Shahid Chamran University of Ahvaz

Irrigation Sciences and Engineering (JISE)
Vol. 48, No. 1, Spring 2025, p. 113-126

Journal homepage: https://jise.scu.ac.ir

Research Paper

EXTENDED ABSTRACT

Water quality assessment of Gamasiab River using heavy metal pollution indicators in spring and summer

M. Ebrahimian Najafabadi[1], A. Ildoromi[2*], S. Mortazavi[3] and E. Mohammadimanesh[4]

1- Ph.D student, environmental group, Natural Resources Faculty, Malayer University, Iran.
2- Corresponding Author, Professor of Natural engineering Faculty, Malayer University, Iran. (a.ildoromi@malayeru.ac.ir).*
3-Assistant Professor of Environmental group, Natural Resources Faculty, Malayer University, Iran.
4-Associate Professor, Department of Solid State Physics, Faculty of Basic Sciences, Malayer University.

ARTICLE INFO

Artlcle history:
Received: 27 December 2023
Revised: 23 May 2024
Accepted: 25 May 2024

Keywords:
Water pollution, Ecological effect, Heavy metals, Gamasiab river.

TO CITE THIS ARTICLE:

Ebrahimian Najafabadi, M., Ildoromi, A., Mortazavi, S., Mohammadimanesh, E. (2025). 'Water quality assessment of Gamasiab River using heavy metal pollution indicators in spring and summer', Irrigation Sciences and Engineering, 48(1), pp. 113-126. doi: 10.22055/jise.2024.45557.2108

Abstract

Rivers are one of the most important water sources used in the drinking, agriculture and industry sectors. This present study aims to evaluate the ecological effect of the presence of heavy metals (chromium, copper, nickel, zinc, iron and manganese) in the water of Gamasiab river using Heavy Metal Pollution Index, Metal Index Index) and heavy metal evaluation index (Heavy metal Evaluation Index) were done. In this research, 90 water samples were collected from 15 stations in two seasons, spring and summer, from Gamasiab River. After transferring the samples to the laboratory, the samples were prepared using the ASTM method, and the concentration of heavy metals was measured with the ICP-OES inductively coupled plasma spectrometer. According to the concentration of heavy metals in water samples, the HPI index was calculated for both seasons and the results were analyzed. The numerical value of the HPI index in spring and summer was -2.46 and -3.34, respectively, which indicates that the water of Gamasiab river is not polluted. The investigation of the MI index to evaluate the quality of water for drinking showed that in spring and summer, the water of the Gamasiab River is in the potable category. The value of MI index was reported as 0.075 in spring and 0.01 in summer. According to the HEI index, the water of Gamasiab river in the spring and summer season was placed in the category of low pollution with numerical values of 75 and 12.35, respectively. According to the results certainty the degree of contamination of Gamasiab river water with heavy metals is low and does not threaten the ecological of the region. The concentration of heavy metals in the spring season and the summer season, it is suggested to prevent water pollution in this season by monitoring the water quality.

Introduction

Among the aquatic ecosystems, rivers are considered as one of the basic sources of water supply for various uses, including agriculture, industry, and drinking, which are directly or indirectly affected by any human activity (Majlesi et al., 2019). Along with the growth and development of urban, industrial and economic activities during the last few decades and the production of various types of chemical compounds, pollutants have been unintentionally introduced into nature, which has brought serious problems and dangers to the environment and humans (Seifi and Rahi, 2019). . Currently, the pollution of aquatic ecosystems is one of the serious environmental threats (Bayati et al., 2020). Li et al., (2020) investigated heavy metals in the Songhua River in China. In this research, the index of heavy metal pollution was used, and the results of this index showed that the water of this river is below the critical level (100) for all metals. Sahoo and Swain (2020) examined heavy metals using the HPI index in 60 stations of surface water in the Indian peninsula. After

comparing the results with international standards, the results showed that the water of these stations is within the standard range for drinking and agriculture. This research aims to evaluate the ecological effect of the presence of heavy metals (chromium, copper, nickel, zinc, iron and manganese) in the water of Gamasiab river using Heavy Metal Pollution Index, Metal Index and Heavy metal evaluation index was done.

Methodology

Water sampling was done in 2018 during two seasons of low rainfall (summer) and high rainfall (spring) from the stations specified in Figure 1 of the Gamasiab river with three repetitions. A total of 45 water samples were collected from 15 stations during each season. To prepare the water sample, 100 grams of the sample was poured into the beaker and 5 cc of Merck's 65% nitric acid was added to it. The sample was placed on a heater until its volume reached less than 10-20 cc, and after complete digestion, the sample was brought to 100 ml using distilled water. Finally, the concentration of the control sample and the digested samples was obtained using the ICP-OES inductively coupled plasma spectrometer (APHA, 2005). After sampling and transferring the samples to the laboratory, the required analyzes were done on each parameter. The results were analyzed using IBM SPSS and Excel statistical software, according to normality and non-normality, by relevant tests. The normality or not of the data was checked using the Kolmogorov-Smirnov test (Janisarvani and Shahrokhi, 2023). Then, to compare the results of two seasons, mean comparison (Man-Whitney-U test) was used, and Kruskal-Wallis non-parametric test was used to compare different stations. Correlation coefficient was used to check the relationship between parameters. Graphs were drawn using Excel software.

Results and Discusson

In this research, the concentration of heavy metals in Gamasiab river water was investigated to evaluate the river water pollution. According to the results, it was found that in the spring season, the highest concentrations are in the order of iron > zinc > chromium > nickel > manganese > copper, and in the summer season, the highest concentrations are in the order of iron > manganese > copper > zinc > nickel > It is chrome. Also, in both seasons, the highest standard deviation related to iron metal was obtained. According to the results, it was found that in the spring season, the highest concentrations are in the order of iron > zinc > chromium > nickel > manganese > copper, and in the summer season, the highest concentrations are in the order of iron > manganese > copper > zinc > nickel > chromium. be Also, in both seasons, the highest standard deviation related to iron metal was obtained. In order to increase accuracy, the samples examined in Gamasiab river water in spring and summer were compared with some studies done in Iran and the world.The concentration of metals in the Gamasiab river water sample showed lower values than other similar studies in other regions in most cases. As mentioned, the heavy metal pollution index is used to determine the effect of heavy metals on human health. For this purpose, we must compare the measured concentration of metals with the ideal concentration and standards of the World Health Organization (Farzi et al., 2022).

The numerical average of the HPI index for the spring season was -2.46 and the summer season was -3.36. As mentioned, this index examines the impact of a set of different metals on water quality (Seifi and Riahi, 2019). The results showed that, on average, Gamasiab river water is free of heavy metal contamination in terms of HPI index. This issue is due to the high water flow of the Gamasiab river and its self-purification along the route. Numerical analysis of MI index in two seasons, spring and summer, with values of 0.075 and 0.01, respectively, showed that Gamasiab river water is in the potable category in terms of heavy metal pollution.

In order to calculate the heavy metal evaluation index (HEI), the concentration obtained for each element is compared with the maximum allowed concentration of each element in water. The results showed that in spring and summer it was 12.75 and 12.35, respectively, which was lower than the risk threshold value (400).

Conclusions

In this research, in order to investigate the contamination of Gamasiab river water with heavy metals, water sampling was done in spring and summer and the concentration of heavy metals chromium, copper, nickel, zinc, iron and manganese was investigated. According to the obtained results, there is a significant difference between the concentrations of the investigated metals in the water of Gamasiab river at the level of 0.05. Examining the average concentration of the studied metals in the river water section showed that the average concentration of all metals except zinc metal in the water in the wet season was higher than in the summer season. The reason for the high concentration of most metals in the river water in the spring season can be attributed to the increase in rainfall and precipitation in the high water season, which leads to an increase in runoff that comes from land and land around industries, roads, agricultural lands, etc. high volume of pollutants. Especially heavy metals flow into river areas. Also, considering that the volume of river water is high in the high season. Therefore, the polluting substances remaining in the water column are carried by the water and do not have a chance to settle.

Acknowledgements

We sincerely thank the cooperation of the laboratory of environment department of Malair University for the cooperation of this research.

References

1- Majlesi, M., Alavi, N., Atamaleki, A., Seyyed, M., and Soheili, N., 2019. Investigation of Physicochemical and Microbial Parameters of Doogh River Water and the Effect of Adjacent Felman Wells on Decreasing These Parameters in Kalaleh city During 2012-2016. *Jehe, 7* (1), pp. 29-41.(in Persian).

