

بررسی کیفیت آب دریاچه سد آیدغموش با استفاده از شاخص کیفیت آب (NSFWQI) و بیلان مواد مغذی

رضا شکوهی^۱، ادريس حسين زاده^۲، قدرت ا... روشنائی^۳، مهدی علیپور^۴، سامان حسين زاده^۵

نویسنده مسئول: همدان، چهارراه پژوهش، بلوار شهید فهمیده، روبه‌روی پارک مردم، دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی همدان، گروه بهداشت محیط
edris-2009@live.com

دریافت: ۹۰/۰۵/۱۳ پذیرش: ۹۰/۰۷/۳۰

چکیده

مقدمه و هدف: سد آیدغموش بر روی رودخانه آیدغموش در ۱۹ کیلومتری جنوب غربی شهرستان میانه ساخته شده است. این سد چند منظوره با اهداف متعددی چون کنترل سیلاب های بهاری، تامین آب شرب برای روستاهای حومه سد و آبیاری اراضی کشاورزی منطقه احداث شده است. آلاینده‌های مختلفی که احتمالاً به رودخانه ورودی به سد، تخلیه می‌شوند در نهایت به دریاچه پشت سد وارد می‌شوند بنابراین این مطالعه با هدف بررسی کیفیت آب دریاچه پشت سد انجام شده است.

روش بررسی: در این مطالعه مقطعی، پارامترهای کیفی خاص مطالعات میدانی، شامل اکسیژن محلول، دمای آب، اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی و شیمیایی، محتمل ترین تعداد کلیفرم، کلیفرم‌های مدفوعی، کدورت، کل جامدات محلول، کل جامدات، pH، هدایت ویژه آب و دیگر پارامترهای کیفی در ۸ ایستگاه مختلف طی فصول بهار و تابستان ۱۳۸۹ اندازه‌گیری شدند. ایستگاه‌های نمونه‌برداری براساس اهمیت انتخاب شدند. شاخص کیفیت آب با استفاده از سیستم محاسبه شاخص بنیاد ملی بهداشت (NSF) محاسبه گردید.

یافته‌ها: بیشترین شاخص کیفیت آب با مقدار ۸۴/۸۹ برای ایستگاه A3 در تیرماه و کمترین مقدار برای ایستگاه A2 در اردیبهشت ماه به دست آمد. کاهش مقدار شاخص به دلیل افت مقدار اکسیژن محلول در آب دریاچه پشت سد بوده است. براساس طبقه‌بندی شاخص NSFQI، بیشتر نمونه‌های اندازه‌گیری شده دارای کیفیت خوب بودند. مقایسه پارامترهای کیفی اندازه‌گیری شده براساس ماه و ایستگاه‌های نمونه‌برداری با استفاده از آزمون‌های آنالیز واریانس و *t-student*، برای برخی پارامترها ارتباط معنی‌داری نشان داد ($P < 0/05$) محاسبه بیلان مواد مغذی نشان می‌دهد غلظت نیترات، نیتريت، فسفات و آمونیاک در ورودی بیشتر از خروجی سد است.

نتیجه‌گیری: شاخص محاسبه شده نشان داد کیفیت آب خوب است. بر اساس نتایج شاخص NSFQI، کیفیت آب دریاچه پشت سد آیدغموش برای استفاده‌های مختلف مناسب می‌باشد.

واژگان کلیدی: شاخص کیفیت آب، NSFQI، دریاچه پشت سد، کیفیت آب

۱- دکترای بهداشت محیط، استادیار دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان

۳- دکترای آمار زیستی، استادیار دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان

۴- کارشناسی ارشد سازه‌های هیدرولیکی، سازمان آب منطقه‌ای آذربایجان شرقی

۵- دانشجوی کارشناسی مهندسی عمران، دانشکده مهندسی، دانشگاه علوم مراغه

مقدمه

با ازدیاد روز افزون جمعیت و در نتیجه افزایش تقاضای استفاده از آب برای مقاصد مختلفی چون کشاورزی، شرب و صنعت، لزوم توسعه سرمایه گذاری در بخش آب و سازه‌های هیدرولیکی امری اجتناب ناپذیر است (۱). احداث سد به عنوان مانعی مهم در برابر جریان‌های طبیعی رودخانه، نقش تعدیلی ویژه‌ای در رژیم آبی رودخانه دارد (۲ و ۱). در حقیقت ساخت سد به صورت یک دام منجر به تله اندازی و مهار آب‌های سطحی می‌گردد. ساخت و بهره برداری از مخازن سدها باعث افزایش زمان ماند آب می‌گردد و این عامل منجر به متفاوت شدن کیفیت آب خروجی از سد در مقابل آب ورودی به مخزن می‌شود، به عبارت دیگر سد و مخزن آن باعث ایجاد تغییرات عمده کیفی آب رودخانه (تغییرات مثبت یا منفی) می‌شوند. هرچند این پدیده به خودی خود منفی نبوده و بسته به جایگاه سد، اقلیم منطقه و نوع بهره برداری از سد می‌تواند نقش بسیار مثبتی نیز در روند کیفیت آب‌های سطحی داشته باشد (۲).

فرایندهای طبیعی و فعالیت‌های انسانی بر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی پیکره‌های آبی اثر گذاشته و موجب بروز مشکلاتی در کیفیت آب سدها می‌شوند (۳ و ۴). بنابراین امروزه دیدگاه‌ها نسبت به اهداف و جایگاه سدها گسترده‌تر شده و دامنه آن مشمول کنترل کیفی در کنار اهداف کمی مورد انتظار از سد، نیز گشته است. طراحان و کارشناسان امر می‌بایست با اتکا به تخصص‌های لازم علوم زیست محیطی، فرایندهای حاکم بر مخزن و تاثیر آنها را بر پارامترهای کیفی آب شناخته و با علم به آنها در جانمایی و تخصیص سازه‌های جانبی سد و شیوه بهره‌برداری درست مبتنی بر تامین کیفیت آب، اقدام‌های اساسی را انجام دهند (۱).

با توجه به تاثیر مثبت احداث سد بر پیشرفت و توسعه شهرنشینی، کشاورزی و صنعت در محدوده سدهای احداث شده، در نتیجه ساخت سد به خودی خود منجر به افزایش ورود پساب کشاورزی، شهری و صنعتی به آن می‌شود، در چنین شرایطی با انتقال مواد مغذی به دریاچه پشت سدها یک محیط

فعال و مغذی برای فعالیت‌های زیستی برخی میکروارگانیسم‌ها و همچنین ذخیره پساب‌ها ایجاد شده و موجب کاهش کیفیت آب برای مصارف مختلف می‌گردد (۴ و ۶).

