مجله علوم وفنون دریایی، فصل نامه ی علمی پژوهشی

در دست انتشار / DOI: 10.22113/JMST.2022.365857.2498

مقاله پژوهشی

Available Online: *http://jmst.kmsu.ac.ir*

# هیدروژئوشیمی زیست محیطی کانال آب خروار بهبهان، جنوب غرب ایران

رضوان خاوری* و فاطمه موسوی

گروه زمین شناسی، واحد بهبهان، دانشگاه آزاد اسلامی، بهبهان، ایران.

* نویسنده مسئول، پست الکترونیک: Khavari.iau@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۷/۲۴ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۰۸/۲۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۹/۰۱

شناسه دیجیتال (DOI): 10.22113/JMST.2022.365857.2498

## چکیده

کانال آب خروار بهبهان که شامل فاضلاب شهری و صنعتی و روان آب¬ها می¬باشد، به طول ۷ کیلومتردر دشت بهبهان در منطقه خشک و نیمه خشک واقع شده و از نظر منابع آبی محدود می¬باشد، لذا حفظ کیفیت آب و جلوگیری از آلوده شدن آن از اهمیت خاصی برخوردار است. به منظور بررسی میزان آلودگی کانال آب خروار بهبهان و تاثیر آلودگی احتمالی بر رودخانه مارون، از ۵ محل در مسیر کانال و یک نقطه در مکان ورود به رودخانه مارون نمونه برداری انجام گرفت. نمونه¬های آب برای تعیین غلظت عناصر سنگین As، Fe، Pb، Se، Zn، Mn، Cr، آنیون¬های $Cl^-$، $SO4^{2-}$، $NO3^-$، $CO^{2-}$، $HCO3^-$، و کاتیون¬های $Ca^{2+}$ ، $Na^+$، $Mg^{2+}$، $K^+$، و پارامترهای مهم کیفی آب شامل pH، EC و TDS مورد آنالیز قرار گرفتند. میزان pH در همه نمونه¬ها در حد استاندارد آب آشامیدنی WHO و استاندارد فاضلاب خروجی تخلیه به آب های سطحی و مصارف کشاورزی سازمان محیط زیست ایران می باشند. غلظت آنیون¬ها و کاتیون¬های اصلی در بیشتر نمونه¬ها مقدار بالاتر از حد مجاز استاندارد را نشان می دهد. روند تغییرات غلظت آنیون¬ها به ترتیب $SO_4^{2-}$>$CL^-$>$Hco3^-$>$NO_3^-$>$CO_3^{2-}$، کاتیون¬ها $Na^+$> $Ca^{2+}$> $Mg^{2+}$> $k^+$ و نیز غلظت عناصر سنگین به ترتیب Se>Mn>Fe> Zn> Cr> Pb >As می¬باشد. میزان EC، TDS و غلظت یون¬های $SO_4^{2-}$، $HCO_3^-$، $CL^-$، $Ca^{2+}$،$Mg^{2+}$، $Na^+$ و $k^+$، در نمونه برداشت شده از محل ورود آب خروار به رودخانه مارون بالاتر از حد استاندارد آب آشامیدنی WHO است، در حالیکه میزان نیترات و همچنین سایر عناصر سنگین در این نمونه، در حد مجاز استاندارد آب آشامیدنی WHO است. روند تغییرات یون¬های کلسیم و سولفات و کل جامدات محلول، در منطقه مورد مطالعه مشابه است، که می تواند نشان دهنده منبع مشترکی، مانند انحلال کانی های ژیپس، کلسیت، انیدرید و همچنین ورود فاضلاب های شهری و صنعتی، برای این یون¬ها باشد. غلظت یونهای نیترات، سولفات و بیکربنات در مرکز شهر روند افزایشی دارد، که این امر را میتوان در اثر ورود فاضلاب غنی از مواد آلی دانست.

**واژگان کلیدی:** آب خروار بهبهان، رودخانه مارون، فلزات سنگین، آنیون¬ها، کاتیون¬ها.

**Copyrights:**
Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted Journal of Marine Science and Technology. 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.

In Press

## ۱. مقدمه

اهمیت منابع آبی بخصوص رواناب¬های سطحی در تأمین نیازهای آبی انسان، حیوانات و صنایع، لزوم حفاظت آن‌ها در برابر آلودگی ها را بیش از پیش مطرح میکند (Jia et al., 2020). مصرف کودهای شیمیایی و آفت کش ها در فعالیت های کشاورزی (Du et al., 2015)، ورود فاضلاب های شهری و صنعتی، همچنین سوزاندن سوخت های فسیلی به عنوان عوامل انسان زاد و تاثیر سازندهای زمین شناسی، مانند سازندهای کربناتی و گچی که قابلیت انحلال زیادی در آب دارند، به عنوان عوامل طبیعی، می توانند کیفیت منابع آب را کاهش دهند (Koponen et al., 2002; Mcintyre and Wheater, 2004).

در بسیاری از کشورهای در حال توسعه، جوامع شهری فاقد خدمات اصلی دفع ضایعات جامد و تصفیه فاضلاب می باشند و بسیاری از صنایع نیز مقید به انجام فعالیت های زیست محیطی و رعایت قوانین مربوطه نیستند. در نتیجه این جوامع عموما از یک سطح سلامتی پایین و همچنین مشکلات زیست محیطی رنج می برند (Barton, 1990). بررسی تغییرات غلظت برخی عناصر سنگین و یون های اصلی، تخمین منشأ آلودگی ها، به منظور بررسی عوامل متعدد آلودگی این منابع آبی و تلاش در جهت حفظ آنها در برابر آلودگی ها نقش بسیار مهمی را ایفا می کنند. برای این منظور کانال آب خروار بهبهان که بخشی از رودخانه مارون واقع در جنوب غرب ایران است، مورد مطالعه قرار گرفت.

