

Quality Assessment of Takab Sarugh River Right Branch by Wilcox Index and Its Zoning Using Geographical Information System, 2011

Edris Hoseinzadeh¹,
Naser Rahimi²,
Ali Reza Rahmani³,
Leila Ezzati⁴

¹ Lecturer, Nutritional Health Research Center (NHRC), Department of Environmental Health Engineering, Faculty of Health, Lorestan University of Medical Sciences, Khorramabad, Iran

² MSc in Environmental Health Engineering, Takab Health Center, Urmia University of Medical Sciences, Takab, Iran

³ Professor, Department of Environmental Health Engineering, Faculty of Public Health, Research Center for Health Sciences, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran

⁴ Takab Education Organization, Takab, Iran

(Received March 4, 2012 ; Accepted June 26 , 2012)

Abstract

Background and purpose: Using Water Quality Indices are necessary for monitoring the quality of water in various applications, including agriculture. This study aimed to assess the quality of Takab Sarugh river right branch by WILCOX index.

Materials and methods: In this cross sectional study some quality parameters including water temperature, sodium, calcium, magnesium, total hardness, pH, electrical conductivity, sodium adsorption rate, total dissolved solids were measured monthly in five stations located along the river during spring and summer 2011. EC and SAR levels changes toward river discharge were determined for each station. Also, quality of water in each station was determined using WILCOX diagram and geographical information system.

Results: The maximum SAR and EC values (1.3 and 1368 s/cm μ , respectively) were found in station C in September, while the lowest values were seen in station A in May. Results showed that the concentration of parameters decreased when the river flow increased. Based on SAR index the quality of water was in class S1 (low alkaline risk) and the EC was fluctuating between C₁, C₂, C₃ classes (salinity risk: low, medium, and high, respectively).

Conclusion: The results showed that quality class of river water in low water season decreased into moderate class from good and excellent classes. Probably sedimentary rocks, limestone springs and effluent of a gold extraction factory located in the studied area resulted in declining quality of water.

Keywords: Water quality, WILCOX Index, GIS

بررسی کیفیت شاخه راست رودخانه ساروق تکاب بر اساس شاخص ویلکوکس و پهنه بندی آن توسط سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) در سال ۱۳۹۰

ادریس حسین زاده^۱ناصر رحیمی^۲علیرضا رحمانی^۳لیلا عزتی^۴

چکیده

سابقه و هدف: استفاده از شاخص های کیفی آب جهت پایش رودخانه ها و تعیین صلاحیت مصرف آن ها برای کاربردهای مختلف از جمله کشاورزی امری لازم و ضروری است. این مطالعه با هدف بررسی کیفیت آب شاخه راست رودخانه ساروق شهرستان تکاب با استفاده از شاخص ویلکوکس انجام شده است.

مواد و روش ها: در این مطالعه مقطعی پارامترهای کیفی قابل سنجش شامل دما، سدیم، کلسیم، منیزیم، سختی کل، pH، هدایت ویژه آب (EC)، نسبت جذب سدیم (SAR) و کل جامدات محلول در ۵ ایستگاه مستقر در طول رودخانه به طور ماهیانه طی فصول بهار و تابستان ۱۳۹۰ اندازه گیری شدند. تغییرات EC و SAR با دبی رودخانه مشخص گردید و کیفیت آب هر ایستگاه از روی دیاگرام ویلکوکس و نرم افزار GIS تعیین شد.

یافته ها: بیشترین SAR و EC با مقادیر ۱/۳ و ۱۳۶۸ $\mu\text{s}/\text{cm}$ برای ایستگاه بعد از تلاقی سر شاخه زره شوران (C) در شهریور ماه و کمترین مقدار آن ها برای ایستگاه سرشاخه بلیس (A) در اردیبهشت ماه به دست آمد. نتایج نشان داد با افزایش دبی رودخانه، غلظت پارامترهای اندازه گیری شده کاهش می یابد. کیفیت آب رودخانه بر اساس SAR در کلاس S₁ (خطر قلیایی شدن کم) و بر اساس EC بین کلاس های C₁، C₂، C₃ (خطر شوری کم، متوسط و زیاد) در نوسان بود.

استنتاج: نتایج مطالعه نشان داد که کلاس آب در فصل کم آبی از خیلی خوب و خوب به متوسط کاهش یافته است. احتمالاً وجود سنگ های رسوبی، چشمه های آهک ساز و پساب کارخانه های استحصال طلای موجود در منطقه در کاهش کیفیت آب رودخانه نقش داشته اند.

واژه های کلیدی: کیفیت آب، شاخص ویلکوکس، GIS

مقدمه

می باشد که این پایش ها، مشکلات آب را بررسی و مدارک مستند و رسمی را به عموم مردم یا سازمان های ذینفع ارائه می نماید. از جمله روش های بسیار ساده

یکی از گام های اصلی مدیریت کیفیت رودخانه ها، شناسایی و پایش آن ها به منظور شناخت کیفیت آب آن ها جهت متناسب بودن برای مصارف مختلف

E-mail: n1352@yahoo.com

مؤلف مسئول: ناصر رحیمی - ارومیه: دانشگاه علوم پزشکی ارومیه، مرکز بهداشت شهرستان تکاب

۱. مربی، مرکز تحقیقات بهداشت تغذیه (NHRC)، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت و تغذیه، دانشگاه علوم پزشکی لرستان، خرم آباد، ایران

۲. کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت محیط، مرکز بهداشت شهرستان تکاب، دانشگاه علوم پزشکی ارومیه، ارومیه، ایران

۳. استاد، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران

۴. آموزش و پرورش شهرستان تکاب، تکاب، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۱۲/۱۴ تاریخ ارجاع جهت اصلاحات: ۱۳۹۲/۲/۲۸ تاریخ تصویب: ۱۳۹۲/۴/۵

و دور از پیچیدگی‌های ریاضی و آماری که می‌تواند شرایط کیفی آب را بازگو کند استفاده از شاخص‌های کیفی آب می‌باشد که نتایج را با ترکیب داده‌های عددی مربوط به اندازه‌گیری پارامترهای کیفی آب، به صورت سریع و قابل فهم ارائه می‌نماید. در این روش می‌توان شاخص مربوط به کیفیت آب را نسبت به حالت استاندارد آن ارزیابی نمود و به میزان تأثیر فعالیت‌های انسان بر کیفیت کلی آب پی برد(۱).

