

ارزیابی کیفیت آلودگی چشمه کارستی مبتنی بر سیمای بهره‌برداری و عوارض طبیعی: مطالعه موردی در محدوده مطالعاتی عجب‌شیر

مهدی سرائی تبریزی، حمید کاردان مقدم و فاطمه کرمی

دوره ۷، شماره ۱، بهار ۱۴۰۰، صفحات ۱۰۲-۸۸

Vol. 7(1), Spring 2021, 88-102

DOI: 10.22034/jewe.2020.251839.1438

Studying the Quality of Pollution of the Karst Spring Based on Exploitation and Natural Features in Ajabshir Study Area

Sarai Tabrizi, M., Kardan Moghadam, H. and Karami, F.



www.jewe.ir

OPEN ACCESS

ارجاع به این مقاله:

سرائی تبریزی م، کاردان مقدم ح و کرمی ف (۱۴۰۰) ارزیابی کیفیت آلودگی چشمه کارستی مبتنی بر سیمای بهره‌برداری و عوارض طبیعی: مطالعه موردی در محدوده مطالعاتی عجب شیر محیط‌زیست و مهندسی آب، دوره ۷، شماره ۱، صفحات: ۱۰۲-۸۸.

Citing this paper: Sarai Tabrizi, M, Kardan Moghadam, H. and Karami, F.(2021) Studying the quality of pollution of the karst spring based on exploitation and natural features in Ajabshir study area. Environ. Water Eng., 7(1), 88-102, DOI: 10.22034/jewe.2020.251839.1438.

مقاله پژوهشی

ارزیابی کیفیت آلودگی چشمه کارستی مبتنی بر سیمای بهره‌برداری و عوارض

طبیعی: مطالعه موردی در محدوده مطالعاتی عجب‌شیر

مهدی سرایی تبریزی^{۱*}، حمید کاردان مقدم^۲ و فاطمه کریمی^۳^۱استادیار گروه علوم و مهندسی آب، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران^۲استادیار پژوهشی، موسسه تحقیقات آب وزارت نیرو، تهران، ایران^۳دانشجوی دکتری، گروه علوم و مهندسی آب، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران*نویسنده مسئول: m.sarai@srbiau.ac.ir

تاریخ پذیرش: [۱۳۹۹/۰۹/۲۷]

تاریخ بازنگری: [۱۳۹۹/۰۹/۱۳]

تاریخ دریافت: [۱۳۹۹/۰۷/۱۷]

چکیده

چشمه‌ها به عنوان یکی از منابع آب زیرزمینی و تأمین کننده حجم بالایی از آبدهی پایه رودخانه‌ها کم‌تر مورد آنالیز و بررسی قرار گرفته‌اند. سرچشمه این منابع با توجه به عبور از ارتفاعات و صاف‌سازی طبیعی، دارای کیفیت مناسبی بوده و تنها برخی سازندها و یا فعالیت‌های انسانی سبب تغییر در کیفیت این منابع می‌شود. این پژوهش به ارزیابی کیفی چشمه‌های محدوده مطالعاتی عجب‌شیر در شرق دریاچه ارومیه در سال ۱۳۹۷ پرداخت. با توجه به نوع سازندهای زمین‌شناسی، آبدهی و موقعیت چشمه‌های منطقه، ۱۳ چشمه جهت آنالیز کیفی و ارزیابی تغییرات کیفی مورد تحلیل قرار گرفت. بررسی‌های انجام گرفته نشان داد که ۱۰۰٪ چشمه‌ها از نظر کیفیت شرب بسیار مناسب بوده و شاخص کیفی GQI نیز مابین ۳۳/۲۳-۹۵/۳۲ بوده و در وضعیت خوب تا عالی برای این منابع بود. از نظر بهره‌برداری در بخش کشاورزی تنها موضوع بالا بودن میزان هدایت الکتریکی ($6490 \mu\text{S}/\text{Cm}$ -۱۵۷) در برخی چشمه‌ها وجود داشته و قلیائیت کلیه چشمه‌ها بر اساس طبقه‌بندی ویلکوکس در کلاس S_1 بود. وضعیت کیفی از دیدگاه صنعت نیز حاکی از دامنه کم تغییرات بوده و ۷۷٪ چشمه‌های منطقه خاصیت خوردنگی داشتند. ارزیابی منشأ آب در این محدوده نیز حاکی از بالا بودن نسبت سدیم به کلر و تفاوت در منشأ کلسیم و سدیم بود، طوری که بخش‌های ابتدایی محدوده مطالعاتی و شرق محدوده دارای منشأ منیزیمی و مابقی دارای منشأ کلسیم بودند. در نهایت بررسی سازندهای زمین‌شناسی حاکی از تأثیر کم آن‌ها بر کیفیت بوده و غلظت بالای نیترات در بخش منتهی به دشت و آبخوان به علت فعالیت‌های انسانی و نشت فاضلاب مشهود و به میزان 27 mg/l می‌رسید.

واژه‌های کلیدی: چشمه؛ شاخص GQI؛ عجب‌شیر؛ کارست؛ منشأ آب؛ نیترات.



