Research Paper

Hydrochemical Evaluation of Water Quality of ZarrinehRood and SiminehRood Rivers, Iran

Bahareh Hosseinpanahi [1], Saman Nikmehr [2], Kumars Ebrahimi [3*]

[1] Graduated MSc student, Department of Irrigation & Reclamation Engineering, College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran
[2] Assistant Professor, Department of water sciences and engineering, faculty of agriculture, University of Kurdistan, Sannandaj, Iran
[3] Professor, Department of Renewable Energies and Sustainable Resources Engineering, University of Tehran, Tehran, Iran.
EbrahimiK@ut.ac.ir

10.22125/IWE.2023.365194.1678

Received:
October 10, 2022
Accepted:
February 19, 2023
Available online:
December 30, 2023

Keywords:
Contaminant; the Environment; Qualitative Parameters; Water Resources Management.

Abstract

The main purpose of this research was to investigate the water quality of the ZarrinehRood and the SiminehRood rivers for the year 2018 and in 13 and 6 stations of the two rivers, respectively. For this purpose, the unpublished data of Na^{+}, Cl^{-}, SO_4^{2-}, TDS, pH, CO_3^{2-}, HCO_3^{-}, EC, Ca^{2+}, Mg^{2+} and SAR parameters from both rivers were used and presented in this paper. Graphical methods were used to determine the water quality of the rivers for various human uses based on drinking and agricultural standards, and to determine the water quality in terms of sustainability, Langelier, Ryznar and Pukorius indices were used. Also, the water quality conditions of the studied rivers were compared and studied with the national standards of Iran (1053), the World Health Organization, the United States, the European Union, and the water quality standards of Iran of the Environmental Protection Organization. The results indicate that the type and facies of water are calcium bicarbonate in study stations, and the water quality of most stations is suitable for drinking and agricultural usage. The SAR value in Shirin-Kand station is 1.51 mEq/L, and the EC value is 1144 mmho/cm, and its water quality is in class C3-S1 which can be used for agricultural purposes. According to the Results, the water quality of the studied stations is corrosive for industrial uses.

1. Introduction

Rivers play an important role in providing water resources necessary for human and ecosystem survival and health. In addition, rivers are the most important source of available water for irrigation purposes, domestic and drinking water supply, industrial uses and other purposes in catchment basins. Also, protecting water quality is one of the most important factors for achieving sustainable development. In addition to harming health, not paying attention to water quality will also have an impact on agriculture and the economy. There are many criteria and indicators for monitoring the quality of surface and underground water, the selection of which varies depending on the purpose of the study and the needs of the beneficiaries. The present study examines the spatial and temporal changes in the water quality

* **Corresponding Author:** Kumars Ebrahimi
Address: Department of Renewable Energies and Sustainable Resources Engineering.
Email: EbrahimiK@ut.ac.ir
Tel: +98 26 32226181

of the ZarrinehRood and the SiminehRood rivers, considering the importance of transporting and supplying healthy water to the population areas located in the basin, as well as the important role of these rivers in providing water entering the international wetland of the Urmia Lake, as well as for Drinking, irrigation and industrial uses, are concentrated in the sampling locations of these rivers. A total of 11 water quality parameters for these rivers were measured and monitored on a monthly scale at selected stations throughout the basin.

2. Materials and Methods

In current research, ZarrinehRood and SiminehRood basins were selected as case studies. For this purpose, the water quality of the mentioned rivers in 2018 and respectively in 13 and 6 stations of these two rivers for different uses based on drinking and agricultural standards using graphic methods and their stability based on Langelier, Ryznar and Pukorius indices was investigated. Also, the water quality status of these rivers was checked with national standards (1053), the Environmental Protection Organization, the World Health Organization, the United States and the European Union.

3. Results

Results show that the type and facies of the water of the studied stations are bicarbonate-calcium and the quality of the water is suitable for drinking purposes. It is within the acceptable range only at Shirin-Kand station by an increase in TDS. The water quality of the ZarrinehRood and the SiminehRood in the studied stations is suitable for agriculture and is in the range of C2-S1. Only the Shirin-Kand station was placed in the C3-S1 range, which is suitable for soils with a light texture. Also, based on SAR, Na% and RSC, the water quality is good and suitable for irrigation purposes. The water of the Shirin-Kand station is completely hard and the rest of the study stations are relatively hard to hard and have corrosive potential.

4. Discussion and Conclusion

With respect to the results of this study, it can be concluded that determining water quality for different uses is one of the most important quality monitoring programs and graphical evaluation is an important part of hydrogeochemical evaluations of surface waters. This study provides a comprehensive overview of the water quality and pollution sources of the ZarrinehRood and the SiminehRood rivers and can be a reference study for future research.

5. Six important references

1) Hosseinpanahi, B., Ebrahimi, K. and Nikmehr, S., 2018, Evaluation of the quality of surface water resources of the ZarrinehRood River, the first international congress and the fourth national congress of irrigation and drainage of Iran, Urmia. https://civilica.com/doc/1025321
2) Abbassimoghadam, H., M. G Mahmoodlu, N. Jandaghi, A. Heshmatpour, and M. Seyed, 2021, Hydrochemistry and water quality of Kalaleh Doogh river using graphical methods, cluster analysis, and quality indices.
3) Baghal Asghari,F., Jaafari, J., Yousefi, M., Mohammadi,A.k., & Dehghanzadeh, R, 2018, Evaluation of water corrosion, scaling extent and heterotrophic plate count bacteria in asbestos and polyethylene pipes in drinking water distribution system, Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal, 24:4, 1138-1149, DOI: 10.1080/10807039.2017.1407632.
4) Jiang, J., Tang, S., Han, D., Fu, G., Solomatine, D., & Zheng, Y. (2020). A comprehensive review on the design and optimization of surface water quality monitoring networks. Environmental Modelling & Software, 132, 104792.
5) Khademian Ghadekolai, M., zamani, M., Ghafari, F., rahimi, M., mahmoodpor, S. (2016). Evaluation of Corrosion and precipitation potential in Ghaemshahr, s Village Drinking Water. Human & Environment, 14(4), 1-7.
6) Safari, M., A. Ahmadfazeli, A. Ghanbari, Z. Mokhtari, and Z. Soleimani, 2021, Assessment of the HablehRood River water quality for drinking and irrigation purposes in Garmsar, Iran: Environmental Earth Sciences, v. 80, p. 1-11.

Conflict of Interest
Authors declared no conflict of interest.

Acknowledgments
Conducting this research was possible with the support of the University of Tehran, Kurdistan University and the Regional Water Organization of Kurdistan, which are sincerely appreciated.

ارزیابی هیدروشیمیایی کیفیت آب زرینه‌رود و سیمینه‌رود در کاربری های مختلف

بهاره حسین‌پناهی[۱]، سامان نیک‌مهر[۲]، کیومرث ابراهیمی*[۳]

تاریخ ارسال:۱۴۰۱/۰۷/۱۸
تاریخ پذیرش:۱۴۰۱/۱۱/۳۰

مقاله پژوهشی

چکیده

هدف این پژوهش بررسی کیفیت آب رودخانه‌های زرینه‌رود و سیمینه‌رود در سال ۱۳۹۷ و به ترتیب در ۱۳ و ۶ ایستگاه از این دو رودخانه است. برای این منظور مقادیر پارامترهای Na^{+}، Cl^{-}، SO_4^{2-}، TDS، pH، CO_3^{2-}، HCO_3^{-}، EC، Ca^{2+}، Mg^{2+} و SAR در هر دو رودخانه مورد بررسی قرار گرفته است. ارزیابی برای مصارف مختلف بر پایه استانداردهای شرب و کشاورزی از روش‌های گرافیکی و ارزیابی پایداری آن‌ها بر پایه شاخص‌های لانژلیه، رایزنر و پوکوریوس انجام شد. همچنین وضعیت کیفیت آب این رودخانه‌ها با استانداردهای ملّی(۱۰۵۳)، سازمان حفاظت محیط‌زیست، سازمان جهانی بهداشت، ایالات‌متحّده و اتحادیه اروپا بررسی شد. نتایج نشان داد که تیپ و رخساره آب در هر دو رودخانه بیکربناته‌کلسیک و کیفیت آب‌ها برای شرب و کشاورزی مناسب است. هر چند که مقدار SAR در ایستگاه شیرین‌کند از زرینه‌رود برابر ۱/۵۱ mEq/L و مقدار EC آن برابر ۱۱۴۴mmho/cm ثبت شده، که از نظر کشاورزی در کلاس C3-S1 (قابل قبول) قرار دارد. کیفیت آب تمام ایستگاه‌ها برای مصارف صنعتی خورنده و از نظر RSC و Na٪ در گروه آب سالم قرار دارد. بطور کلی بیشتر پارامترهای فیزیکی و شیمیایی در محدوده قابل قبول تمام استانداردها می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: آلاینده؛ پارامترهای کیفی؛ محیط‌زیست؛ منابع آب.

[۱] کارشناسی ارشد مهندسی منابع آب، گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، دانشگاه تهران، کرج ایران. HosseinPanahi.Ba@ut.ac.ir
[۲] استادیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان. S.Nikmehr@uok.ac.ir
[۳] * استادگروه مهندسی انرژی‌های نو و منابع پایدار، دانشکده علوم و فنون نوین، دانشگاه تهران، تهران، ایران. Ebrahimik@ut.ac.ir (نویسنده مسئول)

مقدمه

رودخانه‌ها نقش مهمّی در تأمین منابع آب لازم جهت بقاء و سلامت انسان و اکوسیستم ایفاء می‌کنند. علاوه بر این، رودخانه‌ها مهم‌ترین منبع در دسترس آب برای مقاصد آبیاری، تأمین آب خانگی و شرب، مصارف صنعتی و سایر اهداف در حوضه‌های آبریز هستند (جیانگ[1] و همکاران، ۲۰۲۰؛ یوان[2]، ۲۰۱۴). همچنین صیانت از کیفیت آب از مهم‌ترین عوامل دستیابی به توسعه پایدار است. عدم توجه به کیفیت آب، علاوه بر آسیب رساندن به سلامتی، از نظر کشاورزی و اقتصادی نیز بی‌تأثیر نخواهد بود. معیارها و شاخص‌های زیادی برای پایش کیفیت آب‌های سطحی و زیرزمینی وجود دارد که انتخاب آن‌ها بسته به هدف مطالعه و نیاز ذینفعان متفاوت است (عباسی‌مقدم و همکاران، ۲۰۲۱). آلودگی آب یکی از مهم‌ترین مسائل محیط‌زیستی است که امروزه جهان با آن روبه‌رو است. مشکل جهانی کمبود آب و خصوصاً کمبود آب بی‌خطر و سالم نیاز به بررسی دقیق دارد. آلودگی آب، از رودخانه محلی و حوضه آب گرفته تا آلودگی آب منطقه‌ای، از آلودگی منفرد تا پیچیده، از آب‌های سطحی تا منابع آب‌زیرزمینی، یک محدودیت جدّی برای توسعه پایدار اقتصادی است. کیفیت آب می‌تواند تحت تأثیر شوری، برداشت اضافی از منابع آب-زیرزمینی، ورود فاضلاب شهری و خانگی به جریان‌های سطحی و همچنین زهکشی کشاورزی قرار گیرد (طاهری-تیزرو[3] و همکاران، ۲۰۱۴). مطالعات مختلفی در راستای پایش کیفیت آب رودخانه‌ها صورت گرفته است: بطور مثال حسین‌پناهی و همکاران (۱۳۹۸) در مطالعه‌ی اولیه‌ای، به بررسی کیفیت آب زرینه‌رود پرداختند و نتایج آن مطالعه حاکی از مناسب بودن آب رودخانه برای شرب و کشاورزی بود و همچنین نتیجه گرفتند که آب این رودخانه از نظر سختی، سخت تا نسبتاً سخت و برای مصارف صنعتی خورنده است. عباسی‌مقدم و همکاران (۲۰۲۱)، به مطالعه کیفیت آب رودخانه دوغ برای مصارف شرب، کشاورزی و صنعت با استفاده از نمودارهای متداول پرداختند. نتایج تحقیق ایشان نشان داد که تیپ و رخساره آب کلسیم-منیزیم-بیکربنات است و واکنش سنگ و آب عامل اصلی کنترل در شیمی آب رودخانه دوغ است. همچنین نتایج تحقیق یادشده نشان داد که کیفیت آب رودخانه دوغ برای اهداف آبیاری خوب است و نیازی به بهسازی خاک پس از استفاده از آب نیست. صفری و همکاران (۲۰۲۱)، برای ارزیابی کیفی و مناسب بودن آب رودخانه حبله‌رود برای مصارف خانگی و آبیاری به تجزیه و تحلیل نمونه‌های آب پرداختند. نتایج تحقیق ایشان نشان داد که مقدار هدایت الکتریکی (EC) و کل جامدات محلول (TDS) در تمام نمونه‌های آب بالا بوده و همچنین به دلیل سطح بالای TDS کیفیت آب برای استفاده‌ی دام و شرب مناسب نیست. با این وجود، طبق نمودار ویلکوکس کیفیت آب رودخانه حبله‌رود برای کشاورزی مناسب ارزیابی شد. قره-محمدلو و همکاران (۱۳۹۹)، با استفاده از نتایج تحلیل ۱۱ پارامتر فیزیکی و شیمیایی مربوط به چهار ایستگاه طی یک دوره آماری ده ساله به بررسی تکامل هیدروشیمیایی و کاهش کیفیت آب رودخانه گرگانرود پرداختند. نتایج تحقیق ایشان حاکی از آن است که واکنش آب-سنگ، تبخیر و نفوذ آب شور دریای خزر از مهم‌ترین عوامل کنترل‌کننده شیمی آب رودخانه است. تیپ غالب آب در ارتفاعات بیکربنات و با ورود به دشت تیپ آب کلروره‌سدیک است. کیفیت آب برای شرب و کشاورزی در حاشیه ارتفاعات مناسب و در ادامه مسیر به سمت دریای خزر به شدت کاهش می‌یابد. همچنین در طول مسیر رودخانه آب دارای خاصیت رسوب‌گذاری است. میرزایی و همکاران (۱۳۹۸)، به بررسی هیدروژئوشیمیایی و تعیین منشأ آلودگی چشمه سرگرو دهلران پرداختند. بدین منظور جهت تحلیل داده‌ها از روش‌های گرافیکی، نمودارهای ترکیبی، نسبت‌های یونی، نمودارهای تبادل یونی و روابط تعیین-کننده شوری استفاده کردند. با توجه به نتایج به دست آمده از این تحقیق آب چشمه برای مصارف شرب و کشاورزی نامناسب است. سلگی و همکاران (۱۳۹۷)، در مطالعه‌ای به