شاخص‌های کیفی آب در پنج دسته طبقه‌بندی می‌شوند که شامل شاخص‌های عمومی، مصارف ویژه، طراحی، آماری و بیولوژیکی می‌باشند(۲). در کشورمان به دلیل عدم وجود استانداردهای ملی در خصوص کاربری آب رودخانه‌ها جهت کشاورزی، از شاخص‌ها و برخی استانداردها و رهنمودهای معتبر بین‌المللی مانند FAO (Food and Agriculture Organization) برای تفسیر کیفیت آب خام مورد استفاده در کشاورزی استفاده می‌شود که یکی از شاخص‌های مهم در این زمینه، شاخص ویلکوکس می‌باشد. طبقه‌بندی ویلکوکس در سال ۱۹۴۸ توسط ویلکوکس ارائه گردیده و سه سال بعد توسط تورن تکمیل شده است. این شاخص امروزه روش بسیار متداولی در طبقه‌بندی آب‌ها به لحاظ کشاورزی محسوب می‌گردد. در این طبقه‌بندی دو عامل هدایت الکتریکی و نسبت جذب سدیم لحاظ شده که هر یک از آن‌ها به چهار قسمت تبدیل می‌گردند که در مجموع باعث پدید آمدن ۱۶ گروه می‌گردد. به عبارتی پهنه‌بندی کیفیت آب رودخانه‌ها با GIS و شاخص ویلکوکس، مناطقی را که برای مصارف مختلف از جمله آبیاری مناسب هستند، مشخص می‌کند(۳).

در تحقیقی که رحمانی و همکاران در سال ۱۳۸۵ جهت ارزیابی کیفیت آب رودخانه‌های جاری در دشت همدان بهار برای آبیاری بر مبنای دیاگرام ویلکوکس انجام دادند، به مدت یک سال در ۱۳ ایستگاه پارامترهای هدایت ویژه آب، سدیم، کلسیم، منیزیم و pH آب را

اندازه‌گیری نمودند و نتایج نشان داد که در مناطق میانی و پایین دست به دلیل افزایش تدریجی آلاینده‌ها کیفیت رودخانه کاهش پیدا کرده اما با توجه به پراکنش نقاط روی دیاگرام ویلکوکس کیفیت آب رودخانه‌های مورد بررسی برای آبیاری در کلاس خوب و متوسط قرار داشتند(۴).

در سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۰۳ Sundaray و همکاران در یک مطالعه موردی در هند که بر روی رودخانه Mahanad انجام دادند، کیفیت رودخانه را جهت مناسب بودن برای مصارف کشاورزی برای ۶ دوره زمانی مختلف در ۳۱ ایستگاه بررسی نمودند و با استفاده از روابط ریاضی و پارامترهایی چون نسبت جذب سدیم، کربنات سدیم باقی مانده، قابلیت نفوذپذیری آب در خاک و میزان منیزیم، شایستگی آب را جهت در مصرف کشاورزی محاسبه نمودند که نتایج به دست آمده با دیاگرام ویلکوکس مطابقت داشت. بر اساس شاخص ویلکوکس تمامی نمونه‌های نواحی مختلف این مطالعه در دسته‌بندی عالی تا خوب (شوری کم تا متوسط با سدیم کم) قرار داشت که برای تمام خاک‌ها و نیز محصولات حساس به شوری مناسب بود(۵).

در پژوهشی که توسط Sutharsiny در سال ۲۰۱۱ در خصوص بررسی کیفیت آب آب‌خوان دشت Chunnakam سریلانکا صورت گرفت آب‌های ۲۴ حلقه چاه در طول ۵ دوره زمانی بررسی و نتایج نسبت جذب سدیم و کربنات سدیم باقی مانده نشان دادند که آب چاه‌ها برای کشاورزی مناسب است. دیاگرام شوری نشان داد که ۱۶ درصد نمونه‌ها شوری متوسط و خطر قلیایی شدن کم را دارند و این آب‌ها را جهت کشاورزی در تمام خاک‌هایی که خطر افزایش تعویض سدیم در آن‌ها کم است می‌توان استفاده نمود. ۲ درصد از چاه‌های مورد بررسی به علت زیاد بودن شوری و خطر سدیم، جهت کشاورزی مناسب نبودند(۶).

در مطالعه توصیفی و موردی فرید گیگلو و همکاران، داده‌های موجود در ایستگاه زرین گل واقع در رودخانه

می تواند نقطه قوت مطالعه حاضر نسبت به سایر مطالعات مشابه انجام شده باشد. هم چنین بر اساس منابع در دسترس و جست و جوی انجام شده تا به حال مطالعه ای به منظور بررسی کیفیت آب با مصرف کشاورزی بر روی رودخانه ساروق تکاب انجام نشده است و نتایج این مطالعه تا حدودی می تواند به تبیین اهمیت این موضوع کمک نماید.

مواد و روش ها

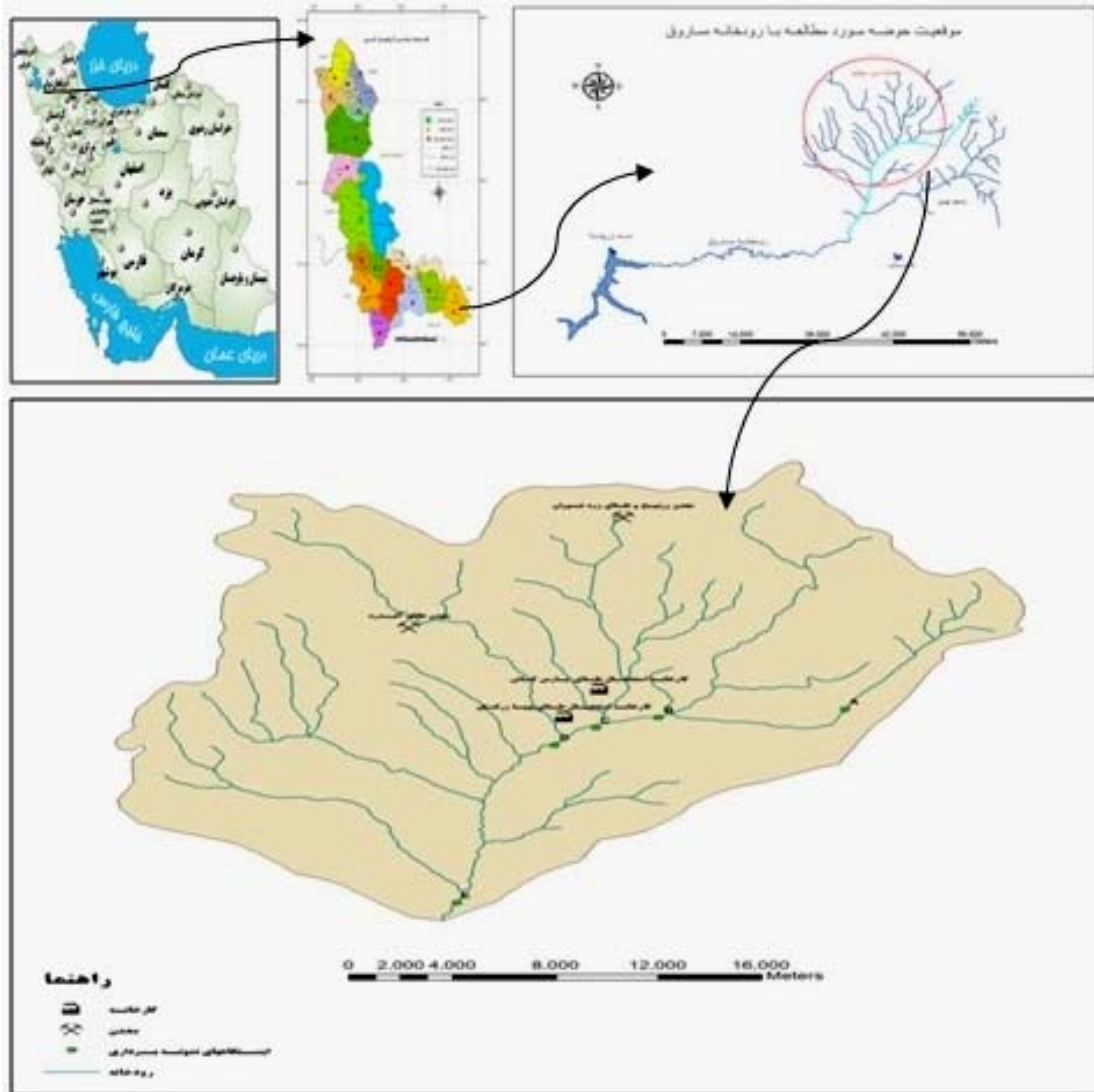
این مطالعه به صورت مقطعی میدانی طی فصول بهار و تابستان ۱۳۹۰ انجام شد.

