

ارزیابی کیفیت آب دریاچه سد زاینده رود با استفاده از شاخص WQI

مهتاب خلجی^۱، عیسی ابراهیمی^{۱*}، هستی هاشمی نژاد^۲، ابراهیم متقی^۱، سعید اسداله^۱

*e_ebrahimi@cc.iut.ac.ir

۱- دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، صندوق پستی: ۸۴۱۵۶-۸۳۱۱۱

۲- دانشکده عمران، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، صندوق پستی: ۸۴۱۵۶-۸۳۱۱۱

تاریخ پذیرش: مهر ۱۳۹۵

تاریخ دریافت: اردیبهشت ۱۳۹۵

چکیده

مطالعات زیستی و بوم‌شناختی منابع آب از مباحث اساسی در تحقیق و بررسی‌های علمی مربوط به منابع آب است. شناسایی ویژگی‌های هر اکوسیستم، موجودات زنده و فاکتورهای محیط زیستی حاکم بر آن، گام نخست این مطالعات محسوب می‌شود. ارزیابی کیفیت منابع آب بخصوص منابع آب آشامیدنی در سال‌های اخیر همزمان با کاهش کمیت و کیفیت منابع آب از اهمیت بسیاری برخوردار گردیده است. دریاچه‌ها و مخازن آبی سدها به عنوان منابع مهم تامین کننده آب آشامیدنی، کشاورزی و صنعت مورد توجه جوامع انسانی قرار گرفته است. استفاده بهینه از این منابع نیازمند روش‌های مناسب پایش و حفظ کیفیت آن‌ها می‌باشد. با توجه به اهمیت دریاچه سد زاینده‌رود به عنوان منبع تامین کننده آب آشامیدنی و کشاورزی حوزه آبریز زاینده‌رود و استان‌های همجوار، ارزیابی کیفیت آب این دریاچه ضروری بنظر می‌رسید. برای این منظور ۵ ایستگاه نمونه برداری در نقاط مختلف دریاچه انتخاب و با تناوب ۴۵ روز یکبار در طی فصول بهار و تابستان سال ۱۳۹۲ نمونه برداری در آن‌ها انجام شد. فاکتورهای، نترات، نیتريت، اکسیژن محلول، هدایت الکتریکی، سختی و pH آب اندازه‌گیری شد و شاخص WQI با استفاده از آن‌ها محاسبه گردید. نتایج حاصل کیفیت آب دریاچه سد زاینده رود را علیرغم تغییرات کاهشی در طی فصول بهار و تابستان در مجموع خوب (بین ۱۰۰-۵۰) ارزیابی نمود. این مطالعه نشان داد که حفظ کیفیت آب دریاچه سد زاینده رود نیازمند یک مدیریت دقیق و همه‌جانبه است.

کلمات کلیدی: شاخص WQI، زاینده رود، دریاچه پشت سد، فاکتورهای فیزیکوشیمیایی

*نویسنده مسئول

مقدمه

افزایش مصرف آب، کاهش ذخایر آب‌های طبیعی، آلودگی‌های محیط زیستی و افزایش نیاز آبی فعالیت‌های انسانی باعث شده تا ارزیابی کیفیت منابع آب از موضوعات مهم در سال‌های اخیر محسوب گردد. در این شرایط پایش تغییرات کیفی آب به خصوص آب‌های آشامیدنی در زمان‌های منظم ضروری به نظر می‌رسد. House & Ellis (۱۹۸۷) روند شکل‌گیری، ساختار و کاربرد شاخص‌های مختلف کیفیت آب را به منظور مدیریت منابع آب مورد بررسی قرار دادند. Sánchez و همکاران (۲۰۰۷) شاخص WQI و کمبود اکسیژن محلول را در طول رودخانه‌های گوادارما و مانزانارز مورد مطالعه قرار دادند. Parham و همکاران (۲۰۰۷) کیفیت آب دریاچه سد کرخه را مورد بررسی قرار دادند و کیفیت آب این دریاچه را برای کلیه مصارف عمومی از قبیل کشاورزی، آبیاری، آبیان و شرب مناسب دانستند. Alobaidy و همکاران (۲۰۱۰) شاخص WQI را برای ارزیابی کیفیت آب دریاچه دوکان در کردستان عراق در سال‌های ۱۹۷۶ تا ۲۰۰۰ و مقایسه آن با سال ۲۰۰۸ و ۲۰۰۹ استفاده کرده و نشان دادند که کیفیت آب دریاچه روند نزولی داشته و از خوب به سمت فقیر میل کرده است. فتحی و همکاران (۱۳۹۰) به کمک شاخص‌های زیستی، فیزیکوشیمیایی و درشت بی مهرگان کفزی تالاب چغاخور را مورد ارزیابی قرار داده و دریافتند که این تالاب از نظر وضعیت کیفی آب (شاخص WQI) در شرایط مناسبی قرار نداشته و برای مصارف انسانی از جمله شرب مناسب نبود. دریاچه‌های مصنوعی سدها که امروزه پس از آب‌های زیر زمینی بزرگترین منبع تامین آب شرب در کشورما بشمار می‌روند (کوشافر، ۱۳۷۸)، به دلیل کاهش نزولات جوی، تاثیر پذیری از کاربری‌های نامتناسب اراضی حوزه آبخیز و بهره برداری بیش از حد، در معرض خطر افت کیفیت قرار دارند. علاوه بر آن عواملی از جمله، روش‌های آبیاری سنتی، تولید انرژی، توسعه شدید صنایعی که نیاز به آب فراوان دارند در مجاورت منابع آب‌های شیرین، انتقال آب بین حوزه‌ها و عدم کارایی مدیریت بهینه مصرف، باعث کاهش کمی منابع آب گردیده است. با گذشت زمان و گسترش جوامع و به تبع آن افزایش

استفاده از منابع آب تغییر خصوصیات کیفی آب‌ها بیشتر نمایان می‌شود. رشد جمعیت و آلودگی‌های ناشی از تخلیه انواع فاضلاب‌های شهری، صنعتی و کشاورزی، شیرابه‌های محل دفن زباله و روان آب‌های سطحی جاده‌ها، کارخانه‌ها، شهرها، مزارع کشاورزی و ... باعث گسترش آلودگی و محدود تر شدن منابع آب شده است (Samadi *et al.*, 2009). منابع آب‌های سطحی مانند دریاچه‌ها، رودخانه‌ها و مخازن بیش از منابع زیر زمینی آب در معرض آلودگی هستند (Simeonov *et al.*, 2003). به دنبال کاهش بارندگی و خشکسالی‌های اخیر، منابع آبی کشور روبه نقصان گذاشته که در این میان استان‌هایی از جمله اصفهان که علاوه بر قرار داشتن در مناطق گرم و خشک، مدیریت صحیح و دوراندیشانه‌ای در خصوص توزیع و استفاده از منابع آبی آن صورت نگرفته است بیشتر در معرض تهدید کم آبی و مشکلات ناشی از آن قرار دارند. از جمله منابعی که می‌تواند به‌عنوان منبع تامین آب شرب جوامع انسانی مورد توجه و بررسی قرار گیرد دریاچه‌ها است. امروزه دیدگاه‌ها نسبت به اهداف جایگاه سدها گسترده تر شده و دامنه آن علاوه بر اهداف کمی مورد انتظار، شامل کنترل کیفی نیز شده است (Hashemi *et al.*, 2011). تعیین وضعیت کیفی منابع آب برای اتخاذ راهکارهای مناسب جهت جلوگیری از کاهش کیفیت و یا بهبود آن ضروری است (Ramirez & Solano, 2004). شاخص‌های کیفی روشهایی هستند که می‌توانند به عنوان ابزار مدیریتی قوی در تصمیم‌گیری‌های مربوطه به مدیریت کیفی منابع آب مورد استفاده قرار گیرند (Karimian *et al.*, 2007). هدف از این تحقیق ارزیابی و تعیین شرایط کیفی آب دریاچه سد زاینده رود بر اساس شاخص WQI و حفاظت و کنترل آن به عنوان یک زیست بوم آبی ارزشمند و بررسی تغییرات کیفی آب در فصول بهار و تابستان بود.

