(DOI): 10.22092/ISFJ.2026.136190 35(4) 11-26 Iranian Scientific Fisheries Journal

Bacterial population in Maroon Dam Lake water for assessing the feasibility of cage aquaculture

Ahangarzadeh M.[1*]; Houshmand H.[1]; Hafezieh M.[2]; Sharifpour I.[2]; Kakoolaki S.[2]; Hekmatpour F.[1]; Mohseninejad L.[1]; Kianersi F.[1]; Nazemroaya S.[1]

*m.ahangarzadeh@yahoo.com

1-South Iran Aquaculture Research Institute, Iranian Fisheries Science Research Institute (IFSRI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Ahvaz, Iran
2-Iranian Fisheries Science Research Institute IFSRI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

Received: February 2026 Accepted: May 2026 Published: November 2026

Copyright: © 2025 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Introduction

Reservoir ecosystems are strongly influenced by both natural processes and anthropogenic activities, including agricultural runoff, livestock operations, domestic wastewater discharge, and land-use changes. These pressures can markedly affect microbial water quality and compromise ecosystem stability (Azzellino et al., 2006; Lu et al., 2010). Microbial contamination, particularly fecal pollution, represents one of the most critical threats to public health and aquaculture sustainability, as pathogenic microorganisms may be transmitted through contaminated water (Naderi et al., 2003). Indicator bacteria such as total coliforms and fecal coliforms are widely used to evaluate microbial contamination in surface waters because of their strong association with fecal pollution (Maghrebi and Jamshidi, 2008). The Maroon Dam reservoir is a strategic multipurpose water resource supporting irrigation, domestic use, and fisheries. Given increasing upstream anthropogenic activities, evaluating microbial dynamics is essential to determine water suitability for cage aquaculture and other uses. Therefore, this study aimed to assess spatial and seasonal variations in bacterial indicators and compare results with national and international standards.

Methodology

Five sampling stations—at the river inflow, three within the reservoir, and the outflow—were chosen based on hydrological characteristics. Sampling was conducted monthly for one-year to encompass all seasons. Water samples were collected following Iranian Standard No. 4208 for microbiological examination. The total bacterial count (TBC) was determined using the plate count method (APHA, 2017; Buller, 2004). Total coliforms (TC) and fecal coliforms (FC) were analyzed using the multiple-tube

[Downloaded from isfj.ir on 2026-10-16]

fermentation (MPN) technique in accordance with Iranian Standards No. 3759 and 7225. Fecal streptococci were determined based on Standard No. 3620. Anaerobic bacteria and Clostridium perfringens were examined in sediment samples using standard culture techniques (APHA, 2017). Statistical analysis was conducted using two-way ANOVA followed by Duncan's multiple range test at a 95% confidence level ($p<0.05$). Seasonal and spatial differences were evaluated.

Results

Significant spatial differences were observed among stations ($p<0.05$). The highest concentrations of total coliforms, fecal coliforms, and total bacterial counts were recorded at the outflow and inflow stations, while the lowest values were measured at stations within the reservoir body. This distribution pattern suggests the presence of natural self-purification processes within the lake, including sedimentation, dilution, sunlight exposure, and biological interactions. Similar findings have been reported in other reservoirs where microbial loads decreased from inflow zones toward central lake areas (Alobaidy *et al*., 2010; Houshmand *et al*., 2020). The reduction of microbial contamination within reservoirs has also been attributed to settling and die-off processes (Ehramposh *et al*., 2013). Microbial indicators exhibited significant seasonal variation ($p<0.05$), with the highest values observed during summer and the lowest during winter. Elevated summer concentrations may be associated with higher water temperature, enhanced bacterial metabolism, reduced flow velocity, and increased anthropogenic inputs. Temperature is known to strongly influence microbial growth and survival in aquatic environments (Patil *et al*., 2012). Several studies have similarly reported increased bacterial indicators during warmer months (Yaqub Zadeh and Safari, 2014; Islam *et al*., 2021; Rather *et al*., 2023). Conversely, reduced microbial counts during colder seasons may be due to decreased metabolic activity and increased dilution from rainfall (Shahsavari Pour *et al*., 2010). Although some studies have linked higher bacterial contamination to wet seasons due to runoff transport (Kim *et al*., 2005), the present findings indicate that temperature was the dominant controlling factor in this reservoir system. Average range of total coliforms counts from 0.48×10^2 to 5.06×10^2 MPN/100 ml and average range of fecal coliform counts from 0.17×10^2 to 1.56×10^2 MPN/100 ml. Total bacterial counts ranged from 0.105×10^3 to 18.7×10^3 CFU/ml. Fecal streptococci were negligible (<0.01 CFU/100 mL). Anaerobic bacteria and Clostridium perfringens were below detectable limits. The low abundance of fecal streptococci may be attributed to sunlight inactivation and UV-induced DNA damage, as previously reported (Byappanahalli *et al*., 2015).

Discussion and conclusion

According to Iranian drinking water Standard No. 1053, potable water must be free of coliform bacteria. Therefore, untreated water from the reservoir is unsuitable for direct consumption. However, measured values did not exceed permissible limits established for surface water discharge and agricultural irrigation (Environmental Protection Organization of Iran, 1992). Furthermore, microbial concentrations were below acceptable limits for fish farming (Shahryari *et al*., 2008), confirming the reservoir's suitability for cage aquaculture. Comparable studies in Iranian reservoirs have reported similar conclusions regarding microbial acceptability for aquaculture despite non-compliance for direct drinking purposes (Nekouei Fard

[Downloaded from isfj.ir on 2026-10-16]

et al., 2019; Houshmand *et al*., 2020).In general, according to the results, the water of the Maroon Dam lake in this sampling period is permissible for fishing and fish farming in all seasons according to Iranian standards, but adopting a preventive and participatory approach in the management of the dam's water resources is essential. In this context, continuous monitoring of the microbial quality of water resources using advanced indicators should be prioritized (Byappanahalli *et al*., 2015). It is also important to identify and control pollutant sources, especially during the rainy seasons when the probability of pollutants entering water resources increases (Hashemi *et al*., 2011). In addition, improving and developing rural and agricultural wastewater treatment infrastructure, increasing awareness of local communities about the role of human activities in the pollution of water resources, and creating a vegetation protection belt on the banks of rivers and dam reservoir inlets to enhance natural self-purification processes are considered key measures in reducing microbial pollution. Accordingly, it can be concluded that comprehensive and periodic assessment of water quality indicators is a key step in protecting water resources and the sustainability of related ecosystems ((Dagher *et al*., 2021).

Conflict of interest

The authors declare that they have no conflict of interest.

Acknowledgement

This study was conducted with the financial support of the Innovation and Technology Development Center, Technology and Applied Research Department of Khuzestan water and power Authority.

Keywords

Bacterial water quality, Total coliforms, Fecal coliforms, Maroon Dam

[Downloaded from isfj.ir on 2026-10-16]

مجله علمی شیلات ایران ۳۵ (٤) ۱۱-۲٦ (DOI): 10.22092/ISFJ.2026.136190

مقاله علمی - پژوهشی:

بررسی تغییرات جمعیت میکروبی آب دریاچه سد مارون به منظور امکان‌سنجی آبزی‌پروری در قفس

مینا آهنگرزاده*[1]، حسین هوشمند[1]، محمود حافظیه[2]، عیسی شریف‌پور[2]، شاپور کاکولکی[2]، فاطمه حکمت‌پور[1]، فرحناز کیان‌ارثی[1]، لفته محسنی‌نژاد[2]، سمیرا ناظم‌رعایا[1]

*ahangarzadeh@yahoo.com

۱- پژوهشکده آبزی‌پروری جنوب کشور، مؤسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران

۲- مؤسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: بهمن ۱٤۰٤ تاریخ پذیرش: اردیبهشت ۱٤۰۵ تاریخ چاپ: آبان ۱٤۰۵

چکیده

این مطالعه با هدف بررسی کیفیت باکتریایی آب دریاچه سد مارون انجام شد. به این منظور بنا به وضعیت جغرافیایی و آب‌شناختی[1] سد از مناطق مختلف آن ۵ ایستگاه (یک ایستگاه در نزدیک ورودی آب به دریاچه و ۳ ایستگاه در دریاچه سد و یک ایستگاه بعد از سد) تعیین و ماهانه برای بررسی باکتریایی نمونه‌برداری شد. برای نمونه‌برداری آب، از استاندارد ۴۲۰۸ (نمونه‌برداری برای آزمون‌های میکروب‌شناسی) استفاده گردید. سپس آزمون‌های میکروبی شامل شمارش تعداد کل باکتری، تعداد کل کلی‌فرم، تعداد کلی‌فرم مدفوعی و تعداد *Streptococcus* مدفوعی مطابق روش استاندارد انجام گرفت. نتایج بررسی شاخص‌های باکتریایی، نشان داد که میانگین تعداد هر سه شاخص در تمام فصول نمونه‌برداری در ایستگاه خروجی سد، به طور معنی‌داری بیشترین میزان و در ایستگاه‌های دریاچه دارای کمترین میزان هستند (p<۰/۰۵). همچنین تغییرات فصلی هر سه شاخص باکتریایی، مشابه هم بود و بیشترین مقدار میانگین محاسبه شده در فصل تابستان و کمترین میزان در فصل زمستان مشاهده گردید (p < ۰/۰۵). جمع‌بندی نتایج نشان داد، طبق استاندارد ایران، آب سد مارون از نظر شیلاتی و پرورش ماهی در تمام فصول، مجاز است.

