



## بررسی کیفیت آب پشت سد گلستان به منظور فعالیت‌های آبی‌پروری با استفاده از شاخص WQI، استان گلستان

بهروز منصوری<sup>۱</sup>، عبدالعظیم فاضل<sup>۱</sup>، طاهر پورصوفی<sup>۱</sup>، بایرام محمد قرنچیک<sup>۱</sup> و فاطمه عباسی<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup> مؤسسه تحقیقات علوم شیلاتی - مرکز تحقیقات ذخایر آب‌های داخلی، گرگان، ایران  
<sup>۲</sup> دانش‌آموخته دکتری صید و بهره‌برداری آبزیان، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

### چکیده

دریاچه‌های پشت سد جزو منابع آبی نیمه‌طبیعی داخلی محسوب می‌شوند و از دیدگاه آبی‌پروری از جایگاه ویژه‌ای برخوردار هستند. برای دستیابی به اهداف مدیریتی، دانستن الگوی تغییرات پارامترهای زیستی و غیرزیستی در دریاچه پشت سد ضروری است. بدین منظور، جهت تعیین کیفیت آب با استفاده از شاخص‌های کیفی آب (WQI) ۱۲ خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آب (دمای آب، اکسیژن محلول، شوری، اسیدیته، هدایت الکتریکی، مواد جامد معلق، سختی کل، قلیائیت کل، نیترات، آمونیاک، فسفات و فسفر کل) در سال ۱۳۹۸ به صورت ماهانه و به مدت یکسال در ۷ ایستگاه سد گلستان شهرستان گنبد مورد ارزیابی قرار گرفت. اگرچه در برخی از فصول مقادیر نیترات و آمونیاک بالاتر از حد مجاز بوده و سبب شده امتیاز شاخص کیفیت آب بین ۴۵ تا ۹۵ متغیر بوده که می‌توان بیان داشت که به منظور آبی‌پروری بایستی پایش سالیانه در خصوص پارامترهای کیفی آب صورت گیرد.

### واژه‌های کلیدی:

سد گلستان، شاخص کیفی WQI، خصوصیات فیزیکی و شیمیایی.

### نوع مقاله:

پژوهشی اصیل

<https://doi.org/10.22034/jair.10.4.2>

### تاریخچه مقاله:

دریافت: ۰۱/۰۵/۰۸

پذیرش: ۰۱/۰۸/۱۸

### نویسنده مسئول مکاتبه:

بهروز منصوری، مؤسسه تحقیقات علوم شیلاتی - مرکز تحقیقات ذخایر آب‌های داخلی، گرگان، ایران.

ایمیل: mansouri\_b2000@yahoo.com

### ۱ | مقدمه

مخازن آبی منابع با ارزشی هستند که به لحاظ کاربری‌های مختلف از قبیل تأمین نیروی برق، شیلات، توریسم و منبع آب شرب اهمیت زیادی دارند. این مخازن به دلیل حجم بالای مواد غذایی محلول و بار مواد آلی وارده از حوضه آبریز جزء سیستم‌های باروری هستند که مواد غذایی جمعیت‌های متعدد جانوری را تأمین می‌کنند (Sabok Ara and Makaremi, 2013).

به‌طور کلی کیفیت آب در اکوسیستم‌های آبی به‌وسیله پارامترهای فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی بررسی می‌شوند و شناخت نقاط آلوده و آلاینده‌های موجود، باعث استفاده بهینه و مناسب از آب در مصارف مختلف می‌گردد. ورود و تجمع مواد مختلف شیمیایی، فاضلاب‌ها و پساب‌های کشاورزی است که باعث رشد بی‌رویه گیاهان آبی و مرگ آبزیان و تنزل کیفیت شیمیایی و بیولوژیکی آن در مخزن می‌گردد. امروزه دیدگاه‌ها نسبت به اهداف و جایگاه سدها گسترده‌تر شده و دامنه آن مشمول کنترل کیفی در کنار اهداف کمی مورد انتظار از سدها نیز گشته است (Hashemi et al., 2011). لازمه اعمال مدیریت به‌ویژه با هدف دستکاری بر کلیه اکوسیستم‌های طبیعی، مطالعه آنها از جهات متعدد است. یکی از روش‌های بسیار ساده و دور از پیچیدگی‌های ریاضی و آماری که می‌تواند شرایط کیفی آب را بازگو و به‌عنوان یک ابزار پیشرفته قوی برای تصمیم

گیری‌های مربوط استفاده شود، بررسی شاخص‌های کیفی آب می‌باشد (Dos Santos Simoes et al., 2008). روش‌های زیادی برای آنالیز داده‌های مربوط به کیفیت آب وجود دارد که با توجه به اهداف مطالعه، روش‌های نمونه‌برداری، منطقه مورد مطالعه و همچنین اندازه نمونه‌ها با یکدیگر متفاوت هستند. به‌عنوان مثال، روش (WQI, Water Quality Index) که جهت طبقه‌بندی، مدل‌سازی و یا تفسیر منابع آبی به‌کار می‌رود (Boyacioglu, 2007)، یکی از مؤثرترین روش‌های بررسی کیفیت آب می‌باشد (Dwivedi and Pathak, 2007). این شاخص‌ها بر پایه مقادیر پارامترهای مختلف فیزیکی، شیمیایی و زیستی در یک نمونه آب مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. استفاده از شاخص‌ها در برنامه‌های پایش ارزیابی سلامت اکوسیستم بسیار مفید بوده و می‌تواند به‌عنوان معیاری جهت ارزیابی موفق و مناسب در استراتژی‌های مدیریتی برای بهبود کیفیت آب استفاده شود (Rickwood and Carr, 2009). شاخص WQI می‌تواند مجموعه‌ای از داده‌های پارامتری کیفی آب در زمان‌ها و مکان‌های مختلف را استفاده کرده و اطلاعات آنها را به یک ارزش واحد برای دوره‌هایی از زمان و مکان تبدیل کند (Shultz, 2001). با توجه به اهمیت تعیین کیفیت آب در مخازن سد به‌منظور تعیین گستره فعالیت‌های مرتبط با آن و نهایتاً افزایش اشتغال‌زایی و رونق اقتصادی منطقه، پژوهش حاضر

ذخایر آبیان آب‌های داخلی با استفاده از دستگاه فتومتر (Palintest-8000) با استفاده از روش کار استاندارد آزمایش آب انجمن بهداشت عمومی آمریکا اندازه‌گیری شد (Rice, 2012). شاخص کیفیت آب CCME-WQI توسط شورای وزارت محیط زیست کانادا برای ارزیابی کیفی آب تهیه و پایه‌گذاری شده است. دیدگاه پژوهشگران در انتخاب شاخص مذکور برای مطالعات این پروژه، متأثر از وجود مزیت‌ها و امکانات به شرح زیر بوده است؛

۱. عدم وجود محدودیت در تعداد پارامترهای کیفی وارده در مدل.