2- Seifi, A. and Rahi, H., 2019. Evaluation of Heavy Metal Pollution Indices for Surface Water of the Sarcheshmeh Copper Mine using Multivariate Statistical Methods and GIS. *Iranian Journal of soil and water research, 1*(50), pp. 161–176.(in Persian).

3- Bayati, S., Zamani Ahmadmahmoodi, R., and MafiGholami, D., 2020. Water Quality Assessment of the Choghakhor Wetland for Heavy Metals Using MI, HPI, HEI, Cd and RWQIST Indices. *Iranian journal of Ecohydrology*, 7(4), pp. 1021-1031. (In Persian).

4- Li, K., Cui, S., Zhang, F., Hough, R., Fu, Q., Zhang, Z., and An, L. 2020. Concentrations, possible sources and health risk of heavy metals in multi-media environment of the Songhua River, China. International Journal of Environmental Research and Public Health, 17(5), pp. 1766.

5- Sahoo, M. and Swain, J., 2020. Modified heavy metal Pollution index (m-HPI) for surface water Quality in river basins, India. Environmental Science and Pollution Research, (13)27, pp. 15350-15364.

6- APHA, AWWA, WPCF.2005. Standard Methods for Examination of Water and Waste Water. Washington: American Public Health Association. 1000-3000.

7- Janisarvani, T. and Shahrokhi, S., 2022. Assess groundwater quality with help of Hydrochemical parameters (Case study: in Gheydar area, Zanjan Province). Journal of Environmental Science and Technology, 24(3), pp. 289-305. (In Persian).

8- Farzi, R., Tabasinezhad, N., Ahmadi, A., Mosavi-Sabet, H., & Imanpour Namin, J. 2022. Study of the water quality parameters of the inlet and outlet water of a rainbow trout (Oncorhynchus mykiss) farm on the water quality parameters in Masouleh River, Guilan province. Journal of Renewable Natural Resources Research, 13(1), pp. 13-23. (In Persian).

© 2025 The Author(s). Published by Shahid Chamran University of Ahvaz. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

علوم و مهندسی آبیاری جلد ۴۸، شماره‌ی ۱، بهار ۱٤۰٤، مقاله پژوهشی، ص. ۱۲٦-۱۱۳

ارزیابی کیفیت آب رودخانه گاماسیاب با استفاده از شاخص‌های آلودگی فلزات سنگین در دو فصل بهار و تابستان

مریم ابراهیمیان نجف‌آبادی[۱]، علیرضا ایلدرمی[۲*]، ثمر مرتضوی[۳] و ابراهیم محمدی‌منش[۴]

۱- دانش آموخته دکترا محیط‌زیست، دانشکده منابع‌طبیعی، دانشگاه ملایر.

۲*- نویسنده مسئول، استاد گروه مهندسی طبیعت، دانشگاه ملایر ، (a.ildoromi@malayeru.ac.ir).

۳- استادیار گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع‌طبیعی، دانشگاه ملایر.

۴- دانشیار گروه فیزیک حالت جامد، دانشکده علوم پایه، دانشگاه ملایر.

دریافت: ۱۴۰۲/۱۰/۰۶ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۳/۰۳ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۳/۰۵

چکیده

رودخانه‌ها از مهم‌ترین منابع آبی مورد استفاده در بخش‌های آشامیدنی، کشاورزی و صنعت به حساب می‌آیند که استفاده از شاخص‌های اختصاصی در ارزیابی بوم‌شناسی آن‌ها امری ضروری به حساب می‌آید. بر این اساس مطالعه حاضر با هدف ارزیابی اثر بوم‌شناختی حضور فلزات سنگین (کروم، مس، نیکل، روی، آهن و منگنز) در آب رودخانه گاماسیاب با استفاده از شاخص آلودگی فلزات سنگین(Heavy metal Pollution Index)، شاخص فلزی (Metal Index) و شاخص ارزیابی فلزات سنگین (Heavy metal Evaluation Index) انجام گرفت. در این پژوهش ۹۰ نمونه آب از ۱۵ ایستگاه در دو فصل بهار و تابستان از رودخانه گاماسیاب برداشت شد. پس از انتقال نمونه ها به آزمایشگاه، غلظت فلزات سنگین با دستگاه طیف‌سنجی پلاسمای جفت شده القایی ICP-OES اندازه‌گیری شد. با توجه به غلظت فلزات سنگین در نمونه‌های آب، شاخص HPI برای هر دو فصل محاسبه شد. مقدار عددی شاخص HPI در فصل بهار و تابستان به‌ترتیب، ۲/٤٦- و ۳/۳٤- به‌دست آمد که این مقدار نشان دهنده عدم آلودگی آب رودخانه گاماسیاب است. بررسی شاخص MI برای ارزیابی کیفیت آب برای شرب نشان داد که در فصل بهار و تابستان آب رودخانه گاماسیاب در طبقه قابل آشامیدن قرار دارد. مقدار شاخص MI در فصل بهار ۰/۰۷۵ و در فصل تابستان ۰/۰۱ گزارش گردید. بر اساس شاخص HEI آب رودخانه گاماسیاب در فصل بهار و تابستان به‌ترتیب با مقدار عددی ۷۵ و ۱۲/۳۵ در طبقه آلودگی با درجه کم قرار گرفت. با توجه به نتایج حاصل از سه شاخص، به قطعیت می‌توان گفت درجه آلودگی آب رودخانه گاماسیاب به فلزات سنگین کم و مشکلاتی از لحاظ بوم شناختی منطقه را تهدید نمی‌کند، اما با توجه به اهمیت بوم شناختی رودخانه گاماسیاب پیشنهاد می‌شود که در بهار با پایش کیفیت آب، مدیریت پساب صنایع، کنترل برداشت آب از رودخانه و محدود کردن استفاده از کودهای شیمیایی مانع از آلودگی آب رودخانه گاماسیاب شد.

کلید واژه‌ها: آلودگی آب، اثر بوم‌شناختی، فلزات سنگین، رودخانه گاماسیاب.

مقدمه

در میان بوم‌سازگان‌های آبی رودخانه‌ها به‌عنوان یکی از منابع اساسی تأمین آب برای مصارف گوناگون ازجمله کشاورزی، صنعت و شرب مطرح هستند که هرگونه فعالیت بشری به‌صورت مستقیم یا غیرمستقیم بر روی آن‌ها تأثیر می‌گذارد (Majlesi et al., 2019). همگام با رشد و توسعه فعالیت‌های شهری، صنعتی و اقتصادی در طی چند دهه اخیر و تولید انواع مختلف ترکیبات شیمیایی، به‌طور ناخواسته آلاینده‌ها به طبیعت وارد شده که برای محیط‌زیست و انسان‌ها مشکلات و خطرات جدی به همراه داشته است (Seifi and Rahi, 2019). در حال حاضر آلودگی بوم‌سازگان‌های آبی، یکی از تهدیدهای جدی محیط‌زیستی است (Bayati et al., 2020). حفظ کیفیت منابع آب رودخانه‌ها به‌منظور تأمین آب آشامیدنی، فعالیت‌ها و کاربری‌های تفریحی و ایجاد یک بوم‌سازگان امن و مناسب برای آبزیان و حیات‌وحش رودخانه ضروری است (Zhang et al., 2021). در این راستا آگاهی از روند تغییرات کیفی آب رودخانه همراه با شناسایی عوامل اصلی آلودگی آن از اهمیت بالایی برخوردار است (Najafi et al., 2020). رودخانه گاماسیاب به‌دلیل مصارف شرب، کشاورزی و آبزی‌پروری حائز اهمیت است. تنوع زیاد گونه‌های جانوری و گیاهی در حاشیه‌ی این رودخانه و ارزش بالای آن از لحاظ اقتصادی و صیادی، اهمیت حفظ رودخانه را از آلودگی نمایان می‌نماید (Singh et al., 2020). با پایش و ارزیابی آلودگی آب در این منطقه می‌توان کمک به حفظ رودخانه از آلودگی کرد. آلودگی آب موجب بر هم خوردن شرایط لازم برای بقای موجودات زنده وابسته به آب در حواشی رودخانه می‌گردد (Radi and Al- Radi