در سال ۱۳۸۶ در تحقیقی که توسط پرهام و همکاران (۷) به منظور بررسی کیفیت آب دریاچه سد کرخه و تعیین میزان غلظت ازت و فسفر و تعیین بیلان آن انجام شد، نتایج حاصل از اندازه‌گیری فاکتورهای فسفات، نترات، آمونیاک، اکسیژن محلول و pH و مقایسه آنها با استانداردهای WHO، EPA و EEC که در اکثر موارد غلظت این فاکتورها کمتر از حد مجاز تعیین شد، آب دریاچه سد کرخه برای کلیه مصارف عمومی از قبیل کشاورزی، آبیاری، آبزیان و شرب مناسب دانسته شد. همچنین نتایج حاصل از محاسبه بیلان در دریاچه، میزان یون اورتوفسفات، نترات و آمونیاک در ورودی دریاچه بیشتر از خروجی و برای نیتريت بالعکس بوده است که ایجاد شرایط سکون علت افزایش غلظت این مواد مغذی در ستون آب و رسوبات کف دریاچه بیان شده است.

در پژوهشی که توسط شاملو و همکاران در سال ۱۳۸۳ بر روی سد مخزنی گیلارلو به منظور پایش کیفی آب مخزن سد انجام گرفت (۸)، بار فسفات و نترات ورودی به سد به ترتیب ۰/۴۷ و ۵۶ تن در طول ۶ ماه اجرای مطالعه بر آورد گردید و مهم‌ترین منابع آلاینده تاثیرگذار بر کیفیت آب، فاضلاب انسانی، کشاورزی و اثرات زمین‌شناسی معرفی شدند.

سانچز و همکارانش (۲۰۰۷) شاخص WQI و کمبود اکسیژن محلول را در طول رودخانه Guadarrama و Manzanares مورد مطالعه قرار دادند. نتایج مطالعه مذکور نشان داد که شاخص WQI در ابتدای رودخانه Guadarrama دارای مقدار عددی ۷۰ (کیفیت خوب) و در انتهای آن در حدود ۶۴ (کیفیت متوسط) می‌باشد. همچنین شاخص WQI برای رودخانه Manzanares در حدود ۶۵ گزارش گردید (۹).

Fechrul و همکاران در سال ۲۰۰۶ روابط بین کاربری زمین و کیفیت آب رودخانه سیلیوونگ در اندونزی را بررسی کردند. نتایج نشان‌دهنده کاهش ۳۳ درصدی کیفیت آب رودخانه

و فسفر و برخی از پارامترهای محیطی در ورودی، خروجی و دریاچه پشت سد آیدغموش ضروری به نظر می‌رسد. بنابراین در این مطالعه تغییرات غلظت ازت و فسفر، تعیین بیلان آنها و طبقه‌بندی کیفیت آب دریاچه بر اساس شاخص کیفی NSFQI بررسی شده است.

مواد و روش‌ها

محدوده مطالعاتی: محدوده مورد مطالعه، دریاچه سد مخزنی آیدغموش است. این سد در فاصله ۱۹ کیلومتری جنوب غربی شهرستان میانه بر روی رودخانه آیدغموش واقع شده است و مختصات جغرافیایی ساختگاه سد $37^{\circ} 47'$ شرقی و $18^{\circ} 37'$ شمالی است. محور سد بر سرشاخه اصلی رودخانه آیدغموش در دو کیلومتری پایین دست روستای جای تلوار قرار دارد. حجم مخزن سد در تراز نرمال، $145/7$ میلیون متر مکعب، حجم مفید آن 137 میلیون متر مکعب و حجم آب تنظیم شده 131 میلیون متر مکعب است. سد و دریاچه سد آیدغموش و واحدهای عمرانی پایین دست در شهرستان میانه (استان آذربایجان شرقی) واقع شده‌اند اگرچه بخش کوچکی از حوزه آبریز سد تا روستای عاقل در این شهرستان امتداد دارد ولی قسمت عمده حوزه آبریز در شهرستان هشترود و قسمت کوچکی از آن در شهرستان میاندوآب قرار دارد. حوزه آبریز رودخانه آیدغموش تا محل سد با وسعت 1625 کیلومتر مربع دارای 118 روستا و 21330 نفر جمعیت و حوزه آبریز رودخانه آیدغموش در پایین دست سد با 211 کیلومتر مربع وسعت دارای 13 روستا با 8050 نفر جمعیت می‌باشد (۱۴).

انتخاب محل ایستگاه‌های نمونه برداری: پس از بازدید میدانی و بر اساس امکانات موجود و نیز بر اساس ناحیه بندی طولی، بهترین محل ایستگاه‌های پایش در دریاچه سد، با توجه به هدف برنامه که نمونه برداری از آب بود، بر روی خط‌القدر بستر درهای شکل دریاچه در فواصل متفاوت از ورودی دریاچه تا دیواره سد، تعداد ۸ ایستگاه نمونه برداری (یک ایستگاه در ورودی سد، سه ایستگاه در دو کیلومتری محور سد

سیلیوونگ در طول ۱۲ سال به دلیل تغییر کاربری زمین بوده است (۱۰). در مطالعه‌ای که توسط ناصری و همکاران (۱۳۸۶) به منظور تعیین تغییرات کیفیت شیمیایی آب دریاچه پشت سد حسنلو انجام شد، نتایج نشان داده است با مقایسه نتایج پارامترهای کیفی آب دریاچه سد در حداکثر تراز آبی با استانداردهای کیفیت شیمیایی آب ارایه شده از سوی WHO، می‌توان کیفیت شیمیایی آن برای مصارف شرب مناسب دانست (۱۱). Samantray و همکاران در سال ۲۰۰۹ با استفاده از شاخص NSFQI کیفیت رودخانه‌های Mahanadia و Athavabanki در ناحیه Paradip هندوستان را بررسی نمودند که برای این شاخص چهار پارامتر pH، اکسیژن محلول، اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی و کلیفرم‌های مدفوعی اندازه‌گیری شدند. نتایج مطالعه آنها نشان داد که کیفیت آب براساس شاخص مورد استفاده به دلیل فعالیت‌های انسانی و صنایع کاهش یافته است (۱۲).