۱- مقدمه

یکی از منابع تأمین آب در مناطق کوهستانی چشمه می‌باشد که با توجه به نوع سازندهای زمین‌شناسی منطقه و میزان نزولات آسمانی میزان آبدهی متفاوت داشته و مهم‌ترین منبع تأمین‌کننده آب در این مناطق است (Javadi et al. 2019). آبدهی اغلب چشمه‌ها حاصل از تخلیه سفره آب ذخیره‌شده در لایه‌های نفوذناپذیر زیرزمینی در نواحی کوهستانی یا دره‌ای بوده و مظهر چشمه‌ها در رسوبات نفوذپذیر نظیر قلوه‌سنگ، ماسه‌سنگ و کنگلومرا بر روی رسوبات غیرقابل نفوذ پدید می‌آیند. مقدار، تغییرات دبی و نوع تشکیل چشمه‌ها بر اساس دما سبب تفاوت در نوع چشمه‌ها می‌شود. از سوی دیگر کاهش میزان نزولات آسمانی و توسعه‌های انجام‌گرفته سبب شده تا علاوه بر بحث کمیت آب، کیفیت آب چشمه‌ها نیز متأثر از فعالیت‌های انسانی شود. امروزه در بسیاری از مناطق روستایی چشمه‌ها به‌عنوان منبع اصلی و قابل‌اعتماد جهت تأمین آب شرب بوده ولیکن برخی مشکلات کیفی، اطمینان‌پذیری این منابع را کاهش داده است. پژوهشی در رابطه با تأثیرپذیری کیفیت منابع آب زیرزمینی از ساختار زمین‌شناسی در منطقه بالادست حوضه آبی‌چای انجام‌گرفته و نتایج به‌دست‌آمده از آزمایش‌های متغیرهای هیدروشیمی (کاتیون‌ها و آنیون‌های اصلی موجود در آب) با استفاده از دیاگرام‌های دایره‌ای و پایپر نوع آب‌ها، افزایش میزان املاح در مسیر جریان سفره زیرزمینی (سنگ‌های آذرین کوه‌پایه‌های سیلان و بزقوش تا غرب منطقه) و تغییرات شیمیایی را نشان داد. تبدیل نوع املاح آب از کلسیم بی‌کربنات به کلسیم و منیزیم کلرور را می‌توان به‌دلیل تغییر وجود سنگ‌های رسوبی و نهشته‌های تبخیری میوسن در غرب منطقه دانست (Karami and Bayati Khatibi 2012). در پژوهشی دیگر، رابطه موثر بودن وجود چندین گسل در منطقه عجب‌شیر و میزان افت‌وخیز سطح تراز و الگوهای متفاوت حرکت آب زیرزمینی در حوضه شهرچای با مرکزیت سیلوانه و در نتیجه امکان تغییر کیفیت منابع آب زیرزمینی با مثبت در نظر گرفتن عوامل طبیعی در ابتدا و تأیید نتیجه با خروجی مدل saw بررسی گردید. (Kiani and Yousefi 2012). بررسی منابع آب زیرزمینی حوضه آبریز دریاچه ارومیه نشان‌دهنده حجم قابل‌توجهی از جریانات پایه رودخانه‌ها از ذوب برف و آب چشمه‌ها در این مناطق می‌باشد. در چند دهه اخیر، عدم مدیریت صحیح منابع آبی

سطحی و زیرزمینی این حوزه آبریز مشکلات عدیده‌ای را به‌ویژه پایین آمدن سطح آب دریاچه و مشکلات کیفی آب به وجود آورده است (Hamzehkhani and Aghaie 2015). تحلیل نتایج آزمایش پارامترهای مهم فیزیکوشیمیایی و میکروبیولوژیکی نظیر هدایت الکتریکی، یون کادمیوم، اکسیژن نامحلول و عوامل میکروبیولوژیکی در پژوهش ارزیابی چشمه‌های طبیعی منطقه ۳ اسلام‌آباد- منطقه مورد مطالعه تپه‌های مارگالا در زمینه تأثیر کیفیت آب بر سلامتی افراد، کیفیت مطلوب ۱۵ نمونه از ۵ منبع مختلف در حد مجاز استاندارد WHO را در منطقه مذکور نشان داد (Batool et al. 2017). همچنین ارزیابی نتایج میزان پارامترهای دما، pH، کاتیون‌ها و آنیون‌های مهم، اکسیژن نامحلول و فلزات در چشمه‌های منطقه جنوب غربی اردن در طی ۶۰ Month نشان داد که نمونه‌ها بر طبق استاندارد WHO برای شرب موردقبول بوده‌اند (Al-Khashman et al. 2017). نکته مهم در رابطه با بررسی کیفیت پارامترهای فیزیکوشیمیایی نظیر دما، سختی، قلیائیت، کلر باقیمانده، EC و pH و میکروبیولوژی (استافیلوکوکوس اورئوس، سودوموناس آئروژینا، کلی‌فرم‌های تام و مدفوعی و انتروکوکوس‌های مدفوعی) حوضه‌های شای چشمه‌های آبگرم مشکین‌شهر، بالاتر بودن از میزان حد مجاز استاندارد برخی از این پارامترها است (Movassagh et al. 2018).

