

شاخص کیفیت آب (WQI) سفیدرود در محدوده سد سنگر تا دریای کاسپین

علی عابدینی*، علیرضا میرزاجانی، هادی بابائی سیاه گل، احمد قانع ساسانسرایی

پژوهشکده آبی‌پروری آب‌های داخلی ایران- بندر انزلی، مؤسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور،

سازمان تحقیقات آموزش و ترویج جهاد کشاورزی، بندر انزلی، ایران

*نویسنده مسئول

چکیده

رودخانه سفیدرود از دیر باز به‌عنوان یکی از منابع اصلی آب برای تأمین مصارف کشاورزی و شهری استان گیلان بوده و به توازن اکوسیستم‌های طبیعی این سرزمین کمک کرده است. سفیدرود از به هم پیوستن دو رودخانه شاهرود و قزل اوزن در محل سد منجیل تشکیل شده و به سمت شمال جریان یافته و به دریای کاسپین می‌ریزد. در این مطالعه کیفیت آب سفیدرود در ده ایستگاه در طول رودخانه از سد سنگر تا مصب رودخانه در سال ۱۴۰۱ مورد ارزیابی قرار گرفت. در آزمایشگاه روش‌های استاندارد برای آزمایش آب، ارائه شده توسط انجمن بهداشت عمومی آمریکا استفاده شد. نتایج نشان داد مقدار میانگین عوامل دمایی آب برابر $6/7 \pm 18/3$ درجه سانتی‌گراد، pH برابر $7/94 \pm 0/36$ ، کل مواد معلق $0/1555 \pm 0/0850$ گرم در لیتر، کدورت 45 ± 75 واحد فرماژین، هدایت الکتریکی 1191 ± 532 میکروموس، اکسیژن محلول $1/0 \pm 10/1$ و نیتريت $0/01 \pm 0/014$ و فسفر محلول $0/048 \pm 0/018$ و کل نیتروژن $1/649 \pm 0/397$ و کل فسفر $0/094 \pm 0/024$ و بی‌کربنات $1/338 \pm 99/4$ و سختی کل $318/1 \pm 58/2$ برحسب میلی‌گرم در لیتر اندازه‌گیری شد. بر طبق نتایج حاصل در محدوده مطالعاتی مقدار عددی دامنه شاخص کیفیت آب ($IRWQI_{sc}$) بین $58/9$ تا $69/1$ متغیر بود و میانگین آن برابر $62/8 \pm 2/8$ بود که به لحاظ توصیفی در طبقه آب نسبتاً خوب قرار می‌گیرد. ورود فاضلاب‌ها، فعالیت‌های بهره‌برداری از آب و حذف شن و ماسه از بستر رودخانه می‌تواند به‌صورت لحظه‌ای با افزایش مواد معلق و افزایش آلاینده‌های انسان ساخت، شاخص کیفیت آب را تغییر داده و بر کاهش مطلوبیت آب تأثیر بگذارد؛ بنابراین هرگونه فعالیت انسانی باید مطابق چرخه طبیعی و اکولوژیکی رودخانه باشد.

واژه‌های کلیدی: سفیدرود، کیفیت آب، WQI، عوامل شیمیایی

۱- مقدمه

سفیدرود طولانی‌ترین و بزرگ‌ترین رودخانه شمال ایران است. این منبع آب برای سالیان دراز باعث حمایت از کشاورزی و صنعت و زندگی حیاتی مردم منطقه شده و به توازن اکوسیستم‌های طبیعی این سرزمین کمک کرده است. در محل سد منجیل، دو رودخانه شاهرود و قزل اوزن به هم می‌پیوندند و دریاچه مصنوعی منجیل را تشکیل می‌دهند. پس از این سد، رودخانه به نام سفیدرود به سمت شمال جریان یافته و پس عبور از شهرستان رودبار، شهرستان رشت و شهرستان آستانه‌اشرفیه در پارک ملی بوجاق به دریای خزر می‌ریزد. متأسفانه تغییرات منفی متعددی در سفیدرود بوجود آمده، از جمله ساخت سدهای متعدد، بهره‌برداری غیر پایدار از بستر و همچنین ورود فاضلاب‌های شهری و صنعتی و سموم کشاورزی، شرایط رودخانه از ساختار طبیعی خارج شده است و اکوسیستم آن را برهم زده و ذخایر آبیان را بشدت تهدید و یا از بین برده است. نهایتاً برای حفاظت از آن ضمن تلاش مضاعف می‌بایست فرهنگ‌سازی در این زمینه در سطح وسیعی از جامعه انجام بگیرد (دریکوند و فرجی، ۱۳۸۹).

