اگرچه که ارتباط بین

[Downloaded from isfj.ir on 2025-08-02]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1399.29.5.3.9]

شفافیت، TSS و کدورت کم بود، اما کم‌ترین عمق شفافیت در فصل زمستان و بهار با بیشترین TSS و بخصوص کدورت همراه بود.

اکسیژن محلول (DO) یکی از عوامل محیطی مهم است که بر سلامت اکوسیستم مؤثر است و شاخص مناسبی برای کیفیت آب به‌شمار می‌آید. میزان اکسیژن محلول تا ۹ میلی‌گرم بر لیتر بسیار مطلوب است اما اگر میزان آن از ۳ میلی‌گرم بر لیتر کاهش یابد، ممکن است برای آبزیان کشنده باشد (South African Water Quality Guidelines, 1996). به طور کلی، در اکوسیستم آبهای داخلی حداقل میزان اکسیژن محلول برای حیات آبزیان نباید کمتر از ۵ میلی‌گرم بر لیتر باشد (Egemen, 2011). در این تحقیق میانگین سالانه اکسیژن محلول لایه سطحی ۸/۴۴ میلی‌گرم بر لیتر بود که از این نظر بخصوص برای پرورش ماهی و آبزیان وضعیت مناسبی دارد. اما میزان این عامل در لایه‌های عمقی بر اساس زمان و تشکیل لایه ترموکلاین متفاوت بود به‌طوری‌که در لایه‌های میانی و عمقی با میانگین سالانه ۳/۸۷ میلی‌گرم بر لیتر، بیشترین میانگین آن با ۷/۶ میلی‌گرم بر لیتر در اسفندماه و کمترین آن ۱/۷۱ میلی‌گرم بر لیتر در تیر ماه به‌دست آمد. در این تحقیق میانگین اکسیژن لایه سطحی همانند بیشتر دریاچه‌های مختلف به‌دلیل تماس و اختلاط با اتمسفر و شاید نرخ فتوسنتز بالاتر، نسبت به لایه‌های عمقی بیشتر بود. به طور کلی، میزان اکسیژن محلول با عمق کاهش می‌یابد و حتی ممکن است شرایط کم‌اکسیژنی و بی هوازی (DO<۱ میلی‌گرم بر لیتر) نیز اتفاق افتد که این شرایط نشان‌دهنده یوتروف بودن دریاچه است (Wang *et al*., 1999). در مطالعه حاضر، اگرچه کمترین غلظت اکسیژن محلول در لایه‌های عمقی در تیرماه با میزان ۱/۷۱ میلی‌گرم بر لیتر به‌دست آمد، اما میانگین سالانه آن برای این لایه‌ها با وجود عمیق بودن دریاچه، مقدار نسبتاً بالایی بود به‌طوری که در بعضی ماه‌ها دارای مقادیر بالاتری (DO>۶ میلی‌گرم بر لیتر) بود. این نشان می‌دهد که دریاچه سد گاران به لحاظ میزان اکسیژن محلول حتی در لایه‌های عمقی نیز شرایط نسبتاً مطلوب و نزدیک به حداقل میزان نیاز اکسیژنی را برای ماهیان گرم‌آبی و تا حدودی ماهیان سردآبی دارد. معمولاً در دریاچه‌های مزوتروف میزان اکسیژن محلول عمق نسبت به سطح ۴۹-۱٪ است به‌طوری‌که در مطالعه حاضر نیز این نسبت ۴۵٪ به‌دست آمد که از این لحاظ نیز دریاچه سد گاران در شرایط مزوتروف قرار گرفت.

لایه اکسی‌کلاین در ماه‌های فصل بهار به خصوص در اردیبهشت و خرداد ماه (زمان شکل‌گیری لایه ترموکلاین) با شدت بیشتر نسبت به سایر ماه‌ها تشکیل شد. شکل‌گیری این لایه در سایر فصول و با شیب نسبتاً ملایمی همچنان ادامه داشت تا این‌که در فصل زمستان از بین رفت و اختلاف میانگین میزان اکسیژن محلول بین سطح و عمق به حداقل رسید به‌طوری‌که کمترین اختلاف (۲/۰۳ میلی‌گرم بر لیتر) از نظر میزان اکسیژن بین لایه سطحی و لایه‌های عمقی‌تر در فصل زمستان و بیشترین میزان این اختلاف با ۶/۶۱ میلی‌گرم بر لیتر در فصل بهار مشاهده گردید. از دلایل کاهش اختلاف اکسیژن محلول بین لایه‌های مختلف در فصل زمستان می‌توان به کاهش دمای آب (افزایش حلالیت اکسیژن در همه لایه‌ها) و بخصوص اختلاط عمودی آب اشاره نمود و افزایش این اختلاف در فصل بهار را می‌توان ناشی از شروع لایه‌بندی دمایی (عدم اختلاط) و افزایش فراوانی جمعیت فیتوپلانکتونی در لایه نورگیر و در نتیجه فتوسنتز بیشتر دانست. به طور کلی، میزان اکسیژن محلول تحت تأثیر شرایط فیزیکوشیمیایی مانند دما، تبادل آن با اتمسفر، اختلاط آبی، ذرات معلق و محلول، رهاسازی مواد از رسوبات و فعالیت‌های زیستی مانند فتوسنتز، تنفس و تجزیه قرار می‌گیرد (Pierre *et al*., 2015). در مطالعه حاضر، به لحاظ تغییرات فصلی نیز بیشترین میانگین میزان اکسیژن محلول در لایه سطحی در فصل بهار با میزان ۱۰/۳۱ میلی‌گرم بر لیتر و کمترین نیز با ۶/۸۹ میلی‌گرم بر لیتر در فصل تابستان بود. روند تغییرات برای لایه‌های میانی و عمقی به گونه‌ای بود که بیشترین میزان آن (۶/۶۷ میلی‌گرم بر لیتر) در فصل زمستان و همانند لایه سطحی کمترین نیز در فصل تابستان (۲/۴۲ میلی‌گرم بر لیتر) مشاهده گردید. به‌نظر می‌رسد، کاهش میانگین اکسیژن محلول دریاچه سد گاران در فصل تابستان به دلیل افزایش دما، اختلاط کم‌تر با اتمسفر و کاهش نسبی فتوسنتز ناشی از کاهش فراوانی جمعیت فیتوپلانکتونی در لایه سطحی و تشکیل لایه‌بندی دمایی و عدم انتقال اکسیژن به لایه‌های پائین‌تر و شاید افزایش فرآیندهای تجزیه در لایه‌های عمقی‌تر باشد.