شهرستان بهبهان با آب و هوای نیمه بیابانی و یا کوهپایه ای، میانگین دمای سالیانه ۳۰ درجه سانتی گراد، میانگین بارش سالیانه ۳۳۶ میلی متر، میانگین تبخیر سالانه۳۴۰۱ میلی متر، در جنوب شرقی استان خوزستان قرار دارد. دشت بهبهان از لحاظ موقیت زمین شناسی و بر اساس تقسیم بندی زمین ساختی در ناحیه زاگرس چین خورده (Stocklin, 1968) و بر پایه تقسیم بندی (Berberian, 1995) در حوضه پیش ژرفای زاگرس قرار می گیرد. تاقدیس های پازنان و رگ سفید به ترتیب در جنوب ،جنوب غربی و تاقدیس های بنگستان و خاییز به ترتیب در شمال، شمال شرقی محدوده بهبهان واقع شده است (شکل ۱). سازندهای زمین شناسی که در محدوده مورد مطالعه رخنمون دارند مربوط به کرتاسه زیرین تا عهد حاضر می باشند. آهک های ضخیم لایه داریان قدیمی ترین سنگ های منطقه هستند و نهشته های کواترنری به صورت واریزه های دامنه ای و سپس نهشته های آبرفتی به صورت پادگانه های آبرفتی و مخروط افکنه ها در راستای دره های بزرگ تا میانه دشت قرار دارند. بر اساس دیدگاه (Daneshian et al.,2020)، رخنمون سطحی کل سازندها در محدوده مورد مطالعه ۶۲ در صد و نهشته های کواترنری و آبرفتی ۳۸ در صد می¬باشد. حاشیه شمال شرق تا شرق دشت بهبهان بیشتر تحت تاثیر سازند گچساران قرار گرفته و انتظار می رود که کیفیت آب سطحی و زیر زمینی آن مطلوب نباشد. حاشیه شمال غربی نا جنوب دشت بهبهان متاثر از سازند کنگلومرای بختیاری بوده و آبدهی آن با توجه به رسوبات درشت دانه کنگلومرایی زیاد می¬باشد. جهت کلی جریان آب در منطقه از حواشی شمالی و شرق تا جنوب دشت بهبهان به طرف رودخانه مارون است (Bazrafkan et al., 2010).

## ۲. مواد و روش‌ها

رودخانه مارون در شمال و رودخانه خیرآباد در جنوب شهرستان بهبهان قرار گرفته و اراضی این دشت را زهکشی می نمایند. حوضه آبریز کانال آب خروار با طولی حدود ۷ کیلومتر، مساحت تقریبی ۳۰۰۰ هکتار و دبی حراکثر ۱۸/۱۱ متر مکعب بر ثانیه، در جنوب غربی شهرستان بهبهان یکی از مهم ترین کانال های طبیعی آبیاری و زهکشی در محدوده مورد مطالعه است که رواناب¬های ایجاد شده در حوضه های آبریز اطراف شهرستان را در خود تجمیع کرده، پس از عبور از مرکز شهر، به رودخانه مارون می ریزد. این حوضه که در گذشته ای نه چندان دور مسبب خطر اصلی سیل گیری بهبهان قلمداد می شده و یکی از سه مسیلی است که سیلاب های ورودی شهر بهبهان از آن خارج می شود، در حال حاضر تبدیل به کانال فاضلاب شهری شده است و فاضلاب شهری بهبهان از طریق این کانال به درون رودخانه مارون سرازیر می‌شود. این کانال روباز، علاوه بر آلوده کردن منطقه مرکزی شهرستان بهبهان، باعث ایجاد خطر برای اکوسیستم های رودخانه مارون شده است(Eziz et al., 2018). همچنین بسیاری از روستاهای اطراف بهبهان آب آشامیدنی و کشاورزی خود را به صورت مستقیم از رودخانه مارون تامین می‌کنند که با ورود فاضلاب شهری به این رودخانه سلامت آنها به شدت تهدید می‌شود.

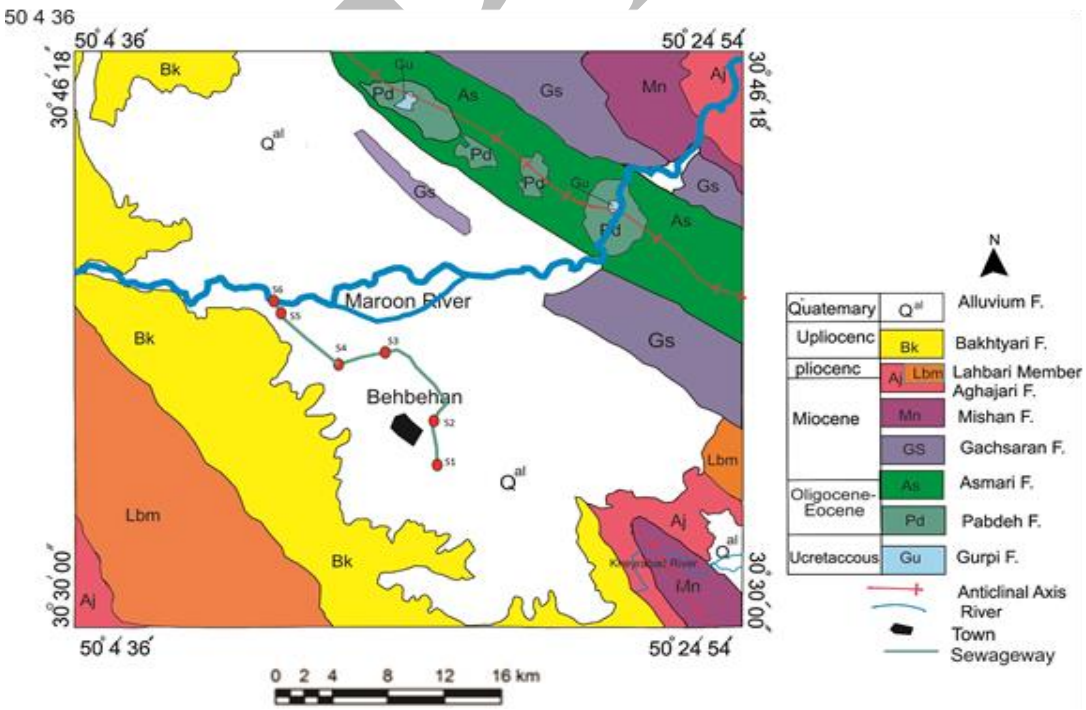
در این تحقیق جهت بررسی میزان آلودگی آب کانال آب خروار بهبهان، در مسیر آن از بالادست (S1) تا محل ورود به