متأسفانه فقدان اطلاعات و شناخت کافی از عواقب بهره‌برداری بی‌رویه و دخالت‌های غیرمسئولانه انسان از یک سو و عدم وجود دستورالعمل‌های شفاف و ضوابط مشخص در این خصوص از سوی دیگر باعث شده است که هر روز که می‌گذرد بر میزان صدمات وارده بر رودخانه‌ها افزوده شود در نهایت مطلوبیت زیستگاهی خود را از دست می‌دهد. لذا جهت انجام اقدامات حفاظتی از رودخانه بایستی شناخت کافی از وضعیت کنونی آن داشته باشیم. از جمله عوامل موثر در شناخت وضعیت رودخانه، ارزیابی‌های کیفیت آب است. در بررسی‌های کیفیت منابع آبی، شاخص‌های کیفی آب ابزاری مناسب برای تعیین وضعیت کیفی آب هستند. به‌طورکلی شاخص‌های کیفیت منابع آبی به دو گروه تقسیم می‌شوند، شاخص‌های آلودگی که با افزایش آلودگی، عدد آن افزایش می‌یابد مانند شاخص $BCWQI^1$ ، و شاخص‌های کیفی مانند $IRWQIsc^2$ و $NSFWQI^3$ که با افزایش کیفیت، عدد شاخص آن افزایش پیدا می‌کند. برای کاربردهای بصری مانند تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی آلودگی برای هر معادل توصیفی یک‌رنگ معادل نیز تعریف شده است (شمسایی و همکاران، ۱۳۸۴). در این شاخص‌ها، مقادیر عددی عوامل کیفیت آب در معادلات ریاضی گنجانده می‌شود که خروجی این معادلات با یک عدد میزان سلامتی آب را نشان می‌دهد. این عدد با یک مقیاس نسبی گویای کیفیت آب از بسیار بد تا عالی دسته‌بندی می‌شود. شاخص‌ها با سادگی و کاهش اطلاعات خام و اولیه علاوه بر بیان کیفیت آب، روند تغییرات کیفی آب را در طول زمان و مکان نشان می‌دهند. از سال ۱۹۶۵ شاخص کیفی آب به‌عنوان معیاری برای طبقه‌بندی آب‌های سطحی بر اساس انتخاب و وزن دهی به پارامترهای کیفی آب در نظر گرفته شده و با استفاده از یک تابع تجمعی توسعه یافته است. در سال ۱۹۷۰ موسسه بهداشت ملی آمریکا با روش دلفی این شاخص را مورد بازبینی قرارداد و با مدنظر قراردادن عوامل: اکسیژن محلول، کلیفرم، pH، اکسیژن موردنیاز بیولوژیکی، تغییرات دما، فسفات، نیتрат، کدورت، مواد معلق، شاخص را معرفی نمود (Samantray et al., 2009). با توجه به شرایط طبیعی و مسائل و مشکلات منابع آب در ایران، شاخص کیفیت منابع آب ایران $IRWQIsc$ تدوین شده است که در آن عوامل: اکسیژن محلول، کلیفرم، pH، اکسیژن موردنیاز شیمیایی، آمونیم، اکسیژن موردنیاز زیستی، سختی کل، فسفات، نیترات، کدورت، مواد معلق، هدایت الکتریکی، مدنظر قرار گرفته است و وضعیت کیفی آب را در هفت دسته توصیف می‌کند (خلیفه و خوش‌نظر، ۱۳۹۷) و (Iranian EPA, 2011).

مطالعات متعددی در مورد وضعیت کمی و کیفی منابع آبی انجام شده است. به کمک شاخص‌های کیفی می‌توان مناطقی را که از نظر آلودگی بیشتر مورد تهدید هستند، مشخص و منابع آب را مدیریت کرد. تعدادی از مطالعات در مورد رودخانه سفیدرود بوده که در اینجا ذکر میشوند.

¹ British Columbia Water Quality Index

² IRan Water Quality Index for Surface Water

³ National Sanitation Foundation Water Quality Index

مروت دوست و همکاران (۱۳۹۴) کیفیت آب رودخانه سفیدرود را در محدوده شهرستان رودبار بررسی کرده و بیان داشتند که میانگین شاخص کیفیت آب در رودخانه سفیدرود در محدوده مورد مطالعه ۶۹/۱۹ و در محدوده متوسط قرار دارد. جمشیدی و نیک سخن (۱۳۹۴) تخصیص بهینه بار آلودگی بر مبنای الگوی تجارت کیفیت آب را در پائین دست رودخانه سفیدرود بررسی کرده و نتیجه گرفتند که حفاظت از منابع آبی به روش کنترل تخلیه بار مجاز آلودگی نسبت به روش متعارف کنترل دستوری، سبب کاهش هزینه‌های کل تصفیه تا ۱۰ درصد خواهد شد و شاخص کیفی آب حدود ۲۰ واحد افزایش یافته است. میر مشتاقی مقدم و همکاران (۱۳۹۰) کیفیت آب رودخانه سفیدرود و پهنه بندی آن را با استفاده از شاخص های کیفی ارائه نمودند که میانگین شاخص NSFQI در رودخانه سفیدرود ۴۷/۵ بوده و در محدوده بد قرار داشته است. ایستگاه های سد سنگر، پل آستانه و گیاهشهر در تمام ماه های نمونه برداری وضعیت بد را نشان دادند و بین مقدار ۳۹ تا ۵۰ نوسان دارند و ایستگاه های سد منجیل و سد تاریک در دو ماه بهمن و فروردین وضعیت متوسط را نشان داده اند. واردی و فضل (۱۳۸۴) در تحقیقی به بررسی شاخص های فیزیکی و شیمیایی آب رودخانه های مهم استان مازندران در هنگام رهاسازی بچه ماهیان سفید پرداختند و بیان داشتند که تخمیزی در زمان نامناسب یا رهاسازی بی موقع بچه ماهی به رودخانه سبب میگردد تا پس از مدتی کوتاهی، تمامی بچه ماهیان تلف گردند. گروهی از محققین در مطالعاتی میدانی به آلودگی دارویی رودخانه های جهان پرداختند و ۱۰۵۲ مکان نمونه برداری را در امتداد ۲۵۸ رودخانه در ۱۰۴ کشور از تمام قاره ها مورد بررسی قرار دادند که سفیدرود یکی از آنها بود و در محدوده شهر رودبار نمونه برداری صورت گرفت. در این تحقیق غلظت مواد فعال دارویی اندازه گیری شد (Wilkinson et al, 2022).

