بررسی کیفی رودخانه تالار قائمشهر بر اساس شاخص NSFWQI

مائده رمضانی[۱]
رضا امیرنژاد[۲]
حسینعلی اصغرنیا ایمنی[۳*]

۱. دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تنکابن، کارشناسی ارشد آلودگی محیط زیست، تنکابن، ایران
۲. دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تنکابن، استادیار گروه محیط زیست، تنکابن، ایران
۳. دانشگاه علوم پزشکی بابل، دانشکده پیراپزشکی، گروه بهداشت محیط، بابل، ایران

[*]نویسنده مسئول مکاتبات
hosseinaliasgharnia@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۰۳/۱۲
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۰۶/۱۳

چکیده

با توجه به اهمیت رودخانه تالار در تامین آب کشاورزی و پرورش ماهی اطراف این رودخانه و همچنین تخلیه آلاینده‌های متعدد به آن، ارزیابی کیفی آب این رودخانه ضروری به نظر می‌رسد. از طرفی پهنه‌بندی آلودگی و ارائه تصویر صحیح از وضعیت کیفی آب‌های سطحی توسط سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) باعث می‌گردد تا هرگونه تصمیم‌گیری مدیریتی که اثرات زیست‌محیطی آن بصورت مستقیم و یا غیرمستقیم متوجه آب‌های سطحی کشور باشد، با آگاهی بیشتری اتخاذ گردد. در این مطالعه که از نوع مقطعی می‌باشد، نمونه‌برداری در طی ماه‌های فصول زمستان و بهار از شش ایستگاه که از تلفیق هر ۲ ایستگاه، ایستگاه‌های بالادست، میان‌دست و پایین دست بدست آمده است، در دو دوره پرآبی و کم‌آبی در بهمن ۱۳۹۰ تا تیر ۱۳۹۱ انجام یافته است. داده‌های حاصل از آزمایش با استفاده از شاخص کیفی NSFWQI تجزیه و تحلیل گردیده و سپس مسیر رودخانه با استفاده از نرم‌افزار GIS پهنه‌بندی گردید. بر اساس شاخص NSFWQI، بهترین وضعیت مربوط به ایستگاه بالادست در دوره پرآبی (۵۸، کیفیت متوسط) و بدترین وضعیت مربوط به ایستگاه پایین‌دست در دوره پرآبی (۴۶، کیفیت بد) بوده است. بر اساس آنالیز آماری مشخص گردید که رابطه معناداری بین ایستگاه‌های نمونه‌برداری و شاخص‌های مورد مطالعه وجود دارد (P-value<۰/۰۵). از نظر مصرف شرب، آب ایستگاه بالادست نسبت به دیگر ایستگاه‌ها مناسب‌تر بوده و با حداقل تصفیه و تنظیم pH می‌تواند به مصرف شرب برسد. اما برای مصارف شرب، آب ایستگاه‌های بعدی باید مورد تصفیه پیشرفته قرار گیرد تا قابل قبول برای شرب باشد.

واژگان کلیدی: رودخانه تالار، شاخص NSFWQI، پهنه‌بندی، GIS، کیفیت آب، SPSS.

مقدمه

در اغلب رودخانه‌های دنیا بعلت رشد بی‌رویه جمعیت، افزایش توسعه صنعتی و به سبب آلودگی و کاهش کیفیت آب، نمونه‌برداری و اندازه‌گیری کیفیت آب بصورت روزانه جهت حفاظت از محیط طبیعی صورت می‌گیرد، این در حالی است که تاکنون انجام این مطالعات در کشور ما بصورت مقطعی و برای تعداد محدودی از رودخانه‌های کشور انجام شده است. از جمله رودخانه‌های حیاتی کشور می‌توان به رودخانه تالار (قائمشهر- مازندران) اشاره نمود. در حال حاضر این رودخانه منبع حیات آبزیان و منبع کشاورزی ساکنان حواشی رودخانه و همچنین منبع آب پرورش ماهی اهالی و شهرهای اطراف آن می‌باشد. متاسفانه این رودخانه هر ساله با کاهش مهاجرت ماهیان روبه‌رو بوده و از طرفی افزایش کارگاه‌های شن و ماسه در حریم رودخانه و وقوع سیلاب‌های کنترل نشده بر بحران این رودخانه افزوده است. در سال‌های اخیر جهت بالابردن عمر مفید رودخانه تالار اقدام به تخلیه رسوب، بدون انجام مطالعات جامع زیست‌محیطی شد که خود بر مشکلات و بحران محیط‌زیست تالار افزوده است. در نتیجه مطالعات کیفی و پهنه‌بندی آب براساس شاخص‌های استاندارد کیفی آب نه تنها وضعیت کیفی آب رودخانه را در حال حاضر مشخص می‌کند بلکه به توسعه پایدار و افزایش بهره‌وری از این رودخانه مهم کمک می‌کند (میرمشتاقی، ۱۳۸۹). مطالعات پهنه‌بندی کیفی آب رودخانه‌ها امروزه در بسیاری از کشورهای پیشرفته در بخش مدیریت منابع آب نهادینه شده و زمینه‌ساز مدیریت صحیح کیفیت آب رودخانه‌ها شده است. متاسفانه مطالعات پهنه‌بندی و پایش مستمر اطلاعات کیفی آب