pH اسیدی معمولاً نشان‌دهنده‌ی شرایط الیگوتروفی است در حالی‌که pH خنثی و قلیایی در شرایط مزوتروف و یوتروف مشاهده می‌گردد (Soni *et al*., 2013). دامنه تغییرات pH در کل دریاچه سد گاران طی دوره مطالعه با میزان ۸/۹۳-۷/۲۷، در محدوده طبیعی آبهای با کیفیت مطلوب برای آبزی‌پروری بود که مطابق با دستورالعمل آبزی‌پروری، میزان آن برای آبزیان

[Downloaded from isfj.ir on 2025-08-02]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1399.29.5.3.9]

آب شیرین باید بین ۹-۶/۵ باشد (DWAF[1], 1996). به طور کلی، میانگین سالانه pH آب دریاچه سد گاران ۷/۹۹ به‌دست آمد که این میزان می‌تواند بیانگر میزان مطلوب قلیائیت دریاچه برای جلوگیری از نوسانات شدید pH باشد. این میزان pH سالانه در دریاچه سد گاران نزدیک به pH اندازه‌گیری شده در سد شهید کاظمی سقز (۷/۹۲) بود در حالی‌که از میزان مشابه آن در سد آزاد (۷/۷۶) کمی بیشتر بود. معمولاً تغییرات سالانه و فصلی pH تحت تأثیر تولیدات اولیه، ترکیب شدن یا رهاسازی یون هیدروژن در فرآیند تثبیت دی‌اکسید کربن طی فتوسنتز است (Maleri, 2011). بررسی میانگین فصلی pH نشان داد که بیشترین میزان آن در لایه سطحی در فصل بهار مشاهده گردید و بین سایر فصول اختلاف قابل ملاحظه نبود. احتمال می‌رود که این افزایش قابل ملاحظه pH با افزایش فراوانی جمعیت فیتوپلانکتونی و شکوفایی جلبکی مشاهده شده طی فصل بهار و در نتیجه افزایش تولیدات اولیه در ارتباط باشد. در بررسی میانگین این عامل بین لایه‌های سطحی و عمقی طی ماه‌های مختلف مشخص گردید که میزان آن در لایه سطحی با میانگین سالانه ۸/۲۳ بیشتر از لایه‌های عمقی ۷/۷۴ بود. نتایج این بررسی نشان داد که این تغییرات معمولاً در ماه‌های بیشتر فصول بخصوص فصل بهار (۰/۷۲) وجود دارد تا این‌که در فصل زمستان میزان تغییرات به حداقل (۰/۱۹) رسید. علت این کاهش تغییرات میزان pH در فصل زمستان بین لایه‌های مذکور زمانی اتفاق افتاد که کمترین میزان دی‌اکسیدکربن (۲/۲۳ میلی‌گرم بر لیتر) و بیشترین میزان pH (۸/۰۸) در لایه‌های عمقی مشاهده گردید. به‌نظر می‌رسد که دلایل کاهش میزان دی‌اکسیدکربن لایه‌های عمقی در فصل زمستان ناشی از افزایش میزان اکسیژن محلول در نتیجه اختلاط آب و کاهش تجزیه مواد آلی به دلیل کاهش کلی دمای آب باشد که این خود می‌تواند دلیلی بر افزایش میزان pH نیز باشد.

اگرچه دی‌اکسیدکربن به‌ندرت عامل سمی برای آبزیان محسوب می‌شود اما معمولاً با افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن و کاهش جذب اکسیژن خون، یک عامل محدود کننده تلقی می‌گردد (Sanni and Forsberg, 1996). در شرایطی که میزان اکسیژن محلول به کمتر از ۲ میلی‌گرم بر لیتر برسد، افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن سبب مرگ ماهیان می‌شود. حداقل میزان اکسیژن محلول در لایه‌های عمقی دریاچه گاران طی فصول تابستان و پائیز مشاهده گردید که برابر با ۳/۶۱-۱/۷۱ میلی‌گرم بر لیتر بود زمانی‌که در همین اعماق محدوده میزان دی‌اکسیدکربن ۴/۰۷-۲/۹۲ میلی‌گرم به‌دست آمد. بنابراین به‌نظر می‌رسد که شرایط مذکور حتی در این اعماق نیز که دارای میانگین سالانه ۳/۸۷ میلی‌گرم بر لیتر اکسیژن محلول و ۶/۹۸ میلی‌گرم بر لیتر دی اکسیدکربن است، حداقل برای ماهیان گرمابی مناسب باشد و در محدوده استانداردهای مختلف آبزی‌پروری قرار دارد.

میزان توصیه شده قلیائیت در محیط طبیعی در محدوده ۵۰۰-۵ میلی‌گرم بر لیتر در نظر گرفته شده است (Lawson, 1995) و معمولاً کمتر از آن از پایداری شیمیایی آب می‌کاهد. مقایسه نتایج تحقیق حاضر (۱۹۰-۹۵ میلی‌گرم بر لیتر) نشان می‌دهد که قلیائیت دریاچه گاران در محدوده توصیه شده قرار دارد اما میانگین سالانه آن (۱۳۸/۵۹ میلی‌گرم بر لیتر) در مقایسه با بعضی سدهای استان کردستان مانند سد شهید کاظمی (۶۲/۴۰ میلی‌گرم بر لیتر، مهندسین مشاور آسراب، ۱۳۸۷) و سد آزاد (پژوهشکده اکولوژی دریای خزر، ۱۳۹۶)، بسیار بیشتر است. به‌طور کلی، اگرچه میزان این عامل میانگین بالایی دارد اما در مقایسه با میزان استاندارد آن برای مصارف آبزی‌پروری که ۲۰۰-۱۰ میلی‌گرم بر لیتر توصیه شده است، در حد مناسب قرار دارد. معمولاً طی فصل رشد بر میزان قلیائیت آب‌ها افزوده می‌گردد. تعیین میانگین فصلی برای لایه سطحی به‌گونه‌ای بود که از ابتدا تا پایان دوره با روند منظم افزایش یافت که بیشترین میزان آن در فصل بهار (۱۴۰ میلی‌گرم بر لیتر) وجود داشت. در محیط‌های طبیعی تغییرات pH به وسیله قلیائیت تعیین می‌گردد. براساس طبقه‌بندی خاک‌ها نشان داده شد که اراضی و خاک منطقه مورد مطالعه دریاچه سد گاران از نوع سنگ‌های آهکی سخت با فرسایش شدید و متشکل از مواد آهکی و مارنی است (بهرامی کمانگر و محمدی، ۱۳۹۷) که این خود می‌تواند یک عامل فیزیکی مؤثر در افزایش نسبی عواملی مانند قلیائیت، TDS، pH و بیکربنات باشد به‌طوری‌که، عواملی مانند قلیائیت، TDS، pH در فصل بهار و بعضاً در ایستگاه‌های ورودی همراه با افزایش بارندگی‌ها و فرسایش ناشی از آن دارای بیشترین میزان بودند.