۲- روش تحقیق

جهت نمونه برداری های فیزیکی و شیمیایی آب تعداد ۱۰ ایستگاه در طول مسیر رودخانه سفیدرود از سد منجیل تا دریای کاسپین در نظر گرفته شد. محل ایستگاه های مطالعاتی در جدول ۱ و شکل ۱ نشان داده شده است. نمونه برداری ها از اسفند ۱۴۰۰ تا بهمن ۱۴۰۱ به مدت یک سال انجام شده و در طول این مدت ۶ دور نمونه برداری در فصول مختلف از ایستگاه های ده گانه صورت گرفت. نمونه ها در ظروف پلی اتیلنی جمع آوری شده و در دمای ۴ درجه سانتی گراد جهت آنالیز به آزمایشگاه پژوهشکده آبی پروری منتقل شد. در محل نمونه برداری پارامترهای درجه حرارت آب، pH، اکسیژن محلول و هدایت الکتریکی اندازه گیری و ثبت شد. اندازه گیری پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب با استفاده از روش کار استاندارد برای آزمایش آب و فاضلاب، ارائه شده توسط انجمن بهداشت عمومی آمریکا صورت گرفت (APHA, 2005). درجه حرارت آب به وسیله ترمومتر جیوه ای، هدایت الکتریکی و pH آب به وسیله دستگاه صحرایی شرکت WTW مدل multi340i در محل نمونه برداری اندازه گیری گردید. سنجش اکسیژن محلول به روش وینکلر (یدومتری) انجام گرفت. برای اندازه گیری فسفر کل و نیترژن کل ابتدا به نمونه ها پرسولفات پتاسیم اضافه شده و در دستگاه اتوکلاو تحت فشار ۱/۵ بار و دمای ۱۵۰ درجه سانتی گراد هضم شد. در این فرآیند هضم، اشکال فسفر به ارتوفسفات و اشکال نیترژن به نیترات تبدیل شده و سپس نیترات و فسفات حاصل اندازه گیری شد. ارتوفسفات با استفاده از معرف اسید اسکوربیک و هپتامولیدات آمونیم در طول موج ۸۸۵ نانومتر اندازه گیری شد. نیترات در ستون کاهشی کادمیم به نیتريت تبدیل شده و نیتريت حاصل به روش رنگ سنجی با استفاده از سولفانیل آمید و آلفانفتیل آمین در طول موج ۵۴۳ اندازه گیری شد. رنگ سنجی ها در دستگاه اسپکترو فتومتر HACH 2800 انجام گردید. جهت تعیین تفاوت میانگین پارامترهای مورد بررسی، آزمون آنالیز واریانس یک طرفه ANOVA و آزمون تفاوت زوج میانگین های دانکن در سطح اطمینان ۹۵٪ مورد استفاده قرار گرفت.

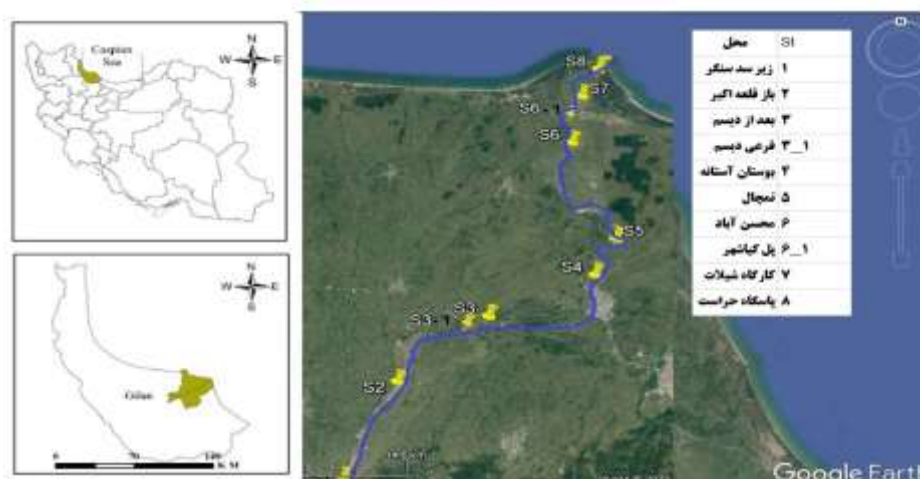
جهت تعیین شاخص کیفیت منابع آب (IRWQI) عوامل: اکسیژن محلول، نیترات، فسفات، سختی کل، کدورت، آمونیم، هدایت الکتریکی و pH مدنظر قرار گرفته است. با توجه به وزن هر کدام از این عوامل و مطابق معادله ذیل، شاخص کیفیت آب محاسبه شد. با استفاده از جدول شماره ۳ معادل توصیفی شاخص IRWQI تعیین گردید (EPA Iran, 2011).

$$IRWQI_{SC} = \left[\prod_{i=1}^n I_i^{W_i} \right]^{\frac{1}{n}}$$

که در آن W_i (وزن پارامتر i ام)، n (تعداد پارامترها)، I_i (مقدار شاخص برای پارامتر i ام) است. قابل ذکر است