در پژوهشی دیگر، کیفیت هیدروژئوشیمیایی آب زیرزمینی از نظر شرب، کشاورزی و صنعت در حوضه سیاهو شهر بندرعباس مورد ارزیابی قرار گرفت و داده ورودی در این پژوهش، سه چاه عمیق، سه‌دهنه چشمه، یک‌رشته قنات آبدار و یک نمونه آب سطحی بوده و نرم‌افزارهای AqQa و AquaChem استفاده شدند. نتایج آزمایش‌های منابع آب خیلی سخت در منطقه می‌باشد که بر اساس نمودار پایپر^۱، هیدروشیمیایی منطقه از نوع سولفات کلسیم و کلرور سدیم، آب‌های زیرزمینی منطقه برای مصارف کشاورزی (در حد متوسط) و شرب (در حد قابل‌قبول) طبق شاخص‌های کیفی ویلکوکس^۲ و شولر^۳ و از نظر ضریب اشباع لانتلیه (SI)، منابع آبی موجود خورنده تا رسوب‌گذار طبقه‌بندی می‌شوند. نتیجه دیگر کاهش کیفیت آب به‌علت تأثیر سازندهای

^۱Piper^۲Wilcox^۳Schuller

زمین‌شناسی (تبخیری، شیلی و کربناتی) و گنبد نمکی و نیز افزایش نمک و مواد محلول در منابع آب زیرزمینی است (Gholamdokht Bandari et al. 2018).

در دهه‌های اخیر به دلیل مصرف بیش از حد آب آشامیدنی شامل برخی ترکیبات غیرآلی مانند نیتريت و نترات و امکان تبدیل به نیتروزآمین (ماده سرطان‌زا) و به‌طور عمده متأثر از ژئوشیمی محل، حلالیت بالا، تخلیه زائادات حاصل از فعالیت انسانی به‌خصوص فاضلاب و نشت به منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی، میزان مرگ‌ومیر سالانه در اثر سرطان افزایش یافته و سومین عامل کاهش جمعیت معادل ۱۳٪ و به‌طور تقریبی سالانه ۷ میلیون نفر و دومین گروه بزرگ از بیماری‌های مزمن غیرقابل انتقال در ایران می‌باشد. در پژوهشی در محدوده جغرافیایی لارستان، پتانسیل بروز سرطان مثانه بر اثر نترات موجود در آب آشامیدنی مورد بررسی قرار گرفته است (Salehifard and Eskandari 2019). همچنین مواد شیمیایی خطرناک محیطی مورد استفاده در آفت‌کش‌ها نظیر هیدروکربن‌های کلردار و کودهای شیمیایی و نفوذ به منابع آب زیرزمینی و چشمه‌ها (منابع اصلی تأمین آب در مناطق روستایی)، سبب بیماری‌هایی نظیر کاهش باروری در مردان و زنان می‌گردد (Sarvari et al. 2010). شایان ذکر است برداشت بی‌رویه منابع زیرزمینی آب، افت سطح تراز آبی و در نتیجه نفوذ آب شور به سفره آب شیرین دشت عجب‌شیر موضوع تحقیق شاخص کیفی آب زیرزمینی بوده که نتایج آنالیز ۱۰ پارامتر شیمیایی کلسیم، سدیم، منیزیم، پتاسیم، سولفات، بیکربنات، کلراید، هدایت الکتریکی، کل جامدات محلول و سختی کل در ۱۵ حلقه چاه نشان‌دهنده مقدار شاخص کیفی قابل قبول و رده متوسط با میزان ۶۱ الی ۸۱ در قسمت شمال شرقی به جنوب غربی دشت و سایر مناطق است. از دیگر نتایج تحلیل حساسیت مدل به روش حذف تک نقشه، حساسیت بیش‌تر شاخص کیفی نسبت به پتاسیم می‌باشد (Abbasi et al. 2019). از دیگر نتایج به‌دست آمده از پژوهش‌های انجام گرفته در دشت ارومیه، کیفیت مناسب منابع آب زیرزمینی (۷۴ - ۹۵٪) از نظر استاندارد آب آشامیدنی می‌باشد (Abbasnovinpour and Aeeef 2020). مطالعات انجام شده نشان می‌دهد که کیفیت آب در چشمه‌ها بسیار حساس بوده و عوامل مهمی در آن تأثیر دارند. در این پژوهش، با در نظر گرفتن محدودیت افزایش تصاعدی

هزینه‌های آنالیز کیفی نمونه‌ها در اثر تحریم‌های چند سال اخیر، تعداد نمونه‌های آب چشمه‌های نزدیک بهم در سازندهای مشابه به‌میزان حداقل در نظر گرفته شده و به موازات تحلیل تغییرات کمی و کیفی پارامترهای آب در ۱۳ چشمه در محدوده مطالعاتی عجب‌شیر، خصوصیات زمین‌شناسی منطقه و تأثیر سازندهای کارستی بر میزان آبدهی و کیفیت آب، نقش این سازندها با توجه به کاربری اراضی منطقه نیز مورد آنالیز قرار گرفت. شایان ذکر است تاکنون بررسی‌های متعددی در رابطه با کیفیت هیدروشیمیایی آب در کل منطقه انجام گرفته است لیکن به-دست آوردن شاخص کیفی GQI با توجه به تأثیر سازندهای زمین‌شناسی کم‌تر مورد توجه بوده است.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