[1] Jiang
[2] Yuan
[3] Taheri Tizro

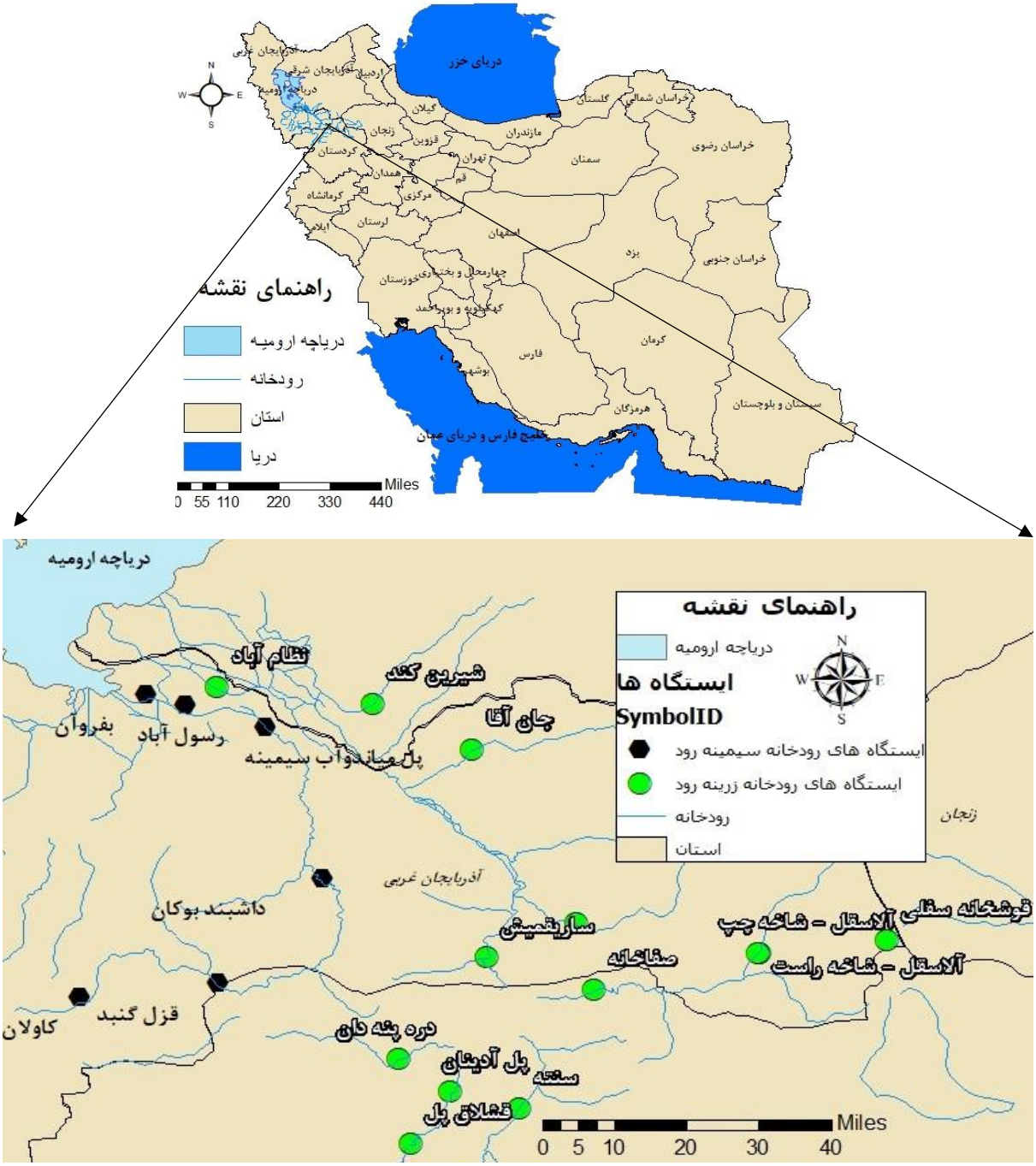
بررسی وضعیت هیدروژئوشیمیایی آب آشامیدنی شهر درّه-شهر و تعیین کیفیت آن برای مصارف مختلف پرداختند. به منظور تحلیل نتایج از روش‌های آمار توصیفی، نمودارهای پایپر، شولر و ویلکوکس و آزمون‌های آماری استفاده کردند. نتایج این مطالعه نشان داد که کلیه‌ی پارامترهای فیزیکی و شیمیایی مورد بررسی در محدوده استاندارد ۱۰۵۳ آب ایران، استاندارد آب شرب بهداشت جهانی و سایر استانداردهای بین‌المللی هستند. آب درّه‌شهر از نظر شرب مناسب، برای کشاورزی جزء آب‌های کمی‌شور و مناسب برای کشاورزی و برای مصارف صنعتی نامناسب است. ستیا و همکاران (۲۰۲۱)، کیفیت آب رودخانه سوتلج در پنجاب هند را بررسی کردند. نمونه‌های آب سطحی طی ماه می سال ۲۰۱۹ از رودخانه جمع‌آوری و برای آزمایش pH ، EC، کربنات، بیکربنات، کلرید، کلسیم، منیزیم، سدیم، پتاسیم، نیترات و سولفات در آزمایشگاه با استفاده از پروتکل‌های استاندارد مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. نتایج این مطالعه حاکی از آن است که قلیائیت کل، سختی کل، سدیم، پتاسیم، کلرید و نیترات در امتداد مرزی رودخانه بیشتر و تیپ نمونه‌های آب رودخانه عمدتاً انواع $Ca\text{-}Mg\text{-}HCO_3$ و $Ca\text{-}Mg\text{-}Cl\text{-}SO_4^{2-}$ بودند. تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های اصلی، تجزیه و تحلیل نقشه حرارتی و مقیاس‌بندی چند بعدی غیر متریک نشان داد که کیفیت آب در امتداد مرزهای رودخانه به دلیل تغییرات کلرید، سدیم، قلیائیت کل و سختی کل متفاوت از سایر مناطق رودخانه است. این نتایج نشان می‌دهد که مدیریت فشارهای تحمیل شده از طرف انسان بر طبیعت، مدیریت فاضلاب و سایر راهکارها برای بهبود کیفیت آب رودخانه امری ضروری است.

کیفیت آب رودخانه‌ها تأثیر مستقیمی بر توسعه پایدار فعالیت‌های انسانی دارد. بنابراین نظارت بر کیفیت آب از اهمیت بالایی برخوردار است. کیفیت آب رودخانه‌ها تأثیر مستقیمی بر توسعه پایدار فعالیت‌های انسانی دارد. بنابراین نظارت بر کیفیت آب از اهمیت بالایی برخوردار است. با توجه به اهمیت انتقال و عرضه آب سالم به مناطق جمعیتی واقع در حوضه، همچنین نقش بسیار مهّم این رودخانه‌ها در تأمین آب ورودی به تالاب بین‌المللی دریاچه ارومیه، پژوهش حاضر به بررسی تغییرات مکانی و زمانی کیفیت آب زرینه‌رود و سیمینه‌رود به ترتیب در ۱۳ و ۶ محل نمونه برداری از رودخانه‌های مورد نظر متمرکز شده است. مجموع ۱۱ پارامتر کیفیت آب برای این رودخانه‌ها در مقیاس ماهانه در ایستگاه‌های منتخب در سراسر حوضه اندازه‌گیری و پایش شد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه محدوده‌ی رودخانه‌های زرینه‌رود و سیمینه‌رود است. حوضه آبریز زرینه‌رود از سرشاخه‌ها تا محل ورود به دریاچه ارومیه با طول ۳۰۲ کیلومتر و مساحتی در حدود ۱۱۷۸۰ کیلومترمربع، بین طول‌های جغرافیایی ´۴۵ °۴۵ تا ´۱۵ °۴۷ و عرض‌های جغرافیایی ´۴۵ °۳۵ تا ´۲۰ °۳۷ واقع شده است. این محدوده در استان‌های آذربایجان‌غربی، کردستان و بخش کوچکی در آذربایجان‌شرقی واقع شده است. حوضه آبریز سیمینه‌رود در استان آذربایجان‌غربی با مختصات جغرافیایی ´۳۵ °۴۵ تا ´۲۵ °۴۶ طول‌شرقی و ´۱۰ °۳۶ تا ´۵۶ °۳۷ عرض‌شمالی واقع شده است. رودخانه سیمینه‌رود از ارتفاعات ابراهیم-جلال (۲۲۳۶ متر)، نیستان (۲۴۱۰ متر) و کپری (۲۴۱۷ متر) استان کردستان سرچشمه می‌گیرد. طول سیمینه‌رود حدود ۲۰۰ کیلومتر، مساحت حوضه‌ی آن حدود ۷۶۹ کیلومترمربع است. حجم آب تجدیدپذیر و خروجی از حوضه زرینه‌رود به ترتیب برابر با ۱۰۲۰ و ۸۹۳ میلیون‌متر مکعب و از حوضه سیمینه‌رود به ترتیب برابر با ۵۵ و ۳۶ میلیون‌متر مکعب در سال است. موقعیت حوضه و آبریز زرینه‌رود و سیمینه‌رود و مشخصات ایستگاه‌های مورد مطالعه واقع در مسیر رودخانه‌های ذکر شده در شکل (۱) و جدول (۱) ارائه شده است.