لغات کلیدی: کیفیت باکتریایی آب، کلی فرم کل، کلی فرم مدفوعی، سد مارون

*نویسنده مسئول

Copyright: © 2025 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

[1] Hydrology

[Downloaded from isfj.ir on 2026-10-16]

مقدمه

با ازدیاد روزافزون جمعیت و در نتیجه، افزایش تقاضای استفاده از آب برای مقاصد مختلفی چون کشاورزی، شرب و صنعت، لزوم توسعه سرمایه‌گذاری در بخش آب و سازه‌های هیدرولیک[۲] امری اجتناب ناپذیر است (Hashemi *et al*.,2011). کیفیت آبهای سطحی به دلیل فعالیت‌های طبیعی و انسانی مدتهاست که رو به وخامت نهاده است. چندین عامل انسانی و طبیعی بر کیفیت آبهای سطحی تأثیر می‌گذارند (Akhtar *et al*., 2021). فرایندهای طبیعی و فعالیت‌های انسانی بر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی پیکره‌های آبی اثر می‌گذارند و موجب بروز مشکلاتی در کیفیت آب سدها می‌شوند (Azzellino *et al*., 2006; Lu *et al*., 2010). ایجاد سد ممکن است به پیشرفت و توسعه شهرنشینی، کشاورزی و صنعت در بالادست سد منجر شود، ولی این امرخود به افزایش پساب کشاورزی، شهری و صنعتی کمک می‌کند و باعث انتقال مواد به دریاچه پشت سدها می‌گردد. در نتیجه، یک محیط فعال و مغذی را برای فعالیت‌های زیستی میکروارگانیسم‌ها ایجاد می‌کنند و موجب کاهش کیفیت آب می‌گردند. آلاینده‌های ورودی به مخازن ممکن است ناشی از منابع نقطه‌ای (متمرکز) یا منابع غیرنقطه‌ای (گسترده) باشند. شایان ذکر است که مرز کاملاً مشخصی برای تمیز دادن این دو نوع منبع آلودگی نمی‌توان تعیین کرد، زیرا یک منبع گسترده در مقیاس منطقه‌ای یا حتی محلی ممکن است ناشی از تعداد زیادی از منابع نقطه‌ای مجزا باشد. مهم‌ترین منابع نقطه‌ای تخلیه‌کننده آلودگی به آبهای سطحی، پساب‌های شهری و صنعتی و پساب برخی فعالیت‌های بخش کشاورزی (پرورش دام و طیور و آبزیان)، هستند. سایر فعالیت‌های کشاورزی غالباً به عنوان منابع گسترده یا غیرنقطه‌ای در نظر گرفته می‌شوند. مطالعه دقیق منابع آبی و تعیین آلاینده‌های آن، پیشگیری، کنترل آلودگی آنها و استفاده بهینه از منابع آب موجود با توجه به افزایش نیاز آبی الزامی است (Shahsavari pour *et al*., 2011). تعیین وضعیت کیفی منابع آب برای اتخاذ راهکارهای مناسب برای جلوگیری از کاهش کیفیت یا بهبود آن ضروری است (Ramirez and Solano, 2004). یکی از رایج‌ترین خطرات آب، آلودگی مستقیم و غیر مستقیم آن به‌وسیله پساب‌های آلوده به مدفوع انسانی یا حیوانی است. شرب چنین آبهای آلوده یا استفاده از آن در آماده‌سازی غذاها یا تماس از طریق شستشو، ممکن است سبب ایجاد بیماری شود. آلودگی مدفوعی منابع آبی، یکی از مشکلات مهم و اساسی بهداشت آب است که برای جلوگیری و پیشگیری از شیوع بیماری‌های میکروبی، شناسایی آن حائز اهمیت است. محدودیت منابع آب و عدم تناسب مکانی و زمانی آن موجب ایجاد چالش‌هایی جدی در بسیاری از کشورهای دنیا می‌گردد در کشور ایران نیز با توجه به شرایط اقلیمی این چالش به صورت جدی وجود دارد. بنابراین، مطالعه دقیق منابع آب و تعیین آلاینده‌های آن، پیشگیری، کنترل آلودگی آنها و استفاده بهینه از منابع آب موجود با توجه به افزایش نیاز آبی الزامی است. از جمله پیامدهای این گونه آلودگی‌ها، می‌توان به آلودگی‌های میکروبی اشاره نمود که علاوه بر آلوده نمودن خود آبزیان و به مخاطره انداختن شرایط اکولوژیک زیستگاه‌های آنها و ایجاد خسارت‌های مالی، انتقال این آلودگی‌ها به جوامع مصرف کننده و به تبع آن شیوع بیماری‌های مختلف دارای اهمیت بالایی از لحاظ بهداشتی است (Naderi *et al*., 2003).

در مدیریت و مدل سازی کیفی آب، بر مقدار ارگانیسم‌های شاخص تمرکز می‌شود. از جمله ارگانیسم‌های شاخص، می‌توان به کلی‌فرم کل و کلی‌فرم مدفوعی به عنوان اندیکاتورهای میکروبی برای تعیین کیفیت آب اشاره نمود. غلظت بالای باکتری کلی‌فرم مدفوعی در آب می‌تواند شاخص ورود فاضلاب انسانی و حیوانی به منبع آبی باشند (Maghrebi and Jamshidi, 2008). ارزیابی میکروبی آب و اکوسیستم‌های آبی نظیر رودخانه‌ها، دریاها و سدها از اهمیت خاصی برخوردار بوده، زیرا این میکرو ارگانیسم‌ها جزء اصلی زنجیره غذایی بوده وتغییرات کمی وکیفی آنها بر جمعیت سایر موجودات میکرو وماکرو تاثیرگذار است. وجود تعداد بالای برخی از باکتری‌های شاخص نظیر کلیفرم‌ها در محیط های آبی حاکی از کیفیت پایین آنها بوده که خود حاکی از آلودگی مدفوعی آن است که باعث کاهش کیفیت آب می‌شوند. بنابراین، ارزیابی کمی وکیفی باکتری‌های

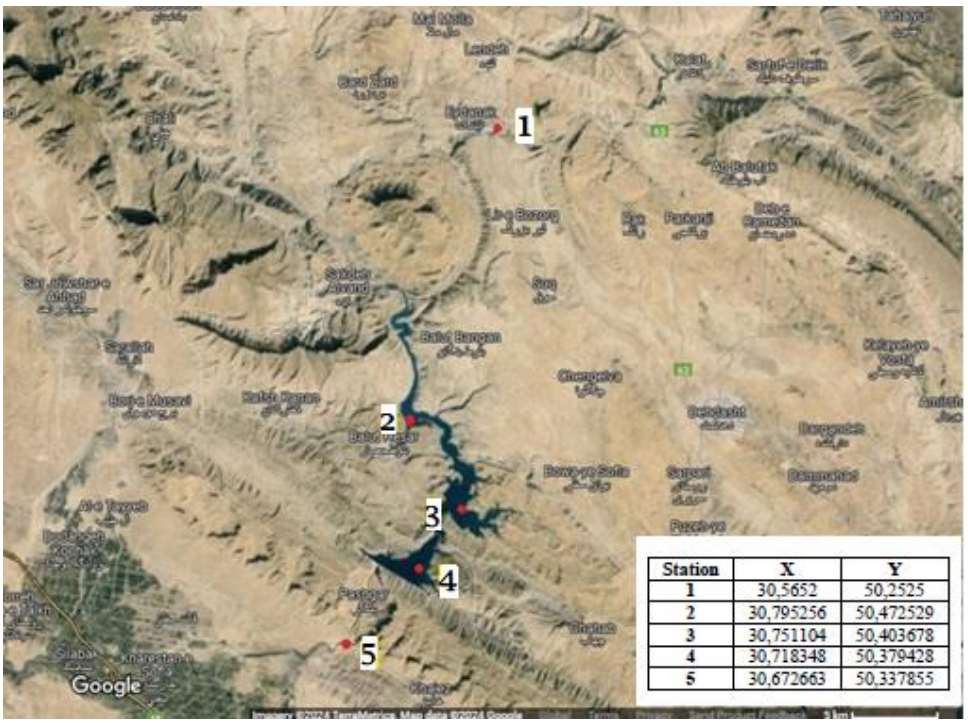
[۲] سازه های مهندسی عمرانی هستند که برای مدیریت یا تنظیم حرکت آب طراحی شده‌اند.

[Downloaded from isfj.ir on 2026-10-16]

شاخص در محیط‌های آبی از جمله آبهای پشت سد که برای پرورش ماهی استفاده می‌شود، از اهمیت خاصی برخوردار است (Yaghoubzadeh *et al*., 2024). حوضه آبریز مارون عمود بر پشته‌های زاگرس است. این حوضه آبریز همچنان به سمت جنوب غربی ایران جریان دارد. این رودخانه پس از عبور از مرتفع و مناطق شیب دار با ارتفاعات ۳۱۰۰ متر و پیوستن به برخی رودخانه‌های فرعی وارد دشت بهبهان، تقریباً با ۳۵۰ متر ارتفاع می‌شود. سپس با پیوستن به رودخانه جراحی به تالاب شادگان خوزستان می‌ریزد. در فصول پرآب سال این رود پس از گذشت چند کیلومتر از طریق خورموسی به خلیج همیشه فارس می‌رسد. حوضه آبریز این رودخانه بسیار پهناور و صدها هکتار است. این مطالعه با هدف بررسی وضعیت بار آلودگی اندیکاتورهای باکتریایی آب ورودی، دریاچه و پس از سد مارون و مقایسه تعداد باکتری‌های شاخص با شرایط استاندارد ملی و جهانی کیفیت آب به منظور آبزی پروری صورت پذیرفت.

مواد و روش کار

بر طبق اصول مطالعات لیمنولوژی و بوم‌شناسی و پس از جمع‌آوری اطلاعات پایه، برای نمونه‌برداری بر اساس منبع دریاچه‌ها و مخازن از مناطق مختلف آن ۵ ایستگاه (یک ایستگاه در ابتدای ورودی رودخانه مارون به دریاچه، ۳ ایستگاه در درون دریاچه و یک ایستگاه خروجی بعد از سد)، تعیین گردید. نمونه‌برداری به صورت ماهانه به مدت ۱۲ ماه در ۴ فصل برای بررسی باکتری‌شناسی (از عمق ۵۰ سانتی متری از سطح)، انجام گرفت (شکل ۱).