۲. انعطاف‌پذیری مدل به پذیرش حدود و معیارهای هدف‌گذاری شده توسط کاربر برای مقاصد مختلف لحاظ شدن سه فاکتور محدوده هدف‌گذاری شده (Scope)، فراوانی (Frequency) و دامنه انحراف در آن (Amplitude).
۳. امکان استفاده از مدل برای موقعیت‌های نقطه‌ای و پهنه‌ای سامانه‌ی آبی مورد نظر سهولت در بومی‌سازی شرایط کاربری آن برای مناطق و مقاصد مختلف در مقاطع زمانی و مکانی هدف‌گذاری شده است.

تلاشی برای ارزیابی تغییرات زمانی و مکانی کیفیت آب با استفاده از شاخص کیفی آب (WQI) سد گلستان، برای تعیین مصارف مختلف آب از نقطه نظر مناسبت با استانداردهای آبیان و همچنین اتخاذ تصمیم‌ها و انجام اقدامات مؤثر است.

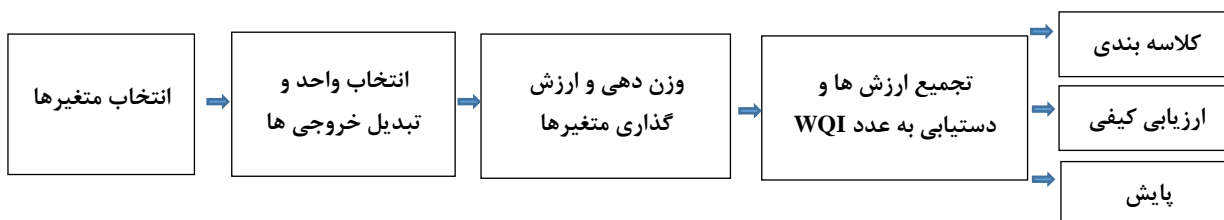
## ۲ | مواد و روش‌ها

سد مخزنی گلستان در بالادست سد وشمگیر در محدوده دشت گرگان در فاصله ۱۵ کیلومتری شمال شرقی شهرستان گنبدکاووس قرار دارد. این پژوهش با توجه به بررسی‌های اولیه و مورفولوژی سد گلستان تعداد ۷ ایستگاه نمونه‌برداری در موقعیت‌های مختلف (براساس ورودی و اعماق مختلف مخزن دریاچه سد) مشخص شد (شکل ۱). به‌منظور اندازه‌گیری خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آب، نمونه‌برداری به‌صورت ماهانه به مدت یک سال از فروردین تا اسفند ماه سال ۱۳۹۸ با استفاده از دستگاه روتنر صورت گرفت. برخی عوامل فیزیکی و شیمیایی از قبیل pH، دما، هدایت الکتریکی (EC) و اکسیژن محلول در محل نمونه‌برداری به‌وسیله دستگاه مولتی پارامتر پرتابل مدل HQ30D HACH و سایر عوامل فیزیکی و شیمیایی (شوری، مواد جامد معلق، سختی کل، قلیائیت کل، نیتрат، آمونیاک، فسفات و فسفر کل) پس از تهیه نمونه آب و انتقال آن، در آزمایشگاه آنالیز شیمیایی مرکز تحقیقات



شکل ۱- نمای کلی از سد گلستان و نقاط نمونه‌برداری-استان گلستان

به‌طور کلی رویکرد انتخاب مدل ارزیابی کیفی آب، متکی بر فرآیند ارائه شده در شکل ۲ می‌باشد. (Hosseini et al., 2018):



شکل ۲- رویکرد انتخاب مدل ارزیابی کیفی آب مبتنی بر روش CCME-WQI

دامنه‌های کیفی تعریف شده در مدل سهولت و سادگی درک خروجی‌های آن برای سیاست‌گذاران و عامه مردم امکان بهره‌گیری از آن به‌عنوان یک ابزار مفید برای ارزیابی میزان موفقیت و شکست استراتژی‌های مدیریتی در راستای اهداف حفاظت کیفی منابع آب پاسخ‌دهی مناسب خروجی‌های این مدل در مطالعات و تحقیقات مختلف و جامع بودن آن تأیید عملکرد این مدل توسط مراجع معتبری هم‌چون UNEP و توصیه به‌کارگیری از آن به‌عنوان یک مدل قابل استفاده در سطح جهانی می‌باشد (Norozi et al., 2015).

روابط و معادلات حاکم بر مدل CCME-WQI به شرح زیر می‌باشد.

$$F_1 (\text{Scope}) = \left( \frac{\text{تعداد پارامترهای مردود از حد هدف گذاری}}{\text{تعداد کل پارامترها}} \right) \times 100 \quad \text{رابطه (۱)}$$

$$F_2 (\text{Frequency}) = \left( \frac{\text{تعداد آزمون های مردود از حد هدف گذاری}}{\text{تعداد کل پارامترها}} \right) \times 100 \quad \text{رابطه (۲)}$$

$$\text{Excursion} = \left( \frac{\text{مقدار عددی آزمون مردود شده}}{\text{حد هدف گذاری شده}} \right) - 100 \quad \text{رابطه (۳)}$$

$$\text{Excursion} = \left( \frac{\text{حد هدف گذاری شده}}{\text{مقدار عددی آزمون مردود شده}} \right) - 100 \quad \text{رابطه (۴)}$$

$$nse = \left( \frac{\sum_{i=1}^n \text{excursion } i}{\text{total number of tests}} \right) \quad \text{رابطه (۵)}$$

$$F_3 = \left( \frac{nse}{0.01nse + 0.01} \right) \quad \text{رابطه (۶)}$$

$$CCME, WQI = 100 - \left( \frac{\sqrt{F_1^2 + F_2^2 + F_3^2}}{1.732} \right) \quad \text{رابطه (۷)}$$

رابطه ۴ برای حالتی که قرار است نتیجه آزمون پائین‌تر از حد هدف‌گذاری قرار نگیرد.