شکل (۱). نقشه موقعیت ایستگاه‌های مطالعاتی واقع در حوضه آبریز زرینه‌رود و سیمینه‌رود

داده‌های مورد استفاده

در این تحقیق از عوامل اصلی تعیین‌کننده کیفیت آب شامل غلظت سولفات، کلر، بیکربنات، کلسیم، سدیم، پتاسیم، منیزیم، قابلیت هدایت‌الکتریکی، غلظت املاح محلول و pH استفاده شد. جهت مطالعه تغییرات کیفیت آب در ماه‌های مختلف سال ۱۳۹۷ از آمار ثبت شده در ایستگاه‌های منتخب رودخانه‌های زرینه‌رود و سیمینه‌رود استفاده شد. داده‌های مورد استفاده در این مطالعه از سازمان آب منطقه‌ای استان کردستان و وزارت نیرو تهیه

شد. در جدول (۲)، میانگین پارامترهای کیفی ایستگاه‌های مورد مطالعه در بازه زمانی مذکور ارائه شده است.

جدول (۱). مشخصات ایستگاه‌های مطالعاتی واقع در حوضه آبریز زرینه‌رود و سیمینه رود

کد	ایستگاه	استان	رودخانه	مشخصات جغرافیایی		
				ارتفاع (متر)	طول	عرض
۳۳-۰۱۱	دره پنه دان	کردستان	چم سقز	۱۴۵۸	۴۶-۱۹-۰۷	۳۶-۱۶-۱۲
۳۳-۰۱۵	پل آدینان	کردستان	چغاتوچای	۱۴۲۴	۴۶-۲۵-۲۶	۳۶-۱۲-۰۶
۳۳-۹۷۳	قشلاق پل	کردستان	چغاتوچای	۱۴۷۸	۴۶-۲۰-۳۹	۳۶-۰۵-۳۱
۳۳-۹۱۹	سنته	کردستان	چم خورخوره	۱۴۷۷	۴۶-۳۳-۴۳	۳۶-۰۹-۵۸
۳۳-۹۱۲	آلاسقل-شاخه چپ	آذربایجان غربی	ساروق چای	۱۷۰۰	۴۷-۰۲-۴۰	۳۶-۲۹-۱۷
۳۳-۰۲۲	قوشخانه سفلی	آذربایجان غربی	ساروق چای	۲۲۱۷	۴۷-۱۷-۵۳	۳۶-۳۰-۵۹
۳۳-۰۲۱	صفاخانه	آذربایجان غربی	ساروق چای	۱۴۵۹	۴۶-۴۲-۴۰	۳۶-۲۴-۴۷
۳۳-۹۱۶	آلاسقل-شاخه راست	آذربایجان غربی	ساروق چای	۱۷۱۶	۴۷-۰۲-۲۲	۳۶-۲۹-۱۸
۳۳-۰۲۳	ساریقمیش	آذربایجان غربی	زرینه‌رود	۱۳۸۰	۴۶-۲۹-۴۳	۳۶-۲۸-۵۶
۳۳-۹۲۱	محمودآباد	آذربایجان غربی	چم قوره	۱۴۶۰	۴۶-۴۰-۳	۳۶-۳۳-۰۹
۳۳-۹۲۳	جان آقا	آذربایجان غربی	آجرلو	۱۴۰۰	۴۶-۲۸-۰۳	۳۶-۵۴-۵۲
۳۳-۹۱۷	نظام آباد	آذربایجان غربی	زرینه‌رود	۱۲۸۰	۴۵-۵۷-۲۰	۳۷-۰۲-۳۹
۳۳-۰۰۵	شیرین کند	آذربایجان شرقی	زرینه‌رود	۱۳۸۳	۴۶-۱۶-۱۰	۳۷-۰۰-۱۳
۳۳-۰۳۵	داشبند بوکان	آذربایجان غربی	سیمینه‌رود	۱۳۱۱	۴۶-۱۰-۰۵	۳۶-۳۸-۴۴
۳۳-۰۳۶	قزل گنبد	آذربایجان غربی	سیمینه‌رود	۱۳۷۲	۴۵-۵۷-۲۹	۳۶-۲۵-۳۲
۳۳-۰۳۷	پل میاندوآب - سیمینه	آذربایجان غربی	سیمینه‌رود	۱۲۹۰	۴۶-۰۳-۰۸	۳۶-۵۷-۳۸
۳۳-۰۳۹	کاولان	آذربایجان غربی	سیمینه‌رود	۱۵۲۰	۴۵-۴۰-۴۴	۳۶-۲۳-۵۲
۳۳-۰۵۵	رسول آباد	آذربایجان غربی	سیمینه‌رود	۱۲۷۸	۴۵-۵۳-۳۳	۳۷-۰۰-۲۱
۳۳-۰۶۳	بفروان	آذربایجان غربی	سیمینه‌رود	۱۲۷۶	۴۵-۴۸-۴۵	۳۷-۰۱-۴۱

جدول (۲). میانگین پارامترهای کیفیت در ایستگاه‌های مورد مطالعه

ایستگاه	EC (mmho/cm)	کل جامدات محلول (mg/l)	pH	آنیون‌ها (mEq/l)			کاتیون‌ها (mEq/l)				TH (mEq/l)	نسبت جذب سدیم (mEq/l)
				CO_3^-	HCO_3^-	Cl^-	So_4^-	Ca^{++}	Mg^{++}	Na^+	K^+	
دره پنه دان	۳۹۱/۲	۲۵۷/۳	۷/۶۵	۰	۲/۹۷	۰/۵۵	۰/۵۹	۰/۱۶	۱/۱۷	۰/۵۳	۰/۱	۱۷۵/۱۷	۰/۴۱
پل آدینان	۲۶۰/۰۶	۱۵۷/۷۱	۸/۱۸	۰/۱۹	۲/۱۸	۰/۱	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۵۸	۰/۱۸	۰/۰۲	۱۲۸/۹۷	۰/۱۶
قشلاق پل	۱۷۹/۵	۱۷۹/۴۹	۷/۷۷	۰/۱۴	۲/۵۳	۰/۳۳	۰/۴۹۵	۰/۲۸	۰/۷	۰/۳	۰/۱۸	۱۴۸/۲	۰/۲۵
سنته	۳۵۹/۱۳۵	۲۴۱/۵۹	۷/۶۹	۰	۳/۰۴	۰/۳۷۵	۰/۶۱	۰/۹	۰/۸۹	۰/۳۷	۰/۰۶	۱۷۶/۱۶	۰/۲۸
نظام آباد	۴۹۰/۶۲	۳۱۸/۹	۸/۲	۰/۱۱	۲/۹	۰/۶۳	۱/۴۵	۰/۴۶	۱/۱۷	۱/۲۳	۰/۱	۱۸۷/۰۳	۰/۹
آلاسقل-شاخه چپ	۶۱۷/۰۸	۴۰۱/۱	۷/۹۹	۰/۱۱	۴/۳	۰/۴۸	۲	۰/۴۹	۲/۱۸	۰/۷۸	۰/۱۵	۲۸۸/۰۱	۰/۴۶
قوشخانه سفلی	۵۸۵/۸۳	۳۸۰/۷۹	۸/۰۵	۰/۱	۴/۳۷	۰/۴۱	۱/۴	۰/۸۱	۱/۹۶	۰/۷۹	۰/۱۴	۲۶۲/۷۵	۰/۴۹
صفاخانه	۶۲۵/۴۱	۴۰۶/۵۲	۷/۹۳	۰/۱۰۴	۳/۵۵	۰/۹۹	۱/۹۵	۰/۵۳	۱/۶۸	۱/۲۸	۰/۱۵	۲۴۸/۵۵	۰/۸۱
آلاسقل-شاخه راست	۶۲۴/۱۶	۴۰۵/۷	۷/۹۹	۰/۱	۴/۱۷	۰/۵۷	۱/۹	۰/۶۱	۱/۸۶	۰/۸۹	۰/۱۵	۲۷۷/۳۷	۰/۵۳
ساریقمیش	۳۸۴/۵۸	۲۴۹/۹۷	۸/۲۸	۰/۱	۲/۵۵	۰/۴۴	۰/۹۳	۰/۴۴	۰/۷	۰/۷۵	۰/۱	۱۵۲/۷۳	۰/۶۱
محمودآباد	۵۱۲/۸۱	۳۳۳/۳۲	۸/۰۳	۰/۱۰۴	۳/۹۸	۰/۳۸	۱/۱۱	۰/۳۲	۱/۵۹	۰/۶۷۵	۰/۱۲	۲۳۳/۳	۰/۴۴
جان آقا	۴۳۸/۵۱	۲۸۵/۰۳	۸/۰۲	۰/۱	۳/۸۷	۰/۲۷	۰/۶۵	۱/۴۷	۱/۵	۰/۴۵	۰/۱	۲۱۰/۳	۰/۳۲
شیرین کند	۱۱۴۴	۷۴۳/۵۳	۷/۵۵	۰	۶/۲	۱/۶۷	۲/۸۱	۰/۳۷	۲/۲۶	۲/۹۶	۰/۱۸	۴۰۴/۴۵	۱/۴۷
داشبند بوکان	۳۴۳/۲۵	۲۲۳/۵۴	۷/۸۳	۰	۲/۵۶	۰/۳۵	۰/۶۸	۰/۲۳	۰/۵۹	۰/۴۵	۰/۱	۱۴۶/۹۱	۰/۳۷
قزل گنبد	۳۵۶/۷	۲۴۱/۱۸	۸/۰۳	۰/۱۱	۲/۸۹	۰/۲۹	۰/۶۲۵	۰/۳۵	۰/۵۵	۰/۴۴	۰/۱	۱۴۰/۴۳	۰/۲۳
پل میاندوآب سیمینه	۳۸۳/۰۸	۲۴۸/۶۹	۷/۹	۰/۱۱	۲/۵۷۵	۰/۴۸	۰/۸۸	۰/۶۴	۰/۶۱	۰/۸	۰/۱	۱۶۴/۴۹	۰/۳۵
کاولان	۳۲۱/۳	۲۰۹/۳۵	۸/۰۲	۰/۱	۲/۵۹	۰/۱۸	۰/۵۱	۱/۱۵	۰/۶۴۸	۰/۲۷	۰/۱	۱۵۹/۰۹	۰/۶۴
رسول آباد	۳۷۷/۵	۲۴۵/۵۲	۷/۹۹	۰/۱	۲/۴۵	۰/۴۷	۰/۸۸	۰/۵۸	۰/۷۷	۰/۷۲	۰/۱	۱۶۰/۵۵	۱/۱۵
بفروآن	۴۶۴/۵	۳۰۱/۷۱	۸	۰/۱۱	۲/۵۶	۱/۱۲	۱/۰۱	۲/۴۳	۰/۷۸	۱/۴۶	۰/۱	۱۵۳/۶۷	۰/۵۸

تعیین وضعیت هیدروژئوشیمیایی رودخانه جهت مصارف مختلف

برای آگاهی از وضعیت هیدروژئوشیمیایی منابع آب سیمینه‌رود زرینه‌رود، با استفاده از نرم‌افزارهای تحلیل کیفیت آب Chemistry و AqQA اقدام به بررسی، توصیف و تجزیه و تحلیل داده‌ها شد.

تعیین تیپ و رخساره آب

برای تعیین تیپ و رخساره آب از نمودار پایپر استفاده شد. نمودار پایپر از ترکیب سه میدان مجزا تشکیل شده است. درصد آنیون‌ها و کاتیون‌ها بر حسب میلی‌اکی‌والان بر لیتر در میدان‌های مثلثی رسم و موقعیت ترکیبی آن‌ها در میدان لوزی شکل پیاده می‌شود. در این دیاگرام نتیجه آنالیز با یک نقطه نشان داده میشود. از خصوصیات مهم این نمودار نمایش همزمان تعداد زیاد دادههای منطقه در یک دیاگرام واحد است.از خصوصیات مهم این نمودار نمایش همزمان تعداد زیادی از داده‌های منطقه مطالعاتی در یک دیاگرام واحد است. در این دیاگرام هر نمونه آب در سه محدوده‌ی آنیونی (تیپ بیکربناته، سولفاته و کلریدی) و سه محدوده کاتیونی (تیپ کلسیم، منیزیم، سدیم یا پتاسیم) از سایر نمونه‌ها تفکیک و متمایز می‌شود (پایپر[1]، ۱۹۵۳).