مطالعاتی که با هدف بررسی کیفیت منابع آبی به ویژه سدها انجام می‌شود می‌تواند در اجرای دیگر تحقیقات آتی بسیار تاثیرگذار باشند و بر اساس نتایج حاصل، دیگر محققین به انجام فعالیت‌های تحقیقاتی جدید ترغیب شوند به طوری که در سال ۱۳۸۹ کبودندپور و همکاران (۱۳) از نتایج محققینی که کیفیت سد قشلاق سنندج را بررسی و غلظت جیوه را در آب آن بیش از حدود مجاز عنوان کرده بودند، استفاده کرده و مطالعه‌ای برای بررسی جیوه تجمع یافته در اندام‌های مختلف ماهی کپور نقره‌ای انجام دادند که غلظت این آلاینده بیشتر از حدود استاندارد به دست آمده است.

سد مخزنی آیدغموش در فاصله ۱۹ کیلومتری جنوب غربی شهرستان میانه با هدف تامین و تنظیم آب کشاورزی برای آبیاری زمین‌های پایاب سد و کنترل سیلاب به منظور جلوگیری از خسارات جانی و مالی طغیان رودخانه آیدغموش ساخته شده است. با توجه به استفاده از آب سد به منظور تامین آب شرب روستاهای پایین دست سد و همچنین دیگر استفاده‌های چند جانبه آن در آینده، بررسی کیفیت و تغییرات غلظت ازت

شاخص از رابطه (۱) محاسبه شد.

$$NSFWQI = \frac{\sum_{i=1}^n W_i I_i}{\sum W_i} \quad (1)$$

در این رابطه I_i : زیر شاخص W_i : ضریب وزنی زیر شاخص W_i می‌باشد. بر اساس مقدار عددی به دست آمده از شاخص، کیفیت آب طبقه بندی می‌شود. در جدول ۲ درجه بندی منبع آبی بر اساس مقدار عددی شاخص NSFWQI آورده شده است.

با توجه به تعدد پارامترهای کیفی قابل سنجش برای ارزیابی کیفی منابع آب و از طرفی به دلیل هزینه‌های مربوط به برداشت و آزمایش هر نمونه، انتخاب درست پارامترهای کیفی، مهم و تعیین نوع آنها براساس شرایط مکانی - زمانی از مهم ترین نکات و مسایل هر مطالعه میدانی محیط‌های آبی است. پارامترهای کیفی مورد آزمایش شامل پارامترهای مورد استفاده برای اندازه گیری شاخص NSFWQI و برخی دیگر از پارامترهای فیزیکی شیمیایی آب بود که به صورت ماهانه از اردیبهشت ماه ۱۳۸۹ تا شهریور ماه ۱۳۸۹ نمونه برداری و اندازه گیری شدند. پارامترهایی چون pH و هدایت الکتریکی در محل نمونه برداری و سایر پارامترها به فاصله ۴۸-۲۴ ساعت تحت شرایط استاندارد به آزمایشگاه منتقل و با روش‌های استاندارد اندازه گیری و تعیین مقدار شدند(۵).

(C1, C2, C3)، سه ایستگاه در ۱۰۰۰ تا ۲۰۰ متری محور سد (A1, A2, A3) و یک ایستگاه در خروجی سد تعیین گردید. در جدول موقعیت ایستگاه‌های مورد مطالعه ارائه گردیده است و در شکل ۱ موقعیت ایستگاه‌های نمونه برداری شده بر روی نقشه ماهواره ای نمایش داده شده است.

جدول ۱: مشخصات ایستگاه‌های نمونه برداری در دریاچه سد آیدغوش

ایستگاه‌های نمونه برداری	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی
ورودی	In	۳۷° ۱۵'۴۳.۵۶"
C1	۴۷° ۳۳'۴۶.۵۶"	۳۷° ۱۵'۵۹.۰۹"
C2	۴۷° ۳۳'۵۴.۶۶"	۳۷° ۱۶'۱۲.۳۹"
C3	۴۷° ۳۳'۵۷.۰۳"	۳۷° ۱۶'۱۹.۴۸"
A1	۴۷° ۳۷'۴۸.۴۰"	۳۷° ۱۷'۰۴.۵۷"
A2	۴۷° ۳۷'۴۵.۹۸"	۳۷° ۱۷'۱۶.۸۱"
A3	۴۷° ۳۳'۵۸.۱۶"	۳۷° ۱۷'۲۴.۲۷"
خروجی سد	Out	۳۷° ۱۷'۳۶.۹۸"

از میان شاخص‌های عمومی کیفی آب، شاخص NSFWQI نسبت به دیگر شاخص‌های موجود دارای مشکلات کمتری بوده و بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرد(۱۲). مشخصه‌های کیفی این شاخص، اندازه گیری ساده‌ای داشته و به راحتی در دسترس هستند. این شاخص دارای مقیاس کاهشی است به طوری که افزایش آلودگی باعث کاهش مقدار عددی آن می‌شود. مقدار شاخص با استفاده از محاسبه زیر شاخص‌های مربوط و وزن دهی صورت گرفته و در نهایت مقدار نهایی

جدول ۲: درجه بندی منبع آبی بر اساس مقدار عدی شاخص NSFWQI (۱۴)

مقدار عددی شاخص	نوع کیفیت بر اساس شاخص عددی	کلاس بندی نوع استفاده از منبع آبی
۱۰۰-۹۱	عالی	(I): دارای حالت طبیعی، در صورت استفاده از آن جهت تامین آب شرب نیاز به تصفیه ندارد، مناسب برای پرورش شیلات و گونه‌های حساس آبی.
۹۰-۷۱	خوب	(II): در صورت استفاده از آن جهت تامین آب شرب نیازمند تصفیه متداول است، مناسب برای پرورش ماهی و گونه‌های حساس آبی، مناسب برای مقاصد تفریحی چون شنا
۷۰-۵۱	متوسط	(III): در صورت استفاده از آن جهت تامین آب شرب نیازمند تصفیه پیشرفته است، مناسب برای پرورش شیلات و گونه‌های مقاوم آبی، مناسب به عنوان آب شرب حیوانات اهلی.
۵۰-۲۶	بد	(IV): مناسب برای آبیاری اراضی کشاورزی.
۲۵-۰	بسیار بد	(V): برای هیچ کدام از استفاده های مذکور مناسب نمی‌باشد.

در نقطه A1 می‌باشد.