با در نظر گرفتن روابط گفته شده، برای تعیین کلاس کیفی آب و تفسیر تناسب آن برای کاربری هدف‌گذاری شده، از اطلاعات مندرج در جدول کلاسه بندی استفاده به‌عمل آمده است. میزان WQI برای کیفیت آب در محدوده بین ۱۰۰ - ۰ قرار دارد. دامنه ۱۰۰ - ۹۵ دارای کیفیت آب عالی؛ ۹۴ - ۸۰ خوب، ۷۹ - ۶۵ متوسط، ۶۴ - ۴۵ نسبتاً متوسط و ۴۵ - ۰ ضعیف ارزیابی می‌گردد (Brown et al., 1970) (جدول ۲). تمامی محاسبات با استفاده از نرم‌افزار R-4.1.3 و بسته نرم‌افزاری calc\_wqi انجام پذیرفت.

جدول ۲- محدوده شاخص CCME-WQI و توصیف کیفی آن (Brown, 1970)

کلاسه‌بندی شاخص کیفی آب	دامنه امتیاز کیفی	تفسیر تناسب و شرایط کیفی آب
عالی	۹۵-۱۰۰	کیفیت آب با درجه بالایی، از تهدید و اختلال حفظ شده است. شرایط، بسیار نزدیک به سطح طبیعی و بکر می‌باشد
خوب	۸۰-۹۴	کیفیت آب در حد مرزی از تهدید و اختلال حفظ شده است. شرایط به ندرت از حالت طبیعی و بکر خارج می‌شود.
متوسط	۶۵-۷۰	کیفیت آب به‌طور معمول حفظ شده است، لیکن گاهی اوقات مورد تهدید و اختلال قرار دارد. شرایط، برخی مواقع از حالت طبیعی و بکر خارج می‌شود.
نسبتاً متوسط	۴۵-۶۴	کیفیت آب به‌طور مکرر در معرض تهدید و اختلال قرار دارد. شرایط، در اغلب مواقع از حالت طبیعی و بکر خارج می‌شود.
ضعیف	۰-۴۴	کیفیت آب، به‌طور تقریبی، همیشه در معرض تهدید یا اختلال قرار دارد. شرایط، بطور معمول از حالت طبیعی و سطح مطلوب خارج است.

توزیع می‌کنند. البته باید توجه داشت که این روش بدون توجه به موقعیت و آرایش نقاط، فقط فاصله آنها را در نظر می‌گیرد، یعنی نقاطی که دارای فاصله یکسانی از نقطه برآورد هستند دارای وزن یکسانی می‌باشند. مقدار عامل وزنی با استفاده از فرمول زیر محاسبه می‌گردد:

$$\lambda_i = \frac{D_i - \alpha}{\sum_{i=1}^n D_i - \alpha}$$

که در آن:  $\lambda_i$  = وزن ایستگاه  $i$ ام،  $D_i$  = فاصله ایستگاه  $i$ ام تا نقطه مجهول،  $\alpha$  = توان وزن‌دهی.

روش درون یابی: در این پژوهش جهت پیش‌بینی پراکنش مکانی کیفیت آب در محوطه سد از اطلاعات مربوط به نقاط نمونه‌برداری استفاده شد. پس از نرمال‌سازی داده‌ها، جهت پهنه‌بندی ویژگی‌های کیفی آب از روش Inverse Distance weighted استفاده گردید. در روش IDW برای هر یک از نقاط اندازه‌گیری وزنی براساس فاصله بین آن نقطه تا موقعیت نقطه مجهول در نظر گرفته می‌شود. سپس این اوزان توسط توان وزن‌دهی کنترل می‌شوند، به‌طوری‌که توان‌های بزرگتر اثر نقاط دورتر از نقطه مورد برآورد را کاهش داده و توان‌های کوچکتر وزن‌ها را به‌صورت یکنواخت‌تری بین نقاط هم‌جوار

۳ | نتایج

مقدار pH در طول مدت مطالعه دارای تغییرات معنی‌دار نبود. سایر خصوصیات اندازه‌گیری شده در ماه‌های مختلف در جدول ۳ نشان داده شده است. دامنه تغییرات در طول سال بین ۱ تا ۲ میلی گرم در لیتر ثبت شده و آمونیاک نیز مقادیری کمتر از ۲ میلی گرم در لیتر داشته است.

با استفاده از نرم‌افزار GIS نقشه تغییرات برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی اندازه‌گیری شده (اسیدیته، آمونیاک، فسفات، نیترات و هدایت الکتریکی) به‌صورت میانگین سالیانه براساس ایستگاه‌ها تهیه گردید (شکل ۳).