طبقه‌بندی آب از نظر شرب

استانداردهای مختلفی جهت طبقه‌بندی آب آشامیدنی از طرف سازمان بهداشت جهانی و محققین دیگر ارائه شده است که دیاگرم شولر[2] به‌دلیل کاربرد بیشتر و سهولت استفاده، متداول‌تر است (هاشم خانی و اسلامی،، ۱۳۹۶). در نمودار شولر برای هر یک از مقادیر کاتیون‌ها (Ca، Mg،

[1] Piper

[2] Schoeller Diagram

Na ،K) و آنیون‌ها (Cl، SO_4، HCO_3) و نیز درجه سختی آب (TH) محور جداگانه‌ای در نظر گرفته شده است. در این دیاگرام، آب از نظر شرب به شش رده خوب، قابل‌قبول، متوسط، نامناسب، کاملاً نامطبوع و غیرقابل شرب طبقه‌بندی می‌شود.

طبقه‌بندی آب از نظر کشاورزی

الف) طبقه‌بندی ویلکوکس، دپارتمان کشاورزی ایالات متحده

این طبقه‌بندی در سال ۱۹۴۸ توسط ویلکوکس[1] ارائه شد، سه سال بعد یعنی ۱۹۵۱ توسط نورن تکمیل شد و امروزه روشی بسیار متداول در طبقه‌بندی آب‌ها از نظر کشاورزی است (همایون‌نژاد و همکاران.، ۱۳۹۵). مهم‌ترین معیارهای کیفی در طبقه‌بندی آب از نظر کشاورزی شوری و مقدار سدیم موجود در آن است. در این طبقه‌بندی آب‌ها از نظر قابلیت هدایت‌الکتریکی (EC) و نسبت جذب سدیم (SAR^2) به چهار گروه و در مجموع از تلفیق این دو عامل، آب‌ها به ۱۶ طبقه تقسیم می‌شوند که از C1S1 (عالی) شروع و به C4S4 (نامناسب) ختم می‌شود.

ب) بررسی کیفیت آب آبیاری بر اساس بیکربنات سدیم باقیمانده و Na٪

خطر بیکربنات سدیم

یکی دیگر از معیارهای آب آبیاری خطر RSC[3] است. بیکربنات گازکربنیک خود را از دست داده و تجزیه می‌شود. آبیاری با آب‌هایی که حاوی مقدار زیادی بیکربنات‌های محلول است، سبب می‌شود کلسیم و منیزیم در خاک باقی بماند که به نوبه خود سدیم جانشین آن‌ها می‌شود. به تدریج نسبت سدیم در خاک افزایش می‌یابد. این سدیم که به‌صورت کربنات در خاک باقی‌می‌ماند به کربنات‌سدیم باقیمانده معروف است. افزایش میزان بیکربنات سدیم در خاک رشد گیاه را مختل کرده و سبب رسوب کلسیت، کاهش نفوذپذیری خاک، افزایش فرسایش خاک و کاهش شدید محصول می‌شود. خطر RSC با استفاده از رابطه (۱) محاسبه می‌شود (ایتون[4]، ۱۹۵۰؛ ریچاردز[5]، ۱۹۵۴؛ سالیفو[6] و همکاران، ۲۰۱۷):

$$RSC= (CO_3 + HCO_3) – (Ca + Mg) \quad (1)$$

که در این رابطه، غلظت یون‌ها بر حسب میلی‌اکی‌والان در لیتر است. کربنات سدیم باقیمانده آب برای آبیاری نباید بیش از ۲/۵ میلی‌اکی‌والان در لیتر باشد. آب‌هایی که مقدار RSC آن‌ها کمتر از ۱/۲۵ میلی‌اکی‌والان در لیتر است برای آبیاری مناسب است. در مورد آب‌هایی که مقدار RSC آن‌ها مابین ۱/۲۵ تا ۲/۵ میلی‌اکی‌والان در لیتر بوده مدیریت خاصی باید اعمال کرد و شرایط زمین و گیاه را در نظر گرفت. در جدول (۳)، طبقه‌بندی برای درصد سدیم آب آبیاری بر اساس روش ویلکوکس ارائه شده است (سلگی و همکاران، ۱۳۹۷).

جدول (۳). طبقه‌بندی درصد سدیم محلول بر اساس روش ویلکوکس

پارامتر	گروه ۱- عالی تا خوب	گروه ۲- خوب تا مضر	گروه ۳- مضر تا غیر قابل مصرف
درصد سدیم محلول	کمتر از ۶۰	۶۰-۷۵	بیش از ۷۵

طبقه‌بندی آب جهت مصارف صنعتی

صنایع مختلفی از جمله صنایع غذایی، داروسازی، کاغذسازی، نساجی و تهویه با آب سر و کار دارند و آب را در تولید، آماده‌سازی مواد و یا در سرد کردن دستگاه‌های خود به‌کار می‌برند. بر اساس استاندارد EPA، آب نباید خورنده باشد. به منظور تعیین کیفیت آب از نظر پایداری، شاخص‌های مختلفی پیشنهاد شده‌اند که مهم‌ترین آن‌ها شاخص لانژلیه، رایزنر و پوکوریوس است (۲ و ۷). در این پژوهش با استفاده از نرم‌افزار Water Stability Analyzer شاخص‌های LSI[7]، RSI[8] و PI[9] محاسبه شد.

[1] Wilcox
[2] Sodium Adsorption Ratio
[3] Residual sodium carbonate
[4] Eaton
[5] Richards
[6] Salifu
[7] Langelier Index
[8] Ryznar Index
[9] Pukorius Index

الف) شاخص لانژلیه

بر اساس شاخص لانژلیه، اگر مقدار شاخص منفی باشد (LSI < ۰)، مبین خاصیت خورندگی است و آب $CaCO_3$ را حل خواهد کرد. برای مقادیر مثبت (LSI > ۰)، آب رسوب-گذار تلقی می‌شود و تمایل به تشکیل رسوب $CaCO_3$ دارد. چنانچه این شاخص برابر صفر باشد (LSI = ۰)، حالت تعادل و پایدار محسوب می‌شود. با توجه به رابطه (۲)، فرمول شاخص لانژلیه به شرح زیر است:

$$LSI = pH - pHs \quad (۲)$$

که pHs، در واقع pH اشباع آب از کلسیت یا کربنات کلسیم است و از رابطه (۵) محاسبه می‌شود:

$$pHs=(9.3+A+B)-(C+D) \quad (۳)$$
$$A = (\log_{10}[TDS] - 1)/10$$
$$B = -13.12 * \log_{10}(℃ + 273) + 34.55)$$
$$C = \log_{10}[Ca^{2+}\ as\ CaCO_3] - 0.4$$
$$D = \log_{10}[alkalinity\ as\ CaCO_3]$$

در رابطه‌ی فوق A، B، C و D به ترتیب ضرایب مربوط به TDS برحسب میلی‌گرم در لیتر، درجه حرارت بر حسب سانتی‌گراد، سختی کلسیم بر حسب میلی‌گرم در لیتر کربنات کلسیم و قلیائیت کل بر حسب میلی‌گرم در لیتر کربنات کلسیم است.

ب) شاخص رایزنر

شاخص پایداری رایزنر به عنوان مبنای سنجش ضخامت رسوب در سیستم‌های آبرسانی شهری برای پیش-بینی اثر شیمیایی آب استفاده می‌شود. این شاخص در اثر مشاهدات تجربی سرعت خوردگی و تشکیل لایه در لوله-های آهنی به‌دست می‌آید. رابطه‌ی محاسبه شاخص رایزنر (۴) به شرح زیر است:

$$RSI=2(pHs)-pH \quad (۴)$$

اگر RSI << ۶ باشد، تمایل آب به رسوب‌گذاری افزایش، RSI << ۷ بیانگر خاصیت خورندگی آب است و اگر RSI << ۸ باشد، افزایش مشکل خوردگی در لوله‌های فولادی ایجاد می‌شود. در محدوده ۶-۷، آب پایدار تلقی می‌شود.

ج) شاخص پوکوریوس

شاخص رسوب‌گذاری پوکوریوس را شاخص رسوب-گذاری واقعی نامند. شاخص پوکوریوس بر اساس ظرفیت بافری آب و حداکثر رسوب کربنات‌کلسیم قابل تشکیل ارائه شده است. در آب‌های با میزان کلسیم زیاد، خاصیت قلیایی بودن کم و دارای ظرفیت بافری، کربنات‌کلسیم در حد اشباع در آب حل می‌شود. اگر مقدار PI بیشتر از ۶/۵ باشد، کربنات کلسیم به‌صورت محلول درمی‌آید. اگر مقدار PI کمتر از ۴/۵ شود، آب تمایل به رسوب‌گذاری دارد. محدود ۴/۶-۵/۵ شرایط بهینه است. برای محاسبه شاخص پوکوریوس از رابطه (۵) استفاده می‌شود که pH_{eq} بیانگر pH آب در حالت تعادل است:

$$PI=2(pHs)-pH_{eq} \quad (۵)$$
$$pH_{eq}=1.465* \log_{10}[alkalinity\ as\ CaCO_3]+4.54$$

استانداردهای کیفیت آب

استانداردهای کیفیت آب مقادیر عددی یا بیان توصیفی متغیرهای کیفیت آب هستند که کاربری‌های تعیین شده برای یک پیکره آبی را بررسی می‌کنند. در این پژوهش مقادیر پارامترهای کیفیت آب زرینه‌رود و سیمینه‌رود با استانداردهای ملّی ایران (۱۰۵۳)، سازمان جهانی بهداشت[1] (WHO)، ایالات متحده[2] (USEPA)، اتحادیه اروپا[3] (EU) و استاندارد کیفیت آب‌های ایران مربوط به سازمان حفاظت محیط‌زیست مقایسه و بررسی شد.

نتایج

بررسی تغییرات کیفیت آب

در جدول‌های (۴) و (۵) مقادیر پارامترهای کیفی رودخانه‌های زرینه‌رود و سیمینه‌رود بر اساس استانداردهای جهانی WHO، EU، EPA، استاندارد ملّی ایران (۱۰۵۳) و سازمان حفاظت محیط‌زیست ایران مقایسه شده است. مقدار pH ایستگاه‌های زرینه‌رود، بین ۷/۴ تا ۸/۶ متغیر و مقدار میانگین آن ۷/۹۶ است. کمترین مقدار مربوط به ایستگاه شیرین‌کند و بیشترین مقدار مربوط به ایستگاه

[1] World Health Organization
[2] U.S. Environmental Protection Agency
[3] European Union

نظام آباد است. همچنین میزان pH ایستگاه‌های سیمینه-رود، بین ۷/۵ تا ۸/۸ و با میانگین ۸/۰۲۵ در طول رودخانه متغیر است. کمترین مقدار مربوط به تیر ماه در ایستگاه رسول آباد و بیشترین مقدار مربوط به اردیبهشت ماه در ایستگاه پل میاندوآب سیمینه است. اختلاف زیادی بین مقادیر pH آب در ایستگاه‌های مطالعاتی وجود ندارد. نتایج مقایسه کمیت‌ها با استاندارد ملّی ایران(استاندارد ۱۰۵۳) و استانداردهای جهانی WHO، EU، EPA نشان داد که مقادیر pH در تمامی ایستگاه‌ها در دامنه مطلوب و استاندارد ملّی ایران، سازمان جهانی بهداشت و سازمان حفاظت محیط‌زیست ایالات متحده قرار دارد. EC آب ایستگاه‌های زرینه‌رود بین ۱۷۳ تا ۱۵۳۲ با میانگین کل ۵۲۰ میکروموس بر سانتی‌متر در طول رودخانه متغییر است. بیشترین مقدار EC در طول ماه‌های مختلف سال مربوط به ایستگاه شیرین‌کند است. هدایت الکتریکی آب ایستگاه‌های سیمینه‌رود، بین ۲۲۰ تا ۱۱۶۰ میکروموس بر سانتی‌متر با میانگین کل ۴۶۴/۴۹ میکروموس بر سانتی‌متر در طول رودخانه متغیر است. بیشترین مقدار EC طی ماه‌های مختلف سال مربوط به ایستگاه بفروآن در مهر ماه و کمترین مقدار مربوط به ایستگاه کاولان در خرداد ماه است. نتایج مقایسه کمیت‌ها با استاندارد ملّی ایران و سازمان حفاظت محیط‌زیست ایران نشان می‌دهد که مقادیر EC در تمامی ایستگاه‌ها در دامنه مطلوب استاندارد ملّی و محیط‌زیست ایران قرار دارد. ولی بر اساس استاندارد اتحادیه اروپا در بعضی از ماه‌های سال ۱۳۹۷ در ایستگاه‌های مطالعاتی مناسب نیست. بررسی این پارامتر در ایستگاه‌های مختلف نشان می‌دهد که بیشترین مقدار EC مربوط به ماه‌های کم آب و کم‌ترین مقدار آن مربوط به ماه پرآب بوده است. افزایش هدایت الکتریکی آب می‌تواند نشانه ورود شوری یا آلودگی به آب باشد که ناشی از تغییر کاربری اراضی اطراف رودخانه، تخلیه فاضلاب و عوامل اکوژئومورفولوژیکی باشد.