رودخانه مارون (S6) از ۶ نقطه تخمین زده شده بعنوان محل های اصلی خروج فاضلاب ها، نمونه برداری انجام شد (جدول ۱). در هر بخش سه نمونه در ظروف نمونه برداری پلی اتیلن 250 میلیلیتری اسیدشویی شده، به منظور آنالیز و اندازه گیری میزان آنیون¬ها و کاتیون¬ها، فلزات سنگین و غلظت نیترات، برداشت شد. بلافاصله بعد از نمونه برداری مقادیر PH و EC نمونه¬ها در همان محل نمونه برداری توسط EC متر مدل HACH-Semsion5 و PH متر مدل Genway تعیین شد. ۶ نمونه از هر ایستگاه جهت تعیین میزان غلظت عناصر As، Fe، Mn، Zn، Pb، Se، Cr با روش اسپکتروسکوپی نشر نوری جفت شده القایی (ICP-OES)، در آزمایشگاه علوم زمین زنجان، تجزیه شیمیایی شدند. دو سری دیگر برای اندازه گیری غلظت آنیون¬ها و کاتیون¬های اصلی، مجموع کل جامدات محلول (TDS) و نیترات به آزمایشگاه اروند خاک آزما فرستاده شدند و به وسیله روش های ، FAES، OAS، تیتراسیون، روش های خشک کردن و طیف سنجی جذب اتمی و طیف سنجی نشر نوری مورد آنالیز قرار گرفتند.

## ۳. نتایج و بحث

نتایج اندازه گیری غلظت آنیون¬ها و کاتیون¬های اصلی، همچنین پارامترهای EC , pH نمونه¬ها در جدول ۲ نشان داده شده است. با توجه به نتایج تجزیه آب کانال آب خروار بهبهان میزان تغییرات pH بین ۸/۱ تا ۸/۳ و متوسط ۸/۲ است، که نشان می دهد آب مسیل قلیایی می¬باشد. این پارامتر در همه نمونه¬ها در حد استاندارد فاضلاب خروجی تخلیه به آب های سطحی سازمان حفاظت محیط زیست ایران (۶/۵-۸/۵) می¬باشد.

میزان EC نمونه¬ها بین ۲۰۳۰ تا ۴۰۱۰ µmoh/cm متغیر و میانگین ۳۰۲۳ µmoh/cm را نشان می دهد. بر اساس استاندارد WHO حد مجاز EC برای آب آشامیدنی ۱۵۰۰ µmoh/cm است که همه نمونه¬ها هدایت الکتریکی بالاتر از حد مجاز این استاندارد و استاندارد خروجی فاضلاب تخلیه به آب¬های سطحی و مصارف کشاورزی و آبیاری سازمان حفاظت محیط زیست ایران را دارند. همچنین هر چه آب مسیر طولانی تری را طی می¬کند میزان EC بعلت وجود سازنده های لهبری و آغاجری و انحلال کانی های تبخیری افزایش می یابد.




**شکل ۱- نقشه زمین شناسی منطقه مورد مطالعه(Fakhari, 1993) و موقعیت نقاط نمونه برداری.**

**Fig. 1- Geological map of study area (Fakhari, 1993) and location of sampling points.**

**جدول۱- مختصات نمونه¬های مطالعه شده.**

**Table 1- Location of studied samples.**

| Stations | Location | Long | Lat |
|---|---|---|---|
| S1 | Shaikhsedogh street | 3383691 | 428051 |
| S2 | Takhti treatment plant | 3385290 | 427864 |
| S3 | Emamkhomaini School | 3386551 | 424476 |
| S4 | Bagherzadeh Street | 3387228 | 425453 |
| S5 | Lasbid Chanel | 3391667 | 419587 |
| S6 | Maron River entrance | 3391921 | 419350 |

**جدول۲- نتایج تجزیه آنیون¬ها و کاتیون¬های اصلی و پارامتر های آماری نمونه¬های آب.**

**Table 2- Analysis results of main anions and cations and statistical parameters of water samples**

| N | pH | EC (µmoh/cm) | TDS (mg/l) | $NO_3$ (mg/l) | $CO_3^2$ (mg/l) | $HCO_3^-$ (mg/l) | $SO_4^2$ (mg/l)$^-$ | $Cl^-$ (mg/l) | $Na^+$ (mg/l) | $Ca^{2+}$ (mg/l) | $Mg^{2+}$ (mg/l) | $k^+$ (mg/l) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **S1** | 8.1 | 4010 | 1350 | 5.1 | 0 | 225 | 850 | 596.4 | 681.2 | 400 | 229.2 | 58.9 |
| **S2** | 8.3 | 2030 | 1200 | 6 | 0 | 250 | 500 | 255.6 | 590.5 | 132 | 257.9 | 39 |
| **S3** | 8.2 | 2360 | 800 | 10.4 | 0 | 325 | 550 | 479.2 | 599 | 230 | 137.9 | 78 |
| **S4** | 8.3 | 3630 | 1450 | 18.4 | 0 | 190 | 890 | 415.3 | 725 | 280 | 283.1 | 64 |
| **S5** | 8.3 | 3360 | 1425 | 22.4 | 0 | 50 | 900 | 465 | 780.7 | 360 | 257.7 | 92 |
| **S6** | 8.1 | 2750 | 815 | 10.9 | 0 | 150 | 800 | 397.6 | 599.3 | 70 | 180.2 | 102 |
| **Average** | 8.2 | 3023.3 | 1173.3 | 12.2 | 0 | 198.3 | 748.3 | 434.8 | 662.6 | 245.3 | 224.3 | 72.3 |
| **Max** | 8.3 | 4010 | 1450 | 22.4 | 0 | 325 | 900 | 596.4 | 780.7 | 400 | 283.1 | 102 |
| **Min** | 8.1 | 2030 | 800 | 5.1 | 0 | 50 | 500 | 255.6 | 590.5 | 70 | 137.9 | 39 |
| **Desirable Limit (WHO, 2008)** | 6.5-8.5 | 1500 | 500 | 45 | - | | 200 | 200 | 200 | 50 | 75 | |
| **Wastewater Disgharge Standarad to Surface Water** | 6.5-8.5 | - | | 50 | - | - | 400 | 600 | - | 75 | 100 | - |
| **Wastewater Disgharge Standarad to Agricultural and Drinking Water** | 6.5-8.5 | - | | 10 | - | - | 500 | 600 | - | - | 100 | - |