Station	X	Y
1	30,5652	50,2525
2	30,795256	50,472529
3	30,751104	50,403678
4	30,718348	50,379428
5	30,672663	50,337855

شکل ۱: موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های نمونه‌برداری دریاچه سد مارون

Figure 1: Geographical location of sampling stations in Maroon Dam Lake

برای نمونه‌برداری از روش نمونه‌برداری از آبهای سطحی، برای آزمون‌های میکروب‌شناسی (National Standard of Iran, No.4208, 2007) استفاده گردید. نمونه‌ها در بطری‌های دهانه گشاد درب پیچ دار استریل جمع‌آوری و در کنار یخ برای حفظ دمای ۴ درجه تا رسیدن به آزمایشگاه نگهداری گردید. شمارش کل باکتری به روش گسترش سطحی و بر اساس روش Buller (۲۰۰۴) و آزمایش‌های تشخیصی کلی‌فرم احتمالی، کلی‌فرم تأییدی و کلی‌فرم

[Downloaded from isfj.ir on 2026-10-16]

مدفوعی، بر هر نمونه مطابق روش استاندارد ملی ایران آب، شماره ۳۷۵۹ (۱۱۹۵) و ۷۲۲۵ (۲۰۰۳) انجام گرفته و نتایج یادداشت شده و جمع‌بندی شدند. برای آزمایش از روش جستجو و شمارش کلیفرم‌ها در آب به روش چند لوله‌ای استفاده و نتایج آن به صورت بیشترین تعداد احتمالی گزارش گردید. برای جستجو وشمارش استرپتوکوک‌های مدفوعی در آب از استاندارد ملی ایران شماره ۳۶۱۹ (۲۰۲۴) استفاده گردید. همچنین در این تحقیق شمارش تعداد باکتری بی هوازی و *Clostridium perfringens* نیز از رسوبات انجام گردید که برای این منظور، نمونه رسوب، ابتدا ۱ گرم رسوب و ۹ میلی لیتر سرم فیزیولوژی در لوله‌های آزمایش با رقت ۰/۱ تهیه شد. برای شمارش باکتری‌های بیهوازی و *C. perfringens* رسوب با استفاده از سمپلر ۱ میلی‌لیتر نمونه (رسوب حل شده در سرم فیزیولوژی) را درون پلیت‌ها ریخته پس از آن محیط کشت ذوب شده (پلیت کانت آگار و SPS) به پلیت اضافه شده و مخلوط شد. پس از آن پلیت‌های کشت داده شده در دمای ۲۵ و ۳۷ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت در انکوباتور قرار گرفت و پس از طی این زمان نسبت به شمارش تعداد کلنی‌ها اقدام شد. تعداد کلنی‌ها در عکس رقت ضرب و تعداد کلنی باکتریایی در هر میلی‌لیتر آب ودر هر گرم رسوب محاسبه و بصورت CFU/g گزارش شد (APHA, 2017).

روش تجزیه‌وتحلیل آماری داده‌ها

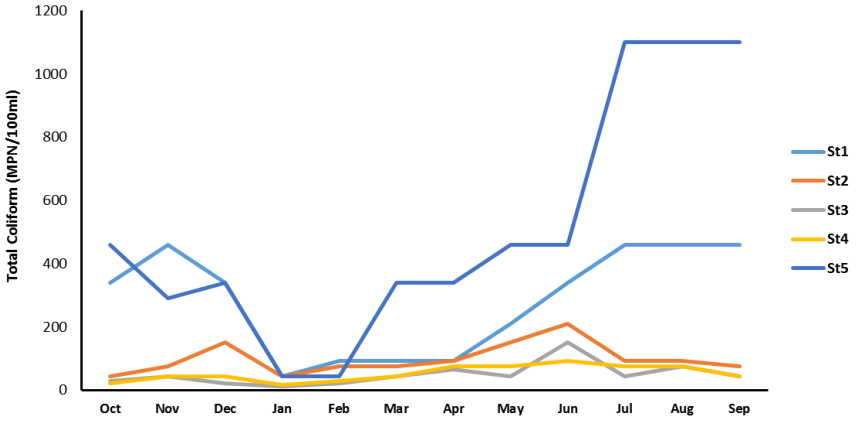
برای رسم نمودارها از نرم افزار Excel نسخه ۲۰۱۰ و انجام آزمون های آماری از نرم افزار SPSS نسخه ۲۰ استفاده گردید. داده‌های به دست آمده، به‌صورت میانگین ± خطای استاندارد با ۹۵٪ اطمینان برآورد گردیده و اختلاف آماری در بین ایستگاه‌ها، به صورت آنایز واریانس دوطرفه از طریق پس آزمون دانکن محاسبه و تجزیه و تحلیل گردید. در تجزیه‌وتحلیل واریانس دوطرفه، شاخص‌های مستقل مورد بررسی شامل فصول و ایستگاه‌ها و شاخص‌های متغیر (تعداد کلی‌فرم کل، تعداد کلی‌فرم مدفوعی و تعداد کل باکتری) بود. پس از مشاهده تاثیر معنی‌داری هر شاخص مستقل بر شاخص‌های متغیر، تجزیه‌وتحلیل واریانس یکطرفه و در صورت معنی دار بودن اختلاف از پس آزمون دانکن استفاده شد.

نتایج

تعداد کلی‌فرم کل

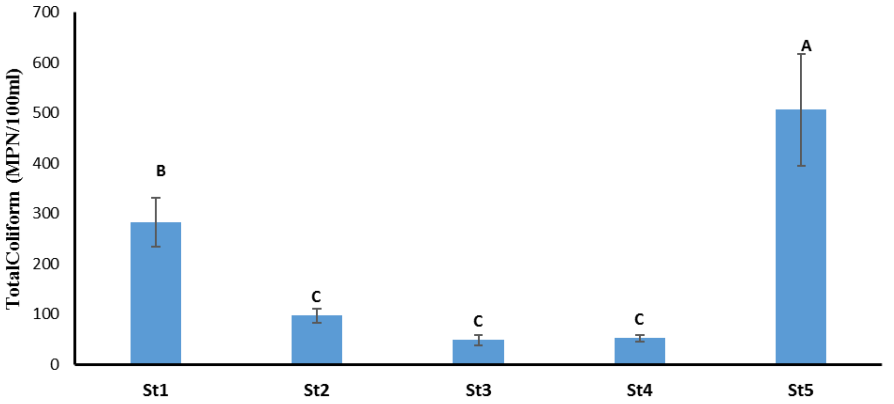
بر اساس نتایج شمارش تعداد کلی‌فرم کل، بیشترین و کمترین تعداد به ترتیب در ایستگاه شماره ۵ در ماه‌های تیر و مرداد و شهریور (۱۱ × ۱۰^۲ CFU/100ml) و ایستگاه شماره ۳ و ۴ (ایستگاه‌های دریاچه) در ماه دی (۰/۱۱ × ۱۰^۲ CFU/100ml و ۰/۱۵ × ۱۰^۲) به ثبت رسید (شکل ۲). دامنه میانگین تعداد کلی‌فرم کل در ایستگاه‌های مورد مطالعه طی یکسال نمونه‌برداری از ۰/۴۸ × ۱۰^۲ CFU/100ml در ایستگاه ۳ (ایستگاه واقع در دریاچه سد) تا ۵/۰۶ × ۱۰^۲ CFU/100ml در ایستگاه ۵ نوسان داشت. تجزیه‌وتحلیل آماری نتایج بر اساس تجزیه‌وتحلیل واریانس دو طرفه در سطح ۹۵٪ و پس آزمون دانکن، ناشی از تاثیر ایستگاه‌ها به عنوان شاخص مستقل بر متغیر کلی‌فرم کل نشان داد، در ایستگاه خروجی به طور معنی‌دار بیشتر از سایر ایستگاه‌ها و در ایستگاه ورودی به طور معنی‌دار بیشتر از ایستگاه‌های درون دریاچه است ($p<0/05$) (شکل ۳). بر اساس تجزیه‌وتحلیل واریانس دوطرفه بررسی تاثیر فصول، به عنوان فاکتور مستقل بر شاخص متغیر کلی‌فرم کل، مشخص شد که میزان کلی‌فرم کل به طور معنی‌داری در فصل زمستان، کمترین میزان و در فصل تابستان دارای بیشترین میزان است ($p<0/05$) (شکل ۴). پس از حصول وجود تاثیر معنی‌دار شاخص‌های مستقل ایستگاه و فصل بر متغیر تعداد کلی‌فرم کل، تجزیه‌وتحلیل واریانس یک‌طرفه برای نشان دادن تاثیر آن، مورد بررسی قرار گرفت. در این زمینه، نتایج تجزیه‌وتحلیل واریانس یک‌طرفه نشان داد، کلی‌فرم کل در فصل پائیز در ایستگاه‌های ورودی و خروجی سد به طور معنی‌دار بیشتر از ایستگاه‌های درون دریاچه است ($p<0/05$). اما در فصل زمستان اختلاف معنی‌دار بین ایستگاه‌ها مشاهده نشد ($p>0/05$). در فصل بهار به طور معنی‌دار بیشترین میزان کلی‌فرم کل، در ایستگاه خروجی نسبت به سایر ایستگاه ها مشاهده گردید ($p<0/05$).

[Downloaded from isfj.ir on 2026-10-16]



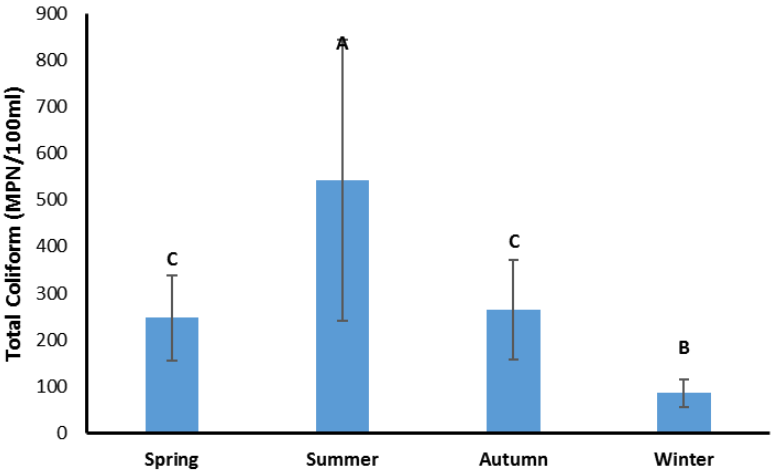
شکل ۲: مقایسه روند تغییرات ماهانه تعداد کلی‌فرم کل (MPN/100 ml) ۵ ایستگاه نمونه‌برداری شده

Figure 2: Comparison of monthly changes in total coliform count (MPN/100 ml) at 5 sampling stations



شکل ۳ – مقایسه میانگین (mean ± SE) تعداد کلی‌فرم کل (MPN/100 ml) در ایستگاه‌های مختلف سد مارون

Figure 3: Comparison of total coliform count mean (mean ± SE) at different stations of the Maroon Dam (MPN/100 ml)