Fanharawi, 2022). لذا شناسایی و کنترل آلاینده‌ها از محیط آبی برای بهبود کیفیت آب می‌تواند گامی موثر در حمایت از ارزش‌های اکولوژیکی رودخانه‌ها باشد (Kapsi et al., 2019). در میان هزاران ماده آلی و غیر آلی که وارد اکوسیستم‌های آبی می‌شوند، فلزات سنگین از اهمیت ویژه‌ای برخوردار هستند (Luo et al., 2022). فلزات سنگین به عناصر شیمیایی فلزی گفته می‌شود که دارای چگالی نسبتاً بالایی هستند. غالبا چگالی آن‌ها بیشتر از پنج گرم بر سانتی‌مترمکعب است. برخی فلزات سنگین نظیر کادمیوم، جیوه، سرب، آرسنیک و کروم حتی در غلظت‌های کم نیز برای موجودات زنده به‌عنوان عوامل سمی شناخته شده‌اند و در دراز مدت اثرات نامطلوبی به دنبال خواهند داشت (Zhushan and Shuhua, 2020). یکی از اساسی‌ترین مسائل و مشکلات در ارتباط با فلزات سنگین عدم متابولیزه شدن آن‌ها در بدن می‌باشد. در واقع فلزات سنگین پس از ورود به بدن در بافت‌هایی مانند چربی، عضلات، استخوان‌ها و مفاصل رسوب کرده و انباشته می‌گردند. این امر موجب بروز بیماری‌ها و عوارض متعددی در بدن می‌شود (Zaynab et al.,2022). فلزات سنگین همچنین جایگزین دیگر املاح و مواد معدنی مورد نیاز در بدن می‌گردند. اختلالات عصبی، انواع سرطان، اختلالات تنفسی، قلبی-عروقی، آسیب به کبد، کلیه‌ها و مغز، برهم خوردن تعادل هورمون‌ها، سقط جنین، التهاب مفاصل، پوکی استخوان و در موارد حاد مرگ از نتایج و اثرات ورود فلزات سنگین به بدن می‌باشد (Thukral and Rodrigo-Comino, 2020). در موجودات تولید کننده از جمله گیاهان نیز، اثرات سمیت فلزات سنگین ممکن است به‌صورت جلوگیری از تولید کلروفیل، فتوسنتز و رشد بروز پیدا کرد. فلزات سنگین با اختلال در زنجیره انتقال الکترون و جایگزین شدن به جای منیزیم در مولکول‌های کلروفیل، فعالیت فتوسنتز در گیاهان را با نقصان رو به رو می‌سازد (Zhang et al., 2021). ورود فلزهای سمی به یک بوم‌سازگان آبی توسط منابع انسانی و طبیعی سبب می‌شود که بخش زیست‌شناسی آن‌ها مقصد نهایی فلزهای سنگین منتقل شده باشد (Huihui et al., 2020). احتراق سوخت‌های فسیلی، معدن‌کاری، زائدات شهری و صنعتی، فاضلاب، کودها و آفت‌کش‌ها ازجمله منابع انسانی ورود فلزات سنگین به آب به شمار می‌روند (Gholizadeh and Zibaei, 2020). آلودگی به فلزهای سمی، زنجیره غذایی و درنهایت سلامت و بهداشت جامعه انسانی را تهدید می‌کند (Farzi et al., 2022). با استفاده از تعیین غلظت کلی فلزات سنگین نمی‌توان نتایج قابل اعتمادی از خطرات بوم شناختی ناشی از فلزات سنگین به‌دست آورد(Vukosav et al., 2014) . لذا شاخص‌های کیفی ارائه شده برای برآورد سمیت فلزات سنگین، کمک زیادی در برآورد خطرات بوم‌شناختی آلاینده‌ها می‌کنند (Jaiswal et al., 2018) تعدادی از شاخص‌های کیفیت برای تخمین ویژگی‌های آب سطحی به‌وسیله پارامترهای کیفیت آب توسعه یافته است (Jaffari and Hasanzadeh, 2019). در کنار روش‌های آماری استفاده از شاخص‌ها برای ارزیابی کیفیت آب می‌تولند اطلاعات مناسبی در اختیار محقق قرار دهد. شاخص‌ها با ساده‌سازی و کاهش اطلاعات خام اولیه علاوه بر بیان کیفیت آب، روند تغییرات کیفی آب در مکان و زمان را نشان می‌دهند (Abbasi and Abbasi, 2011). در این روش اطلاعات حاصل از اندازه‌گیری‌های کیفی آب به یک عدد منفرد و بدون بعد تبدیل می‌شود که در یک مقیاس درجه‌بندی شده مفهوم و تفسیر کیفی تعریف شده‌ای دارد (Khalaji et al., 2017). شاخص کیفیت، یک عدد بدون واحد است که میزان کیفیت مربوط به اجماع یکسری از پارامترهای اندازه‌گیری شده را بیان می‌کند (Nguyen et al., 2021). در سال‌های اخیر مطالعه‌های زیادی در زمینه ارزیابی فلزات سنگین در بوم‌سازگان‌های آبی صورت گرفته است. شاخص کیفیت به‌عنوان یک کیفیت کلی تعریف می‌شود که منعکس کننده تاثیر مرکب تعدادی از ویژگی‌های کیفیت فردی است. Vinther et al., (2014) بررسی غلظت فلزات سنگین آرسنیک، سرب، کادمیوم، کروم، جیوه، مس و روی در رود ون تانگ چین پرداختند. در این پژوهش برای ارزیابی خطرات احتمالی فلزات سنگین، شاخص آلودگی فلزات سنگین(HPI) مورد استفاده قرار گرفته شد که تمامی مقادیر(HPI) کمتر از حد بحرانی ۱۰۰ به‌دست آمده است. این عدد نشان‌دهنده‌ی حد قابل قبولی از آلودگی اکولوژیکی رود ون تانگ است که با توجه به خطرات بالای ناشی از وجود فلزات سنگین، کنترل آلودگی و ورود آلاینده به رودخانه دارای اهمیت است. در مطالعه‌ای Bayati et al., (2020)به بررسی آلودگی آب تالاب چغاخور به فلزات آرسنیک، مس، کروم، سرب، روی و کادمیوم با استفاده از شاخص‌های مختلف پرداختند نتایج حاصل از بررسی شاخص HPI نشان داد که تالاب چغاخور به فلزات سنگین آلوده نیست. Asgharimoghddami et al., (2020) به بررسی شاخص آلودگی فلزات سنگین نمونه آب از چاه‌های دشت نقده به منظور شناخت کیفیت کلی منابع آب زیرزمینی، بر پایه غلظت شش فلز سنگین پرداختند. شاخص HPI کلی دشت نقده مقدار ۲۳/۲۴ به‌دست آمد که این مقدار پایین‌تر از مقادیر بحرانی آن (۱۰۰) می‌باشد. در خارج از کشور نیز Appiah-Opong et al (2021) به ارزیابی تغییرات فصلی در غلظت فلزات سنگین مس، سرب، روی و جیوه در امتداد ساحل جنوب غربی غنا پرداختند. نتایج بررسی شاخص آلودگی فلزات سنگین (HPI) نشان داد که غلظت عناصر فراتر از سطح بحرانی (۱۰۰) می‌باشد و آب آن منطقه برای آشامیدن مناسب نیست. Li et al. (2020) به بررسی فلزات سنگین رودخانه سونگ هوا در چین پرداختند. در این پژوهش از شاخص آلودگی فلزات سنگین استفاده شد که نتایج حاصل از این شاخص نشان داد که آب این رودخانه برای تمام فلزات

DOI: 10.22055/jise.2024. 45557.2108

کمتر از سطح بحرانی (۱۰۰) قرار دارد. Sahoo و Swain (2020) به بررسی فلزات سنگین با استفاده از شاخص HPI در ۶۰ ایستگاه از آب سطحی شبه‌جزیره‌ی هند پرداختند. پس از مقایسه نتایج با استانداردهای جهانی نتایج نشان داد که آب این ایستگاه‌ها برای آشامیدن و کشاورزی در محدوده استاندارد قرار دارد. باتوجه به اهمیت بررسی فلزات سنگین در منابع آبی، این پژوهش با هدف ارزیابی اثر بوم‌شناختی حضور فلزات سنگین (کروم، مس، نیکل، روی، آهن و منگنز) در آب رودخانه گاماسیاب با استفاده از شاخص آلودگی فلزات سنگین (Heavy metal Pollution Index)، شاخص فلزی (Metal Index) و شاخص ارزیابی فلزات سنگین (Heavy metal Evaluation Index) انجام گرفت. در این پژوهش شاخص‌های مذکور در دو فصل پرآب و کم آب (بهار و تابستان) مورد بررسی قرار گرفتند. زمان نمونه‌برداری در این پژوهش، بر اساس میانگین تغییرات دبی آب رودخانه گاماسیاب در سال‌های گذشته، مشخص گردید. بررسی میانگین دبی آب رودخانه گاماسیاب نشان داد که در اواسط خرداد ماه به‌دلیل بارندگی‌های فصلی و بالا بودن حجم آب ورودی به گاماسیاب، دبی به بالاترین مقدار و در فصل تابستان در اواسط شهریور ماه به کمترین مقدار می‌رسد، لذا پس از بررسی اطلاعات هواشناسی در شهریور ماه، دو روز قبل از شروع اولین بارش در اواسط شهریور ماه، نمونه‌برداری مربوط به فصل تابستان (کم آب) و پس از آخرین بارندگی در اواسط خرداد ماه، نمونه برداری فصل بهار (پرآب) صورت گرفت و با استفاده از بازه زمانی و مکانی، به‌طور همزمان تغییرات غلظت فلزات سنگین مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش ها