جدول ۱: مختصات جغرافیایی ایستگاه‌های نمونه‌برداری سفیدرود

شماره ایستگاه	محل ایستگاه	عرض شمالی	طول شرقی
ایستگاه ۱	زیر سد سنگر	37° 7'5.61"N	49°43'51.64"E
ایستگاه ۲	باز قلعه اکبر	37°11'38.73"N	49°46'15.94"E
ایستگاه ۳	بعد از دیسم	37°14'47.76"N	49°50'42.85"E
ایستگاه ۱-۳	فرعی دیسم	37°14'47.73"N	49°50'42.34"E
ایستگاه ۴	بوستان آستانه	37°16'53.33"N	49°56'3.50"E
ایستگاه ۵	تمچال	37°18'37.83"N	49°57'6.38"E
ایستگاه ۶	محسن آباد	37°23'32.22"N	49°54'44.50"E
ایستگاه ۱-۶	پل کیاشهر	37°26'37.69"N	49°55'48.66"E
ایستگاه ۷	کارگاه شیلات	37°26'37.72"N	49°55'51.97"E
ایستگاه ۸	پاسگاه حراست	37°28'4.90"N	49°56'26.48"E



شکل ۱: محل ایستگاه‌های نمونه‌برداری جهت بررسی‌های فیزیکی و شیمیایی آب

۳- نتایج تحقیق

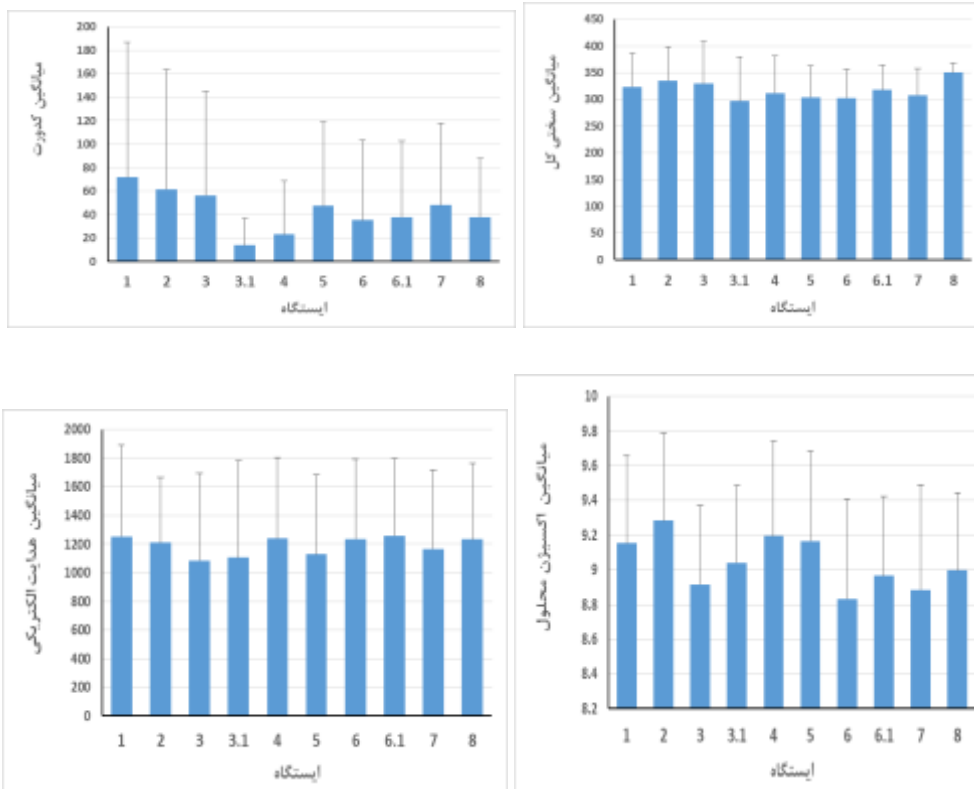
نتایج آنالیز تعدادی از عوامل فیزیکی و شیمیایی آب در طی ۶ دور نمونه برداری از رودخانه سفید رود در جدول شماره ۲ و نمودارهای شکل ۲ نشان داده شده است. نتایج نشان داد مقدار میانگین دمای آب برابر $18/3 \pm 6/7$ درجه سانتی‌گراد، pH برابر $7/94 \pm 0/36$ ، کل مواد معلق $0/1555 \pm 0/0850$ گرم در لیتر، کدورت 45 ± 75 واحد فرمازین، هدایت الکتریکی 1191 ± 532

میکروموس، اکسیژن محلول 1.0 ± 1.0 و نیتريت 0.10 ± 0.14 و فسفر محلول 0.18 ± 0.048 ، کل نیتروژن 1.649 ± 0.397 ، کل فسفر 0.24 ± 0.094 ، بی کربنات $338/1 \pm 99/4$ برحسب میلی گرم در لیتر اندازه گیری شد. همانگونه که در نمودار تغییرات هدایت الکتریکی و نمودار تغییرات سختی کل (شکل ۲) نشان داده شده است، میانگین مقدار هدایت الکتریکی در محدوده مورد بررسی از 1260 ± 538 میکرو زیمنس بر سانتیمتر تا 1107 ± 672 میکرو زیمنس بر سانتیمتر متغیر بود. کمترین مقدار سختی کل (برحسب کربنات کلسیم) در ایستگاه‌های تعیین شده در ایستگاه دیسم به مقدار 297 ± 82 میلی گرم در لیتر و حداکثر آن در ایستگاه مصب (پاسگاه حراست) و به مقدار 350 ± 18 میلی گرم در لیتر اندازه گیری شد.