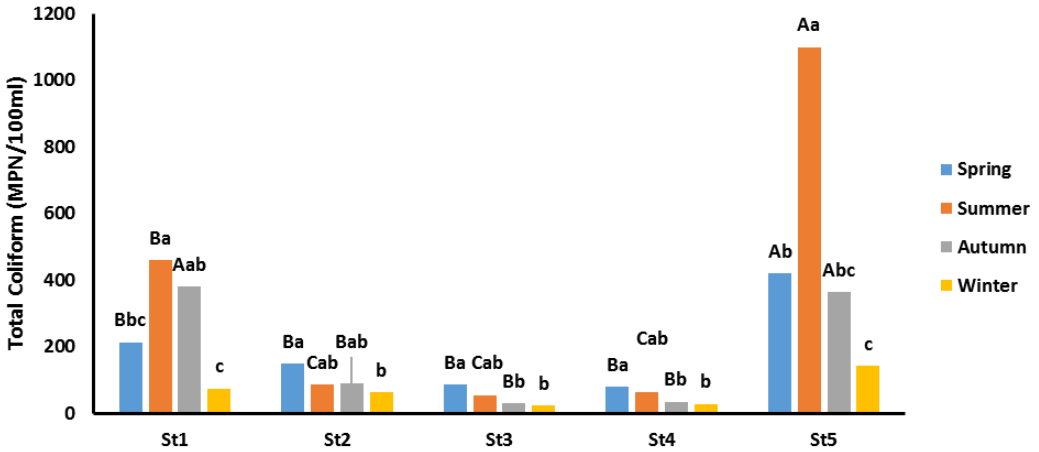


شکل ۴: مقایسه میانگین (mean ± SE) تعداد کلی‌فرم کل (MPN/100 ml) همه ایستگاه‌ها در فصول مختلف

Figure 4: Comparison of total coliform count mean (mean ± SE) at all stations in different seasons (MPN/100 ml)

[Downloaded from isfj.ir on 2026-10-16]

همچنین میزان کلی‌فرم کل، در فصل تابستان در ایستگاه خروجی به طور معنی‌دار بیشتر از ایستگاه ورودی دریاچه و هر دو ایستگاه ورودی و خروجی به طور معنی‌دار بیشتر از ایستگاه‌های درون دریاچه بود ($p<۰/۰۵$). در ایستگاه ورودی میزان کلی‌فرم کل در فصل تابستان بدون اختلاف معنی‌دار با فصل پائیز، با اختلاف معنی‌دار بیشتر از زمستان و بهار بود ($p<۰/۰۵$). ایستگاه‌های درون دریاچه (۲ و ۳) به طور معنی‌دار در فصل بهار بیشتر از فصل زمستان سنجش شد ($p<۰/۰۵$). میزان کلی‌فرم کل در ایستگاه ۴ درون دریاچه در فصل بهار بدون اختلاف معنی‌دار با فصل تابستان به طور معنی‌داری بیشتراز پائیز و زمستان ثبت گردید ($p<۰/۰۵$). در ایستگاه خروجی سد به طور معنی‌دار بیشترین کلی‌فرم کل در فصل تابستان نسبت به سایر فصول مشاهده شد ($p<۰/۰۵$) و در فصل بهار به طور معنی‌دار بیشتر از زمستان بود ($p<۰/۰۵$) (شکل ۵).



شکل ۵: مقایسه تعداد کلی‌فرم کل (MPN/100 ml) در ایستگاه‌های مختلف طی یکسال. حروف لاتین بزرگ، نشان‌دهنده مقایسه ایستگاه‌های مختلف در یک فصل است. حروف لاتین کوچک، نشان‌دهنده مقایسه فصل‌های مختلف در یک ایستگاه است.

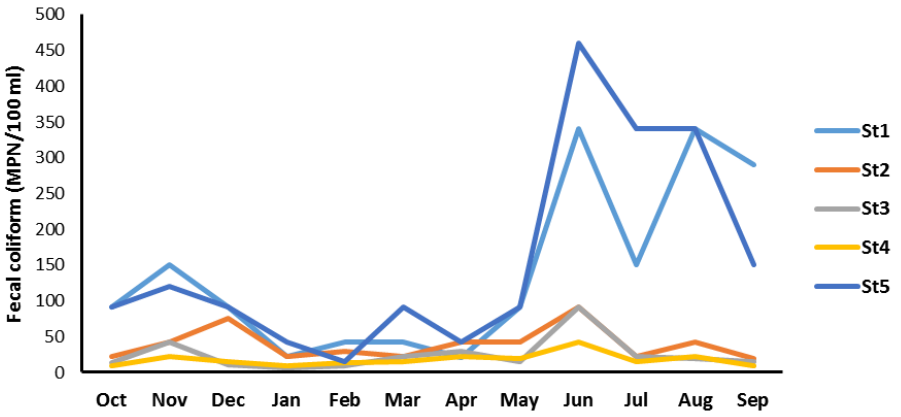
Figure 5: Comparison of total coliform count (MPN/100 ml) at different stations over one year. Uppercase latin letters indicate comparisons of different stations within a season. Lowercase Latin letters indicate comparisons of different seasons within a station.

تعداد کلی‌فرم مدفوعی

در شمارش تعداد کلی‌فرم مدفوعی مشخص گردید که بیشترین و کمترین تعداد کلی‌فرم مدفوعی به‌ترتیب متعلق به ایستگاه‌های شماره ۵ در ماه خرداد ($۴/۶ \times ۱۰^{۲}$ MPN/100ml) و ایستگاه‌های واقع در دریاچه (ایستگاه ۳ و ۴) در دی ماه ($۰/۰۷ \times ۱۰^{۲}$ MPN/100ml) بود (شکل ۶). دامنه میانگین تعداد کلی‌فرم مدفوعی در ایستگاه‌های مورد مطالعه، طی یکسال نمونه‌برداری، از $۰/۱۷ \times ۱۰^{۲}$ MPN/100ml در ایستگاه ۴ (ایستگاه واقع در دریاچه) تا $۱/۵۶ \times ۱۰^{۲}$ MPN/100ml در ایستگاه ۵ (ایستگاه خروجی سد) نوسان داشت. تجزیه‌وتحلیل آماری نتایج بر اساس تجزیه‌وتحلیل واریانس دو طرفه در سطح ۹۵٪ و پس آزمون دانکن، ناشی از تاثیر ایستگاه‌ها به عنوان شاخص مستقل بر متغیر کلی‌فرم مدفوعی نشان داد، ایستگاه خروجی و ورودی به طور معنی‌دار بیشتر از ایستگاه‌ها ی درون دریاچه بود ($p<۰/۰۵$) (شکل ۷).

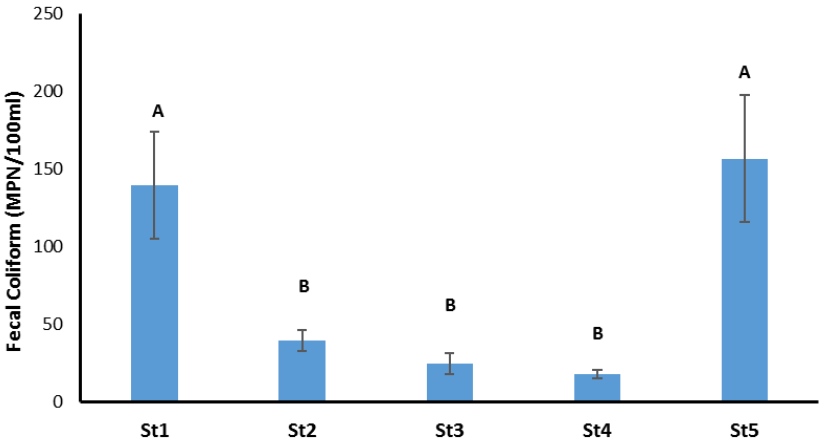
بر اساس تجزیه‌وتحلیل واریانس دوطرفه بررسی تاثیر فصول، به عنوان شاخص مستقل بر شاخص متغیر کلی‌فرم مدفوعی، بیشترین میزان کلی‌فرم مدفوعی به طور معنی‌دار در فصل تابستان نسبت به زمستان مشاهده شد ($p<۰/۰۵$) (شکل ۸). پس از حصول وجود تاثیر معنی‌دار شاخص‌های مستقل ایستگاه و فصل بر متغیر تعداد کلی‌فرم مدفوعی، تجزیه‌وتحلیل واریانس یک‌طرفه در جهت نشان دادن تاثیر آن، مورد بررسی قرار گرفت.

[Downloaded from isfj.ir on 2026-10-16]



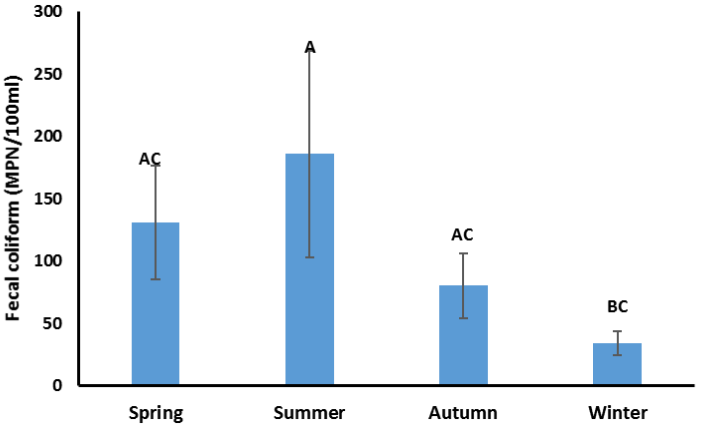
شکل ۶: مقایسه روند تغییرات ماهانه تعداد کلی‌فرم مدفوعی (MPN/100 ml) ۵ ایستگاه نمونه‌برداری شده

Figure 6: Comparison of monthly changes in total fecal coliform count (MPN/100 ml) at 5 stations



شکل ۷: مقایسه میانگین (mean ± SE) تعداد کلی‌فرم مدفوعی (MPN/100 ml) در ایستگاه‌های مختلف سد مارون

Figure 7: Comparison of total fecal coliform counts mean (mean ± SE) at different stations of Maroon Dam (MPN/100 ml)