چشمه‌های نواحی مناطق کارستی حوضه آبریز اصلی دریاچه ارومیه واقع در استان‌های آذربایجان شرقی، غربی و کردستان با اختلاف ارتفاع موجود ۲۵۷۶ m با میانگین بارندگی ۳۹۸ mm بین مدار ۴۰' ۳۵° تا ۲۹' ۳۹° عرض شمالی و نصف‌النهار ۴۴° ۱۳' تا ۴۷° ۵۳' طول شرقی، مهم‌ترین منابع تأمین آب شرب و تأمین‌کننده بخش اعظمی از جریان پایه رودخانه‌های منطقه می‌باشند (Ghorbani Aghdam et al. 2012). دریاچه ارومیه در پایین‌ترین نقطه حوضه و مساحت بیش از ۳٪ از ایران و در مجموع از ۶۰ رودخانه که شامل ۲۱ رودخانه دائمی یا فصلی و ۳۹ رودخانه دوره‌ای تأمین آب می‌شود. یکی از مناطق مشرف بر دریاچه ارومیه، محدوده مطالعاتی عجب‌شیر با وسعت حدود ۸۹ km² در شرق دریاچه با طول جغرافیایی بین مدار ۴۵° ۵۱' تا ۴۵° ۵۶' شرقی و عرض جغرافیایی ۳۷° ۲۳' تا ۳۷° ۳۰' شمالی، با متوسط ارتفاع ۱۳۳۰ m و اقلیم نیمه‌خشک طبق طبقه‌بندی دومارتن، است. در شکل (۱) موقعیت محدوده مطالعاتی نشان داده شده است (Abbasi et al. 2019).

۲-۲- زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه

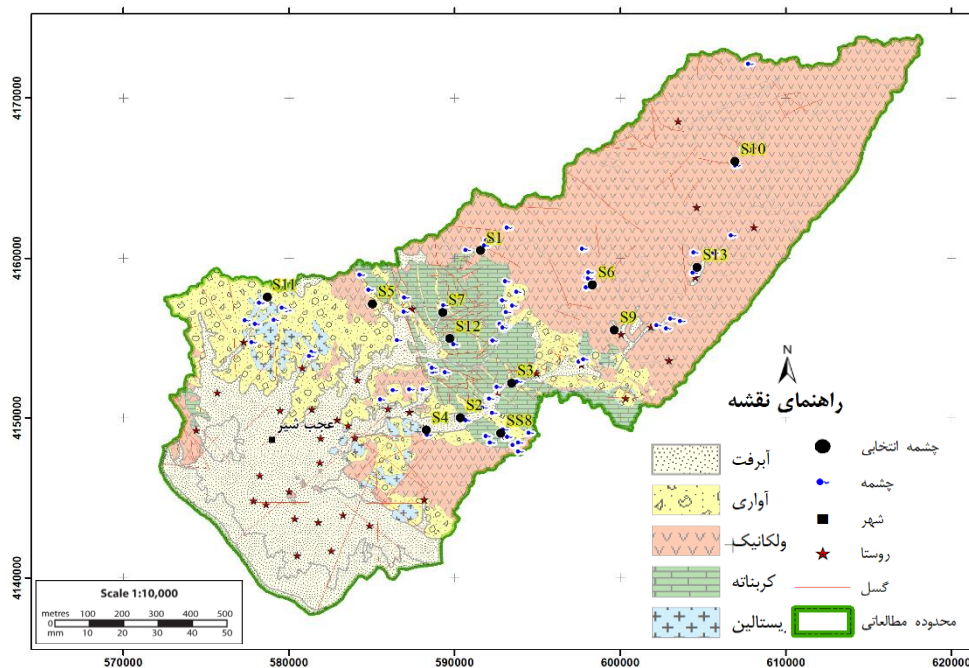
این محدوده مطالعاتی دارای ۹۳ حلقه چشمه است که جهت تأمین منابع آب شرب ساکنین محل و روستاهای منطقه مورد استفاده قرار می‌گیرند. این چشمه‌ها بر اساس موقعیت، نوع سازند و میزان آبدهی بر اساس روش حجمی در



بخش‌های مختلف محدوده مطالعاتی انتخاب گردید. در شکل (۱) موقعیت این چشمه‌ها و در جدول (۱) خصوصیات آن‌ها ارائه شده است.