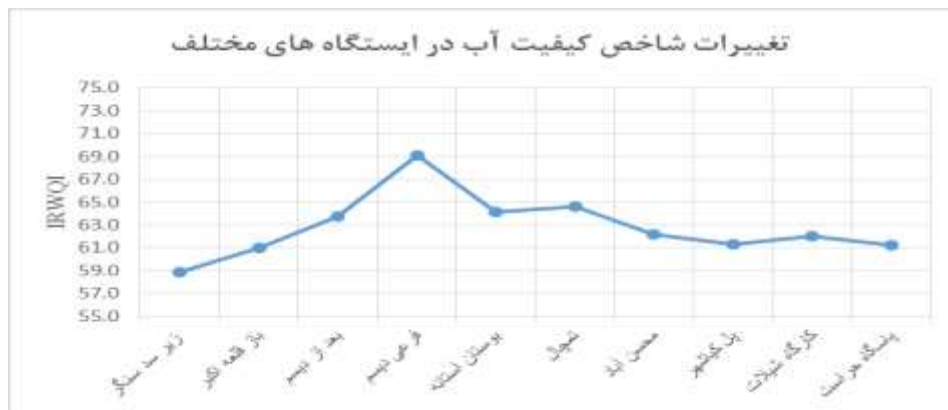
جدول ۲: میانگین سالانه عوامل فیزیکی و شیمیایی در سفیدرود در سال ۱۴۰۱

parameter	BOD5	HCO ₃ -	P-PO ₄	T.P	T.N	Turbidity
unit	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	(Ftu)
Average	1.9	283.6	0.048	0.094	1.541	43
STDEV	1.02	38.02	0.017	0.024	0.241	70

parameter	N-NO ₃	N-NO ₂	T.h	DO	pH	EC
unit	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l		(μ s/cm)
Average	0.690	0.014	318.1	9.0	8.3425	1192
STDEV	0.155	0.008	58.21	0.51	.22	568.08



شکل ۲: نمودار تغییرات برخی عوامل فیزیکی و شیمیایی



شکل ۳: نمودار تغییرات سالانه شاخص کیفیت آب در سفیدرود طی سال ۱۴۰۱

جدول ۳: مقادیر شاخص کیفیت و معادل توصیفی آن (EPA iran,2011)

مقدار شاخص	< ۱۵	۱۵-۳۰	۳۱-۴۵	۴۵-۵۵	۵۶-۷۰	۷۱-۸۰	> ۸۵
معادل توصیفی	خیلی بد	بد	نسبتاً بد	متوسط	نسبتاً خوب	خوب	بسیار خوب

۴- بحث و نتیجه گیری

با توجه به نتایج حاصل از این مطالعه مقدار عددی دامنه شاخص کیفیت آب ($IRWQI_{SC}$) در طول سال در ایستگاه های مختلف بین ۵۸/۹ تا ۶۹/۱ متغیر بود. میانگین عددی این شاخص کیفیت، برابر $۶۲/۸ \pm ۲/۸$ بود. با توجه به جدول توصیفی شاخص ها (جدول شماره ۳)، شاخص کیفیت آب در رودخانه سفیدرود طی این بررسی در طبقه نسبتاً خوب قرار می گیرد. همانگونه که در نمودار تغییرات شاخص کیفیت آب (شکل ۳) قابل مشاهده است، بعد از سد سنقر تا ایستگاه ۴ یک روند افزایشی نسبی در این شاخص دیده میشود که این بهبود کیفیت آب مقطعی بوده و ممکن است در اثر خود پالایی آب صورت گرفته باشد. به عبارتی آب خروجی از سد سنقر بعد از آنکه در مسیر رودخانه جاری می گردد در اثر جریان و قرارگرفتن در معرض هوا، به نوعی اکسیژن دهی شده و با شکل گیری فرایند خودپالایی بهبود در کیفیت آب صورت می گیرد. این نتایج با تحقیقی که مروت دوست و همکاران تحقیقی در سال ۱۳۹۴ در رودخانه سفیدرود انجام دادند مطابقت دارد که بیان شده میانگین شاخص WQI در رودخانه سفیدرود برابر ۶۹/۱۹ و در محدوده متوسط قرار دارد. همچنین از ایستگاه خروجی سد سفیدرود تا ایستگاه نزدیک سد تاریک در طول مسیر رودخانه به دلیل ورود حجم بالایی از انواع مختلف فاضلابها، کاهش کیفیت محسوسی دیده می شود که وضعیت آن را برای شرب نامطلوب می سازد.

در تحقیقات مشابهی که توسط متحدین و عبدوس (۱۴۰۰) در حبله رود انجام شد، کیفیت آب این رودخانه را بر اساس شاخص کیفیت منابع آب سطحی ایران ($IRWQI_{SC}$) بررسی نمودند و نشان دادند که عوامل pH ، EC ، فسفات، نترات، کدورت به ترتیب بیشترین سهم مشارکت را در پارامتر $IRWQI_{SC}$ داشتند. دسی و همکاران (۲۰۲۴) در رویکردی یکپارچه به ارزیابی کیفیت آب در حوضه های آبریز آفریقا بر اساس شاخص های فیزیکی و شیمیایی و بیولوژیکی پرداختند و بیان کردند که به جز pH ، تمام پارامترهای اندازه گیری شده دارای تغییرات فصلی معنی داری بودند و بنابراین بررسی پارامترهای فیزیکی و شیمیایی به تنهایی ممکن است ناکافی باشد و نظارت بیولوژیکی باید گنجانده شود. رن و همکاران (۲۰۲۲) به ارزیابی هیدروشیمیایی کیفیت آب و عوامل موثر بر آن در حوضه دریاچه داخلی بسته شمال چین پرداختند. نتایج آنها نشان

داد ترکیبات هیدروشمیایی آب های زیرزمینی، آب چشمه و آب رودخانه عمدتاً تحت تأثیر هوازدگی سنگ (سیلیکات و کربنات) و تبادل کاتیونی قرار گرفتند و فعالیت های کشاورزی منابع اصلی نترات آب های زیرزمینی بودند.