میزان آب ورودی به سد در بازه ای که پایش کیفی انجام شده است، ۴/۹ متر مکعب بوده است و میزان آب خروجی از سد ۱/۱۷ میلیون متر مکعب بوده است. نتایج حاصل از محاسبه بیلان سالانه مواد مغذی در دریاچه پشت سد آیدغومش در جدول ۳ خلاصه شده است. بررسی این نتایج نشان می‌دهد که غلظت فسفات، نیتريت، نیترات و آمونیاک در ورودی بیشتر از خروجی دریاچه بوده است.

جدول ۳: نتایج حاصل از محاسبه بیلان مواد مغذی

میزان بیلان بر حسب (mgs ⁻¹)	مواد مغذی
۴۵۴/۴۷	فسفات
۲۸۱/۶۳	نیترات
۲۲۸/۳۹	نیتريت
۲۷۸/۱۸	آمونیاک

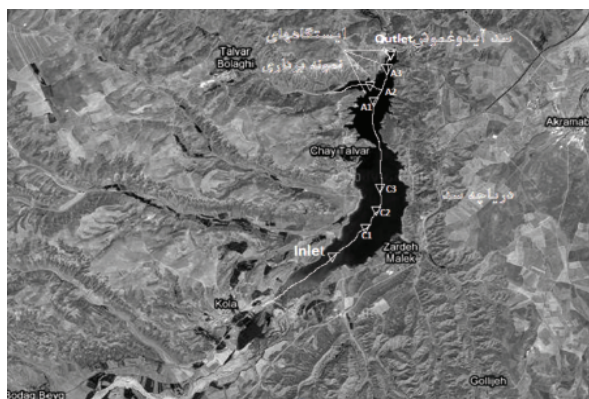
در بازه نمونه‌برداری مقدار آمونیاک دارای دامنه تغییرات ۰/۵۷-۰/۱۴ میلی‌گرم بر لیتر بوده و حداقل و حداکثر مقدار مربوط به آن به ترتیب در ماه‌های اردیبهشت، نقطه C1 و مرداد ماه در نقطه C3 بوده است. نیترات به عنوان منبع غذایی برای فیتوپلانکتون‌ها به حساب می‌آید، دامنه تغییرات نیترات ۰/۳۵ تا ۴/۸ میلی‌گرم بر لیتر بوده که حداقل و حداکثر مقدار مربوط به آن به ترتیب در ماه‌های شهریور در نقطه خروجی و خردادماه در نقطه ورودی مشاهده شده است. در اکسیداسیون بیوشیمیایی آمونیاک و تبدیل آن به نیترات، نیتريت محصول میانی است که دامنه تغییرات آن ۰ تا ۰/۰۶۲ میلی‌گرم بر لیتر بوده و حداقل و حداکثر مقدار مربوط به آن به ترتیب در شهریور ماه در نقطه خروجی و تیرماه در نقطه C3 مشاهده شده است. داده‌های جمع‌آوری شده در مخزن دامنه ۰/۱۱۶ تا ۰/۰۲۲ میلی‌گرم بر لیتر را برای فسفات نشان داده است که حداقل و حداکثر مقادیر مربوط به آن به ترتیب در تیرماه در نقاط A2 و A3 و شهریور ماه در نقطه A1 مشاهده شده است. بررسی آزمایشات میکروبی در ایستگاه‌های مورد بررسی نشان داده است که حداکثر مقدار کل کلیفرم‌ها (۱۱۰۰ MPN/100mL)

این پارامترها عبارتند از: BOD₅, NO₃⁻, PO₄³⁻, TSS, TDS, EC, pH, COD, DO و کل کلیفرم‌ها کربنات، بی‌کربنات، کلرور، سولفات، کلسیم، منیزیم، سدیم، پتاسیم.

تعیین بیلان مواد مغذی فسفر و نیتروژن در دریاچه سد آیدغومش از حاصل ضرب دبی در میزان غلظت مواد مغذی توسط فرمول تعیین بیلان (۷) انجام شده است:

$$(۲) \quad \text{بیلان} = \frac{\text{ورودی دبی} \times \text{مواد غلظت}}{\text{خروجی دبی} \times \text{مواد غلظت}}$$

جهت مقایسه پارامترهای سنجیده شده براساس ایستگاه و ماه نمونه‌برداری به ترتیب از آزمون‌های t-student و آنالیز واریانس استفاده شد.



شکل ۱: نقشه ماهواره ای و موقعیت ایستگاه‌های نمونه برداری در دریاچه پشت سد آیدغومش

یافته‌ها

نتایج نشان داده است مقدار اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی و شیمیایی به ترتیب ۰/۹۶±۱/۶۸ و ۲۴/۷±۷/۳۶ میلی‌گرم در لیتر بوده است که حداقل آنها به ترتیب در نقطه C3 در اردیبهشت ماه و نقاط ورودی و A1 در شهریور ماه و حداکثر آنها به ترتیب در نقطه C2 در خرداد ماه و C3 در تیرماه مشاهده شده است. pH اندازه‌گیری شده در طول بازه نمونه برداری دارای مقدار ۰/۲۹±۸/۰۴ بوده که دارای تغییرات زیادی نبوده است و دامنه تغییرات آن ۸/۵ تا ۷/۳۵ می‌باشد. حداقل و حداکثر مقدار pH به ترتیب مربوط به ماه‌های شهریور در نقطه C3 و تیرماه

نتایج حاصل از مقایسه پارامترهای مورد بررسی بر اساس مکان‌های نمونه برداری با آزمون ANOVA فقط برای مجموع کاتیون‌ها معنادار بود ($P=0/0267$). (نتایج این بخش از نتایج به تشریح آورده نشده است).

جدول ۵: پارامترهای دارای سطح معنادار حاصل از مقایسه پارامترهای مورد بررسی بر اساس ماه‌های نمونه برداری

متغیر مورد بررسی	مقدار احتمال (معناداری)
pH	0/049
HCO ₃ ⁻	0/0128
SO ₄ ⁻²	0/001
K ⁺	0/001
NO ₃ —N	0/001
NO ₂ ⁻² -N	0/001
COD	0/001
BOD	0/01
FC	0/025
TC	0/006

در خردادماه و در نقطه ورودی وجود داشته است. از آنجا که محیط کشت کلیفرم مدفوعی انتخابی است، با انجام آزمایش تعیین کلیفرم‌های مدفوعی بین کلیفرم‌های با منشأ مدفوعی (روده حیوانات خونگرم) و کل کلیفرم‌ها از دیگر منابع تمایز داده می‌شود. براساس یافته‌ها حداکثر کلیفرم‌های مدفوعی (43 Colonies/100mL) در شهریور ماه و در نقطه خروجی مشاهده شده است. میانگین پارامترهای اندازه‌گیری شده برای بازه زمانی مطالعه در جدول ۴ آورده شده است. جهت مقایسه پارامترهای سنجیده شده بر اساس ایستگاه و ماه نمونه برداری به ترتیب از آزمون‌های t-student و آنالیز واریانس استفاده شد و نتایج حاصل به صورت خلاصه در جداول ۵ آورده شده است. سطح معناداری در آزمون‌های انجام شده برابر 0/05 (P<0/05) انتخاب شد.