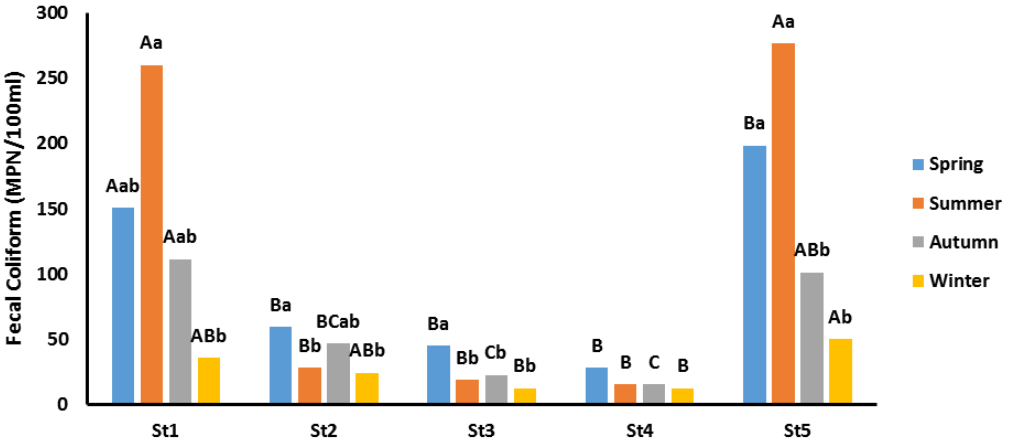


شکل ۸: مقایسه میانگین (mean ± SE) تعداد کلی‌فرم مدفوعی (MPN/100 ml) همه ایستگاه‌ها در فصول مختلف

Figure 8: Comparison of total fecal coliform counts mean (mean ± SE) at all stations in different seasons (MPN/100 ml)

[Downloaded from isfj.ir on 2026-10-16]

در این زمینه، نتایج تجزیه‌وتحلیل واریانس یک‌طرفه کلی‌فرم مدفوعی در فصل پائیز در ایستگاه ورودی سد، به طور معنی‌دار بیشتر از ایستگاه های درون دریاچه است ($p<۰/۰۵$) و ایستگاه خروجی به طور معنی‌دار از ایستگاه ۳ و ۴ درون دریاچه بیشتر بود ($p<۰/۰۵$) در فصل زمستان و بهار اختلاف معنی‌دار بین ایستگاه‌ها در میزان کلی‌فرم مدفوعی، مشاهده نگردید ($p<۰/۰۵$). میزان کلی‌فرم مدفوعی در فصل تابستان در ایستگاه‌های خروجی و ورودی سد به طور معنی‌دار بیشتر از ایستگاه‌های درون دریاچه بودند ($p<۰/۰۵$). در ایستگاه ورودی سد، کلی‌فرم مدفوعی در فصل تابستان به طور معنی‌دار بیشتر از زمستان بود ($p<۰/۰۵$). میزان کلی‌فرم مدفوعی ایستگاه ۲ درون دریاچه در فصل بهار به طور معنی‌دار بیشتر از تابستان و زمستان ثبت شد ($p<۰/۰۵$). در ایستگاه ۳ درون دریاچه بیشترین میزان کلی‌فرم مدفوعی به طور معنی‌دار در فصل بهار نسبت به سایر فصول سنجش شد ($p<۰/۰۵$). در ایستگاه ۴ درون دریاچه بین فصول اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد ($p>۰/۰۵$). میزان کلی‌فرم مدفوعی، در ایستگاه خروجی سد در بهار و تابستان به طور معنی‌دار بیشتر از پائیز و زمستان بود ($p<۰/۰۵$) (شکل ۹).



شکل ۹: مقایسه تعداد کلی‌فرم مدفوعی (MPN/100 ml) در ایستگاه‌های مختلف طی یکسال. حروف لاتین بزرگ، نشان‌دهنده مقایسه ایستگاه‌های مختلف در یک فصل است. حروف لاتین کوچک، نشان‌دهنده مقایسه فصل‌های مختلف در یک ایستگاه است.

Figure 9: Comparison of total fecal coliform counts (MPN/100 ml) at different stations over one year. Uppercase Latin letters indicate comparisons between different stations within a season. Lowercase Latin letters indicate comparisons between different seasons within a station.

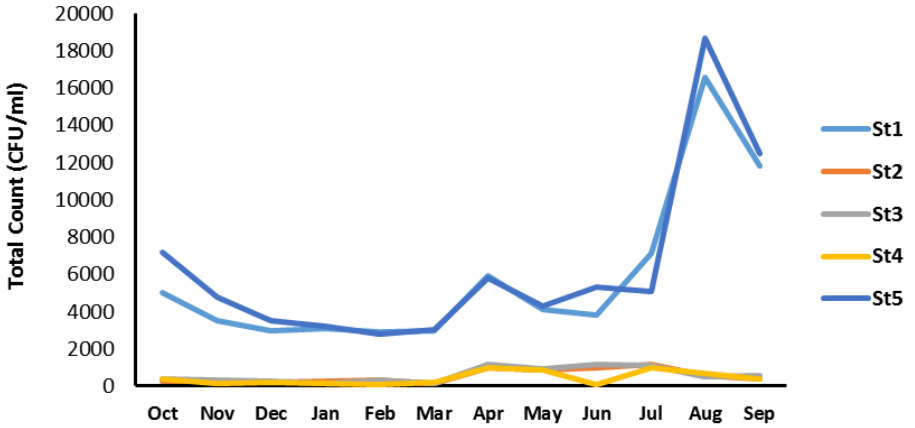
Streptococcus مدفوعی

همچنین نتایج نشان داد که تعداد *Streptococcus* مدفوعی در آب سطحی همه فصول، ماه‌ها و ایستگاه‌ها، کمتر از ۰/۰۱ CFU/100ml بود.

تعداد کل باکتری

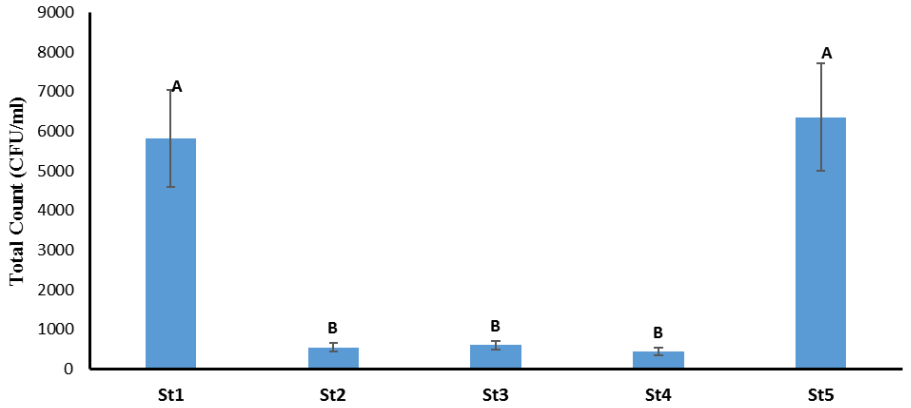
نتایج تعداد کل باکتری در ایستگاه‌های مختلف نشان داد که کمترین تعداد باکتری شمارش شده مربوط به ایستگاه شماره ۴ (درون دریاچه سد) و در خرداد ماه با تعداد ۰/۱۰۵ × ۱۰۳ CFU/ml و بیشترین تعداد باکتری شمارش شده مربوط به ایستگاه شماره ۵ (خروجی سد) در مرداد ماه با تعداد ۱۸/۷ × ۱۰۳ CFU/ml ثبت گردید (شکل ۱۰). به طور کلی، میانگین تعداد باکتری کل در ایستگاه‌های مورد مطالعه از ۰/۴۴۳ × ۱۰۳ CFU/ml در ایستگاه ۴ تا ۱۸/۷ × ۱۰۳ CFU/ml در ایستگاه ۵، نوسان داشت. مطابق تجزیه‌وتحلیل آماری داده‌ها بر اساس پس آزمون Duncan در تجزیه‌وتحلیل واریانس دو طرفه در سطح ۹۵٪ مشخص گردید، تعداد کل باکتری ایستگاه خروجی و ورودی به طور معنی‌دار بیشتر از ایستگاه‌های درون دریاچه بود ($p<۰/۰۵$) (شکل ۱۱). به طور معنی‌دار بیشترین میانگین تعداد کل باکتری در فصل تابستان نسبت به سایر فصول ثبت گردید ($p<۰/۰۵$) (شکل ۱۲).

[Downloaded from isfj.ir on 2026-10-16]



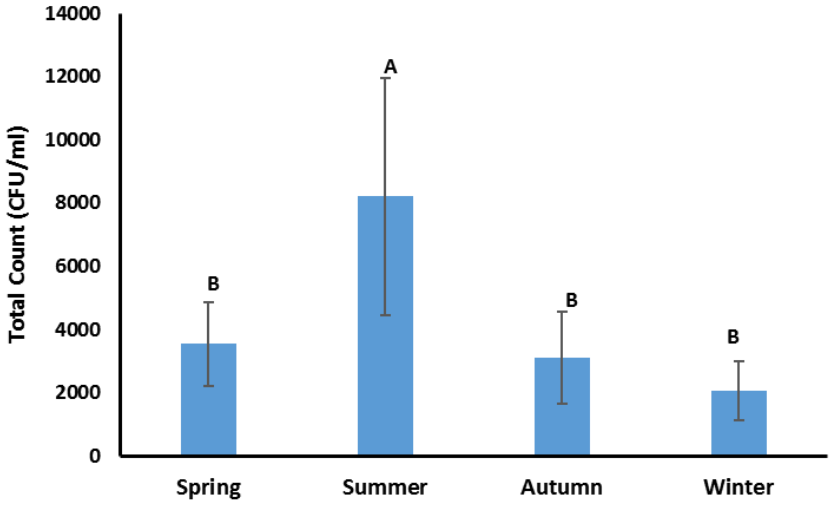
شکل ۱۰: مقایسه روند تغییرات ماهانه تعداد کل باکتری (CFU/ml) ۵ ایستگاه نمونه‌برداری شده

Figure 10: Comparison of monthly changes in total bacterial count (CFU/ml) at 5 stations



شکل ۱۱: مقایسه میانگین (mean ± SE) تعداد کل باکتری (CFU/ml) در ایستگاه‌های مختلف سد مارون

Figure 11: Comparison of the total bacterial count mean (mean ±SE) at different stations of Maroon Dam (CFU/ml)