مقدار جامدات محلول (TDS) نمونه¬ها از ۸۰۰ تا ۱۴۵۰ میلی گرم بر لیتر تغییر می¬کند و مقدار متوسط آن ۱۱۷۳/۳mg/l است (شکل ۲). در همه نمونه¬های آنالیز شده TDS، از حد مجاز استاندارد آب آشامیدنی WHO تجاوز می¬کند (۵۰۰ میلی گرم بر لیتر). روند تغییرات غلظت آنیون¬ها در منطقه مورد مطالعه به ترتیب $SO_4^{2-}>NO_3^-> CO_3^{2-}$ و کاتیون¬ها نیز به ترتیب $CL^-> Hco3^-$ $Ca^{2+}> Mg^{2+}> Na^+> k^+$ می¬باشد (جدول ۲ و شکل ۲). غلظت بالای



In Press

آنیون¬ها و کاتیون¬ها در آب کانال آب خروار بهبهان به علت وجود فاضلاب های صنعتی و انسانی در این منطقه و همچنین انحلال سنگهای کربناتی و رسوبات تبخیری حاوی کانیهای ژیپس، کلسیت و هالیت در طول مسیر کانال است.

مقدار سولفات در نمونه¬های تجزیه شده از ۵۰۰ تا۹۰۰ میلی گرم بر لیتر تغییر می¬کند و متوسط غلظت آن در منطقه مورد مطالعه ۷۴۸/۳ mg/l است. بجز نمونه S2، سولفات در همه نمونه‌ها غلظتی بیش از حد مجاز استاندارد آب آشامیدنی WHO (۲۰۰ میلی گرم بر لیتر) و استاندارد خروجی فاضلاب تخلیه به آب های سطحی سازمان حفاظت محیط زیست ایران (۴۰۰ میلی گرم بر لیتر) دارند، بنابراین برای آبیاری مناسب نیستند. نمونه S5 مربوط به انتهای کانال آب خروار بهبهان دارای بیشترین مقدار یون سولفات (۹۰۰ میلی گرم بر لیتر) می¬باشد. مواد آلی موجود در فاضلاب ها حاوی گوگرد آلی هستند که در اثر اکسیداسیون به سولفات تبدیل می شوند (Langmuir, 1997).

مقدار کلر در منطقه مورد مطالعه از ۲۵۵/۶ تا ۵۹۶/۴ میلی گرم بر لیتر تغییر می¬کند و متوسط غلظت یون کلر ۸۵/ ۴۳۴ میلی گرم بر لیتر است. غلظت کلر در همه نمونه¬های تجزیه شده از حد مطلوب استاندارد آب آشامیدنی WHO (میلی گرم بر لیتر ۲۰۰) بالاتر می‌باشد و در حد مجاز استاندارد خروجی فاضلاب تخلیه به آب های سطحی (۶۰۰ میلی گرم بر لیتر) و مصارف کشاورزی و آبیاری سازمان حفاظت محیط زیست ایران (۶۰۰ میلی گرم بر لیتر) است.

مقدار بی کربنات در منطقه مورد مطالعه از۵۰ تا ۳۲۵ میلی گرم بر لیتر تغییر می¬کند و متوسط غلظت آن ۳/ ۱۹۸ میلی گرم بر لیتر است. مقدار این یون در بخش مرکزی منطقه مورد مطالعه افزایش می یابد، که علت آن می تواند وجود مارن و آهک و همچنین ورود فاضلاب غنی از مواد آلی به کانال آب خروار بهبهان باشد. در اثر تجزیهٔ مواد آلی، دی اکسیدکربن تولید شده در آب تولید یون بیکربنات می کند و غلظت آن افزایش می یابد ( Li et al., 2011).

میزان غلظت نیترات از ۵/۱ تا ۲۲/۴ میلی گرم بر لیتر تغییر می¬کند و مقدار متوسط آن ۱۲/۲ میلی گرم بر لیتر است. غلظت این یون در نمونه¬های تجزیه شده در حد مجاز استاندارد آب آشامیدنی WHO (۴۵ میلی گرم بر لیتر) و استاندارد خروجی فاضلاب تخلیه به آب های سطحی سازمان حفاظت محیط زیست ایران می¬باشد (۵۰ میلی گرم بر لیتر). بیشترین مقدار نیترات مربوط به نمونه S5 است (۲۲/۴ میلی گرم بر لیتر ) که در انتهای کانال آب خروار بهبهان برداشت شده است. غلظت بالای نیترات احتمالا مربوط به منابع کشاورزی از جمله کودها و باقی مانده ی محصولات و فضولات حیوانی است. نیترات آلی و دیگر منابع غیر کشاورزی مانند مخازن سپتیک و فاضلاب حاوی نیتروژن و فاضلاب صنعتی نیز در این مورد می تواند نقش داشته باشند (Singh, et al. 2013).