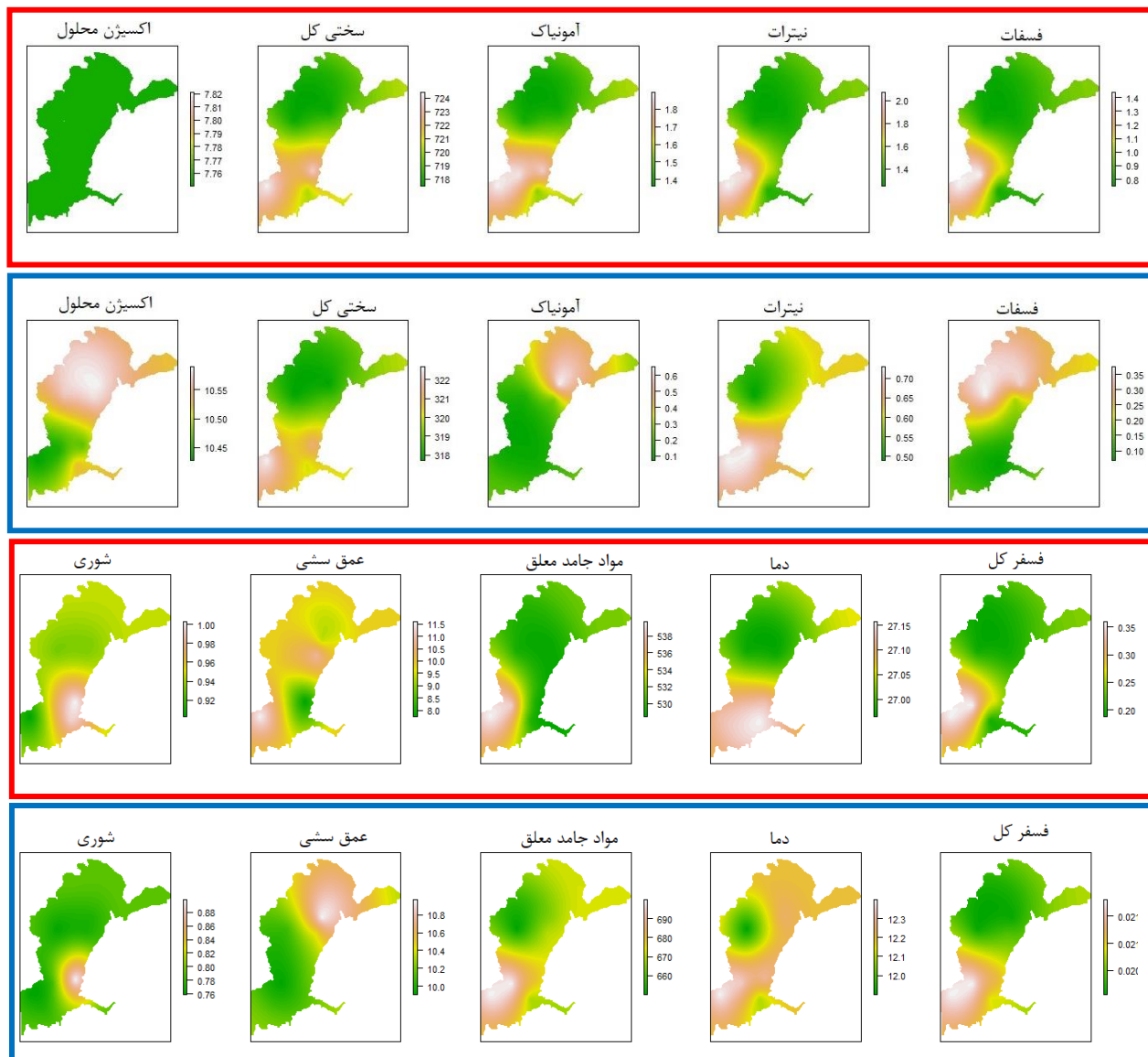
مقادیر میانگین و انحراف معیار عوامل فیزیکی و شیمیایی آب دریاچه پشت سد گلستان طی دوره مطالعه در جدول ۳ آورده شده است. میانگین دمای آب دریاچه سد گلستان نشان داد که کمترین میانگین در بهمن‌ماه (۱۱°C) و بیشترین میانگین در ماه‌های تیر و مرداد (۲۷/۱۸ ± ۰/۳) مشاهده شد. هم‌چنین بیشترین میزان اکسیژن محلول اسفند ماه (۱۱/۵۷ ± ۰/۵۳) و کمترین مقدار آن در ماه‌های تیر و مرداد (۷/۱۴ ± ۰/۳۸) به‌دست آمد. شوری اندازه‌گیری شده دارای اختلاف معنی‌دار بین ماه‌های سال بود، به‌طوری‌که بیشترین میزان شوری در ماه‌های تیر، مرداد، شهریور و مهر و کمترین میزان شوری در سه ماه فصل زمستان و دو ماه اردیبهشت و خرداد مشاهده گردید.

جدول ۳ - میانگین (± انحراف معیار) عوامل فیزیکی و شیمیایی آب دریاچه گلستان طی ماه‌های مختلف ۱۳۹۸

ماه	فاکتور	دمای آب (°C)	اکسیژن محلول (mg/l)	شوری (ppt)	pH	هدایت الکتریکی (µmhos/cm)	مواد جامد معلق (mg/l)
فروردین		۲۵/۴۰ ± ۱ <sup>e</sup>	۸ ± ۰/۱ <sup>e</sup>	۰/۸ ± ۰/۰۳ <sup>c</sup>	۸ ± ۰/۰۵	۱/۳۰ ± ۰/۰۳ <sup>e</sup>	۹۹۶/۵۷ ± ۰/۵۳ <sup>a</sup>
اردیبهشت		۲۷/۶۴ ± ۰/۰۵ <sup>ab</sup>	۸ ± ۰/۰۲ <sup>e</sup>	۰/۶۶ ± ۰/۰۳ <sup>d</sup>	۹ ± ۰/۰۲	۱/۳۸ ± ۰/۰۳ <sup>d</sup>	۹۷۵/۴۳ ± ۰/۵۳ <sup>b</sup>
خرداد		۲۷/۵۶ ± ۰/۰۵ <sup>b</sup>	۸ ± ۰/۰۳ <sup>e</sup>	۰/۶۶ ± ۰/۰۱ <sup>d</sup>	۹ ± ۰/۰۱	۱/۳۸ ± ۰/۰۱ <sup>d</sup>	۹۷۵/۸۶ ± ۱/۰۷ <sup>b</sup>
تیر		۲۷/۷۹ ± ۰/۰۳ <sup>a</sup>	۷/۱۴ ± ۰/۳۸ <sup>f</sup>	۱/۱۴ ± ۰/۰۷ <sup>a</sup>	۹ ± ۰/۰۳	۲/۴۳ ± ۰/۰۳ <sup>a</sup>	۱۹۵/۷۱ ± ۹/۷۶ <sup>f</sup>
مرداد		۲۷/۱۲ ± ۰/۱ <sup>a</sup>	۷/۱۴ ± ۰/۳۸ <sup>f</sup>	۱/۱۶ ± ۰/۰۷ <sup>a</sup>	۹ ± ۰/۰۵	۲/۴۳ ± ۰/۰۴ <sup>a</sup>	۱۹۵/۷۱ ± ۹/۷۶ <sup>f</sup>
شهریور		۲۷/۴ ± ۰/۰۳ <sup>c</sup>	۸ ± ۰/۰۱ <sup>e</sup>	۱/۱۲ ± ۰/۰۷ <sup>a</sup>	۸ ± ۰/۰۲	۲/۳۶ ± ۰/۰۵ <sup>b</sup>	۱۹۲/۴۳ ± ۹/۲۷ <sup>f</sup>
مهر		۲۶ ± ۰/۰۳ <sup>d</sup>	۸ ± ۰/۰۴ <sup>e</sup>	۱/۱۱ ± ۰/۰۷ <sup>a</sup>	۸ ± ۰/۰۳	۲/۲۷ ± ۰/۰۵ <sup>c</sup>	۱۹۲/۴۳ ± ۹/۵ <sup>f</sup>
آبان		۱۴ ± ۰/۰۲ <sup>f</sup>	۹ ± ۰/۰۳ <sup>d</sup>	۰/۹ ± ۰/۰۴ <sup>b</sup>	۸ ± ۰/۰۲	۰/۹ ± ۰/۰۰۲ <sup>f</sup>	۷۵۰ ± ۲/۱ <sup>c</sup>
آذر		۱۳ ± ۰/۰۲ <sup>g</sup>	۱۰ ± ۰/۰۳ <sup>c</sup>	۰/۸ ± ۰/۰۲ <sup>c</sup>	۸ ± ۰/۰۱	۰/۹ ± ۰/۰۰۳ <sup>f</sup>	۷۰۰ ± ۲/۹ <sup>d</sup>
دی		۱۲ ± ۰/۰۱ <sup>h</sup>	۱۱ ± ۰/۰۳ <sup>b</sup>	۰/۷ ± ۰/۰۱ <sup>d</sup>	۸ ± ۰/۰۱	۰/۸ ± ۰/۰۰۴ <sup>g</sup>	۶۵۰ ± ۳/۰ <sup>e</sup>
بهمن		۱۱ ± ۰/۰۱ <sup>i</sup>	۱۱ ± ۰/۰۲ <sup>b</sup>	۰/۷ ± ۰/۰۱ <sup>d</sup>	۸ ± ۰/۰۲	۰/۹ ± ۰/۰۰۳ <sup>f</sup>	۶۵۰ ± ۲/۵ <sup>e</sup>
اسفند		۱۲ ± ۰/۰۲ <sup>h</sup>	۱۱/۵۷ ± ۰/۵۳ <sup>a</sup>	۰/۷ ± ۰/۰۲ <sup>d</sup>	۷/۵ ± ۰/۰۰۲	۰/۹ ± ۰/۰۰۱ <sup>f</sup>	۷۵۰ ± ۲/۳ <sup>c</sup>