اگرچه BOD_5 عامل آلودگی نیست و به‌صورت مستقیم نیز مضر تلقی نمی‌گردد (مگر آنگه سبب کاهش شدید سطح اکسیژن محلول گردد)، اما عامل خیلی مهمی در برآورد وضعیت آلودگی دریاچه محسوب می‌شود و میزان بالای آن می‌تواند نشان‌دهنده

[1]- South African Department of Water Affairs and Forestry

[Downloaded from isfj.ir on 2025-08-02]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1399.29.5.3.9]

شرایط آلودگی و رابطه معکوس با غلظت اکسیژن محلول باشد. اتحادیه اروپا مقدار مناسب اکسیژن‌خواهی بیوشیمیایی (BOD_5) را برای حفاظت از آزاد ماهیان ۳≤ میلی گرم بر لیتر و برای کپورماهیان ۶≤ میلی گرم بر لیتر توصیه کرده است (Enderlein, 1996). براین اساس، میانگین سالانه BOD_5 دریاچه‌ی سد گاران (۳> میلی‌گرم بر لیتر) درمحدوده آبهای سالم جای دارد و مقدار آن با توجه به استاندارد کیفیت آب آمریکا که حداکثر مجاز آن را ۵ میلی‌گرم بر لیتر تعیین نموده است، بسیار کم‌تر است. این میزان BOD_5 براساس استاندارد آبزیان برای پرورش ماهیان سردآبی و گرم آبی نیز مناسب است.

اتحادیه اروپا بر اساس غلظت COD، آبها را به ترتیب کاهش کیفیت به پنج رده‌ی خیلی خوب (کم‌تر از ۳)، خوب (۱۰-۳)، متوسط (۲۰-۱۰)، بد (۳۰-۲۰) و بسیار بد (بیش‌تر از ۳۰) تقسیم کرده است (Enderlein, 1996). میانگین سالانه COD دریاچه سد گاران ۲۵/۰۲ میلی‌گرم بر لیتر به‌دست آمد. میانگین این عامل در مطالعه حاضر نسبت به میانگین آن در دریاچه سد آزاد با ۹/۲۸ میلی‌گرم بر لیتر بالاتر بود اما نسبت به میزان مشابه در دریاچه سد شهید کاظمی سقز و ورودی آن به‌ترتیب با ۴۲/۶۵ و ۹۷/۳ میلی‌گرم بر لیتر و همچنین سد سنگ سیاه دهگلان با ۳۷/۸ میلی‌گرم بر لیتر بسیار پائین‌تر بود. در یک کلاسه‌بندی کیفی آب بر اساس میزان COD نشان داده شد که آب با میزان COD ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر در کلاسه کیفی I (عالی)، ۲۰ میلی‌گرم بر لیتر در کلاسه II (قابل قبول)، ۴۰ میلی‌گرم بر لیتر در کلاسه III (نسبتاً آلوده)، ۸۰ میلی‌گرم بر لیتر در کلاسه IV (آلوده) و بیشتر از ۸۰ میلی‌گرم بر لیتر در کلاسه V (بسیار آلوده) قرار دارد (Aiyesanmi *et al*., 2006). با توجه به میانگین سالانه COD با میانگین ۲۵/۰۲ میلی‌گرم بر لیتر، به نظر می‌رسد که کیفیت آب دریاچه سد گاران از این لحاظ و بخصوص در مقایسه با میزان BOD_5 در وضعیت متوسط و نسبتاً پائین‌تری قرار دارد. اگرچه به نظر می‌رسد که در شرایط فیزیکوشمیایی کنونی دریاچه سد گاران، این میزان COD برای پرورش کپور ماهیان گرمابی مشکل‌ساز نباشد زیرا دامنه آن را در بعضی منابع ۳۰-۲۰ میلی‌گرم بر لیتر برای پرورش کپورماهیان در استخر و رودخانه‌ها با توجه به شرایط تراکم و هوادهی گزارش نموده‌اند در حالی‌که میزان آن برای پرورش ماهی قزل‌آلا تا ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر توصیه شده است (Svobodova *et al*., 1993). در تعیین میزان اکسیژن‌خواهی شیمیایی (COD) دریاچه سد گاران به لحاظ تغییرات فصلی نیز بیشترین میانگین آن در فصل تابستان مشاهده شد. معمولاً این عوامل با شروع فصل رشد و افزایش دما در فصول گرم افزایش می‌یابند. از دیگر دلایل افزایش مقدار این عوامل می‌توان به افزایش ورود منابع آلوده کننده ناشی از افزایش فعالیت‌های کشاورزی و روستایی و پساب‌های آن به ورودی دریاچه باشد چراکه میزان آن‌ها در ایستگاه‌های ۱ و ۴ به عنوان ایستگاه‌های ورودی از ایستگاه‌های دریاچه‌ای بیشتر بود. لذا، توصیه می‌گردد در راستای کنترل و کاهش عوامل آلوده کننده مخزن سد به‌خصوص در ارتباط با کاهش میزان COD، اقدامات عملی صورت پذیرد.

مواد جامد در آب به دو شکل معلق (مواد جامد معلق یا TSS) و محلول (مواد جامد محلول یا TDS) وجود دارند. مواد معلق کل از طریق گل و لای، تجزیه مواد گیاهی و جانوری و همچنین از طریق پساب‌های صنعتی، روستایی و شهری افزایش می‌یابد. افزایش این مواد با کاهش نفوذ نور به آب (کاهش فتوسنتز)، کاهش میزان اکسیژن، جذب گرمای خورشید (افزایش دمای آب) و دیگر موارد بر زندگی آبزیان تأثیر می‌گذارد (PHILMINAQ, 2008). میزان مواد معلق کل (TSS) دریاچه سد گاران با میانگین سالانه ۰/۰۴۷ میلی‌گرم بر لیتر به میزان مشابه آن در سد آزاد (۰/۰۲ میلی‌گرم بر لیتر) نزدیک بود (پژوهشکده اکولوژی دریای خزر، ۱۳۹۶) که از محدوده مجاز استانداردهای استرالیا، نیوزلند (۴۰> میلی‌گرم بر لیتر، FAO/WHO, 2006) و سایر کشورها و همچنین از استانداردهای آبزی‌پروری (۸۰> میلی‌گرم بر لیتر، میرزاجانی، ۱۳۸۹) بسیار پائین‌تر بود. تغییرات بین ایستگاهی نیز نشان داد که ایستگاه ورودی (ایستگاه ۱) دارای میزان TSS نسبتاً بالاتری بود که به این معنا است که ایستگاه‌های ورودی و سرشاخه‌ها می‌تواند یکی از راه‌های ورود مواد معلق کل به دریاچه باشد.