منطقه مورد مطالعه

نمونه‌برداری در سال ۹۸ طی دو فصل کم آب (تابستان) و پر آب (بهار) از آب، از ایستگاه‌های مشخص شده در شکل (۱) از رودخانه‌ی گاماسیاب با سه تکرار صورت گرفت. در مجموع از ۱۵ ایستگاه طی هر فصل ۴۵ نمونه آب برداشت شد. برای آماده‌سازی نمونه آب، میزان ۱۰۰ گرم از نمونه را داخل بشر ریخته شد و پنج سی‌سی اسید نیتریک ۶۵ درصد Merck به آن اضافه گردید. نمونه را بر روی هیتر قرار داده تا حجم آن به کمتر از ۱۰ الی ۲۰ سی‌سی برسد و بعد از هضم کامل نمونه با استفاده از آب مقطر به حجم ۱۰۰ میلی لیتر رسانده شد. در آخر غلظت نمونه شاهد و نمونه‌های هضم شده با استفاده از دستگاه طیف‌سنجی پلاسمای جفت شده القایی ICP-OES به‌دست آمد (APHA, 2005). نتایج با استفاده از نرم‌افزارهای آماری IBM SPSS 17 و Excle، داده‌ها، با توجه به نرمال و غیرنرمال بودن، توسط آزمون‌های مربوطه مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفتند. نرمال بودن یا نبودن داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگروف اسمیرنوف بررسی شد (Janisarnavi and Shahrokhi, 2022) . سپس برای مقایسه نتایج دو فصل از مقایسه میانگین(آزمون من‌ویتنی‌یو) و برای مقایسه ایستگاه‌های مختلف از آزمون ناپارامتریک کروسکال والیس استفاده گردید. برای بررسی ارتباط بین پارامترها از ضریب همبستگی مربوطه استفاده شد. نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excle ترسیم شدند.

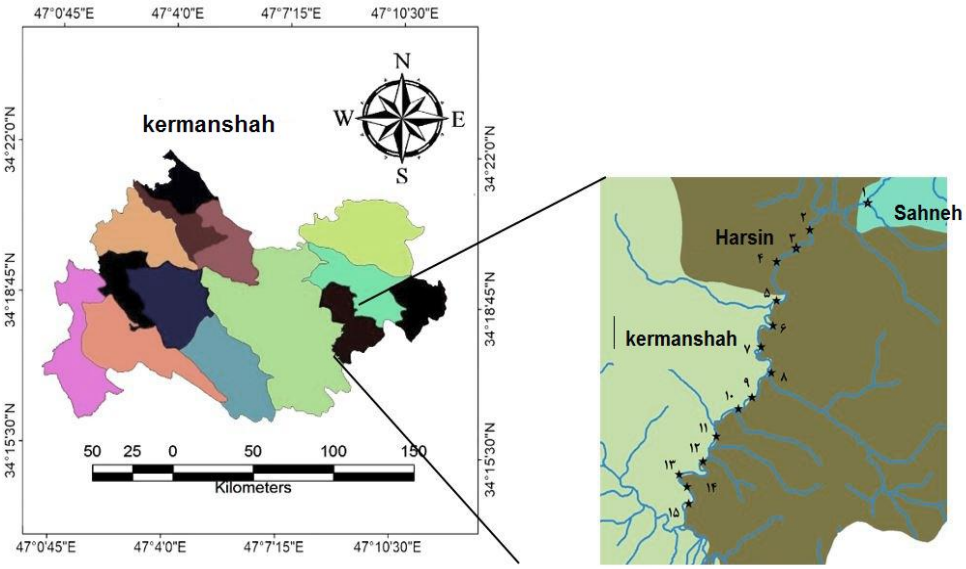


Fig. 1- Study area and study stations

شکل۱- نقشه منطقه مورد مطالعه و موقعیت ایستگاه‌های نمونه‌برداری

شاخص‌های ارزیابی آلودگی

ارزیابی اثر بوم شناختی انواع آلاینده‌ها از جمله فلزات سنگین با استفاده از شاخص‌های اختصاصی، در منابع آبی امری ضروری است. شاخص‌ها اطلاعاتی را که در مجموعه داده‌ها وجود دارد در یک مقدار عددی خلاصه می‌کنند. به‌منظور محاسبه آلودگی فلزات سنگین از شاخص ارزیابی فلزات سنگین (Heavy Metal Pollution Index) شاخص فلزی (Metal Index) و شاخص ارزیابی فلزات سنگین (Heavy metal Evaluation Index) استفاده شد. . شاخص HPI یک روش برای رتبه‌بندی کیفیت آب بر اساس فلزات سنگین است که با استفاده از آن می‌توان اثر فلزات سنگین را بر انسان مورد بررسی قرار داد (Asomaku, 2023). با استفاده از این شاخص می‌توان نسبت به رتبه‌بندی کیفیت آب بر اساس آلودگی فلزات سنگین اقدام کرد (Ajibare et al., 2022). اگر مقادیر به‌دست آمده برای HPI کمتر از ۱۰۰ باشد اب فاقد آلودگی به فلزات سنگین و بیشتر از ۱۰۰ آب آلوده به فلزات سنگین است و مساوی ۱۰۰ آب در آستانه خطر آلودگی به فلزات سنگین قرار دارد. برای بررسی شاخص ارزیابی فلزات سنگین از روابط (۱) و (۲) استفاده می‌شود.

$$HPI = \frac{\sum_{i-1}^{n} W_i\, Q_i}{\sum_{i-1}^{n} W_i} \qquad (۱)$$

که در این رابطه:

Wi: نسبت وزنی i ام مؤلفه می‌باشد که معکوس استاندارد می‌باشد.(Wi=1/Si)

Qi: زیر شاخص عنصر مورد ارزیابی است که از رابطه (۲) محاسبه می‌شود.

$$Q_i = \sum_{i-1}^{n} \frac{\{M_i(-)I_i\}}{(S_i - I_i)} \times 100 \qquad (۲)$$

که در آن:

Mi: غلظت قرائت شده عنصر (µg/L)

Ii: غلظت ایده آل عنصر موردنظر

Si: رهنمود سازمان بهداشت جهانی(WHO)

برای محاسبه شاخص فلزی (Metal Index) و تعیین آلودگی منابع آب ازنظر فلزات سنگین باید غلظت‌های به‌دست آمده از فلزات را با بیشترین حد مجاز یک عنصر فلزی در حالت استاندارد مورد مقایسه قرارداد (Gad et al., 2022). برای محاسبه شاخص فلزی از رابطه (۳) استفاده شد.

$$MI = \sum \frac{C}{(MAC)} \qquad (۳)$$

که در آن:

C: غلظت هریک از عناصر در محلول

(MAC) Maximum Acceptable Concentration : بیشترین حد مجاز برای یک عنصر فلزی در حالت استاندارد

i: شماره عنصر است.

اگر مقادیر به‌دست آمده برای MI کمتر از یک باشد(MI<1) آب قابل آشامیدن است.

اگر مقادیر به‌دست آمده برای MI بیشتر از یک باشد(1<MI) آب غیر قابل آشامیدن است.

اگر مقادیر به‌دست آمده برای MI برابر یک باشد(1=MI) آب در آستانه خطر است.

برای محاسبه شاخص ارزیابی فلزات سنگین، مقدار قرائت شده برای عناصر با حداکثر غلظت مجاز هر یک از عناصر در آب مورد ارزیابی، مقایسه می‌شود. رابطه (۴) نحوه محاسبه شاخص ارزیابی فلزات سنگین(Heavy metal Evaluation Index) را نشان می‌دهد(Rahman et al., 2020) .

$$HEI = \sum_{i=1}^{n} \frac{H_c}{H_{mac}} \qquad (۴)$$

که در آن:

Hc غلظت قرائت شده عنصر مورد ارزیابی(ppb)

Hmac حداکثر غلظت مجاز هر عنصر مورد ارزیابی(ppb)

اگر مقادیر بدست آمده برای شاخص ارزیابی فلزات سنگین(HEI) کمتر از ۴۰۰ باشد درجه آلودگی کم است.