ادامه جدول ۳ - نتایج عوامل فیزیکی و شیمیایی، مساحت و حجم آب دریاچه گلستان

ماه	فاکتور	سختی کل (mg/l)	قلیائیت کل (mg/l)	نیترات (mg/l)	آمونیاک (mg/l)	فسفات (mg/l)	فسفر کل (mg/l)
فروردین		۱۲۴۹/۵۷ ± ۰/۵۳ <sup>a</sup>	۱۲۳/۴۳ ± ۰/۵۳ <sup>a</sup>	۱/۴۲ ± ۰/۰۰۵ <sup>ab</sup>	۰/۴۳ ± ۰/۰۰۵ <sup>a</sup>	۰/۳۰ ± ۰/۰۰۵ <sup>a</sup>	۰/۰۸ ± ۰/۰۰۲
اردیبهشت		۱۲۰۰/۸۶ ± ۱/۰۷ <sup>b</sup>	۱۲۰/۵۷ ± ۰/۷۹ <sup>b</sup>	۱/۳۹ ± ۰/۰ <sup>ab</sup>	۰/۴۱ ± ۰/۰۰۵ <sup>a</sup>	۰/۲۹ ± ۰/۰۰۵ <sup>a</sup>	۰/۰۷ ± ۰/۰۰۱
خرداد		۱۲۰۰/۸۶ ± ۱/۰۷ <sup>b</sup>	۱۲۰/۸۶ ± ۱/۰۷ <sup>b</sup>	۱/۳۹ ± ۰/۰۰۵ <sup>ab</sup>	۰/۴۲ ± ۰/۰۱ <sup>a</sup>	۰/۲۹ ± ۰/۰۰۵ <sup>a</sup>	۰/۰۷ ± ۰/۰۰۲
تیر		۳۵۲/۱۴ ± ۶/۳۶ <sup>c</sup>	۱۱۳/۵۷ ± ۲/۴۴ <sup>c</sup>	۱/۶۹ ± ۰/۰۶۷ <sup>a</sup>	۲/۱۹ ± ۰/۰۲ <sup>b</sup>	۱/۶۰ ± ۰/۵۴ <sup>b</sup>	۰/۴۰ ± ۰/۱۴
مرداد		۳۵۲/۱۴ ± ۶/۳۶ <sup>c</sup>	۱۱۳/۵۷ ± ۲/۴۴ <sup>c</sup>	۱/۶۹ ± ۰/۰۶۷ <sup>a</sup>	۲/۱۹ ± ۰/۰۲ <sup>b</sup>	۱/۶۰ ± ۰/۵۴ <sup>b</sup>	۰/۴۰ ± ۰/۱۴
شهریور		۳۴۶/۱۴ ± ۶/۳۶ <sup>ef</sup>	۱۱۱/۵۷ ± ۲/۴۴ <sup>c</sup>	۱/۶۳ ± ۰/۰۶۳ <sup>a</sup>	۲/۹۲ ± ۰/۷۸ <sup>c</sup>	۱/۵۷ ± ۰/۵۳ <sup>b</sup>	۰/۳۹ ± ۰/۱۳
مهر		۳۴۳/۵۷ ± ۴/۷۶ <sup>e</sup>	۱۰۹/۱۴ ± ۱/۰۷ <sup>d</sup>	۱/۶۶ ± ۰/۵۵ <sup>a</sup>	۲/۸۷ ± ۰/۷۸ <sup>c</sup>	۱/۴۳ ± ۰/۵۷ <sup>b</sup>	۰/۳۹ ± ۰/۱۴
آبان		۳۵۰ ± ۰/۰ <sup>de</sup>	۹۰ ± ۰/۰ <sup>f</sup>	۰/۷۵ ± ۰/۰ <sup>c</sup>	۰/۱۰ ± ۰/۰ <sup>a</sup>	۰/۱۰ ± ۰/۰ <sup>a</sup>	۰/۰۳ ± ۰/۰
آذر		۳۲۰ ± ۰/۰ <sup>f</sup>	۸۵ ± ۰/۰ <sup>g</sup>	۰/۷۰ ± ۰/۰ <sup>c</sup>	۰/۱۰ ± ۰/۰ <sup>a</sup>	۰/۰۹ ± ۰/۰ <sup>a</sup>	۰/۰۲ ± ۰/۰
دی		۳۰۰ ± ۰/۰ <sup>g</sup>	۸۰ ± ۰/۰ <sup>h</sup>	۰/۶۰ ± ۰/۰ <sup>c</sup>	۰/۰۹ ± ۰/۰ <sup>a</sup>	۰/۰۸ ± ۰/۰ <sup>a</sup>	۰/۰۲ ± ۰/۰
بهمن		۳۰۰ ± ۰/۰ <sup>g</sup>	۷۲/۸۶ ± ۴/۸۸ <sup>i</sup>	۰/۶۰ ± ۰/۰ <sup>c</sup>	۰/۰۹ ± ۰/۰ <sup>a</sup>	۰/۰۷ ± ۰/۰ <sup>a</sup>	۰/۰۲ ± ۰/۰
اسفند		۳۵۰ ± ۰/۰ <sup>cd</sup>	۱۰۰ ± ۰/۰ <sup>e</sup>	۱/۰۰ ± ۰/۰ <sup>bc</sup>	۰/۱۰ ± ۰/۰ <sup>a</sup>	۰/۰۹ ± ۰/۰ <sup>a</sup>	۰/۰۲ ± ۰/۰