هدایت الکتریکی تخمینی از میزان مواد جامد محلول و یا یون‌های محلول در آب بوده و برای موجودات آب شیرین به لحاظ فرآیند تنظیم اسمزی مهم است. طبق استاندارد سازمان سلامت جهانی (WHO, 1988)، میزان توصیه شده هدایت الکتریکی برای آب‌های سالم و قابل شرب ۲۵۰۰ میکروموس بر سانتی‌متر گزارش شده است. اما در یک دامنه محدودتر، میزان طبیعی هدایت الکتریکی در آب‌های شیرین ۱۰۰۰-۱۰ میکروموس بر سانتی‌متر است. هنگامی‌که میزان هدایت الکتریکی از ۱۰۰۰ میکروموس بر سانتی‌متر بالاتر رود ممکن است دریاچه آلوده شده (Polat, 1997) و یا در معرض

[Downloaded from isfj.ir on 2025-08-02]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1399.29.5.3.9]

رواناب‌ها قرار داشته باشد. هدایت الکتریکی آب دریاچه گاران با میانگین سالانه ۲۴۲/۱۸ میکروموس بر سانتی‌متر، نسبت به سد آزاد (۳۱۰ میکروموس بر سانتی‌متر) و سد شهید کاظمی (۲۶۹/۷۸ میکروموس بر سانتی‌متر) پائین‌تر بود (مهندسین مشاور آساراب، ۱۳۸۷) و در محدوده استاندارد آبزی‌پروری قرار داشت. بنابراین، بقاء ماهیان به لحاظ فرآیندهای تنظیم اسمزی تضمین خواهد شد. عوامل مؤثر بر مواد جامد محلول در محیط‌های آبی شامل رواناب‌های شهری، پساب‌ها، تجزیه موجودات، فرسایش خاک و مشخصات ژئوشیمیایی منطقه است. میزان TDS و هدایت الکتریکی پائین نشان‌دهنده‌ی تمیزی منابع آبی است (Aiyesanmi *et al*., 2003). در نتایج تحقیق حاضر میزان TDS دریاچه سد گاران در لایه‌های عمقی (۱۶۴/۵ میلی‌گرم بر لیتر) نسبت به لایه سطحی (۱۴۹/۳۳ میلی‌گرم بر لیتر) بیشتر بود (بسیار مشابه سد آزاد سنندج) که این می‌تواند به علت عمل ته‌نشینی و وجود املاح معدنی در رسوبات کف باشد. در مخزن دریاچه سد گاران میانگین میزان TDS ۱۵۶/۹۱ میلی‌گرم بر لیتر بود که در مقایسه با استانداردهای آبزی‌پروری بسیار مناسب است. همچنین میزان آن با دامنه ۳۵۸-۱۰۷ میلی‌گرم بر لیتر نشانگر محدوده اکوسیستم طبیعی است به‌طوری‌که، مکان مناسبی برای پرورش گونه‌های مختلف آبزیان فراهم می‌نماید.

در تحقیق حاضر، میزان فسفر کل دریاچه سد گاران با میانگین سالانه ۰/۰۸۲ میلی‌گرم بر لیتر نزدیک به میزان مشابه آن در دریاچه سد آزاد سنندج (۰/۰۴۸ میلی‌گرم بر لیتر) بود در حالی که، نسبت به میانگین فسفر کل سالانه سد شهید کاظمی (۰/۲ میلی‌گرم بر لیتر، مهندسین مشاور آساراب، ۱۳۸۷) و سد سنگ سیاه پائین‌تر بود (مهندسین آمایش مکران، ۱۳۸۹)، اما میانگین آن طی دوره مطالعه در ماه‌های مختلف در محدوده ۰/۱۵-۰/۰۲ میلی‌گرم بر لیتر به‌دست آمد که با محدوده‌ی توصیه شده در جدول ۱ مطابقت دارد. به‌طورکلی، میانگین فسفر کل دریاچه سد گاران با استانداردهای جهانی پرورش آبزیان و نیز استاندارد WHO برای آب شرب با میزان ۲/۵ میلی‌گرم بر لیتر فسفات معدنی (Amankwaah *et al*., 2014) همخوانی دارد. اما پیشنهاد می‌گردد که برای جلوگیری از وقوع پدیده شکوفایی جلبکی همواره باید بر منابع ورودی آن کنترل و نظارت کافی داشت.

همچنین میانگین فصلی فسفر کل آب دریاچه سد گاران نشان داد که بیشترین میزان آن در فصول زمستان و تابستان مشاهده شد و در فصل بهار نیز کاهش قابل ملاحظه پیدا کرد. شایان ذکر است جمعیت فیتوپلانکتونی در بعضی اکوسیستم‌های آبی مانند دریای خزر به عنوان منبع اصلی مواد آلی بحساب می‌آیند (کریمیان، ۱۳۹۵) و با کاهش تراکم جمعیت پلانکتونی میزان فسفر محلول دریاچه افزایش می‌یابد. با توجه موارد مذکور و همچنین کاهش تراکم جوامع پلانکتونی در فصل تابستان (پورآذری، ۱۳۹۵) و احتمالاً افزایش فرآیند تجزیه مواد آلی همراه با افزایش دما همگی از عواملی باشند که منجر به افزایش فسفر دریاچه در ماه‌های مرداد و شهریور شدند و شاید عوامل دیگری نیز در این امر نقش داشته باشد. اما یکی از نکات مهم در مورد فسفر کل و فسفات محلول کاهش قابل ملاحظه آن در فصل بهار بود. در فصل بهار با وجود رواناب‌های زیادی که به دریاچه وارد می‌شدند اما مشاهده گردید که در این فصل بیشترین تراکم فیتوپلانکتونی اتفاق افتاد که این خود می‌تواند عامل مهمی برای مصرف فسفات معدنی بخصوص در لایه نورگیر باشد زیرا میزان ترکیبات فسفری در لایه سطحی نسبت به لایه‌های عمقی کاهش یافت. از جمله دلایل مهم دیگر کاهش میزان فسفر کل در فصل بهار و حتی اسفند ماه وجود سرریزهای متوالی بود که تا اواخر خرداد ماه مشاهده شد به‌طوری‌که این سرریز می‌تواند عاملی برای هدررفت و انتقال مواد زنده (پلانکتون‌ها) و غیرزنده آلی و حتی مواد محلول دریاچه به سمت پائین‌دست باشد که احتمال می‌رود عامل مهمی برای کاهش میزان عوامل فسفری محسوب گردد.