غلظت TDS آب ایستگاه‌های زرینه‌رود، بین ۱۰۹ تا ۹۹۵/۸ میلی‌گرم در لیتر با میانگین کل ۳۳۵/۸۹ میلی‌گرم در لیتر در طول رودخانه متغیر است. نتایج مقایسه کمیت-ها با استاندارد جهانی WHO، EU، EPA و استاندارد ملّی ایران (۱۰۵۳) نشان می‌دهد که مقادیر TDS در تمامی ایستگاه‌ها در بیشتر ماه‌های سال در دامنه مطلوب قرار دارد. بر اساس استاندار EPA و EU که غلظت مجاز ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر است، ایستگاه‌های نظام آباد (شهریور ماه)، آلاسقل-شاخه‌چپ (دی و بهمن ماه)، صفاخانه (آذر ماه)، ساریقمیش (شهریور ماه) و شیرین کند (اکثر ماه‌های سال) با توجه به پایین بودن دبی در ماه‌های ذکر شده، مقدار TDS بیشتر از ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر ثبت شده و در دامنه نامطلوب قرار می‌گیرد. بیشترین مقدار TDS در طول ماه‌های مختلف سال مربوط به ایستگاه شیرین کند در اردیبهشت ماه و کمترین مقدار مربوط به ایستگاه پل آدینان در بهمن ماه است. در هر ایستگاه بیشترین مقدار TDS مربوط به ماه‌های کم آب و کم‌ترین مقدار آن مربوط به ماه پر آب بوده است. تغییرات زیاد TDS نشانگر وجود آلودگی‌های غیرنقطه‌ای است. همچنین افزایش TDS آب می‌تواند ناشی از فعالیت‌های انسانی و تغییر کاربری اراضی در اطراف رودخانه، افزایش رواناب‌های سطحی باشد. پارامترهای EC و TDS تحت تأثیر تغییرات دبی ناشی از نوسانات فصل و تغییر میزان بارندگی و جریان آبی رودخانه قرار می‌گیرند. میزان TDS آب ایستگاه‌های سیمینه‌رود، بین ۱۴۳ تا ۷۵۴ میلی‌گرم در لیتر با میانگین کل ۳۰۱/۷۲ میلی‌گرم در لیتر در طول رودخانه متغیر است. نتایج مقایسه کمیت‌ها با استاندارد جهانی WHO و استاندارد ملّی ایران نشان می‌دهد که مقادیر TDS در تمامی ایستگاه‌ها در دامنه مطلوب قرار دارد. بر اساس استاندار جهانی، EU، EPA بجز در فروردین ماه در ایستگاه بفروآن در تمامی ایستگاه‌ها در همه ماه‌های سال در دامنه مطلوب قرار دارد.

کمترین مقدار SO_4^{2-} در طول رودخانه زرینه‌رود ۰/۱۲۵ میلی‌اکی‌والان در لیتر، مربوط به ایستگاه پل آدینان در اردیبهشت ماه و میانگین سالانه در این ایستگاه ۰/۲۶ میلی‌اکی‌والان در لیتر است. بیشترین مقدار مربوط به ایستگاه آلاسقل-شاخه‌چپ که برابر با ۴/۳ میلی‌اکی‌والان در لیتر در دی ماه که دبی در این ماه کمترین مقدار بوده و میانگین سالانه غلظت SO_4^{2-} در این ایستگاه ۲ میلی‌اکی-والان در لیتر است. میانگین کل غلظت SO_4^{2-} در طول رودخانه ۱/۲۴ میلی‌اکی‌والان در لیتر است. بیشترین مقدار میانگین سالانه SO_4^{2-} برابر با ۲/۸۱ میلی‌اکی‌والان در لیتر

که مربوط به ایستگاه شیرین‌کند است. کمترین مقدار SO_4^{2-}در طول سیمینه‌رود ۰/۳ میلی‌اکی‌والان در لیتر، مربوط به ایستگاه کاولان و میانگین سالانه در این ایستگاه ۰/۵۱ میلی‌اکی‌والان در لیتر است. بیشترین مقدار مربوط به ایستگاه بفروآن که برابر با ۲/۵ میلی‌اکی‌والان در لیتر در فروردین ماه که دبی در این ماه کمترین مقدار بوده و میانگین سالانه غلظت SO_4^{2-} در این ایستگاه ۱/۰۱۵ میلی-اکی‌والان در لیتر است. میانگین کل غلظت SO_4^{2-} در طول این رودخانه ۰/۷۷ میلی‌اکی‌والان در لیتر است. نتایج مقایسه مقادیر پارامتر SO_4^{2-} با استانداردهای سازمان حفاظت محیط‌زیست ایران، استاندارد ملّی ایران، WHO، EU و EPA در جدول‌های ۳ و ۴ نشان می‌دهد که مقادیر SO_4^{2-} در تمامی ایستگاه‌ها در دامنه مطلوب و استاندارد قرار دارد. تغییرات غلظت HCO_3^- در شش ایستگاه مورد مطالعه بر روی سیمینه‌رود نشان می‌دهد که بیشترین مقدار HCO_3^- برای ماه‌های مختلف سال در طول این رودخانه مربوط به ایستگاه پل میاندوآب سیمینه در خرداد ماه و قزل گنبد در آذر ماه و کمترین مقدار مربوط به ایستگاه کاولان در اردیبهشت ماه است. بیشترین میانگین سالانه ۲/۷۳ میلی‌اکی‌والان در لیتر و مربوط به ایستگاه قزل گنبد است. غلظت پارامتر CO_3^{2-} طی ماه‌های مختلف سال در ایستگاه‌های مطالعاتی سیمینه‌رود بین صفر تا ۰/۲ میلی‌اکی‌والان در لیتر و در طول رودخانه زرینه‌رود در ایستگاه‌های شیرین‌کند، سنته و دره‌پنه‌دان در ماه‌های مختلف سال صفر، و برای سایر ایستگاه‌های مطالعاتی مقادیر بین ۰/۱ تا ۰/۲ میلی‌اکی‌والان در لیتر ثبت شده است. آنیون‌های CO_3^{2-} و HCO_3^- سبب قلیایی شدن آب می‌شوند. تغییرات ملموسی برای این پارامتر در طول رودخانه مشاهده نشده است. آنیون کلر در ماه‌های مختلف سال در ایستگاه‌های مطالعاتی زرینه‌رود از حداقل ۰/۰۲ تا حداکثر ۳ میلی‌اکی‌والان در لیتر تغییر می‌نماید. بیشترین مقدار مربوط به ماه‌های کم آب و کمترین مقدار مربوط به ماه‌هایی است که دبی رودخانه زیاد است. بیشترین مقدار میانگین سالانه Cl^- مربوط به ایستگاه شیرین کند در فصل بهار (اردیبهشت ماه) و کمترین مقدار مربوط به ایستگاه پل آدینان در بهمن ماه است. همچنین در ماه‌های مختلف سال در ایستگاه‌های مطالعاتی سیمینه‌رود از حداقل ۰/۱ تا حداکثر ۵/۷ میلی‌اکی‌والان در لیتر تغییر می‌نماید. بیشترین مقدار میانگین سالانه Cl^- مربوط به ایستگاه بفروآن است. افزایش غلظت کلر در آب‌های سطحی می-تواند نتیجه‌ی نفوذ آب شور، تجزیه مواد معدنی و فضولات دامی و صنعتی باشد افزایش کلر زندگی آبزیان آب شیرین را تحت تأثیر قرار می‌دهد.

کاتیون کلسیم در ماه‌های مختلف سال در ایستگاه‌های مطالعاتی زرینه‌رود از حداقل ۰/۵ تا حداکثر ۸/۱۶ میلی-اکی‌والان در لیتر تغییر می‌نماید. بیشترین مقدار کلسیم مربوط به دوره‌های کم آب و کمترین مقدار مربوط به ماه-هایی است که دبی رودخانه زیاد است. بیشترین مقدار میانگین سالانه Ca^{2+} مربوط به ایستگاه شیرین کند در اردیبهشت ماه و کمترین مربوط به ایستگاه پل آدینان در بهمن ماه است. و در ماه‌های مختلف سال در ایستگاه‌های مطالعاتی سیمینه‌رود از حداقل ۱/۳ تا حداکثر ۳/۴ میلی-اکی‌والان در لیتر تغییر می‌نماید. بیشترین مقدار کلسیم مربوط به دوره‌های کم آب و کمترین مقدار مربوط به ماه-هایی است که دبی رودخانه زیاد است. بیشترین مقدار Ca^{2+} مربوط به ایستگاه‌های قزل گنبد و بفروآن می‌باشد. غلظت بالای کلسیم در آب آشامیدنی سبب ابتلا به سنگ کلیه در انسان می‌شود. کاتیون منیزیم در ماه‌های مختلف سال در ایستگاه‌های مطالعاتی زرینه‌رود از حداقل ۰/۰۶ میلی‌اکی‌والان در لیتر (آذر ماه، ایستگاه پل آدینان) تا حداکثر ۳/۳ میلی‌اکی‌والان در لیتر (مهر ماه، ایستگاه‌های آلاسقل-شاخه چپ و آلاسقل-شاخه راست) تغییر می-نماید. بیشترین مقدار میانگین سالانه Mg^{2+}، ۲/۲۶ میلی-اکی‌والان در لیتر و مربوط به ایستگاه شیرین کند است. همچنین در ماه‌های مختلف سال در ایستگاه‌های مطالعاتی سیمینه‌رود از حداقل ۰/۲ میلی‌اکی‌والان در لیتر تا حداکثر ۲/۳ میلی‌اکی‌والان در لیتر تغییر می‌نماید. حداکثر و حداقل این پارامتر مربوط به ایستگاه بفروآن است. کاتیون سدیم در ماه‌های مختلف سال در ایستگاه‌های مطالعاتی زرینه‌رود از حداقل ۰/۰۶۵ میلی‌اکی‌والان در لیتر (اردیبهشت ماه، ایستگاه پل آدینان) تا حداکثر ۳/۸ میلی-اکی‌والان در لیتر (اردیبهشت ماه، ایستگاه شیرین‌کند) تغییر می‌نماید. بیشترین مقدار میانگین سالانه Na^+، ۲/۹۶ میلی‌اکی‌والان در لیتر و مربوط به ایستگاه شیرین‌کند

است. بیشترین غلظت این کاتیون در دوره‌های کم آب (تیر تا آبان ماه) و اردیبهشت ماه برای ایستگاه‌های جان‌آقا و شیرین کند و کمترین مقدار مربوط به ماه‌های پر آب (دی تا خرداد ماه) است. در ماه‌های مختلف سال در ایستگاه‌های مطالعاتی سیمینه‌رود از حداقل ۰/۲ میلی‌اکی‌والان در لیتر (در اسفند ماه و ایستگاه‌های داشبند بوکان، قزل گنبد و پل میاندوآب سیمینه) تا حداکثر ۵/۹ میلی‌اکی‌والان در لیتر (فروردین ماه، ایستگاه بفروآن) تغییر می‌نماید. بیشترین مقدار میانگین سالانه Na^+، ۱/۴۶ میلی‌اکی‌والان در لیتر و مربوط به ایستگاه بفروآن است. کاتیون پتاسیم در طول رودخانه‌های زرینه‌رود و سیمینه‌رود طی ماه‌های مختلف سال دستخوش تغییرات زیادی نبوده و میانگین مقادیر گزارش شده در ایستگاه‌های زرینه‌رود مقادیر بین صفر (مهرماه، ایستگاه سنته) تا ۰/۳ میلی‌اکی‌والان در لیتر (آبان ماه، ایستگاه‌های قوشخانه سفلی، آلاسقل-شاخه‌چپ، آلاسقل- شاخه‌راست و قشلاق پل) و در ایستگاه‌های سیمینه‌رود ۰/۱ میلی‌اکی‌والان در لیتر گزارش شده است. نتایج مقایسه مقادیر پارامتر K^+ با استاندارد جهانی EU، حاکی از آن است که مقادیر پتاسیم در تمامی ایستگاه‌ها در دامنه مطلوب و استاندارد کیفی آب شرب اتحادیه اروپا قرار دارد.