Archive of SID
www.SID.ir

رودخانه‌ها در کشور ما بطور اصولی دنبال نشده و تنها اطلاعات مقطعی برای تعدادی از رودهای کشور در این خصوص گزارش شده است (فرزادکیا و اصغرنیا، ۱۳۹۰). کیفیت آب در اکوسیستم‌های آبی توسط پارامترهای فیزیکی، شیمیایی، بیولوژیکی مورد بررسی قرار می‌گیرد (Sargaonkar and Deshpande, 2003). شناخت کیفیت آب‌های سطحی جهت مصارف شرب، کشاورزی و صنعتی امری اجتناب‌ناپذیر به‌نظر می‌رسد،که شناخت نقاط آلوده و آلاینده‌های منطقه باعث استفاده بهینه و مناسب از آب در مصارف مختلف می‌گردد (Simeonov *et al*., 2003). با توجه به ضرورت انجام مطالعات پهنه‌بندی کیفی آب رودخانه‌ها در کشور، بررسی پهنه‌بندی کیفی رودخانه تالار مورد توجه قرار گرفت. از میان شاخص‌های مختلفی که برای پهنه‌بندی کیفیت آب مورد استفاده قرار می‌گیرد، شاخص کیفی NSFWQI ، به دلیل دقت بالا، سادگی و وسعت کاربرد و نیز در دسترس بودن پارامترهای مورد نیاز، به عنوان شاخص برتر برگزیده شده است (شمسایی و همکاران ،۱۳۸۴; Zandbergen and Hall, 1988). بنابراین در این تحقیق نیز این شاخص به عنوان شاخص پهنه‌بندی کیفی آب رودخانه مورد استفاده قرار خواهد گرفت. هدف از این تحقیق بررسی پهنه‌بندی کیفی آب رودخانه تالار بر اساس شاخص کیفی NSFWQI و GIS می‌باشد که در خاتمه پس از بررسی و تحلیل نتایج، طرح را در اختیار سازمان‌های مسئول قرار داده تا راه‌کارهای مناسبی در جهت ارتقاء کیفیت آب رودخانه و حفظ محیطزیست اتخاذ نمایند. از جمله کاربردهای این شاخص در مطالعات انجام شده می‌توان به این مطالعه‌ها اشاره کرد: Fabiano و همکاران (۲۰۰۸) بر روی رودخانه‌های ماکوکو و کیوکسادا (برزیل) شاخص NSFWQI را مورد بررسی قرار دادند. در این مطالعه نمونه‌برداری در طی ۲ سال و در ۱۷ ایستگاه مورد مطالعه انجام گرفت و پارامترهای کیفی شامل: pH، هدایت الکتریکی، TS، کلیفرم‌های مدفوعی، فسفات، کدورت، اکسیژن محلول، BOD5، قلیائیت، رنگ، مس و مواد آلی مورد آنالیز قرار گرفت. نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که شاخص NSFWQI شاخص مناسبی جهت پهنه‌بندی طول این ۲ رودخانه می‌باشد (Fabiano *et al*., 2008). شمسایی و همکاران (۱۳۸۴) در تحقیقی با عنوان "بررسی تطبیقی شاخص‌های کیفی و پهنه بندی کیفی رودخانه کارون و دز" شاخص‌های NSFWQI، OWQI و BCWQI را برای ۳ سال آبی مورد مطالعه قرار دادند. در مقایسه‌ای که بین شاخص‌های مورد مطالعه در این تحقیق انجام گرفت مشخص گردید که شاخص NSFWQI در زمانی که یک یا چند پارامتر ویژه بر روی تصمیم‌گیری‌های اخذ شده تاثیر قابل توجهی داشته باشند، به دلیل دخالت مستقیم پارامترهای اندازه‌گیری شده در ساختار زیر شاخص و شاخص کل و در نظر گرفتن اثر وزن بر حساسیت، شاخص برتر می‌باشد (شمسایی و همکاران، ۱۳۸۴). آقای Sanchez و همکارانش، شاخص WQI را در طول رودخانه Guadarrama و Manzanares مورد مطالعه قرار دادند. نمونه‌برداری در طول رودخانه برای ۲ سال (۲۰۰۳-۲۰۰۱) متوالی انجام یافته و نمونه‌ها از ۶ ایستگاه برداشت گردیده است. در این مطالعه ۱۱ پارامتر شامل pH ، هدایت الکتریکی، TSS، آمونیاک، نیترات، نیتریت، فسفات، COD، BOD_5، DO و درجه حرارت مورد مطالعه قرار گرفت و نتایج آن بصورت فصلی گزارش گردید. نتایج این مطالعه نشان داد که شاخص WQI در ابتدای رودخانه Guadarrama، حدود۷۰ (کیفیت خوب) و در انتهای آن در حدود ۶۴ (کیفیت متوسط) می‌باشد. همچنین شاخص WQI برای رودخانه Manzanares در حدود ۶۵ گزارش گردید (Sanchez *et al*., 2007). همچنین میرمشتاقی و همکاران (۱۳۹۰) کیفیت آب رودخانه سفیدرود را بر اساس شاخص‌های کیفی NSFWQI و OWQI در سال آبی ۹۰- ۱۳۸۹ مورد بررسی و پهنه‌بندی قرار دادند که نمونه‌گیری در طی ماه‌های زمستان ۱۳۸۹ و بهار و تابستان۱۳۹۰ و از ۵ ایستگاه در طول رودخانه سفیدرود انجام گرفت. نتایج حاصله نشان داده است که بیشترین شاخص کیفی NSFWQI را ایستگاه سد منجیل در ماه بهمن با مقدار ۵۷ دارا بوده که وضعیت متوسط آب و کمترین مقدار شاخص مذکور را ایستگاه سد تاریک در مرداد ماه با مقدار ۳۹ را به خود اختصاص داده که وضعیت بد آب را نشان داده است. محاسبه شاخص OWQI نیز کیفیت بسیار بد آب را در طول مسیر رودخانه دارا بوده است (میرمشتاقی و همکاران، ۱۳۹۰). میرزایی و همکاران (۱۳۸۸) نیز مطالعه مشابهی برروی پهنه‌بندی کیفی رودخانه جاجرود انجام دادند، در این مطالعه جهت پهنه‌بندی، از شاخص NSFWQI استفاده گردید. پارامترهای مورد مطالعه در این تحقیق عبارتند از وضعیت اسیدیته، هدایت الکتریکی، کل مواد معلق، کلیفرم‌های مدفوعی، فسفات، نیترات، کدورت، اکسیژن محلول و اکسیژن بیوشیمیایی مورد نیاز. اندازه‌گیری پارامترهای مذکور در طول یکسال و بصورت فصلی انجام

Archive of SID

www.SID.ir

گرفت. نتایج این مطالعه نشان داد که علیرغم ورود آلودگی در بالادست رودخانه، رودخانه از قدرت پالایش طبیعی بالایی برخوردار بود (میرزایی و همکاران، ۱۳۸۸).

حوضه آبخیز تالار، دارای یک رودخانه اصلی و پنج رودخانه فرعی می‌باشد که هر کدام از زیر شاخه‌های متعددی تشکیل می‌شوند. طول آبراهه اصلی حدود ۱۵۱/۷۷ کیلومتر است که از جنوب و جنوب‌غربی حوضه سرمنشاء می‌گیرند و از شمال‌غربی حوضه خارج می‌شود. سایر مشخصات رودخانه مورد مطالعه در جدول ۲ ارائه شده است (شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان مازندران، ۱۳۸۸).

جدول ۱: مشخصات رودخانه تالار (حسینی و همکاران، ۱۳۹۰).

ردیف	مشخصه	میزان
۱	وسعت حوزه آبریز	۲۹۰۵/۳۸ کیلومتر مربع
۲	میانگین آبدهی سالانه	۳۳/۷۲ مترمکعب بر ثانیه (ایستگاه شیرگاه)
۳	طول شاخه اصلی رودخانه	۱۶۰ کیلومتر
۴	ارتفاع متوسط	۱۶۹۹ متر
۵	شیب متوسط حوزه	۳۲/۵۴ درصد
۶	جهت جریان	جنوب شرقی – شمال غربی
۷	تعداد ایستگاه‌های هیدرومتری	۱۱ ایستگاه فعال

مواد و روش‌ها

برای تعیین ساختار شاخص‌های کیفی آب‌های سطحی، اطلاعات حاصل از اندازه‌گیری پارامترهای کیفی آب، پایه و اساس کار می‌باشد. البته بسته به نوع شاخص و اهداف آن پارامترهای دخیل در شاخص‌ها متفاوت می‌باشند. در هر حال این پارامترها بیانگر مشخصات شیمیایی، فیزیکی و بیولوژیکی آب می‌باشد. توابع و روابطی که ساختار ریاضی شاخص‌ها را تشکیل می‌دهند بر روی این پارامترها اثر نموده و طی مراحلی در نهایت شاخص را بصورت یک عدد منفرد ارائه می‌نماید. از جمله شاخص‌های پرکاربرد بدین منظور، شاخص NSFWQI می‌باشد که براساس ۹ پارامتر اصلی از جمله BOD_5، اکسیژن محلول،کلیفرم مدفوعی، نیترات، PH، دما، TDS، فسفات کل و کدورت می باشد (Oram, 2011) شاخص NSFWQI با استفاده از رابطه زیر به‌دست می‌آید:

$$NSFWQI = \sum W_i I_i \quad \text{رابطه (۱)}$$

در این رابطه I_i معرف زیر شاخص i ام و W_i معرف ضریب وزنی شاخص i ام می‌باشد. پس از اندازه‌گیری مشخصه‌های فوق، زیر شاخص هر یک از آن‌ها از روی منحنی‌های تبدیل بدست می‌آیند که با استفاده از این منحنی‌ها پارامترها به معیارهای صفر تا صد تبدیل می‌شوند. در این روش برای محاسبه شاخص نهایی هریک از زیر شاخص‌های بدست آمده از منحنی‌های مربوطه در فاکتور وزنی خود ضرب شده و از حاصل‌جمع آن‌ها طبق رابطه ۱ شاخص نهایی بدست می‌آید (ابراهیم‌پور و همکاران، ۱۳۹۰). در جدول ۱ طبقه‌بندی شدت آلودگی کیفیت آب را بر اساس شاخص NSFWQI از لحاظ مصارف عمومی و رنگ‌بندی آن نشان داده شده است.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۲: طبقه بندی شدت آلودگی رودخانه براساس شاخص NSFWQI از لحاظ مصارف عمومی (ابراهیم پور، ۱۳۹۰).