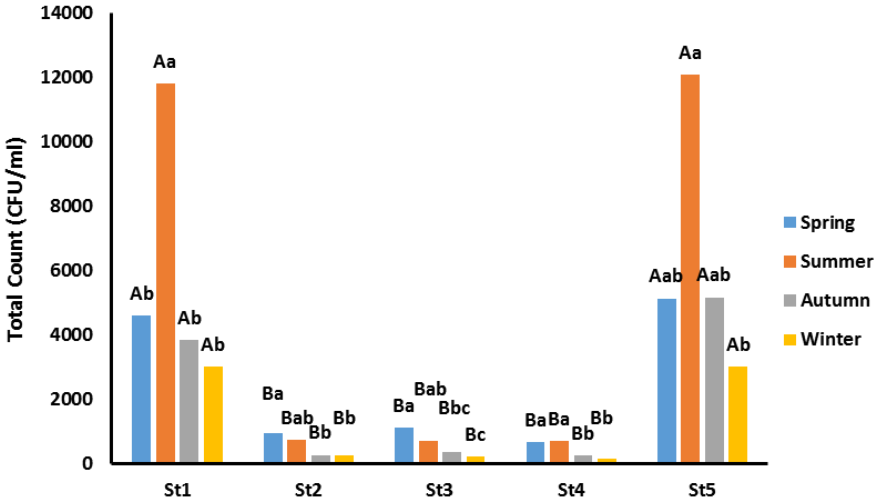


شکل ۱۲: مقایسه میانگین (mean ± SE) تعداد کل باکتری (CFU/ml) همه ایستگاه‌ها در فصول مختلف

Figure 12: Comparison of total bacterial count mean (mean ± SE) of all stations in different seasons (CFU/ml)

[Downloaded from isfj.ir on 2026-10-16]

تعداد کل باکتری در تمام فصول نمونه‌برداری (پائیز، زمستان، بهار و تابستان) در ورودی و خروجی دریاچه به طور معنی‌دار بیشتر از ایستگاه‌های درون دریاچه است ($p<۰/۰۵$). در ایستگاه ورودی دریاچه بیشترین میزان تعداد کل باکتری به طور معنی دار در فصل تابستان نسبت به سایر فصول ثبت گردید ($p<۰/۰۵$). ایستگاه های درون دریاچه (۲، ۳ و ۴) فصل بهار بدون اختلاف معنی دار با تابستان بیشتر از پائیز و زمستان بود ($p<۰/۰۵$). تعداد کل باکتری در ایستگاه خروجی در فصل تابستان به طور معنی‌دار بیشتر از فصل زمستان ثبت گردید ($p<۰/۰۵$) (شکل ۱۳).



شکل ۱۳: مقایسه تعداد کل باکتری (CFU/ml) در ایستگاه‌های مختلف طی یکسال. حروف لاتین بزرگ، نشان‌دهنده مقایسه ایستگاه‌های مختلف در یک فصل است. حروف لاتین کوچک، نشان‌دهنده مقایسه فصل‌های مختلف در یک ایستگاه است

Figure 13: Comparison of total bacterial count (CFU/ml) at different stations over a year. Uppercase Latin letters indicate comparisons between different stations within a season. Lowercase Latin letters indicate comparisons between different seasons within a station.

تعداد باکتری‌های بی‌هوازی و *Clostridium perfringens* رسوب

نتایج شمارش باکتری‌های بی‌هوازی و *Clostridium perfringens* در رسوب نشان داد که تعداد این باکتری‌ها در تمامی ایستگاه‌ها در یکسال نمونه‌برداری کمتر از حد قابل شمارش بود.

بحث

احداث سد به عنوان مانعی مهم در برابر جریان های طبیعی روخانه نقش تعدیلی ویژه ای در رژیم آبی رودخانه دارد (Carney *et al*., 2009; Hashemi *et al*., 2011). فرایندهای طبیعی و فعالیت های انسانی بر ویژگی‌های زیستی پیکره‌های آبی اثر می‌گذارند و موجب بروز مشکلاتی در کیفیت آب سدها می‌شوند (Azzellino *et al*., 2006; Lu *et al*., 2010). یکی از شاخص‌های مورد بررسی در این تحقیق، تعداد کل باکتری بود که در نتایج مشخص شد، بیشترین میانگین این شاخص در طول مدت نمونه‌برداری در ایستگاه ۵ (خروجی) و کمترین میزان در ایستگاه شماره ۴ (یکی از ایستگاه‌های دریاچه سد) بود (شکل ۱۰)، که نشان‌دهنده عدم یکسان بودن شرایط ایستگاه‌هاست. با مقایسه ایستگاه‌های مختلف از نظر تعداد کل باکتری، مشخص شد که اختلاف بین ایستگاه‌ها معنی‌داری است. همچنین با مقایسه میانگین تعداد کل باکتری تمام ایستگاه‌ها، در فصول مختلف، مشخص گردید که بیشترین تعداد کل باکتری در فصل تابستان و کمترین تعداد در فصل زمستان بود (شکل ۱۲). در مطالعه Yaghobzadeh و

[Downloaded from isfj.ir on 2026-10-16]

همکاران (۲۰۲۴) بر بررسی وضعیت بهداشتی اکوسیستم آبی شاخه های رودخانه سیروان (سد ژاوه- سنندج) تفاوت‌های فصلی نشان داده شد، و مشخص گردید که در فصول گرم سال (تابستان)، غلظت شاخص‌های باکتریایی به‌مراتب بالاتر از فصول سرد بود. وی این را به مواردی مانند افزایش دمای آب، تبخیر بیشتر، کاهش دبی جریان، افزایش تخلیه فاضلاب‌ها و نیز رشد بهتر باکتری‌ها در دماهای بالا مرتبط دانست (Islam *et al*., 2021; Al-Afify *et al*., 2023; Rather *et al*., 2023). نتایج مطالعه حاضر در این زمینه با مطالعات پیشین در ایران همخوانی دارد؛ از جمله بررسی انجام‌شده در رودخانه هراز (Yaghoubzadeh and Safari, 2015)، سد آزاد سنندج (Yaghoubzadeh *et al*., 2024) و تالاب انزلی (Faeeid *et al*., 2015) که همگی افزایش قابل‌توجه شاخص‌های باکتریایی را در فصل تابستان گزارش کردند. دمای آب عامل مهمی است که بر میزان تمام فعالیت‌های زیستی تأثیر می‌گذارد. بنابراین، می‌توان از آن به عنوان اولین گام در پیش‌بینی اثرات فعالیت‌های انسانی بر زندگی آبزیان استفاده کرد (Patil *et al*., 2012). همچنین نتایج مطالعه حاضر، با تحقیقی که Nekuiefard و همکاران (۲۰۲۰) بر شاخص های آلودگی باکتریایی آب دریاچه مخزنی حسنلو برای امکان‌سنجی پرورش ماهی در قفس انجام دادند، کاملاً مطابقت دارد. محققان مذکور عنوان نمودند که بار میکروبی در ایستگاه‌های ورودی و ایستگاه روستاهای مجاور با حسنلو بیشتر از ایستگاه‌های دریاچه بود و این شاخص‌ها، در فصل تابستان به طور معنی‌داری بیشتر از سایر فصول بود.

در مطالعه‌ای که بر سد شهید رجایی نیز انجام شد، بیشترین تعداد باکتری هتروتروف در فصول گرم و دارای بارندگی گزارش گردید و عنوان شده است که در فصول سرد، با این‌که افزایش بارندگی مشاهد شد، اما به علت کاهش شدید دمای آب، تعداد باکتری‌ها کاهش یافت (Yaghoubzadeh and Safari, 2016). مشابه با نتایج مطالعه حاضر، Houshmand و همکاران (۲۰۲۰) در مطالعه‌ای که بر کیفیت باکتریایی آب دریاچه سد سیمره انجام دادند، گزارش شد که بیشترین میانگین تعداد کل باکتری در طول مدت نمونه‌برداری در ایستگاه خروجی و کمترین میزان در یکی از ایستگاه‌های دریاچه (ایستگاه قبل از تاج سد) بود که این اختلاف بین ایستگاه‌ها، معنی‌دار گزارش گردید، اما در تضاد با نتایج مطالعه حاضر، در مقایسه فصول نمونه‌برداری مشخص گردید که بیشترین تعداد کل باکتری در فصل پاییز و کمترین تعداد در فصل تابستان بود که احتمالاً به علت افزایش بارندگی در فصول پاییز و زمستان میزان باکتری کل در این فصول بیشتر از تابستان بود. ضمن آن‌که در تابستان طولانی بودن دوره نوری و تابش خورشید موجب کاهش باکتری‌ها می‌گردد (Byappanahalli *et al*, 2015). احتمالاً تفاوت در نتایج این دو تحقیق، بر اساس تفاوت در دبی آب سد یا تفاوت در میزان بارندگی در فصول مختلف است.

یکی از عوامل تعیین کننده کیفیت میکروبی در محیط‌های آبی، مقدار باکتری‌های گروه کلی‌فرم است. به همین دلیل از کلی‌فرم‌ها به عنوان یکی از باکتری‌های اندیکاتور شاخص در آب یاد می‌شود (Maghrebi and Jamshidi., 2008). نتایج این بررسی بر تعداد کل کلی‌فرم و کلی فرم مدفوعی نشان داد که میانگین تعداد این دو شاخص در تمام فصول نمونه‌برداری در ایستگاه ۵ (ایستگاه خروجی) بیشترین میزان و در ایستگاه‌های دریاچه دارای کمترین میزان است (شکل ۳ و ۷). این نتایج با مطالعه Houshmand و همکاران (۲۰۲۰) بر دریاچه سد سیمره مطابقت دارد.