بررسی موقعیت چشمه‌های منطقه نشان می‌دهد که بخش اعظمی از چشمه‌های این محدوده در بخش‌های شمالی این محدوده در سازندهای Ngc و Ngb واقع شده‌اند. این سازندها از سنگ‌های آذرآواری، کنگلومرا، آگلومرا، برش‌های آندزیت، لاهار، توف و عدسی‌هایی از گدازه‌های جریانی پیروکسن و آندزیت تشکیل شده است. بخش میانی محدوده مطالعاتی شامل چشمه‌های متمرکزی است که در سازندهای

Pr و K11 قرار داشته و تعدادی از این چشمه در خروجی آبرفتی منطقه واقع شده است. دو سازند روته (Pr) و تیزکوه (K11) از سازندهای کارستی منطقه بوده که منبع قوی برای تغذیه چشمه‌های این منطقه است. سازند تیزکوه مربوط به دوران کرتاسه، از آهک‌های ضخیم لایه خاکستری تشکیل شده و روی آهک‌های لار قرار دارد. سازند روته از آهک‌های خاکستری تا کرم مایل به خاکستری، نازک تا متوسط لایه تشکیل شده است و گاهی بخش‌هایی از آن دولومیتی است.



شکل ۱- موقعیت چشمه‌های منتخب منطقه

Fig. 1 Location of selected springs in the region

جدول ۱- خصوصیات چشمه‌های نمونه‌برداری شده منطقه مورد مطالعه

Table 2 Characteristics of sampled springs in the study area

UTM Y	UTM X	آبدهی (l/s)	نام چشمه	کد چشمه	UTM Y	UTM X	آبدهی (l/s)	نام چشمه	کد چشمه
4149064	592789	1	بختیار بولاغی	S8	4160471	591570	0.5	جمعه بولاغی چنار	S1
4155505	599640	1	قره چی بولاغی ینگجه	S9	4150021	590354	1.5	شورسو گنبد	S2
4166032	606937	0.5	قلی زاده	S10	4152179	593465	50	زاویه بندی	S3
4157551	578702	1	داش بولاغ	S11	4149252	588307	4	کند بولاغی صومعه	S4
4154961	589728	0.5	شوربالی گوزه	S12	4157127	585044	1	چمبر آغاجی بوکت	S5
4159417	604649	3	ایستی بولاغ قوزولجه	S13	4158319	598328	0	قلی باغ چشمه سی ینگجه	S6
-	-	-	-	-	4156595	589296	4	آبیاری دیزج	S7

۲-۳- روش مطالعه

با توجه به نقش عوامل طبیعی، انسانی و ارائه موضوعات علم ارتباط پراکندگی بیماری‌ها با مناطق جغرافیایی مبحث ثابت‌شده، ریشه‌دار و پایه رشته تخصصی سیستم اطلاعات جغرافیایی پزشکی (GIS) توسط دانشمندان مک‌گلاشن و

ملوین هو) در کیفیت آب، ارزیابی کیفی چشمه‌های منطقه از سه دیدگاه انجام گرفت (Salehifard and Eskandari, 2019). در جدول (۲) ارتباط بین مقادیر برخی پارامترهای آب شرب با بیماری‌ها ارائه شده است.

جدول ۲- استانداردهای ملی ایران و جهان برای آب مصرفی و عوارض ناشی از نامناسب بودن آب (Entezari et al. 2014)

Table 2 Standards of water and water and water supply (Entezari et al. 2014)

Parameter	Maximum and Allowable Level	Adverse Effects
Total Dissolved Solids	۱۵۰۰ mg/l (استاندارد ملی ایران)	مشکلات قلبی و عروقی، بیماری‌های کلیوی و کبدی، استخوانی و اسکلتی، امراض مخاطی و سرطان، تیروئید و بروز مشکلات ظاهری
Total Hardness	۵۰۰ mg/l (استاندارد ملی ایران)	بیماری‌های کلیوی، قلبی و عروقی، سرطان‌های مری، معده و افزایش فشارخون و نیز بیماری‌های آرترئواسکلروزیس، هیپرتنسیون و مرگ‌های ناگهانی و سنگ‌سازی در کلیه و مثانه در افراد حساس
Chlorine	آب آشامیدنی ۵ mg/l مطلوب تا ۲۵۰ mg/l مجاز ۴۰۰ mg/l (WHO, 2011, 323)	کلر باقیمانده در ترکیب با مواد آلی موجود در آب، تشکیل ترکیباتی به نام تری-هالومتان‌ها می‌دهد. امروزه سرطان‌زایی آن‌ها به اثبات رسیده و باعث بروز سقط‌جنین، بیماری‌های چشمی و مغز و اعصاب می‌شود.
Sodium	کمتر از ۲۰ mg/l (WHO, 2011, 417) در شرایط اضطراری حداکثر مقدار مجاز ۲۰۰ mg/l (مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ۱۳۸۹-۷۰)	در غلظت‌های بالای این پارامتر امکان بروز مشکلات قلبی برای انسان وجود دارد. افزایش سطح سدیم در خردسالان منجر به صدمه نورگیلیایی می‌شود و در پاره‌ای موارد باعث مرگ لحظه‌ای در خردسالان خواهد شد، به‌علاوه رژیم بالای کلرید سدیم می‌تواند منجر به افزایش فشارخون و بروز مشکلاتی نظیر نازک شدن دیواره سرخرگ‌های کوچک و پارگی آن‌ها، صدمه به مغز و چشم و غیره گردد.
CaSO ₄ and MgSO ₄	کمتر از ۰/۰۰۹ mg/l (WHO, 2011, 417) استانداردهای بین‌المللی آب آشامیدنی حداکثر ۲۵۰ mg/l است (مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ۱۳۸۹-۷۰)	سولفات سدیم و منیزیم به‌عنوان مسهل به کار می‌روند. همچنین وجود سولفات در آب باعث بروز اسهال به‌ویژه در کودکان می‌شود. در آب هم سولفید هیدروژن باعث طعم و بوی نامطبوع شده و حضور آن یکی از علل مهم اعتراض مصرف‌کنندگان است.