اگر مقادیر بدست آمده برای شاخص ارزیابی فلزات سنگین(HEI) بین ۴۰۰ تا ۸۰۰ باشد درجه آلودگی متوسط است.

اگر مقادیر بدست آمده برای شاخص ارزیابی فلزات سنگین(HEI) بیشتر از ۸۰۰ باشد درجه آلودگی بالا است.

نتایج و بحث

در این پژوهش غلظت فلزات سنگین آب رودخانه گاماسیاب برای ارزیابی آلودگی آب رودخانه مورد بررسی قرار گرفت. جدول (۱) آمار توصیفی غلظت فلزات سنگین در رودخانه گاماسیاب در دو فصل بهار و تابستان را ارائه می‌دهد. با توجه به نتایج مشخص شد که در فصل بهار بیشترین غلظت‌ها به‌ترتیب مربوط به آهن> روی> کروم> نیکل > منگنز> مس و در فصل تابستان بیشترین غلظت‌ها به‌ترتیب مربوط آهن> منگنز> مس> روی> نیکل> کروم می باشد. بالا بودن فلز آهن در ایستگاه‌های مورد مطالعه در هر دو فصل را می‌توان به منشا زمین‌زاد نسبت داد. غلظت فلزات سنگین آب رودخانه گاماسیاب در ۱۵ ایستگاه نمونه‌برداری در فصل بهار و تابستان شکل (۲ و ۳) نشان داد که در فصل بهار غلظت کروم، مس، روی، آهن، نیکل و منگنز در ایستگاه شماره شش به‌ترتیب با مقدار ۰/۰۰۵ ، ۰/۰۰۶ ، ۰/۰۱۲، ۰/۰۰۵ ، ۰/۰۱۴ و ۰/۰۰۱ کمتر از سایر ایستگاه‌ها می‌باشد. یکی از اصلی‌ترین دلایل پایین بودن غلظت فلزات سنگین در این ایستگاه، تلاقی رودخانه دینور آب به رودخانه گاماسیاب می‌باشد. رودخانه دینور آب در فاصله‌ای بین ایستگاه

DOI: 10.22055/jise.2024. 45557.2108

شماره پنج و شش به رودخانه گاماسیاب سرازیر می‌شود که موجب کاهش غلظت فلزات سنگین و بار آلودگی در این ایستگاه می‌شود. در فصل تابستان مجموع میانگین غلظت فلزات سنگین ایستگاه چهار نسبت به سایر ایستگاه‌ها کمتر می‌باشد. در این ایستگاه فلز کروم، آهن و منگنز غلظت کمتری نسبت به سایر ایستگاه‌ها دارند. که با توجه به منشا زمین‌زاد بودن این فلزات می‌توان گفت که کاهش آشفتگی آب موجب کاهش حضور این عناصر درون آب رودخانه می‌شود و فلزات سنگین فرصت بیشتری برای ته نشینی دارند. از طرفی نتایج نشان داد که غلظت فلزات سنگین مس، نیکل و روی در فصل تابستان در ایستگاه یازده غلظت نسبت به سایر ایستگاه‌ها بیشتر است که با توجه به غالب بودن کاربری کشاورزی در این ایستگاه، می‌توان این افزایش غلظت را به افزایش استفاده از کودهای شیمیایی حاوی این عناصر نسبت داد.

جدول ۱- آمار توصیفی غلظت فلزات سنگین در رودخانه گاماسیاب(بر حسب ppm)

Table 1- Descriptive statistics of heavy metal concentration in Gamasiab river(ppm)

Heavy Metals		Mn	Fe	Zn	Ni	Cu	Cr
Mean	spring	0.1±0.124	1.7±5.48	0.05±0.536	0.06±0.215	0.2±0.021	0.14±0.52
	summer	0.02±0.27	0.6±0.98	0.5±0.22	0.01±0.013	0.6±0.4	0.003±0.008
Minimum	spring	0.001±0.001	0.004±0.01	0.001±0.004	0.003±0.01	0.004±0.005	0.001±0.002
	summer	0.001±0.001	0.01±0.12	0.002±0.02	0.001±0.004	0.002±0.014	0.001±0.004
Maximum	spring	0.02±0.76	0.03±6.41	0.2±0.41	0.003±0.26	0.001±0.19	0.015±0.63
	summer	0.02±0.091	0.001±3.09	0.003±2.41	0.003±0.57	0.002±0.38	0.001±0.018

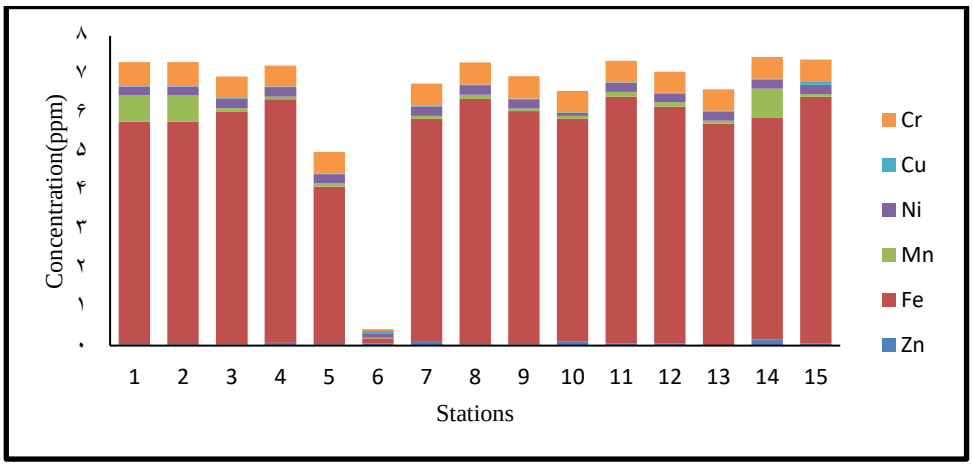


Fig. 2- Heavy metal concentration of Gamasiab river in Spring

شکل۲- غلظت فلزات سنگین در فصل بهار در آب رودخانه گاماسیاب

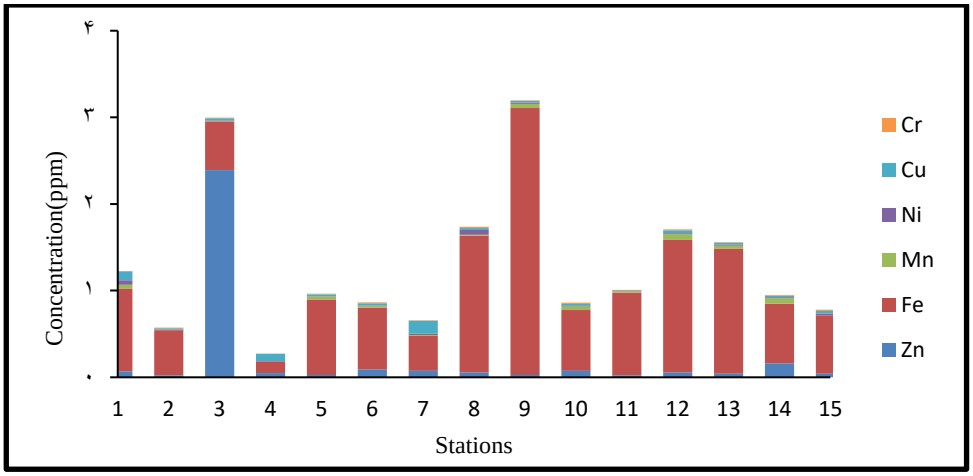


Fig. 3- Heavy metal concentration of Gamasiab river in Summer

شکل۳- غلظت فلزات سنگین در فصل تابستان در آب رودخانه گاماسیاب

جدول ۲ - مقایسه فلزات سنگین در رودخانه گاماسیاب با سایر مطالعات مشابه

Table 2- Compare of Gamasiab River heavy Metals by similar studies

Study Area	Reference	Metal					
		Mn	Fe	Zn	Ni	Cu	Cr
Behesht Abad	(Najafi et al., 2020)	-	-	17.08	-	2.24	2.03
Gong River	(Ansari, 2023)	-	6.033	15.7	0.485	0.642	1.851
Naser Lacke	(Rizk et.,al 2022)	-	-	7.13	-	0.8	-
Yamuna River	(Asim and Nageswar, 2021)	-	115	1300	160	85	43
Recent Study	Spring	0.124	5.48	0.536	0.215	0.021	0.52
	Summer	0.27	0.98	0.22	0.013	0.4	0.008