شاخص محاسبه شده	کلاس	وضعیت کیفیت آب/رنگ
۹۱ – ۱۰۰	A	عالی/آبی
۷۱ – ۹۰	B	خوب/سبز
۵۱ – ۷۰	C	متوسط/زرد
۲۶ – ۵۰	D	بد/نارنجی
۰ – ۲۵	E	بسیار بد/قرمز

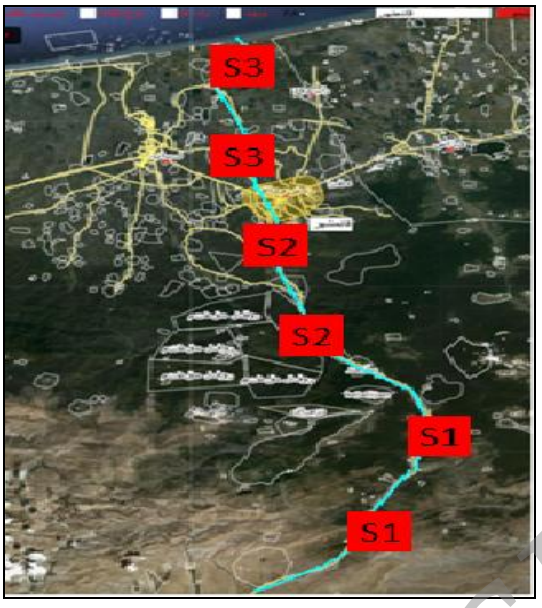
در محاسبه NSFWQI جهت محاسبه و تعیین Qi، از نمودارهای استاندارد تهیه شده توسط دانشگاه ویلوکس استفاده می‌گردد (شمسایی و همکاران،۱۳۸۴؛ Fabiano *et al*., 2008؛ Sunchez *et al*., 2007). جهت انجام عملیات مختلف بر روی داده‌هایی که مشخصه مکانی آن‌ها یک مشخصه اصلی محسوب می‌گردد، از ابزاری تحت عنوان GIS بهره گرفته می‌شود که مجموعه سازمان یافته‌ای از سخت‌افزار و نرم‌افزار کامپیوتری، اطلاعات جغرافیایی و افراد متخصصی است که به منظورکسب، ذخیره، بهنگام‌سازی، پردازش، تحلیل و ارائه کلیه اشکال اطلاعات جغرافیایی طراحی و ایجاد شده می‌باشد (رمضانی و همکاران، ۱۳۹۰; آخوندی و همکاران، ۱۳۹۰). با توجه به موارد ذکر شده، هدف مطالعه حاضر تعیین کیفیت آب رودخانه تالار در ایستگاه‌های تعیین شده براساس شاخص موسسه ملی بهداشت آمریکا و بررسی میزان آلودگی پارامترهای شاخص فوق در رودخانه و پهنه‌بندی کیفی آن‌ها می‌باشد. این ایستگاه‌ها بترتیب در جدول ۳ و شکل ۱ و در مسیر رودخانه نشان داده شده است. ۲ ایستگاه ورسک و پل سفید به عنوان ایستگاه بالادست،۲ ایستگاه شیرگاه و پل تالار بعنوان ایستگاه میان‌دست و ۲ ایستگاه کیاکلا و عرب‌خیل به عنوان ایستگاه پایین‌دست تعیین شد.

جدول۳: موقعیت ایستگاه‌های مورد مطالعه در طول مسیر رودخانه تالار.

ایستگاه‌ها	موقعیت ایستگاه‌های مورد مطالعه		
	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	ارتفاع متوسط حوزه m
ورسک (بالادست (S1))	۳۹۷۳۲۷۷	۰۶۷۸۰۴۷	۱۶۰۸
پل سفید (بالادست (S1))	۳۹۹۸۳۷۳	۰۶۸۵۲۶۷	۶۳۷
شیرگاه (میان دست (S2))	۴۰۱۸۷۸۰	۰۶۶۹۳۸۳	۲۵۳
پل طالار قائمشهر (میان دست S2))	۴۰۳۹۱۲۴	۰۶۶۲۸۵۵	۳۶
کیاکلا (پایین دست (S3))	۴۰۴۷۵۴۳	۰۶۶۲۲۰۵	۶
عرب خیل (پایین دست (S3))	۴۰۶۲۲۹۳	۰۶۵۴۹۹۸	۱

Archive of SID

www.SID.ir



شکل۱: تصویر ماهواره ای رودخانه تالار.

نمونه‌برداری از ایستگاه‌های مشخص شده در طی ۶ ماه، بهمن، اسفند، فروردین، اردیبهشت، خرداد و تیرماه (اواسط هر ماه) انجام گرفت. تعداد نمونه‌های برداشتی در ۶ ایستگاه انتخاب شده در رودخانه در این مطالعه ۳۶ نمونه و تعداد آزمایشاتی که روی نمونه‌ها انجام گرفته، ۳۲۴ آزمایش بوده است. روش نمونه‌بردای از ۳۰ سانتی‌متر زیر سطح آب و در وسط روخانه می‌باشد. برداشت، نگهداری و سنجش با استفاده از روش‌های استاندارد متد (APHA,AWWA,WEF,1992) در آزمایشگاه آب منطقه‌ای استان مازندران انجام گردیده است. در این تحقیق پارامترهای فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی که مورد آزمایش قرار گرفته‌اند عبارتند از: DO، PH، BOD، دما، کل جامدات، نیترات، فسفات، کلیفرم مدفوعی، کلسیم،سدیم، منیزیم،EC. پارامترهای دما، pH، اکسیژن محلول و کل جامدات محلول در محل اندازه‌گیری گردید. دمای آب با استفاده از دستگاه ترمومتر اندازه‌گیری گردید. میزان هدایت الکتریکی و کل جامدات معلق نمونه‌ها با استفاده از دستگاه EC وTDS متر پرتابل مدل sension5 ساخت شرکت HACH تعیین شد. اکسیژن محلول آب با استفاده از دستگاه DO متر پرتابل مدل sension6 ساخت شرکت HACH در محل اندازه‌گیری گردید. PH نمونه‌ها با استفاده از دستگاه pH متر پرتابل مدل sension1 ساخت شرکت HACH و در محل اندازه‌گیری گردیدند. غلظت نیترات و فسفات با استفاده از روش استاندارد و دستگاه اسپکتروفتومتر UV- visible مدل UV-1700 Pharma Spect Shimadzo به ترتیب در ۲۲۰ و ۶۸۰ نانومتر قرائت گردید. BOD نمونه‌ها نیز با استفاده از دستگاه انکوباتور BOD مدلWTWTS606/2-I اندازه‌گیری شد. کلیفرم‌های مدفوعی با استفاده از روش استاندارد صافی‌های غشایی و با کمک دستگاه پمپ خلاء مدل Milipore و دستگاه انکوباتور کشت میکروبی مدلWTE Binder در ۱۰۰ میلی لیتر از نمونه محاسبه گردید. پارامترها و غلظت‌های اندازه‌گیری شده برای بدست‌آوردن مقدار شاخص‌های OWQI و WILCOX با استفاده از نرم‌افزار Water Quality Index بدست آمد (آخوندی و همکاران، ۱۳۹۰؛ Oram, 2011).