در محیط‌های آبی دو شکل آمونیوم یونیزه شده (NH_4^+) و آمونیاک غیر یونیزه (NH_3) وجود دارد. معمولاً آمونیوم برای آبزیان سمیتی نداشته و منبع ازت ترجیح داده برای بیشتر فیتوپلانکتون‌ها است چراکه، آمونیوم را به‌طور مستقیم به اسیدهای آمینه تبدیل می‌نمایند (Nasrollahzadeh *et al*., 2008). لذا طبیعی به‌نظر می‌رسد که به‌دلیل جذب ترجیحی آمونیوم توسط فیتوپلانکتون‌ها و بخصوص در دریاچه‌ای با قدمت کم مانند گاران باحجم پائینی از رواناب‌های آلوده و شرایط اکسیژنی نسبتاً مطلوب، غلظت بسیار کمی از آمونیوم و آمونیاک وجود داشته باشد به‌طوری‌که با میانگین سالانه ۰/۰۶ میلی‌گرم بر لیتر، در بیشتر ماه‌های نمونه‌برداری میزان آن صفر بود. حد مجاز آمونیوم برای آزاد ماهیان و کپور ماهیان در اروپا ۷۰ میکروگرم در لیتر (۰/۰۷ میلی‌گرم بر لیتر) (Macdonald, 1994) برای آمونیاک کمتر از ۲۵ میکروگرم بر لیتر (۰/۰۲۵ میلی‌گرم بر لیتر) پیشنهاد شده است (Alabaster and Llogd, 1982). در این تحقیق میانگین غلظت آمونیاک ۰/۰۰۶ میلی‌گرم بر لیتر به‌دست آمد که از حد مطلوب

[Downloaded from isfj.ir on 2025-08-02]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1399.29.5.3.9]

استاندارد فوق و پرورش آبزیان و آب شیرین کشورهای مختلف بسیار کمتر بود و با این شرایط مشکلی را برای آبزیان نخواهد داشت. معمولاً در pH=۷، ۹۹/۶ درصد از آمونیاک کل به شکل غیرسمی NH_4^+ بوده در حالی‌که در pH=۱۱، ۹۹ درصد از آمونیاک به شکل سمی NH_3 در آب وجود دارد به عبارتی، با افزایش pH آب، مقدار NH_3 سمی افزایش می‌یابد. نتایج به‌دست آمده از سد آزاد (پژوهشکده اکولوژی دریای خزر، ۱۳۹۶)، نشان داد که میانگین درصد فرم آمونیوم ۹۸ (۹۹/۸-۸۴/۸) و آمونیاک ۲ (۱۵/۲-۰/۲) بود که با توجه به دامنه pH (۸/۸-۶/۹) با مطالب مذکور مطابقت داشت. به طور کلی، با توجه به این‌که در دریاچه سد گاران، دما و میزان pH به عنوان عوامل مؤثر بر شکل آمونیوم در محدوده مناسبی قرار داشتند. بنابراین، بیشترین شکل آمونیاک کل از نوع یونیزه شده آن (NH_4^+) است که سمیتی برای آبزیان ندارد و میزان آن نیز برای دریاچه کمتر از حد مجاز به‌دست آمد.

معمولاً نیتریت در لایه‌های عمقی به‌دلیل کم بودن میزان اکسیژن محلول نسبت به لایه‌های سطحی با اکسیژن محلول بیشتر، دارای غلظت بیشتری است به‌طوری‌که در تحقیق حاضر نیز میانگین نیتریت در لایه‌های عمقی (۰/۰۵ میلی‌گرم بر لیتر) نسبت به لایه سطحی (۰/۰۱ میلی‌گرم بر لیتر) ۵ برابر بیشتر بود. با توجه نتایج میانگین یون نیتریت دریاچه سد گاران که برابر با ۰/۰۳۱ میلی‌گرم بر لیتر به‌دست آمد میزان آن در محدوده مجاز استاندارد پرورش آبزیان است و با این شرایط برای آبزیان عامل سمی محسوب نمی‌گردد اما به‌نظر می‌رسد که برای پرورش ماهی‌قزل‌آلا کمی مقدار بالایی باشد اگرچه مطابق Boyd (1998) میزان مطلوب نیتریت برای آبزی‌پروری کمتر از ۰/۳ میلی‌گرم بر لیتر گزارش شده است. معمولاً غلظت نیترات در آب‌های شیرین غیرآلوده کمتر از ۱/۱۳ میلی‌گرم بر لیتر است (DWAF, 1996). در یک دامنه گسترده‌تر و مطابق Boyd (1998) میزان مطلوب نیترات برای آبزی‌پروری ۱۰-۰/۲ میلی‌گرم بر لیتر گزارش شده است. در دریاچه سد Çamligöze در ترکیه با میزان نیترات ۰/۸-۰/۴ میلی‌گرم بر لیتر، کیفیت آن دارای درجه کیفی عالی بود و مطابق با استانداردها در دامنه طبیعی قرار داشت (Seher, 2015). غلظت نیترات دریاچه سد گاران طی دوره مطالعه ۰/۶۶ میلی‌گرم بر لیتر بود که همانند سد آزاد (پژوهشکده اکولوژی دریای خزر، ۱۳۹۶) و مطالعات فوق بسیار کمتر از حد مجاز بوده و در دامنه مطلوب استاندارد پرورش قرار داشت.