جدول ۳-آمار توصیفی شاخص HPI در آب رودخانه گاماسیاب

Table 3- Statistical Analysis of HPI index in Gamasiab river

Heavy Metals	Season	Mean(mg/L) (Mi)	STD (Si)(µg/L)	*(Wi) (Qi)	Quality Index (Qi)	Weight Index (Wi)	Ideal amount (Ii)
Cr	Spring	0.52±0.001	500	-0.021	-10.99	0.002	50
	Summer	0.008±0.3		-0.022	-11.1		
Cu	Spring	0.021±0.002	1000	-0.00526	-5.26	0.001	50
	Summer	0.4±0.01		-0.00522	-5.22		
Ni	Spring	0.215±0.02	20	0.053	1.075	0.05	-
	Summer	0.013±0.06		0.0032	0.065		
Zn	Spring	0.536±0.003	15000	-0.00299	-49.99	0.00006	5000
	Summer	0.22±0.1		-0.00299	-49.997		
Fe	Spring	5.48±0.02	2000	0.00135	0.27	0.0005	-
	Summer	0.98±0.003		0.0024	0.049		
Mn	Spring	0.124±0.02	300	-0.164	-49.93	0.0033	100
	Summer	0.27±0.004		-0.164	-49.86		

HPI Spring = -2.46 HPI Summer =-3.34

در فصل بهار غلظت تمام عناصر به جز فلز منگنز و مس، بیشتر از فصل تابستان گزارش شد. افزایش بارندگی و نزولات جوی در فصل بهار منجر به افزایش رواناب‌هایی می‌شود که از خشکی‌ها و زمین‌های اطراف صنایع، جاده‌ها، اراضی کشاورزی و غیره حجم بالایی از آلاینده‌ها به‌خصوص فلزات سنگین را به نواحی رودخانه سرازیر می‌کنند. به‌منظور افزایش دقت، نمونه‌های مورد بررسی در آب رودخانه گاماسیاب در دو فصل بهار و تابستان با برخی مطالعه‌های صورت گرفته در ایران و جهان مورد مقایسه قرار گرفت. که در جدول (۲) این مقادیر ارائه شده است. غلظت فلزات موجود در نمونه آب رودخانه گاماسیاب از سایر مطالعه‌های مشابه در سایر مناطق در اغلب موارد مقادیر کمتری را نشان داد. همان‌طور که اشاره شد برای تعیین اثر فلزات سنگین بر سلامت انسان از شاخص آلودگی فلزات سنگین استفاده می‌شود. برای این منظور باید غلظت اندازه‌گیری شده فلزات را با غلظت ایده‌آل و استانداردهای سازمان بهداشت جهانی مقایسه کرد (Farzi et al., 2022).

مقادیر محاسبه شده برای شاخص آلودگی فلزات سنگین در جدول (۳) ارائه شده است. میانگین عددی شاخص HPI برای فصل بهار ۲/۴۶- و فصل تابستان ۳/۳۶- به‌دست آمد. همان‌طور که اشاره شد این شاخص تأثیر مجموعه‌ای از فلزات مختلف را بر کیفیت آب مورد بررسی قرار می‌دهد (Seifi and Riahi, 2019). نتایج نشان داد که به‌طور میانگین آب رودخانه گاماسیاب از نظر شاخص HPI فاقد آلودگی به فلزات سنگین می‌باشد. این موضوع به‌دلیل بالا بودن دبی آب رودخانه گاماسیاب و خود پالایی آن در طول مسیر می باشد. خودپالایی رودخانه‌ها از جمله مهم‌ترین عوامل در حذف آلاینده‌ها از آب می‌باشد که با توجه به مشکلات کم آبی اخیر و کمبود بارش‌ها شاهد کاهش دبی رودخانه، تواتر و به دنبال آن کمتر شدن اثر خودپالایی هستیم. قابلیت خودپالایی و اضمحلال آلودگی در رودخانه بستگی به شرایط آن از لحاظ فصلی و موقعیت زمانی طی شبانه روز دارد. شرایط فصلی به لحاظ تغییرات در میزان آورد رودخانه ازجمله پارامترهای مؤثر بر رفتار خودپالایی رودخانه می‌باشند (Ghezelsofloo et al., 2021). در فصل تابستان به‌علت برداشت بیش از حد آب از رودخانه، ماندابی شدن آب و آلودگی فیزیکی آب، کیفیت آب کاهش می‌یابد.,.Farasati et al (2020) در بررسی کیفیت آب حوضه گرگان‌رود نشان دادند که از تیر ماه تا مهرماه به‌دلیل کاهش بارندگی، برداشت زیاد از آب رودخانه، ورود زهکش‌های اراضی کشاورزی و همچنین

DOI: 10.22055/jise.2024. 45557.2108

فاضلاب‌های شهرهای واقع در مسیر رودخانه غلظت آلودگی افزایش یافته است. تأثیرات کاربری اراضی در طول رودخانه نیز ارتباط مستقیمی با عوامل آلوده‌ساز منطقه و تغییرات شاخص‌های فیزیکی شیمیایی دارد (Sargholzaei et al., 2017). با توجه به طویل بودن رودخانه گاماسیاب، انواع کاربری‌ها ازجمله کاربری مسکونی، آبزی پروی،کشاورزی، و صنعتی در اطراف رودخانه گاماسیاب وجود دارد که پسماندهای شیمیایی و پساب صنایعی از جمله صنعت سیمان، کارخانه قند، کشتارگاه صنعتی، کارگاه کاشی– سازی و صنعت پتروشیمی بیستون موجب افزایش آلودگی آب رودخانه و کاهش کیفیت آن می‌شود.

آمار توصیفی حاصل از محاسبه شاخص فلزی(Metal Index) در جدول (۴) ارائه شده است. بررسی عددی شاخص MI در دو فصل بهار و تابستان به‌ترتیب با مقادیر ۰/۰۷۵ و ۰/۰۱ نشان داد که آب رودخانه گاماسیاب از لحاظ آلودگی به فلزات سنگین در طبقه قابل شرب قرار دارد.

برای محاسبه شاخص ارزیابی فلزات سنگین (HEI) ، غلظت بدست آمده برای هر عنصر با حداکثر غلظت مجاز هر یک از عناصر در آب ، مقایسه می‌شود. نتایج نشان داد در دو فصل بهار و تابستان به‌ترتیب ۷۵ و ۱۲/۳۵ می‌باشد که این مقدارکمتر از مقدار آستانه خطر(۴۰۰) بود. مقادیر به‌دست آمده برای شاخص بیان شده، در جدول (۵) ارائه شده است. جدول (۶) و (۷) نتایج حاصل از بررسی همبستگی بین فلزات سنگین در آب رودخانه گاماسیاب در فصل بهار و تابستان را نشان می‌دهد. فلزات سنگین در فصل بهار ارتباط معنی داری در سطح ۰/۰۱ برای فلز کروم با نیکل، کروم با آهن، نیکل با آهن و روی با منگنز نشان داد. همبستگی مثبت بین این فلزات می‌تواند نشان از منشأ مشترک این فلزات داشته باشد. بیشترین ارتباط در فصل بهار بین فلز کروم و نیکل و کمترین آن بین دو فلز روی و منگنز به‌دست آمد. همچنین نتایج حاصل از همبستگی بین غلظت فلزات سنگین در فصل تابستان نشان داد که ارتباط معنی داری در سطح ۰/۰۱ بین دو فلز آهن و منگنز وجود دارد که این موضوع را نیز می‌توان به منشأ طبیعی و یکسان آن ها نسبت داد.