Archive of SID
www.SID.ir

نتایج

نتایج حاصل از دبی رودخانه در طی ماه‌های نمونه‌برداری برای تعیین دوره پرآبی و کم آبی به صورت جدول ۴ می‌باشد. که طبق نتایج بدست آمده، ماه‌های بهمن، اسفند، فروردین در دوره پرباران قرار گرفته و ماه‌های اردیبهشت، خرداد، تیر در دوره کم باران قرار می‌گیرد.

جدول٤: مقدار دبی ایستگاه‌های مورد مطالعه در دوره پرآبی و کم‌آبی ماه‌های پژوهش (۱۳۹۱-۱۳۹۰).

ایستگاه	دبی ماه‌های نمونه‌برداری (متر مکعب بر ثانیه)					
	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر
ورسک	۰/۹۷۱	۱/۰۳۶	۳/۰۸۶	۳/۳۹۴	۲/۰۵۴	۱/۴۶۲
پل سفید	۳/۴۶۱	۳/۶۵۴	۷/۴۴۷	۵/۳۹۱	۳/۴۷۹	۲/۱۵۹
شیرگاه	۴/۴۲۷	۵/۳۸۹	۱۷/۲۸۳	۵/۰۲۲	۵/۰۶۳	۴/۷۵۶
پل تالار قائمشهر	۱۰/۵۱۶	۱۲/۷۵۴	۲۰/۳۱۱	۳/۴۰۴	۴/۶۹۲	۲/۷۶۱
کیاکلا	۱۶/۸۰۴	۳۴/۵۲۴	۲۴/۷۸۹	۲/۴۶۸	۰/۷۲۰	۰/۵۳۲
عرب خیل	۲۵/۹۳۲	۳۹/۵۴۶	۳۳/۴۴۳	۴/۱۸۶	۲/۷۶۲	۳/۶۳۴

میانگین نتایج حاصل از اندازه‌گیری پارامترهای مورد مطالعه در دوره‌های پرآبی (بهمن، اسفند، فروردین) و کم‌آبی (اردیبهشت، خرداد، تیر) در سه پهنه بالادست (ایستگاه اول و دوم)، میان‌دست (ایستگاه سوم و چهارم) و پایین‌دست (ایستگاه پنجم و ششم) در طی شش ماه بر اساس استانداردهای موجود از بهمن۱۳۹۰ تا تیرماه ۱۳۹۱ در جدول ۵ ارائه گردیده است.

جدول ۵ : میانگین نتایج به دست آمده برای پارامترهای مورد مطالعه در نمونه‌برداری از رودخانه تالار در دوره پر آبی و کم آبی (۱۳۹۱-۱۳۹۰).

پارامترهای مورد مطالعه	ایستگاه‌های مورد مطالعه در دوره پر آبی			ایستگاه‌های مورد مطالعه در دوره کم آبی		
	بالا دست (ایستگاه ۱ و ۲)	میان دست (ایستگاه ۳ و ٤)	پایین دست (ایستگاه ٥ و ٦)	بالادست (ایستگاه ۱ و ۲)	میان دست (ایستگاه ۳ و ٤)	پایین دست (ایستگاه ٥ و ٦)
اکسیژن محلول (میلی‌گرم بر لیتر)	۷/۳۱	۸/۰۵	۴/۱۸۳	۸/۹۶	۹/۱۶	۵/۴۵
BOD_5 (میلی‌گرم بر لیتر)	۰/۵	۰/۷۸	۰/۵۸۳	۰/۶۵	۱/۳۱	۶/۱۱
کل جامداتTS (میلی‌گرم بر لیتر)	۳۲۱۱	۲۸۸۹/۵	۲۶۶۴/۱۶	۱۷۹۴/۴۱	۷۴۷/۱۶	۱۳۸۲/۸۳
کدورت (NTU)	۱۰۲۲/۱۱	۲۳۹۸/۶۶	۲۲۶۰/۸۳	۳۳۸/۵	۷۱۵/۸۳	۵۳۶/۷۶
دما (درجه سانتی‌گراد)	-۱/۴۱	۲/۳۳	۴	۹/۸۳	۱۶	۱۷/۸۳
PH	۸/۱۳	۸/۱۵	۸/۱۳	۸/۱۶	۸/۰۵	۸/۰۸
نیترات (میلی‌گرم بر لیتر)	۵/۱۱	۵/۰۷۵	۴/۰	۳/۷۳	۹/۶۳	۷/۵۱
فسفات (میلی‌گرم بر لیتر)	۰/۱۱۳	۰/۲۵۳	۰/۲۳۶	۰/۱۷۳	۰/۱۸۱	۰/۲۰۵
کلیفرم مدفوعی	۱۰۴۷/۱۶	۲۳۶۶/۶۶	۲۱۶۰	۱۵۸۱۵	۳۰۱۶/۶۶	۲۴۶۶/۶۶

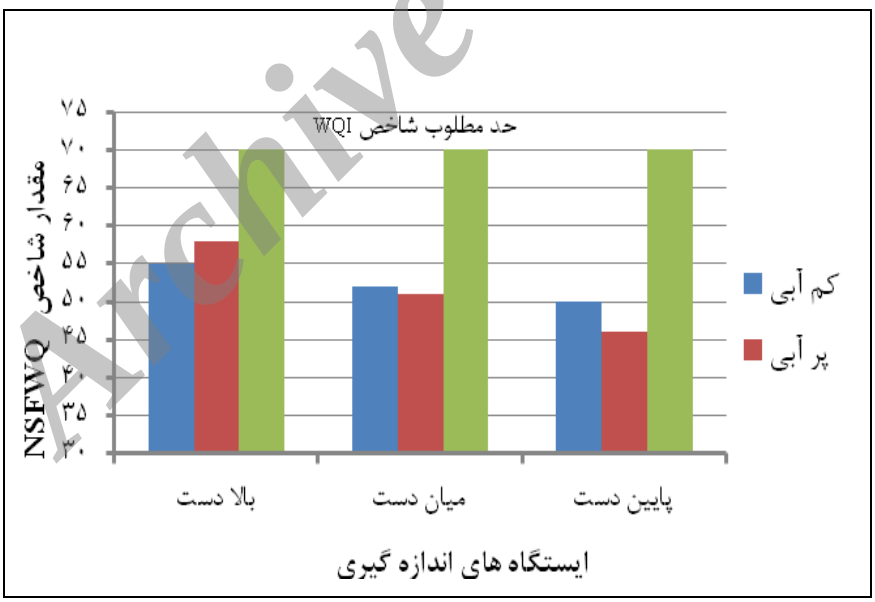
Archive of SID

www.SID.ir

در بررسی کیفیت آب رودخانه تالار با شاخص مذکور نتایج جدول ۶ حاصل گردیده است. همان‌گونه که در جدول مذکور مشاهده می-شود، براساس شاخص کیفیت آب NSFWQI، وضعیت کیفی آب رودخانه در دوره پرآبی در ایستگاه بالادست و میان‌دست، متوسط بوده و در ایستگاه پایین‌دست وضعیت بد را دارا می‌باشد. در دوره کم‌آبی نیز شرایط مشابه دوره پرآبی می‌باشد، بطوری‌که وضعیت کیفی ایستگاه بالادست و میان‌دست، حد متوسط و ایستگاه پایین دست، وضعیت بد را نشان می‌دهد. دلیل این امر می‌تواند ناشی از تخلیه مستقیم فاضلاب‌های روستایی، شهری و صنعتی به داخل رودخانه و ورود آن‌ها به داخل رودخانه از طریق سیلاب‌ها و همچنین تخلیه و تلنبار مواد زائد جامد در کنار رودخانه باشد که موجب آلودگی این رودخانه می‌گردند. در شکل ۲ روند تغییرات شاخص NSFWQI را در ایستگاه‌های مختلف در دوره‌های پرآبی و کم‌آبی نشان می‌دهد.