مهم‌ترین منبع ایجاد کننده یون سدیم در آب¬ها هالیت است. این یون همچنین از طریق فلدسپات ها، کانی‌های رسی و محلول‌هایی مانند سولفات سدیم می تواند به آب وارد شود. در اغلب مناطق جنوبی ایران به دلیل وجود گنبدهای نمکی این یون به همراه کلراید بیشترین مواد حل شده موجود در آب¬های سطحی و زیرزمینی را تشکیل می‌دهند ( Pourakbar et al., 2014) مقدار غلظت سدیم منطقه از ۷۸۰/۷ تا ۵۹۰/۵ میلی گرم بر لیتر تغییر می¬کند و متوسط آن ۶۶۲/۶ میلی گرم بر لیتر است. غلظت سدیم در همه نمونه¬های تجزیه شده از حد مجاز استاندارد آب آشامیدنی WHO (۲۰۰ میلی گرم بر لیتر) بالاتر می¬باشد. منشأ هالیت در منطقه مورد مطالعه لایه‌های تبخیری سازندهای گچساران، آغاجری و لهبری می¬باشد. این یون در فاضلاب های انسانی و پساب شهری وجود دارد، زیرا یکی از ویژگی‌های فاضلاب¬های خانگی، بالا بودن غلظت نمک در آن-هاست.

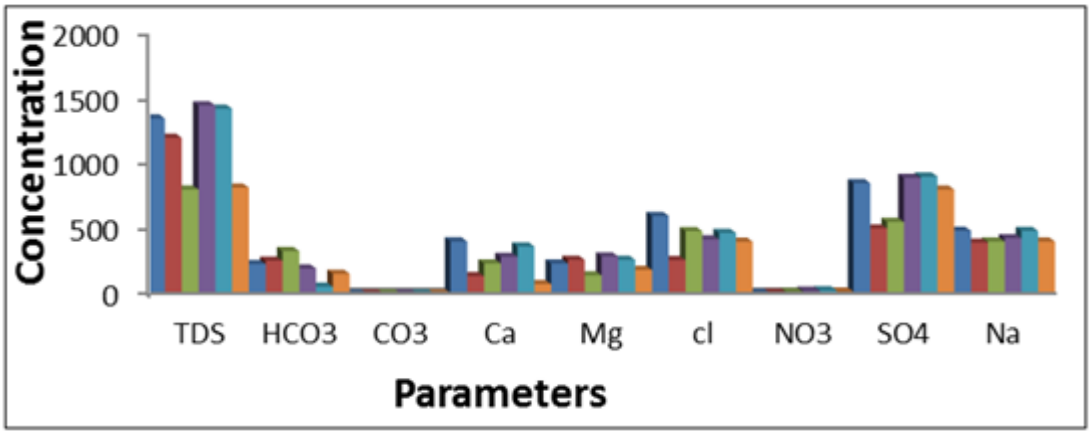
مهم‌ترین منابع ایجاد کننده کلسیم و منیزیم، کانی‌های رسی آمفیبول، فلدسپات، گچ، کلسیت و دولومیت است (Magesh et al., 2013). غلظت کلسیم از ۷۰ تا ۴۰۰ میلی گرم بر لیتر تغییر و متوسط آن ۲۴۵ mg/l است. غلظت کلسیم بجز در نمونه S6 که از محل ورود آب خروار به رودخانه مارون برداشت شده است، در بقیه نمونه¬ها از حد استاندارد خروجی فاضلاب تخلیه به آب¬های سطحی (۷۵ میلی گرم بر لیتر) و مصارف کشاورزی و آبیاری سازمان حفاظت محیط زیست ایران بالاتر می باشند. یکی از دلایل غلظت بالای کلسیم، احتمالا وجود مارن در این مناطق می¬باشد. غلظت منیزیم منطقه مورد مطالعه از ۱۳۷/۹ تا ۲۸۳/۱ میلی گرم بر لیتر تغییر می‌کند و مقدار متوسط منیزیم ۲۲۴/۳ میلی گرم بر لیتر است. غلظت منیزیم در همه

In Press

نمونه¬ها بالاتر از حد مجاز استاندارد آب آشامیدنی WHO (۷۵ میلی گرم بر لیتر) و استاندارد خروجی فاضلاب تخلیه به آب های سطحی (۱۰۰ میلی گرم بر لیتر) و مصارف کشاورزی و آبیاری سازمان حفاظت محیط زیست ایران می‌باشد (۱۰۰ میلی گرم بر لیتر). نمونه S4 بیشترین مقدار منیزیم را دارد (۲۸۳/۱ میلی گرم بر لیتر).

مقایسه نتایج تجزیه نمونه¬های قبل از رودخانه مارون (S5) و محل ورود به رودخانه مارون (S6) نشان می دهد که غلظت یون¬ها در نمونه برداشت شده در انتهای مسیر کانال آب خروار بهبهان بیش تر از غلظت یون¬ها در رودخانه مارون می¬باشد (جدول ۳). غلظت سولفات، کلر، سدیم، کلسیم و منیزیم در این نمونه¬ها بالاتر از حد استاندارد آب آشامیدنی WHO می¬باشد، بنابراین برای آشامیدن مناسب نیستند. غلظت آنیون $SO_4^{2-}$ و کاتیون¬های $Mg^{2+}$، $Na^{+}$، $Ca^{2+}$ و عوامل مهم کیفی آب از جمله EC، TDS در نمونه برداشت شده از رود خانه مارون (S6) بالاتر از حد مجاز آب آشامیدنی WHO می¬باشد، در حالی‌که میزان نیترات و همچنین عناصر سنگین As، Se، Fe، Mn، Zn، Pb و Cr در این نمونه در حد مجاز استاندارد آب آشامیدنی WHO است.

مهاجرت عناصر جزئی و سمی به منابع آب، با خواص خاک از قبیل pH، مواد آلی، ساختار افق های خاک، ترکیب و اندازه های دانه های خاک، توانایی جذب، فراوانی میکروارگانیزم ها و در نهایت انحلال پذیری اشکال مختلف شیمیایی آنها و توانائی جذب عناصر با کلوئیدهای خاک کنترل می شوند (Eby, 2004). نتایج تجزیه عناصر سنگین As، Cd، Fe، Mn، Zn،Se، Pb و Cr در نمونه¬های برداشت شده، در جدول ۴ و شکل ۳ نشان داده شده است.