جدول ۴: نتایج آمار توصیفی برای متغیرهای مورد بررسی

متغیر مورد بررسی	میانگین متغیر طی بررسی‌ها	انحراف از معیار متغیر
Cl ⁻ (meq/L)	۱۱/۵۴	۱/۵۶
Sum An. (meq/L)	۱۹/۸	۲/۱۶
Sum Cat. (meq/L)	۱۹/۸۱	۲/۱۶
PO ₄ ⁻² (mg/L)	0/081	0/116
NO ₂ ⁻² -N (mg/L)	0/019	0/015
NO ₃ ⁻ —N (mg/L)	۲/۶۹	۱/۲۸
NH ₃ (mg/L)	0/288	0/11
BOD (mg/L)	۱/۶۸	0/96
COD (mg/L)	۲۴/۷	۷/۳۶
DO (mg/L)	۸/۰۶	۱/017
EC (micro/cm)	۱۹۸۰/۱۵	۲۱۶/۶۵
pH	۸/۰۳۹	0/287
FC (Colonies/100mL)	۶/۱۵	۷/۳۱
TC (MPN/100mL)	۹۳/۲	۲۴۸/۰۳۶
T (°C)	۱۱/۵۰۸	۱/397
Turbidity (JTU)	۱۲/۳۹۹	۴/۲۵۵
TS (mg/L)	۱۲۴۲	۲۰۰/۹۱
TDS (ppm)	۱۲۵۱	۱۲۲/۵۶۶

میانگین عددی شاخص NSFQI به تفکیک هر ماه در شکل ۲ نشان داده است که به طور کلی مقدار شاخص در محدوده کیفیت خوب به دست آمده است. بر اساس شکل کمترین مقدار عددی شاخص (۷۳/۸۳) در تیر ماه و بیشترین مقدار شاخص (۸۰/۷۴) در مرداد ماه وجود داشته است.

مقایسه غلظت متغیرها در ایستگاه‌های ورودی و خروجی دریاچه با استفاده از آزمون t در جدول ۶ آورده شده است. در جدول مربوطه متغیری که غلظتش در ورودی و خروجی با هم دارای اختلاف معنادار بوده است با علامت ستاره مشخص شده است.

جدول ۶: نتایج حاصل از انجام آزمون جهت مقایسه ایستگاه‌های ورودی و خروجی مخزن سد آیدوغموش

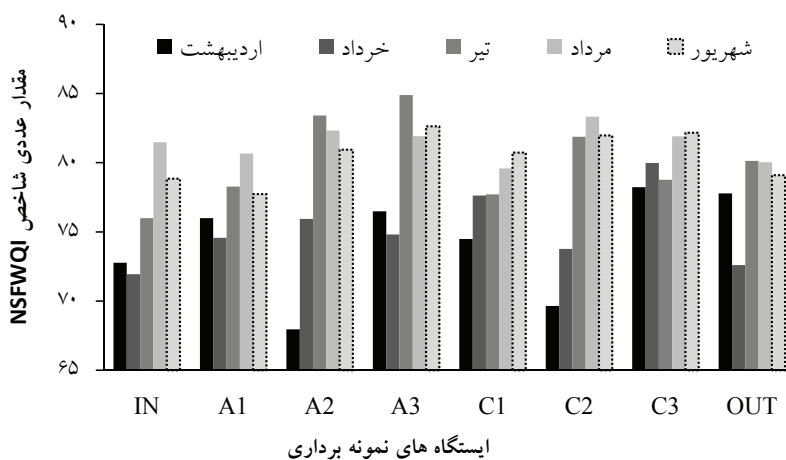
مقایسه ورودی و خروجی دریاچه			مقایسه ورودی و خروجی دریاچه		
P	t	پارامتر	P.value	t	پارامتر
۰/۱۸	-۱/۱۶۱	مجموع کاتیون‌ها	۰/۱۲۲	۱/۶۴۴	pH
۰/۱۷	-۱/۱۷۱	مجموع آنیون‌ها	۰/۵	۰/۱۲۸	نیترات
۰/۱۸	۱/۱۶۱	کل کلیرم‌ها	۰/۴	-۰/۷	نیتريت
۰/۶	۰/۱۸۲	کلیرم‌های مدفوعی	۰/۴۵	-۰/۷۵۵	آمونیاک
۰/۰۹	۱/۵۴۹	COD	۰/۰۲*	۲/۵۲۵*	فسفات
۰/۱۴	-۱/۱۲۷	EC	۰/۱۱	۱/۴۳۷	BOD
۰/۱۸۱	۱/۱۶	دما	۰/۵	۰/۱۳۸	کدورت

* دارای اختلاف معنادار می‌باشد.

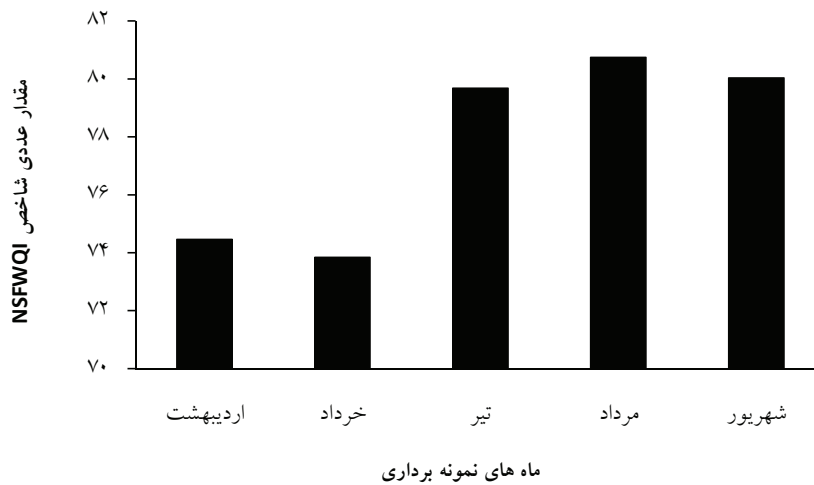
بحث

بررسی نتایج نشان داد که غلظت مواد مغذی چون نیترات و فسفات در ورودی سد بیشتر از خروجی آن بوده است، اما بالعکس غلظت آمونیاک و نیتريت در خروجی سد بیشتر از ورودی آن بوده است.