مواد و روش‌ها**منطقه مورد مطالعه**

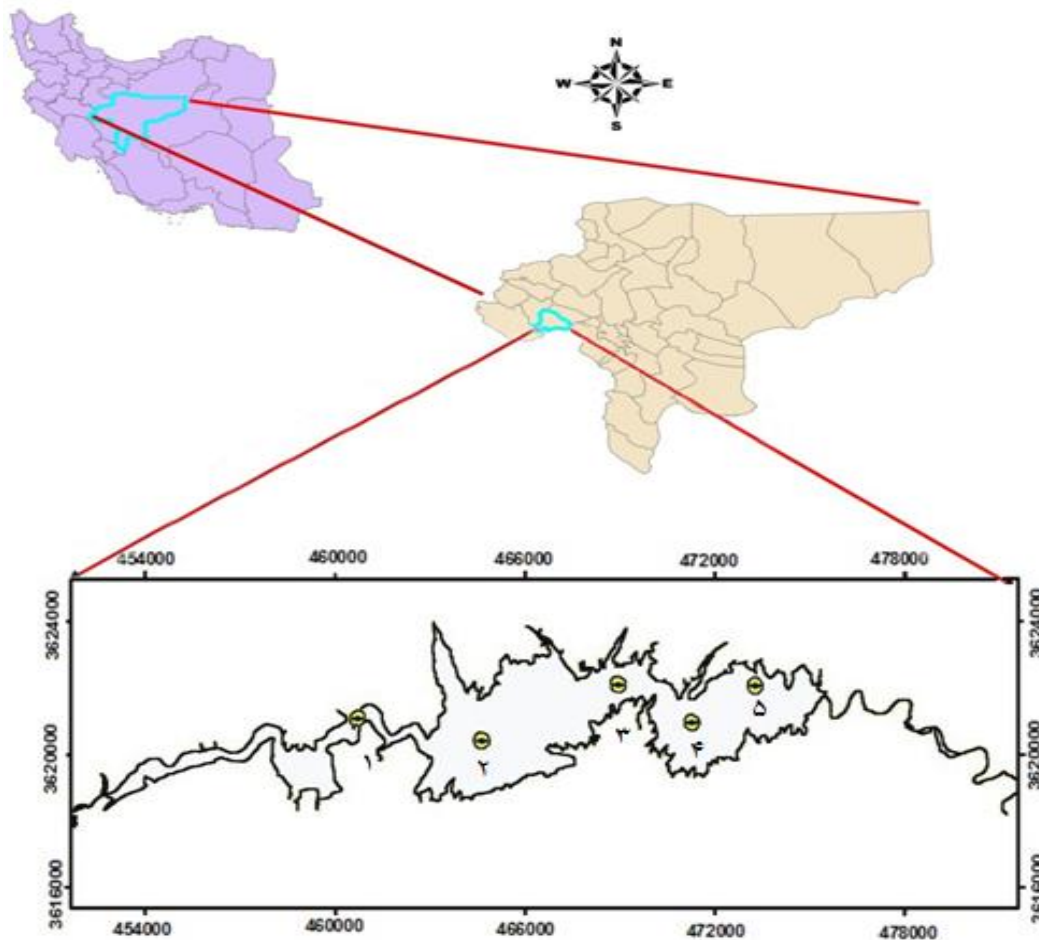
دریاچه سد زاینده‌رود با مساحتی بالغ بر ۴۸ کیلومتر مربع در ۱۱۰ کیلومتری غرب شهر اصفهان بین طول جغرافیایی " ۱۸ °۴۴' ۵۰ و " ۴ °۳۶' ۵۰ شرقی و عرض جغرافیایی

جدول ۱: مختصات جغرافیایی ایستگاه های مورد مطالعه در دریاچه سد زاینده رود

Table1: Geographical coordinates of stations studied in Zayandeh roud Lake

ایستگاه ها	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی
۱	۵۰°۳۴' ۵۰,۶۲۳"	۳۲°۴۳' ۳۷,۵۶۴"
۲	۵۰°۳۷' ۲۰,۸۱۷"	۳۲°۴۳' ۱۶,۵۴۹"
۳	۵۰°۴۰' ۵,۷۹۶"	۳۲°۴۴' ۱۱,۸۰۲"
۴	۵۰°۴۱' ۳۷,۶۲۵"	۳۲°۴۳' ۳۵,۲۲۶"
۵	۵۰°۴۲' ۵۳,۸۸۹"	۳۲°۴۴' ۷۱,۱۳۴"

"۳۴ ۳۲°۴۳' و " ۵ ۳۲°۴۳' شمالی واقع شده است. براساس مطالعات پیشین، امکان دسترسی و توزیع مناسب، تعداد ۵ نقطه به عنوان مکان های نمونه برداری در سطح دریاچه انتخاب شد. مختصات جغرافیایی مکان های نمونه برداری در جدول ۱ و موقعیت آنها در شکل ۱ آمده است. نمونه برداری از اردیبهشت تا شهریور ماه سال ۱۳۹۲ با تناوب زمانی ۴۵ روز یکبار (در ۴ بار نمونه برداری) در فصول بهار و تابستان (فصلی دو بار) انجام شد.



شکل ۱: موقعیت مکان های نمونه برداری در دریاچه سد زاینده رود در سال ۱۳۹۲

Figure 1: Location of the sampling Places in Zayandeh roud Lake in 1392

پس از انتقال به ظروف مخصوص (با حجم یک لیتر) در محیط تاریک و مجاور یخ به آزمایشگاه منتقل شد. در آزمایشگاه فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی آب شامل:

نمونه های آب در هر مکان از اعماق ۰/۵، ۳، ۵ و ۱۰ متری سطح آب و ۰/۵ متری مجاور بستر با استفاده از بطری نمونه بردار نانسن (مدل kc ساخت دانمارک)، برداشت و

رابطه ۱: $RW = AW / \sum AW$

در رابطه ۱: RW^1 ؛ نسبت وزنی هر پارامتر (جدول ۳) و AW^2 ؛ وزن اختصاص یافته به هر پارامتر است که بر اساس نظرات کارشناسان در مطالعات قبلی برآورد شده است (جدول ۲) (فتحی، ۱۳۹۰).