Shahsavari pour و همکاران (۲۰۱۱) عنوان کردند که با شروع فصل زمستان و کاهش دما، بار آلودگی میکروبی کاهش می‌یابد. همان‌طوری‌که از نتایج مشخص گردید، ارتباط دما با شاخص‌های باکتری‌شناسی، معنی‌دار و مثبت بود که نشان‌دهنده این موضوع است که با افزایش دما، افزایش بار آلودگی در تمامی ایستگاه‌ها مشاهده گردید (شکل ۵ و ۸). نتایج مطالعه Kheirollahi و همکاران (۲۰۱۱) نشان داد که کیفیت آب دریاچه سد کرخه طی ماه‌های مختلف تغییر چندانی ندارد. اما آلودگی آب از سرشاخه ها به دریاچه به نحو چشمگیری کاهش می‌یابد که این امر نشان‌دهنده خاصیت خودپالایی دریاچه است. از این‌رو، می‌بایست برای حفظ این منبع آبی (دریاچه سدها) از آلودگی‌های خطرناک، دستورالعمل‌های سختگیرانه‌تری به‌ویژه برای ورود فاضلاب‌های خانگی و صنعتی به رودخانه

[Downloaded from isfj.ir on 2026-10-16]

در نظر گرفته شود. Yaghoubzadeh و همکاران (۲۰۱۵) با مطالعه بر رودخانه هراز، نشان دادند که بین تعداد کل کلی‌فرم در ماه‌های مختلف سال در رودخانه هراز اختلاف معنی‌داری وجود دارد و بیشترین تعداد در فصل پاییز بوده است. بعد از فصل تابستان، با افزایش بارندگی در فصل پاییز و جاری شدن رواناب و انتقال آلودگی‌ها از محیط اطراف به رودخانه، مجدداً افزایش بار میکروبی را شاهد خواهیم بود. پس از آن به‌نظر می‌رسد، با شروع فصل زمستان و کاهش دما، بار آلودگی میکروبی کاهش می‌یابد (Shahsavari pour *et al*., 2011).

Shokuhiو همکاران (۲۰۱۲) در مطالعه بر سد آیدغموش عنوان نمودند که تعداد کلی‌فرم‌ها در ایستگاه ورودی بالاتر بود که این امر به دلیل انجام فعالیت‌های دامپروری در اطراف رودخانه و ورود فضولات به عنوان یک منبع آلاینده‌ی مهم است. در مطالعه Ehramposh و همکاران (۲۰۱۵) بر سد مخزنی شیرین‌دره، نشان دادند که مقادیر اندازه‌گیری شده کلی‌فرم و کلی‌فرم مدفوعی در دریاچه از حد استاندارد تخلیه به آبهای سطحی کمتر بوده که این موضوع می‌تواند ناشی از طول زیاد دریاچه و ته نشینی در دریاچه سد باشد که با نتایج مطالعه حاضر مطابقت دارد. از جمع‌بندی نتایج، مشخص شد که ایستگاه‌های واقع در دریاچه سد، بهترین کیفیت میکروبی و ایستگاه واقع در رودخانه (ایستگاه ورودی) و خروجی سد دارای پایین‌ترین کیفیت هستند. به‌نظر می‌رسد که شاید چون خروجی سد از کف مخزن انجام می‌شود و لایه‌های کف مخزن به‌هم می‌خورند، بار باکتریایی خروجی سد نیز افزایش می‌یابد. در مطالعه Samarghandi و همکاران (۲۰۱۳) بر آب دریاچه سد مخزنی اکباتان (شهرستان همدان) با بهره‌گیری از شاخص کیفی NSFWQI نشان دادند که ایستگاه واقع در تاج دریاچه سد، بهترین کیفیت و ایستگاه رودخانه دارای بدترین کیفیت است. همچنین در مطالعه‌ای که بر سد دوکان انجام شد، مشخص گردید بیشترین بار میکروبی در ایستگاه ورودی سد است (Alobaidy *et al*., 2010). در مطالعه حاضر، *Streptococcus* مدفوعی بسیار ناچیز (غلظت بسیار کم، با استفاده از کشت سطحی مشاهده نشده است) بود.

بسیاری از مطالعات به اثر میکروب کشی نور خورشید بر *Enterococcus* اشاره داشتند. مکانیسم اصلی آسیب نور خورشید بر میکروارگانیسم‌ها شامل جذب مستقیم اشعه UV به‌وسیله DNA است که موجب دژنره شدن ساختار DNA و از بین رفتن میکروارگانیسم می‌شود (Byappanahalli *et a.l*, 2015). در مطالعات Ghayur Kazemi and Piadeh (۲۰۱۲) در اندازه‌گیری کلیفرم کل، *Escherichia coli* و *Streptococcus* مدفوعی در مخزن آب سدشیروان بیان کردند، آب جمع‌آوری شده در پشت سد می‌تواند بدون هیچ‌گونه تصفیه‌ای برای تأمین آب کشاورزی به منظور مصارف آبیاری نیز مورد استفاده قرار گیرند.

به طور کلی، نتایج مطالعه نشان داد که جمعیت باکتریایی، در فصول مختلف سال متغیر است و در ایستگاه‌های ورودی و خروجی سد به طور معنی‌داری بیشتر از ایستگاه‌های درون دریاچه بود به‌ویژه در فصل تابستان، میزان کلی‌فرم‌ها افزایش چشمگیری داشت که ممکن است ناشی از افزایش دما و شرایط محیطی مناسب برای رشد این میکروارگانیسم‌ها باشد. همچنین در فصل‌های بهار و تابستان، باکتری‌های کلی‌فرم مدفوعی به طور معنی‌داری بیشتر از سایر فصول بودند که می‌تواند نشان‌دهنده ورود بیشتر آلودگی‌های مدفوعی از منابع انسانی یا حیوانی به سیستم آبی باشد. این نتایج با مطالعات مشابه در سایر سدها همخوانی دارد که نشان می‌دهد آلودگی‌های میکروبی در فصل‌های گرم‌تر بیشتر مشهود بوده و دما عامل کنترل‌کننده غالب در این سیستم مخزن است (Azzellino *et al*., 2006; Hashemi *et al*., 2011). اگرچه برخی مطالعات، آلودگی باکتریایی بیشتر را به فصول مرطوب به دلیل انتقال رواناب مرتبط دانستند که با مطالعه حاضر، مغایرت دارد (Kim *et al*., 2005). همچنین بر اساس نتایج، ایستگاه‌های ورودی و خروجی سد دارای بیشترین میزان آلودگی‌های میکروبی بودند. این می‌تواند به دلیل ورود آلاینده‌های انسانی، کشاورزی و صنعتی از مناطق بالادست به دریاچه باشد که به مرور زمان تجمع یافته و به‌شدت بر کیفیت آب اثر می‌گذارند. مشابه این نتایج در سایر مطالعات نیز مشاهده شده است که آلودگی‌های میکروبی در نواحی ورودی و خروجی سدها بیش از سایر بخش‌هاست (Lu *et*

[Downloaded from isfj.ir on 2026-10-16]

al., 2010). این امر به‌ویژه برای آبزی‌پروری در قفس که به کیفیت آب حساس است، حائز اهمیت است. وجود باکتری‌های آلوده در منابع آبی می‌تواند منجر به بیماری‌های میکروبی در آبزیان و انتقال آنها به انسان‌ها شود.

در کشور ایران، موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی اعلام کرده است که آب آشامیدنی باید عاری از هر گونه کلی‌فرم باشد (Standard 1053., 1997). طبق استاندارد ایران، آب سد مارون، در هیچ کدام از ایستگاه‌ها و ماه‌های نمونه‌برداری بدون تصفیه برای آشامیدن مناسب نیست. Ahmed و همکاران (۲۰۰۴) در تجزیه‌وتحلیل باکتری‌شناسی آبهای سطحی جمع‌آوری شده از سدهای مختلف Rawalpindi (پاکستان) بیان کردند که اکثر باکتری‌ها بعد از کلر زنی آب به منظور استفاده آب آشامیدنی از بین می‌روند. بنابراین، اگر این آبها را برای مصارف شرب در نظر بگیریم، آب دارای کیفیت خوبی است و می‌توان با انجام عملیاتی (تصفیه فیزیکی، گندزدایی ساده، فیلتراسیون سریع)، این آب را برای شرب به سیستم‌های شهری تزریق نمود. با توجه به این‌که در استاندارد آبهای سطحی حداکثر کلیفرم کل آن ۱۰۰۰ CFU/100ml و حداکثر کلیفرم مدفوعی ۴۰۰ CFU/100ml است (جدول ۱)، مقادیر این دو شاخص در هیچ‌یک از ۳ ایستگاه واقع در دریاچه سد مارون بیش از حد مجاز نیست.

جدول ۱: استاندارد خروجی مجاز فاضلاب ها و پساب ها از نظر کلی‌فرم و کلی‌فرم مدفوعی

Table 1: Permissible standards for sewage and wastewater output in terms of coliforms and fecal coliforms

Pollutant Substances	Wastewater Discharge Standards, Department of Environment, (1992)		
	Surface Water discharge	Discharge to pit	Agricultural use and irrigation
Fecal Coliform (MPN / 100ml)	400	400	400
Total Coliform (MPN / 100ml)	1000	1000	1000

همچنین از نظر شیلاتی و پرورش ماهی، تعداد کلی‌فرم کل تا ۵۰۰۰ و کلی فرم مدفوعی کمتر از ۱۰۰۰ CFU/100ml مجاز است. از این‌رو، آب دریاچه سد مارون در این دوره نمونه‌برداری برای پرورش ماهی مناسب است (جدول ۲).

جدول ۲: حد مجاز شاخص‌های باکتری‌شناسی مورد بررسی برای اغلب کاربری‌ها

Table 2: Permissible limits of bacteriological indicators examined for most applications

Use Category	Fecal Coliform (MPN / 100ml)	Total Coliform (MPN / 100ml)
Drinking Water, Enclosed livestock Watering and Food industry Water (Disinfections Required Only) (U.S. EPA)	< 10	< 10
Drinking Water, Enclosed livestock Watering and Food industry Water (preliminary treatment) (U.S. EPA)	< 100	≤ 100
General irrigation (U.S. EPA)	≤ 1000	≤ 1000
Swimming standard (shahriary, 2008)	100	4650
Fish farming standard (shahriary, 2008)	≤ 1000	5000

به طور کلی، با توجه به نتایج حاصله، آب دریاچه سد مارون در این دوره نمونه‌برداری برای پرورش ماهی مناسب بوده، ولی اتخاذ رویکردی پیشگیرانه و مشارکتی در مدیریت منابع آب سد، امری ضروری است. در این زمینه، پایش مستمر کیفیت میکروبی منابع آب با استفاده از شاخص‌های پیشرفته‌ای همچون کلی‌فرم مدفوعی و *Enterococcus*، به‌عنوان نشانگرهای قابل‌اعتماد آلودگی میکروبی، باید در اولویت قرار گیرد. همچنین شناسایی و کنترل منابع آلاینده

[Downloaded from isfj.ir on 2026-10-16]

نقطه‌ای و غیرنقطه‌ای (پساب‌های روستایی و دامداری‌ها) به‌ویژه در فصول بارندگی که احتمال ورود آلاینده‌ها به منابع آب افزایش می‌یابد، نقش مؤثری در کاهش بار میکروبی دارد. در کنار آن، بهسازی و توسعه زیرساخت‌های تصفیه فاضلاب روستایی و کشاورزی، از اقدامات کلیدی در کاهش آلودگی میکروبی تلقی می‌شود. افزایش آگاهی جوامع محلی درباره نقش فعالیت‌های انسانی در آلودگی منابع آب به‌ویژه در مناطق پیرامونی سد، می‌تواند مشارکت مردمی را در حفاظت از منابع آبی ارتقاء دهد. همچنین ایجاد کمربند حفاظتی پوشش گیاهی در حاشیه رودخانه‌ها و ورودی‌های مخزن سد به تقویت فرایندهای طبیعی خودپالایی کمک کرده و به عنوان مانعی مؤثر در برابر انتقال آلاینده‌ها عمل می‌کند. در نهایت، تحقق این اهداف مستلزم همکاری بین‌بخشی میان نهادهای متولی منابع آب، بهداشت و محیط زیست به منظور اجرای مدیریت یکپارچه و هماهنگ در سطح حوضه آبریز است. بر این اساس، می‌توان نتیجه گرفت که ارزیابی جامع و دوره‌ای شاخص‌های کیفی آب، گامی کلیدی در حفاظت از منابع آبی و پایداری اکوسیستم‌های مرتبط با آن محسوب می‌شود (Dagher *et al*., 2021).