به‌منظور ارزیابی وضعیت کیفی چشمه‌های منطقه، در سال ۱۳۹۷، تعداد ۱۳ چشمه به‌عنوان منتخب جهت آنالیز شیمیایی برداشت گردید. در مرحله نمونه‌برداری، بطری‌ها قبل از برداشت با نمونه آب مذکور چند مرتبه پر و خالی شده و از هر محل یک نمونه برداشت شد. پارامترهای فیزیکی از قبیل دما، pH و EC در محل نمونه‌برداری در منطقه توسط مولتی متر مدل Extech اندازه‌گیری شد. جهت آنالیز سایر موارد نظیر میزان TH، آنیون‌ها و کاتیون‌های کلر و نیترات، نمونه‌ها در دمای ۴ °C به آزمایشگاه منتقل گردید. سختی آب با اندازه‌گیری‌های آزمایشگاهی و روش تیتراسیون به‌وسیله محلول EDTA (اتیلن دی‌آمین تترا استیک اسید) تعیین گردید. سپس جهت بررسی وضعیت کیفی منابع آب و چشمه‌های مورد بهره‌برداری برای مصارف شرب از دیالیز شولر، مصارف کشاورزی از دیالیز ویلکوکس

و برای مصارف صنعت بر اساس شاخص رسوب‌گذاری-خوردندگی استفاده گردید و در نهایت با استفاده از شاخص کیفی GQI^۱ طبقه‌بندی کیفی انجام گرفته و پارامترهای موثر مورد ارزیابی قرار گرفت. این شاخص شامل ترکیب و وزن‌دهی ۱۰ پارامتر کیفی موثر آب شرب (کلرید، سدیم، کلسیم، سختی، اسیدیته، بی‌کربنات، سولفات، نیترات، منیزیم و TDS) می‌باشد. شاخص کیفی GQI در سال ۲۰۱۷ جهت بررسی کیفیت آب ارائه شد (Abbasnovinpour and Aeeef, 2020). این روش شامل تغییر مکانی اندازه‌گیری‌ها، تبدیل‌های چند مرتبه‌ای داده‌های کیفیت آب زیرزمینی به صورت مقدار رتبه‌بندی شاخص کیفیت آب زیرزمینی به‌وسیله تهیه نقشه‌های غلظت برای هر پارامتر از داده‌های نقطه‌ای و با روش درون‌یابی (مبتنی بر روش آماری) است.

¹Groundwater Quality Index

چشمه‌های سازندهای سخت ارزیابی شد. با استفاده از شاخص GQI در جدول (۳) وزن‌دهی این پارامتر و در جدول (۴) کلاس‌بندی آب تعیین شده است.

جدول ۳- مقادیر استاندارد پارامترهای اصلی در کیفیت آب شرب و وزن‌های اختصاص‌یافته آن‌ها (ISIRI 1053., 2016)

Table 2 Standard values of the main parameters in drinking water quality and their assigned weights (ISIRI 1053., 2016)

Normalized Weighth	Weight h	Iran Standard 1053 (mg/l)	Parameter
0.05	1	150	TH
0.05	1	200	Na
0.05	1	50	Mg
0.05	1	75	Ca
0.14	3	200	SO ₄
0.09	3	200	Cl
0.09	3	250	HCO ₃
0.14	3	7	pH
0.14	3	500	TDS
0.23	5	50	NO ₃

سپس به منظور تعیین منشأ آب با توجه به پارامترهای کیفی در چشمه‌ها از نمودارهای ترکیبی Mg-Ca، Na-Cl، HCO₃+SO₄ در مقابل Ca+Mg استفاده شد. از این نمودارها پراکنش منبع اصلی یون کلراید و سدیم، منبع ایجاد کلسیم و منیزیم و منشأ آب از نظر سنگ‌های دارای عناصر مثل آهن، دولومیت، بیوتیت، سیلیکات‌های کلسیم و منیزیم و انیدریت و غیره استفاده می‌گردد. بررسی تغییرات کیفی چشمه‌ها در سازندهای سخت منطقه به وسیله تحلیل و آنالیز هیدروژئوشیمیایی وضعیت آبدی در مقابل پارامترهای کیفی با توجه به پراکنش سازندها از طریق نمونه‌گیری آب انجام می‌گیرد.