شکل ۳- نقشه برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی سد گلستان فصل گرم (کادر قرمز) و فصل سرد (کادر آبی)

و مراحل مختلف نمونه‌برداری محاسبه گردید. سپس با استفاده از جدول ۲، کیفیت آب در ماه‌های مختلف ارزیابی شد. با توجه به نتایج این شاخص، کیفیت آب دریاچه در فروردین ماه جهت پرورش ماهیان گرمابی در محدوده کیفی خوب قرار داشت و در دیگر ماه‌ها از محدوده کیفی متوسط تا نسبتاً متوسط ارزیابی گردید.

باتوجه به نتایج پارامترهای کیفی و حدود هدف‌گذاری تعریف شده برای هر کدام از پارامترها نسبت به محاسبه‌ی فاکتورهای ذکر شده در روابط ۱ لغایت ۷ اقدام و در نهایت ارزش و کلاس کیفی آب رودخانه با استفاده از مدل شاخص-محور CCME-WQI به تفکیک ماه‌های نمونه‌برداری در جدول شماره ۴ آمده است. شاخص کیفیت (WQI) با استفاده از خصوصیات اندازه‌گیری شده در ایستگاه‌ها

جدول شماره ۴- نتایج آنالیز کیفی پارامترها به تفکیک ماهانه

ماه	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند
گرماپی	خوب	متوسط	نسبتاً متوسط	نسبتاً متوسط	نسبتاً متوسط	نسبتاً متوسط	نسبتاً متوسط	متوسط	نسبتاً متوسط	نسبتاً متوسط	متوسط	متوسط
سردابی	متوسط	متوسط	متوسط	نسبتاً متوسط	نسبتاً متوسط	نسبتاً متوسط	نسبتاً متوسط	متوسط	متوسط	متوسط	متوسط	متوسط

## ۴ | بحث و نتیجه‌گیری

بررسی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آب و تعیین شاخص‌های کیفی منابع آبی جهت مصارف مختلف مانند شرب، آبی‌پروری، کشاورزی و صنعت بسیار ضروری است و تعیین وضعیت کیفیت منابع آب برای تعیین نوع بهره‌برداری، اتخاذ راه‌کارهای مناسب جهت جلوگیری از کاهش کیفیت آب و یا بهبود آن ضروری می‌باشد (Fernandez et al., 2004). شناخت تمام عوامل محیطی و کنترل میزان بهینه این فاکتورها در تولید و رشد مطلوب ماهیان مؤثر است. میزان تأثیر کیفیت آب بر رشد ماهی به عواملی نظیر گونه ماهی، سن و اندازه ماهی و سابقه قبلی قرار گرفتن در معرض تغییرات کیفی آب بستگی دارد (Mirzajani et al., 2014). در پژوهش حاضر، تغییرات زمانی میانگین پارامترهای کیفی در دریاچه پشت سد گلستان مورد بررسی قرار گرفت. با آنالیز شاخص‌های کیفیت منابع آب می‌توان متوجه شد که موجودات آبی با گونه‌های مختلف قادر به حیات در این گونه آب‌ها می‌باشند. منابع آبی در محدود خوب یا بسار خوب قادرند تنوع بالایی از موجودات آبی را تأمین کنند (Asl Hashemi and Taghipour, 2010).

تغییر میانگین دمای دریاچه پشت سد گلستان به‌دنبال تغییرات میانگین دمای محیط به وضوح مشاهده می‌شود. دما به‌طور مستقیم و غیر مستقیم در مقدار اکسیژن محلول در آب نیز تأثیر می‌گذارد. اکسیژن محلول یکی از عوامل محیطی مهم است که روی سلامت اکوسیستم مؤثر بوده و شاخص مناسبی برای کیفیت آب به حساب می‌آید. میزان اکسیژن محلول تا ۹ میلی‌گرم بر لیتر بسیار مطلوب است و در اکوسیستم آب‌های داخلی حداقل میزان اکسیژن محلول برای حیات آبزیان نباید کمتر از ۵ میلی‌گرم بر لیتر باشد (Aksu et al., 2011). اکسیژن نقش بسیار مهمی در تغذیه و رشد کپورماهیان پرورشی به‌خصوص فیتوفاگ و بیگ‌هد دارد و در تولید دریاچه‌ها نقشی کلیدی دارد. باتوجه به اینکه هدف ساخت این سد برای مصارف کشاورزی بوده و استفاده از آب دریاچه برای آبیاری زمین‌های پائین دست سد از اواخر اردیبهشت ماه شروع می‌شود و با کاهش بارندگی و افزایش تبخیر روند کاهشی تغییرات حجم آب از این ماه به بعد مشاهده می‌شود و در شهریور و مهر شاهد کمترین میزان عمق متوسط آب دریاچه (حدود ۲/۵ متر) هستیم که این کاهش عمق آب سبب نفوذ بیشتر نور در ستون و کف آب شده و باعث افزایش دمای آب می‌شود. افزایش دما نیز باعث افزایش فعل و انفعالات زیستی، ترشحات و مواد دفعی آبزیان و تغییر بافت پلانکتونی می‌گردد که در مجموع باعث کاهش کیفیت آب از جمله کاهش اکسیژن محلول آب می‌شود کاهش عمق به معنای کاهش حجم آب و فضای قابل زیست آبزیان نیز می‌باشد که سبب افزایش تراکم و سخت‌تر کردن شرایط زیست آن‌ها می‌شود.