مقدار عددی شاخص NSEWQI برای هر ماه بر اساس ایستگاه‌های نمونه برداری به دست آورده شده است (شکل ۱). با توجه به نمودار مربوطه مقدار عددی شاخص در همه ماه‌های نمونه برداری برای همه ایستگاه‌ها (به جز ایستگاه‌های A2 و C2 در اردیبهشت ماه) دارای مقدار بین ۷۰ تا ۹۱ بوده‌اند یعنی در گروه کیفیت خوب قرار داشته‌اند.



شکل ۱: مقدار عددی شاخص NSFQI بر اساس ماه و ایستگاه‌های نمونه برداری



شکل ۲: میانگین مقدار عددی شاخص NSEWQI در ایستگاه های نمونه برداری بر اساس ماهها

پارامتر دیگر بیشترین بوده است در حالی که در مطالعه پرهام و همکاران مقدار مربوط به نیترات بیشترین بوده است. در مطالعه پرهام و همکاران بیلان مربوط به نیتريت منفی بوده است که به وجود احتمالی این ترکیبات در رسوبات و بدن موجودات آبی ارتباط داده شده است. Meybeck بین غلظت کل ازت و فسفر و زی توده جلبک رابطه احتمالی را پیشنهاد داده است، به طوری که از روی غلظت ازت و فسفر موجود در آب می توان حضور جلبک را حدس زد. بر اساس رابطه ارائه شده و غلظت به دست آمده برای ازت و فسفر در مطالعه حاضر، می توان گفت پدیده رشد جلبکی برای دریاچه محتمل است (۱۷).

نتایج آنالیز آماری مربوط به تغییر غلظت پارامترهای اندازه گیری شده در ورودی و خروجی سد فقط برای فسفات معنادار بوده است ($P=0/02$) در حالی که بررسی آماری غلظت مواد مغذی در ماههای مختلف، فقط برای نیتريت و نیترات دارای ارتباط معنادار بوده است ($P=0/001$). شاید علت آن به اختلاط ناشی از برهم خوردن سیستم لایه بندی دمایی سد مربوط باشد که باعث بالا آوردن محتویات بستر دریاچه و افزایش غلظت مواد مغذی می شود. در پژوهش تجربی و همکاران در سال ۱۳۸۳ بر روی سد مخزنی لتیان (۱۸)، نتایج حاصل از مطالعات آزمایشگاهی و میدانی نشان داد که بار داخلی فسفر در سد

در صورتی که در مخازن و دریاچه ها رشد جلبکی و میکروارگانیسم ها بالا باشد از مواد مغذی استفاده می کنند، در نتیجه غلظت مواد مغذی در خروجی مخزن از ورودی آن کمتر می شود. به عبارتی دیگر افزایش غلظت مواد مغذی در خروجی مخزن می تواند ناشی از کند شدن یا توقف رشد جلبک در مخزن و کاهش مصرف مواد مغذی باشد و بالعکس (۱۶). نتایج این بخش از مطالعه با نتایج پرهام و همکاران برای مواد مغذی فسفات و نیترات همخوانی دارد ولی با نتایج به دست آمده برای آمونیاک و نیتريت همخوانی ندارد. تغییرات آمونیاک می تواند حاصل مرگ و میر ارگانیسم های آبی، به خصوص فیتوپلانکتون باکتری ها باشد. فرایندهای آمونیفیکاسیون، تبدیل گاز آمونیوم در پیکره آبی به ازت محلول توسط میکروارگانیسم ها می تواند در افزایش غلظت آمونیاک در خروجی سد نسبت به ورودی آن موثر باشد (۷، ۱۲، ۱۶). بررسی نتایج مربوط به محاسبه بیلان مواد مغذی نشان داد که غلظت فسفات، نیترات، نیتريت و آمونیاک در ورودی بیشتر از خروجی دریاچه بوده است. محاسبه بیلان مواد مغذی می تواند نتایج سریع و سهل الوصولی برای آگاه شدن از غلظت مواد مغذی را بیان نماید و به عبارتی محاسبه آن برای اعمال راه کار مناسب مدیریتی در جهت کنترل پدیده اتروفیکاسیون در دریاچه سد ضروری است. در این مطالعه بیلان مربوط به فسفات نسبت به سه

داشته است (جدول ۶) این بخش از نتایج با مطالعات شاملو و همکاران همسو می‌باشد اما مقادیر مربوط به pH در ورودی به سد بیشتر از خروجی آن بوده است که نتایج آنالیز آماری هم این حالت را تایید می‌کند. ساختار شیمیایی آب ذخیره شده در مخزن پشت سدها از خواص حوضه آبخیز مانند آب و هوا، میزان بارش، بافت زمین شناختی منطقه و حوضه، جنس و نوع خاک و ترکیبات آن، پوشش گیاهی، شیب زمین، نوع و میزان فرسایش، فعالیت‌های کشاورزی و در نتیجه نوع و مقدار کود مورد استفاده و فعالیت‌های انسانی تبعیت می‌کند (۱۹) و در دریاچه‌ها و مخازن پشت سدها در اثر ورود مواد مغذی و سایر شرایط مناسب جمعیت ماکروفیت‌ها یا فیتوپلانکتون‌ها افزایش یافته و در نتیجه متابولیسم سلولی افزایش می‌یابد و چنانچه آب دارای خاصیت بافری مناسب باشد تغییرات زیادی در مقادیر pH ایجاد نمی‌شود. در برخی مطالعات تغییرات و نوسانات زیاد مقادیر pH را در مورد اکوسیستم‌های پوتروفیک گزارش شده است (۲۰). نتایج مربوط به بررسی نوسانات pH با نتایج به دست آمده در برخی مطالعات (۷ و ۱۲) مطابقت دارد. بر اساس نتایج، میانگین غلظت جامدات کل در بهار نسبت به میانگین آن در تابستان بیشتر بوده است که می‌تواند به دلیل افزایش میزان تبخیر از سطح دریاچه و کم آب شدن جریان‌های فصلی موجود در بالا دست سد باشد. همچنین جنس بستر دریاچه هم می‌تواند عامل تشدیدکننده در افزایش جامدات محلول و در نتیجه افزایش غلظت جامدات کل باشد. زیرا سنگ پی در ساختگاه سد آیدغموش مجموعه‌ای از تراکی آندزیت‌ها، آگلو‌مراها و برش‌های آذرین است که در تکیه‌گاه‌ها با برش‌های نه چندان سخت رسوبی پوشانده شده‌اند. میزان هدایت الکتریکی آب تقریباً در تمامی ایستگاه‌ها دارای نوسان خاصی نبوده است. در صورتیکه در مقدار هدایت الکتریکی و غلظت آمونیاک در طول ایستگاه‌های نمونه‌برداری یا ماه‌های نمونه‌برداری افزایش قابل توجهی وجود می‌داشت و همزمان با آنها میزان DO افت پیدا میکرد، ورود فاضلاب شهری به دریاچه سد قابل پیش بینی می‌بود (۱۲) که این گونه نیست.