جدول ۴- گروه‌بندی کیفیت آب شرب بر اساس شاخص کیفی (Dashti Barmaki et al. 2014)

Table 4 Grouping of drinking water quality based on quality index (Dashti Barmaki et al. 2014)

GQI	Quality
<50	Excellent
50-100	Good
100-200	Fair
200-300	Bad
200-400	Too Bad
>400	Non-Drinkable

سپس داده‌ها به صورت نرم جهانی با استفاده از شاخص اختلاف نرمالایز شده طبق رابطه (۱) محاسبه می‌شود.

$$C = (X' - X) / (X' + X) \quad (1)$$

که، X' غلظت اندازه‌گیری شده در هر سلول در نقشه اولیه، X مقدار استاندارد مطلوب آن (WHO یا ISIRI) می‌باشد. محاسبه با اندازه‌گیری مقدار شاخص آلودگی (نسبت بین غلظت اندازه‌گیری شده آلاینده و حداکثر سطح آلاینده قابل پذیرش) در محدوده بین ۱- تا ۱ برای هر سلول، در نهایت تبدیل شاخص آلودگی به یک نقشه رتبه‌بندی با محدوده بین ۱ تا ۱۰ (رتبه ۱ نشان‌دهنده کم‌ترین و رتبه ۱۰ بیش‌ترین تأثیر آب زیرزمینی) انجام می‌شود. در نقشه جدید، کم‌ترین سطح شاخص آلودگی ۱- برابر با ۱، سطح حد واسط ۰ برابر با ۵ و بیش‌ترین سطح ۱ معادل با ۱۰ است (رابطه ۲).

$$r = 0.5C^2 + 4.5C + 5 \quad (2)$$

که، C در این معادله، مقدار شاخص آلاینده برای هر سلول و r مقدار رتبه مربوط به آن است. مقدار شاخص GQI از رابطه (۳) به دست می‌آید.

$$GQI = 100 - (r_1W_1 + r_2W_2 + \dots + r_nW_n / N) \quad (3)$$

که، r میزان نقشه رتبه‌بندی محدوده ۱ تا ۱۰؛ W وزن نسبی پارامترها؛ و N تعداد کل پارامترهای استفاده‌شده در تحلیل‌ها می‌باشد (Alexander et al. 2017). البته شاخص‌های کیفی دیگر نظیر water quality indices (WQI) می‌تواند در تعیین کیفیت منابع آبی موثر باشد. به عنوان نمونه تحقیقاتی در جنوب غربی دهلی نو در هندوستان (Acharya et al. 2018) و دو دهکده بارواری بالا در منطقه دوهوک و منطقه کردستان عراق (Ameen 2019) با هدف بررسی کیفی آب شرب و مدیریت نحوه تصفیه آب با آنالیز پارامترهای شاخص مهم انجام گرفته است.

البته این روش پژوهشی در چند پژوهش کاربردی دیگر نظیر استفاده از شاخص GQI و فازی (FGQI) بر روی نمونه‌های دو فصل بارشی در جنوب هند با اندازه‌گیری ۱۰ پارامتر و با نتیجه نامناسب بودن ۶۰٪ نمونه‌ها جهت شرب در مناطق شرقی و جنوبی در قبل و بعد از باران‌های موسمی مورد استفاده قرار گرفته است (Jha et al. 2020). در دیدگاه دوم وضعیت منشأ آب با توجه به کاتیون‌ها و آنیون‌های موجود مورد تفسیر قرار گرفته و در دیدگاه سوم تغییرات کیفی در

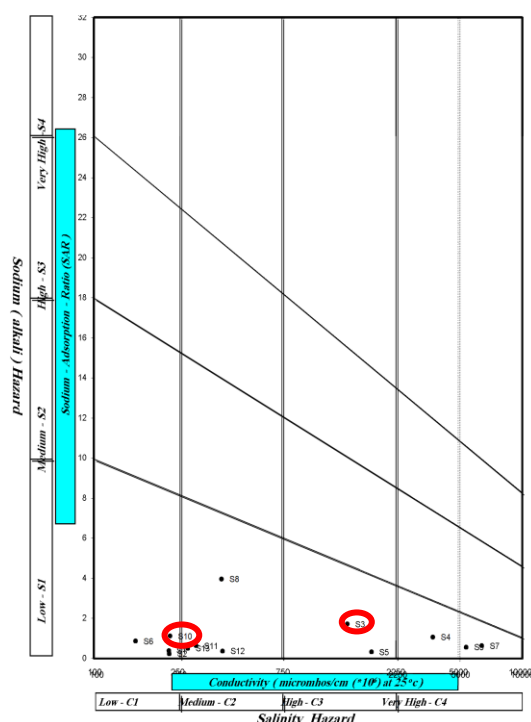


۳- یافته‌ها و بحث

۳-۱- کیفیت چشمه جهت بهره‌برداری

به‌منظور ارزیابی وضعیت کیفی چشمه‌ها جهت مصارف شرب از دیاگرام شولر استفاده گردید. این نمودار نیمه لگاریتمی، غلظت یون‌های اصلی را برحسب میلی‌گرم در لیتر (mg/l)، نشان داده و طبق پارامترهای شیمیایی سدیم، کلر، سولفات،

باقیمانده خشک (TDS) و سختی، آب شرب مصرفی را در ۶ گروه خوب، قابل‌قبول، متوسط، نامناسب، کاملاً نامطبوع و غیرقابل‌شرب تقسیم می‌کند (Asgharimoghdam et al. 2015). لذا بر این اساس با توجه به نمونه‌برداری کیفی چشمه‌های منطقه مطابق شکل (۳)، کیفیت آب جهت بهره‌برداری در وضعیت خوب تا قابل‌قبول قرار دارد.