در سیستم‌های دریاچه‌ای فلوریدا (USA)، غلظت نیتروژن کل ۷۰۰ میکروگرم در لیتر و در موارد محدود ۱۱۰۰-۱۰۰۰ میکروگرم در لیتر به عنوان یک دامنه بالاتر توصیه شده است (Fleming-Lehtinen *et al*., 2009). نتایج بررسی نیتروژن کل دریاچه سد گاران نشان داد که میانگین سالانه آن ۱/۳۳ میلی‌گرم بر لیتر بود. این میانگین اگرچه از حد مجاز فوق بالاتر است اما نسبت به میانگین سالانه آن در سد آزاد، سد ارس، سد شهید کاظمی و سد نئور با میانگین سالانه به‌ترتیب ۱/۵۷، ۱/۸ و (۲/۹۹، پورآذری، ۱۳۹۶)، ۱/۸۸ و ۱/۹ میلی‌گرم بر لیتر پائین‌تر اما از میانگین سالانه آن در دریاچه‌های سد تهم (۰/۴۵، میرزاجانی و همکاران، ۱۳۹۱)، حسنلو (۰/۸۸، خانی‌پور، ۱۳۸۴) و مهاباد (۱/۳ میلی‌گرم بر لیتر، حیدری و محمدجانی، ۱۳۷۸) بالاتر بود. در تعیین میزان یون نیترات و نیتروژن کل (TN) لایه سطحی دریاچه سد گاران مشاهده شد که بیشترین میانگین هر دو عامل در فصل پائیز به‌دست آمد. اما کمترین آن برای نیتروژن کل در فصل بهار و برای یون نیترات در فصل تابستان مشاهده گردید. روند تغییرات برای لایه‌های عمقی‌تر نیز تقریباً مشابه لایه سطحی بود با این تفاوت که روند تغییرات بین دو عامل در لایه عمقی نسبتاً به هم نزدیک‌تر بود (r=۰/۹). کاهش نیتروژن کل در فصل بهار (همانند سد شهید کاظمی، مهندسین مشاور آساراب، ۱۳۸۷)، ممکن است با افزایش جمعیت فیتوپلانکتونی و مصرف سریع ترکیبات نیتروژنی و همچنین سرریز آب مخزن سد در ارتباط باشد زیرا کاهش آن با کاهش قابل ملاحظه سایر مواد مغذی مانند ترکیبات فسفری و ترکیبات سیلیسی به‌خصوص در لایه سطحی همراه بود.

در آبهای شیرین سیلیس به دو فرم غالب دی‌اکسید سیلیس و اسید سیلیسیک وجود دارد. معمولاً آبهای سیلیکات‌دار هیچگونه اثر زیان‌آوری بر سلامتی و بهداشت وارد نمی‌کند ولی می‌تواند شرایط را برای رشد دیاتومه‌ها فراهم نماید. میانگین سالانه دی‌اکسید سیلیس در لایه سطحی و عمقی دریاچه سد گاران به‌ترتیب برابر ۰/۸۲ و ۲/۸۸ میلی‌گرم بر لیتر بود. در تعیین میانگین فصلی آن در لایه سطحی نشان داده شد که دامنه تغییرات آن ۱/۴۷-۰/۴ میلی‌گرم بر لیتر بود به‌طوری‌که بیشترین و کمترین در فصل زمستان و بهار مشاهده گردید. این افزایش و کاهش در لایه‌های عمقی در فصل پائیز (۳/۹۱ میلی‌گرم بر لیتر) و زمستان (۱/۷۸ میلی‌گرم بر لیتر) به‌دست آمد. مورد توجه است که این روند تغییرات برای دی‌اکسید سیلیس در لایه‌های عمقی بسیار شبیه روند تغییرات دی‌اکسیدکربن بود به‌طوری‌که دارای همبستگی بالایی بودند

[Downloaded from isfj.ir on 2025-08-02]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1399.29.5.3.9]

(r=۰/۶۸). به‌نظر می‌رسد در آبهای عمیق با دی‌اکسیدکربن بالا (آبهای سخت) حلالیت مواد معدنی مانند ترکیبات سیلیسی افزایش می‌یابد. همچنین در تعیین تغییرات بین لایه‌های مختلف نشان داده شد که در طول دوره مطالعه میزان دی‌اکسید سیلیس در لایه‌های عمقی بسیار بیشتر از لایه سطحی بود و این اختلاف در فصل پائیز بیشترین (۲/۹۸ میلی‌گرم بر لیتر) و در فصل زمستان کمترین (۰/۳۱ میلی‌گرم بر لیتر) بود که این می‌تواند به دلیل ایجاد اختلاط آب دریاچه در زمستان و برگشت ترکیبات سیلیسی از رسوب بستر به داخل ستون آب یا وجود فعالیت‌های بیولوژیک در سایر فصول باشد. دیاتومه‌ها یا باسیلاریوفیتا از بین گروه‌های فیتوپلانکتونی بیشترین وابستگی را میزان سیلیس محلول در آب دارند. در تحقیق حاضر شاخه Bacillariophyta با ۱۲ جنس دارای بیشترین فراوانی و تنوع بین سایر شاخه‌های فیتوپلانکتونی بود که بیشترین حضور آن نیز در فصل بهار مشاهده گردید. به نظر می‌رسد که همین افزایش جمعیت دیاتومه‌ها یکی از عوامل کاهش دی‌اکسید سیلیس لایه سطحی در فصل بهار بود و سپس در تیر ماه و در لایه عمقی افزایش محسوسی یافت.

بر اساس نتایج مطالعه حاضر، دریاچه سد گاران با استفاده از الگوهای مدیریتی صحیح و نظارت کافی و حتی با وجود برخی محدودیت‌های دمایی، برای انجام فعالیت‌های شیلاتی مطلوب به نظر می‌رسد. اگرچه نتایج نشان داد که وضعیت افقی و عمودی کیفیت آب در مخزن تاحدودی به میزان اختلاط آب مخزن و مدیریت انسانی بستگی دارد که در این میان عواملی مانند کیفیت آب‌های ورودی، روابط متقابل بین عوامل فیزیکوشیمیایی و زیستی، چرخه مواد مغذی و در نهایت لایه‌بندی دمایی دریاچه تأثیرگذار خواهد بود. بنابراین، لحاظ نمودن این عوامل در بکارگیری اصول مدیریتی منجر به حفظ کیفیت پایدار آب و پایداری توسعه و فعالیت‌های شیلاتی دریاچه خواهد شد.

منابع

پژوهشکده اکولوژی دریای خزر، ۱۳۹۶. گزارش لیمنولوژی مطالعات لیمنولوژیکی و ارزیابی ذخائر دریاچه سد آزاد سنندج. سازمان جهاد کشاورزی استان کردستان. ۱۸۵ صفحه.

پور آذری، ع.م.، ۱۳۹۶. اثرات عوامل محیطی رودخانه و دریاچه پشت سد ارس بر رشد و نمو خرچنگ دراز آب شیرین. موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور. ۹۰۱۳۶-۱۲-۷۹-۲. ۱۰۵ صفحه.

بهرامی کمانگر، ب. و محمدی، ح.، ۱۳۹۷. گزارش بررسی آلاینده‌ها و ارزیابی زیست‌محیطی (مطالعه لیمنولوژی و ارزیابی ذخائر سد گاران مریوان به‌منظور انجام فعالیت‌های شیلاتی). سازمان جهاد کشاورزی استان کردستان. ۱۳۷ صفحه.

حسین‌زاده صحافی، ه.، ۱۳۸۶. برنامه راهبردی تحقیقات ماهیان گرمابی. موسسه تحقیقات شیلات ایران. ۲۶۲ صفحه.