در حوزه مورد مطالعه بر روی سنگ های دگرگون شده (شیست، گنایس و آمفیولیت)، به ترتیب رسوبات سازند قرمز زیرین، نهشته های دریایی سازند قم، رسوبات قاره ای و تبحیری قرمز بالایی و نهشته های تراورتن وجود دارد که وسعت زیادی از منطقه به وسیله تراورتن که جزء سنگ های کربناته است، پوشیده شده و سنگ های آهنی با ۶۰ درصد کربنات کلسیم که اشکال کارستی گوناگونی را ایجاد کرده اند نیز در منطقه وجود دارد (۹). معادن فلزات گرانبهای زره شوران و آق دره که طلای آنها در کارخانه های است حاصل طلای موجود در منطقه که متعلق به شرکت های پویازرکان و پارس کانی می باشد نیز در محدوده مورد مطالعه قرار گرفته اند که در تصویر شماره ۱ موقعیت آنها با شاخه راست رودخانه ساروق نشان داده شده است (۱۰).

بعد از بازدیدهای میدانی انجام گرفته از حوضه و بررسی نقشه ۱/۵۰۰۰۰ رودخانه، با در نظر گرفتن موقعیت منابع آلاینده نقطه ای و غیر نقطه ای با شاخه های فرعی رودخانه و نیز توجه به عرض و عمق رودخانه جهت یکسان بودن شرایط جریان در محدوده بالا و پایین دست آن، ۵ ایستگاه نمونه برداری (۱ ایستگاه در اول آب راه، ۱ ایستگاه بعد از چشمه های آهک ساز موجود در منطقه، ۲ ایستگاه بعد از کارخانه ها و معادن فلزات گرانبها و ۱ ایستگاه در انتهای آب راه مورد

گزرگان رود استان گلستان با ترسیم نمودارهای پایپر، شولر، ویلکو کس، دروو، گیسواستیف، آنالیز کیفی آب صورت پذیرفت. نتایج مطالعه آنها نشان داد که آب رودخانه زرینگل مربوطه تیپ آب های شور مزه بوده و به سمت کلرید تمایل دارد. یون های کلسیم و منیزیم نقش مهمی در تعیین تیپ آب رودخانه داشته اند. آب این رودخانه از نظر شرب در حد متوسط به پایین ارزیابی شد که در کلاس C3S1 قرار داشته و برای آبیاری زمین های درشت بافت و با زه کشی خوب مناسب می باشد (۷). در مطالعه توصیفی - مقطعی که توسط رحیمی و همکاران بر روی رودخانه ساروق به منظور بررسی میزان و نحوه انتقال سیانور به شاخه راست رودخانه ساروق وقت کابو پهنه بندی نتایج حاصله توسط سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) انجام شده، نتایج نشان داد مقدار سیانور در ایستگاه های بالا دست کارخانه ها پایین تر از حد تشخیص بود در حالی که بیش ترین غلظت سیانید ($0/28 \text{ mg/l}$) و سدیم ($74/93 \text{ mg/l}$) در ایستگاه C (پایین تر از کارخانه پارسکانی) مشاهده گردید. غلظت سیانور در ایستگاه D (پایین تر از کارخانه پویازرکان) افت ناگهانی داشت. براساس نتایج مطالعه مذکور ریزش های جوی می تواند باعث سر ریز شدن محتویات سد باطله پارس کانی به رودخانه شود. نتایج این مطالعه نشان داد که میزان سیانور آب رودخانه در نزدیکی کارخانه های است حاصل طلا بالاتر از حد استاندارد بوده و کنترل نشتی آن ضروری است (۸).

مطالعه حاضر بر روی آب شاخه راست رودخانه ساروق شهرستان تکاب با هدف تعیین کیفیت آب جهت کشاورزی در طول رودخانه با استفاده از شاخص ویلکو کس صورت گرفته و عوامل تأثیرگذار بر تغییر کیفیت آب کشاورزی شناسایی شده است. در این مطالعه متفاوت با سایر مطالعات مشابه جهت ایجاد ارتباط یک پارچه بین داده ها و اطلاعات مکانی، کلاس آب جهت کشاورزی در طول رودخانه با سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) پهنه بندی گردیده است که



تصویر شماره ۱: موقعیت قرار گیری رودخانه مورد مطالعه با کارخانه ها و معادن موجود در منطقه

مکعب بر ثانیه، برای دستیابی به بهترین نتیجه، نمونه‌ها به صورت ترکیبی از ۳ نقطه از عرض رودخانه برداشت شده و جهت آزمایش پارامتر مورد نظر به آزمایشگاه منتقل می‌گردید. در نمونه‌برداری و انتقال آن‌ها به آزمایشگاه شیمی آب و فاضلاب، به عوامل تأثیر گذار بر کیفیت نمونه‌ها شامل صحت نمونه‌برداری، آلودگی نمونه‌ها، آلودگی تجهیزات، اندازه نمونه‌ها، رعایت فاصله زمانی بین جمع‌آوری، انتقال به آزمایشگاه و شرایط حمل و نقل توجه شد. از هر ایستگاه نمونه برداری یک نمونه و به صورت هر ۱۰ روز تهیه می‌گردید و بنابراین در دوره زمانی نمونه برداری (فروردین تا شهریور سال

مطالعه) انتخاب و مختصات آن‌ها با گیرنده GPS تنظیم شده بر روی سیستم Universal Transverse Mercator (UTM) یادداشت گردید که در جدول شماره ۱ مشخصات ایستگاه‌های مورد مطالعه ارائه گردیده است. برای نمونه برداری از روش استاندارد و بین‌المللی مربوط به نمونه‌برداری از آب‌های سطحی یعنی روش نمونه برداری لحظه‌ای و به صورت منظم (Sistematic) استفاده گردید (۹). نقاط نمونه‌برداری بعد از شاخه‌های فرعی، منابع آلاینده نقطه‌ای و غیر نقطه‌ای احتمالی، جهت بررسی تأثیر این منابع بر کیفیت آب رودخانه انتخاب شدند. به دلیل کم‌تر بودن دبی رودخانه از ۵ متر

جدول شماره ۱: مشخصات عمومی ایستگاه های نمونه برداری و مورد مطالعه

نام ایستگاه	علامت	دبی متوسط ایستگاه m^3/s	مختصات جغرافیایی		ارتفاع m	فاصله از اول آب راهه km
			UTM-Y	UTM-X		
سرشاخه بلیس (بالتر از روستای نصرت آباد)	A	۰/۳۸	۶۹۸۱۸۱	۴۰۵۴۱۱۷	۲۱۴۳	۱۰/۹
بعد از تلاقی سرشاخه قنرجه	B	۰/۷۵	۶۹۱۱۹۱	۴۰۵۴۲۷۲	۱۹۰۱	۱۹
بعد از تلاقی سرشاخه زره شوران (پایین تر از کارخانه پارس کانی)	C	۰/۹۹	۶۸۸۷۵۸	۴۰۵۳۵۷۰	۱۸۶۴	۲۵/۶۵
بعد از تلاقی سرشاخه آغ دره (پایین تر از کارخانه پویازرکان)	D	۳/۱۹	۶۸۷۱۶۲	۴۰۵۲۳۶۴	۱۸۳۸	۲۷/۸۵
انتهای آب راهه (زیر پل تلفریک آلاسقل)	E	۳/۳۱	۶۸۳۲۴۰	۴۰۴۱۳۳۹	۱۷۱۳	۴۰/۹۵

جذب سدیم (Sodium Adsorption Rate) می باشد، تشکیل شده که هر یک از این پارامترها به ۴ قسمت تقسیم بندی شده اند (جدول شماره ۲). در شاخص ویلکوکس، S نماینده SAR و C نماینده EC بوده که در کل کیفیت آب جهت کشاورزی در ۴ دسته طبقه بندی می شود که شامل کلاس خیلی خوب (C_1S_1) ، خوب (S_2C_2, S_1C_2) ، متوسط $(C_3S_3, C_3S_2, C_3S_1, C_2S_3, C_1S_3)$ و بد $(C_4S_4, C_4S_3, C_4S_2, C_1S_4, C_2S_4, C_3S_4, C_4S_4, C_4S_1)$ می باشد.

جدول شماره ۲: طبقه بندی آب های سطحی جهت کشاورزی بر اساس SAR، EC، TDS و TH (و ا)

پارامترهای کیفی	مقدار پارامتر	کلاس آب
SAR	< ۱۰	عالی (S_1)
	۱۱ - ۱۸	خوب (S_2)
	۱۹ - ۲۶	متوسط (S_3)
	> ۲۷	بد (S_4)
EC ($\mu s/cm$)	۲۵۱ - ۷۵۰	عالی (C_1)
	۷۵۱ - ۲۵۱	خوب (C_2)
	۲۲۵۱ - ۷۵۱	متوسط (C_3)
	> ۲۲۵۱	بد (C_4)
TDS (mg/l)	< ۱۰۰۰	آب شیرین
	۱۰۰۱ - ۳۰۰۰	کمی شور
	۳۰۰۱ - ۱۰۰۰۰	شوری متوسط
	۱۰۰۰۰ - ۳۵۰۰۰	خیلی شور
TH (mg/l)	< ۷۵	نرم
	۷۶ - ۱۵۰	سختی متوسط
	۱۵۱ - ۳۰۰	سخت
	> ۳۰۱	خیلی سخت
pH	۶/۵ - ۸/۴	محدوده متداول

یافته ها

بررسی حداکثر مطلق هدایت ویژه آب در ایستگاه ها و ماه های مورد مطالعه نشان داد که کم ترین مقدار آن مربوط به ماه اردیبهشت در ایستگاه A بوده

در مجموع حدود ۹۰ نمونه جمع آوری گردید و نتایج به صورت میانگین ماهانه گزارش گردید.

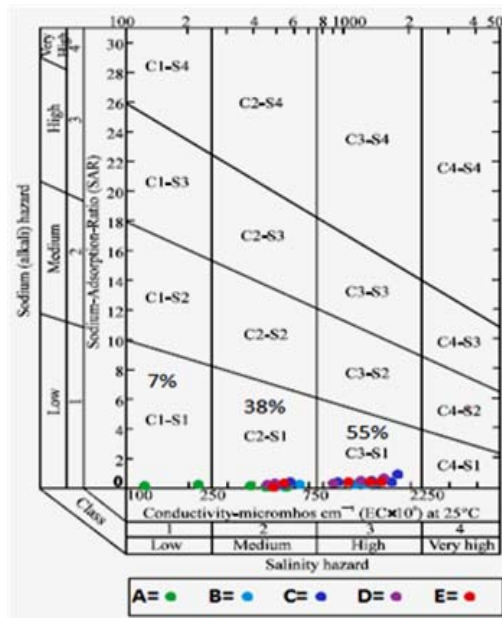
پارامترهایی چون pH، دما و هدایت ویژه آب با دستگاه پرتابل ساخت شرکت HACH ($HQ40dHACH^{\circ}$) در محل اندازه گیری شدند. سختی کل، کلسیم و منیزیم به روش تیتراسیون و سدیم با دستگاه فلیم فتومتر تعیین مقدار گردید (۱۱). کل جامدات محلول با روش وزن سنجی (تبخیر ۱۰۰ میلی لیتر نمونه و توزین باقی مانده) اندازه گیری شد (۱۱). نسبت جذب سدیم به کمک فرمول ۱ محاسبه گردید. در این محاسبه همه کاتیون ها بر حسب meq/l بودند (۴).

$$SAR = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca + Mg}{2}}} \quad (1)$$

در این مطالعه پهنه بندی کیفیت آب جهت کشاورزی در ۴ کلاس که شامل کلاس خیلی خوب (رنگ آبی)، کلاس خوب (رنگ سبز)، کلاس متوسط (رنگ زرد) و کلاس بد (رنگ قرمز) بود در طول رودخانه به صورت خطی و با استفاده از نرم افزار ARC GIS 9.3 انجام گرفته است.

کلسیم، منیزیم و سدیم کاتیون های مهم در آب مورد استفاده در کشاورزی هستند و اغلب از یون های دیگر در تعیین خطر از هم پاشیدگی خاک صرف نظر می شود. نسبت جذب سدیم برای پیش بینی مشکلات نفوذپذیری آب در خاک استفاده می شود. شاخص ویلکوکس که جهت شایستگی آب در مصارف کشاورزی استفاده می شود از دو پارامتر مهم که شامل هدایت ویژه آب (Electrical Conductivity) و نسبت

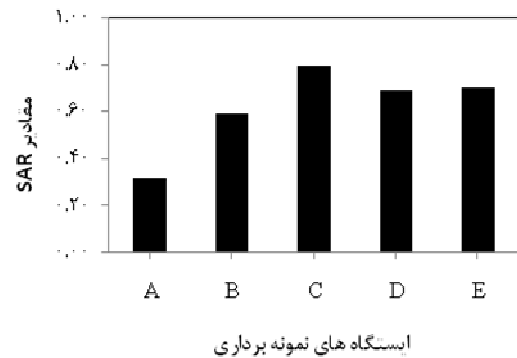
توجه به جدول شماره ۳ تقریباً کم‌ترین میانگین مربوط به همه پارامترهای مورد سنجش (به جز pH) در ایستگاه A نسبت به دیگر ایستگاه‌ها کم‌تر بوده است. کلاس‌بندی کیفیت آب رودخانه بر اساس شاخص ویلکوکس در تصویر شماره ۴ نشان داده شده است. پراکنش نقاط در شاخص ویلکوکس نشان داد که ۷ درصد نمونه‌ها در ناحیه C1S1، ۳۸ درصد در ناحیه C2S1 و ۵۵ درصد در ناحیه C3S1 قرار گرفته است. به طور کلی برای همه ایستگاه‌ها نتایج شاخص در محدوده خطر کم ناشی از سدیم (قلیائیت) قرار دارد.



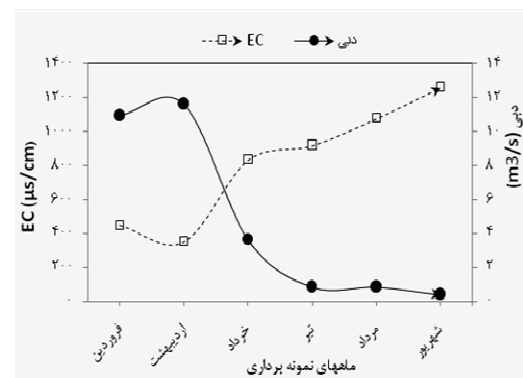
تصویر شماره ۴: کلاس بندی آب رودخانه بر اساس دیاگرام ویلکوکس در ایستگاه‌های مورد مطالعه

در تصویر شماره ۵ پهنه‌بندی کلاس آب رودخانه جهت کشاورزی در طول رودخانه در ماه‌ها و ایستگاه‌های پایش شده در طول ۶ ماه مشخص شده که کلاس خیلی خوب، خوب و متوسط به ترتیب با رنگ‌های آبی، سبز و زرد نشان داده شده است. لازم به ذکر است در جریان ماه شهریور در ایستگاه A به علت کمبود آب رودخانه در ایستگاه A که ارزش آنالیز را نداشت به صورت نبود اطلاعات (Missing Data) با رنگ خاکستری نشان داده شده است.

($128/3 \mu\text{s}/\text{cm}$) و بیش‌ترین آن مربوط به ماه شهریور در ایستگاه C با مقدار $1368 \mu\text{s}/\text{cm}$ بوده است. در طبقه‌بندی آب جهت کشاورزی بر اساس EC، آب رودخانه در ۳ کلاس C1، C2 و C3 قرار داشته است. متوسط حداکثر میزان جذب سدیم مربوط به ایستگاه C و متوسط حداقل آن در ایستگاه A بوده است (نمودار شماره ۲). نتایج حاصل از محاسبات SAR نشان داده که کیفیت آب رودخانه در کلاس S1 قرار داشته است. رابطه معکوسی بین دبی رودخانه و غلظت EC در ماه‌های مورد مطالعه وجود داشته است (نمودار شماره ۳).

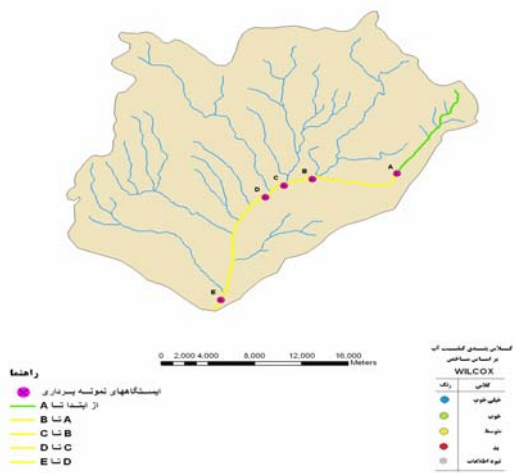


نمودار شماره ۲: میانگین شش ماهه مقادیر بدست آمده برای SAR در ایستگاه‌های مطالعه شده

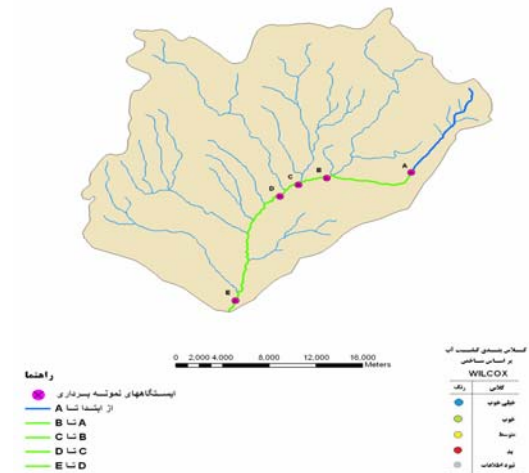


نمودار شماره ۳: تغییرات دبی رودخانه با هدایت ویژه آب (EC) در ماه‌های مورد مطالعه

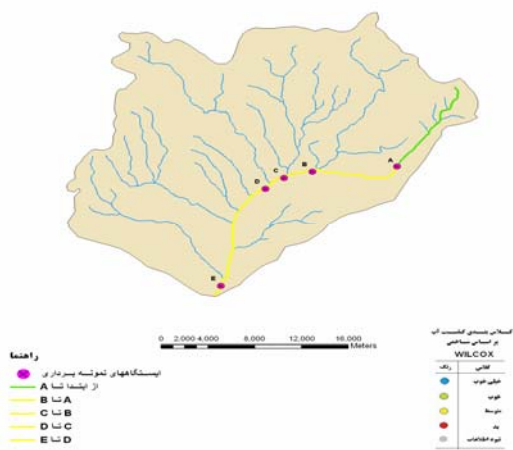
مقادیر میانگین ۶ ماهه پارامترهای اندازه‌گیری شده در ایستگاه‌های نمونه‌برداری مستقر در طول شاخه راست رودخانه ساروق در جدول شماره ۳ ارائه شده است. با



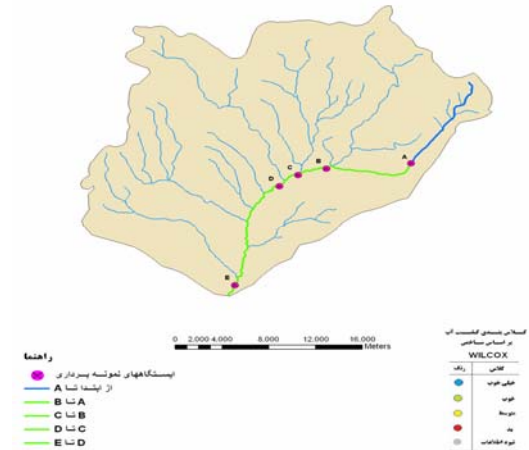
پهنه بندی کیفی آب در طول شاخه راست رودخانه ساروق براساس شاخص Wilcox
تیر ۱۳۹۰



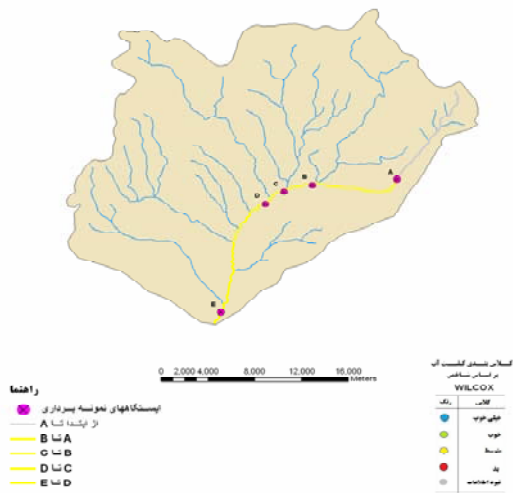
پهنه بندی کیفی آب در طول شاخه راست رودخانه ساروق براساس شاخص Wilcox
فروردین ۱۳۹۰



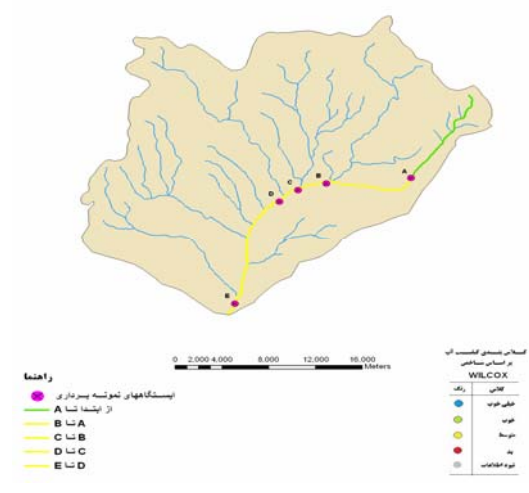
پهنه بندی کیفی آب در طول شاخه راست رودخانه ساروق براساس شاخص Wilcox
مرداد ۱۳۹۰



پهنه بندی کیفی آب در طول شاخه راست رودخانه ساروق براساس شاخص Wilcox
اردیبهشت ۱۳۹۰



پهنه بندی کیفی آب در طول شاخه راست رودخانه ساروق براساس شاخص Wilcox
شهریور ۱۳۹۰



پهنه بندی کیفی آب در طول شاخه راست رودخانه ساروق براساس شاخص Wilcox
خرداد ۱۳۹۰

تصویر شماره ۵: پهنه بندی کلاس آب جهت کشاورزی در طول رودخانه برای ماه‌ها و ایستگاه‌های پایش شده

جدول شماره ۳: میانگین پارامترها اندازه گیری شده در طول ۶ ماه پایش شاخه راست رودخانه ساروق، در ایستگاه‌های نمونه برداری (انحراف معیار ± میانگین)

E	D	C	B	A	ایستگاه های نمونه برداری
۸/۲۲±۰/۲۵	۸/۲۵±۰/۲۲	۸/۰۷±۰/۲۵	۸/۱۲±۰/۲۲	۸/۲۲±۰/۱۶	pH
۲۰/۳۱±۶/۲۹	۲۰/۱۵±۶/۰۲	۱۹/۶۷±۶/۰۴	۱۸/۰۶±۴/۸	۱۶/۸±۵/۹۳	Temp (°C)
۸۵/۰۰±۳۱۳/۴۴	۸۳/۰۰±۳۰۸/۳	۹۴۵/۰۰±۴۰۷/۲۴	۹۷۹/۰۰±۳۸۰/۸۳	۳۵۸/۰۰±۱۶۶/۱۶	EC (µs/cm)
۴۱۸/۰۰±۱۶۲/۶	۴۰۱/۰۰±۱۵۰/۱۷	۴۶۳/۰۰±۲۰۶/۰۹	۴۸۱/۰۰±۱۹۴/۲۰	۱۷۳/۰۰±۸۳/۷۵	TDS (mg/l)
۴۲۲/۸۳±۱۵۳/۳۴	۳۹۶/۰۰±۱۳۲/۸۷	۴۱۶/۰۰±۱۲۳/۰۱	۴۷۶/۳۳±۱۵۵/۰۷	۲۱۵/۶±۶۱/۱۱	TH (mg/l)
۱۰۹/۹۵±۲۶/۹۷	۹۷/۷۲±۲۰/۴۹	۱۰۷/۲۱±۲۴/۴۴	۱۲۶/۰۰±۳۳/۰۳	۶۴/۵۶±۱۶/۷۸	Ca (mg/l)
۳۸/۲۵±۲۰/۲۲	۳۶/۹۷±۲۱/۶۵	۳۶/۱۲±۱۸/۱۷	۳۹/۳۷±۲۳/۶۸	۱۳/۰۲±۵/۹۱	Mg (mg/l)
۳۵/۱±۱۵/۷۱	۳۲/۶±۱۳/۷۱	۳۹/۰۶±۲۰/۴۸	۳۰/۸۵±۱۳/۸۴	۱۰/۷۲±۰/۸۴	Na (mg/l)
۰/۷۱±۰/۲۱	۰/۷۰±۰/۲۱	۰/۸۰±۰/۲۹	۰/۶۰±۰/۱۷	۰/۳۲±۰/۰۱	SAR

بحث

پدیده‌هایی هم چون؛ حرکات دامنه‌ای (Mass Movement)، خاک روانه (Earth Flow)، جریان‌های گلی (Mud Flow)، جریان‌های واریزه‌ای (Debris Flow)، سنگ افت (Rock Fall) و ... را در حوزه مورد مطالعه به وجود آورده‌اند (۱۳). بررسی نتایج نشان داد که هدایت ویژه آب (EC) و کل جامدات محلول (TDS) در ۳ ماهه دوم پایش (فصل کم آبی) نسبت به ۳ ماهه اول (فصل پر آبی) افزایش داشته و با افزایش سختی کل، سدیم، کلسیم و منیزیم متناسب بوده است. بین پارامترهای اندازه‌گیری شده و دبی رودخانه رابطه معکوسی وجود داشته است. دلیل این افزایش وجود چشمه‌های آهک ساز موجود در منطقه است که آب رودخانه در فصل کم آبی از طریق آن‌ها تأمین می‌شود. در مطالعه Johnson و همکاران که در نهرهای کوهستانی کالیفرنیا انجام دادند، بین دبی و تراکم کلسیم، منیزیم و سدیم همبستگی معکوس شدیدی را پیدا کردند که نتایج مطالعه آن‌ها با این تحقیق مطابقت دارد (۱۴). سختی آب (Hardness) ویژگی مهمی است که از کف کردن صابون جلوگیری می‌کند و نقطه جوش آب را افزایش می‌دهد. عامل اصلی سختی آب‌های طبیعی یون‌های کلسیم و منیزیم می‌باشد و یون‌های دیگر مثل آهن، منگنز، مس، سرب، روی و دیگر فلزات نیز باعث سختی می‌شوند ولی چون اغلب در غلظت‌های بسیار پایین در آب‌های طبیعی وجود دارند، بنابراین از تأثیر آن‌ها صرف نظر می‌گردد. در مطالعه حاضر با توجه به میانگین نتایج به دست آمده