مقدار میانگین pH در سفیدرود برابر $7/94 \pm 0/36$ اندازه گیری شد. نتایج نشان داد که بعد از ایستگاه سد سنگر تغییرات اسیدیته روند افزایشی در حد ۰/۲ را نشان داد. حد مطلوب pH از نظر سازمان استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران بین ۷ تا ۸/۵ است و حد مقدار مجاز pH از نظر این سازمان ۶/۵ تا ۹/۲ است. از نظر سازمان حفاظت محیط زیست ایران حد مجاز تخلیه به دریای خزر آب با pH بین ۶-۹ است (سازمان حفاظت محیط زیست ایران، ۱۳۹۹). یکی از عوامل عمده و مهم تغییر pH در منابع آبی، وجود یا عدم وجود کربنات و بی کربنات است. خاصیت قلیایی آب های شیرین بطور کلی در اثر بی کربنات های کلسیم و منیزیم و گاهی بی کربنات های پتاسیم و سدیم محلول در آب بوجود می آید در آب هایی که درجه قلیایی آنها بسیار زیاد است، کربنات ها نیز همراه با بی کربنات ها دیده می شوند. میزان کربنات کلسیم موجود در اکثر آب های معمولی بین حداقل ۵ تا حداکثر ۲۰۰ میلیگرم در لیتر متفاوت است (عابدینی، ۱۳۹۹).

نتایج تحلیلی رحمان و همکاران (۲۰۲۱) در رودخانه شهری (بنگلادش) نشان داد که ۴۰ درصد از شاخص های کیفی آب در محدوده های مجاز پیشنهاد شده توسط سازمان های مختلف است و کدورت، TDS، BOD5، COD، EC، DO و Cl- عمدتاً مسئول ایجاد آلودگی بودند و از طریق تخلیه فاضلاب های صنعتی ایجاد می شدند. با تغییر دمای فصلی و افزایش بارندگی، آب فصلی رودخانه تورگ روند خود پالایشی را به شرح زیر دنبال کرد: فصل بارانی < پیش از زمستان < تابستان < زمستان. اوستاقلو و همکاران (۲۰۲۱) به بررسی وضعیت کیفیت آب رودخانه ترمه پرداخته و نتیجه می گیرد وجود فشارهای انسان ساخته باعث خطراتی برای اکوسیستم و کیفیت آب می شود. تغییرات فیزیوشیمیایی نیز نشان می دهد افزایش غلظت یون ها در مناطق پایین دست رودخانه در ماه های تابستان و پاییز مشاهده شد. تغییرات مهم در کیفیت آب از منابع نقطه ای و پراکنده ناشی از انواع سنگ در حوضه، فرسایش خاک، دفع فاضلاب های خانگی و جریان کشاورزی کودهای معدنی است. با این وجود میانگین شاخص کیفیت آب نشان داد که کیفیت کلی آب رودخانه ترمه خوب است و در نتیجه گیری نهایی بیان کردند تغییرات مهم در کیفیت آب ناشی از منابع نقطه ای و پراکنده باعث افزایش خطرات برای سلامتی انسان و اکوسیستم می شوند. هولادر و همکاران (۲۰۲۱) به ارزیابی کیفیت آب و منابع آلودگی رودخانه سورما، بنگلادش با استفاده از روش های هیدروشمیایی، آماری چند متغیره و شاخص کیفیت آب پرداختند. نتایج نشان می دهد که مقادیر متوسط برخی از اجزاء مانند pH، اکسیژن محلول، آهن، کل جامد محلول و کل جامد در محدوده استاندارد یافت می شود. در حالی که نیاز بیولوژیکی اکسیژن، تقاضای اکسیژن شیمیایی، کل جامد معلق، دی اکسید کربن و کدورت بالاتر از حد استاندارد است. مقدار WQI نشان می دهد که کیفیت آب ضعیف در رودخانه وجود دارد و به ویژه، جریان میانی رودخانه بسیار آلوده است.

استفاده از شاخص های کیفی آب علاوه بر اینکه در ارزیابی اکولوژیکی منابع آبی موثر واقع می شود، می توان از آنها در مواردی همچون محل های مناسب رهاکرد بچه ماهیان جهت باز سازی ذخایر آبیان استفاده کرد. از عوامل دیگر بهبود مقطعی کیفیت آب می توان اثر افزوده شدن شاخه های فرعی را مد نظر قرار داد که کیفیت آب بهتری دارند. همانگونه که در شکل ۳ نشان داده شده در بین تمام ایستگاه های مطالعاتی، بالاترین کیفیت آب در شاخه فرعی دیسم مشاهده شد. در مشاهدات عینی این شاخه فرعی اغلب دارای آب نسبتاً شفاف بود و حتی در بعضی موارد که آب رودخانه سفیدرود در اثر سیلاب گل آلود بود کدورت و گل آلودگی این شاخه فرعی خیلی کمتر بود. این موضوع به وضوح در نمودار تغییرات ایستگاهی کدورت نشان داده شده است. عامل مهم دیگر در تغییرات کیفیت آب، ورود و یا عدم ورود پساب های ناشی از فعالیت های انسانی است. هر چند

در شرایط معمول مقادیر عددی عواملی همچون دمای آب، اکسیژن محلول، هدایت الکتریکی، سختی کل، مقدار pH شفافیت آب در رودخانه سفیدرود در حدی است که مشکلی را برای بچه ماهیان ایجاد نمیکنند (عباسی و همکاران، ۱۳۹۴)، اما در وضعیت های بحرانی مانند مواقع سیلابی و مواقعی که جریان های فاضلابی به صورت لحظه ای به رودخانه تخلیه می شود، نه تنها عوامل فیزیکی و شیمیایی آب تحت تاثیر قرار خواهند گرفت، بلکه برحیاط زیستمدان و خصوصاً بچه ماهیان اثر منفی خواهد گذاشت.