رابطه ۲:

$$Q_i = (C_i / S_i) * 100$$

رابطه ۳:

$$Q_i = (C_i - V_i / S_i - V_i) * 100$$

در روابط ۲ و ۳: Q_i ؛ میزان کیفی، C_i ؛ میزان به دست آمده از هر پارامتر در آزمایشگاه، S_i ؛ میزان گزارش شده در استاندارد جهانی مربوط به آب شرب، V_i ؛ میزان مطلوب که برای pH برابر با ۷ و برای DO برابر با ۱۴/۶ است. وزن اختصاص داده شده به هر پارامتر و میانگین مورد استفاده در جدول ۲ آورده شده است.

سر انجام برای محاسبه WQI ابتدا زیر شاخص S_{Li} برای هر پارامتر محاسبه شد (رابطه ۴) و از مجموع S_{Li}ها مقدار عددی WQI برآورد گردید (رابطه ۵).

رابطه ۴:

$$S_{Li} = RW * Q_i$$

رابطه ۵:

با استفاده از رابطه ۵، شاخص کیفیت آب (WQI) در ایستگاهها و مراحل مختلف نمونه برداری محاسبه شد. در نهایت وضعیت کیفی آب در ایستگاهها و مراحل مختلف نمونه برداری براساس طبقه بندی کلی شاخص WQI (جدول ۴)، مشخص گردید. همچنین برای مشخص نمودن چگونگی ارتباط بین فراسنجه‌های فیزیکی و شیمیایی آب و شاخص کیفیت از ضریب همبستگی پیرسون استفاده شد (جدول ۸ و ۹).

نیترات، نیتريت، اكسيژن محلول، هدايت الكتریکي، سختي، pH بر اساس روش‌های استاندارد (APHA, 1992) اندازه‌گیری شد. يون نیترات و نیتريت به روش كالريمتری و اندازه‌گیری با طیف نورسنجی به ترتیب به وسیله دستگاه اسپكتروفوتومتر مدل ELMER و AANALYST 700 PERKIAN و دستگاه اسپكتروفوتومتر مدل JENWAY 6400 ساخت انگلستان اندازه‌گیری شد (APHA, 1992). اكسيژن محلول به روش وينكلر اندازه‌گیری شد. pH با استفاده از دستگاه‌های pH متر دیجیتال Schottgerate مدل 666221 ساخت آلمان و EC با استفاده از EC متر دیجیتال مدل CIBA, CORNING ساخت آمریکا اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری سختی به روش تیتراسیون با EDTA صورت گرفت (میرزایی و همکاران، ۱۳۸۴).

بررسی آماری داده‌ها در تناوب‌های مکانی (ایستگاه‌های مختلف) و زمانی (زمان‌های مختلف نمونه برداری) با استفاده از نرم افزار SPSS، نسخه ۱۹ انجام شد. ابتدا نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کلموگروف-اسمیرنوف و یکنواختی واریانس‌ها با استفاده از آزمون لون بررسی شد (Zar, 1984). به منظور بررسی اختلاف بین ایستگاه‌ها و همچنین زمان‌های مختلف نمونه برداری، از آنالیز واریانس یکطرفه استفاده شد و در ادامه به منظور مقایسه میانگین‌ها از آزمون دانکن در سطح اطمینان ۹۵ درصد استفاده گردید. برای ارزیابی همبستگی بین پارامترهای مورد بررسی از ضریب همبستگی پیرسون استفاده شد (Zar, 1984).

روش تعیین شاخص WQI

محاسبه شاخص WQI: جهت محاسبه این شاخص ۶ پارامتر شامل: نیترات، نیتريت، اكسيژن محلول، هدايت الكتریکي، سختی و pH مورد استفاده قرار گرفت. سپس مقادیر مورد نیاز برای محاسبه شاخص براساس روابط زیر برآورد گردید.

¹Relative weight
²Assigned weight

جدول ۲: وزن اختصاص داده شده به هر پارامتر در منابع مختلف و میانگین آن‌ها (با ذکر منابع)

Table 2: Assigned weights to each parameter in various references and their average (with references)

منابع	پارامترها	نیترات (mg/l)	نیتریت (mg/l)	سختی (mg/l)	EC (μ s)	DO(mg/l)	pH
Abrahão et al., 2007	۲	۲	۱	۴	۴	۱	
Boyacioglu 2007	۳	-	-	-	-	۴	۱
Chougule et al., 2009	-	-	۲	۴	۴	۴	
Dwivedi and Pathak., 2007	-	-	۱	۲	۴	۴	
Kannel et al., 2007	۲	۲	۱	۱	۴	۱	
Karakaya and Evrendilek., 2009	۲	۲	۱	۲	۴	۱	
Pathak and Banerjee., 1992	-	-	۱	۲	۴	۴	
Pesce and Wunderlin., 2000	۲	۲	۱	۴	۴	۱	
میانگین	۲/۲	۲	۱/۱	۲/۷	۴	۲/۱	

جدول ۳: نسبت وزنی پارامترهای کیفی آب

Table 3: Water quality parameters weight ratio

پارامترها	استاندارد آب نوشیدنی (WHO, 2004)	وزن اختصاص داده شده AW	نسبت وزنی RW
نیترات (mg/l)	۵۰	۲/۲	۰/۱۵۶۰۲۸
نیتریت (mg/l)	۳	۲	۰/۱۴۱۸۴۴
سختی (mg/l)	۵۰۰	۱/۱	۰/۰۷۸۰۱۴۲
هدایت الکتریکی (μ s)	۲۵۰	۲/۷	۰/۱۹۱۴۸۹
اکسیژن محلول (mg/l)	۵	۴	۰/۲۸۳۶۸۸
pH	۶/۵-۸/۵	۲/۱	۰/۱۴۸۹۳۶
مجموع		۱۴/۱	

جدول ۴: طبقه بندی کیفی آب‌های طبیعی بر اساس امتیاز کلی شاخص WQI (Ramakrishnaiah et al., 2009)

Table 4: Classification of natural waters qualitative indicators based on general rating WQI

مقدار شاخص بدست آمده	طبقه کیفی
۳۰۰	نامناسب
۲۰۰-۳۰۰	خیلی فقیر
۱۰۰-۲۰۰	فقیر
۵۰-۱۰۰	خوب
<۵۰	عالی