**شکل ۲- نمودار غلظت کاتیون¬ها و آنیون¬های اصلی درمنطقه مورد مطالعه.**

**Fig. 2- The concentration diagram of the main cations and anions in the study area**

**جدول ۳ - مقایسه ویژگی های نمونه S5 (انتهای کانال آب خروار) و S6 (محل ورود به رود خانه مارون).**

**Table 3- Comparison of the characteristics of S5 (the end of the Kharvar water channel) and S6 samples (the entrance to the Maroon River).**

| N | pH | EC (µmoh/cm) | TDS (mg/l) | $NO_3$ (mg/l) | $CO_3^2$ (mg/l) | $HCO_3^-$ (mg/l) | $SO_4^2$ (mg/l)$^-$ | $Cl^-$ (mg/l) | $Na^+$ (mg/l) | $Ca^{2+}$ (mg/l) | $Mg^{2+}$ (mg/l) | $k^+$ (mg/l) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **S5** | 8.3 | 3360 | 1425 | 22.4 | 0 | 50 | 900 | 465 | 780.7 | 360 | 257.7 | 92 |
| **S6** | 8.1 | 2750 | 815 | 10.9 | 0 | 150 | 800 | 397.6 | 599.3 | 70 | 180.2 | 102 |

**جدول ٤. نتایج تجزیه عناصر سنگین آب کانال آب خروار بهبهان.**

**Table 4. Results of heavy metals Analysis of Abkhorvar Behbahan chanel.**

| N | Cr (mg/l) | Mn (mg/l) | Fe (mg/l) | Zn (mg/l) | Pb (mg/l) | Se (mg/l) | AS (mg/l) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **S1** | 0.02 | 0.5 | 0 | 0 | 0.02 | 0.6 | 0.02 |
| **S2** | 0.07 | 0.002 | 0 | 0 | 0.08 | 0.05 | 0 |
| **S3** | 0.07 | 0.2 | 0.9 | 0.2 | 0.03 | 0.4 | 0.05 |
| **S4** | 0.01 | 0.3 | 0 | 0.2 | 0.007 | 0.3 | 0.01 |
| **S5** | 0.03 | 0.04 | 0.1 | 0.002 | 0 | 0.05 | 0 |
| **S6** | 0 | 0 | 0.001 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| **Average** | 0.03 | 0.2 | 0.2 | 0.06 | 0.02 | 0.2 | 0.01 |
| **Max** | 0.07 | 0.5 | 0.9 | 0.2 | 0.08 | 0.6 | 0.05 |
| **Min** | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| **Wastewater disgharge standarad to surface water** | 2 | 1 | 3 | 2 | 1 | 1 | 1.0 |
| **Wastewater disgharge standarad to agricultural and drinking water** | 2 | 1 | 3 | 2 | 1 | 1.0 | 1.0 |
| **Desirable limit (WHO, 2008)** | - | - | - | - | - | - | - |
| **Maximum permissible limit (WHO, 2008)** | 0.05 | 0.4 | 0.3 | 3 | 0.01 | 0.01 | 0.01 |

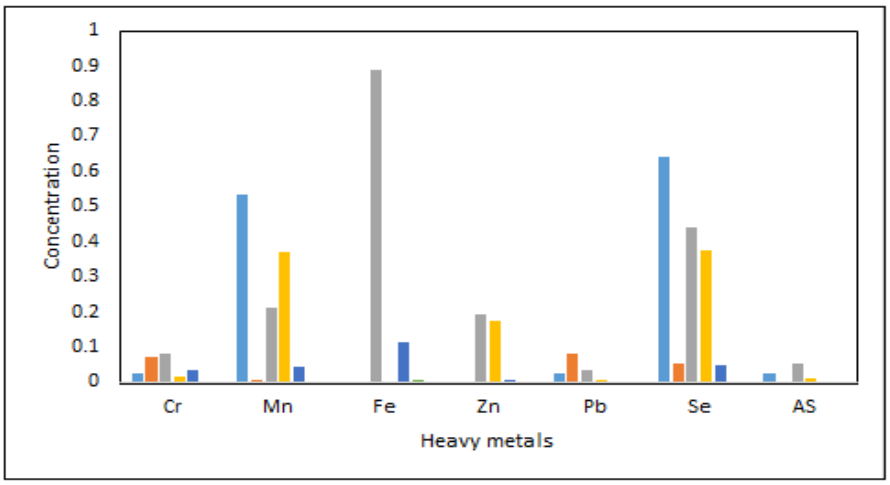



**Fig. 3- Heavy Metal Concentration Chart in The Study Area.**
**شکل ۳- نمودار غلظت فلزات سنگین درمنطقه مورد مطالعه**

مقدار سلنیم در کانال آب خروار از۰تا ۰/۶۴۳ میلی گرم بر لیتر تغییر می¬کند. غلظت سلنیم در همه نمونه¬های آنالیز شده بالاتر از حد استاندارد آب آشامیدنی WHO است. همه نمونه¬ها نسبت به استاندارد خروجی فاضلاب¬های تخلیه به آب¬های سطحی (۱ میلی گرم بر لیتر) غلظت سلنیم کمتری دارند، در حالیکه نیمی از نمونه¬های تجزیه شده ( S2=0.05,

(S5=0.05, S6=0 غلظتی در حد مجاز استاندارد خروجی فاضلاب¬های تخلیه به آب¬های سطحی برای مصارف کشاورزی و آبیاری سازمان حفاظت محیط زیست ایران (۰/۱ میلی گرم بر لیتر) نشان می¬دهند، نیمی دیگر میزان سلنیم بالاتر از حد این استاندارد دارند. بیشترین غلظت این عنصر در بخش مرکزی منطقه مورد مطالعه است.

در منطقه مورد مطالعه مقدار منگنز از ۰ تا ۰/۵۳۲ تغییر میکند و مقدار متوسط آن ۰/۱۹ میلی گرم برلیتر است. همه نمونه¬ها غلظتی در حد مجاز استاندارد خروجی فاضلاب¬های تخلیه به آب¬های سطحی و مصارف کشاورزی و آبیاری سازمان حفاظت محیط زیست ایران دارند (۱ میلی گرم بر لیتر) و بجز نمونه S1 (۰/۵۳ میلی گرم بر لیتر)، مابقی غلظت منگنز در حد استاندارد آب آشامیدنی WHO را نشان می¬دهند. حداکثر مقدار منگنز در مناطق شهری احتمالا مربوط به فاضلاب صنعتی و شهری می¬باشد.