جدول (۴). مقایسه نتایج کیفیت شیمیایی آب ایستگاه‌های زرینه‌رود و سیمینه‌رود با استانداردها

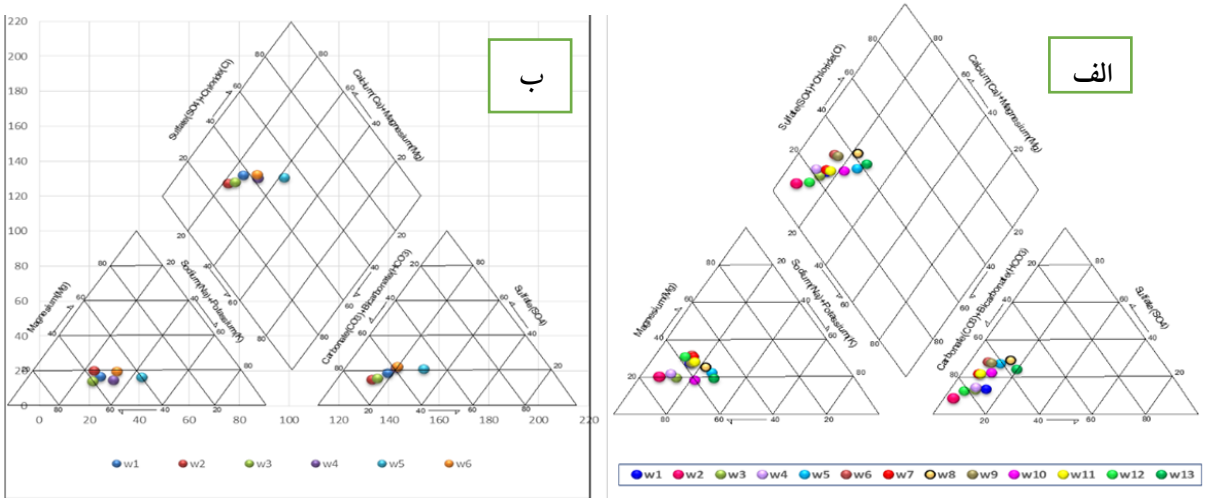
پارامتر	واحد	استاندارد who	استاندارد EPA	استاندارد EU	استاندارد ملّی ایران حداکثر مطلوب	استاندارد ملّی ایران حداکثر مجاز	زرینه‌رود	سیمینه‌رود
pH	-	۶/۸-۵/۵	۶/۸-۵/۵	۶/۸-۵/۵	۶/۸-۵/۵	۶/۹-۵	مطلوب	مطلوب
EC	µS /cm	-	-	۴۰۰	۱۵۰۰	۲۰۰۰	استاندارد ملّی ایران: مطلوب استاندارد EU: نامطلوب استاندارد who و ملّی ایران: مطلوب استاندارد EU و EPA:	استاندارد ملّی ایران: مطلوب استاندارد EU: نامطلوب استاندارد who و ملّی ایران: مطلوب استاندارد EU و EPA:
TDS	mg/l	۱۰۰۰	۵۰۰	۵۰۰	۱۰۰	۱۵۰۰	در ایستگاه‌های نظام آباد (شهریور ماه)، آلاسقل-شاخه‌چپ (دی و بهمن ماه)، صفاخانه (آذر ماه)، ساریقمیش (شهریور ماه) و شیرین کند (اکثر ماه‌های سال) نامطلوب	بجز در فروردین ماه در ایستگاه بفروآن در تمامی ایستگاه ها در همه ماه‌های سال مطلوب است.
SO_4^{2-}	mg/l	۴۰۰	۵۰۰	۲۵۰	۲۵۰	۴۰۰	مطلوب	مطلوب
Cl^-	mg/l	۲۵۰	۲۵۰	۲۵۰	۲۵۰	۴۰۰	مطلوب	مطلوب
Ca^{2+}	mg/l	۲۰۰	-	۱۰۰	۳۰۰	۴۰۰	مطلوب	مطلوب
Mg^{2+}	mg/l	۱۵۰	-	۵۰	۳۰	۱۵۰	مطلوب	مطلوب
Na^+	mg/l	۲۰۰	-	۱۵۰	۲۰۰	۲۰۰	مطلوب	مطلوب
K^+	mg/l	-	-	۱۲	-	-	مطلوب	مطلوب

جدول (۵). مقایسه نتایج کیفیت شیمیایی آب ایستگاه‌های مطالعاتی با استاندارد حفاظت محیط زیست ایران

پارامتر	واحد	استاندارد کیفیت منابع آب برای کاربری شرب		استاندارد کیفیت منابع آب برای کاربری کشاورزی	زرینه‌رود	سیمینه‌رود
		گروه ۱	گروه ۲			
pH	-	۶/۸-۵/۵	۵/۹-۵	۶/۸-۵/۴	مطلوب	مطلوب
EC	µS /cm	۱۰۰۰	۲۰۰۰	۳۰۰۰	مطلوب	مطلوب
SO_4^{2-}	mg/l	۲۵۰	۴۰۰	-	مطلوب	مطلوب

تیپ و رخساره و کیفیت آب برای کاربری مختلف

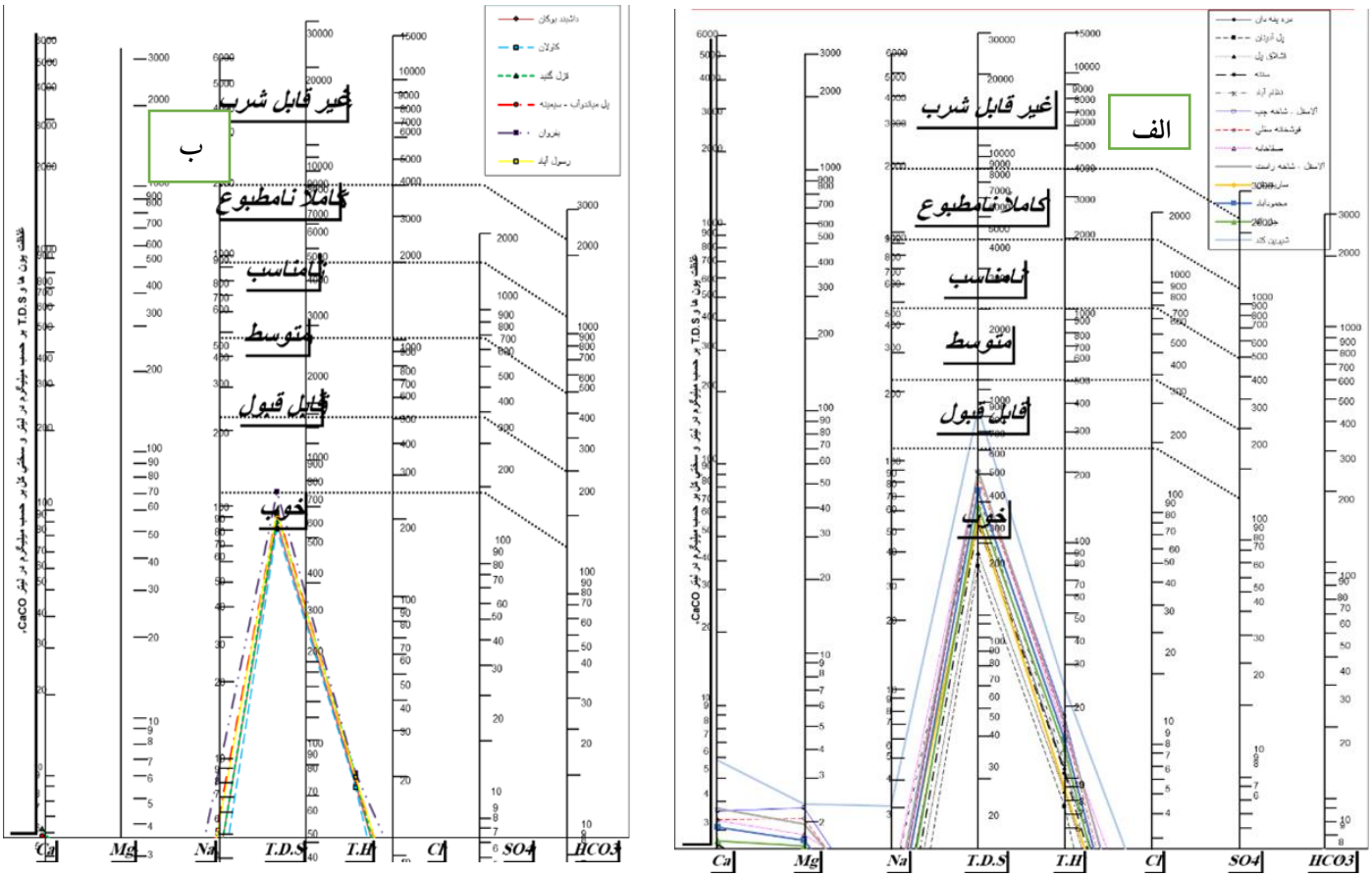
همانطور که پیش از این تشریح شد، تیپ و رخساره ایستگاه‌های مورد مطالعه با استفاده از نمودار پایپر (شکل ۲) تعیین شد. تیپ و رخساره هیدروشیمیایی آب در ایستگاه‌های مطالعاتی بیکربناته کلسیک است و منشأ اصلی آن‌ها سنگ‌های کربناته (کلسیتی) است. در ایستگاه‌های دره‌پنه‌دان، نظام آباد، آلاسقل-شاخه چپ، قوشخانه سفلی، صفاخانه، آلاسقل-شاخه راست، محمودآباد، جان آقا و شیرین‌کند میزان غلظت منیزیم نیز زیاد است که نشان-دهنده انحلال تشکیلات دولومیتی و در ایستگاه‌های نظام آباد، آلاسقل-شاخه چپ، قوشخانه سفلی، صفاخانه، آلاسقل-شاخه راست میزان سولفات نیز زیاد بوده که نشان‌دهنده انحلال ژیپسی است. با توجه به بررسی نمودار پایپر، نمونه‌های آب ایستگاه‌های مطالعاتی در قسمت چپ لوزی دیده می‌شود. که نشان می‌دهد که بیشتر فلزات مناطق از جنس قلیایی خاکی بوده که نسبت به فلزات قلیایی غالب هستند. به‌عبارت دیگر درصد کلسیم و منیزیم (قلیایی خاکی) نسبت به سدیم و پتاسیم (قلیایی) بیشتر، اسیدهای ضعیف بیش از اسیدهای قوی و سختی کربناتی بالا است. قلیایی بودن آب نشان‌دهنده زون‌های آهکی در منطقه و عبور رودخانه از مناطقی با سنگ‌های آهکی و دولومیتی و حتی سنگ‌های حاوی زمینه آهکی از دلایل غالب بودن یون‌های کلسیم و بیکربنات است. در تمام ایستگاه‌ها سختی کربناتی از ۵۰٪ تجاوز کرده که این سختی مربوط به بالا بودن میزان کلسیم و منیزیم است. بر اساس رابطه $CaCO_3+CO_2+H_2O \leftrightarrow Ca+2HCO_3$، فرسایش و انحلال سازندهای آهکی و فرآیندهای تبادل یونی معکوس می‌تواند دلیل ورود یون‌های بیکربنات و کلسیم به آب ایستگاه‌های مطالعاتی باشد.