مخزنی لثیان تحت تاثیر دو عامل عمده رهاسازی فسفر از رسوبات بستر، که در پایان دوره لایه‌بندی اتفاق می‌افتد و همچنین اختلاط شدیدی که در مخزن سد با شروع دوره اختلاط اتفاق می‌افتد و باعث پخش شدن فسفر رها شده در طول دوره لایه‌بندی در کل مخزن می‌شود، قرار دارد. مقادیر مربوط به میزان اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی، شیمیایی و کل کلیفرم‌ها در ورودی به مخزن سد آیدغموش مقادیر بیشتری را نسبت به خروجی از خود نشان داده‌اند اما مقدار مربوط به کلیفرم‌های مدفوعی در خروجی سد بیشتر از مقدار آن در ورودی بوده است. با توجه به این که یکی از گسترده‌ترین فعالیت‌های اقتصادی ساکنین حوضه، دامپروری می‌باشد و با توجه به سرانه بالای آلودگی تولیدی مربوط به هر دام، فضولات را می‌توان به‌عنوان یک آلاینده مهم مطرح کرد و شاید بیشتر بودن مقدار مربوط به کلیفرم‌های مدفوعی در خروجی نسبت به ورودی به همین دلیل باشد. به عبارت دیگر شست‌وشوی فضولات دامی از ارتفاعات حومه سد در اثر بارندگی و ورود آن به مخزن سد به غیر از شاخه اصلی ورودی، منشا ورود کلیفرم مدفوعی به مخزن سد باشد. با توجه به این که عموم مردم در حوضه آبریز سد آیدغموش به کشاورزی و دامپروری مشغول بوده و نیز با توجه به روستایی بودن بافت جمعیتی و نیز مساعد بودن آب و خاک جهت فعالیت‌های کشاورزی و دامپروری، توسعه صنعتی قابل ملاحظه‌ای در حوضه وجود نداشته و در نتیجه با توجه به تناسب مقادیر مربوط به BOD و COD می‌توان گفت آلاینده‌های صنعتی خاصی در حوضه وجود ندارد، اما به‌طور کلی با توجه به فرسایش پذیری بالای حوضه آبریز (۱۴)، احتمال انتقال مواد آلی از سراسر حوضه و تجمع آن در داخل مخزن سد وجود دارد. مقادیر مربوط به برخی پارامترهای فیزیکوشیمیایی مورد بررسی چون مجموع آنیون‌ها، مجموع کاتیون‌ها، هدایت الکتریکی و میزان کلرور در خروجی سد نسبت به ورودی آن بیشتر بوده است، نتایج آنالیز آماری هم این حالت را تایید کرده است به طوری که برای موارد مذکور بین ورودی و خروجی همبستگی منفی وجود

نتیجه گیری

بر اساس محاسبه بیلان مواد مغذی و استفاده از رابطه بین فسفر، نیتروژن و زیست توده جلبک ارایه شده توسط برخی محققین، برای دریاچه سد آیدغموش احتمال پدیده اتروفیکاسیون محتمل است. همچنین بر اساس محاسبه شاخص کیفی NSFQI کیفیت آب دریاچه برای انواع مصارف مناسب می‌باشد و آلودگی خاصی در ایستگاه‌های نمونه‌برداری که بتواند کیفیت آب را تحت تاثیر قرار دهد، وجود نداشته است.

تشکر و قدردانی

نویسندگان این مقاله از زحمات و همکاری واحد مدیریت طرح آیدغموش شرکت آب منطقه‌ای آذربایجان شرقی و واحد کنترل کیفیت منابع آب سطحی تشکر و قدردانی می‌نمایند.

با مقایسه نتایج به دست آمده از شاخص NSFQI برای ایستگاه‌های نمونه‌برداری، میتوان نتیجه گرفت که فقط ایستگاه‌های A2 و C2 در اردیبهشت ماه دارای کیفیت متوسط هستند و بقیه دارای کیفیت خوب هستند. البته ایستگاه C2 هم، دارای کیفیت نزدیک به خوب است. کاهش کیفیت در هر دو ایستگاه در اردیبهشت ماه به دلیل افت اکسیژن محلول در آب در این دو ایستگاه است. بر اساس شکل ۲، مقدار عددی شاخص در فصل بهار وضعیت آب را نسبت به تابستان مطلوب‌تر نشان می‌دهد. بهبود کیفیت آب در تابستان نسبت به بهار می‌تواند ناشی از کاهش میزان BOD و افزایش میزان DO در آب باشد. نکته قابل توجه در طبقه بندی پهنه آبی با استفاده از شاخص NSFQI بالا بودن میزان حساسیت رابطه محاسبه شاخص نهایی به مشخصه DO می‌باشد به نحوی که پایین بودن میزان این مشخصه در برخی ایستگاه‌ها چون A2 و C2 باعث افت مقدار عددی شاخص و در نتیجه طبقه بندی در گروه متوسط شده است.

در نهایت با توجه به نتایج حاصل از اندازه‌گیری فاکتورهای کیفی آب دریاچه سد و محاسبه شاخص NSFQI، می‌توان کیفیت آب را خوب دانست و آب دریاچه سد آیدغموش را برای کلیه مصارف عمومی از قبیل کشاورزی، آبیاری، آبزیان و شرب با انجام تصفیه متداول مناسب دانست.