تغییرات آهن در کانال از ۰ تا ۰/۰۸۹میلی گرم بر لیتر و متوسط آن ۰/۰۱۶میلی گرم برلیتر است. بجز نمونه (S3=0.89)، آب کانال در همه ایستگاه های برداشت نمونه غلظت آهنی در حد مجاز استانداردهای گفته شده دارد. احتمالاً بالا بودن غلظت آهن در این نمونه بعلت خوردگی لوله های فلزی فاضلاب است که فاضلاب شهری را به کانال آب خروار اضافه می کنند.

مقدار روی در همه نمونه¬ها با مقدار مجاز در استانداردهای آب آشامیدنی WHO، همچنین استاندارد خروجی فاضلاب¬های تخلیه به آب¬های سطحی و مصارف کشاورزی و آبیاری سازمان حفاظت محیط زیست ایران مطابقت دارد و از ۰ تا ۰/۱۹۴ تغییر میکند. مقدار متوسط روی در منطقه ۰/۰۶۱ میلی گرم برلیتر است و بیشترین غلظت در مرکز شهر است. تغییرات کروم از ۰ تا ۰/۰۷۹میلی گرم بر لیتر متغیر و متوسط آن ۰/۰۳۸میلی گرم برلیتر، میزان سرب از ۰ تا ۰/۰۸۳ میلی گرم بر لیتر است و متوسط ۰/۰۲۵ ۰میلی گرم بر لیتر، تغییرات آرسنیک از ۰ تا ۰/۰۵۲ بوده و متوسط آن mg/l ۰/۰۱۴/، بدست آمد. همه نمونه¬های تجزیه شده از نظر میزان کروم، سرب و آرسنیک غلظتی در حد مجاز استانداردهای داخلی و بین المللی دارند. بیشترین غلظت این عناصر مربوط به مناطق شهری می¬باشد که احتمالا منشأ انسان زاد دارند. افزایش غلظت سرب در مناطق شهری به احتمال زیاد حاصل از احتراق بنزین خودروهای عبوری بر روی خاک و گیاهان مجاور جاده بوده که همراه با بارندگی از سطح آنها شسته شده و وارد کانال آب خروار می شود. همچنین فاضلاب تعمیرگاه های خودرو نیز به این آب اضافه می شود و باعث بالا رفتن غلظت سرب می شود.

## ٤. نتیجه گیری

آلودگی آب کانال آب خروار بهبهان، واقع در دشت بهبهان، مورد بررسی و مطالعه قرار گرفت. نتایج تجزیه شیمیایی ۶ نمونه برداشت شده از آب مسیل آب خروار و ورودی رودخانه مارون با استاندارد آب آشامیدنی متعلق به سازمان بهداشت جهانی (WHO) و استانداردهای فاضلاب خروجی تخلیه به آب¬های سطحی و مصارف کشاورزی و آبیاری سازمان حفاظت محیط زیست ایران مقایسه شدند. میزان pH در همه نمونه¬ها در حد استاندارد آب آشامیدنی WHO و استاندارد فاضلاب خروجی تخلیه به آب‌های سطحی و مصارف کشاورزی می باشند. غلظت آنیون¬ها و کاتیون¬های اصلی در بیشتر نمونه¬ها مقدار بالاتر از حد مجاز استانداردها را نشان می¬دهند. روند تغییرات غلظت آنیون¬ها به ترتیب $SO_4^{2-}>CL^-$>Hco3$^-$>$NO_3^-$>$CO_3^{2-}$ ، کاتیون¬ها $Na^+>$ $Ca^{2+}>$ $Mg^{2+}>$ $k^+$ و عناصر سنگین Se>Mn>Fe> Zn> Cr> Pb >As می¬باشد. میزان EC، TDS و غلظت یون¬های $SO_4^{2-}$، $HCO_3^-$، $CO_3^{2-}$، $NO_3^-$، $Ca^{2+}$،$Mg^{2+}$،$Na^+$ و $k^+$، در نمونه برداشت شده از محل ورود آب خروار به رودخانه مارون بالاتر از حد استاندارد آب آشامیدنی WHO است، در حالیکه میزان نیترات و همچنین سایر عناصر سنگین در این نمونه، در حد مجاز استاندارد آب آشامیدنی WHO است. روند تغییرات یون¬های کلسیم و سولفات و کل جامدات محلول، در منطقه مورد مطالعه مشابه است، که می تواند نشان دهنده منبع مشترکی، مانند انحلال کانی های ژیپس، کلسیت، انیدرید و همچنین ورود فاضلاب های شهری و صنعتی، برای این یون¬ها باشد. غلظت یونهای نیترات، سولفات و بیکربنات در مرکز شهر روند افزایشی دارد که این امر را میتوان در اثر ورود فاضلاب غنی از مواد آلی دانست.

## ٦. تشکر و قدردانی

In Press

نویسندگان مقاله از دانشگاه آزاد اسلامی واحد بهبهان جهت همکاری در انجام امور آزمایشگاهی و مشاهدات صحرایی کمال تشکر و قدردانی را دارند.

Barton, C.R., 1977. Strategies for Improving Urban Waste Management: Lessons from a Decade of World Bank Lending. *In Proceeding of Workshop in Washington DC, 2-4, Haz. Waste World/Superfund XVII Conference*.

Bazrafkan, M., Kalantari, N. Barjasteh, A, Damough, N.A. and Foroughi, M.J., 2010. Hydrogeochemistry of karstic formations in Behbahan Region. *1st Iranian. National Conference on Water Resources. Kermanshah Regional Water Company, Kermanshah, Iran.* pp. *367-375.* (in Persian).

Berberian, M., 1995. Master "blind" thrust faults hidden under the Zagros folds, Active Extensional system. *Tectonophysics*, *148*, pp. 93-103. DOI: 10.1016/0040-1951(94)00185-C.