pH آب دریاچه پشت سد گلستان در طی دوره مطالعه تقریباً یکنواخت بوده و در تمامی ایستگاه‌ها و مراحل نمونه‌برداری در محدوده ۷/۵ تا ۹ قرار داشت. pH آب نقش تعیین‌کننده‌ای در سلامت و قابلیت باروری آب داشته و به‌عنوان پارامتر بسیار مهم در ارزیابی کیفیت آب نقش به‌سزایی دارد (Ahipathy and Puttaiah, 2006) در محدوده

طبیعی آب‌های با کیفیت مطلوب فعالیت‌های شیلاتی بود که مطابق با دستورالعمل آبی‌پروری، میزان آن برای آبزیان آب شیرین باید بین ۹-۶/۵ باشد. معمولاً تغییرات فصلی pH تحت تأثیر تولیدات اولیه، ترکیب شدن و یا رهاسازی یون هیدروژن در فرآیند تثبیت دی‌اکسید کربن طی فتوسنتز است (Maleri, 2011).

نتایج نشان‌دهنده مقادیر بالای آمونیاک و نیترات در فصول گرم سال می‌باشد که از حد استاندارد پرورش ماهیان گرمابی نیز بالاتر بوده که می‌تواند به‌علت استفاده از کودهای حیوانی و کودهای شیمیایی در طی فصول گرم سال به جهت افزایش توان تولید مخزن می‌باشد. مطالعه کازی و همکاران (Kazi et al., 2009) در دریاچه‌ای در پاکستان نیز تأییدکننده همین موضوع بوده و افزایش مقادیر ریز مغذی‌ها را به‌علت ورود پساب‌های کشاورزی و فاضلاب‌های خانگی بیان داشته است. سختی کل یکی دیگر از پارامترهای مهم در ارزیابی کیفیت آب‌های مورد استفاده در مصارف خانگی، صنعتی، کشاورزی و آبی‌پروری است. مطالعات مختلف نشان داده‌اند که سختی کل می‌تواند در کاهش سمیت آلاینده‌ها مؤثر باشد (Paul, 2007). نتایج حاصل از تحقیق بالا بودن مقادیر سختی کل در فصل بهار را نشان می‌دهد و مقدار آن در مقایسه با استانداردهای پرورش ماهی در فصل بهار بالاتر بوده و در سایر فصول مقادیر آن کمتر از حد استاندارد می‌باشد (Iranian National Standards Organization, 1992).

سفر و ازت در مدل‌های مورد استفاده دیگر جهت تعیین تروفی دریاچه، الیگوتروف بودن دریاچه را نشان دادند. این نتایج ثابت می‌کند میزان فسفر و ازت دریاچه بیش از حد آب‌های طبیعی می‌باشد. مقدار میانگین نیتروژن کل دریاچه شوهر و دریاچه میرزاخانلو (Mirzajani et al., 2014) ۱/۰۵ میلی‌گرم در لیتر گزارش شده است و به‌عنوان دریاچه‌های یوتروف معرفی شده‌اند. در مجموع با توجه به نتایج پژوهش حاضر و مقایسه آن با استاندارد کیفی آب در ایران و جهان می‌توان بیان داشت که کیفیت آب در ماه‌های مختلف سال متغیر بوده به‌طوری‌که از کیفیت ضعیف تا متوسط را شامل می‌شود؛ لذا، برای هرگونه بهره‌برداری از مخزن پشت سد گلستان باید به این شاخص توجه داشت. بنابراین، برای استفاده از منابع آب پشت سد گلستان به‌خصوص به‌منظور آبی‌پروری کنترل کیفیت مدام آب ضروری بوده و استفاده از تکنیک‌های صحیح مدیریتی استفاده از ظرفیت تولید مناسب برای استفاده پایدار و حفظ کیفیت مخزن پشت سد بسیار اهمیت دارد. میزان اکسیژن محلول در تمامی ایستگاه‌های مورد مطالعه و در تمامی فصول در حد استاندارد بوده و مشکلاتی از جهت کمبود اکسیژن در منطقه مطالعاتی مشاهده نشد. کاهش اکسیژن محلول در ماه‌های گرم سال طبیعی است و نتایج بدست آمده در مطالعه حاضر مبنی بر تغییرات مکانی و زمانی غلظت اکسیژن در آب‌های ساکن و همچنین اثر عوامل طبیعی بر آن با مطالعه فتحی و همکاران (Fathi et al., 2011) در تالاب چغاخور مطابقت دارد.

در مجموع باتوجه به یافته‌های این تحقیق و مقایسه آنها با استانداردهای کیفی آب در ایران و جهان به جهت پرورش ماهیان گرمابی و سردابی می‌توان گفت آب دریاچه سد گلستان در بازه زمانی

- common cold and warm water fishes-Specification (8726). 21p.
- Kazi T.G., Arain M.B., Jamali M.K., Jalbani N., Afridi I., Sarfraz R.A., Baig J.A., Shah A.Q. 2009. Assessment of water quality of polluted lake using multivariate statistical techniques: A case study. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 72:301-309.
- Maleri M., 2011. Effects of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) cage culture on Western Cape irrigation reservoirs. (Doctoral dissertation, Stellenbosch: University of Stellenbosch). 296p.
- Mirzajani A.R., Khodaparast H., Abdolmaleki S., Borani M., Sadeginezhad E., Moradi M., Babaei H., Bageri S., Khatib S., Zahmatkesh Y., Yousefzad A., Mohsen Pour H., Saiad Rahim M., Tajadod J., Iranpour M., Madadi F., Sedaghat Kish A. 2016. Study of Shovier and Mirzakhlano dam reservoirs in Zanjan province in order to aquaculture activity. *Iranian Fisheries Science Research Institute*. 90p.
- Norozi N., Ghorbani R., Hajimoradlou A., Hedayati A., Molayi, M., Naeimi, A., Vesaghi M. 2015. Assessment of the health status of the Ziyarat Stream based on NSFQI quality index (Golestan Province). *Journal of utilization and cultivation of aquatics*, 4(2): 111-122.
- Paul R., 2007. Best Available Science for Wetland of Island County, Washington: Review of Published Literature. Prepared for: Island County Department of Planning and Community Development, 78 p.
- Rice E.W. 2012. Standard methods for the examination of water and wastewater. Washington, DC: American public health association. (10): 40p.
- Rickwood C.J., Carr G.M. 2009. Development and sensitivity analysis of a global drinking water quality index. *Environmental monitoring and assessment*, 156(1): 73-90.
- Sabkara J., Makaremi M. 2013. The density and distribution of the plankton, and their role in fish culture in Aras reservoir dam. *Journal of aquaculture development*, 7(2): 41-59.
- Schultz M.T. 2001. A critique of EPA's index of watershed indicators. *Journal of environmental management*, 62(4): 429-442.