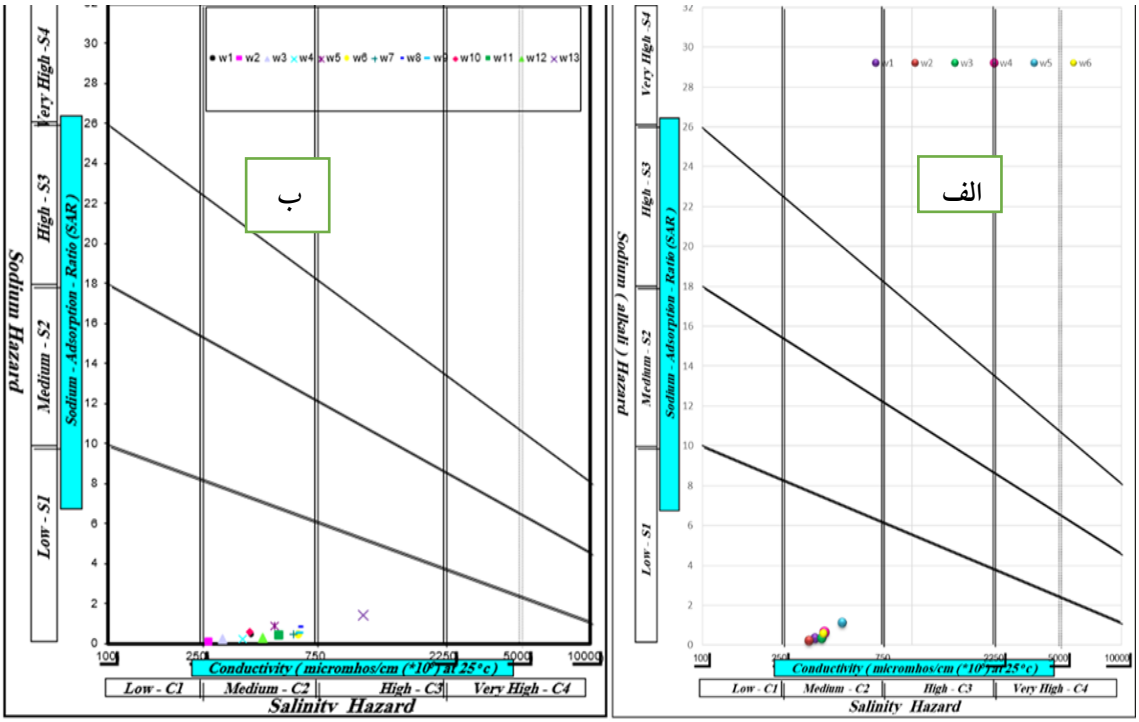
شکل (۲). نمودار پایپر الف) زرینه‌رود، ب) سیمینه‌رود

کیفیت شیمیایی آب رودخانه‌های زرینه‌رود و سیمینه‌رود در ایستگاه‌های مورد مطالعه از نظر شرب در دیاگرام شولر شکل (۳) ارائه شده است. بر اساس نمودار شولر کیفیت شیمیایی آب رودخانه‌های مورد مطالعه برای مصارف شرب از نظر همه آنیون‌ها و کاتیون‌ها در محدوده خوب تا قابل‌قبول قرار گرفته است. بر اساس این نمودار، کیفیت آب شاخه لیلان چای در ایستگاه شیرین کند از نظر شرب بطور متوسط در حد خوب و قابل‌قبول بوده که با افزایش TDS کیفیت آب در حد قابل قبول است. در جدول (۶)، خلاصه‌ای از تیپ و رخساره و کیفیت آب برای مصارف مختلف ارائه شده است. اطلاعات ایستگاه‌های مورد مطالعه در نمودار ویلکوکس شکل شماره (۴) ارائه شده است. به‌طور کلی می‌توان گفت که کیفیت آب رودخانه‌های مطالعه شده غالباً در کلاس C2-S1 (۰<SAR<۸ و ۷۵۰ <EC<۲۵۰، میزان هدایت الکتریکی در این کلاس پایین و میزان نسبت جذب سدیم در بهترین شرایط ممکن است) و ندرتاً در کلاس C3-S1 (۰<SAR<۶ و ۲۲۵۰ >EC>۷۵۰، میزان هدایت الکتریکی در این کلاس نسبتاً بالا و میزان نسبت جذب سدیم در بهترین شرایط ممکن است) قرار دارد. نظر به این نمودار کیفیت آب شاخه لیلان-چای در کلاس C3-S1 قرار دارد و برای خاک‌هایی که دارای بافت سبک است و آب به راحتی از آن‌ها زهکشی می‌شود مناسب است.

مقادیر RSC کمتر از ۱/۲۵ میلی‌اکی‌والان در لیتر برای آبیاری مناسب هستند و آب‌هایی با مقادیر RSC بیشتر از ۲/۵ میلی‌اکی‌والان در لیتر برای آبیاری مناسب نیستند. در جدول (۳)، نتایج کیفیت آب بر اساس درصد سدیم برای آبیاری مطابق نظرویلکوکس (۱۹۹۵) ارائه شد. لذا بر اساس نتایج به‌دست آمده جدول (۷)، آب همه‌ی ایستگاه‌های زرینه‌رود و سیمینه‌رود در گروه آب سالم از نظر RSC و Na٪ هستند و برای مصارف کشاورزی مناسب است



شکل (۳). کیفیت آب در دیاگرام شولر الف) زرینه‌رود، ب) سیمینه‌رود



شکل (۴). طبقه‌بندی آب با دیاگرام ویلکوکس الف) زرینه‌رود، ب) سیمینه‌رود

جدول (۶). کیفیت، تیپ و رخساره آب ایستگاه‌های مطالعاتی

ایستگاه	علامت اختصاری	تیپ و رخساره	کیفیت آب برای شرب	کیفیت آب برای کشاورزی		
				SAR	EC	Class
دره پنه دان	w1	بیکربناته کلسیک	خوب	۰/۴۱	۳۹۱/۲۲	C2-S1
پل آدینان	w2	بیکربناته کلسیک	خوب	۰/۱۶	۲۶۰/۰۶۷	C2-S1
قشلاق پل	w3	بیکربناته کلسیک	خوب	۰/۲۵	۲۹۷/۶۴۸	C2-S1
سنته	w4	بیکربناته کلسیک	خوب	۰/۲۸	۳۵۹/۱۳۵	C2-S1
نظام آباد	w5	بیکربناته کلسیک	خوب	۰/۹	۴۹۰/۶۲۵	C2-S1
آلاسقل-شاخه چپ	w6	بیکربناته کلسیک	خوب	۰/۴۶	۶۱۷/۰۸۳	C2-S1
قوشخانه سفلی	w7	بیکربناته کلسیک	خوب	۰/۴۹	۵۸۵/۸۳۳	C2-S1
صفاخانه	w8	بیکربناته کلسیک	خوب	۰/۸۱	۶۲۵/۴۱۷	C2-S1
آلاسقل-شاخه راست	w9	بیکربناته کلسیک	خوب	۰/۵۳	۶۲۴/۱۶۷	C2-S1
ساریقمیش	w10	بیکربناته کلسیک	خوب	۰/۶۱	۳۸۴/۵۸۳	C2-S1
محمودآباد	w11	بیکربناته کلسیک	خوب	۰/۴۴	۵۱۲/۸۱۳	C2-S1
جان آقا	w12	بیکربناته کلسیک	خوب	۰/۳۲	۴۳۸/۵۱۶	C2-S1
شیرین کند	w13	بیکربناته کلسیک	قابل قبول	۱/۴۷	۱۱۴۴	C3-S1
داشبند بوکان	w1	بیکربناته کلسیک	خوب	۰/۳۷	۳۴/۲۵	C2-S1
کاولان	w2	بیکربناته کلسیک	خوب	۰/۲۳	۳۲۱/۳۳۳	C2-S1
قزل گنبد	w3	بیکربناته کلسیک	خوب	۰/۳۵	۳۷۰/۷۰۸	C2-S1
پل میاندوآب – سیمینه	w4	بیکربناته کلسیک	خوب	۰/۶۴	۳۸۳/۰۸۳	C2-S1
بفروان	w5	بیکربناته کلسیک	خوب	۱/۱۵	۴۶۴/۴۹۸	C2-S1
رسول آباد	w6	بیکربناته کلسیک	خوب	۰/۵۸	۳۷۷/۵	C2-S1

جدول (۷). کیفیت آب سیمینه‌رود بر اساس SAR، %Na و RSC برای مصارف کشاورزی

ایستگاه	SAR	٪Na	کیفیت بر اساس ٪Na	RSC	کیفیت بر اساس RSC
دره پنه دان	۰/۴۱	۱۵/۴۵	عالی	-۰/۵۴	مناسب
پل آدینان	۰/۱۶	۷/۵۲	عالی	-۰/۲	مناسب
قشلاق پل	۰/۲۵	۱۴/۱۶	عالی	-۰/۳	مناسب
سنته	۰/۲۸	۱۰/۹۸	عالی	-۰/۵	مناسب
نظام آباد	۰/۹	۲۶/۱۳	خوب	-۰/۶۵	مناسب
آلاسقل-شاخه چپ	۰/۴۶	۱۳/۸۸	عالی	-۱/۳۸	مناسب
قوشخانه سفلی	۰/۴۹	۱۵/۰۱	عالی	-۰/۸۱	مناسب
صفاخانه	۰/۸۱	۲۲/۳۴	خوب	-۱/۳۴	مناسب
آلاسقل-شاخه راست	۰/۵۳	۱۵/۸	عالی	-۱/۳	مناسب
ساریقمیش	۰/۶۱	۲۱/۷۹	خوب	-۰/۴۱	مناسب
محمودآباد	۰/۴۴	۱۴/۵۱	عالی	-۰/۶	مناسب
جان آقا	۰/۳۲	۱۱/۷۶	عالی	-۰/۲۵	مناسب
شیرین کند	۱/۴۷	۲۸	خوب	-۱/۹۹	مناسب
داشبند بوکان	۰/۳۷	۱۵/۷۲	عالی	-۰/۳۸	مناسب
کاولان	۰/۲۳	۱۱/۷۴	عالی	-۰/۱۳	مناسب
قزل گنبد	۰/۳۵	۱۴/۱۴	عالی	-۰/۲۹	مناسب
پل میاندوآب - سیمینه	۰/۶۴	۲۲/۱	خوب	-۰/۵	مناسب
بفروان	۱/۱۵	۳۲/۶	خوب	-۰/۵۶	مناسب
رسول آباد	۰/۵۸	۲۰/۹۸	خوب	-۰/۵۳	مناسب

در بحث مصارف صنعتی بررسی سختی، پتانسیل خوردگی و رسوب‌گذاری و میزان pH آب حائز اهمیت است. سختی آب نقش مهمی در صنعت دارد و افزایش آن سبب کاهش کیفیت و تولید می‌شود. یکی از مهم‌ترین فاکتورها در بحث کنترل کیفیت آب برای مصارف صنعتی، پتانسیل خورندگی و رسوب‌گذاری آن است که نقش بسیار مؤثری در سیستم انتقال و توزیع آب آشامیدنی از نظر جنبه‌های اقتصادی و بهداشتی ایفا می‌کند. خوردگی باعث انحلال و ورود آلاینده‌هایی نظیر مس، سرب، کادمیوم، روی، آهن و منگنز به داخل آب می‌شود. سرب و کادمیوم دو فلز سمی، مس و آهن و منگنز باعث ایجاد لکه بر روی لباس‌ها و ایجاد بو و طعم‌های نامطلوب می‌شوند که در نتیجه خوردگی لوله‌های شبکه توزیع، وارد بدنه آب شبکه توزیع می‌شوند. رسوب‌گذار بودن آب منجر به تجمع رسوبات نامطلوب بر سطح تجهیزات می‌شود که باعث کاهش سطح عبور جریان در لوله‌ها، افت فشار و کاهش جریان آب در شبکه آبرسانی و مصرف انرژی بیشتر برای انتقال آب می‌شود. در این مطالعه با استفاده از نرم‌افزار Water Stability Analyzer سختی آب و شاخص‌های لانژلیه، رایزنر و پوکوریوس محاسبه شد. کیفیت آب زرینه‌رود از نظر سختی آب در ایستگاه‌های مطالعاتی در محدوده نسبتاً سخت تا سخت و در ایستگاه شیرین‌کند کاملاً سخت است. همانطور که در جدول (۸) مشاهده می‌شود، آب ایستگاه‌های مطالعاتی بر اساس اندیس‌های لانژلیه، رایزنز و پوکوریوس در محدوده خورنده ($CaCO_3$ را حل خواهد کرد) قرار گرفته است. آب ایستگاه‌های داشبند بوکان و کاولان نسبتاً سخت و بقیه ایستگاه‌ها سخت است. بر اساس اندیس‌های لانژلیه، رایزنر و پوکوریوس محاسبه شده کیفیت آب ایستگاه‌های داشبند بوکان، کاولان، قزل گنبد، پل میاندوآب، بفروآن و رسول آباد در محدوده خورنده است. خورندگی می‌تواند باعث از بین رفتن خطوط انتقال و توزیع یا وارد شدن آلودگی‌ها به

درون آب شود. لذا تدابیری برای کنترل خورندگی در آب آشامیدنی ایستگاه‌هایی با این ویژگی الزامی است.