حیدری، ع.، محمدجانی، ط.، ۱۳۷۸. گزارش نهایی پروژه مطالعات پلانکتونی دریاچه سد مخزنی مهاباد و حوضه آبریز آن. مرکز تحقیقات شیلات استان گیلان. ۵۸ صفحه.

خانی‌پور، ع.ا.، ۱۳۸۴. گزارش نهایی مطالعات لیمنولوژیک دریاچه مخزنی سد حسنلو آذربایجان غربی (فاز سوم). بررسی امکان پرورش ماهی قزل‌آلا در قفس. مرکز تحقیقات ماهیان استخوانی دریای خزر. ۴۸ صفحه.

شرکت مدیریت منابع آب ایران.، ۱۳۹۶. http://daminfo.wrm.ir

عباسی، ک.، سرپناه، ع. و مراد خواه، س.، ۱۳۸۶. شناسایی و بررسی پراکنش ماهیان رودخانه سیاه درویشان (حوزه تالاب انزلی). مجله پژوهش و سازندگی در امور دام و آبزیان. شماره ۷۴.

عبدالملکی، ش.، میرزاجانی، ع. ر.، خداپرست، س. ح.، صابری، ح.، بابایی، ه.، سبک آرا، ف. ج.، مکارمی، م.، خطیب حقیقی، س.، غنی نژاد، د.، یوسف زاد، ا.، نوروزی، ه.، نهرور، م.ر.، خدمتی، ک.، نیک‌پور، م.، راستین، ر. و محسن پور، ح.، ۱۳۹۳. مطالعه سد خاکی خندقلو شهرستان ماهنشان استان زنجان. موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، تهران. ۲۰۷ صفحه.

کریمیان، ع.، ذاکری، م.، فارابی، س.م.و.، حقی، م.، کوچنین، پ.، ۱۳۹۵. اثرات زیست‌محیطی پرورش در قفس قزل‌آلای رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*) در حوضه جنوبی دریای خزر. دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر. ۲۵۰ صفحه.

مهندسین مشاور آسراب.، ۱۳۸۷. گزارش لیمنولوژی مطالعات لیمنولوژیکی و ارزیابی ذخائر دریاچه سد شهید کاظمی سقز. سازمان جهاد کشاورزی استان کردستان. ۱۲۶ صفحه.

[Downloaded from isfj.ir on 2025-08-02]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1399.29.5.3.9]

مهندسین آمایش مکران.، ۱۳۸۹. گزارش لیمنولوژی مطالعات لیمنولوژیکی و ارزیابی ذخائر دریاچه سد سنگ سیاه دهگلان. سازمان جهاد کشاورزی استان کردستان. ۱۰۰ صفحه.

میرزاجانی، ع.ر، ۱۳۸۹. مطالعه دریاچه سد خاکی توده بین استان زنجان به‌منظور امکان آبزی‌پروری. پژوهشکده آبزی‌پروری آب‌های داخلی موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، ۸۹۰۵۳-۱۲-۷۳-۴.

میرزاجانی، ع.، عباسی، ک.، سبک‌آرا، ج.، مکارمی، م.، عابدینی، ع.، و صیاد بورانی، م.، ۱۳۹۱. لیمنولوژی دریاچه الیگو-مزوتروف تهم در استان زنجان. مجله زیست شناسی، جلد ۲۵ شماره ۱. صفحات ۸۹-۷۴.

میرزاجانی، ع.، ۱۳۹۵. مطالعه دریاچه سدهای خاکی شویر و میرزاخانلو استان زنجان به منظور امکان آبزی‌پروری. موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور. ۶۸ صفحه.

نصراله‌زاده ساروی، ح.، پرافکنده، ف.، فضلی، ح.، میرزایی، ر.، حسین‌پور، ح.، افرایی، م.ع.، نصراله‌تبار، ع.، مخلوق، آ. و واحدی، ن.، ۱۳۹۵. مطالعه خصوصیات فیزیکوشیمیایی آب در دریاچه پشت سد آزاد سنندج به منظور فعالیت‌های شیلاتی. مجله علمی شیلات ایران. ۲۵ (۵)، صفحات ۱۵۸-۱۴۳. DOI: 10.22092/ISFJ.2017.110321

Aiyesanmi., A.F. Ipinmoroti., K.O. and Adeeyinwo., C.E., 2003. Surface Water Quality and Environmental Health in the Okitipupa Southeast Belt of the Bituminous Sands Field of Nigeria, In: A. N. Nosike and J. A. Opara, Eds., Environmental Health in the Niger Delta, JCF Publising, Co., Port Harcourt. 100-107.

Aiyesanmi, A.F., Ipinmoroti, K.O. and Adeeyinwo, C.E., 2006. Baseline Water Quality Status of Rivers Within Okitipupa Southeast Belt of the Bituminous Sands Field of Nigeria. Nigerian. *Journal of Science*, Vol. 40. 62-71. DOI: 10.1080/00207230320000118993

Alabaster, J.S. and Lloyd, R., 1982. Water Quality Criteria for Freshwater Fish.2nd Edition.Food and Agriculture Organization of the United Nations. Butterworth's, London (UK), 361P.

Amankwaah, D., Cobbina, S.J., Tiwaa, Y.A., Bakobie, N. and Millicent, E.A.B., 2014. Assessment of pond effluent effect on water quality of the Asuofia Stream, Ghana. A*frican Journal of Environmental Science and Technology*.; 8(5):306-311. DOI: 10.5897/AJEST2014.1665

APHA (American Public Health Association), 2005. Standard Methods for The Examination of water and wastewater, 21th ed. American Public Health Association, Washington, DC. 1550P.

Boyd, C.E. and Tucker. C.S. 1998. Pond Aquaculture Water Quality Management, Kluwer Academic Publishers, USA. 507-512.

DWAF, 1996. South African Water Quality Guidelines (second edition). Volume 5: Agricultural Use: Livestock Watering.

Egemen, O., 2011. Water quality. *Ege University Fisheries Faculty Publication No. 14*, Izmir, Turkey, 1-150.

Enderlein, U.S., Enderlein, R.E. and W. P. Williams., 1996. Water Quality Requirements. In: Chapman D. (Ed.) 1996. Water Quality Assessments- A Guide to Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring -Second Ed., UNESCO/ WHO/ UNEP. Longhurst, A.R., 2007. Ecological Geography of the Sea. *Elsevier*, Amsterdam, 542P.

FAO/WHO, 2006. Committee on Food Additives. Technical Report Series no. 776. Geneva. 64P.

Fleming-Lehtinen V., Laamanen, M. and Olsonen, R., 2009. HELCOM Indicator Fact Sheets 2007: Florida Department of Environmental Protection. 2003. Development of Florida Lake Nutrient Criteria: Summary and Synthesis. Tallahassee, USA. http://www.helcom.fi/environment2/ifs/en_GB/cover. 2011.8.22.