مورد مطالعه از نظر کیفیت در شرایط متوسط قرار داشته و به‌منظور بهره‌وری از این مخزن جهت توسعه آبی‌پروری پارامترهای آب بایستی سالانه مورد بررسی قرار گیرد.

### پست الکترونیک نویسندگان

- mansouri\_b2000@yahoo.com : بهروز منصوری:  
 a.fazel58@gmail.com : عظیم فاضل:  
 puorsuofi@yahoo.com : طاهر پورصوفی:  
 gharanjik@yahoo.com : پایرام محمد قرنجیک:  
 abbasiatefeh588@gmail.com : فاطمه عباسی:

### REFERENCES

- Ahipathy M.V., Puttaiah E.T. 2006. Ecological characteristics of Vrishabhavathy River in Bangalore (India). *Environmental geology*, 49(8):1217-1222.
- Aksu M., Basaran A. K., Egemen O. 2011. Investigation of water quality trends of the Tahtalireserv (Izmir, Turkey). *Fresenius Environmental Bulletin*, 20(2): 317-324.
- Asl Hashemi A., Taghipour H. 2010. Water Quality Index (WQI). The application of Chemistry in Environment, 1(4): 1-7.
- Boyacioglu H. 2007. Development of a water quality index based on a European classification scheme. *Water Sa*, 33(1): 101- 106.
- Brown R M., McLelland N.J., Deininger R.A., Tozer R.G. 1970. A Water Quality Index Do We Dare?, Supported by the National Sanitation Foundation (NSF) of United States, Water and Sewage Works. 117(10): 339-343.
- Dos Santos Simoes F., Moreira A.B., Bisinoti M.C., Gimenez S.M.N., Yabe M.J.S. 2008. Water quality index as a simple indicator of aquaculture effects on aquatic bodies. *Ecological indicators*, 8(5): 476-484.
- Dwivedi S.L., Pathak V. 2007. A preliminary assignment of water quality index to Mandakini River, Chitrakoot. *Indian Journal of Environmental Protection*, 27(11):1036- 1038.
- Fathi P., Ebrahimi E., Mirghafary M., Esmaeili Ofogh A. 2016. Water quality assessment in Choghakhor Wetland using water quality index (WQI), 15(1): 508-523.
- Fernández N., Ramírez A., Solano F. 2004. Physico-chemical water quality indices-a comparative review. *Bistua: Revista de la Facultad de Ciencias Básicas*, 2(1): 19-30.
- Hashemi S.H., Ghasemi Ziarani E., Ranjkesh Y. 2011. Waste Load Allocation for Sub-basins of Amir Kabir Dam Reservoir Using QUAL2K model. *Journal of Environmental studies*, 37(57). 1-8.
- Hosseini H., Rezai M., Shahraki M., Shakeri A. 2018. Application of water quality index (WQI) and hydro-geochemistry for surface water quality assessment, Chahnimeh reservoirs in the Sistan and Baluchestan Province. *Iranian Journal of Health and Environment*, 11(4): 575-586.
- Iranian National Standards Organization. 1992. Water quality – Determination of pond water fish culture for

### نحوه استناد به این مقاله:

منصوری ب.، فاضل ع.، پورصوفی ط.، قرنجیک ب.م.، عباسی ف. ۱۴۰۱. بررسی کیفیت آب پشت سد گلستان به منظور فعالیت‌های آبی‌پروری با استفاده از شاخص WQI. *استان گلستان. نشریه پژوهش‌های ماهی‌شناسی کاربردی*، (۴): ۲۷-۲۰. <https://doi.org/10.22034/jair.10.4.2>

Mansouri B., Fazel A., Poursoofi T., Gharanjik B.M., Abbasi F. 2023. Investigating the quality of water behind the Golestan dam for aquaculture activities using the WQI index, Golestan Province. *Journal of Applied Ichthyological Research*, 10(4): 20-27. <https://doi.org/10.22034/jair.10.4.2>

## Investigating the quality of water behind the Golestan dam for aquaculture activities using the WQI index, Golestan Province

Mansouri B<sup>\*1</sup>, Fazel A<sup>1</sup>, Poursoufi T<sup>1</sup>, Gharanjik B.M<sup>1</sup>, Abbasi F<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> Research Institute of Fisheries Sciences, Inland Water Aquatic Resources Research Center, Gorgan, Iran.

<sup>2</sup> Ph.D. student of fishing and aquatic exploitation, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.

### Type:

Original Research Paper

<https://doi.org/10.22034/jair.10.4.2>

### Paper History:

Received: 30-07-2022

Accepted: 09-11- 2022

### Corresponding author:

Mansouri B. Research Institute of Fisheries Sciences, Inland Water Aquatic Resources Research Center, Gorgan, Iran.

Email: [mansouri\\_b2000@yahoo.com](mailto:mansouri_b2000@yahoo.com)

### Abstract

The lakes behind the dam considered as semi-natural water resources and have a special status in aquaculture. Determination patterns of biotic and abiotic parameter changes in reservoirs is very crucial in management goals. Water quality index based on 12 physical and chemical parameters (including water temperature, dissolved oxygen, salinity, acidity, electrical conductivity, suspended solids, total hardness, total alkalinity, nitrate, ammonia, Phosphate and total phosphorus) evaluated monthly in seven stations of Golestan dam reservoir in Gonbad City. Change of water quality index ranged from 45 to 95, which was due to the increase of nitrates and ammonia in some seasons, especially the warm growing seasons. It seems that for the purpose of aquaculture, annual monitoring of water quality parameters should be carry out.

**Keywords:** Golestan -Physicochemical properties-Dom Golestan-WQI-Aquaculture