منابع

1. Hashemi SH, Ghasemi Ziarani E, Ranjkesh Y. Waste load allocation for sub-basins of amir kabir dam reservoir using QUAL2K model. *Journal of Environmental Studies*. 2011;37(1):1-89 (in Persian).
2. Carney E. Relative influence of lake age and watershed land use on tropic state and water quality of artificial lakes in Kansas. *J Lake Reserve Manage*. 2009;25:199-207.
3. Azzellino A, Salvetti R, Vismara R, Bonomo L. 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. *J Sci Total Environ*. 2006;371(1-3):214-22.
4. Lu X, Li LY, Lei K, Wang L, Zhai Y, Zhai M. Water quality assessment of Wei River, China using fuzzy synthetic evaluation. *J Environ Earth Sci*. 2010;60(8):1693-99.
5. APHA. *Standard Methods for the Examination of Waters and Wastewaters*. 20s ed. Washington, DC: American Public Health Association (APHA); 1998.
6. Etemad-Shahidi A, Afshar A, Alikia H, Moshfeghi H. Total dissolved solid modeling; Karkheh reservoir case example. *Int J Environ Res*. 2009;3(4):671-80.
7. Parham H, Jafarzadeh N, Dehghan S, Kian Ersi F. Cjanging in nitrogen and phosphorous concentration and some phisicocemical parameters to budget determination of Karkheh reservoir. *Shahid Chamran University Journal of Science*. 2007; new series(17section B):117-25 (in Persian).
8. Shamlou AA, Naseri S, Nadafi K. Water quality monitoring of the Gilarlo reservoir. *Journal of Water and Wastewater*. 2004;15(3(51)):24-30 (in Persian).
9. Sánchez E, Colmenarejo M, Vicente J, Rubio A, García M, Travieso L, Borja R. Use of the water quality index and dissolved oxygen deficit as simple indicators of watersheds pollution. *Journal of Ecological Indicators*. 2007;7(2):315-28.
10. Fechrul MF, Hendrawan D, Sitauati A. Land use and water quality relationships in the Cilliwung River basin, Indonesia. *Proceedings of the International Congress on River Basin Management*. 2007 March 22-24; Antalya, Turkey.
11. Naseri S, Mahvi AH, Noori J, Nabizadeh R, Vaezi F, Aghapoor AA. Predicting water quality of Hasanlu dam in the maximum level of water lake for the purpose drinking and health purposes. *Journal of Uromia Medical Sciences*. 2008;18(4):624-629 (InPersian).
12. Samantray P, Mishra BK, Panda CR, Rout SP. Assessment of Water Quality Index in Mahanadi and Atharabanki Rivers and Taldanda Canal in Paradip Area, India. *J Hum Ecol*. 2009;26(3):153-61.
13. Khoshnamvand M, Kaboudvandpour Sh, Ghiasi F. A survey on accumulated mercury in different tissues of silver carp (*hypophthalmichthys molitrix*) from Sanandaj Gheshlagh Dam. *Iranian Journal of Health and Environment*. 2010;3(3):291-298 (in Persian).
14. East Azarbaijan Regional Water Organization. *Evaluation the environmental impacts of irrigation and drainage networks of Aydughmush*. Tabriz: East Azarbaijan Regional Water Organization; 2005 (in Persian).
15. Terrado M, Borrell E, De Campos E, Barcelo D, Tauler R. Surface water quality indices for the analysis of data generated by automated sampling networks. *Journal of Trends in Analytical Chemistry*. 2010;29(1):39-52.
16. Afshar A, Saadatpour M. Eutrophication in dam reservoirs: 2D modeling of the Karkheh reservoir. *Journal of Water and Wastewater*. 2009;20(3(71)):80-93 (in Persian).
17. Meybeck M. Riverine quality at the Anthropocene: Propositions for global space and time analysis, illustrated by the Seine River. *Aquatic Sciences*. 2003;64(4):376-93.
18. Isazadeh S, Tajrishi M, Abrishamchi A, Ahmadi M. Application of phosphorus simulation models to Latian reservoir. *Journal of Water and Wastewater*. 2005;16(2(54)):3-16 (in Persian).
19. Yang HJ, Shen ZM, Zhang JP, Wang WH. Water quality characteristics along the course of the Huangpu River (China). *J Environmental Sciences*. 2007;19(10):1193-8.
20. Neal C, Harrow M, Williamss RJ. Dissolved carbon dioxide and oxygen in the River Thames: spring summer 1997. *Science of The Total Environment*. 1998;210-211(1-6):205-17.

Evaluation of Aydughmush Dam Reservoir Water Quality by National Sanitation Foundation Water Quality Index (NSF-WQI) and Water Quality Parameter Changes

Shokuhi R.¹, *Hosinzadeh E.², Roshanaei G.¹, Alipour M.³, Hoseinzadeh S.⁴

¹Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran

²Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Khoram abad University of Medical Sciences, Lorestan, Iran

³Department of Biostatistics, School of Public Health, Hamadan University of Medical Sciences Hamadan, Iran

⁴Department of Civil engineering, School of Engineering, Maragheh University, East Azerbaijan, Iran

Received; 23 July 2011 Accepted; 22 October 2011

ABSTRACT

Background and Objectives: Aydughmush dam was built on Aydughmush River at 19 km in southwest of Mianeh City. The dam is multipurpose and its main aims are the spring floods control, supplying potable water for villages and providing irrigation water. Different pollutants which probably discharge to the river finally enter to the dam reservoir so; this study focuses on evaluating the quality of the dam reservoir.

Materials and Methods: In this cross sectional study standard field parameters including dissolved oxygen, temperature, Biochemical and chemical oxygen Demand, Most Probable Number of Coliforms, Fecal Coliform, Turbidity, Total Dissolved Solids, Total Solids, pH, conductivity and others were measured at eight different stations during the spring and summer in 2010. Sampling points were selected on the basis of their importance. Water quality index was calculated using water quality index calculator given by National Sanitation Foundation (NSF) information system.

Results: The highest value of WQI of the samples was 84.89 in A3 station in July while the lowest value was 67.96 in A2 station in May. The lower value of WQI has been found mainly due to the slightly lower value of DO in the dam reservoir water. Most of the water samples were found within Good category of National Sanitation Foundation Water Quality Index (NSF-WQI). Comparison of the measured parameters based on the sampling stations and various months by variance and t-student analysis showed a significant relationship for some parameters ($P < 0.05$). Nutrient budget determination indicates that the concentration of phosphate, nitrite, nitrate and ammonia at inlet are higher than outlet of the dam reservoir.

Conclusion: The calculated (WQI) showed good water quality. Based on the results of NSFQWI calculations, the dam reservoir water quality is suitable for various purposes

Keywords: Water Quality Index, NSFQWI, Dam Reservoir, Water Quality

*Corresponding Author: edris-2009@live.com

Tel: +98 811 83 800, Fax: