



University of Tehran Press

## Journal of Environmental Studies

Vol. 50, No. 4, Winter 2025

Print ISSN: 1025-8620

Online ISSN 2345-6922

Homepage: [www.Jes.ut.ac.ir](http://www.Jes.ut.ac.ir)

# Investigating the Quality of Surface Water at Hydrometric Stations in the Study Area of Sarni Dam, Minab County, for Various Uses Using Aq.QA Software

Hamzeh Torkamanitombeki<sup>1</sup> , Mashala Khamehchiyan<sup>2</sup> 

1. Corresponding Author, Department of Engineering Geology, Faculty of Basic Sciences, University of Tarbiat Modares, Tehran, Iran. E-mail: [torkamani2788@gmail.com](mailto:torkamani2788@gmail.com)
2. Department of Engineering Geology, Faculty of Basic Sciences, University of Tarbiat Modares, Tehran, Iran. E-mail: [khamechm@modares.ac.ir](mailto:khamechm@modares.ac.ir)

### Article Info

#### Article type:

Research Article

#### Article history:

Received 22 February 2024

Received 2 February 2025

Accepted 3 February 2025

Available online

28 February 2025

#### Keywords:

*Aq.QA Software,*  
*Chemical parameters,*  
*Graphic charts,*  
*Sarni Dam,*  
*Surface water.*

### ABSTRACT

**Objective:** This research investigates the chemical quality of water at the hydrometric stations of the Sarni Dam in the southeast of Minab County for agricultural, drinking, and industrial purposes using Aq.QA software. The percentage of cations and anions has been investigated using quantitative, statistical, and graphical methods.

**Method** In this study, data from the hydrometric stations of Kalat-Rostam, Minab, Mazabi, Brentin, Joghin, Gro, Abnama, Shamil, Ab-Moksam, and Joumahleh along the route of Sarni Dam were used, and 11 different chemical parameters of water including electrical conductivity, acidity, hardness, chlorine, bicarbonate, sulfate, sodium, potassium, magnesium, sodium absorption ratio and sodium percentage were determined in the quality control laboratory of Regional Water Company of Hormozgan. Aq.QA software was used to draw Wilcox, Schuler, and Papier diagrams. The Langelier Saturation Index (LSI) and Rayznr Stability Index (RSI) were used to evaluate water quality for industrial purposes. The LSI and RSI indices were calculated by the Calculator LSI and RSI software.

**Results:** The findings showed that the water from the hydrometric stations of the Sarni Dam was in the C3S2, C4S3, and C4S4 classes for agricultural and irrigation uses and varied from good to non-potable in terms of drinking. The quality of water for industrial uses in all stations was sedimentary and the water type was mostly chlorinated and sulfated and its facies was sodium. The water type and facies in 60% of the stations were chlorinated-sodium and 40% of the stations were sulfated-sodium. According to the obtained relationships, the electrical conductivity showed a very strong relationship with sodium, chloride, sulfate and calcium ions, and did not show a strong relationship with magnesium and bicarbonate ions. Based on the concentration of the main ions present in the waters of the stations in the study area, the prevailing cationic and anionic conditions were  $Na^+ > Ca^{2+} > Mg^{2+}$  and  $Cl^- > So4^{2-} > Hco3^-$ .

**Conclusions:** The causes of the increase in dissolved salts and the decrease in water quality for various uses in the hydrometric stations of the Sarni Dam were the construction of earthen dams in the waterways, the entry of agricultural drainage upstream of the stations, the lack of proper management of exploitation, and recent droughts that have affected the water flow of the rivers leading to the dam.

**Cite this article:** Torkamanitombeki, H. & Khamehchiyan, M. (2025). Investigating the Quality of Surface Water at Hydrometric Stations in the Study Area of Sarni Dam, Minab County, for Various Uses Using Aq.QA Software. *Journal of Environmental Studies*, 50 (4), 413- 434. <http://doi.org/10.22059/jes.2025.372054.1008479>

© The Author(s).

Publisher: University of Tehran Press.



DOI: <http://doi.org/10.22059/jes.2025.372054.1008479>

## **Introduction**

Natural factors and human activities usually cause degradation of the quality of surface and groundwater resources. Weather conditions, atmospheric precipitation, drought, flooding, soil erosion, regional geology, and mineral dissolution are among the natural factors that reduce the quality of water resources. Moreover, human activities and factors such as population growth, discharge of urban and industrial pollutants, landfilling of waste, and agricultural activities are among the most important causes of reducing water quality in rivers and groundwater. The reduction in the quality of water resources, according to the permissible limits of the necessary standards based on the type of drinking, agricultural, service, or industrial uses, limits the use of water resources (Uddin, Nash, and Olbert, 2021). Water quality management requires collecting and analyzing a large amount of data on water quality parameters, which can be difficult to evaluate and draw conclusions from. Many software programs have been developed to make water quality data easier to consider, and among them, Aq.QA is one of the most widely used. One of the common methods for classifying and comparing water types based on ionic composition is to use the Piper diagram and the Willcox and Schuller quality indices. Considering that the rivers of Kalat-e Rostam, Minab, Mazabi, Brentin, Joghin, Garo, Abnama, Shamil, Ab Moksem, and Joumahleh are the surface water resources supplying the Sarni Dam and are used in many ways in this area, and due to the inflow of agricultural drainage on the one hand and the reduction in surface water flow due to excessive extraction and meteorological droughts on the other hand, no serious study has been conducted to investigate their quality so far. The aim of this research is to study the quality and determine the chemical characteristics of water in hydrometric stations located in the study area of the Sarni Dam in Minab County, using Aq.QA software for various uses including agriculture, drinking, and industry. Also, the study of cations and anions was conducted using quantitative, statistical, and graphical methods. The advantages of using Aq.QA software in this research was that the water quality could be calculated for various uses with a minimum of general parameters and simple calculations.

## **Method**

To investigate the quality of surface water at the hydrometric stations of the Sarni Dam and identify the processes that affect its quality, data from a six-month statistical period in the two seasons of autumn of 2021 and winter of 2022 were used. For this purpose, 10 water samples were taken from the hydrometric stations of Joghin, Minab, Mazabi, Brentin, Gro, Abnama, Shamil, Sarmaksam, Joumahleh, and Kalat Rostam over a six-month statistical period, and then 11 chemical parameters of the water at the hydrometric stations of the Sarni Dam catchment area, including water hardness, total dissolved solids, EC, pH, bicarbonate, chloride, sulfate, calcium, magnesium, sodium, and sodium absorption ratio, were measured in the laboratory of the Regional Water Company of Hormozgan. First, brief hydrochemical studies were conducted to identify the general condition of the water at the hydrometric stations, and then the Aq.QA software was used to draw various water classification diagrams.

Aq.QA software is a tool for qualitative analysis of surface and groundwater. Using this software, chemical analysis results can be stored in a spreadsheet prepared for this purpose and the necessary unit conversions can be performed within these spreadsheets. After reviewing and analyzing the obtained results, the required graphs can be drawn on the relevant page. Automatic unit conversion within the program, mixing the sample during the simulation process, determining the balance of anions and cations, determining the chemical characteristics of water using the Piper diagram, determining the water type using the Stiff diagram, classifying water for irrigation using the Wilcox diagram, percentage of dissolved sodium, magnesium ratio and water use for drinking from the Schuler diagram, calculating the main properties of liquids and measuring dissolved

solids are some of the advantages of this software. To evaluate water quality for industrial purposes, the Langelier Saturation Index (LSI) and Rayznr stability Index (RSI) were used by the Calculator LSI and RSI software. The quality indicators for classifying surface water of hydrometric stations in Sarni Dam for various uses were examined.

## Results

The results of the study showed that the water in all stations had a pH above 8, which indicated the alkalinity. In waters with a pH higher than eight, the presence of calcium carbonate and bicarbonate salts can be expected, and calcium precipitates at such a pH and causes blockage of irrigation equipment channels. Electrical conductivity in the studied stations showed a maximum value of 16500 a minimum of 1542 and an average of 4797, and the TDS value was high in most of the studied stations. An examination of the amount of carbonate, bicarbonate, chloride, and sulfate anions in all stations showed that the highest value was related to chloride ions, and among cations, the highest value was related to sodium, and the lowest value was related to potassium ions. An increase in the amount of sodium ions increased the alkalinity of the soil, and the sodium hydroxide produced can burn and destroy plant root cells. The more sodium in the water, the more the soil swells and reduces the distance between particles, and consequently reduces soil permeability. The results of the analysis of the physical and chemical parameters of water showed an increase in the values of the studied parameters at the stations of the Sarni Dam, which could be attributed to the decrease in the water flow of the rivers of the dam's hydrometric station due to the decrease in rainfall, recent meteorological and hydrological droughts, the ingress of agricultural drainage, and the lack of proper management in the exploitation and consumption of water. The results of the Wilcox diagram at the locations of the hydrometric stations of Mazabi, Brentin, Gro, Shamil, Sarmaqsam, and Joumahleh showed that the water quality was in the C4S4, C4S3, and C3S2 categories and was not suitable for agriculture. The Piper diagram showed that the water quality was in the good to unfit range in terms of drinking and the hard to very hard range in terms of hardness. Sulfate and sodium ions were the dominant ions in the surface waters of the hydrometric stations, and the water had the sulfate-sodium (40 percent) and chlorite-sodium (60 percent) types and facies. The results of water classification for industry based on Langelier Saturation Index (LSI) and Rayznr stability Index (RSI) in all stations were sedimentary. Considering the constant chemical composition of the water at the stations, the temperature of the river water most likely played a decisive role in the tendency of water to sediment. The study of the correlation between the electrical conductivity and water quality indicators showed that there was a very strong relationship between electrical conductivity and magnesium, sodium, chloride, and sulfate ions, and between electrical conductivity and TDS and calcium ions was relatively strong, and there was no relationship between bicarbonate ions and electrical conductivity.

Based on the concentration of the main ions present in the waters of the stations in the study area, the prevailing cationic and anionic conditions were  $Na^+ > Ca^{2+} > Mg^{2+}$  and  $Cl^- > So4^{2-} > Hco3^-$ . It was obvious that as the current drought trend continues, the water quality of the studied stations could change to such an extent that it would make it impossible to use the water for various purposes, especially drinking, in the future.

## Conclusions

According to the results of the indicators used in this study, it can be concluded that the water from the hydrometric stations in the Sarni Dam area was not of adequate quality for use in various drinking, agricultural, and industrial sectors. The causes of the increase in dissolved salts and the decrease in water quality for various uses in the hydrometric stations of the Sarni Dam could be the construction

of earthen dams in the waterways, the entry of agricultural drainage upstream of the stations, the lack of proper management of exploitation, and recent droughts that had affected the water flow of the rivers leading to the dam.

### **Conclusions**

According to the results of the indicators used in this study, it can be concluded that the water from the hydrometric stations in the Sarni Dam area was not of adequate quality for use in various drinking, agricultural, and industrial sectors. The causes of the increase in dissolved salts and the decrease in water quality for various uses in the hydrometric stations of the Sarni Dam could be the construction of earthen dams in the waterways, the entry of agricultural drainage upstream of the stations, the lack of proper management of exploitation, and recent droughts that had affected the water flow of the rivers leading to the dam.

### **Author Contributions**

Design and ideation: Mashaallah Khamechian, data collection: Hamzeh Torkamani Tombeki, research report preparation: Hamzeh Torkamani Tombeki; supervision and final writing: Mashaallah Khamechian, data analysis: Torkamani Tombeki

### **Data Availability Statement**

Data available on request from the authors.

### **Acknowledgments**

We want to thank Dr. Mashaallah Khamechian for reviewing the text of the article and providing structural comments. We would also like to thank the esteemed referees for providing structural and scientific comments.

### **Ethical considerations**

The authors avoided data fabrication, falsification, plagiarism, and misconduct.

### **Funding**

This research did not receive any financial support.

### **Conflict of interest**

The authors declare no conflict of interest.

## بررسی کیفیت آب‌های سطحی ایستگاه‌های هیدرومتری محدوده مطالعاتی سد سرنی شهرستان میناب برای مصارف مختلف با استفاده از نرم‌افزار Aq.QA

حمزه ترکمانی تمبکی<sup>۱</sup>، ماشاله خامه‌چیان<sup>۲</sup>

۱. نویسنده مسئول، گروه زمین‌شناسی مهندسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران. رایانامه: [torkamani2788@gmail.com](mailto:torkamani2788@gmail.com)  
۲. گروه زمین‌شناسی مهندسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران. رایانامه: [khamechm@modares.ac.ir](mailto:khamechm@modares.ac.ir)

اطلاعات مقاله	چکیده
<b>نوع مقاله:</b> مقاله پژوهشی	<b>هدف:</b> این پژوهش به بررسی کیفیت شیمیایی آب در ایستگاه‌های هیدرومتری سد سرنی در جنوب شرقی شهرستان میناب به منظور مصارف کشاورزی، شرب و صنعت با استفاده از نرم‌افزار Aq.QA می‌پردازد. و از طرفی درصد کاتیون‌ها، آنیون‌ها به روش‌های کمی، آماری و گرافیکی مورد بررسی قرار گرفته است.
<b>تاریخ دریافت:</b> ۱۴۰۲/۱۲/۰۳	<b>روش:</b> در این مطالعه از داده‌های موجود در ایستگاه‌های هیدرومتری کلات‌رستم، میناب، مازابی، برنطین، جغین، گرو، اینما، شمیل، آب‌مقسم و جومحله در مسیر سد سرنی استفاده شده است و ۱۱ پارامتر مختلف شیمیایی آب شامل هدایت الکتریکی، اسیدیته، سختی، کلر، بی‌کربنات، سولفات، سدیم، پتاسیم، منیزیم، نسبت جذب سدیم و درصد سدیم در آزمایشگاه کنترل کیفیت شرکت آب منطقه‌ای هرمزگان تعیین گردیده است و برای رسم نمودارهای ویلکاکس، شولر، پایپر از نرم‌افزار Aq.QA استفاده شده است. به منظور ارزیابی کیفیت آب در صنعت از شاخص‌های لانژلیه (LSI) و شاخص پایداری رایزنر (RSI) استفاده شد. شاخص LSI و RSI توسط نرم‌افزار LSI and RSI Calculator محاسبه شده است.
<b>تاریخ بازنگری:</b> ۱۴۰۳/۱۱/۱۴	<b>یافته‌ها:</b> آب ایستگاه‌های هیدرومتری سد سرنی از نظر مصارف کشاورزی و آبیاری در کلاس‌های C <sub>4</sub> S <sub>4</sub> ، C <sub>3</sub> S <sub>2</sub> و C <sub>4</sub> S <sub>3</sub> قرار دارند و از نظر شرب در دسته خوب تا غیرقابل شرب متغیر می‌باشند. کیفیت آب برای مصارف صنعتی در تمامی ایستگاه‌ها، رسوب‌گذار می‌باشد و تیپ آب اغلب کلروه و سولفات و رخساره آن سدیک و تیپ و رخساره آب در ۶۰ درصد ایستگاه‌ها، کلروه-سدیک و ۴۰ درصد ایستگاه‌ها سولفات-سدیک است. با توجه به روابط به دست آمده، هدایت الکتریکی با یون‌های سدیم، کلراید، سولفات و کلسیم رابطه بسیار خوب، و با یون‌های منیزیم و بی‌کربنات رابطه مناسبی ندارد. براساس غلظت یون‌های اصلی موجود در آب‌های ایستگاه‌های محدوده مطالعاتی شرایط کاتیونی و آنیونی حاکم عبارتند از: $Na^+ > Ca^{2+} > Mg^{2+}$ و $Cl^- > SO_4^{2-} > HCO_3^-$ .
<b>تاریخ پذیرش:</b> ۱۴۰۳/۱۱/۱۵	<b>نتیجه‌گیری:</b> علل افزایش املاح محلول و کاهش کیفیت آب برای مصارف گوناگون در ایستگاه‌های هیدرومتری سد سرنی، احداث بندهای خاکی در مسیر آبراهه‌ها، ورود زه آب‌های کشاورزی بالادست ایستگاه‌ها، عدم مدیریت صحیح بهره‌برداری و خشکسالی‌های اخیر بوده که دبی آب رودخانه‌های منتهی به سد را تحت تاثیر قرار داده است.
<b>تاریخ انتشار:</b> ۱۴۰۳/۱۲/۱۰	
<b>کلیدواژه‌ها:</b> آب‌های سطحی، پارامترهای شیمیایی، سد سرنی، نرم‌افزار Aq.QA، نمودارهای گرافیکی.	
<b>استناد:</b> ترکمانی تمبکی، حمزه؛ و خامه‌چیان، ماشاله (۱۴۰۳). بررسی کیفیت آب‌های سطحی ایستگاه‌های هیدرومتری محدوده مطالعاتی سد سرنی شهرستان میناب برای مصارف مختلف با استفاده از نرم‌افزار Aq.QA. نشریه محیط‌شناسی، ۵۰ (۴)، ۴۳۴-۴۱۳. <a href="http://doi.org/10.22059/jes.2025.372054.1008479">http://doi.org/10.22059/jes.2025.372054.1008479</a>	
<b>ناشر:</b> انتشارات دانشگاه تهران.	© نویسندگان.
	DOI: <a href="http://doi.org/10.22059/jes.2025.372054.1008479">http://doi.org/10.22059/jes.2025.372054.1008479</a>
	Dor: 20.1001.1.10258620.1403.50.4.2.5



## ۱. مقدمه

پایش کیفی منابع آب سطحی به‌ویژه رودخانه‌ها با توجه به خشکسالی‌های اخیر و توسعه شهری و روستایی جهت تأمین آب جهت مصارف شرب و صنعت از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. با توجه به این که ایران جزو کشورهای خشک محسوب می‌شود توسعه منابع آبی قابل استفاده، حفظ و بهبود کیفیت آن امری حیاتی است. عوامل طبیعی و فعالیت‌های انسانی معمولاً باعث تخریب کیفیت منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی می‌شوند. شرایط آب و هوایی، ریزش‌های جوی، خشکسالی، سیلاب، فرسایش خاک، زمین‌شناسی منطقه و انحلال مواد معدنی از جمله عوامل طبیعی کاهش کیفیت منابع آب می‌باشند. مدیریت کیفیت آب نیازمند جمع‌آوری و تحلیل زیادی از داده‌های پارامترهای کیفیت آب است که ارزیابی و نتیجه‌گیری از آنها مشکل خواهد بود. نرم‌افزارهای زیادی برای ارزیابی ساده‌تر داده‌های کیفیت آب توسعه یافته است که Aq.QA یکی از این نرم‌افزارهای پرکاربرد می‌باشد. استفاده از یک نرم‌افزار برای تعیین شاخص کیفیت آب به جای مجموعه داده‌های پیچیده پارامترهای کیفیت آب برای مدیران و سایر مردم به خاطر درک راحت‌تر آن وجود دارد (Uddin, Nash & Olbert, 2021). اگر چه تعاریف متفاوتی از شاخص کیفیت آب وجود دارد اما به طور خلاصه شاخص کیفیت آب را می‌توان یک عدد حاصل از ترکیب چند متغیر با لحاظ استانداردهایی برای استخراج آن برشمرد (Darapu et al., 2011). ارزیابی کیفیت آب با هدف مناسب بودن آن، برای مصرف شرب و کشاورزی با استفاده از شاخص‌های مختلف انجام می‌شود. یکی از روش‌های متداول برای طبقه‌بندی و مقایسه انواع آب براساس ترکیب یونی، استفاده از نمودار پایپر و شاخص‌های کیفی ویلکاکس و شولر است. نمودار پایپر علاوه بر این که ماهیت نمونه آب را به شکل گرافیکی نشان می‌دهد، وابستگی آن را نیز با نمونه‌های دیگر به منظور شناسایی سهم طبیعی، سنگ‌شناسی و انسانی نشان می‌دهد و به اظهارنظر در مورد تکامل شیمیایی آن در طول مسیر جریان کمک می‌کند (Sayyed, Wagh & Supekar, 2013). یکی از دغدغه‌های کنونی دولت و مراکز تصمیم‌گیری، تأمین آب سالم و بهداشتی و حفاظت از منابع آب در برابر آلودگی است (سالاری، رادمش و زارعی، ۱۳۹۲). از گام‌های اصلی مدیریت کیفیت رودخانه‌ها، شناسایی و پایش آنها به منظور شناخت کیفیت آب آنها جهت متناسب بودن برای مصارف مختلف می‌باشد که این پایش‌ها، مشکلات آب را بررسی و مدارک مستند و رسمی را به سازمان‌های ذینفع و یا عموم مردم ارائه می‌نماید. معیارها و شاخص‌های زیادی برای پایش کیفی آب‌های سطحی و زیرزمینی وجود دارد که انتخاب آنها بسته به هدف مطالعه و نیاز سازمان‌های ذینفع متغیر می‌باشد. به عنوان مثال برای بررسی سریع کیفیت آب در بخش شرب از شاخص آلودگی آب (WQI) و یا دیگرام شولر استفاده می‌شود که این شاخص‌ها به دور از پیچیدگی‌های ریاضی و آماری، کیفیت آب را بیان می‌کنند. در بخش کشاورزی شاخص‌های فراوانی مانند شاخص نفوذپذیری، شاخص ویلکوکس، درصد سدیم محلول، نسبت منیزیم و ... وجود دارد. شاخص‌های اشیاع لانه‌ای، پایداری رایزنر و نسبت خوردگی از معیارهای مهم برای طبقه‌بندی آب در بخش صنعت می‌باشند. لذا، بررسی کیفیت آب از طریق پارامترهای فیزیکی و شیمیایی یکی از ضروریات امر در مدیریت و استفاده بهینه آب‌های سطحی به منظور مصارف گوناگون است. لذا روش‌ها و تکنیک‌های متعددی به منظور بررسی کیفیت شیمیایی آب، ابداع و توسعه یافته است (Kelley, 1940) اما در کشور ایران به‌ندرت مورد عنایت قرار گرفته می‌شود (Tchobanogolus, Burton & David, 2003). با توجه به این که رودخانه‌های کلاترستم، میناب، مازابی، برنطین، جغین، گرو، آبنما، شمیل، آب‌مقسم و جومحله به عنوان یکی از منابع آبی سطحی تأمین‌کننده سد سرنی هستند و مورد استفاده‌های متعددی در این ناحیه قرار دارند و به دلیل ورود زه‌آب‌های کشاورزی از یک طرف و کاهش دبی جریان آب‌های سطحی به دلیل برداشت‌های بی‌رویه و خشکسالی‌های هواشناسی از طرف دیگر دچار دستخوش تغییر کیفیت شده‌اند، اما تا کنون مطالعه‌ای جدی به منظور بررسی کیفیت آنها صورت نگرفته است. در این تحقیق، به منظور مطالعه ارزیابی کیفیت و تعیین مشخصات شیمیایی آب در ایستگاه‌های هیدرومتری واقع در محدوده مطالعاتی سد سرنی شهرستان میناب با استفاده از نرم‌افزار Aq.QA به منظور مصارف مختلف اعم از کشاورزی، شرب و صنعت و از طرفی بررسی کاتیون‌ها، آنیون‌ها به کمک روش‌های کمی، آماری و گرافیکی مورد بررسی قرار گرفته است. مزایای استفاده از نرم‌افزار Aq.QA در این پژوهش این است که با حداقل پارامترهای عمومی و محاسبه ساده می‌توان کیفیت آب را برای مصارف مختلف محاسبه نمود.

## ۲. پیشینه پژوهش

تاکنون بیش از ۳۵ شاخص کیفیت آب توسط کشورها یا سازمان‌های مختلف به منظور ارزیابی کیفیت آب‌های سطحی در سراسر جهان معرفی شده است (Abbasi & Abbasi, 2012). یکی از مهمترین معایب اکثر شاخص‌های کیفیت آب، عدم امکان استفاده از آنها به خاطر عدم اندازه‌گیری و در دسترس بودن پارامترهای کیفی مورد استفاده در آنها می‌باشد.

قاسمی‌دهنوی و همکاران (۱۳۹۵) در پژوهشی، هیدروشیمی و کیفیت آب رودخانه ازنا لرستان را در دو دوره خشک و مرطوب برای مصرف شرب مطالعه کردند. نتایج کلی این پژوهش نشان از تیپ بی‌کربناته کلسیک آب دارد و کیفیت آب رودخانه ازنا از نظر شرب در حد خوب تا قابل قبول می‌باشد. خادم‌پور و شهیدی (۱۳۹۷) کیفیت رودخانه قاین را در خراسان جنوبی از نظر مصارف کشاورزی، شرب، احشام و آبیاری با استفاده از روش  $CWQI^1$  مورد مطالعه قرار دادند. نتایج این تحقیق نشان داد که آب این رودخانه به دلیل ورود پساب‌های کشاورزی، صنعتی و فاضلاب شهری برای مصارف شرب، آبی‌پروری، آبیاری و احشام در رتبه بد قرار دارد. مروج و همکاران (۱۳۹۶) براساس شاخص کیفیت آب با استفاده از GIS و مدل‌سازی سری زمانی کیفیت آب رودخانه کارون را مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج این پژوهش نشان داد که کیفیت رودخانه کارون نسبت به گذشته اندکی افزایش یافته و با اتصال رودخانه دز، شاخص کیفیت آب به میزان نسبتاً زیادی کاهش می‌یابد که این امر می‌تواند بیانگر پایین‌تر بودن کیفیت آب رودخانه دز به دلیل ورود آلودگی به آن در پایین‌دست ایستگاه دزفول باشد. در پژوهشی ری و دیگران (۲۰۱۸) با استفاده از شاخص‌های کیفی آب و تحلیل چند متغیره به بررسی هیدروشیمی و کیفی آب رودخانه مایور در منطقه ساحلی واقع در جنوب‌غرب بنگلادش پرداختند. نتایج این تحقیق نشان از تغییرات مکانی و زمانی قابل ملاحظه‌ای در پارامترهای کیفی آب رودخانه دارد. همچنین نتایج نشان داد که با گذر رودخانه از مناطق کشاورزی میزان غلظت برخی از پارامترها مانند سدیم، پتاسیم و اکسیژن محلول افزایش قابل ملاحظه‌ای داشته است. در مقابل، با عبور رودخانه از شهرها و ورود فاضلاب‌های شهری به آن، میزان پارامترهایی نظیر شوری، فسفات، نیترات، بی‌کربنات، کلراید، هدایت الکتریکی و کل جامدات معلق افزایش یافته است. علاوه بر موارد فوق جزر و مد نقش مهمی در کاهش کیفیت آب رودخانه مذکور داشته است (Roy et al., 2018). ژانگ و دیگران (۲۰۱۹) در پژوهشی هیدروشیمی و کیفیت آب رودخانه سیردریا (قزاقستان) را در بخش کشاورزی مطالعه کردند. بدین‌منظور از ۳۹ نقطه بر روی رودخانه مذکور نمونه‌برداری شد. نتایج هیدروشیمیایی نشان داد که هوازگی سنگ‌های حوزه آبریز به همراه تبخیر از عوامل مهم در کنترل شیمی آب رودخانه می‌باشند. اگر چه نقش فعالیت‌های انسانی مانند پساب‌های کشاورزی و فاضلاب‌های شهری در تغییر شیمی آب را نباید نادیده گرفت. ارزیابی نمونه‌ها بر اساس شاخص‌های کشاورزی نظیر نسبت جذب سدیم، در سدیم تعادلی و شاخص کلی نشان داد که آب رودخانه برای استفاده در بخش کشاورزی مناسب می‌باشد (Zhang et al., 2019).

نگوین و هوین (۲۰۲۲) نوسانات کیفیت آب‌های سطحی در منطقه جنوبی ویتنام با استفاده از داده‌های نظارتی در ۵۸ مکان، مطالعه کردند. نتایج هیدروشیمیایی نشان داد که کیفیت آب با توجه به مکان‌های نمونه‌برداری بسیار متفاوت است و آلوده‌ترین مکان‌ها در دونگ‌نای (Dong Nai)، شهر هوشی‌مین (Hochi minh city) و لانگ‌آن (Long An) است که در آن فعالیت‌های ناوبری، پارک‌های صنعتی و بنادر ماهگیری وجود دارد (Nguyen and Huynh, 2022).

ویسی، محمدی‌روزبهانی و ظهراپی (۱۴۰۰) کیفیت آب رودخانه شاوور با استفاده از شاخص‌های کیفیت آب (NSFWQI)، (IRWQI) و (BCWQI) از روستای حمزه تا سد شاوور بررسی کردند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که شاخص NSFWQI در تمامی ایستگاه‌ها بیانگر کیفیت بد آب، شاخص IRWQI بیانگر کیفیت نسبتاً بد آب و شاخص BCWQI بیانگر کیفیت مناسب برای مصارف کشاورزی است.

آدئولافشایی و دیگران (۲۰۱۹) به بررسی اثر انواع کاربری زمین بر کیفیت آب‌های سطحی در یک شهر در حال ساخت پرداختند و پارامترهای کیفیت آب را با استانداردهای سازمان بهداشت جهانی (WHO) مقایسه نمودند، نتایج پژوهش آن‌ها بیانگر این مطلب بود که هدایت الکتریکی، نیترات، فسفات، سولفات، کلراید کمتر از حد مجاز WHO و کل مواد جامد محلول، باکتریایی و کل مواد جامد، بالاتر از

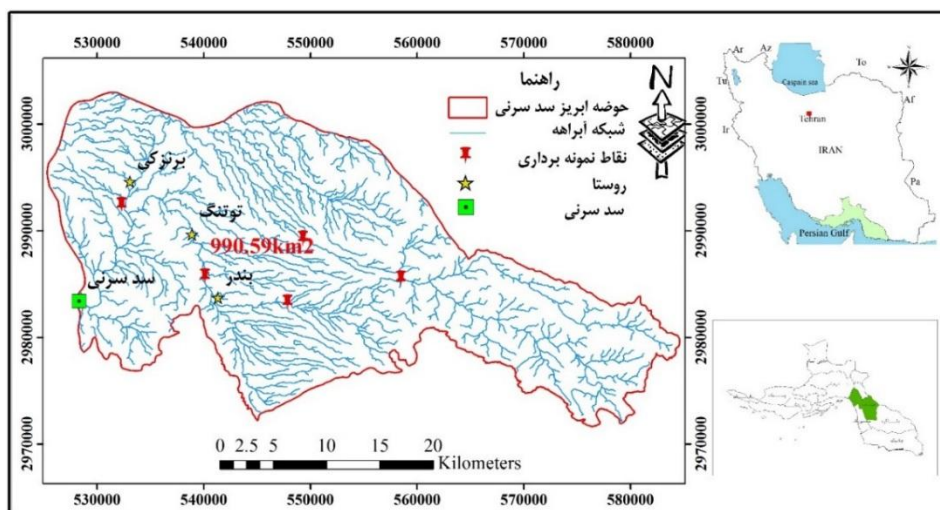
1. Canadian Water Quality Index

حد تعیین شده توسط WHO است (Adeola Fashae et al., 2019).

با توجه به مرور منابع صورت گرفته در کمتر پژوهشی علاوه بر بحث هیدروشیمی آب‌های سطحی و زیرزمینی، کیفیت این منابع برای تمامی مصارف شرب، کشاورزی و صنعت ارزیابی شده است. بنابراین، انجام یک مطالعه نسبتاً جامع جهت بررسی هیدروشیمیایی و تعیین کاربری آب‌های سطحی برای اهداف شرب، کشاورزی و صنعت می‌تواند اطلاعات مفیدی به محققین، سازمان‌های ذینفع و یا حتی عموم مردم ارائه دهد. از این‌رو در این پژوهش، ابتدا هیدروشیمی ایستگاه‌های هیدرومتری سد سرنی با استفاده از روش‌های گرافیکی و آماری بررسی شد و سپس کیفیت آب ایستگاه‌ها و تعیین کاربری آن در بخش‌های شرب، کشاورزی و صنعت با استفاده از شاخص‌های کیفی آب و استانداردهای موجود ارزیابی گردید. همچنین پژوهش‌های صورت گرفته در حوضه‌های آبریز مربوط به شهرستان میناب بر مبنای استفاده از نرم‌افزار Aq.QA تاکنون مورد توجه قرار نگرفته است.

### ۳. منطقه مورد مطالعه

شهرستان میناب در ۹۵ کیلومتری شرق بندرعباس و ارتفاع آن از سطح دریا ۱۶ متر است. جمعیت شهرستان ۲۵۹۲۲۱ نفر بوده و دارای ۶ بخش، ۷ شهر، ۱۳ دهستان و ۳۵۷ آبادی که ۲۵۱ آبادی دارای سکنه و ۱۰۶ آبادی نیز خالی از سکنه است (طبق سرشماری ۱۳۹۵). سد سرنی در ۳۴ کیلومتری جنوب‌شرقی شهر میناب واقع شده است و رودخانه‌های سرنی از کوه‌های شمال‌شرقی حوضه آبریز سرچشمه می‌گیرد و به دریای عمان می‌ریزد. حوضه مورد مطالعه بین ۲۷ درجه ۷ دقیقه تا ۲۷ درجه ۵۲ دقیقه عرض شمالی و ۵۷ درجه ۱۴ دقیقه تا ۵۷ درجه ۵۱ دقیقه طول شرقی واقع شده است (شکل ۱). حوضه آبریز این سد شامل ایستگاه‌های هیدرومتری کلات‌رستم، میناب، مازابی، برنطین، گرو، آبنما، شمیل، آب‌مقسم، جومحله و جغین می‌باشد که در جنوب‌شرقی شهرستان میناب واقع شده‌اند (جدول ۱). رودخانه‌های اصلی حوضه آبریز سد از دامنه‌های جنوبی کوه مغشکاالدین (از قله رشته کوه‌های بشارگرد) واقع در ۷۵ کیلومتری جنوب‌شرقی میناب سرچشمه می‌گیرد و در جهت غرب از میان تپه‌های کم ارتفاع جریان می‌یابد. روستاهایی مانند عراقین، قلعه درگ و درگ را مشروب کرده و وارد دشت‌هایی نسبتاً مسطح می‌شود. از روستاهای خائن، سمیلی و بن، گذشته و شاخه‌های کوچکی را دریافت می‌نماید و سپس به سمت شمال تغییر مسیر داده و تا این محل به نام رودخانه درگ نامیده می‌شود. این رودخانه پس از عبور از روستاهای بندر و توتنگ شیرین قوسی به شمال و از آنجا وارد اراضی نخلستان شده و در روستاهای کوهتک وارد رودخانه زرانی می‌شود. طول این رودخانه حدود ۹۰ کیلومتر می‌باشد. ارتفاع متوسط حوضه این رودخانه تا محل سد ۷۰۲ متر از سطح دریا می‌باشد. مساحت حوضه آبریز این رودخانه تا سد سرنی ۷۰۶ کیلومتر مربع اندازه‌گیری شده است و ایستگاه‌های هیدرومتر را در بر می‌گیرد (شرکت سهامی آب منطقه‌ای هرمزگان، ۱۳۸۸).



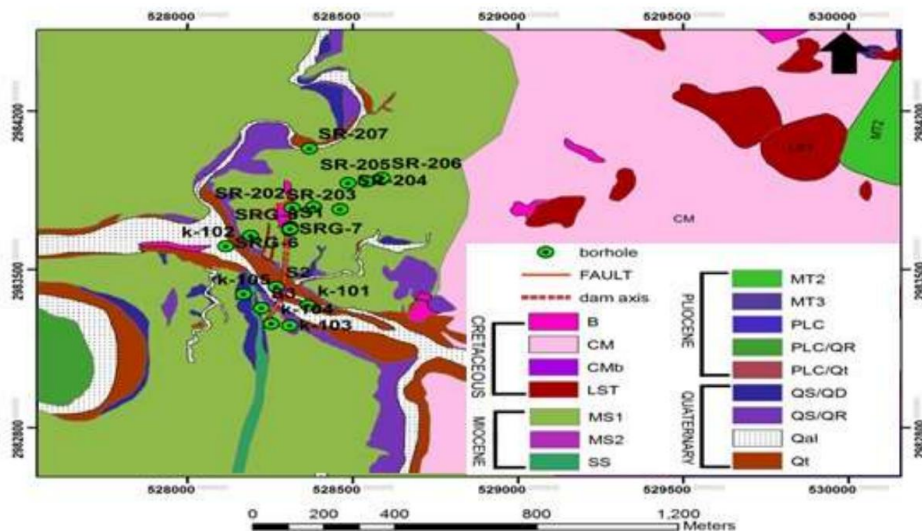
شکل ۱. حوضه آبریز سد سرنی و موقعیت آن در کشور (منبع: یافته‌های تحقیق)



جدول ۱. مشخصات ایستگاه‌های هیدرومتری سد سرنی (منبع: شرکت سهامی آب منطقه‌ای هرمزگان، ۱۳۸۸)

تاریخ تاسیس	ارتفاع (متر)	مساحت حوضه آبریز (کیلومتر مربع)	مختصات جغرافیایی		کد ایستگاه	نام ایستگاه
			عرض	طول		
۱۳۴۱	۱۲۴	۹۸۴۵	۲۷ درجه و ۱۶ دقیقه	۵۷ درجه و ۱۳ دقیقه	۰۱۷-۲۷	برنطین (میناب)
۱۳۶۰	۱۴۴	۳۲۶۴	۲۷ درجه و ۱۶ دقیقه	۵۷ درجه و ۱۳ دقیقه	۰۱۵-۲۷	برنطین (جغین)
۱۳۵۴	۱۲۶	۶۵۲۷	۲۷ درجه و ۱۶ دقیقه	۵۷ درجه و ۱۳ دقیقه	۰۱۳-۲۷	میناب
۱۳۷۳	۲۲۶	۵۷۹۷	۲۷ درجه و ۲۸ دقیقه	۵۷ درجه و ۱۵ دقیقه	۰۱۱-۲۷	آبما (رودان)
۱۳۶۰	۴۵	۱۶۸۴	۲۷ درجه و ۳۰ دقیقه	۵۶ درجه و ۵۲ دقیقه	۰۲۳-۲۷	شمیل
۱۳۶۱	۱۲۰	۹۹۲	۲۷ درجه و ۳۰ دقیقه	۵۶ درجه و ۳۴ دقیقه	۰۰۳-۲۷	سرمقسم
۱۳۶۹	۶۱	۷۵۲	۲۶ درجه و ۵۰ دقیقه	۵۷ درجه و ۱۶ دقیقه	۰۱۳-۲۸	گرو
۱۳۶۴	۶۴	۶۶۹	۲۶ درجه و ۴۹ دقیقه	۵۷ درجه و ۱۶ دقیقه	۰۱۱-۲۸	مازابی
۱۳۷۳	۱۷۱	۶۲۴	۲۷ درجه	۵۷ درجه و ۱۹ دقیقه	۲۸۱-۲۸	کلاترستم

از دیدگاه زمین‌شناسی ایران، منطقه مورد مطالعه در حاشیه غربی زون ساختاری مکران و در مجاورت جنوب‌شرق زون ساختاری زاگرس و در منطقه مکران ساحلی قرار گرفته است. لیتولوژی حاکم در محدوده حوضه آبریز سد سرنی عمدتاً از شیل، ماسه‌سنگ، گلسنگ، سیلت‌استون همراه با کمی گچ تشکیل شده است (شکل ۲) و حدوداً بیش از ۸۵ الی ۹۰ درصد حوضه آبریز را پوشش می‌دهند (شرکت سهامی آب منطقه‌ای هرمزگان، ۱۳۸۸). این سنگ‌ها با توجه به خصوصیات مواد متشکله از نفوذپذیری کم برخوردار بوده و نقشی در ذخیره‌سازی ریزش‌های جوی ندارند و از نظر رسوب‌خیزی و فرسایش‌پذیری در مرتبه بالایی قرار دارند. سنگ‌های کنگلومرا، ماسه‌سنگ قرمز و آهک‌های توده‌ای کریستالیزه که عمدتاً به صورت بلوک‌های بزرگ و کوچک در متن آمیزه‌های رنگین رخمون دارد از نفوذپذیری کم تا متوسط و فرسایش‌پذیری کمی برخوردارند. براساس آماربرداری به عمل آمده تعداد ۶۳۵ حلقه چاه در محدوده مورد مطالعه دارای مصارف کشاورزی بوده که بالغ بر ۹۸/۷ درصد چاه‌های را تشکیل می‌دهد. ضمناً ۸ حلقه چاه به منظور تامین آب شرب بهره‌برداری می‌گردد که ۱/۳ درصد از چاه‌ها در محدوده کرمان- روانگ را شامل می‌شود (شرکت سهامی آب منطقه‌ای هرمزگان، ۱۳۸۸).



شکل ۲. نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه برگرفته از نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ طاهرونی (منبع: یافته‌های تحقیق)

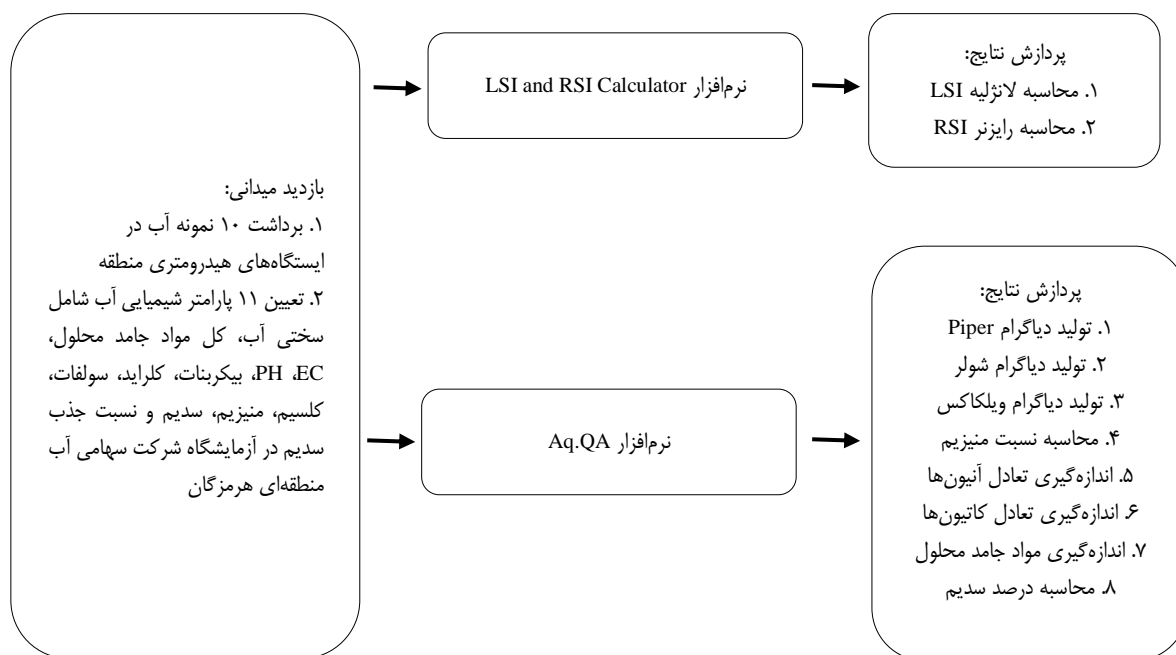
#### ۴. روش‌شناسی پژوهش

به منظور بررسی کیفیت آب‌های سطحی ایستگاه‌های هیدرومتری سد سرنی و تشخیص فرآیندهایی که کیفیت آن را تحت تاثیر قرار می‌دهند، از اطلاعات یک دوره آماری شش ماه در دو فصل پاییز و زمستان ۱۴۰۰ استفاده شد (جداول ۲ و ۳). بدین منظور از ایستگاه‌های

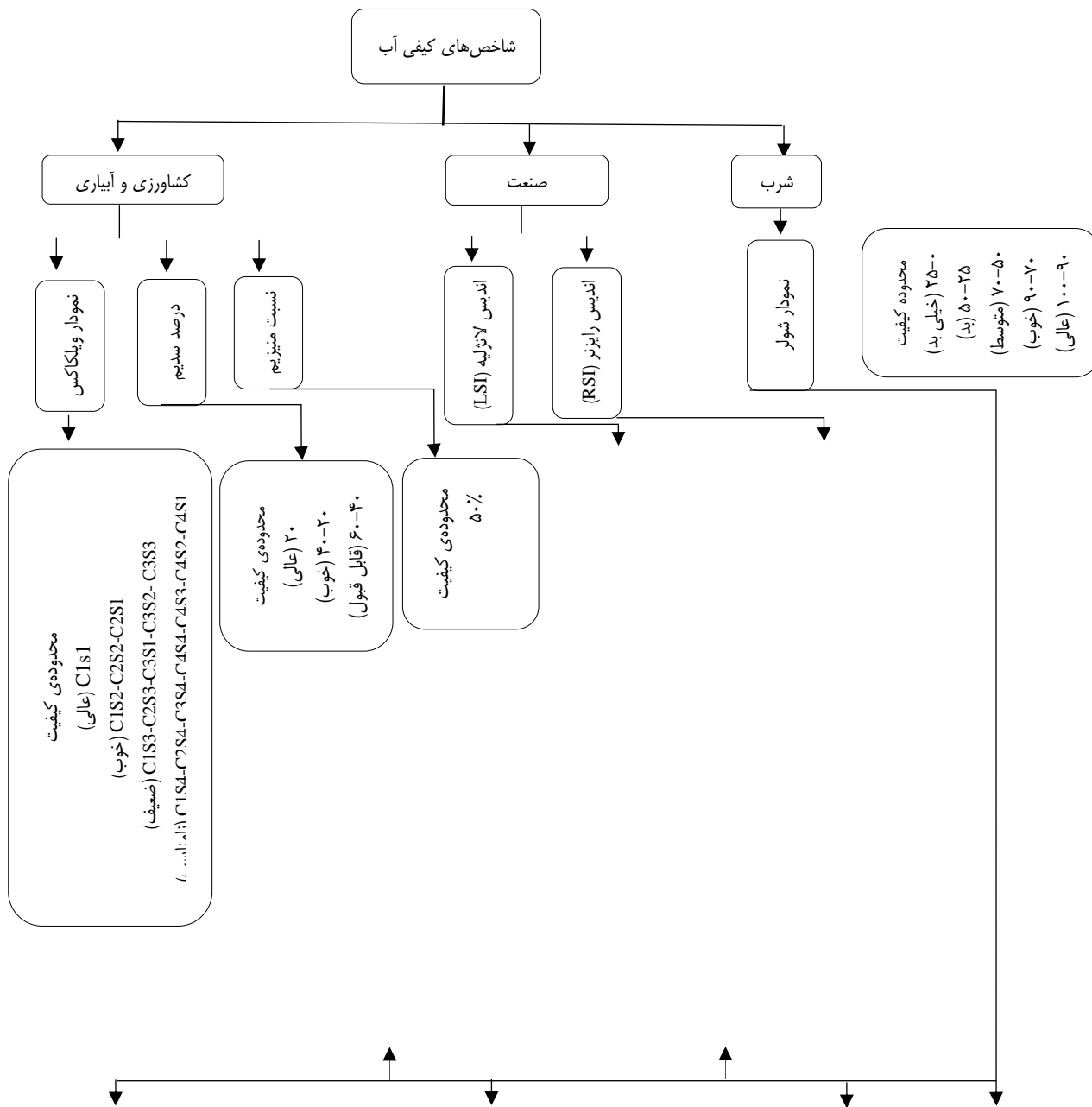
هیدرومتری جغین، میناب، مازابی، برنطین، گرو، آبنما، شمیل، سرمقس، جومحله و کلات رستم تعداد ۱۰ نمونه آب دوره آماری شش ماهه برداشت شد و سپس تعداد ۱۱ پارامتر شیمیایی آب ایستگاه‌های هیدرومتری حوضه آبریز سد سرنی شامل سختی آب، کل مواد جامد محلول، pH، EC، بی‌کربنات، کلراید، سولفات، کلسیم، منیزیم، سدیم، و نسبت جذب سدیم در آزمایشگاه شرکت سهامی آب منطقه‌ای هرمزگان اندازه‌گیری گردید (جداول ۲ و ۳).

ابتدا مطالعات اجمالی هیدروشیمی به منظور شناخت وضعیت کلی آب در ایستگاه‌های هیدرومتری صورت گرفت و سپس برای ترسیم نمودارهای مختلف طبقه‌بندی آب از نرم‌افزار Aq.QA استفاده شد.

نرم‌افزار Aq.QA، نرم‌افزاری جهت تجزیه و تحلیل کیفی آب‌های سطحی و زیرزمینی می‌باشد. با استفاده از این نرم‌افزار نتایج تحلیل شیمیایی در یک صفحه گسترده که برای این منظور تهیه شده را می‌توان نگه داشت و تبدیل واحدهای لازم در داخل همین صفحات گسترده انجام می‌شود. پس از بررسی و تجزیه و تحلیل‌های به دست آمده می‌توان نمودارهای مورد نیاز را در صفحه مربوطه را رسم کرد. تبدیل واحد خودکار درون برنامه، مخلوط کردن نمونه طی فرآیند شبیه‌سازی، تعیین تعادل آنیون‌ها و کاتیون‌ها، تعیین مشخصات شیمیایی آب با استفاده از دیاگرام Piper، تعیین تیپ آب با استفاده از دیاگرام Stiff، طبقه‌بندی آب برای آبیاری با استفاده از دیاگرام ویلکاکس، درصد سدیم محلول، نسبت منیزیم و استفاده آب برای شرب از نمودار شولر، محاسبه خواص اصلی مایعات و اندازه‌گیری مواد جامد محلول از مزایای این نرم‌افزار می‌باشد. و به منظور ارزیابی کیفیت آب در صنعت از شاخص‌های لانتزلیه (LSI) و شاخص پایداری رایزنر (RSI) توسط نرم‌افزار LSI and RSI Calculator استفاده شد. شاخص‌های کیفی جهت طبقه‌بندی آب‌های سطحی ایستگاه‌های هیدرومتری در سد سرنی برای مصارف مختلف مطابق شکل (۴) مورد بررسی قرار گرفت و روش انجام کار در شکل (۳) نشان داده شده است.



شکل ۳. فلوجارت روش تحقیق (منبع: یافته‌های تحقیق)



شکل ۴. شاخص‌های کیفی استفاده شده جهت طبقه‌بندی آب‌های سطحی ایستگاه‌های هیدرومتری سد سرنی در بخش‌های کشاورزی، شرب و صنعت (منبع: یافته‌های تحقیق)

جدول ۲. نتایج آنالیز پارامترهای شیمیایی ایستگاه‌های هیدرومتری سد سرنی در پاییز و زمستان ۱۴۰۰ (منبع: یافته‌های تحقیق)

پارامتر	تعداد نمونه	میانگین حسابی	انحراف معیار	ضریب تغییرات (درصد)	حداکثر	حداقل	مد	میانه	دامنه تغییرات	چولگی	واریانس
EC (μmhos/cm)	۱۰	۴۷۹۷/۹	۴۵۶۰/۸۵	۹۵/۰۶	۱۶۵۰۰	۱۵۴۲	ندارد	۳۹۹۶/۵	۱۴۹۵۸	۲/۱۸	۲۰۵۰۱۳۱۷/۶۶
T.D.S (mg/l)	۱۰	۳۸۷۵/۲	۳۵۶۵/۲۳	۹۲	۱۱۵۵۰	۹۵۲	ندارد	۲۸۲۲/۵	۱۰۵۹۸	۱/۴۴	۱۲۷۱۰۸۳۵/۹۶
pH	۱۰	۸/۹	۰/۲۶	۲/۹۲	۹/۳	۸/۵	۹/۰۵	۸/۹۳۵	۰/۱	-۰/۴۶	۰/۰۷
(meq/l)Ca <sup>2+</sup>	۱۰	۱۴۹/۱۲	۱۳۷/۲۵	۹۲/۰۴	۳۷۸	۵۰	۷۶	۸۲	۴۲۸	۱/۸۵	۱۸۸۳۶/۴
(meq/l)Mg <sup>2+</sup>	۱۰	۶۹/۶۸	۴۷/۷۵	۶۸/۵۳	۱۹۶/۸	۲۶/۵۲	۷۲	۶۳/۶	۱۷۰/۳	۲/۴۳	۲۲۸۰
(meq/l)Na <sup>+</sup>	۱۰	۷۷۶/۸۵	۷۶۴/۹۵	۹۸/۴۷	۲۷۵۳/۱	۲۵۳	ندارد	۴۳۹/۵۳	۲۵۰۰/۱	۲/۲۴	۵۸۵۱۴۶
(meq/l)K <sup>+</sup>	۱۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
(meq/l)Hco <sub>3</sub> <sup>-</sup>	۱۰	۲۸۳/۰۴	۶۷/۱۴	۲۳/۷۲	۳۹۰/۴	۱۷۶/۹	۲۳۱/۸	۲۹۸/۹	۲۱۳/۵	-۰/۱	۴۵۰۸/۲
(meq/l)Co <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	۱۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
(meq/l)Cl <sup>-</sup>	۱۰	۱۱۳۹/۲	۱۶۲۸/۰۲	۱۴۲/۹۱	۵۵۴۱/۵۵	۲۰۵/۹	ندارد	۴۴۲/۸۶۲۵	۵۳۳۵/۶۵	۲/۶۵	۲۶۵۰۴۳۳/۷۴
(meq/l)So <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	۱۰	۱۰۶۱	۸۱۷/۹۴	۷۷/۰۹	۲۸۸۰	۲۵۴/۴	ندارد	۹۳۶	۲۶۲۵/۶	۱/۳۲	۶۶۹۰۳۳

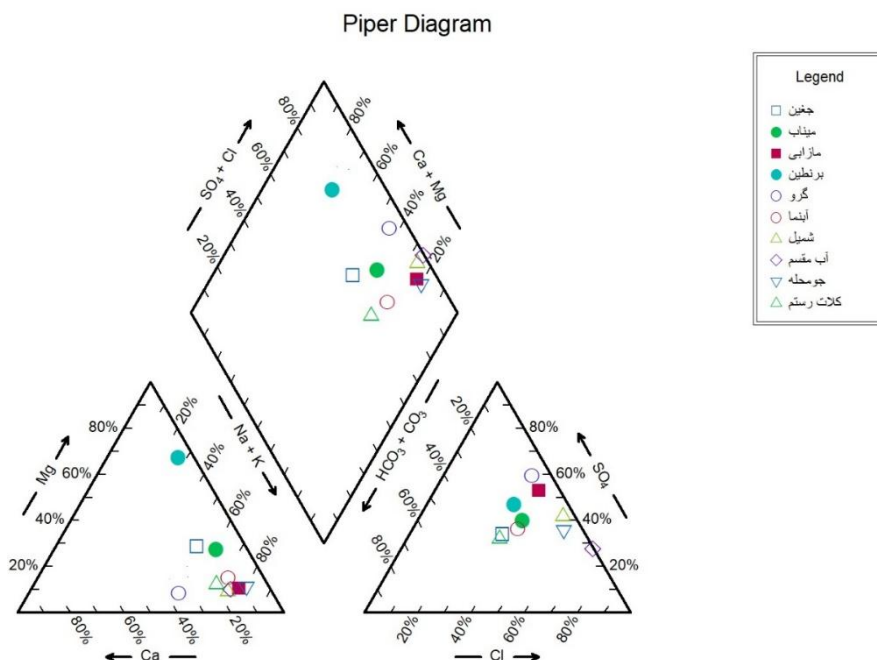
جدول ۳. حداکثر پارامترهای مختلف کیفیت شیمیایی آب ایستگاه‌های هیدرومتری سد سرنی در پاییز و زمستان ۱۴۰۰ (منبع: یافته‌های تحقیق)

ایستگاه	جعین	میناب	مازابی	برنظین	گرو	آینما	شمیل	سرمقسم	جومحله	کلات رستم
(meq/l)Ca <sup>2+</sup>	۳/۸	۲/۵	۵/۴۳	۳/۸	۱۳/۷۳	۲/۸	۱۰/۸	۲۳/۹	۴/۴	۳/۴
(meq/l)Mg <sup>2+</sup>	۶	۵/۷	۴/۹	۱/۴	۳/۳۱	۳/۱۵	۶/۳	۱۶/۴	۶	۲/۲۱
(meq/l)Na <sup>+</sup>	۱۱	۱۲/۷	۳۶/۱	۱۶/۳۲	۲۱/۹	۱۵	۴۹/۸	۱۱۹/۷	۴۳	۱۲/۲۴
(meq/l)K <sup>+</sup>	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
(meq/l)Hco <sub>3</sub> <sup>-</sup>	۵/۴	۵/۳	۳/۸	۶/۴	۲/۹	۵/۵	۳/۸	۳/۵	۴/۶	۵/۲
(meq/l)So <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	۶/۶	۱۰/۹	۲۷	۱۶	۲۴/۴۱	۸/۸۳	۳۹	۶۰	۲۳	۵/۳
(meq/l)Cl <sup>-</sup>	۶/۸	۱۰/۸	۲۰	۱۱/۲	۱۳/۷۵	۹/۶۵	۵۰	۱۵۶/۱	۳۶/۸	۵/۸
T.D.S (mg/l)	۸۵۵۶	۱۱۱۵	۳۵۱۲	۱۳۶۰	۲۱۳۳	۱۲۰۰	۴۷۲۴	۱۱۵۵۰	۳۶۵۰	۹۵۲
EC (μmhos/cm)	۱۸۰۰	۲۰۰۰	۵۱۶۵	۲۴۵۰	۳۵۴۳	۱۷۸۱	۶۷۴۸	۱۶۵۰۰	۶۴۵۰	۱۵۴۲
pH	۹/۳	۹/۱	۸/۹۴	۹/۰۵	۸/۷۵	۹/۰۵	۸/۹	۸/۵	۸/۵	۸/۹۳
TH(mg/l)	۳۹۵	۳۷۹/۵	۵۱۵	۲۷۰	۸۵۲	۲۸۵	۸۲۰	۲۰۱۵	۵۲۰	۲۴۰
S.A.R	۸/۶۹	۹/۲۴	۱۵/۹۱	۱۳/۱۶	۱۰/۳۸	۱۰/۷	۱۸/۳۷	۲۸/۵۳	۱۸/۹۴	۱۰/۵۸

## ۵. یافته‌های پژوهش

### ۵-۱. دیاگرام پاییز برای تعیین رخساره و تیپ آب

هیدروشیمی: به علت این که آنیون‌ها و کاتیون‌های موجود در آب از شاخص‌های مهم تعیین تیپ و رخساره و طبقه‌بندی توانایی کاربری آب هستند، در اولین گام به بررسی غلظت یون‌های محلول در آب پرداخته شد که در این راستا برای مشخص شدن تیپ و رخساره آب از نمودار Piper در نرم‌افزار Aq.QA استفاده گردید. با توجه به نمودار Piper (شکل ۵) و نحوه توزیع آنیون‌ها و کاتیون‌ها (جدول ۴)، تیپ و رخساره آب‌های سطحی در ایستگاه‌های هیدرومتری سد سرنی در دو دسته کلروه-سدیک (۶۰ درصد) و سولفات-سدیک (۴۰ درصد) می‌باشند که با نتایج پژوهش لطفی‌صهبائی (۱۳۹۲) مطابقت دارد.



شکل ۵. دیاگرام پایپر ایستگاه‌های هیدرومتری سد سرنی (منبع: یافته‌های تحقیق)

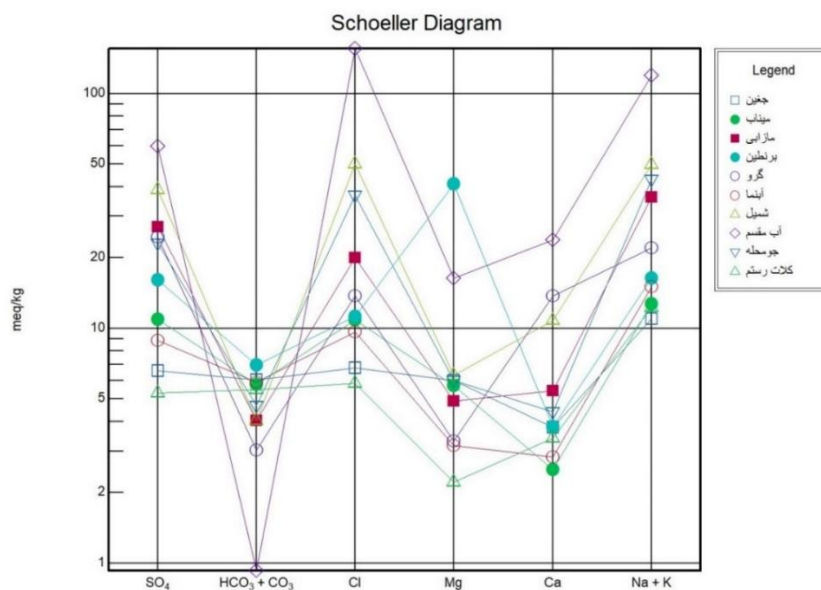
جدول ۴. تیپ و رخساره آب‌های سطحی در ایستگاه‌های هیدرومتری سد سرنی (منبع: یافته‌های تحقیق)

ایستگاه‌های هیدرومتری	غلظت کاتیون‌ها	غلظت آنیون‌ها	تیپ آب	رخساره آب	تیپ و رخساره
جغین	Na+K > Mg > Ca	Cl > SO4 > HCO3	کلروه	سدیک	کلروه-سدیک
میناب	Na+K > Mg > Ca	SO4 > Cl > HCO3	سولفات	سدیک	سولفات-سدیک
مازابی	Na+K > Ca > Mg	SO4 > Cl > HCO3	سولفات	سدیک	سولفات-سدیک
برنطین	Na+K > Mg > Ca	SO4 > Cl > HCO3	سولفات	سدیک	سولفات-سدیک
گرو	Na+K > Ca > Mg	SO4 > Cl > HCO3	سولفات	سدیک	سولفات-سدیک
آبنا	Na+K > Mg > Ca	Cl > SO4 > HCO3	کلروه	سدیک	کلروه-سدیک
شمیل	Na+K > Ca > Mg	Cl > SO4 > HCO3	کلروه	سدیک	کلروه-سدیک
سرمقسم	Na+K > Ca > Mg	Cl > SO4 > HCO3	کلروه	سدیک	کلروه-سدیک
جومحله	Na+K > Mg > Ca	Cl > SO4 > HCO3	کلروه	سدیک	کلروه-سدیک
کلات رستم	Na+K > Ca > Mg	Cl > SO4 > HCO3	کلروه	سدیک	کلروه-سدیک

## ۲-۵. طبقه‌بندی آب برای شرب

طبقه‌بندی کیفی آب از لحاظ شرب برای ۱۰ ایستگاه هیدرومتری واقع در محدوده سد سرنی به وسیله نمودار لگاریتمی شولر ترسیم شد. دیاگرام شولر<sup>۱</sup> یکی از مهمترین طبقه‌بندی‌ها جهت بررسی کیفیت منابع آب از نظر شرب می‌باشد. این دیاگرام بر پایه غلظت یون‌های اصلی سدیم، کلر، سولفات، کلسیم، منیزیم استوار است. براساس نمودار شولر کیفیت آب‌ها از نظر شرب به شش گروه شامل خوب، قابل قبول، متوسط، نامناسب، کاملاً نامناسب و غیرقابل شرب تقسیم می‌شوند. با توجه به دیاگرام شولر، کیفیت آب ایستگاه‌های هیدرومتری سد سرنی در رده خوب تا غیرقابل شرب (شکل ۶) و از نظر سختی کل، آب در رده سخت تا کاملاً سخت (TH بزرگتر از ۲۹۵) قرار می‌گیرد (جدول ۶).

1. Schoeller Diagram



شکل ۶. نمودار شولر کیفیت آب برای شرب در ایستگاه‌های هیدرومتری سد سرنی (منبع: یافته‌های تحقیق)

جدول ۵. درصد هر یک از کلاس‌های طبقه‌بندی شولر برای مصارف شرب در ایستگاه‌های هیدرومتری سد سرنی (منبع: یافته‌های تحقیق)

طبقه‌بندی آب	TDS	TH	pH	Na	Cl	SO <sub>4</sub>
خوب	۰	۰	۶۰	۰	۰	۰
قابل قبول	۱۰	۵۰	۰	۰	۳۰	۱۰
متوسط	۳۰	۴۰	۰	۵۰	۳۰	۳۰
نامناسب	۳۰	۰	۰	۲۰	۲۰	۲۰
کاملاً نامطبوع	۱۰	۱۰	۰	۲۰	۱۰	۳۰
غیرقابل شرب	۲۰	۰	۴۰	۰	۱۰	۱۰

جدول ۶. میزان سختی آب ایستگاه‌های هیدرومتری سد سرنی (منبع: یافته‌های تحقیق)

ردیف	علامت اختصاری	سختی کل (میلی گرم بر لیتر)	سختی موقت (میلی گرم بر لیتر)	سختی دائم (میلی گرم بر لیتر)	استاندارد سختی	کیفیت آب بر اساس سختی کل
۱	جغین	۴۸۶/۰۵	۴۸۶/۰۵	۰	۰-۶۰ نرم ۶۱-۱۲۰ سختی متوسط ۱۲۱-۱۸۰ سخت بزرگتر از ۱۸۰ کاملاً سخت	کاملاً سخت
۲	میناب	۴۰۶/۳۲	۴۰۶/۳۲	۰		کاملاً سخت
۳	مازابی	۵۱۳/۱۴	۳۸۰	۱۳۳/۱۴		کاملاً سخت
۴	برنطین	۳۹۲/۲۳	۳۹۲/۲۳	۰		کاملاً سخت
۵	گرو	۸۴۹/۱۲	۲۹۰	۵۵۹/۱۲		کاملاً سخت
۶	آبنا	۲۵۹/۳۸	۲۹۵/۳۸	۰		سخت
۷	شمیل	۸۵۰/۴۵	۳۸۰	۴۷۰/۴۵		کاملاً سخت
۸	سرمقسم	۲۰۰۳/۴	۳۵۰	۱۶۵۳/۴		کاملاً سخت
۹	جومحله	۵۱۶/۰۲	۴۶۰	۵۶/۰۲		کاملاً سخت
۱۰	کلات رستم	۲۷۸/۹۳	۲۷۸/۹۳	۰		سخت

### ۳-۵. طبقه‌بندی آب برای کشاورزی

درصد سدیم محلول: به طور کلی یون سدیم موجود در آب می‌تواند جایگزین یون‌های دو ظرفیتی منیزیم و کلسیم موجود در ذرات خاک

#### 1. Soluble Sodium Percentage

شود (Kumar et al., 2007). این فرآیند باعث کاهش نفوذپذیری و همچنین کاهش زهکشی داخلی خاک می‌شود. به‌طور کلی غلظت بالای یون سدیم حرکت آب و هوا را در خاک‌های مرطوب کاهش می‌دهد. اما در شرایطی که خاک خشک است، باعث سخت شدن آن می‌شود (Saleh, Al-Ruwaih & Shehata, 1999). میزان درصد سدیم محلول را می‌توان از رابطه ۱ محاسبه نمود.

$$\text{Na\%} = \frac{\text{Na}^+ + \text{k}^+}{\text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2} + \text{Na}^+ + \text{k}^+} \times 100 \quad \text{رابطه (۱)}$$

از نظر میزان درصد سدیم آب‌ها به پنج دسته، عالی (کمتر از ۲۰)، خوب (۲۰-۴۰)، قابل قبول (۴۰-۶۰)، مشکوک (۶۰-۸۰) و بد (بیشتر از ۸۰) تقسیم می‌شوند (Mahdavi, 2010).

قلیابیت یا غلظت بی‌کربنات‌های محلول (RSC): یکی دیگر از پارامترهای سنجش کیفیت آب برای آبیاری میزان قلیابیت یا بی‌کربنات‌های محلول است. پس از مدتی آبیاری با آب‌هایی که دارای مقدار زیادی بی‌کربنات محلول هستند، این بی‌کربنات‌ها در اثر از دست دادن گاز دی‌اکسیدکربن تجزیه شده و این گاز موجب رسوب یون‌های کلسیم و منیزیم و افزایش غلظت آنها در خاک می‌شود و به جهت بالا بودن قابلیت تبادل یونی سدیم نسبت به این دو یون به تدریج نسبت یون سدیم در خاک افزایش یافته، باعث ایجاد مزاحمت برای گیاه می‌شوند. این سدیم در خاک به صورت بی‌کربنات سدیم باقیمانده و به کربنات سدیم باقیمانده معروف است (Mahdavi, 2010). میزان RSC برای نمونه‌های آب از رابطه (۲) محاسبه می‌شود.

$$\text{RSC} = (\text{CO}_3^{-2} + \text{HCO}_3^{-}) - (\text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2}) \quad \text{رابطه (۲)}$$

مقادیر کلیه یون‌ها برحسب میلی اکی والان بر لیتر ( $\text{meq}^{-1}$ ) است. مقدار RSC (کربنات سدیم باقیمانده) برای آبیاری نباید از ۲/۵ میلی اکی والان بر لیتر بیشتر باشد. آب‌های با مقدار RSC کمتر از ۱/۲۵ میلی اکی والان بر لیتر ( $\text{meq}^{-1}$ ) برای آبیاری مناسب بوده و در مورد آب‌های بین ۱/۲۵ تا ۲/۵ باید مدیریت خاصی اعمال کرد و شرایط گیاه و زمین را مدنظر قرار داد (Mahdavi, 2010). نتایج حاصل از ارزیابی کیفی آب بر اساس درصد سدیم (Na) و باقیمانده کربنات سدیم (RSC) برای ایستگاه‌های هیدرومتری سد سرنی در (جدول ۷) نشان داده شده است. همان‌گونه که نتایج نشان می‌دهد، کیفیت آب ایستگاه‌های هیدرومتری سد سرنی از نظر درصد سدیم، ایستگاه‌های میناب، مازابی، برنطین، آبنما، شمیل، سرمقسم، کلات‌رستم در دسته مشکوک و جومحله در دسته بد و جغین و گرو در دسته قابل قبول قرار دارند و از نظر کربنات سدیم باقیمانده هیچ‌گونه محدودیتی ندارد.

جدول ۷. کیفیت آب ایستگاه‌های هیدرومتری سد سرنی برای آبیاری (منبع: یافته‌های تحقیق)

محل نمونه‌برداری	SAR	درصد Na	کیفیت بر اساس درصد Na	RSC	کیفیت بر اساس RSC
جغین	۴/۹۷	۵۲/۸۸	قابل قبول	-۴/۴	مناسب
میناب	۶/۲۷	۶۰/۷۷	مشکوک	-۲/۹	مناسب
مازابی	۱۵/۸۸	۷۷/۷۵	مشکوک	-۶/۵۳	مناسب
برنطین	۸/۲۱	۶۷/۳۸	مشکوک	-۱/۵	مناسب
گرو	۷/۵	۵۶/۲۴	قابل قبول	-۱۴/۱۴	مناسب
آبنما	۸/۷	۷۱/۶	مشکوک	-۰/۴۵	مناسب
شمیل	۱۷/۰۳	۷۴/۴۴	مشکوک	-۱۳/۳	مناسب
سرمقسم	۲۶/۶۷	۷۴/۸۱	مشکوک	-۳۶/۸	مناسب
جومحله	۱۸/۸۶	۸۰/۵۲	بد	-۵/۸	مناسب
کلات‌رستم	۷/۳۱	۶۸/۵۷	مشکوک	-۰/۴۱	مناسب

شاخص ویلکاکس<sup>۱</sup>: ویلکاکس با استفاده از دو پارامتر هدایت الکتریکی (EC) و نسبت جذب سدیم (SAR) کیفیت آب را برای کشاورزی می‌توان طبقه‌بندی نمود (Wilcox, 1955). هدایت الکتریکی یکی از مهمترین پارامترها در تعیین کیفیت آب برای کشاورزی است که

می‌تواند بر رشد گیاه و کیفیت محصولات زراعی تاثیرگذار باشد (Kumar et al., 2007). افزایش شوری سبب جذب آب و مواد مغذی از خاک و در پی آن کاهش فعالیت‌های اسمزی در گیاهان می‌شود (Saleh, Al-Ruwaih & Shehata, 1999). نسبت جذب سدیم ( $SAR^1$ ) به عنوان یک شاخص موثر در ارزیابی خطر بالقوه سدیم در محلول در حال تعادل با فاز جامد خاک و همچنین خطر قلیایی شدن خاک است (Kumar et al., 2007). کلسیم، منیزیم و سدیم کاتیون‌های مهم از نظر آب مصرفی در بخش کشاورزی هستند. یون‌های سدیم و پتاسیم، پراکندگی ذرات رس را تسهیل می‌کنند همچنین باعث کاهش نفوذپذیری خاک می‌شوند (Kumar et al., 2007). نسبت جذب سدیم برای هر نمونه آب با استفاده از رابطه (۳) محاسبه شد.

$$SAR = Na^+ / \left( \frac{Ca^{+2} + Mg^{+2}}{2} \right)^{\frac{1}{2}} \quad \text{رابطه (۳)}$$

در شاخص ویلکاکس، S نماینده SAR و C نماینده EC بوده که در کل کیفیت آب برای کشاورزی را در ۴ دسته خیلی خوب، خوب، متوسط و بد و ۱۶ قسمت به شرح (جدول ۸) طبقه‌بندی می‌شود. مقادیر ۴، ۳، ۲، ۱ به ترتیب بیانگر کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد است. نتایج حاصل از ارزیابی کیفی آب برای مصارف کشاورزی و آبیاری در (جدول ۸ و ۹) و (شکل ۷) نمایش داده شده است. همان‌گونه که (جدول ۹) نشان می‌دهد، بر اساس تجمع نمونه‌ها در نمودار ویلکاکس کیفیت آب ایستگاه‌های هیدرومتری در کل محدوده مطالعاتی در طبقه  $C_3S_2$  ۴۰ درصد،  $C_4S_2$  ۲۰ درصد و  $C_4S_4$  ۴۰ درصد قرار داشته، به‌طور کلی ۴۰ درصد ایستگاه‌های هیدرومتری (جعین، میناب، آبنا، کلات‌رستم) سد سرنی کیفیت آب شور و برای مصارف کشاورزی و آبیاری مناسب و ۶۰ درصد ایستگاه‌های هیدرومتری (مازابی، برنظین، گرو، شمیل، سرمقسم، جومحله) کیفیت آب خیلی شور و برای کشاورزی نامناسب می‌باشند.

جدول ۸. کیفیت آب بر اساس طبقه‌بندی ویلکاکس برای آبیاری (Kumar et al., 2007)

C <sub>4</sub>				C <sub>3</sub>				C <sub>2</sub>				C <sub>1</sub>			
S <sub>4</sub>	S <sub>3</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>4</sub>	S <sub>3</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>4</sub>	S <sub>3</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>4</sub>	S <sub>3</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>1</sub>

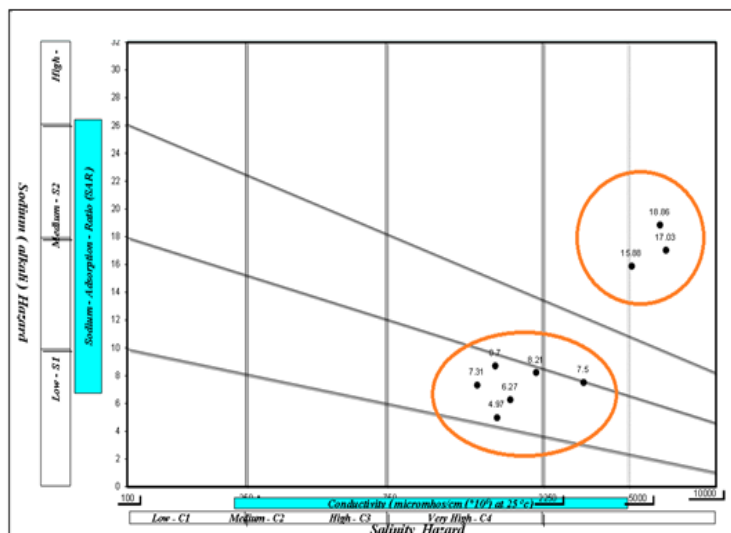
جدول ۹. کیفیت آب ایستگاه‌های هیدرومتری سد سرنی برای مصارف آبیاری و کشاورزی (منبع: یافته‌های تحقیق)

ردیف	محل نمونه‌برداری	SAR	EC	کلاس آب	کیفیت آب برای کشاورزی
۱	جعین	۴/۹۷	۱۸۰۰	C <sub>3</sub> S <sub>2</sub>	شور- قابل استفاده برای کشاورزی
۲	میناب	۶/۲۷	۲۰۰۰	C <sub>3</sub> S <sub>2</sub>	شور- قابل استفاده برای کشاورزی
۳	مازابی	۱۵/۸۸	۵۱۶۵	C <sub>4</sub> S <sub>4</sub>	خیلی شور- برای کشاورزی نامناسب
۴	برنظین	۸/۲۱	۲۴۵۰	C <sub>4</sub> S <sub>2</sub>	خیلی شور- برای کشاورزی نامناسب
۵	گرو	۷/۵	۳۵۴۳	C <sub>4</sub> S <sub>2</sub>	خیلی شور- برای کشاورزی نامناسب
۶	آبنا	۸/۷	۱۷۸۱	C <sub>3</sub> S <sub>2</sub>	شور- قابل استفاده برای کشاورزی
۷	شمیل	۱۷/۰۳	۶۷۴۸	C <sub>4</sub> S <sub>4</sub>	خیلی شور- برای کشاورزی نامناسب
۸	سرمقسم	۲۶/۶۷	۱۶۵۰۰	C <sub>4</sub> S <sub>4</sub>	خیلی شور- برای کشاورزی نامناسب
۹	جومحله	۱۸/۸۶	۶۴۵۰	C <sub>4</sub> S <sub>4</sub>	خیلی شور- برای کشاورزی نامناسب
۱۰	کلات‌رستم	۷/۳۱	۱۵۴۲	C <sub>3</sub> S <sub>2</sub>	شور- قابل استفاده برای کشاورزی

از آنجا که خصوصیات فیزیکی خاک مانند ساختمان و پایداری خاک‌دانه به کاتیون‌های جذب شده سطح خاک بستگی دارد و کاتیون‌های دو ظرفیتی  $Ca^{+2}$  و  $Mg^{+2}$  باعث بهبود ساختمان خاک و پایداری خاک‌دانه‌ها شده در حالی که کاتیون‌های یک ظرفیتی مانند  $Na^{+1}$  باعث پراکندگی ذرات خاک و از بین رفتن ساختمان می‌شوند به گونه‌ای که اگر دست کم ۱۰ درصد کاتیون‌های جذب شده در خاک سدیم باشد، خاک ساختمان خود را در اثر تورم و کاهش منافذ از دست داده و نفوذ بر اثر پراکندگی ذرات خاک کاهش می‌یابد. لذا، آبیاری با چنین آبی موجب مشکل در جوانه‌زنی، تهویه ناکافی خاک، شیوع بیماری‌های گیاه و ریشه و مشکل مبارزه با بیماری‌ها و علف‌های هرز می‌شود. بنابراین، آبیاری با آب ایستگاه‌های هیدرومتری سد سرنی نیاز به مدیریت ویژه، زه‌کشی مناسب، آب‌شویی زیاد و افزایش مواد آلی دارد. اگر



گچ در خاک باشد، مشکل نفوذ به تاخیر می‌افتد. نتایج حاصل از مطالعه با نتایج پژوهش‌های لطفی نصب اصل، درگاهیان و خسروشاهی (۱۳۹۹) و شامی و دیگران (۲۰۱۶) مطابقت دارد (Shammi et al., 2016).



شکل ۷. نمودار ویلکاکس کیفیت آب برای آبیاری در ایستگاه‌های هیدرومتری سد سرنی (منبع: یافته‌های تحقیق)

#### ۵-۴. طبقه‌بندی آب برای صنعت

شاخص اشباع لانژلیه ( $LSI^1$ ): این شاخص مدلی است مشتق شده از مفهوم تئوریک اشباع و شاخصی از درجه اشباع آب با کربنات کلسیم را ارائه می‌نماید. میزان LSI، مفهوم اشباع را با استفاده از pH به عنوان یک متغیر اصلی بیان می‌نماید (Clesceri LS, 2005). شاخص اشباع لانژلیه از رابطه (۴) قابل محاسبه می‌باشد:

$$LSI = pH - pH_S \quad \text{رابطه (۴) (De Zuane, 1997)}$$

که pHs، در واقع pH اشباع آب از کلسیت یا کربنات کلسیم می‌باشد. pHs یا pH اشباع تاثیر پارامترهایی نظیر کلسیم، قلیایت کل، جامدات محلول و دما را در محاسبه شاخص نشان می‌دهد و از رابطه (۵) قابل محاسبه می‌باشد:

$$pH_S = [(9.3 + \log A + \log B) - (\log C + \log D)] \quad \text{رابطه (۵)}$$

در رابطه بالا پارامتر A بیانگر TDS آب (میلی گرم بر لیتر)، B دمای آب (سلسیوس)، C سختی کلسیم (میلی گرم بر لیتر کربنات کلسیم) کربنات کلسیم، D قلیایت آب (میلی گرم بر لیتر کربنات کلسیم) می‌باشند.

بر اساس شاخص LSI، آب تمامی ایستگاه‌ها هیدرومتری سد سرنی دارای خاصیت انحلال و رسوب‌گذاری دارند. شاخص پایداری رایزنر ( $RSI^2$ ): این شاخص ارتباط بین یک سری داده‌های تجربی با ضخامت پوسته مشاهده شده در سیستم‌های آب شهری را با شیمی آب تبیین می‌نماید. مانند شاخص LSI، RSI که بر مبنای مفهوم سطح اشباعیت می‌باشند. RSI ارتباط بین حالت اشباع کربنات کلسیم و تشکیل پوسته را به صورت کمی نشان می‌دهد. شاخص پایداری رایزنر از رابطه زیر قابل محاسبه است:

$$RSI = 2pH_S - pH \quad \text{رابطه (۶)}$$

در صورتی که مقدار RSI کمتر از ۶ باشد آب رسوب‌گذار، بین ۶ تا ۵/۶ خنثی و بیشتر از ۵/۶ خاصیت خوردگی دارد. جدول (۱۰) کیفیت آب ایستگاه‌های هیدرومتری سد سرنی از نظر سختی و مصارف صنعتی را نشان می‌دهند. همان‌گونه که جدول (۱۰) نشان می‌دهند، از لحاظ کیفیت آب برای مصارف صنعتی در تمامی ایستگاه‌های هیدرومتری رسوب‌گذار می‌باشد.

1. Langelier Saturation Index
2. Ryznar Stability Index

جدول ۱۰. مقادیر اندیس‌های لانتزیه، رایزنر و کیفیت آب ایستگاه‌های هیدرومتری سد سرنی برای مصارف صنعتی (منبع: یافته‌های تحقیق)

ردیف	محل نمونه‌برداری	قلیائیت بر حسب CaO	Ca (mg/l)	ضریب C	pHs	Ph	اندیس pH-pHs لانتزیه (LSI)	اندیس 2pHs-pH رایزنر (RSI)	کیفیت آب برای مصارف صنعتی
۱	جغین	۲۵۳	۷۶	۱۱/۳۶	۷/۱	۹/۳	-۲/۲	۴/۹	تمایل به انحلال و رسوب‌گذار
۲	میناب	۲۹۲/۱	۵۰	۱۱/۳۱	۷/۱	۹/۱	-۲	۵/۱	تمایل به انحلال و رسوب‌گذار
۳	مازایی	۸۳۰/۳	۱۰۸/۶	۱۱/۳۴	۶/۴	۸/۹۴	-۲/۵۴	۳/۸۶	تمایل به انحلال و رسوب‌گذار
۴	برنطین	۳۷۵/۳۶	۷۶	۱۱/۳۲	۶/۹	۹/۰۵	-۲/۱۵	۴/۷۵	تمایل به انحلال و رسوب‌گذار
۵	گرو	۵۰۳/۷	۲۷۴/۶	۱۱/۳۳	۶/۲	۸/۷۵	-۲/۵۵	۳/۶۵	تمایل به انحلال و رسوب‌گذار
۶	آبنما	۳۴۵	۵۶	۱۱/۳۱	۷	۹/۰۵	-۲/۰۵	۴/۹۵	تمایل به انحلال و رسوب‌گذار
۷	شمیل	۱۱۴۵/۴	۲۱۶	۱۱/۳۵	۶	۸/۹	-۲/۹	۳/۱	تمایل به انحلال و رسوب‌گذار
۸	سر مقسم	۲۷۵۳/۱	۴۷۸	۱۱/۳۷	۵/۳	۸/۵	-۳/۲	۱/۲	تمایل به انحلال و رسوب‌گذار
۹	جومحله	۹۸۹	۸۸	۱۱/۳۴	۶/۴	۸/۵	-۲/۱	۳/۴	تمایل به انحلال و رسوب‌گذار
۱۰	کلات‌رستم	۲۸۱/۵۲	۶۸	۱۱/۳۱	۷	۸/۹۳	-۱/۹۳	۵/۰۷	تمایل به انحلال و رسوب‌گذار

## ۵-۵. همبستگی‌های شاخص‌های کیفی و هدایت‌الکتریکی

با توجه به این که اندازه‌گیری میزان هدایت‌الکتریکی به آسانی امکان‌پذیر است. در صورت وجود رابطه بین هدایت‌الکتریکی و هر شاخص شیمیایی آب امکان برآورد این شاخص بدون انجام عملیات آزمایشگاهی وجود خواهد داشت (نوحه‌گر، ۱۳۹۰). به‌طور کلی با توجه به روابط به دست آمده در جدول (۱۱) مشخص می‌گردد که هدایت‌الکتریکی آب ایستگاه‌های هیدرومتری با یون‌های سدیم، کلراید، سولفات و منیزیم رابطه بسیار خوبی دارند و با در اختیار داشتن میزان هدایت‌الکتریکی با تقریب بسیار خوبی می‌توان محتوای این یون‌ها را برآورد کرد. هدایت‌الکتریکی و یون کلسیم و TDS دارای رابطه نسبتاً مناسبی هستند. بین یون بی‌کربنات و هدایت‌الکتریکی رابطه وجود ندارد.

جدول ۱۱. بررسی همبستگی‌های بین شاخص‌های کیفی و هدایت‌الکتریکی ایستگاه‌های هیدرومتری سد سرنی (منبع: یافته‌های تحقیق)

شاخص‌های کیفی و هدایت الکتریکی	رابطه موجود	ضریب تعیین ( $R^2$ )	ضریب همبستگی (CORREL)	سطح معناداری (p)
هدایت الکتریکی و مجموع مواد محلول	$y = 0.5893x + 1047.6$	۰/۵۶۸۴	۰/۷۵	۰/۵۷۹۷۸
هدایت الکتریکی و یون منیزیم	$y = 0.0008x + 1.9244$	۰/۸۶۰۳	۰/۹۲	۰/۰۰۵۲
هدایت الکتریکی و یون سدیم	$y = 0.0073x - 1.1484$	۰/۹۹۶۴	۰/۹۹	۰/۰۱۴۷
هدایت الکتریکی و یون کلراید	$y = 0.0099x - 15.327$	۰/۹۶۶	۰/۹۸	۰/۰۰۰۷۷
هدایت الکتریکی و یون سولفات	$y = 0.0035x + 5.0943$	۰/۹۰۰۴	۰/۹۴	۰/۰۰۹
هدایت الکتریکی و یون کلسیم	$y = 0.0013x + 1.1528$	۰/۷۶۲۴	۰/۸۷	۰/۰۱۰۵
هدایت الکتریکی و یون بی‌کربنات	$y = -0.0001x + 5.3023$	۰/۳۲۷۲	-۰/۵۷	۰/۳۸۸

## ۶. بحث و نتایج

این مقاله به منظور بررسی کیفیت آب‌های سطحی ایستگاه‌های هیدرومتری محدوده مطالعاتی سد سرنی شهرستان میناب برای مصارف شرب، کشاورزی و صنعت با نرم‌افزار Aq.QA انجام شد. نتایج مطالعه نشان داد که آب در تمامی ایستگاه‌ها دارای pH بالای ۸ بوده که این موضوع بیانگر قلیایی بودن آن است. در آب‌های با pH بالاتر از هشت انتظار وجود نمک‌های کربنات و بی‌کربنات کلسیم بوده که کلسیم آن در چنین pH رسوب کرده و موجب بسته شدن مجاری تجهیزات آبیاری می‌شود. هدایت‌الکتریکی در ایستگاه‌های مورد مطالعه دارای مقدار بیشینه ۱۶۵۰۰ و کمینه ۱۵۴۲ و میانگین ۴۷۹۷ و مقدار TDS در اکثر ایستگاه‌های مورد مطالعه بالا می‌باشد. بررسی مقدار آنیون‌های کربنات، بی‌کربنات، کلراید و سولفات در تمامی ایستگاه‌ها نشان می‌دهد که بیشترین مقدار مربوط به یون کلراید بوده و در میان کاتیون‌ها بیشترین مقدار مربوط به سدیم و کمترین مقدار مربوط به یون پتاسیم است. افزایش مقدار زیاد یون سدیم موجب افزایش قلیائیت خاک شده که هیدروکسید سدیم تولیدی می‌تواند سلول‌های ریشه گیاهان را سوزانده و از بین ببرد. هر اندازه سدیم در آب بیشتر باشد،

موجب پف‌کردگی خاک و کاهش فاصله بین ذرات و به تبع آن کاهش نفوذپذیری خاک می‌شود. نتایج تجزیه و تحلیل پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب نشان از افزایش مقادیر پارامترهای مورد مطالعه در ایستگاه‌های سد سرنی دارد که می‌توان علت آن را کاهش آب‌دهی رودخانه‌های ایستگاه هیدرومتری سد در اثر کاهش بارندگی، خشکسالی‌های هواشناسی و هیدرولوژیک اخیر، ورود زه‌آب‌های کشاورزی، عدم مدیریت صحیح در بهره‌برداری و مصارف آب دانست. نتیجه حاصل از این تحقیق با نتایج تحقیقات (ویسی، محمدی روزبهانی و ظهرابی، ۱۴۰۰؛ رضایی مقدم و همکاران، ۱۳۹۶؛ سالاریان، علیزاده، فریدحسینی، ۱۳۹۴؛ عباسی مقدم و همکاران، ۱۴۰۰، ترکمانی تمبکی و رهنما، ۱۳۹۵ و نوحه‌گر، ۱۳۹۰) تطابق دارد.

نتایج حاصل از دیاگرام ویلکاکس در محل ایستگاه‌های هیدرومتری مازابی، برنطین، گرو، شمیل، سرمقسم و جومحله نشان می‌دهد که کیفیت آب برای کشاورزی در طبقه  $C_3S_2$  و  $C_4S_3$ ،  $C_4S_4$  قرار گرفته و مناسب نیست. نمودار پایپر نشان می‌دهد که کیفیت آب از نظر شرب در بازه‌های خوب تا غیرقابل شرب بوده و از نظر سختی در بازه سخت تا کاملاً سخت قرار می‌گیرند. یون‌های سولفات و سدیم، یون‌های غالب در آب‌های سطحی ایستگاه‌های هیدرومتری بوده و آب دارای تیپ و رخساره سولفات-سدیک (۴۰ درصد) و کلروه-سدیک (۶۰ درصد) می‌باشد. نتایج طبقه‌بندی آب برای صنعت براساس شاخص‌های اشباع لانتزلیه (LSI) و پایداری رایزنر (RSI) در تمامی ایستگاه‌ها، رسوب‌گذار است. به نظر می‌رسد با توجه به ثابت بودن ترکیب شیمیایی آب ایستگاه‌ها، به احتمال فراوان دمای آب رودخانه نقش تعیین‌کننده‌ای در تمایل آب برای رسوب‌گذاری دارد. بررسی همبستگی بین میزان هدایت‌الکتریکی و شاخص‌های کیفی آب گویای این مطلب است که بین هدایت‌الکتریکی و یون‌های منیزیم، سدیم، کلراید و سولفات رابطه بسیار خوبی برقرار است و بین هدایت‌الکتریکی و TDS و یون کلسیم نسبتاً خوب بوده و بین یون بی‌کربنات و هدایت‌الکتریکی رابطه‌ای وجود ندارد. نتیجه حاصل از این تحقیق با نتایج تحقیقات (عباسی مقدم و همکاران، ۱۴۰۰؛ ترکمانی تمبکی و رهنما، ۱۳۹۵ و نوحه‌گر ۱۳۹۰) تطابق دارد.

براساس غلظت یون‌های اصلی موجود در آب‌های ایستگاه‌های محدوده مطالعاتی شرایط کاتیونی و آنیونی حاکم عبارت از  $Na^+ > Ca^{2+} > Mg^{2+}$  و  $Cl^- > SO_4^{2-} > HCO_3^-$  است. بدیهی است با ادامه روند کنونی خشکسالی کیفیت آب ایستگاه‌های مورد مطالعه می‌تواند دچار آنچنان تغییری شوند که امکان استفاده از آب برای مصدایق گوناگون به ویژه آشامیدن در آینده را غیرممکن سازد.

## ۷. نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج حاصل از شاخص‌های به کار گرفته شده در این پژوهش، می‌توان نتیجه گرفت که آب ایستگاه‌های هیدرومتری محدوده سد سرنی تقریباً از کیفیت مناسبی برای استفاده در بخش‌های مختلف شرب، کشاورزی و صنعت برخوردار نمی‌باشد و علل افزایش املاح محلول و کاهش کیفیت آب برای مصارف گوناگون در ایستگاه‌های هیدرومتری سد سرنی، احداث بندهای خاکی در مسیر آبراهه‌ها، ورود زه‌آب‌های کشاورزی بالادست ایستگاه‌ها، عدم مدیریت صحیح بهره‌برداری و خشکسالی‌های اخیر بوده که دبی آب رودخانه‌های منتهی به سد را تحت تاثیر قرار داده است.

## ۸. پیشنهاد

با توجه به این که طبقه‌بندی آب از نظر صنعت در منطقه مورد مطالعه از نوع رسوب‌گذار می‌باشد، به منظور کنترل سطح رسوب مدارهای گردش آب، پیشنهاد می‌گردد از انواع فیلترها، آنتی اسکالانت‌های مغناطیسی استفاد شود.

## ملاحظات اخلاقی

### پیروی از اصول اخلاق پژوهش

نویسندگان مقاله اصول اخلاقی را در انجام و انتشار این پژوهش علمی رعایت نموده‌اند و این موضوع مورد تأیید همه آنهاست.

### مشارکت نویسندگان

طراحی و ایده‌پردازی: ماشاله خامه‌چیان، جمع‌آوری داده‌ها: حمزه ترکمانی تمبکی، تهیه گزارش پژوهش: حمزه ترکمانی تمبکی؛ نظارت و نگارش نهایی: ماشاله خامه‌چیان، تحلیل داده‌ها: حمزه ترکمانی تمبکی

## تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان این مقاله تعارض منافع ندارد.

## حامی مالی

مقاله حاضر با حمایت مالی نویسنده اول انجام شد.

## سپاسگزاری

از آقای دکتر ماشاله خامه‌چیان به خاطر بازبینی متن مقاله و ارائه نظرهای ساختاری تشکر و قدردانی می‌شود. همچنین از داوران محترم به خاطر ارائه نظرهای ساختاری و علمی سپاسگزاری می‌شود.

## منابع

- ترکمانی تمبکی؛ حمزه، و رهنماد، جعفر (۱۳۹۵). تغییرات شاخص‌های فیزیکی و شیمیایی آب‌های زیرزمینی دشت میناب در اثر افت سطح آب. کنفرانس بین‌المللی مخاطرات طبیعی و بحران‌های زیست‌محیطی ایران، راهکارها و چالش‌ها. ۲۳ شهریور ۱۳۹۵، اردبیل. <https://sid.ir/paper/830498/fa>
- جمهوری اسلامی ایران، وزارت نیرو، شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان هرمزگان، مطالعات مرحله دوم سد مخزنی سرنی و خط انتقال مربوطه، جلد چهارم، گزارش سیمای طرح، بهمن ماه ۱۳۸۸.
- خادم‌پور؛ فهیمه و شهیدی، علی (۱۳۹۷). ارزیابی کیفی آب‌های سطحی با استفاده از روش CWQI و نرم‌افزار Aquachem (مطالعه موردی: رودخانه قاین در خراسان جنوبی). مجله پژوهش در بهداشت محیط، ۳(۳)، ۱۷۹-۱۸۶. <https://doi.org/10.22038/jreh.2018.28890.1194>
- رضائی‌مقدم؛ محمدحسین، نیکجو؛ محمدرضا، حجازی؛ میراسدالله، خضری؛ سعید و کاظمی، آفاق (۱۳۹۶). اثر عوامل هیدروژئومورفولوژی بر تغییرات کیفیت آب رودخانه سیمینه‌رود در ایستگاه‌های مختلف مطالعاتی طی سال‌های ۱۳۸۲-۱۳۹۲. اکوهیدرولوژی ۴(۲)، ۳۹۵-۴۰۵. <https://doi.org/10.22059/ije.2017.61476>
- سالاریان؛ محمد، علیزاده؛ امین و فریدحسینی، علیرضا (۱۳۹۴). پایش کیفی منابع آب سطحی حوضه رودخانه تجن به منظور شرب، کشاورزی و صنعت. کنگره ملی آبیاری و زهکشی ایران. ۲۳ اردیبهشت ۱۳۹۴، دانشگاه فردوسی مشهد. <https://sid.ir/paper/871103/fa>
- سالاری؛ مرجان، رادمنش؛ فریدون و زارعی، حیدر (۱۳۹۱). ارزیابی کمی و کیفی منابع آب رودخانه کارون با استفاده از شاخص NSFQI و روش AHP. مجله انسان و محیط زیست، ۱(۲۳)، ۱۳-۲۲. <https://he.srbiau.ac.ir/article3459.html>
- لطفی‌صهبائی؛ امیررضا (۱۳۹۲). طبقه‌بندی کیفی آب جهت مصارف شرب، کشاورزی، صنعت (مطالعه موردی ایستگاه بابامان رودخانه اترک). اولین همایش ملی چالش‌های منابع آب و کشاورزی، ۲۴ بهمن ۱۳۹۲، اصفهان. <https://civilica.com/doc/537914>
- عباسی‌مقدم؛ حمیدرضا، قره محمودلو؛ مجتبی، جندقی؛ نادر، حشمت‌پور؛ علی و سید، مصطفی (۱۴۰۰). هیدروشیمی و کیفیت آب رودخانه دوغ کلاله با استفاده از روش‌های گرافیکی، تحلیل خوشه‌ای و شاخص‌های کیفی. فصلنامه علمی مهندسی منابع آب. ۱۴(۴۹)، ۱۳-۲۹. <https://doi.org/10.30495/wej.2021.21192.2145>
- قاسمی‌دهنوی؛ آرتیمس، ساریخانی؛ رامین، حسینی؛ سیده حدیث، احمدزاد؛ زینب و ابراهیمی، بهروز (۱۳۹۵). ارزیابی کیفی و کمی آب‌های سطحی با استفاده از آنالیز آماری در رودخانه ازنا لرستان. محیط‌زیست و مهندسی آب، ۲(۴)، ۳۰۶-۳۲۱. [https://www.jewe.ir/article\\_40977.html](https://www.jewe.ir/article_40977.html)
- لطفی‌نسب اصل؛ سکینه، درگاهیان؛ فاطمه و خسروشاهی، محمد (۱۳۹۹). ارزیابی کیفیت آب رودخانه گویال و روند تغییرات آن واقع در حوضه آبخیز مارون-جراحی. مهندسی و مدیریت آبخیز، ۱۲(۳)، ۸۳۵-۸۵۲. <https://doi.org/10.22092/ijwmse.2019.114876.1337>
- مروج؛ مجتبی، کریمی‌راد؛ ایمان و ابراهیمی، کیومرث (۱۳۹۶). ارزیابی وضعیت کیفی رودخانه کارون بر اساس شاخص کیفیت آب و استفاده از GIS. اکوهیدرولوژی، ۱(۴)، ۲۲۳-۲۳۳. <https://doi.org/10.22059/ije.2017.60905>
- نوحه‌گر؛ احمد (۱۳۹۰). بررسی کیفیت فیزیکی و شیمیایی آب‌های سطحی در رودخانه میناب. پژوهش‌های دانش زمین، ۲(۷)، ۱-۱۷. <https://sid.ir/paper/207363/fa>
- ویسی؛ محمد، محمدی روزبهانی؛ مریم و ظهرا، نرگس (۱۴۰۰). بررسی کیفیت آب رودخانه شاور با استفاده از شاخص‌های کیفی آب (مطالعه موردی: روستای حمزه تا سد شاور). علوم و تکنولوژی محیط‌زیست، ۵(۲۳)، ۸۱-۹۳. <https://doi.org/10.30495/jest.2021.29970.3855>

## References

- Adeola Fashae, O., Abiola Ayorinde, H., Oludapo Olusola, A., & et al. (2019). Landuse and surface water quality an emerging urban city. *Applied Water Science* 9:25, <https://doi.org/10.1007/s13201-019-0903-2>
- Abbasi, T., & Abbasi, S.A. (2012). Water quality indices. Elsevier.
- Abbassimoghadam, H. G., Mahmoodlu, M., Jandaghi, N., Heshmatpour, A. & Seyed, M. (2021). Hydrochemistry and water quality of Kalaleh Doogh River using graphical methods, cluster analysis, and quality indices. *Water Resources Engineering*, 14(49), 13-29. (In Persian). <https://doi.org/10.30495/wej.2021.21192.2145>
- Clesceri LS. 2005. The standard method for the examination of water and wastewater. American Public Health Association. 15: 3635-42.
- De Zuane, J.P.E. (1997). *Handbook of drinking water quality*. 2nd Edition, Von Nostrand Reinhold Publishers, USA, 380 pages.
- Ghassemi Dehnavi, A., Sarikhani, R., Hosseini, S. H., Ahmadnejad, Z., & Ebrahimi, B. (2016). Qualitative and quantitative evaluation of surface water using statistical analysis in Azna River, Lorestan. *Environment and Water Engineering*, 2(4), 306-321. (In Persian)
- Islamic Republic of Iran, Ministry of Energy, Regional Water Joint Stock Company of Hormozgan Province, studies of the second stage of Serni Reservoir Dam and related transmission line, volume 4, design report, February 2009. (In Persian).
- Kelley, W.P. (1940). Permissible composition and concentration of irrigation water. In Proceedings of the American Society of Civil Engineers, 66: 613-607.
- Kumar, M., Kumari, K., Ramanathan, AL., & Saxena R. 2007. A comparative evaluation of groundwater suitability for irrigation and drinking purposes in two intensively cultivated districts of Punjab. India. *Journal of Environmental Geology*. 53: 553-574. <https://link.springer.com/article/10.1007>
- Khadempour, F. & Shahidi, A. (2018). Surface water quality assessment using CWQI method and Aquachem software (Case study: Qain River in South Khorasan). *Journal of Research in Environmental Health*, 3(3), 179-186. (In Persian)
- Lotfinasabasl, S., Dargahian, F. & Khosroshahi, M. (2020). Water quality assessment of Gopal River and its variations in the Maroon basin. *Watershed Engineering and Management*, 12(3), 835-852. <https://doi.org/10.22092/ijwmse.2019.114876.1337>. (In Persian)
- Mahdavi, M. (2010). *Applied hydrology*. Vol. 2, Tehran University Press, 437 pages.
- Moravej, M., Karimirad, I. & Ebrahimi, K. (2017). Evaluation of Karun River water quality status based on Water Quality Index and involving GIS environment. *Iranian journal of Ecohydrology*, 4(1), 225-235. <https://doi.org/10.22059/ije.2017.60905>. (In Persian)
- Nguyen, T.G., & Huynh, T.H.N. (2022). Assessment of surface water quality and monitoring in southern Vietnam using multicriteria statistical approaches. *Sustain Environ Res*, 32, 20. <https://doi.org/10.1186/s42834-022-00133-y>
- Nohegar, A. (2011). Investigation of physical and chemical quality of surface waters in Minab River. *Researches in earth sciences*, 2(7), 1-17. <https://sid.ir/paper/207363/en> (In Persian).
- Rezaei Moghaddam, M. H., Nikjoo, M. R., Hejazi, M. A., Khezri, S., & Kazemi, A. (2017). Study of the effects of hydrogeomorphology factors on the water quality changes of Siminehrood River at various stations during 2003-2013. *Iranian Journal of Ecohydrology*, 4(2), 395-405. <https://doi.org/10.22059/ije.2017.61476> (In Persian)
- Roy, K., Karim, MR., Akter, F., Islam, MS., Ahmed, K., Rahmanm M., Datta, DK., & Khan, MSA. (2018). Hydrochemistry, water quality and land use signatures in an ephemeral tidal river: implications in water management in the southwestern coastal region of Bangladesh. *Applied water science*. 8(2):78. <http://dx.doi.org/10.1007/s13201-018-0706-x>
- Shammi, M. B., Karmakar, M., Rahman, M.S., Islam, R., Rahama & Uddin., K. (2016). Assessment of salinity hazard of irrigation water quality in Monsoon season of Batiaghata Upazila, Khulna District, Bangladesh and adaptation strategies. *Pollution*, 2(2): 197-183.
- Salarian, M., Alizadeh, A., & Faridhosseini, A. (2014, February). Surface water: qualitative monitoring of surface water sources in the Tajan river basin for drinking, agriculture and industry. Iran National Irrigation and Drainage Congress, Isfahan, Isfahan University of Technology, Iran. SID. <https://sid.ir/paper/871103/fa>. (In Persian)
- Salari, M., Radmanesh, F., & Zarei, H. (2012). Quantitative and qualitative assessment of Karun River water resources using NSFQI index and AHP method. *Journal of Human and Environment*, 1(23), 13-22. (In Persian)
- SahbaeiLotfi, A. (2013). Qualitative water classification for drinking, agriculture, industry, case study of Babaaman Station of Atrak River. *The First National Conference on Water and Agriculture Resources Challenges, Irrigation and Drainage Association of Iran, Isfahan*. (In Persian)

- Sayyed, M., Wagh, G., & Supekar A. (2013). Assessment of impact on the groundwater quality due to urbanization by hydrogeochemical facies analysis in SE part of Pune city, India. Proceedings of the International Academy of Ecology and Environmental Sciences, 3(2):148- 47. <https://sanad.iau.ir/journal/he/Article/3459?jid=3459>
- Saleh, A., Al-Ruwaih, F., & Shehata, M. (1999). Hydrogeochemical processes operating within the main aquifers of Kuwait. Journal of Arid Environments. 42: 195-209. <https://doi.org/10.1006/jare.1999.0511>
- Torkmanitombeki, H., & Rahnamarad, J. (2015, September). Changes in the physical and chemical indicators of Minab plain underground water due to the drop in water level. International Conference on Natural Hazards and Environmental Crises of Iran, Solutions and Challenges, Ardabil, Iran, International Conference Center of Mohaghegh-Ardabili University. SID. <https://sid.ir/paper/830490/fa> (In Persian).
- Tchobanogolus, G., Burton, FL., & David Stensel, H. (2003). Wastewater Treatment: Treatment and reuse. 4th ed. Wakefield, MA: Metcalf and Eddy.
- Veisi, M. Mohammadi Rozbahani, M. & Zahrabi, N. (2021). Investigating the water quality of Shavor River using water quality indicators (case study: Hamzeh village to Shavor dam). *Environmental Science and Technology*, 23(5), 81-93. SID. <https://sid.ir/paper/968323/fa>. (In Persian).
- Wilcox, LV. (1955). Classification and use of irrigation waters. U.S. Department of Agriculture. Circ. Washington. DC. US. <https://www.worldcat.org/title/classificatio-and-use-of-irrigationwaters/oclc/1042101340>
- Zhang, W., Ma, L., Abuduwaili, J., Ge, Y., Issanova, G., & Saparov, G. (2019). Hydrochemical characteristics and irrigation suitability of surface water in the Syr Darya River, Kazakhstan. *Environmental Monitoring and Assessment*. 191(9): 572. <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10661-019-7713-8>.