میانگین غلظت فلزات سنگین در مقایسه با سازمان جهانی بهداشت (WHO) نشان داد که غلظت عنصر آهن، کروم و نیکل در فصل بهار و غلظت مس در فصل تابستان فراتر از حد مجاز می‌باشد. کروم از عناصر آلوده کننده‌ای است که نفوذ آن در آب می‌تواند ناشی از استفاده کودهای شیمیایی در فعالیت‌های کشاورزی، رسوب‌های آلوده اتمسفری ناشی از کارخانجات صنعتی و پساب فعالیت‌های صنعتی یا معادن باشد (Ghalandarzadeh et al., 2020). از این رو احتمال می‌رود علاوه‌بر خصوصیات زمین‌شناسی، فعالیت‌های انسانی (فعالیت‌های کشاورزی و فاضلاب انسانی) یکی از دلایل تأثیرگذار بر میزان غلظت کروم در منطقه باشد (Asomaku, 2023). وجود کاربری‌های صنعتی ازجمله کارخانه سیمان و کارگاه‌های کاشی‌کاری در حاشیه رودخانه گاماسیاب و تخلیه فاضلاب این صنایع به آب رودخانه موجب افزایش غلظت کروم در آب می‌گردد. Zoqi et al (2023) پس از بررسی لجن کارخانه کاشی و سرامیک بیرجند، نشان دادند که مقدار قابل توجهی فلز سنگین کروم و سرب در پساب خروجی این صنعت وجود دارد.

جدول ٤- آمار توصیفی شاخص فلزی(MI) در آب رودخانه گاماسیاب

Table 4- Descript Statistical of Metal Index in Gamasiab River

Pollution Rate by MI index	Mean	Season
Drinkable	0.075	Spring
Drinkable	0.01	Summer

جدول ٥- آمار توصیفی شاخص ارزیابی فلزات سنگین(HEI) در آب رودخانه گاماسیاب

Table 5- Descript Statistical of Metal Index in Gamasiab River

Season	Mean	Pollution rate by HEI index
Spring	75	Low pollution
Summer	12.35	Low pollution

جدول ٦- نتایج همبستگی بین غلظت فلزات سنگین در آب رودخانه گاماسیاب در فصل بهار

Table 6- Correlation results between the concentration of heavy metals in Gamasiab water river in spring

Metal	Cr	Cu	Ni	Zn	Fe	Mn
Cr	1					
Cu	0.155	1				
Ni	**0.835	0.165	1			
Zn	0.189	0.057	0.178	1		
Fe	**0.836	0.173	**0.75	0.199	1	
Mn	0.184	-0.049	0.233	**0.516	0.156	1

**correlation in 0.01%

جدول ۷- نتایج همبستگی بین غلظت فلزات سنگین در آب رودخانه گاماسیاب در فصل تابستان

Table 7- Correlation results between the concentration of heavy metals in Gamasiab Water river in Summer

Metal	Cr	Cu	Ni	Zn	Fe	Mn
Cr	1					
Cu	-0.151	1				
Ni	-0.121	0.256	1			
Zn	-0.134	-0.069	-0.129	1		
Fe	0.149	-0.189	0.115	-0.192	1	
Mn	0.132	-0.086	0.237	-0.195	**0.447	1

**correlation in 0.01%

نتیجه‌گیری

در این پژوهش به‌منظور بررسی آلودگی آب رودخانه گاماسیاب به فلزات سنگین، نمونه‌برداری در دو فصل بهار و تابستان صورت گرفت و غلظت فلزات سنگین کروم، مس، نیکل، روی، آهن و منگنز مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به نتایج، بین غلظت فلزات مورد بررسی در آب رودخانه گاماسیاب اختلاف معنی‌داری در سطح ۰/۰۵ وجود دارد. در فصل بهار غلظت کروم، مس، روی، آهن، نیکل و منگنز در ایستگاه شماره شش به دلیل تلاقی رودخانه دینور آب به گاماسیاب کمتر از سایر ایستگاه‌ها بدست آمد. در فصل تابستان مجموع میانگین غلظت فلزات سنگین با منشأ زمین زاد به دلیل کاهش آشفتگی آب و درنتیجه کاهش محلول شدن عناصر در آب، کمتر از فصل بهار می‌باشد. مقادیر محاسبه شده برای شاخص HPI پس از بررسی تاثیر مجموعه‌ای از فلزات مختلف بر کیفیت آب، نشان داد که به‌طور میانگین آب رودخانه گاماسیاب از نظر شاخص HPI فاقد آلودگی به فلزات سنگین می‌باشد. غلظت فلزات سنگین در دو فصل بهار و تابستان بر اساس شاخص HEI کمتر از مقدار آستانه خطر(۴۰۰) به‌دست آمد. همچنین بررسی عددی شاخص MI در دو فصل بهار و تابستان نشان داد که آب رودخانه گاماسیاب از لحاظ آلودگی به فلزات سنگین در طبقه قابل شرب قرار دارد. . این فلزات گرچه در آب به میزان کمی وجود دارد اما تجمع بیش از حد آن‌ها می‌تواند به آبزیان صدمه وارد کند لذا پایش مستمر کیفیت آب رودخانه و بررسی سایر آلاینده‌های فیزیکوشیمیایی در رودخانه گاماسیاب پیشنهاد می‌گردد.

سپاسگزاری

از همکاری آزمایشگاه گروه محیط زیست دانشگاه ملایر به‌منظور همکاری این پژوهش صمیمانه تشکر می‌نماییم.

References

1- Abbasi, T. and Abbasi S.A., 2011. Water quality indices based on bioassessment. *The Biotic Indices. Journal of Water and Health, 9(2)* , pp. 330-348. https://doi.org/10.2166/wh.2011.133. (in Persian).

2- Ajibare, A., Ogungbile, P. and Ayeku, P., 2022. Evaluation of water pollution monitoring for heavy metal contamination: A case study of Agodi Reservoir, Oyo State, Nigeria. *Environmental Monitoring and Assessment, 194(10)*, pp. 675- 693.

3- Ansari, A., 2023. Evaluation of heavy metal pollution index considering health risk in complete stretch of Ganga River. *Innovative Infrastructure Solutions, 8(3)*, pp. 98-115.

4- APHA, AWWA, WPCF. 2005. Standard Methods for Examination of Water and Waste Water. *Washington: American Public Health Association*. pp. 1000-3000.

5- Appiah-Opong, R., Ofori, A., Ofosuhene, M., 2021. Heavy metals concentration and pollution index (HPI) in drinking water along the southwest coast of Ghana. *Applied Water Science. 11(57)*, pp. 265-273.

6- Asgharaimoghaddam, A., Nadiri, A. A. and Sadeghi Aghdam, F., 2020. Investigation of hydrogeochemical characteristics of groundwater of Naqadeh plain aquifer and heavy metal pollution index (HPI). *Scientific Quarterly Journal of Geosciences, 29(115)*, pp. 97-110. https://doi.org/10.22071/gsj.2018.127310.1464 (in Persian).

7- Asim, M., and Nageswara, K., 2021. Assessment of heavy metal pollution in Yamuna River, Delhi-NCR, using heavy metal pollution index and GIS. *Environmental Monitoring and Assessment, 193(2)*, pp. 103-120.

8- Asomaku, S.O., 2023. Quality assessment of groundwater sourced from nearby abandoned landfills from Industrial City in Nigeria: Water pollution indices approach. *HydroResearch, 6(2)*, pp. 130-137. https://doi.org/10.1016/j.hydres.2023.03.002.

9- Bayati, S., Zamani Ahmadmahmoodi, R., and MafiGholami, D., 2020. Water Quality Assessment of the Choghakhor Wetland for Heavy Metals Using MI, HPI, HEI, Cd and RWQIST Indices. *Iranian Journal of Ecohydrology, 7(4),* pp. 1021-1031. DOI: 10.22059/ije.2020.309854.1382.(in Persian).

10- Farzi, R., Tabasinezhad, N., Ahmadi, A., Mosavi-Sabet, H. and Imanpour Namin, J., 2022. Study of the water Fathi, E., Zamani-ahmadmahmoodi, R., & Zare Bidaki, R. 2018. Water Quality Assessment of Beheshtabad River at the intersection of Shalamzar Spring with Koohrang River. *Environment and Water Engineering, 4(2)*, pp.178-183.(in Persian).

11- Farasati, M., Ghaziyani, S., Heshmatpour, A., Rostami, F., 2020. Quality Assessment of Gorganrood River Using NSFWQI Index in Gonbad kavus Urban Area. *Iranian Journal of Ecohydrology, 7(2)*, pp. 373-382. https://doi.org/10.22034/jewe.2018.105969.1200. (in Persian)

12- Gad, M., Saleh, A., Hussein, H., Farouk, M., and Elsayed, S., 2022. Appraisal of surface water quality of nile river using water quality indices, spectral signature and multivariate modeling. *Journal of Water 14(7),* pp. 1131. https://doi.org/10.3390/w14071131.

13- Ghalandarzadeh, f., Rezaei Tavabe, K., Haji, R., Shirazi, M. and Samadi Kuchaksaraei, B., 2020. Heavy metal (cadmium, chromium, zinc) evaluation of water and sediment, and assessing the biological value index (Z) in Karaj River, *Journal of Fisheries(Iranian Journal of Natural Resources), 73(2)* pp. 199–212. (in Persian).