تشکر و قدردانی

این پژوهش با حمایت مالی مدیریت نوآوری، فناوری و پژوهش‌های کاربردی سازمان آب و برق خوزستان انجام شده است.

منابع

Ahmed, T., Kanwal, R., Tahir, S.S. and Rauf, N., 2004. Bacteriological analysis of water collected from different dams of Rawalpindi/Islamabad region in Pakistan. *Pakistan Journal of Biological Sciences,* 7(5):662-666. DOI:10.3923/pjbs.2004.662.666

Akhtar, N., Ishak, M.I.S., Ahmad, M.I., Umar, K., Md Yusuff, M.S., Anees, M.T. and Almanasir, Y.K.A., 2021. Modification of the Water Quality Index (WQI) Process for Simple Calculation Using the Multi-Criteria Decision-Making (MCDM) Method: A Review. *Water*, 13(7):905. DOI:10.3390/W13070905

Al-Afify, A.D., Abdo, M.H., Othman, A.A. and Abdel-Satar, A.M., 2023. Water quality and microbiological assessment of Burullus Lake and its surrounding drains. *Water, Air, and Soil Pollution*, 234(6):385. DOI:10.1007/s11270-023-06351-3

Alobaidy, A.H.M.J., Abid, H.S. and Maulood, B.K., 2010. Application of water quality index for assessment of Dokan lake ecosystem, Kurdistan region, Iraq. *Journal of Water Resource and Protection*, 2(09):792. DOI:10.4236/jwarp.2010.29093.

APHA (American Public Health Association), 2017. Standard method for examination of water and wastewater. American public health association publisher, 18thedition, Washington, USA.1113 P.

Azzellino, A., Salvetti, R., Vismara, R. and Bonomo, L., 2006. Combined use of the EPAQUAL2E simulation model and factor analysis to assess the source apportionment of point and non-point loads of nutrients to surface waters. *Science of The Total Environment*, 371(1-3):214-22. DOI:10.1016/j.scitotenv.2006.03.022.

Buller, N.B., 2004. Bacteria from fish and other aquatic animals: A partical identification manual. CABI publishing, UK. 361 P.

Byappanahalli, M.N., Nevers, M.B., Korajkic, A., Staley, Z.R. and Harwood, V.J., 2015.

[Downloaded from isfj.ir on 2026-10-16]

Enterococci in the Environment. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, 76(4):685–706. DOI:10.1128/MMBR.00023-12

Carney, E., 2009. Relative influence of lake age and watershed land use on tropic state and water quality of artificial lakes in Kansas. *Journal of Lake and Reservoir Management*, 25:199-207. DOI:10.1080/07438140902905604.

Dagher, L.A., Hassan, J., Kharroubi, S., Jaafar, H. and Kassem, I.I., 2021. Nationwide assessment of water quality in rivers across Lebanon by quantifying fecal indicators densities and profiling antibiotic resistance of *Escherichia coli*. Antibiotics, 10(7):883. DOI:10.3390/antibiotics10070883

Ehramposh, M.H. Zare Mehrjerdi, A., Ghaneian, M.M., Mehrizi, A. and Saghi, M.H., 2015. Case study of Shirin Darreh Reservoir Dam. *Journal of North Khorasan University of Medical Sciences,* 7(3):484-475. (in Persian)

Faeeid, M., Babaei, H. and Abedini, A., 2015. Microbial and physicochemical parameters of the Anzali wetland. *Wetland Ecobiology*, 7 (3):45-54. (In Persian)

Ghayur Kazemi, M. and Piadeh, F., 2012. Detection and identification of pathogens in dam water reservoirs. 6th Conference and Exhibition on Environmental Engineering, Iran, 49 P. (In Persian)

Hashemi, S.H., Ghasemi Ziarani, E. and Ranjkesh, Y., 2011. Waste load allocation for sub-basins of amir kabir dam reservoir using QUAL2K model. *Journal of Environmental Studies,* 37(1):1-89 (in Persian)

Houshmand, H., Ahangarzadeh, M., Dehghan Madiseh, S. and Mortezaei, S., 2020. Evaluation of SEYMAREH Dam Reservoir Water Quality by Bacterial Indices and relationship-with some Water physical and chemical parameters. *Iranian Scientific Fisheries Journal*, 28(6):89-97. (in Persian)

Kheirollahi, M., javid, M.H., Takdastan, A. and Sekhavatjoo, M.S., 2011. Investigating the water quality of Karkheh Dam Lake using water quality indicators (W.Q.I) and GIS system. 14th National Congress on Environmental Health. 17 P. (in Persian)

Kim, G.T., Choi, E. and Lee, D., 2005. Diffuse and point pollution impacts on the pathogen indicator organism level in the Geum River, Korea. *Science of the Total Environment*, 350:94–105. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2005.01.021

Lu, X., Li, L.Y., Lei, K., Wang, L., Zhai, Y. and Zhai, M., 2010. Water quality assessment of Wei River, China using fuzzy synthetic evaluation. *Journal of Environmental and Earth Sciences*, 60(8):1693-1699. DOI:10.1039/C4EM00014E

Maghrebi, M. and Jamshidi, M., 2008. Investigation of microbial contamination of Jajrud River and the role of the manufacturer. Third Iranian Conference on Water Resources Management. School of Civil Engineering, University of Tabriz, Iran. (in Persian)

Naderi, S.H., Shariat, M., Nadafi, K. and Preacher, F., 2003. Relationship between biological indices and water quality parameters in the distribution of drinking water in rural areas of Qazvin province. 6th National Congress on Environmental Health papers. Mazandaran -Sari. Iran. (in Persian)

National Standard of Iran, No.3759, 1995. Detection and enumeration of coliform organisms in water by multiple tube method.

[Downloaded from isfj.ir on 2026-10-16]

Institute of Standards and Industrial Research of Iran. First edition. 21 P. (in Persian)

National Standard of Iran, No.1053, 1997. Drinking water -physical and chemical specifications, Institute of Standards and Industrial Research of Iran. 6 P. (in Persian)

National Standard of Iran, No.7225, 2003. Water –detection and identification presence-Absence (P-A) of coliform - Microbiological test method. Institute of Standards and Industrial Research of Iran. First revision. 6 P. (in Persian)

National Standard of Iran, No.4208, 2007. Water quality - Sampling for microbiological examination of water– Code of practice. Institute of Standards and Industrial Research of Iran. First revision. 29 P. (in Persian)

National Standard of Iran, No.3619, 2024. Detection and enumeration of faecal strepotocci in Water by enrichment in liquid medium. Institute of Standards and Industrial Research of Iran. 11 P. (in Persian)

Nekuiefard, A., Khezri, M. and Seidgar, M., 2020. Studying of Some Bacterial Contamination Characteristics of Hasanlu Reservoir Lake for Fish Cage Culture. *Advanced Aquaculture Sciences Journal*, 3(3):75-88.

Ramirez, N.F. and Solano, F., 2004. Physicochemical water quality indices-A comparative Review. *Bistua: Revista de la Facultad de Ciencias Básicas*, 27:437-441.

Samarghandi, M.R., Weysi K., Aboee Mehrizi, E., Kaseb, P. and Danai E., 2013. Evaluation of water quality in Hamadan Akbatan Reservoir by NSFWQI Index. *Journal of North Khorasan University of Medical Sciences*, 5(1):63-69. (in Persian)

Shahsavari pour, N. and Esmaili sari A., 2011. Assessment of microbiological contamination of Haraz River (Mazandaran Province) and determine of allowable applications of water river comparison with global standards. *Journal of environmental science technology*,13 (4):81-94. (in Persian)

Shokuhi R., Hosinzadeh E., Roshanaei G., Alipour, M. and Hoseinzadeh, S., 2012. Evaluation of aydughmush dam reservoir water quality by national sanitation foundation water quality Iindex (NSF-WQI) and water quality parameter changes. *International Journal of Hydrogen Energy,* 4(4):439-450. (in Persian)

Yaghoubzadeh, Z. and Safari, R., 2015. Evaluation of bacterial contamination of surface waters of Haraz River. *Cellular and Molecular Research (Iranian Journal of Biology)*, 28(1):136-144.

Yaghoubzadeh, Z. and Safari R., 2016. Evaluation of coliform bacteria and Nematode eggs in Haraz River runoff. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 25 (1):29-39. DOI:10.22092/ISFJ.2017.110221(in Persian)

Yaghoubzadeh, Z., Safari, R., Hassan Nasrollahzadeh Sarovi, H., Taghavi Rostami, M.J., Firouzkandian, Sh., Ghiasi, M., Afraei Bandpi, M.A., Sepahdari, A., Kardar Rostami, M., Radkhah, K., Turk Pahnabi, F., Shaabani, Kh., Alavi Tabari, E.S., Esfandiar, S., 2024. Evaluation of the health status of the aquatic ecosystem in the Sirvan River (Zhaveh Dam, with an emphasis on indicator bacteria and human and aquatic pathogens. Final Report, Iranian Fisheries Science Research Institute (IFSRI), Iran. 52 P.

[Downloaded from isfj.ir on 2026-10-16]