عوامل زیادی بر کیفیت آب رودخانه تأثیر گذارند که این عوامل در نقاط مختلف رود متفاوت هستند. ترکیب آب باران، مواد شیمیایی خاک، مواد معدنی سنگ‌های قابل انحلال و فعالیت‌های انسانی، اصلی‌ترین عامل‌های تعیین کننده کیفیت آب رودخانه در هر محل هستند. رودخانه‌هایی که از زمین‌هایی با ساختار سنگ‌های رسوبی عبور می‌کنند تراکم یونی بالایی را دارند و در پایین دست این رودها میزان مواد محلول افزایش می‌یابد. از آنجایی که سه چهارم سطح زمین را سنگ‌های رسوبی تشکیل می‌دهند مواد محلول ناشی از این سنگ‌ها مقادیر بسیار بالایی (بیش از ۸۰ درصد) از بار محلول رودخانه‌ها را تشکیل داده که در ایران این نسبت به ۹۰ درصد می‌رسد (۱۲). ساختار زمین‌شناسی حوزه مورد مطالعه از سنگ‌های رسوبی تراورتن تشکیل شده که جزء سنگ‌های کربناته می‌باشند و چشمه‌های آهک ساز زیادی از جمله دریاچه تخت سلیمان نیز در این حوزه واقع شده که این چشمه‌ها، توانایی نهشته گذاری کربناته بالایی از نوع کلسیت $CaCO_3$ را دارند و کانال‌های خود ساخته آهکی را نیز به وجود آورده‌اند (سنگ اژدهای تخت سلیمان نمونه‌ای از کانال‌های خود ساخته است) و نشان دهنده این مسأله هستند که کربنات‌ها و بیکربنات‌ها در این چشمه‌ها فراوانند (۹). به طور کلی در سیمای مورفولوژی منطقه مورد مطالعه مجموعه فرایندهای هوازدگی، فرسایش و آب شستگی، بیش از دیگر پدیده‌ها عمل نموده‌اند و

(جدول شماره ۳) و برابر طبقه‌بندی جدول شماره ۲، آب رودخانه در گروه آب‌های خیلی سخت (به جزء ایستگاه A) قرار گرفته و pH آب نیز در محدوده قلیایی است. علی‌رغم این‌که pH آب رودخانه برابر رهنمودهای FAO، در محدوده متداول جهت کشاورزی است ولی افزایش pH و سختی آب ناشی از ساختار زمین شناسی منطقه می‌باشد، چرا که در ایستگاه A که فاقد منابع آلاینده نقطه‌ای و غیر نقطه‌ای می‌باشد نیز میانگین pH بالا است. در تحقیقی که آقای مقدم و همکاران بر روی سکوی تراورتنی تخت سلیمان در خصوص نحوه تشکیل و تحول کانال‌های خود ساخته آهکی انجام داده‌اند مشخص گردید که بی‌کربنات‌ها، کلسیم و منیزیم آب‌های خروجی از دریاچه تخت سلیمان، غلظتی‌های بالایی را دارند که حل مواد معدنی سازندهای موجود باعث افزایش این املاح بوده‌اند (۹).

EC یکی از مهم‌ترین پارامترها در تعیین مناسب بودن آب برای آبیاری است و آبیاری با EC بالا می‌تواند غلظت نمک خاک را افزایش دهد و به خاطر خاصیت تجمع‌ی آن در خاک، به زمین‌های زراعی و محصولات آسیب می‌زند. به علت وجود رابطه تقریباً خطی بین EC و TDS، از TDS نیز به جای آن استفاده می‌شود. در مطالعه حاضر آب رودخانه در ۳ کلاس C1، C2 و C3 قرار دارد و نشان می‌دهد که شوری آب رودخانه در حد کم، متوسط تا زیاد است. در ماه‌های فروردین و اردیبهشت، افزایش دبی رودخانه که ناشی از ذوب برف‌ها و زیاد بودن ریزش‌های جوی بوده، باعث گردیده تا املاح آب رقیق شوند و در نتیجه هدایت ویژه آب کاهش یابد و به طبع آن شوری آب کاهش پیدا کند. وجود رابطه معکوس بین دبی رودخانه و املاح موجود و تغذیه رودخانه از چشمه‌های آهک ساز در ماه‌های کم آبی باعث بالا رفتن شوری آب رودخانه شده است. نسبت جذب سدیم (SAR) اصطلاحی است که برای توصیف خطر سدیم آب یا خطر قلیایی شدن

خاک به کار می‌رود. سدیم زیاد در آب، به علت تغییر خواص خاک، اثرات نامطلوبی ایجاد می‌کند و نفوذپذیری آب در خاک را کاهش می‌دهد و این وضعیت به زمین‌های زراعی و محصولات حساس مانند درختان میوه آسیب می‌زند. میانگین مقادیر SAR اندازه‌گیری شده در طول ۶ ماه در تمام ایستگاه‌های مورد مطالعه کم‌تر از ۱ و در کلاس S₁ بوده که نشان می‌داد خطر سدیم آب کم است.

پراکنش نقاط در دیاگرام ویلکوکس نشان داد که آب ایستگاه A در ماه‌های فروردین و اردیبهشت در کلاس خیلی خوب (CIS₁ شوری و سدیم کم) و در سایر ماه‌ها در کلاس خوب (C2S₁ شوری متوسط و سدیم کم) قرار دارد و این وضعیت نشان می‌دهد که آب رودخانه را می‌توان برای انواع خاک‌ها و محصولات کشاورزی استفاده نمود. کلاس آب کشاورزی سایر ایستگاه‌ها در ماه‌های فروردین و اردیبهشت خوب و در بقیه ماه‌ها متوسط (C3S₁ شوری زیاد و سدیم کم) بود و در کلاس متوسط باید به دانه‌بندی خاک منطقه توجه نمود تا از شور شدن اراضی و کاهش عملکرد محصولات جلوگیری شود. به علت وجود رابطه معکوس بین دبی رودخانه و هدایت الکتریکی، افزایش هدایت الکتریکی در فصل کم آبی باعث کاهش کلاس آب جهت کشاورزی شده است. در بررسی کیفیت آب رودخانه جاجرود که توسط زهتاییان و همکارانش بر اساس شاخص ویلکوکس انجام گرفت، مشخص گردید که در ایستگاه ماملو در ماه‌های فصل تابستان که میزان دبی کم بوده، آب رودخانه در کلاس C2S₁ و در سایر ماه‌ها در کلاس C3S₁ قرار داشته که نتایج این بخش از مطالعه آن‌ها با تحقیق حاضر هم‌سو می‌باشد (۱۵).