مطالعات شرکت سهامی آب منطقه ای گیلان (۱۳۸۸) نشان می دهد که مهم ترین منشأ آلودگی در سفیدرود محدوده سد منجیل تا دریا شامل پساب کارخانجات روغن کشی سفیدرود، روغن کشی گنجه، کشتارگاه منجیل، ریسندگی گنجه، فاضلابها و روان آب های شهرهای رودبار، آستانه و کیاشهر و همچنین پسابهای روستایی و زهکش های کشاورزی حاصل از کودها و سموم دفع آفات نباتی توسط کشاورزان منطقه می باشد. نمونه این پساب ها، شیرابه خارج شده از حجم عظیمی از زباله است که در محل روستای کشل آزاد سرا وارد رودخانه سپیدرود می شود. روزانه ۳۰ الی ۴۰ تن زباله در شهرستان آستانه اشرفیه تولید شده و تمامی این زباله ها به محل دیو زباله در روستای کشل آزاد سرا برده شده و در آنجا ریخته می شود. منطقه دیوی زباله در کشل آزاد سرا از توابع شهرستان آستانه اشرفیه و درحاشیه سفیدرود است. مشاهدات میدانی در دید اول همه را به یاد منطقه سراوان می اندازد که کوه چند ده متری زباله، بوی متعفن، حضور حشرات موذی و شیرابه های روان شده به منابع آبی سرازیر می شود؛ اما اینجا سراوان جدید گیلان است که به دلیل اقدام نادرست و اشتباه ادارات دخیل در این امر، طی ۲۰ سال گذشته ایجاد شده است، در حالی که تمهیدات زیست محیطی در آن دیده نشده است. باید اذعان نمود که توان خود پالایی رودخانه ها در طول تاریخ بشدت کاهش یافته و دیگر قادر نیستند همانند گذشته مواد زاید ریخته شده را تجزیه و هضم نمایند و اکسیژن محلول در آنها کاهش یافته و حتی برخی از ماهیان در اثر شدت آلودگی و دخالت های انسانی رو به نابودی نهاده اند.

منابع

۱. جمشیدی، ش.، ونیک سخن، م. ح.، (۱۳۹۴). تخصیص بهینه بار آلودگی بر مبنای الگوی تجارت کیفیت آب در پائین دست رودخانه سفیدرود. مدیریت آب و آبیاری، ۵(۲)، ۲۴۳-۲۵۹.
۲. خلیفه، س.، خوش نظر، ع.، (۱۳۹۷). بررسی کیفیت رودخانه زرینه رود با استفاده از شاخص استاندارد کیفیت منابع آب سطحی ایران، علوم و مهندسی آب و فاضلاب. ۳(۱). صفحه ۳۴-۲۲. doi: 10.22112/jwwse.2018.128117.1081
۳. دریکنود، ا؛ و فرجی سینا، ک. (۱۳۸۹). بررسی و مطالعه کیفیت آب رودخانه سفیدرود از دیدگاه توان خودپالایی رودخانه، چهارمین همایش و نمایشگاه تخصصی مهندسی محیط زیست، تهران، صفحات ۶-۱.
۴. سازمان حفاظت محیط زیست ایران، (۱۳۹۹)، استاندارد تخلیه به دریا های ایران، صفحات ۱-۱۵.
۵. شرکت سهامی آب منطقه ای گیلان، (۱۳۸۸). مطالعات کمی و کیفی منابع آب در محدوده دشت آستانه و کوچصفهان. جلد ۱ و ۲.
۶. شمسایی، ا.، زارع، ص؛ و سازنگ، ا. (۱۳۸۴). بررسی تطبیقی شاخصهای کیفی و پهنه بندی کیفی رودخانه کارون و دز، نشریه آب و فاضلاب، ۳۹: ۴۸-۵۵.
۷. عابدینی، ع.، باقری، س.، پورنگ، ن.، رامین، م.، علیزاده ثابت، ح.م.و ... (۱۳۹۹). گزارش نهایی پروژه پایش عوامل هیدرو شیمیایی و تعیین شاخص کیفیت آب دریاچه شهدای خلیج فارس (چیتگر). سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی ایران. شماره فروست ۵۸۴۹۵. ص ۳۹.
۸. عباسی، ک.، عبدالملکی، ش.، کیمرام، ف.، پرافکنده، ف.، مرادی، م.، فدایی، ب.، سرپناه، ع.، سبک آرا، ج.، مکارمی، م.، خطیب، س.، قانع، ا.، عابدینی، ع.، زحمتکش، ی.، ماهی صفت، ف.، صیادرحیم، م؛ و نیک پور، م.، (۱۳۹۴).