نتایج

نتایج حاصل از اندازه گیری پارامترهای فیزیکوشیمیایی آب در ایستگاهها و مراحل مختلف نمونه برداری به ترتیب در جداول ۵ و ۶ گزارش شده است. تفاوت آماری معنی داری در برخی از پارامترهای اندازه گیری شده بین ایستگاهها و مراحل مختلف نمونه برداری مشاهده شد ($p < 0.05$). شاخص کیفی آب (WQI) با استفاده از ۶ پارامتر: نیترات، نیتريت، سختی، pH، اکسیژن محلول و هدایت الکتریکی محاسبه شد. در تفسیر نتایج حاصل از این شاخص فرض بر این است که با افزایش میزان آلودگی، مقدار عددی شاخص افزایش یافته که نشان دهنده کاهش کیفیت آب است. بر اساس یافته‌های تحقیق حاضر مقدار عددی شاخص WQI در بین ایستگاهها مختلف و مراحل مختلف نمونه برداری دارای تفاوت معنی داری نبوده است. بیشترین مقدار این شاخص ($57/49 \pm 3/16$) به ایستگاه ۵ و کمترین آن ($49/54 \pm 2/90$) به ایستگاه ۲ تعلق داشت (جدول ۷ و شکل ۲). تفاوت‌های مشاهده شده در مقادیر عددی شاخص کیفیت آب در ایستگاه‌های مختلف تنها به صورت کمی و آماری بوده و در هر صورت از محدوده آب‌های با کیفیت خوب (۱۰۰-۵۰) خارج نشده است. بطوری که مقایسه مقادیر حاصل از برآورد شاخص WQI در

ایستگاهها و همچنین مراحل مختلف نمونه برداری (جدول ۷) با استانداردهای کیفیت آب (جدول ۴) نشان دهنده کیفیت خوب آب در تمام ایستگاهها و مراحل نمونه برداری است. اگرچه مقادیر عددی شاخص در مراحل مختلف نمونه برداری نیز دارای تفاوت معنی‌دار ($p < 0.05$) بود اما دامنه این تغییرات نیز در محدوده آب‌های با کیفیت خوب قرار دارد و برای مصارف انسانی مطلوب بنظر می‌رسد (WHO, 2004). روند تغییرات کیفیت آب در مراحل نمونه برداری، بیشترین مقدار عددی این شاخص را به مرحله چهارم نمونه برداری (تابستان ۲) و کمترین آن را به مرحله اول نمونه برداری (بهار ۱) اختصاص داد. این تغییرات نشان دهنده افت تدریجی کیفیت آب از فصل بهار به تابستان می‌باشد (شکل ۳). هرچند این کاهش کیفیت در حدی که عدد شاخص را از محدوده آب‌های با کیفیت خوب خارج کند نیست اما به دلیل اهمیت بهداشت و سلامت مصرف کنندگان حائز اهمیت و درخور توجه است. بر اساس یافته‌های این تحقیق به طور کلی کیفیت آب دریاچه سد زاینده رود در محدوده زمانی مورد مطالعه در طبقه خوب قرار گرفته و برای مصارف انسانی و اهداف نوشیدن مناسب است (Ramakrishnaiah *et al.*, 2009).

جدول ۵: مقادیر پارامترهای اندازه گیری شده در ایستگاه‌های نمونه برداری (میانگین \pm انحراف معیار)

Table 5: Values of parameters measured in the sampling stations (mean \pm SD)

پارامتر	ایستگاه ۱	ایستگاه ۲	ایستگاه ۳	ایستگاه ۴	ایستگاه ۵	میانگین
نیترات (mg/l)	$1/63 \pm 0/20$	$1/59 \pm 0/07$	$1/46 \pm 0/09$	$1/61 \pm 0/05$	$1/61 \pm 0/53$	۱/۵۷
نیتريت (mg/l)	$0/05 \pm 0/01^a$	$0/02 \pm 0/00^b$	$0/02 \pm 0/00^b$	$0/02 \pm 0/00^b$	$0/01 \pm 0/00^b$	۰/۰۲
اکسیژن محلول (mg/l)	$16/46 \pm 4/12^a$	$10/82 \pm 0/7^b$	$10/00 \pm 1/7^b$	$9/47 \pm 1/31^b$	$8/43 \pm 1/39^b$	۱۰/۷۵
EC (μ s)	$17/07 \pm 37/6^b$	$226/0 \pm 21/6^a$	$269/55 \pm 6/4^a$	$260/40 \pm 6/9^a$	$267/8 \pm 6/64^a$	۲۳۵/۶۰
PH	$8/05 \pm 0/09^b$	$8/21 \pm 0/02^a$	$8/11 \pm 0/03^{ab}$	$8/14 \pm 0/02^{ab}$	$8/14 \pm 0/04^{ab}$	۸/۱۳
سختی (mg/l)	$80/13 \pm 23/6^b$	$145/7 \pm 15/5^a$	$148/4 \pm 10/6^a$	$164/3 \pm 6/62^a$	$170/8 \pm 6/48^a$	۱۴۵/۱۱

جدول ۶: مقادیر پارامترهای اندازه گیری شده در مراحل مختلف نمونه برداری (میانگین \pm انحراف معیار)Table 6: Values in different stages of sampling parameters (mean \pm SD)

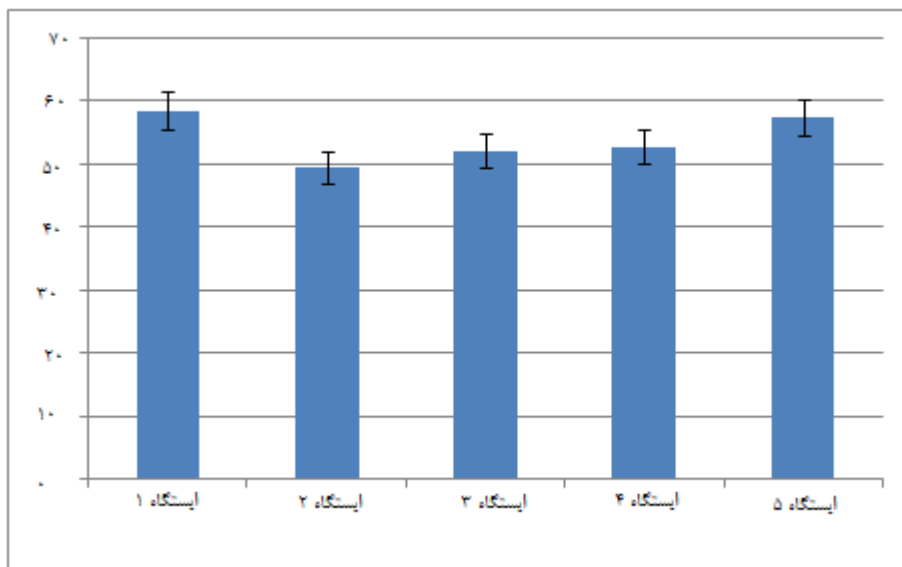
پارامتر	بهار ۱	بهار ۲	تابستان ۱	تابستان ۲	میانگین
نیترات (mg/l)	۱/۸۴ \pm ۰/۶۳ ^a	۰/۰۱ \pm ۰/۰۰ ^b	۰/۰۳ \pm ۰/۰۰ ^b	۰/۰۲ \pm ۰/۰۰ ^b	۰/۴۶
نیتريت (mg/l)	۰/۰۴ \pm ۰/۰۰ ^a	۰/۰۱ \pm ۰/۰۰ ^b	۰/۰۳ \pm ۰/۰۰ ^{ab}	۰/۰۲ \pm ۰/۰۰ ^b	۰/۰۲
اکسیژن محلول (mg/l)	۱۶/۳۴ \pm ۲/۳۱ ^a	۱۰/۵۶ \pm ۰/۶۷ ^b	۸/۵۶ \pm ۱/۱۸ ^b	۷/۴۶ \pm ۱/۱۴ ^b	۱۰/۳۸
EC (μ s)	۲۶۰/۶۰ \pm ۱۹/۸۶	۲۳۷/۶۴ \pm ۱۸/۵۰	۲۳۷/۶۴ \pm ۱۸/۵۰	۲۰۹/۸۰ \pm ۱۸/۹۳	۲۳۱/۰۹
PH	۸/۱۱ \pm ۰/۰۳ ^{cd}	۸/۱۵ \pm ۰/۰۳ ^{bc}	۸/۰۵ \pm ۰/۱۵ ^d	۸/۲۸ \pm ۰/۰۳ ^a	۸/۱۴
سختی (mg/l)	۱۳۸/۵۶ \pm ۱۵/۰۷ ^b	۱۵۲/۸۰ \pm ۱۳/۸۹ ^{ab}	۱۳۶/۳۲ \pm ۱۱/۰۲ ^b	۱۳۵/۶۰ \pm ۱۳/۶۲ ^b	۱۴۹/۲۷