14- Ghezelsofloo, A. A., Eftekhari, M., & Akbari, M. 2021. Evaluation of River Self - Purification Behavior Using One - Dimensional Numerical Modeling. *Iranian journal of Ecohydrology, 8(1),* pp. 29-43. DO: . 10.22059/ije.2020.308851.1376 .(in Persian).

15- Gholizadeh, M., & Zibaei, M. (2020). Hydrochemical assessment of Chehelchai river water, Golestan province for drinking and agricultural purposes. Iranian Journal of Health and Environment, 13(2), 283-298.(in Persian).

16- Huihui, Z., Xin, L., Zisong, X., Yue, W., Zhiyuan, T., Meijun, A., and Guangyu, S., 2020. Toxic effects of heavy metals Pb and Cd on mulberry(Morus alba L.) seedling leaves: Photosynthetic function and reactive oxygen species(ROS) metabolism responses. *Ecotoxicology and Environmental Safety. 195(1),* pp. 110469.DOI: https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.110469.

17- Jaffari, F. and Hassanzadeh, N., 2019. Ecological quality assessment of Anzali wetland for heavy metals using heavy metals pollution index (HPI), *Iranian Journal of Health and Environment, 12(2)*, pp. 173-184. (in Persian).

18- Jaiswal, A., Arpit, V., and Pallavi, J., 2018. Detrimental effects of heavy metals in soil, plants, and aquatic ecosystems and in humans. Journal of Environmental Pathology, *Toxicology and Oncology.37(3),* pp.183-197. DOI: 10.1615/JEnvironPatholToxicolOncol.2018025348.

19- Janisarnavi, T. and Shahrokhi , S., 2022. Assess groundwater quality with help of Hydrochemical parameters (Case study: in Gheydar area, Zanjan Province). *Journal of Environmental Science and Technology, 24(3),*pp. 289-305. (in Persian).

20- Kapsi, M., Tsoutsi, C., Paschalidou, A. and Albanis, T., 2019. Environmental monitoring and risk assessment of pesticide residues in surface waters of the Louros River (NW Greece). *Science of the Total Environment, 650,* pp.2188-2198.https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.09.185.

21- Khalaji, M., E. Ebrahimi, E. Motaghe, S. Asadola and H. Hashemenejad. 2017. Water quality assessment of the Zayandehroud Lake using WQI index. *Iranian Scientific Fisheries Journal, 25(5)*, pp. 51-63. DOI: 10.22092/isfj.2017.110314. (in Persian).

22- Li, K., Cui, S., Zhang, F., Hough, R., Fu, Q., Zhang, Z., and An, L. 2020. Concentrations, possible sources and health risk of heavy metals in multi-media environment of the Songhua River, China. *International Journal of Environmental Research and Public Health, 17*(5),pp. 1766- 1791. https://doi.org/10.3390/ijerph17051766.

23- Luo, M., Zhang, Y., Li, H., Hu, W., Xiao, K., Yu, S., and Wang, X., 2022. Pollution assessment and sources of dissolved heavy metals in coastal water of a highly urbanized coastal area: the role of groundwater discharge. *Science of the Total Environment, 807(3),* pp. 151-170. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.151070.

24- Majlesi, M., Alavi, N., Atamaleki, A., Seyyed, M., and Soheili, N., 2019. Investigation of Physicochemical and Microbial Parameters of Doogh River Water and the Effect of Adjacent Felman Wells on Decreasing These Parameters in Kalaleh city During 2012-2016. *Journal of Environmental Health Engineering, 7 (1),* pp. 29-41. DOI: 10.29252/jehe.7.1.29. (in Persian).

25- Najafi, M., ZamaniAhmadmahmoodi, R., Shalui, f. and Ghorbani Dashtaki, p., 2020. Evaluation of heavy metal pollution levels in the Water of the Beheshtabad River. *Journal of Wetland Ecobiology*, *12*(*43*), pp. 17–28. (In Persian).

26- Nguyen, A.H., N.T.T. Pham, V.M.H. Tat, H.T. Truong and P.L. Vo. 2021. February. Application of Entropy weight in groundwater quality index (EWQI) and GIS for groundwater quality zoning in the Southeastern Coastal region, Vietnam. In IOP Conference Series: *Earth and Environmental Science*, 652(1), pp. 1-14. DOI: 10.1088/1755-1315/652/1/012005.

27- Radi, R. and Al-Fanharawi, A., 2022. Water quality assessment of Sawyer river using some environmental indices. *BNIHS, ISSN*, *140*(2), pp. 1343-4292.

28- Rahman, M., Paul, M., Bhoumik, N., Hassan, M., Alam, M., and Aktar, Z. 2020. Heavy metal pollution assessment in the groundwater of the Meghna Ghat industrial area, Bangladesh, by using water pollution indices approach. *Applied Water Science, 10* (8), pp. 1-15.

29- Rizk, R., Juzsakova, T., Rawash, M., Domokos, E., Hedfi. A., and Rédey, Á. 2022. Comprehensive environmental assessment of heavy metal contamination of surface water, sediments and Nile Tilapia in Lake Nasser, Egypt. *Journal of King Saud University-Science, 34(1),* pp. 101748. https://doi.org/10.1016/j.jksus.2021.101748.

30- Sahoo, M. and Swain, J., 2020. Modified heavy metal Pollution index (m-HPI) for surface water Quality in river basins, India. *Environmental Science and Pollution Research,*(*13)27*, pp. 15350-15364.

31- Sargholzaei S, Frashi A, Safari O. 2017. Evaluation of ecosystem health using bio- integration index (B-IBI) (Case study: Kardeh River). *14th National Conference on Watershed Management Science and Engineering of Iran.* 10.22059/ije.2020.308851.1376. (In Persian).

32- Seifi, A. and Rahi, H., 2019. Evaluation of Heavy Metal Pollution Indices for Surface Water of the Sarcheshmeh Copper Mine using Multivariate Statistical Methods and GIS. *Iranian Journal of Soil and Water Research, 1*(50), pp. 161–176. DOI: 10.22059/ijswr.2018.254261.667869. (in Persian).

33- Singh, J., Yadav, P., Pal, A.K. and Mishra, V., 2020. Water pollutants: Origin and status. *Sensors in water pollutants monitoring: Role of material*, pp.5-20.

34- Thukral, A., and Rodrigo-Comino, J. 2020. Assessment of heavy-metal pollution in three different Indian water bodies by combination of multivariate analysis and water pollution indices. *Human and Ecological Risk Assessment: an International Journal, 26(1),*pp. 1-16. https://doi.org/10.1080/10807039.2018.1497946.

35- Vinther, F., Pinelo, M., Brøns, M., Jonsson, G., & Meyer, A. S. 2014. Mathematical modelling of dextran filtration through hollow fibre membranes. *Separation and Purification Technology*, 125(2), pp. 21-36. https://doi.org/10.1016/j.seppur.2014.01.034.

36- Vukosav, P., Mlakar, M., Cukrov, N., Kwokal, Z., Pižeta, I., Pavlus, N. and Omanović, D., 2014. Heavy metal contents in water, sediment and fish in a karst aquatic ecosystem of the Plitvice Lakes National Park(Croatia). *Environmental Science and Pollution Research, 21*(5), pp.3826-3839.

37- Zaynab, M., Al-Yahyai, R., Ameen, A., Sharif, Y., Ali, L., Fatima, M. and Li, S. 2022. Health and environmental effects of heavy metals. *Journal of King Saud University-Science. 34(1). https://doi.org/10.1016/j.jksus.2021.101653.*

38- Zhang, J., Guo, L., Deng, Z., Wang, D. and Liu, L., 2021. Assessment of heavy metal pollution and water quality characteristics of the reservoir control reaches in the middle Han River, China. *Science of The Total Environment, 799(6),* pp (149472). https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.149472.

39- Zhushan, F. and Shuhua Xi. 2020. The effects of heavy metals on human metabolism. *Toxicology Mechanisms and Methods,* 30.3, pp. 167-176. https://doi.org/10.1080/15376516.2019.1701594.

40- Zoqi, M. J., Ayobi, M., & Khataei, B. 2023. Efficiency of various binders in solidification/stabilization of heavy metals and compressive strength in sludge of Ceramic tile factory Niloufar in Birjand. *Amirkabir Journal of Civil Engineering, 55(4),* pp. 741-756.