- گزارش نهایی پروژه بررسی وضعیت زیستی بچه ماهیان سفید رهاسازی شده در رودخانه سفیدرود. سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی ایران، کد ثبت ۴۷۵۰۶، ۱۵۲ صفحه.
۹. متحدین، پ.، عبدوس، ا.، (۱۴۰۰). بررسی کیفیت آب رودخانه حبله رود با استفاده از شاخص کیفیت منابع آب سطحی ایران (IRWQISC) و روش سطح پاسخ. تحقیقات منابع آب ایران، (۳)۱۷، ۱-۱۹.
۱۰. مروت دوست انارکولی، م.، حائری پور، س.، و امیرنژاد، ر.، (۱۳۹۴). بررسی کیفیت آب رودخانه سفیدرود در محدوده شهرستان رودبار. اکوبیولوژی تالاب (تالاب)، ۷(۲۵)، ۳۳-۴۲. <https://sid.ir/paper/174804/fa>.
۱۱. میرمشتاقی، س. م. (۱۳۹۰). بررسی تغییرات کیفی آب رودخانه سفیدرود بر اساس شاخص کیفیت آب، NSFQI، پایان نامه کارشناسی ارشد آلودگی محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تنکابن، صفحات ۴۱-۸.
۱۲. واردی، ا.، و فضلی، ح.، (۱۳۸۴). بررسی کیفیت آب برخی از رودخانه های استان مازندران طی دوره رهاسازی بچه ماهی سفید. مجله علمی شیلات ایران، ۱۴(۳)، ۱۶۷-۱۸۲. SID. <https://sid.ir/paper/5179/fa>.

13. APHA. (2005). American Public Health Association. Lenore S. Clescerl, Arnold E. Greenberg, Andrew D. Eaton, Editors., American Water Works Association, Water Environment Federation. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21st ed. Washington, DC.
14. Dessie, B.K., Aschale, M., Polaine, X., Melaku, S., Alamirew, T., Walsh, C.L., Werner, D. and Zeleke, G. (2024). An integrated approach for water quality assessment in African catchments based on physico-chemical and biological indicators. *Science of The Total Environment*, 908, p.168326.
15. Hua, K., Xiao, J., Li, S., & Li, Z. (2020). Analysis of hydro chemical characteristics and their controlling factors in the Fen River of China. *Sustainable Cities and Society*, 52, 101827.
16. Rahman, A., Jahanara, I., & Jolly, Y. N. (2021). Assessment of physicochemical properties of water and their seasonal variation in an urban river in Bangladesh. *Water Science and Engineering*, 14(2), 139-148.
17. Liu, J., Gao, Z., Feng, J. and Wang, M. (2023). Identification of the hydro chemical features, genesis, water quality and potential health hazards of groundwater in Dawen River Basin, North China. *Ecological Indicators*, 149, p.110175.
18. Ustaoglu, F., Taş, B., Tepe, Y., & Topaldemir, H. (2021). Comprehensive assessment of water quality and associated health risk by using physicochemical quality indices and multivariate analysis in Terme River, Turkey. *Environmental science and pollution research*, 28(44), 62736-62754.
19. Ren, X., Yu, R., Kang, J., Li, X., Wang, R., Zhuang, S.... & Zhang, X. (2022). Hydrochemical evaluation of water quality and its influencing factors in a closed inland lake basin of Northern China. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 10, 1005289.
20. Howladar, M. F., Chakma, E., Koley, N. J., Islam, S., Al Numanbakth, M. A., Ahmed, Z & Akter, S. (2021). The water quality and pollution sources assessment of Surma River, Bangladesh using, hydrochemical, multivariate statistical and water quality index methods. *Groundwater for sustainable development*, 12, 100523.
21. Samantray, P., Mishra, B.K., Panda, C.R. and Rout, S.P. (2009). Assessment of water quality index in Mahanadi and Atharabanki Rivers and Taldanda Canal in Paradip area, India. *Journal of Human Ecology*, 26(3), pp.153-161.
22. The Iranian Environment Protection Agency., (2011). "Iran water quality index for surface water resources-conventional parameters (IRWQISC)", <https://www.doe.ir/Portal/file/?66074>

23. Wilkinson, J.L., Boxall, A.B., Kolpin, D.W., Leung, K.M., Lai, R.W., Galbán-Malagón, C., Adell, A.D., Mondon, J., Metian, M., Marchant, R.A. and Bouzas-Monroy, ..., A., Pourang, N., Abedini, A., Abdullah, O., ... (2022). Pharmaceutical pollution of the world's rivers. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 119(8), p.e2113947119.

Water Quality Index (WQI) in Sefidroud in the area of the Sangar Dam to the Caspian Sea

Ali Abedini^{1*}, Alireza Mirzajani¹, Hadi Babaei Syahgol¹ Ahmad Ghane Sasansaraie¹

¹ *Inland water Aquaculture Research Center, Iranian Fisheries Science Research Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Bandar Anzali, Iran*
**Corresponding author*

Abstract

Sefidroud is the second longest river in Iran located in the north of the country. Two rivers Shahrood and Qezel Ozan rivers which join together and formed the Manjil lake dam. After this dam, a river called Sefidroud flows towards the Caspian Sea. It has a special importance in the survival of Caspian anadromous fish however until Lake Manjil, there have been constructed two dams Tarik and Sangar dams which are barriers against the fish migration. In this study, the water quality of Sefidroud was assessed in ten points from March 2022 to January 2023. The standard methods for testing water, provided by the American Public Health Association, was used for water analysis. The most important parameter including TH, HCO₃, DO, TN, TP were measured 318.1±58.2, 338.1±99.4, 10.1±1.0, 1.649±0.397, 0.094±0.018 mg/l respectively. Also the variation range of water temperature, turbidity and pH were 28.0-8.2 °C, 297-1 NTU, 8.71-7.12 respectively. According to the results, the numerical value of the water quality index range (IRWQI_{SC}) varied between 58.9 and 1.69 and its average was equal to 62.8±2.8 which is descriptively placed in the r goodish water category. The entry of sewage, water exploitation activities and removal of sand from the river bed can be instantaneously caused by the increase of suspended materials and the increase of pollutants so change the water quality index, Therefore, it reduces the desirability of water.

Keywords: Sefid Rood, water quality, WQI, chemical factors