Tiri و همکارانش در ارزیابی کیفیت آب رودخانه‌ای در الجزایر با استفاده از شاخص ویلکوکس نشان دادند که EC همبستگی مثبتی با سدیم، کلسیم و منیزیم دارد. آب رودخانه جهت کشاورزی در کلاس‌های C2S₁ و

نفوذپذیر برای کشاورزی باید از ورود پساب‌ها به رودخانه جلوگیری نمود.

در پایان می‌توان نتیجه‌گیری کرد که بر اساس محاسبه شاخص ویلکوکس، کیفیت آب شاخه راست رودخانه ساروق جهت آبیاری در ماه‌های فروردین و اردیبهشت در کلاس خوب و در سایر ماه‌ها در کلاس متوسط قرار دارد. آب رودخانه مشکل قلیائیت ندارد و در فصل کم آبی مشکل شوری دارد و جهت جلوگیری از تجمع نمک، باید به سیستم آبیاری و دانه‌بندی زمین‌های زراعی توجه نمود. ساختار زمین‌شناسی حوضه مورد مطالعه اصلی‌ترین عامل کاهش کیفیت آب کشاورزی بوده است.

سپاسگزاری

این تحقیق بخشی از پایان‌نامه کارشناسی ارشد آقای ناصر رحیمی می‌باشد و نویسندگان لازم می‌دانند تشکر خود را از حمایت مالی معاونت تحقیقات و فن‌آوری دانشگاه علوم پزشکی همدان ابراز دارند.

C3S1 قرار داشته است که نتایج آن‌ها با مطالعه حاضر مطابقت دارد ولی از لحاظ سختی، آب رودخانه در محدوده نرم و کمی سخت بوده، در حالی که در تحقیق حاضر در محدوده خیلی سخت واقع شده است (۱۶).

بر اساس نتایج ارائه شده در جدول شماره ۳، میانگین غلظت پارامترهای EC، TH، TDS و Mg و Ca در ایستگاه B نسبت به سایر ایستگاه‌ها بیش‌تر بوده و دلیل این امر قرار داشتن چشمه‌های معدنی (آب گرم احمد آباد و قینرجه) و آهک‌ساز در بالا دست این ایستگاه بوده است و حل شدن مواد موجود در سازندهای منطقه نیز در این امر دخالت دارند. براساس نتایج این جدول بیش‌ترین میانگین سدیم در ایستگاه C بوده که ناشی از نشستی پساب یکی از کارخانه‌های استحصال طلا به این ایستگاه بوده است (۸). سنگ‌های رسوبی، چشمه‌های آهک‌ساز، آب‌های خروجی از معادن و پساب کارخانه‌های استحصال طلای موجود در منطقه در کاهش کلاس آب در فصول کم آبی دخالت دارند. علاوه بر انتخاب سیستم آبیاری و خاک مناسب و

References

1. Shokoohi R, Hoseinzadeh E, Alipour M, Hoseinzadeh S. Evaluation Aydughmush River Quality Parameters Changes and Wilcox index calculation. RASAYAN J Chem 2011; 4(3): 673-680.
2. Shokuhi R, Hosinzadeh E, Roshanaei G, Alipour M, Hoseinzadeh S. Evaluation of Aydughmush Dam Reservoir Water Quality by National Sanitation Foundation Water Quality Index (NSF-WQI) and Water Quality Parameter Changes. Iran J Health & Environ 2012; 4(4): 439-450 (Persian).
3. Wilcox LV. Classification and Use of Irrigation Waters. US DA, Circular 969, Washington, 1955.
4. Rahmani AR, Samadi MT. Water Quality Assessment Of Hamadan- Bahar Plain Rivers Using Wilcox Diagram For Irrigaton. Agricultural Biotechnology 2008; 8(1): 13-27 (Persian).
5. Sundaray SK, Nayak BB, Bhatta D. Environmental studies on river water quality with reference to suitability for agricultural purposes: Mahanadi river estuarine system, India- a case study. Environ Monit Assess 2009; 155(1-4): 227-243.
6. Sutharsiny A, Pathmarajah S, Thushyanthy M, Meththinka V. Characterization of Irrigation Water Quality of Chunnakam Aquifer in Jaffna Peninsula. Tropical Agricultural Research 2012; 23(3): 237-248.

7. FridGigloo B, Najafinejad A, Moghani Bilehsavar V, Ghiyasi A. Evaluation of water quality variation of Zarringol river, Golestan province. *Journal of Soil and Water Conservation (JSWC)* 2013; 20(1): 77-95 (Persian).
8. Rahmani A, Rahimi N, Hoseinzadeh E, Smadi M, Asgari G. Evaluation and transfer of Cyanide to the right branch of the River SarughTakab and zoning the results using geographical information system (GIS). *Urmia Med J* 2013; 23(6): 636-645 (Persian).
9. Volunteer Stream Monitoring: A Methods Manual. United States Environmental Protection Agency, Office of Water 4503F, EPA 841-B-97-003 November 1997.
10. Nasirahmadi K, Yousefi Z, Tarassoli A. Zoning of water quality on Haraz river bases on National Sanitation Foundation Water Quality Index. *J Mazandaran Univ Med Sci* 2012; 22(92): 64-71 (Persian).
11. Eaton A, Franson M. Standard methods for the Examination of water and waste water. 21th ed. Washington Dc: American Public Health Association; 2005.
12. Moghimi E. River Eco-Geomorphology and Rights. University Of Tehran Press; 2009. p. 218 (Persian).
13. Azadbakht B, Zareinejad M. Investigation of Morphogenetic Process with a Special View on Travertine Forms by Using SPOT and ASTER Satellite Images in GIS Environment, Case Study: Takht-e-Soleyman Plate. *Geosciences Scientific Quarterly Journal* 2011; 20(8): 119-126 (Persian).
14. Johnson CM, Needham PR. Ionic Composition of Sagehen Creek, California, Following an Adjacent Fire. *Ecology* 1966; 47(4): 636-649.
15. Zehtabian G, RafieiEmam A, Jafari M, Alavipanah S. Assessment of Jajrood river water quality on Varamin. *Desert (BIABAN)*, 2003; 8(2): 164-176 (Persian).
16. Tiri A, Boudoukha A. Hydrochemical Analysis and Assessment of Surface Water Quality in Koudiat Medouar reservoir, Algeria. *European Journal of Scientific Research* 2010; 41(2): 272-284.