جدول ٦ : شاخص کیفیت آب NSFWQI در ایستگاه‌های مورد مطالعه در دوره پر آبی و کم آبی (۱۳۹۱-۱۳۹۰).

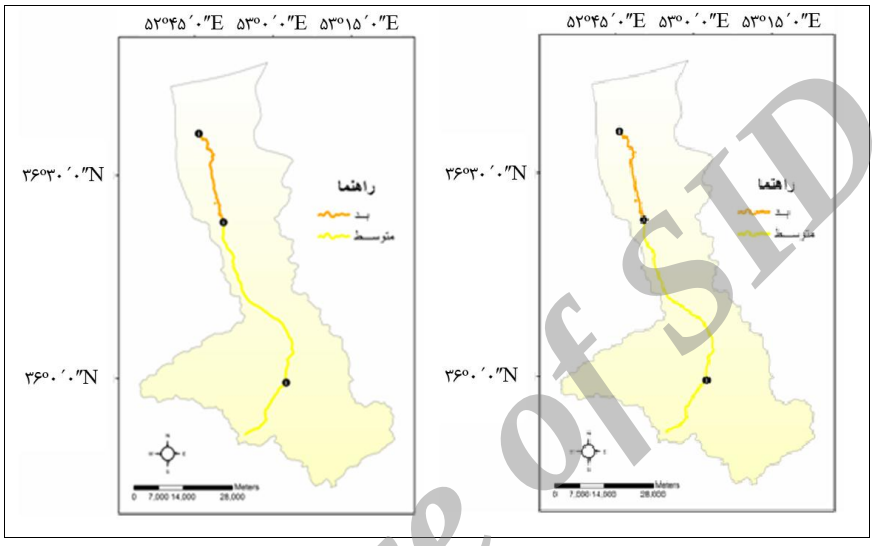
ایستگاه‌ها	NSFWQI پر آبی		NSFWQI کم آبی	
	مقدار شاخص	وضعیت کیفی	مقدار شاخص	وضعیت کیفی
بالادست	۵۸	متوسط	۵۵	متوسط
میان‌دست	۵۱	متوسط	۵۲	متوسط
پایین‌دست	۴۶	بد	۵۰	بد



شکل ۲: روند تغییرات شاخص NSFWQI در ایستگاه‌های رودخانه‌ی تالار در دوره‌های مختلف (۱۳۹۱-۱۳۹۰).

Archive of SID
www.SID.ir

سپس کیفیت آب رودخانه تالار درطول مسیر رودخانه بر اساس شاخص NSFWQI مورد پهنه‌بندی قرار گرفت. نقشه‌های به‌دست آمده در محیط Arc map 9.3 جهت پهنه‌بندی کیفی آب در طول رودخانه بر اساس شاخص NSFWQI در دوره‌ها و ماه‌های مختلف سال در ایستگاه‌های مورد نظر در شکل ۲ نشان داده شده است. بر این اساس، دو گروه کیفیت متوسط و بد بر طبق طبقه‌بندی شاخص کیفیت NSFWQI به ترتیب با رنگ‌های زرد و نارنجی نشان داده شده است، که از هر دو نقشه دوره پرآبی و کم‌آبی در ایستگاه اول و دوم رنگ زرد، یعنی کیفیت مناسب و در ایستگاه سوم شاهد رنگ نارنجی یعنی کیفیت بد مشاهده شد.



شکل ۳: نقشه پهنه بندی کیفی رودخانه تالار بر اساس شاخص NSFWQI (به ترتیب از راست به چپ) در دوره پرآبی و کم‌آبی (۱۳۹۱-۱۳۹۰).

با استفاده از مدل رگرسیونی با ۲ متغیر (ایستگاه و زمان)، پاسخ شاخص کیفی NSFWQI مورد بررسی قرار گرفت (جدول ۷).

جدول ۷: تحلیل واریانس طرح دو عاملی(زمان- مکان) داده‌های به دست‌آمده از مدل رگرسیونی (۱۳۹۱-۱۳۹۰).

مدل	جمع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	P_{value} (ارزش داده‌ها)
رگرسیون	۱۰۳۶/۰۴۲	۲	۵۱۸/۰۲۱	۲۱/۹۴۹	۰.۰۰۰
باقیمانده	۷۷۸/۸۴۷	۳۳	۲۳/۶۰۱	-	-
کل	۱۸۱۴/۸۸۹	۳۵	-	-	-

Archive of SID
www.SID.ir

تحلیل واریانس طرح دو عاملی در جدول۶ نشان می‌دهد که مدل رگرسیونی خطی برازش شده به داده‌ها مدل قابل قبولی می‌باشد (P_{Value} = ۰/۰۰۰). مدل برازش شده جهت تحلیل NSFWQI و پارامترهای آن نیز در جدول ۷ نشان داده شده است. با درنظر گرفتن زمان برحسب دو فصل کم‌باران و پرباران و ایستگاه‌ها در مدل، نتایج زیر بدست آمد. همانطور که در جدول ۷ مشاهده می‌شود، نتایج زمان بر حسب فصل در مدل معنی‌دار نیست (P.value >۰/۰۵) ولی ایستگاه‌های مورد مطالعه یک متغیر تاثیرگذار بر شاخصNSFWQI می‌باشند (P.value < ۰/۰۵).

جدول ۸ : مدل برازش شده جهت تحلیل شاخص NSFWQI و پارامترهای آن بر روی دو عامل ایستگاه‌ها و زمان-های نمونه‌برداری.

مدل	ضرایب غیر استاندارد		ضرایب استاندارد	t	P_{value} (ارزش داده ها)
	b	خطای استاندارد	بتا		
ثابت	۶۷/۰۲۸	۳/۲۳۹	–	۲۰/۶۹۶	۰/۰۰۰
زمان	۱/۰۰۰	۱/۶۱۹	۰/۰۷۰	۰/۶۱۸	۰/۵۴۱
ایستگاه ها	-۶/۵۴۲	۰/۹۹۲	-۰/۷۵۲	-۶/۵۹۷	۰/۰۰۰