مختلف نمونه برداری) اختلاف معنی داری را بین ایستگاه‌ها و مراحل مختلف نمونه برداری نشان نداد (جدول ۷).

نتایج حاصل از مقایسه‌ی میانگین شاخص کیفیت آب دریاچه سد زاینده‌رود (WQI) در موقعیت‌های مکانی (ایستگاه‌های نمونه برداری) و تناوب‌های زمانی (مراحل)

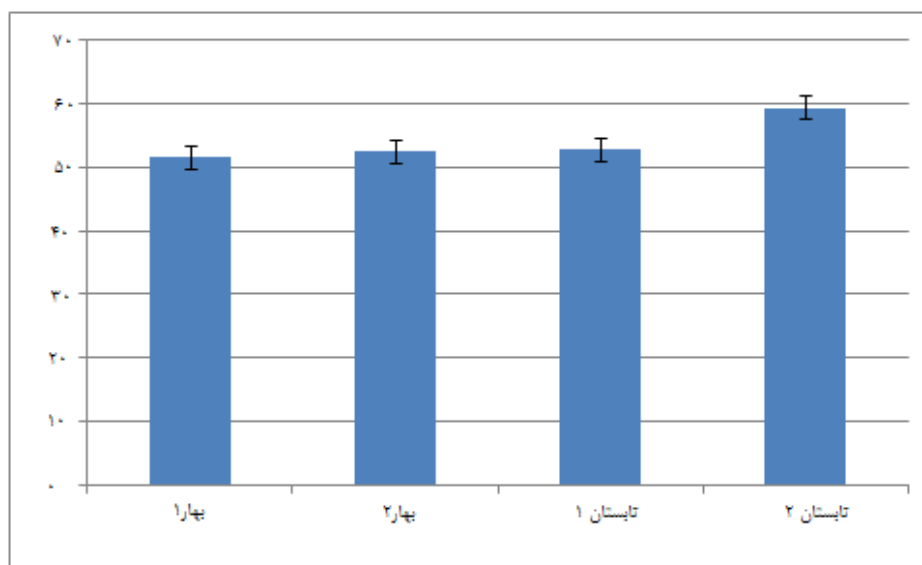
جدول ۷: مقادیر WQI محاسبه شده در ایستگاه‌ها و مراحل مختلف نمونه برداری (میانگین \pm انحراف معیار)Table 7: WQI values calculated at various stages of sampling stations (mean \pm SD)

ایستگاه	ماه	WQI
۱	فروردین	۵۸/۵۷ \pm ۱۳/۰۷
۲	خرداد	۴۹/۵۴ \pm ۲/۸۹
۳	تیر	۵۲/۲۴ \pm ۴/۲۱
۴	شهریور	۵۲/۸۳ \pm ۳/۸۳
۵		۵۷/۵۰ \pm ۳/۱۶

تفاوت معنی دار در مقدار WQI بین ایستگاه‌ها و مراحل نمونه برداری مشاهده نشد ($p > 0.05$).

شکل ۲: میانگین شاخص کیفیت آب در ایستگاه‌های مورد مطالعه

Figure 2: Average water quality index in the stations



شکل ۳: میانگین شاخص کیفیت آب در مراحل مختلف نمونه برداری

Figure 3: Average water quality index in different stages of sampling

افزایش میزان نیتریت در آب است که در واقع نشان دهنده کاهش کیفیت آب می‌باشد. در مقابل همبستگی منفی بین اکسیژن محلول و شاخص کیفیت صرفاً یک همبستگی عددی بوده و نشان دهنده کاهش مقدار عددی شاخص کیفیت همزمان با افزایش اکسیژن است که در حقیقت بیان کننده ارتقاء کیفیت آب است. تاثیر مثبت اکسیژن و تاثیر منفی نیتریت یا سایر عناصر مغذی بر کیفیت آب‌های طبیعی در تحقیقات مشابه به اثبات رسیده است.

هم بستگی بین داده‌ها

به دلیل نرمال بودن داده‌های حاصل از محاسبات انجام شده در این مطالعه، به منظور بررسی همبستگی بین فراسنجه‌های مختلف و شاخص WQI از ضرایب هم بستگی پیرسون استفاده شد. نتایج حاصل در جداول ۸ و ۹ گزارش شده است. بررسی همبستگی بین شاخص WQI و پارامترهای کیفی آب (جدول ۸ و ۹) نشان دهنده همبستگی معنی دار شاخص WQI با پارامترهای نیتریت و اکسیژن محلول بود. همبستگی مثبت نیتریت با WQI نشان دهنده افزایش مقدار عددی شاخص همزمان با

جدول ۸: همبستگی بین پارامترهای کیفی آب و شاخص WQI در ایستگاه های نمونه برداری

Table 8: Correlation between water quality parameters and WQI index at sampling stations

	نیترات	نیتریت	اکسیژن محلول	EC	PH	سختی	WQI
نیترات	۱						
نیتریت	-۰/۷۹۵	۱					
اکسیژن محلول	-۰/۶۶۷	-۰/۹۷۰**	۱				
EC	-۰/۷۱۰	۰/۵۷۸	۰/۵۹۲	۱			
PH	۰/۷۹۳	-۰/۶۵۵	-۰/۶۱۶	-۰/۹۶۵*	۱		
سختی	۰/۲۸۹	۰/۲۳۶	۰/۳۹۵	-۰/۲۸۸	۰/۴۱۲	۱	
WQI	۰/۵۸۸	۰/۹۴۲*	-۰/۹۲۶*	-۰/۲۹۳	۰/۳۹۵	-۰/۴۳۸	۱

** معنی دار در سطح ۱٪ * معنی دار در سطح ۵٪

جدول ۹: همبستگی بین پارامترهای کیفی آب و شاخص WQI در مراحل نمونه برداری

Table 9: Correlation between water quality parameters and WQI index at stages of sampling