Chilton, J., 1999. *Groundwater in the Urban Environment*, A. A. Balkema.Rotterdam, 280p.

Daneshian, H., Kalantari, N. Alijani, F., 2020. Hydrochemistry and Stable Isotopes Characteristics of Groundwater in an Urban Aquifer, Southwest of Iran. *Geopersia*,*11*(1), pp.81-100. DOI:10.22059/GEOPE.2020. 294287.648520.

Du, P., Xie, Y., Wang, S., Zhao, H., Zhang, Z., Wu, B., and Li, F., 2015. Potential sources of and ecological risks from heavy metals in agricultural soils, Daye City China. E*nvironmental Science and Pollution Research*, *22*, pp. 3498–3507. DOI: 10.1007/s11356-014-3532-1.

Eby, G.N., 2004. *Principles of Environmental Geochemistry*. Thomson Learning Academic Resource Center, 516p. DOI:10.1180/0671321.

Eziz, M., Mohammad, A., Mamut, A., and Hini, G., 2018. A human health risk assessment of heavy metals in agricultural soils of Yanqi Basin, Silk Road Economic Belt, China. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, 24, pp.1352–1366. DOI:10.1080/10807039.2017.1412818.

Fakhari, M., 1993. *Geological map of Behbahan scale 1/100000*. Tehran. National Iranian Oil Company. (In Persian).

Faryabi, M., Kalantari, N., Rahimi, M. and Haydari, M., 2007. Determining the effective factors on the chemical quality of Behbahan Plain ground water using hydrogeochemical diagrams and inverse geochemical modeling. *Geological Survey and Mineral Exploration of Iran*: p 9. (In Persian)

Jia, H, Qian, H, Zheng, L, Feng, W, Wang, H, Gao, Y., 2020. Alterations to groundwater chemistry due to modern water transfer for irrigation over decades. *Sci. Total Environ*, *89*. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.137170.

Koponen, S., Pulliainen, J., kallio, K., and Hallikainen, M., 2002. Lake Water Quality Classification with Airborne Hyperspectral Spectrometer and Simulated MERIS Data. *Remote Sens. Environ*, *79*(1), pp. 51-59. DOI: 10.1016/S0034-4257(01)00238-3

In Press

Langmuir, D., 1997. *Aqueous Environmental Geochemistry*. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, 601.

La Vigna, F. Review., 2022. Urban groundwater issues and resource management, and their roles in the resilience of cities. *Hydrogeol J*., *30*, pp. 1657–1683. D0I: 10.1007/s10040-022-02517.

Li X-D, Liu C-Q, Liu X-L, Bao L-R., 2011. Identification of dissolved sulfate sources and the role of sulfuric acid in carbonate weathering using dual-isotopic data from the Jialing River, Southwest China. *Journal of Asian Earth Sciences*, *42*(3), pp. 370-80. DOI:10.1016/j.jseaes.2011.06.002

Magesh N, Krishnakumar S, Chandrasekar N, Soundranayagam JP., 2013. Groundwater quality assessment using WQI and GIS techniques, Dindigul district, Tamil Nadu, *India*. Arab J Geosci, 6(11), pp. 4179. DOI: 10.1007/s12517-012-0673-8.

Mcintyre N, and Wheater H., 2004. A tool for risk-based management of surface water quality. *Environ Model Software, 19*, pp. 1131. DOI:10.1016/j.envsoft.2003.12.003.

Pourakbar, M, Masafari, M, Shaker Khatibi, M, Moradi, A., 2014. Groundwater quality assessment from a hydrogeochemical viewpoint (A case study of Sarab Country), *Journal of Water and Seawage, 3*, pp. 116-126. (In Persian)

Singh, K Rina, RP Singh, S Mukherjee., 2013. Geochemical characterization and heavy metal contamination of groundwater in Satluj River Basin. *Environmental Earth Sciences*, pp. 1-16. DOI: 10.1007/s12665-013-2424-x.

Stocklin, J., 1968. Structural History and Tectonics of Iran. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin, 52*(7), pp. 1229-1258. DOI:10.1306/5D25C4A5-16C1-11D7-8645000102C1865D.

In Press

**Journal of Marine Science and Technology**

***In Press* / DOI: 10.22113/JMST.2022.365857.2498**

**Available Online: *http://jmst.kmsu.ac.ir***

**Original Article**

# Environmental hydrogeochemistry of Abkharvar Behbahan channel, southwest of Iran

Rezvan Khavari*, Fatemeh Mosavi[2]

Department of Geology, Behbahan Branch, Islamic Azad University, Behbahan, Iran.

* **Corresponding Author Email:** Khavari.iau@gmail.com

**Received:** 16 October 2022 **Revise Date:** 16 November 2022 **Accepted:** 01 December 2022

**DOI**: 10.22113/JMST.2022.365857.2498

## Abstract

The AbKharvar channel with 7 km long in Behbahan Plain located in an arid to semi-arid zone. Since it has restricted water resources, the preservation of its quality is of great importance. In order to investigate the contamination possibility, 6 places were sampled in the studied area. The water samples were analyzed for heavy elements As, Fe, Pb, Se, Zn, Mn, Cr, anions Cl-, SO42-, NO3-, CO3-, HCO3-, and cations Ca2+, Na+, Mg2+, K+, And important water quality parameters including Ph, EC and TDS, using ICP-OES, FAES, OAS, titration, drying and conductivity methods. The pH levels in all samples are within the WHO standard and the standard of wastewater discharged to surface water and agricultural uses. The concentration of SO42- anion and Mg2+, Na+, Ca2+ cations and important water quality factors including EC, TDS in the sample taken from the Maroon River (S6) exceeds the allowed levels of WHO standard for drinking water. Geochemical data show that the water chemistry is influenced by processes including evaporation, water-rock interactions and human activities.

**Keywords:** AbKharvar Behbahan, Maroon river, Heavy metals, Anions, Cations.

In Press

**Copyrights:**
Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted Journal of Marine Science and Technology. 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.