بحث و نتیجه گیری

رودخانه‌ها و آب‌های جاری، از دیرباز مورد نیاز و مورد توجه جوامع بشری بوده‌اند و برای بهره‌بردن از منابع آب مناسب، شهرها و مراکز صنعتی و کشاورزی معمولا در نزدیکی رودخانه‌ها بر پا شده‌اند (Fabiano *et al.*, 2008). با گذشت زمان و گسترش این جوامع و به تبع آن افزایش استفاده از منابع آبی، دخل و تصرف غیرطبیعی و تغییر شرایط کیفی، آب رودخانه‌ها افزایش پیدا کرده است. با توجه به نتایج حاصل از پژوهش رودخانه تالار نیز در معرض آلودگی شدیدی قرار گرفته است که می‌توان این آلودگی را این‌گونه تحلیل کرد. بیشترین و کمترین مقدار یون فسفات به ترتیب در ایستگاه میان‌دست دوره پرآبی و ایستگاه بالادست دوره پرآبی می‌باشد. افزایش محسوس یون فسفات در دوره پرآبی، از ایستگاه بالادست تا ایستگاه میان‌دست به سبب نشت بقایای کودهای کشاورزی، سموم شیمیایی و فاضلاب در اثر بارندگی‌های این فصل بوده است. در دوره کم‌آبی میزان فسفات از بالادست به پایین‌دست افزایش پیدا کرده که این بدلیل استفاده از کودهای شیمیایی در فصل کشاورزی منطقه، آلودگی بیشتر زباله‌های ریخته شده به رودخانه بدلیل گرم‌تر شدن هوا و تخلیه فاضلاب به رودخانه می‌باشد. فسفات با غلظت‌های بالاتر از ۰/۲ میلی گرم در لیتر برای انعقاد کدورت مزاحم است (پوی، ۱۳۸۲). اگر از آب این رودخانه جهت تأمین آب آشامیدنی استفاده شود توجه به غلظت فسفات دارای اهمیت خواهد بود. طبق استاندارد WHO و استاندارد ملی ایران میزان فسفات آب شرب بترتیب حداکثر مقدار ۵ و ۰/۲ میلی‌گرم بر لیتر تعیین شده است که آب رودخانه‌ی تالار از نظر این پارامتر برای مصرف شرب مناسب بوده و از جهت مصارف آبیاری و کشاورزی نیز در محدوده‌ی استاندارد آب با کیفیت خوب قرار گرفته است. در تمامی نقاط نمونه‌برداری از رودخانه تالار آب قلیایی و بیکربناتی می‌باشد. این متغیر در مواقعی که دمای آب بالا و pH قلیایی باشد خطرناک‌تر بوده و موجب تولید آمونیاک غیر یونی می‌شود و محیط آبی را برای آبزیان سمی می‌نماید (حاجیان و همکاران، ۱۳۸۸). قلیاییت نشان‌دهنده درصد بالایی از نمک‌های محلول در آب (ناشی از فرسایش و انحلال سازندها) می‌باشد (کتیرایی، ۱۳۸۰). ایستگاه بالادست در دوره کم‌آبی بیشترین میزان قلیاییت را بعلت وجود کارگاه‌های شن و ماسه و واحدهای سنگی و چینه شناسی گستره پیرامون بخش علیای

Archive of SID

www.SID.ir

رودخانه تالار که عمدتا از لایه‌های مختلف آهک، شیل، ماسه و شیل، آهک‌های مارونی، آهک‌ها و آهک‌های آتشفشانی تشکیل شده‌اند به وضعیت قلیایی آب افزوده شده، را داراست. ایستگاه میان‌دست در دوره کم‌آبی کمترین قلیاییت را نشان داده که در دوره کم‌آبی بعلت کم-شدن آب ورودی به رودخانه و عدم ترقیق فاضلاب‌های اسیدی صنایع، از میزان pH قلیایی کاسته شده است. با توجه به استاندارد pH که برای آب شرب کمتر از ۹ و برای آبیاری (FAO) ۸/۴-۶/۵ در نظر گرفته شده، و محدوده pH آب رودخانه در طی دو دوره پرآبی و کم-آبی نمونه‌برداری بین ۸/۰۵ تا ۸/۱۶ قرار دارد که با استانداردهای آب آشامیدنی و صنعتی و تفریحی متناسب می‌باشد. در طی دوره‌های پژوهش، بیشترین غلظت DO مربوط به ایستگاه میان‌دست در دوره کم‌آبی بوده که مقدار آن ۹/۱۶ میلی‌گرم بر لیتر بوده است، این مقدار با استانداردهای آب شرب تناسب دارد. میزان اکسیژن محلول طی هر دو دوره پرآبی و کم آبی از بالادست تا میان دست با روند افزایشی روبرو بوده است. در پایین‌دست رودخانه، احتمالا بدلیل ورود فاضلاب شهرهای قائمشهر و کیاکلا و بهنمیر و مرکز دفن زباله کیاکلا و کشتارگاه‌های مرغ شهرداری و پرستو و همچنین شهرک صنعتی سنگتاب، میزان اکسیژن محلول به طور چشمگیری کاهش پیدا کرده است (خلیل نژاد، ۱۳۸۵). این نتیجه با نتایج آقای صمدی و همکاران بر روی رودخانه دره مرادبیک همدان در سال۱۳۸۸، تحت عنوان پهنه‌بندی کیفی آب رودخانه دره مرادبیک همدان بر اساس شاخص NSFWQI و بهره‌گیری از سامانه اطلاعات جغرافیایی، نیز مشابه می‌باشد (صمدی و همکاران، ۱۳۸۸). بیشترین میانگین BOD در دو دوره پرآبی و کم‌آبی مربوط به ایستگاه پایین‌دست دوره کم آبی بوده و کمترین آن مربوط به ایستگاه بالادست در دوره پرآبی بوده است، که دلیل افزایش اکسیژن خواهی بیوشیمیایی در پایین‌دست، مواد آلی موجود در فاضلاب‌های تصفیه نشده، کودها، برگ‌ها و زائدات جانوری می‌باشد. BOD آب رودخانه در تمامی نقاط با توجه به استاندارد اکسیژن خواهی بیوشیمیایی در آبیاری که حداکثر ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر تعیین شده است (موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران) قابل استفاده در کشاورزی و آبیاری می‌باشد. طبق استاندارد آژانس حفاظت محیط زیست ملل متحد (USEPA) اکسیژن‌خواهی بیولوژیکی حداکثر ۳ و نهایت ۶ میلی‌گرم بر لیتر به منظور سلامت زیست‌آبی و ماهیان تعیین شده است (حاجیان و همکاران، ۱۳۸۸)، که تنها سه ایستگاه انتهایی در تیرماه سال ۱۳۹۱ مناسب با این استاندارد نمی‌باشند. در مطالعه‌ای که آقای رحمانی بر روی آلودگی سیمینه‌رود همدان انجام دادند نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که میزان BOD_5 در بسیاری از ایستگاه‌های مورد مطالعه بیش از استانداردهای موجود می‌باشد که دلیل این امر تخلیه بی‌رویه فاضلاب‌های روستایی، شهری و صنعتی به داخل رودخانه سیمینه‌رود می‌باشد (رحمانی، ۱۳۸۶). هر چه از بالادست به سمت پایین‌دست رودخانه پیش می‌رویم، میزان کلیفرم مدفوعی در میان‌دست افزایش یافته است که حاکی از عبور رودخانه از مراکز جمعیتی و ورود مستمر نشتاب‌های فاضلاب شهری، خانگی و روستایی حاشیه رودخانه و رودخانه‌های فرعی منتهی به رودخانه تالار می‌باشد. در میان‌دست با افزایش اجتماعات انسانی و همچنین تاثیرات ناشی از دفع غیربهداشتی فاضلاب‌های روستایی میزان کلیفرم اندازه‌گیری شده افزایش داشته است و باعث رسیدن به حداکثر مقدار خود رسیده است. میزان کلیفرم اندازه‌گیری شده در تمامی ماه‌ها بیشتر از حد مجاز آب شرب که حداکثر ۱ در نظر گرفته شده و همچنین بیشتر از حد مجاز آبیاری که۴۰۰ میلی گرم بر لیتر تعیین شده است (موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران)، می‌باشد. از نظر توزیع آلودگی، آلودگی رودخانه در ماه‌های کم بارش نسبت به ماه‌های پر باران بیشتر می‌باشد، اما آلودگی رودخانه در ماه‌های پر باران نیز به کلی از بین نمی‌رود و بر اساس آنالیز آماری جدول ۷، رابطه معناداری بین ماه‌های نمونه‌برداری با شاخص مورد مطالعه وجود ندارد (P.value > ۰/۰۵) و آلودگی به میزان زیادی در رودخانه وجود دارد که دلیل این امر بیشتر بودن تخلیه فاضلاب روستایی، شهری و صنعتی به رودخانه نسبت به میزان بارش‌های سالیانه می‌باشد. Bordalo و همکارانش (۱۹۹۹) مطالعه مشابهی را بر روی رودخانه Bangpakong انجام دادند، نتایج این مطالعه نشان داد که میانگین شاخص NSFWQI در تمام ایستگاه‌های مورد مطالعه پائین بوده (۴۱ درصد) و کیفیت آب بطور معنی‌داری در فصل خشک کاهش پیدا کرده است. ارزیابی در طول فصول مختلف نشان داد که آب رودخانه فقط برای پرورش ماهی و زندگی ماهی‌ها مناسب است و برای مصارف شرب در فصل خشک مناسب نبوده و غیر قابل شرب می‌باشد. همچنین نتایج این مطالعه نشان داد که آب در فصل مرطوب کیفیت بهتری داشته و با تصفیه ساده می توان جهت مصارف شرب استفاده کرد (Bardalo *et al.*,1999).