	نیترات	نیتریت	اکسیژن محلول	EC	PH	سختی	WQI
نیترات	۱						
نیتریت	-۰/۰۴۷	۱					
اکسیژن محلول	۰/۱۷۵	-۰/۸۱۴**	۱				
EC	۰/۳۸۳	۰/۳۳۹	۰/۷۲۷*	۱			
PH	۰/۵۸۵	-۰/۳۸۶	-۰/۲۱۵	-۰/۲۱۳	۱		
سختی	-۰/۰۵۳	-۰/۱۹۹	۰/۱۳۵	۰/۰۳۹	۰/۲۹۱	۱	
WQI	۰/۰۳۹	۰/۳۸۰	-۰/۳۶۳	۰/۱۱۱	-۰/۱۸۰	۰/۱۳۵	۱

**معنی دار در سطح ۱٪ * معنی دار در سطح ۵٪

بحث

آن‌ها عنوان گردیده است (Li et al., 2009). مطالعه Lodh و همکاران (۲۰۱۴) روی دریاچه آسنیت هندوستان نشان داد که نیترات به عنوان ماده مغذی اصلی برای رشد جلبک‌ها و فیتوپلانکتون‌ها محسوب می‌شود و غلظت آن تحت تاثیر شکوفایی پلانکتون‌ها قرار دارد. ثابت شده است که مهمترین منابع نیترات در داخل آب‌ها، فعالیت‌های انسانی مانند تولید غذا، کشاورزی، فاضلاب-های صنعتی و خانگی می‌باشد. کاهش نیترات در نیمه دوم بهار و فصل تابستان نشان دهنده همین واقعیت است. مطالعه کلدی (۱۳۸۲) بر روی تعیین حد مجاز ورود مواد مغذی به مخزن سد لتیان برای جلوگیری از تغذیه گرایی آن، با یافته‌های این تحقیق مطابقت خوبی را نشان داد. با وجود تفاوت معنی دار ($p < 0.05$) در میانگین داده‌های نیتریت هم در ایستگاه‌ها و هم در مراحل مختلف نمونه برداری، میانگین مقدار این ترکیب در آب دریاچه (۰/۰۲۷ میلی‌گرم بر لیتر) در مقایسه با استاندارد-های جهانی و ایران برای مصارف مختلف مناسب تشخیص داده شد (WHO, 2004).

سختی آب یکی از پارامترهای مهم در ارزیابی کیفیت آب‌های مورد استفاده در مصارف خانگی، صنعتی، کشاورزی و آبرزی پروری است. مطالعات مختلف نشان داد که سختی نیز مانند قلیابیت در کاهش سمیت آلوده کننده‌ها و حساسیت شیمیایی موثر می‌باشد (Kessel-Taylor, 1985; Paul, 2007). نتایج حاصل از تحقیق حاضر نشان داد که علیرغم معنی دار بودن ($p < 0.05$)

نتایج نشان دهنده عدم وجود تفاوت معنی‌دار در میزان نیترات دریاچه در ایستگاه‌های مختلف بود. در مقابل مراحل مختلف نمونه برداری تفاوت معنی داری را بین مقادیر داده‌های نیترات نشان داد ($p < 0.05$). میانگین نیترات در آب دریاچه برابر با ۱/۵۷ میلی‌گرم در لیتر برآورد گردید که با سطح مجاز آن در کاربری‌های مختلف منابع آب (استانداردهای جهانی و ایران) مطابقت دارد (WHO, 2004). با توجه به نوع فعالیت‌های انسانی در اطراف رودخانه بنظر می‌رسد نفوذ پساب‌های کشاورزی مزارع اطراف در ناحیه بالا دست یکی از منابع تامین کننده نیترات دریاچه است. بالاتر بودن میزان نیترات در ایستگاه ۱ که نزدیکترین موقعیت را نسبت به دهانه رودخانه دارد دلیلی بر این واقعیت است. در تایید این نظر مطالعه Kazi و همکاران در سال ۲۰۰۹ در دریاچه مانچار پاکستان نشان داد که میزان نیترات، نیتریت، فسفات و آمونیوم تحت تاثیر نفوذ فاضلاب‌های خانگی و کودهای مصرف شده در بخش کشاورزی است. مطالعات محمدی و همکاران (۱۳۸۹) با هدف بررسی غلظت نیتریت و نیترات در آب آشامیدنی مناطق تحت پوشش دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی در استان تهران، نیز ثابت کرد که افزایش یونهای نیتریت و نیترات تحت تاثیر ورود فاضلاب‌های خانگی و صنعتی به صورت خام به منابع آبی است. در مقابل یکی از دلایل کاهش میزان نیترات در آب دریاچه حضور فتوسنتز کننده‌ها و جذب نیترات توسط

هدایت الکتریکی، نتیجه غیر مستقیم میزان نمک‌های حل شده است، به طوری که میزان بالای آن می‌تواند ناشی از اثر عوامل جوی طبیعی، سنگ‌های رسوبی معین و یا منابع انسانی مثل صنعت یا پساب‌های حاصل از فعالیت‌های انسانی باشد (WHO, 2004). نتایج این مطالعه نشان داد که میزان EC دریاچه در محدوده استاندارد اتحادیه اروپا (۵۰۰) قرار دارد. در تایید یافته‌های این تحقیق، موحدی نسب و همکاران (۱۳۹۰) طی مطالعه خود روی دریاچه سد زاینده رود، نشان دادند که میزان هدایت الکتریکی از اردیبهشت ماه تا شهریور ماه روند کاهشی نشان می‌دهد. میزان اکسیژن محلول در تمام ایستگاه‌های مورد مطالعه (به جزء ایستگاه ۱) تقریباً یکنواخت بود اما تفاوت معنی داری در میزان اکسیژن محلول بین مراحل مختلف نمونه برداری مشاهده شد ($p < 0.05$). میزان اکسیژن محلول از مرحله ۱ تا ۴ روند کاهشی نشان داد که می‌تواند ناشی از کاهش قابلیت انحلال اکسیژن به دلیل افزایش دمای آب و هم چنین افزایش فعالیت‌های حیاتی (تنفس و تجزیه مواد آلی) باشد. کاهش اکسیژن در اکوسیستم‌های آبی در ماه‌های گرم سال طبیعی است (Swapnaja & Smita, 2014). تاثیر اکسیژن بر کیفیت آب از جمله رنگ، مزه و بوی آن و همچنین حیات آبریان در مطالعات مختلف مورد تاکید قرار گرفته است (Tank & Chippa, 2013). نتایج به دست آمده در مطالعه حاضر مبنی بر تغییرات مکانی و زمانی غلظت اکسیژن در آب‌های ساکن و همچنین اثر عوامل طبیعی بر آن با مشاهدات فتحي و همکاران بر روی تالاب چغاخور در سال ۸۸ و موحدی نسب و همکاران در سال ۱۳۹۰ بر روی دریاچه سد زاینده رود و Gajendra و همکاران بر روی دریاچه سامب حاجی در سال ۲۰۱۴، و همچنین مطالعه Yogendra and Puttaiah (۲۰۰۸) روی توده آب‌های شهرشیموگا نشان داد که بیشترین غلظت اکسیژن محلول در فصل بارانی و کمترین مقدار آن در فصل تابستان مشاهده شد. میانگین غلظت اکسیژن محلول در طی دوره مطالعه ۱۰/۷۵ میلی-گرم در لیتر برآورد گردید که با استانداردهای جهانی مطابقت داشته و برای مصارف انسانی و بسیاری از موجودات آبی مناسب است (Wilcock et al., 1995).