جدول (۸). طبقه‌بندی آب برای مصارف صنعتی

ایستگاه	اندیس لانژلیه pH-pHs	اندیس رایزنر 2pHs-pH	اندیس پوکوریوس $2pHs-pH_{eq}$	کیفیت آب	سختی کل	کیفیت آب بر اساس سختی کل
دره پنه دان	-۱/۸۷	۱۱/۳۹	۱۲/۷۲	خورنده	۱۷۵/۱۷	سخت
پل آدینان	-۱/۸۹	۱۱/۹۷	۱۴/۵۶	خورنده	۱۲۸/۹۷	نسبتاً سخت
قشلاق پل	-۱/۸۲	۱۱/۴۲	۱۲/۹۶	خورنده	۱۴۸/۲	نسبتاً سخت
سنته	-۱/۹۵	۱۱/۶	۱۳/۲۳	خورنده	۱۷۶/۱۶	سخت
نظام آباد	-۰/۹۸	۱۰/۱۸	۱۱/۶۴	خورنده	۱۸۷/۰۳	سخت
آلاسقل-شاخه چپ	-۱/۲۱	۱۰/۴۰	۱۱/۸۴	خورنده	۲۸۸/۰۱	سخت
قوشخانه سفلی	-۱/۱۷	۱۰/۴۱	۱۱/۹۰۹	خورنده	۲۶۲/۷۵	سخت
صفاخانه	-۱/۱۱۸	۱۰/۱۷۴	۱۱/۳	خورنده	۲۴۸/۵۵	سخت
آلاسقل-شاخه راست	-۱/۵	۱۰/۲۸	۱۱/۶۵	خورنده	۲۷۷/۳۷	سخت
ساریقمیش	-۱/۱۲۵	۱۰/۵۴	۱۲/۳۴	خورنده	۱۵۲/۷۳	سخت
محمودآباد	-۱/۲۹	۱۰/۶۲	۱۲/۲	خورنده	۲۳۳/۳	سخت
جان آقا	-۱/۴۹	۱۱/۰۱۶	۱۲/۸	خورنده	۲۱۰/۳	سخت
شیرین کند	-۰/۹۴	۹/۴۴	۹/۷۱	خورنده	۴۰۴/۴۵	کاملاً سخت
داشبند بوکان	-۱/۷۴۴	۱۱/۳۲	۱۲/۹۲	خورنده	۱۴۶/۹۱	نسبتاً سخت
کاولان	-۱/۷۳۵	۱۱/۴۹	۱۳/۴۹	خورنده	۱۴۰/۴۳	نسبتاً سخت
قزل گنبد	-۱/۶۰۳	۱۱/۱۲	۱۲/۸۲	خورنده	۱۶۴/۴۹	سخت
پل میاندوآب - سیمینه	-۱/۴۳۶	۱۰/۷۸	۱۲/۱۷	خورنده	۱۵۹/۰۹	سخت
بفروان	-۱/۱۴۱	۱۰/۲۸	۱۱/۴۵	خورنده	۱۶۰/۵۵	سخت
رسول آباد	-۱/۴۳۳	۱۰/۸۶	۱۲/۴	خورنده	۱۵۳/۶۷	سخت

بحث

تعیین کیفیت آب برای مصارف مختلف از مهم‌ترین برنامه‌های پایش کیفی و ارزیابی گرافیکی یک بخش مهم در ارزیابی‌های هیدروژئوشیمیایی آب‌های سطحی است. در این مطالعه با استفاده از روش‌های گرافیکی طبقه‌بندی کیفیت آب سیمینه‌رود و زرینه‌رود برای مصارف مختلف انجام شد. تیپ و رخساره آب ایستگاه‌های مطالعاتی بیکربنات‌کلسیک و کیفیت آب در ایستگاه‌های مطالعاتی برای شرب مناسب است. فقط در ایستگاه شیرین کند با افزایش TDS در محدوده قابل قبول قرار دارد. کیفیت آب ایستگاه‌های مطالعاتی زرینه‌رود و سیمینه‌رود از نظر کشاورزی مناسب و در بازه C2-S1 قرار دارند. فقط ایستگاه شیرین‌کند در بازه C3-S1 قرار داد که برای خاک‌هایی با بافت سبک مناسب است. همچنین بر اساس SAR، Na% و RSC کیفیت آب برای مصارف آبیاری خوب و مناسب است. آب ایستگاه شیرین‌کند کاملاً سخت و بقیه ایستگاه‌های مطالعاتی نسبتاً سخت تا سخت و دارای پتانسیل خورندگی است. کیفیت آب رودخانه‌ها تأثیر مستقیمی بر توسعه پایدار فعالیت‌های انسانی دارد. بنابراین نظارت بر کیفیت آب ایستگاه‌های مختلف در طول رودخانه و در دوره‌های خشک و پر آب، شناسایی مناطق آسیب‌پذیر و کنترل آلودگی از اهمیت بالایی برخوردار است. از جمله راهکارها برای کنترل آلاینده‌ها تجهیز ایستگاه‌ها به

تجهیزات اندازه‌گیری پارامترهای کیفی و بیولوژیکی آب و نمونه‌برداری از آب رودخانه و تعیین کیفیت آب در دوره-های زمانی مختلف حداقل یکساله، به‌جهت تعیین میزان ترکیبات خاص آب است. این مطالعه بررسی جامعی بر وضعیت کیفیت آب رودخانه‌های زرینه‌رود و سیمینه‌رود ارائه می‌کند و می‌تواند یک مطالعه مرجع برای تحقیقات آتی درنظر گرفته شود.

سپاسگزاری

انجام این تحقیق و تهیه مقالات مربوطه با پشتیبانی دانشگاه تهران، دانشگاه کردستان و سازمان آب منطقه‌ای استان کردستان ممکن شد که بدینوسیله قدردانی می‌شود.

منابع

حسین پناهی، ب.، ابراهیمی، ک و نیک مهر، س. ۱۳۹۸، ارزیابی کیفیت منابع آب سطحی رودخانه زرینه رود،اولین کنگره بین المللی و چهارمین کنگره ملی آبیاری و زهکشی ایران،ارومیه،https://civilica.com/doc/1025321.

سلگی، ع.، و خدادادی، ت.، و استرش، ا. ۱۳۹۷، بررسی وضعیت هیدروژئوشیمیایی آب آشامیدنی شهر دره شهر و تعیین کیفیت آن برای مصارف مختلف. مهندسی بهداشت محیط، ۵ (۳)، ۲۱۴-۲۳۲.

قره محمودلو، م.، و جندقی، ن.، و صیادی، م. ۱۳۹۹. تکامل هیدروشیمیایی و کاهش کیفیت آب رودخانه گرگانرود. زمین‌شناسی ایران, ۱۴(۵۵), ۱۲۹-۱۴۵.

میرزایی، س.، و چیت سازان، م.، و پیری، ز.، و کریمی، ح. ۱۳۹۸. بررسی هیدروژئوشیمیایی و تعیین منشاء آلودگی چشمه سرگرو دهلران. زمین شناسی کاربردی پیشرفته، ۹(۳ (پیاپی ۳۳)، ۳۵۷-۳۷۳.

هاشم خانی، آ و اسلامی، ح. ۱۳۹۶، ارزیابی کیفیت آب زیرزمینی دشت الشتر برای استفاده در کشاورزی و شرب،https://civilica.com/doc/706981.

همایون نژاد، ا.، امیریان، پ.، پیری، ع. ۱۳۹۵. ارزیابی کیفیت آب مخازن چاه نیمهٔ زابل از نقطه نظر شرب و کشاورزی (با تکیه بر نمودارهای شولر و ویلکوکس) .*فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط زیست*. (۱) ۱۸، ۱۳-۱.

Abbassimoghadam, H., M. G Mahmoodlu, N. Jandaghi, A. Heshmatpour, and M. Seyed. 2021. Hydrochemistry and water quality of Kalaleh Doogh river using graphical methods, cluster analysis, and quality indices.

Baghal Asghari,F., Jaafari, J., Yousefi, M., Mohammadi,A.k., & Dehghanzadeh, R. 2018. Evaluation of water corrosion, scaling extent and heterotrophic plate count bacteria in asbestos and polyethylene pipes in drinking water distribution system, Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal, 24:4, 1138-1149, DOI: 10.1080/10807039.2017.1407632.

Eaton FM, 1950, Significance of carbonate irrigation water. Soils Sci 69(2):123–133

Jiang, J., Tang, S., Han, D., Fu, G., Solomatine, D., & Zheng, Y. 2020. A comprehensive review on the design and optimization of surface water quality monitoring networks. *Environmental Modelling & Software*, *132*, 104792.

Khademian Ghadekolai, M., zamani, M., Ghafari, F., rahimi, M., mahmoodpor, S. 2016. Evaluation of Corrosion and precipitation potential in Ghaemshahr, s Village Drinking Water. *Human & Environment*, 14(4), 1-7.

Piper, A. M.. 1953. A graphic procedure in the geochemical interpretation of water analysis, US Department of the Interior, Geological Survey, Water Resources Division....

Richards LA, 1954, Diagnosis and improvement of saline alkali soils: agriculture, handbook. US Department of Agriculture, Washington DC, vol 160, p 60.

Safari, M., A. Ahmadfazeli, A. Ghanbari, Z. Mokhtari, and Z. Soleimani. 2021. Assessment of the HablehRood river water quality for drinking and irrigation purposes in Garmsar, Iran: Environmental Earth Sciences, v. 80, p. 1-11.

Salifu, M., Aidoo, F., Hayford, M. S., Adomako, D., & Asare, E. 2017. Evaluating the suitability of groundwater for irrigational purposes in some selected districts of the Upper West region of Ghana. Applied water science, 7(2): 653-662.

Setia, R., S. Lamba, S. Chander, V. Kumar, N. Dhir, M. Sharma, R. Singh, and B. Pateriya. 2021. Hydrochemical evaluation of surface water quality of Sutlej river using multi-indices, multivariate statistics and GIS: Environmental Earth Sciences, v. 80, p. 1-17.

Solgi, E., Khodadadi, T., Esteresh, A. 2018. Survey the Status of the Hydrogeochemical Drinking Water Darreshahrcity and Determination its Quality for Different uses, Journal of Environmental Heath Enginering, V.5, 3, p. 214-232.

Taheri Tizro, A., M. Ghashghaie, P. Georgiou, and K. Voudouris. 2014. Time series analysis of water quality parameters: Journal of Applied Research in Water and Wastewater, v. 1, p. 40-50. Wilcox LV, 1955, Classification and use of irrigation waters, US Department of Agriculture. Circ. 969. Washington, DC.

Yuan, C. C. 2014. Evaluation of various water quality indices for indexing river water.