Archive of SID

www.SID.ir

مقدار عددی و وضعیت شاخص مورد بررسی NSFWQI برای نمونه‌برداری دوره های پرآبی و کم آبی در جدول ۵ آورده شده است. همانگونه که در جدول مذکور نشان داده شده براساس شاخص کیفیت آب NSFWQI، آب رودخانه در دوره پرآبی در ایستگاه‌های بالادست و میان‌دست، متوسط بوده و در ایستگاه پایین‌دست وضعیت بد را دارا می باشد که این امر می‌تواند ناشی از تخلیه مستقیم فاضلاب های روستایی، شهری و صنعتی به داخل رودخانه و ورود آن‌ها به داخل رودخانه از طریق سیلاب‌ها و همچنین تخلیه و تلنبار مواد زائد جامد در کنار رودخانه باشد که موجب آلودگی این رودخانه می‌گردند و همچنین در دوره کم آبی، ایستگاه نمونه برداری بالادست و میان دست در حد متوسط بوده و در ایستگاه پایین دست وضعیت بدی را دارا می باشد. در هر دو دوره میزان میانگین شاخص NSFWQI از ایستگاه بالادست به سمت ایستگاه میان‌دست و ایستگاه پایین‌دست روند کاهشی را طی کرده است و آب از کیفیت متوسط در بالادست و میان‌دست به کیفیت بد در پایین دست تنزل کرده است. نتایج این معیار نشان‌دهنده‌ی آن است که در نقاط مختلف نمونه‌برداری از رودخانه، شاخص NSFWQI در بیشتر موارد از میزان مطلوب فاصله گرفته است، که این نتیجه با نتایج تحقیقات انجام شده آقای صمدی بر روی رودخانه مرادبیک همدان در سال ۱۳۸۸ مشابه می‌باشد (صمدی و همکاران،۱۳۸۸). تحلیل واریانس طرح دو عاملی که در جدول ۷ خلاصه گردیده همانگونه که مشاهده می‌گردد مدل رگرسیونی برازش شده به داده‌ها مدل قابل قبولی می باشد (P.Value = ۰/۰۰۰). با توجه به مطالعاتی که وضعیت موجود رودخانه تالار را بر اساس شناخت عوامل اثر گذار بر کیفیت آن در حوزه آبخیز، همچنین وضعیت محیط طبیعی موجود در آن را نشان می‌دهد، می‌توان نتیجه گرفت: بطورکلی از تفسیر نتایج براساس شاخص NSFWQI چنین بر می‌آید که رودخانه‌ی تالار در طول مسیر خود از ایستگاه بالادست تا خروجی دریای خزر شاهد افزایش بار آلودگی و کاهش کیفیت آب بوده است. شاخص NSFWQI در ایستگاه‌های بالادست، بیش از ۵۰ اندازه‌گیری شده است و تنها در ایستگاه پایین دست هر دو دوره از مقدار ۵۰ که کیفیت بد آب را نشان می‌دهد، کمتر شده است. رودخانه در ایستگاه پایین‌دست یعنی در نقطه ورود به دریای خزر با توجه به شاخص NSFWQI، از نظر کیفی در وضعیت بد قرار گرفته‌اند. این نتایج مشابه نتایج کریمیان و همکاران (۱۳۸۵) بر روی رودخانه زهره می‌باشد، که ایستگاه‌های منتخب شامل ۹ ایستگاه در طول رودخانه بوده، نتایج نشان داده که آب این رودخانه در سرچشمه دارای کیفیت مناسب بوده است و بتدریج در طول مسیر با پساب‌های گوناگون آلوده شده و از کیفیت آن کاسته شده تا به حد کیفیت بد رسیده است (کریمیان و همکاران، ۱۳۸۵). بنابراین آب رودخانه‌ی تالار براساس شاخص NSFWQI، بطور میانگین در محدوده‌ی کیفیت متوسط قرار گرفته است. مقایسه این نتیجه با مطالعه انجام شده نرگس قاضی زاده و همکارانش (۱۳۸۴)، که مقدار NSFWQI را بر روی رودخانه مارون با ۹ پارامتر فیزیکی و شیمیایی در بین سال های ۱۳۸۸ تا ۱۳۸۹ مقایسه شده است. نتیجه به این صورت گزارش شد که شاخص کیفیت آب در طی مسیر رودخانه مارون،کیفیت متوسط آب را نشان داده است (نرگس قاضی زاده و همکاران، ۱۳۹۰). بارگذاری جمعیت و فعالیت زیاد در حوزه آبخیز این رودخانه، همچنین توسعه‌های سریع شهری در محدوده آن، عملکردهای زندگی و فعالیت شهری و صنعتی، اصلی ترین منشاء آلایندگی رودخانه بوده و در همین حال مصرف بی رویه انواع کودهای شیمیایی و سموم گیاهی در کنار تخلیه فاضلاب‌های شهری، روستایی و صنعتی و همچنین تخلیه مواد زائد جامد به این رودخانه که پیوسته روند فزونی دارد، آلودگی رودخانه را افزایش می‌دهد. بنابراین عامل انسانی مهم‌ترین عامل آلودگی رودخانه است. درکنار عوامل انسانی، عوامل طبیعی مانند بارش کم، فصلی بودن بارش، مصرف آب برای مقاصد کشاورزی و صنعتی بلکه برداشت زیاد آب منجر شده، توسعه زمین‌های کشاورزی به بهای برداشت از اراضی طبیعی، افت کیفیت پوشش گیاهی و سخت شدن سطح زمین، ریزش بارش‌های تند و لحظه ای و بالاخره عملکرد شدید فرآیند فرسایش و تخریب، بارآلودگی فیزیکی و شیمیایی رودخانه را افزایش داده و موجب اختلال طبیعی در قابلیت بیولوژیکی و زیستی آن می‌گردد.

Archive of SID

www.SID.ir

سپاسگزاری

بدین وسیله مراتب تقدیر و سپاس و قدردانی خود را از مدیریت مطالعات پایه منابع آب و همچنین آزمایشگاه سازمان آب منطقه‌ای استان مازندران که در انجام این تحقیق مارا یاری کردند، اعلام می‌نماییم.