تغییرات زمانی و مکانی مشاهده شده در میزان سختی آب دریاچه سد زاینده رود، مقدار این فراسنج در مقایسه با استانداردهای ایران و جهان مناسب و کمتر از حد مجاز استاندارد در ایران (۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر) بود و محدودیتی را برای کاربری در مصارف مختلف ایجاد نمی‌کند (WHO, 2004).

pH آب دریاچه در طی دوره مطالعه تقریباً یکنواخت بوده و در تمامی ایستگاه‌ها و مراحل نمونه برداری در محدوده قلیایی (۸/۰۴-۸/۲۸) قرار داشت. در مقابل میزان pH در مراحل مختلف نمونه برداری دارای اختلاف معنی دار ($p < 0.05$) بود. pH آب نقش تعیین کننده‌ای در سلامت و قابلیت باروری آب داشته و به عنوان یک پارامتر بسیار مهم در ارزیابی کیفیت آب ایفای نقش می‌کند (Ahip & Puttaiah, 2006). میانگین pH در ایستگاه‌های مورد مطالعه در این تحقیق با استانداردهای ایران و جهان مطابقت داشت (WHO, 2004). میزان pH در توده‌های آبی مختلف ناشی از خصوصیات زمین شناسی و هیدرولوژی حوزه‌های آبخیز، ورود مواد اسیدی و میزان حاصلخیزی دریاچه‌ها است. از سوی دیگر pH، یک پارامتر بسیار مهم در ارزیابی کیفیت آب برای کاربری‌های مختلف است (Blocksom et al., 2002). pH به دلیل تحت تاثیر قرار دادن بسیاری از فرایندهای شیمیایی و بیولوژیکی در پیکره‌های آبی یکی از پارامترهای حیاتی در هر اکوسیستم آبی است. این عامل همچنین در همه فرایندهای مرتبط با تهیه و تصفیه آب مورد نیاز انسان موثر می‌باشد (Hashemi et al., 2011). با توجه به سختی آب و حالت بافری ایجاد شده در آن به دلیل وفور املاح کربناته در آب، ثبات pH و عدم مشاهده نوسانات شدید در آن در دریاچه سد زاینده‌رود طبیعی است. این نتیجه گیری با یافته‌های سایر محققین تطابق خوبی دارد (Parinet et al., 2004).

میزان EC در ایستگاه‌های مختلف نمونه برداری دارای اختلاف معنی‌دار ($p < 0.05$) بود. اما در مراحل مختلف نمونه برداری اختلاف معنی داری بین میانگین داده‌ها مشاهده نشد. اهمیت هدایت الکتریکی به دلیل محتوای یون‌های مثبت بوده که اثرات زیادی روی طعم و مزه آب و میزان مقبولیت آن برای نوشیدن دارد (WHO, 2004).

بررسی غلظت نیتريت و نیترات در آب آشامیدنی مناطق تحت پوشش دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی در استان تهران. مجله تحقیقات نظام سلامت. سال هفتم. شماره ششم. ویژه نامه بهداشت ۱۳۹۰.

APHA, 1992. Standard methods for the examination of water and waste water. 18th Edition, American Public Health Association, Washington, D.C.

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", Water Resource and Protection, 2: 792-798. DOI:10.4236/jwarp.2010.29093.

Ahip, M.V. and Puttaiah, E.T., 2006. Ecological characteristics of Vrishabhavathy River in Bangalore (India). Environmental geology 49(8): 1217-1222. DOI: 10.1007/s00254-005-0166-0.

Blocksom, K.A., Kurtenbach, J.P. and Klemm, D.J., 2002. Development and evaluation of the lake macroinvertebrate integrity index (LMII) (for New Jersey lakes and reservoirs. Environmental Monitoring and Assessment, 77: 311-333. DOI: 10.1023/A:1016096925401.

Barica, J., 1990. Ammonia and nitrite contamination of Hamilton Harbour, Lake Ontario. Water. Pollut res can. 25(3): 359-386.

Gajendra, R., Swapnaja, S. and Smita, M., 2014. Monthly variation of physico-chemical and microbiological characteristics of Sambhaji Lake Solapur, Maharashtra. Advances in Applied Science Resrarch, 5(2): 149-152.

در مجموع با توجه به یافته‌های این تحقیق و مقایسه آنها با استانداردهای کیفی آب در ایران و جهان می‌توان گفت آب دریاچه سد زاینده‌رود در بازه زمانی انجام این تحقیق از نظر کیفیت در شرایط خوب و قابل قبول قرار داشته و قابلیت کاربری برای مصارف انسانی از جمله نوشیدن را دارد. با این حال با توجه به روند تغییرات مشاهده شده در این دریاچه بخصوص تغییرات شاخص WQI و شروع خروج آن از محدوده آب‌های با کیفیت عالی، کاهش حجم آب دریاچه در فصل تابستان، توسعه شدید کاربری گردشگری در حاشیه دریاچه، تغییرات غیرکارشناسانه‌ی کاربری اراضی حوزه آبخیز و... بررسی‌های دقیق و مستمر ارزیابی کیفیت آب در این دریاچه ضروری بنظر می‌رسد.

منابع

اسماعیلی افق، ع.، ۱۳۹۰. ارزیابی شرایط تروفي تالاب چغاخور. پایان نامه کارشناسی ارشد بوم شناسی آیزیان شیلاتی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان، ۹۲ صفحه.

کوشافر، آ.، ۱۳۷۸. بررسی تغییرات و غلظت فاکتورهای فیزیکیوشیمیایی دریاچه سد دزو تعیین بیان آن. پایان نامه کارشناسی ارشد واحد علوم تحقیقات اهواز، ۹۰-۹۲ صفحه.

کلدی، پ.، ۱۳۸۲. تعیین حد مجاز ورود مواد مغذی به مخزن سد لتیان برای جلوگیری از تغذیه گرایی آن. پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی محیط زیست، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی شریف.

فتحی، پ.، ۱۳۹۰. ارزیابی کیفیت آب تالاب چغاخور با استفاده از بزرگ بی‌مهرگان کفزی. پایان نامه کارشناسی ارشد، ۹۰ صفحه.

موحدی نسب، م.، ۱۳۹۰. وضعیت تروفي دریاچه سد زاینده رود اصفهان در دو فصل بهار و تابستان. پایان نامه کارشناسی ارشد، ۶۲ صفحه.

میرزایی، م.، نظری، ع. و یاری، ع.، ۱۳۸۴. پهنه بندی کیفی رودخانه جاجرود. مجله محیط شناسی، شماره ۳۷، صفحات ۱۷-۲۶.