[Downloaded from isfj.ir on 2025-08-02]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1399.29.5.3.9]

Lawson, T.B., 1995. Fundamentals of Aquacultural Engineering. New York: Chapman and Hall.

Leory, S.A.G., Marret, F., Gibert, E., Chalie, J., Reyss, L. and Arpe, K., 2007. River inflow and salinity changes in the Caspian Sea during the last 5500 years. *Quaternary Science Reviews*, 26: 3359-3383.

Macdonald, D.D., 1994. A review of environmental quality criteria and guidelines for priority substances in the Frazer River Basin: a summary of available water quality criteria and guidelines for protection of aquatic life. http://Bordeaux.uwateloo.ca/ boil1447/waterquality/aquaticlife.htm.

Maleri, M., 2011. Effects of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) cage culture on Western Cape irrigation reservoirs. Doctor of Philosophy in the Faculty of AgriSciences at Stellenbosch University. 296P.

Nasrollahzadeh Saravi, Bin, H., Din, Z., Foong, S.Y. and Makhlough, A., 2008. Trophic status of the Iranian Caspian Sea based on water quality parameters and phytoplankton diversity. *Journal of Continental Shelf Research*, 28: 1153-1165. DOI: 10.1016/j.csr.2008.02.015

PHILMINAQ (Philippines Aquaculture), 2008. Water quality criteria and standards for freshwater and Marine Aquaculture. Bureau of Fisheries and Aquatic Resources- Mitigating Impact of Aquaculture in the Philippines (BFAR)- Project, Diliman, Quezon City (www. Philminaq.eu), 34P.

Pierre, A.C., Yuan-Chao, A.H., Chaolum, A.C. and Yang, C.C., 2015. Integrated assessment of sustainable marine cage culture through system dynamics modeling. *Ecological Modelling*, 299: 140-146. DOI: 10.1016/j.ecolmodel.2014.12.019

Polat, M., 1997. Physical and chemical parameters monitored rivers and lakes. Proceedings of the Water Quality Management Seminar, May 15, 1997, Ankara, Turkey, 45-57.

Sanni, S. and Forsberg, O.I., 1996. Modeling pH and carbon dioxide in single-pass seawater aquaculture systems, *Aquaculture Engineering*., 15, 91-110. DOI: 10.1016/0144-8609(95)00003-8

Seher, D., 2015. Assessment of Water Quality Using Physico-chemical Parameters of Camligoze Dam Lake in Sivas, Turkey. *Cologia* 5(1): 1-7. DOI: 10.3923/ecologia.2015.1.7

Soni, V.K., Visavadia, M., Gosai, C., Hussain, M.D., Mewada, M.S., Gor, S. and Salahuddin, K., 2013. Evaluation of physico-chemical and microbial parameters on water quality of armada River, India. Afr. *Journal of Environmental Science and Technology*, 7: 496-503. DOI: 10.5897/AJEST12.222

South African Water Quality Guidelines, 1996. "Agricultural Water Use: Aquaculture," 2nd Edition, Vol. 6, Department of Water Affairs and Forestry of South Africa, Pretoria, 185P.

Svobodova, Z., Machova, R.L. and Vykusova, B., 1993. Water Quality and Fish Health.to Salinity and Water Quality and fish health. EIFAC technical paper no. 54. Rome: FAO.

Tessema, A., Mohammed, A., Birhanu, T. and Negu, T., 2014. Assessment of Physico-chemical Water Quality of Bira Dam, Bati Wereda, Amhara Region, Ethiopia. *Journal of Aquaculture Research Development.* 5: 4 P.

Wang, S.H., Huggins, D.G. and deNoyelles, F., 1999. An analysis of the Trophic State of Clinton Lake. *Journal of Lake and Reservoir Management*, 15: 239-250. DOI: /10.1080/07438149909354121

[Downloaded from isfj.ir on 2025-08-02]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1399.29.5.3.9]

Wetzel, R.G. and Likens, H., 1991. Limnological analysis. Springer-Verlag, 391 P.

Wetzel, R.G., 2001. Limnology of Lake and River Ecosystems. Third Edition. Academic Press, San Diego, CA, 1006P.

WHO, 1988. Assessment of freshwater quality. Global Environmental Monitoring Systems (GEMS) Report on the Related Environmental Monitoring, World Health Organization (WHO), Geneva, Switzerland. 1-121.

WHO, 2008. Guidelines for Drinking-water Quality, Third Edition, Incorporating the First and Second Addenda. Volume 1. Recommendations. Geneva. 134P.

[Downloaded from isfj.ir on 2025-08-02]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1399.29.5.3.9]

Survey on physico-chemical factors of Garan dam reservoir (Marivan) in order to aquaculture activities

Karimian E.[1*]; Mohammadi H.[1]; Ghaderi E.[1]; Hoseinpour H.[2]; Vahedi N.[2]

*Erfankarimian88@gmail.com

1- Fisheries department, Faculty of Natural Resources Kurdistan University, Sanandaj, Iran.
2- Fisheries Affairs, Jihad-Agriculture of Kurdistan Organization, Sanandaj, Iran.

Abstract

Kurdistan province is one of the most important provinces in Iran in terms of surface and underground waters, and the Garan resevior (Marivan) has important rules in aquaculture and fisheries activities. For this purpose, the present study was carried out including a survey of 22 physico-chemical parameters at four sites of Garan reservoir from July 2017 to August 2018. Results showed that the mean value of water temperature 11.13 ± 6.7 °C and the Dissolved Oxygen (DO) concentration was 8.44 and 3.87 mg/l for surface and deep layers respectively. Based on the results, was shown that the Thermocline and oxycline start from June and they vanish in December as well as. Mean of pH value 7.99 and secchi disc depth was high (2.3 m) relatively. Also the mean value of alkalinity, Biochemical Oxygen Demand (BOD_5), Chemical Oxygen Demand (COD), Total Suspended Solids (TSS), Total Dissolved Solids (TDS) and electro conductivity 138.59, 1.32, 25.02, 0.047, 156.91 mg/l and 242.18 (µmhos/cm) respectively. Also mean of nutrients were within desirable limits. In general, although seasonal and spatial variations were observed in some parameters, but according to the results of physico-chemical characteristics, the Garan reservoir could be considering suitable for standard pattern of aquaculture activities.

Keywords: Physico-chemical parameters, Aquaculture, Garan reservoir, Kurdistan Province

*Corresponding author

[Downloaded from isfj.ir on 2025-08-02]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1399.29.5.3.9]