منابع

آخوندی، ل.، نظری، ع.، احمدی، ج. و نخعی، م.، ۱۳۹۰. پهنه‌بندی رودخانه قمرود بر اساس شاخص کیفی آب NSFWQI با استفاده از سامانه جغرافیایی GIS. چهارمین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران. دانشگاه صنعتی امیرکبیر. صفحات ۲ و ۴.

ابراهیم پور، ص.، محمدزاده، ح. و محمدی، ا.، ۱۳۹۰. بررسی کیفیت آب دریاچه‌ی تالابی زریوار و پهنه‌بندی آن با استفاده از شاخص‌های کیفی NSFWQI و OWQI و استفاده از سیستم جغرافیایی. چهارمین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران. دانشگاه صنعتی امیرکبیر، صفحات ۲ و ۳.

استانداردهای آب آشامیدنی ایران، موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، شماره ۱۰۵۳، http://www.isiri.org/std/1053.htm

پوی، س.، ۱۳۸۲. مهندسی محیط زیست، ترجمه محمد علی کی نژاد و سیروس ابراهیمی، صفحات ۸۷ و ۸۸.

حاجیان، م.، رهسپار، ا.، دستجردی، ع. و حسن زاده م.، ۱۳۸۸. بررسی برخی پارامترهای تعیین کننده کیفیت آب رودخانه زاینده رود. دوازدهمین همایش ملی بهداشت محیط ایران، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی. صفحات ۶۶۳ و ۶۷۵.

حسینی، م .، جعفری، ح. و سالاری، ف.، ۱۳۹۰. اندازه گیری بقایای سموم کشاورزی ارگانوکلره رودخانه های تالار و تجن. طرح پژوهشی انجام شده سازمان آب منطقه ای استان مازندران. صفحات ۱۲۲ و ۱۲۶.

خلیل نژاد، م.، ۱۳۸۵. بررسی وضعیت کیفی و کمی آب رودخانه تالار، طرح پژوهشی سازمان آب منطقه ای استان مازندران. صفحه ۴۴.

رحمانی، ع.، ۱۳۸٦. تعیین کیفیت آب رودخانه های جاری در دشت همدان- بهار بر مبنای روش طبقه بندی ویلکوکس. مجموعه مقالات دهمین همایش ملی بهداشت محیط همدان. صفحه ۵۳.

رمضانی، م.، اسماعیلی نجار، ا. و عزیزی فر، و.، ۱۳۹۰. تحلیلی بر کاربرد GIS و GPS در برنامه‌ریزی و توسعه شهری. کنفرانس ملی عمران و توسعه پایدار. صفحه ۱۲۹.

شرکت سهامی آب منطقه ای استان مازندران.، ۱۳۸۸. مطالعات بهنگام سازی اطلس منابع آب حوزه های آبریز رودخانه های مازندران و شرق گیلان (رودخانه های بین سفیدرود وقره سو). جلد اول، قسمت دوم، بخش اول. صفحات ۲۷۶ و ۲۷۷.

شمسایی، ا .، اورعی زارع، ص. و سارنگ، ا.، ۱۳۸٤. بررسی تطبیقی شاخص‌های کیفی و پهنه‌بندی کیفی رودخانه کارون و دز. مجله آب و فاضلاب، شماره ۱۶. صفحه ۸۲ .

صمدی، م.، ساقی، ح.، رحمانی، ع. و میرزایی، س.، ۱۳۸۸. پهنه‌بندی کیفی آب رودخانه دره مرادبیک همدان بر اساس شاخص NSFWQI و بهره‌گیری از سامانه اطلاعات جغرافیاییGIS. مجله علمی پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی همدان. دوره شانزدهم ، شماره ۳ ، پائیز ۱۳۸۸، شماره مسلسل ۵. صفحه ۱۱۰.

فرزادکیا، م .، اصغرنیا، ح.، ۱۳۹۱. بررسی پهنه‌بندی کیفی رودخانه بابلرود بر اساس شاخص NSFWQI. طرح پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی تهران. دانشکده بهداشت محیط، صفحات ۱۷-۱۴.

قاضی‌زاده، ن.، شهنی‌زاده، ب.، دهکردی، ش. و سواری، س.، ۱۳۹۰. ارزیابی کیفی رودخانه مارون بر اساس نظام شاخص کیفیت آب NSFWQI. پنجمین همایش ملی و نمایشگاه تخصصی مهندسی محیط زیست. دانشگاه تهران، صفحه ۳۷۶.

کتیرایی، غ.، ۱۳۸۰. کاربرد GIS در پهنه بندی سیلاب رودخانه سفیدرود، پایان نامه کارشناسی ارشد. صفحه۸۷.

کریمیان، آ .، جعفرزاده، ن .، نبی زاده، ر. و افخمی، م .، ۱۳۸۵. پهنه‌بندی کیفیت آب رودخانه زهره بر اساس شاخص NSFWQI. مجله علمی پژوهشی مهندسی آب. صفحات ۵۶ و ۶۰.

Archive of SID

www.SID.ir

میرزایی، م.، نظری، ع.، هاشمیان، س.، ۱۳۸۸. بررسی تحلیلی و مقایسه‌ای شاخص بندی کیفی رودخانه ی جاجرود. مجله فنی و مهندسی مدرس، شماره‌ی ۳۵، صفحات ۱۵۲-۱۴۳.

میرمشتاقی، م.، امیرنژاد، ر. و خالدیان، م.، ۱۳۹۰. بررسی کیفیت آب رودخانه سفیدرود و پهنه بندی آن با استفاده از شاخص‌های کیفیNSF و OWQI. مجله علمی پژوهشی تالاب. دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز، صفحات ۹ و ۱۰.

APHA, AWWA, WPCF., 1992. Standard Method for the examination of water and wastewater. 18th Ed. Amweican Public Health Association.Washengton D.C, USA.

Dias, J., Martins, R., Ferreira, C., Esteves, T., Soares, M., Costa, M. L. and Costa, M. C., 2006. Application of GIS Database Tool to Surface Water Quality at ESAC, The role of Environmental Management Systems and Tools. ESAC, Coimbra University, 27-29.

Fabiano, D., Santos, S., Altair, B., Moreira, B. and Sonia, M., 2008. Nobre Gimenez, Maria Josefa Santos Yabewater quality index as a simple indicator of aquaculture effects on aquatic bodies. ecologicalindicators 8, 476 – 484.

Fabiano, D., Santos, S., Altair, B., Moreira. and Sonia, M., 2008. Water quality index as a simple indicator of aquaculture effects on aquatic bodies. ecologicalindicators 8, 476 – 484.

Oram, B., 2011. Calculating NSF Water Quality Index. Wilkes University Center for Environmental Quality GeoEnvironmental Sciences and Engineering Department.

Sanchez, E., Manuel, F., Colmenarejo, V., Angel, M., Garcı, T. and Rafael, B., 2007. Use of the water quality index and dissolved oxygen deficit as simple indicators of watersheds pollution. Ecological Indicators 7, 315–328.

Sargaonkar, A. and Deshpande, V., 2003. Development of an overall index of pollution for surface water based on a general classification scheme in Indian context. Environmental Monitoring and Assessment 89, 43-67.

Simeonov, V., Stratis, A., Samara, C., Zachariadis, G., Voutsa, D., Anthemidis, A., Sofoniou, M. and Kouimtzis, Th., 2003. Assessment of the surface water quality in Northern Greece. Water Res. 37, 4119–4124.

Zandbergen, P. A. and Hall, K. I., 1988. Analysis of the British Columbia Water Quality Index for water shel manager: a case study of two small watersheds. Water Qual. Res. 33, 519-525.

Archive of SID

www.SID.ir