محمدی، ح.، یزدانبخش، ا.ر.، محمدی، ا.ش.، بنیادی نژاد، غ.ر.، علی نژاد، ع. و قنبری، ق.، ۱۳۸۹.

- in Shanghai, China. *ecological engineering* 35: 18-24.
DOI:org/10.1016/j.ecoleng.2008.07.007.
- Liou, S.M., Lo, S.L. and Hu, C.Y., 2003.** Application of two-stage fuzzy set theory to river quality evaluation in Taiwan. *Water res.* 37(2): 1406-1416.
DOI:org/10.1016/S0043-1354(02)00479-7.
- Lodh, R., Paul, R., Kurmakar, B. and Das, M.K., 2014.** physicochemical studies of water quality with special reference to ancient lakes of Udaipur City, Tripura, India. *International Journal of Scientific and Research Publication*, 42: 2250-3153.
- Parham, H., Jafarzadeh, N., Dehghan, S. and Kian Ersi, F., 2007.** Cjanging in nitrogen and phosphorous concentration and some physicochemical parameters to budget determination of Karkkeh reservoir. *Shahid Chamran University Journal of Science, new series(17section B)*, pp:117-25.
- Parinet, B., Lhote, A. and Legube, B., 2004.** Principal component analysis: an appropriate tool for water quality evaluation and management-application to a tropical lake system. *Ecological Modeling*, 178: 295-311.
DOI:org/10.1016/j.ecolmodel.2004.03.007.
- 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.
- Hashemi, S.H., GhasemiZiarani, E. and Ranjkesh, Y., 2011.** Waste load allocation for sub-basins of amirkabir dam reservoir using QUAL2W model. *J. Environmental Studies*. 37(1):1-89.
- House, M.A. and Ellis, J.B., 1987.** The development of water quality indices for operational management. *Water Science Technology*, 19(9): 145-154
- Hernandez-Romero, A.H., Tovilla-Hernandez, C., Malo, E.A. and Bello-Mendoza, R., 2004.** Water quality and presence of pesticides in a tropical coastal wetland in southern Mexico. *Marine Poll, Bull*, 48(3): 1130-1141.
DOI :org/10.1016/j.marpolbul.2004.01.003.
- Karimian, A., Jafarzadeh, N. and Nabizadeh, R., 2007.** Zoning of water quality bases on WQI Index, Case Study: Zohreh River. *J. Water Engineering*. 18: 53-62.
- Kazi, T.G., Arain, M.B., Jamali, M.K., Jalbani, N., Afridi, I., Sarfraz, R.A., Baig, J.A. and 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.
DOI:org/10.1016/j.ecoenv.2008.02.024.
- Kessel-Taylor, J.A., 1985.** Effects of acid precipitation on wetlands. Environment Canada, Lands Directorate, Ottawa, Ontatio.
- Li, X., Manman, C. and Anderson, B.C., 2009.** Design and performance of a water quality treatment wetland in a public park

- Tank, S.K. and Chippa, R.C., 2013.** Analysis of water quality of Halena Block in Bharatpur Area. *International Journal of Scientific and Research Publications*, 3(3): 124-210.
- WHO., 2004.** World Health Organization, Guidelines for drinking- water quality, 3rd Edition, World Health Organization (WHO) Geneva.
- Wilcock, R.J., McBride, G.B., Nagels, J.W. and Northcott, G.L., 1995.** Water quality in a polluted Lowland Stream with chronically depressed dissolved oxygen: Causes and effects. *New Zealand Journal Marine and Freshwater Research*, 29(2): 277-288.
DOI:org/10.1080/00288330.1995.9516661
- Yogendra, K. and Puttaiah, E.T., 2008.** Determination of water quality index and suitability of an urban waterbody in Shimoga Town, Karnataka. Department of P.G studies and Research in Environmental Science, pp: 342-346.
- Zar, J.H., 1984.** Biostatistical analysis, 2nd edition. Prentice Hall Inc., Englewood Cliffs, New York, USA. 718 P.
- Ramirez, N.F. and Solano, F., 2004.** Physicochemical water quality indices-A comparative Review. *Revista Bifua J.* 27: 437-441.
- Ramakrishnaiah, C.R., Sadashivaiah, C. and Ranganna, G., 2009.** Monitoring of aquatic macro invertebrates as bioindicator for assessing the health of wetlands. *Ecological Indicators*, 9: 118-128. DOI: org/10.1016/j.ecolind.2008.02.004.
- Samadi, M.T., Saghi, M.H., Rahmani, A.R. and Torabzadeh, H., 2009.** Zoning of water quality of HamadanDarreh-MoradBeyg River Based on NSFQI Index Using Geographic Information System. *J. Hamadan University of Medical Sciences.* 16(3): 38- 43.
- Simeonov, V., Stratis, J.A., Samara, C., Zachariadis, G., Voutsas, D. and Anthemidis, A., 2003.** Assessment of the surface water quality in Northern Greece. *Water Res.* 37: 4119-4124. DOI:org/10.1016/S0043-1354(03)00398-1.
- Sánchez, E., Colmenarejo, M., Vicente, J., Rubio, A., García, M., Travieso, L. and Borja, R., 2007.** Use of the water quality index and dissolved oxygen deficit as simple indicators of watersheds pollution. *Journal of Ecological Indicators*, 7(2): 315-328.
DOI:org/10.1016/j.ecolind.2006.02.005.
- Swapnaja, R. and Smita, M., 2014.** Monthly Variation of physico- chemical and microbiological characteristics of Sambhaji Lake Solpur, Maharashtra. *Advances in Applied Science Research*, 5(2): 149-152.

Water quality assessment of the Zayandehroud Lake using WQI index

Khalaji M.¹; Ebrahimi E.*¹; Hashemenejad H.²; Motaghe E.¹; Asadola S.¹

*e_ebrahimi@cc.iut.ac.ir

1-Department of Natural Resources, Isfahan University of Technology, Isfahan, P.O: 84156-83111, Iran

2- Department of Civil Engineering, Isfahan University of Technology, Isfahan, P.O: 84156-83111, Iran

Abstract

Biological and ecological studies of water resources play an important role in both researches and scientific studies. The most important step for this study is identifying the characteristics of the ecosystem, living organisms and environmental factors. In recent years, Water quality evaluation, especially drinkable water, became both important and essential for reduction in quality and quantity of them. Lakes and ponds always being under attention as the most important resources for drinking and agricultural purposes. To improve efficiency of uses of the water resources, we need appropriate methods to determine quality of them. Investigate the quality of the Zayandehroud lake water as an important resource to supplying drinking and agricultural water, in its basin and other province is necessary. In this study after determining 5 stations in different parts of the lake, sampling was done one time per every 45 days. WQI index calculated with use of 6 parameters: NO_2 , NO_3 , DO, EC, Hardness and, pH. However, despite of decreasing of the water quality of zayandehroud lake, but according to WQI index, water of the lake was in the good category (50-100). This study was also showed that the water quality of zayandehroud lake need a comprehensive management.

Keywords: WQI index, Zayandehroud, Physicochemical factors.

*Corresponding author