شکل ۳- تحلیل وضعیت بهره‌برداری براساس دیاگرام‌های شولر و ویلکوکس

Fig. 3 Analysis of the exploitation situation based on Schoeller and Wilcox Diagrams

گردید که دو چشمه S10 و S3 رسوب‌گذار بوده و مقدار شاخص رسوب‌گذاری این دو چشمه نیز به نسبت پائین است. تحلیل نتایج کیفیت آب در چشمه حاکی از تنوع شوری در آب چشمه‌ها بوده ولی از نظر قلیائیت آب در کلیه چشمه‌ها در کلاس S1 قرار دارد. این موضوع حاکی از وجود سازندهای شور در منطقه بوده و تأثیر شوری نسبت به کاتیون‌های منطقه کمتر است. با توجه به نتایج به دست آمده از تحلیل کیفیت منابع آب ۱۳ چشمه انتخابی در محدوده مطالعاتی عجب‌شیر، شاخص GQI مطابق جدول (۶) محاسبه گردید. نتایج حاکی از کیفیت مناسب آب چشمه‌ها جهت بهره‌برداری است.

از دیاگرام ویلکوکس برای سنجش وضعیت کیفی آب چشمه برای مصارف کشاورزی استفاده شد. این دیاگرام بر اساس هدایت الکتریکی آب (EC) و نسبت جذب سدیم (SAR) طبقه‌بندی مصارف را مورد بررسی قرار می‌دهد و نیز می‌توان به‌وسیله آن آب‌های محدوده مطالعاتی را تا ۱۶ رده مختلف طبقه‌بندی کرد. بهترین نوع آب C1S1 و نامطلوب‌ترین آب جهت آبیاری و فعالیت‌های کشاورزی C4S4 می‌باشد (Asadzadeh et al. 2017). در جدول (۵) طبقه‌بندی کیفیت آب برای مصارف کشاورزی ارائه شده است. دیاگرام ویلکوکس برای چشمه‌های منتخب مطابق شکل (۳) ارائه شده است. همچنین به‌منظور ارزیابی وضعیت کیفیت آب چشمه‌ها برای مصارف صنعتی مطابق جدول (۵) مشخص

جدول ۵- طبقه‌بندی کیفیت آب برای مصارف کشاورزی و صنعت

Table 5 Classification of water quality for agricultural and industrial uses

کیفیت آب برای مصارف صنعتی	pHs- pH	کیفیت بر اساس RSC	RS C	کیفیت آب برای کشاورزی	کلاس آب	EC (ds/m)	SA R	علامت اختصار ی	محل نمونه‌برداری
خورنده	0.8	مناسب - صنعت	- 0.03	شیرین - کاملاً بی‌ضرر	C1-S1	224	0.38	S1	جمعه بولاغی چنار
خورنده	0.9	مناسب - صنعت	0.13	شیرین - کاملاً بی‌ضرر	C1-S1	225	0.23	S2	شورسو گنبد
رسوب‌گذار	-0.2	مناسب - صنعت	- 2.96	شور - قابل استفاده برای کشاورزی	C3-S1	1527	1.71	S3	زاویه بندی
متعادل	0	مناسب - صنعت	- 3.33	خیلی شور - برای کشاورزی نامناسب	C4-S1	3830	1.06	S4	کند بولاغی صومعه
خورنده	0.7	مناسب - صنعت	- 0.65	شور - قابل استفاده برای کشاورزی	C3-S1	1979	0.32	S5	چمبر آغاجی بوکت
خورنده	0.2	مناسب - صنعت	- 0.58	شیرین - کاملاً بی‌ضرر	C1-S1	157	0.86	S6	قلی باغ چشمه سی بنگجه
خورنده	1	مناسب - صنعت	0.33	خیلی شور - برای کشاورزی نامناسب	C4-S1	6490	0.63	S7	آبیاری دیزج
خورنده	0.1	مناسب - صنعت	0.96	کمی شور - مناسب برای کشاورزی	C2-S1	395	3.96	S8	بختیار بولاغی
خورنده	0.5	مناسب - صنعت	0.54	خیلی شور - برای کشاورزی نامناسب	C4-S1	5480	0.56	S9	قره چی بولاغی ینگجه
رسوب‌گذار	-0.3	مناسب - صنعت	0.2	شیرین - کاملاً بی‌ضرر	C1-S1	227	1.11	S10	قلی زاده
خورنده	0.2	مناسب - صنعت	- 0.78	کمی شور - مناسب برای کشاورزی	C2-S1	300	0.63	S11	دانش بولاغ
خورنده	1.3	مناسب - صنعت	- 1.32	کمی شور - مناسب برای کشاورزی	C2-S1	400	0.37	S12	شوربالی گوزه
خورنده	1	مناسب - صنعت	0.14	کمی شور - مناسب برای کشاورزی	C2-S1	275	0.51	S13	ایستی بولاغ قوزولجه

جدول ۶- ارزیابی شاخص کیفی GQI

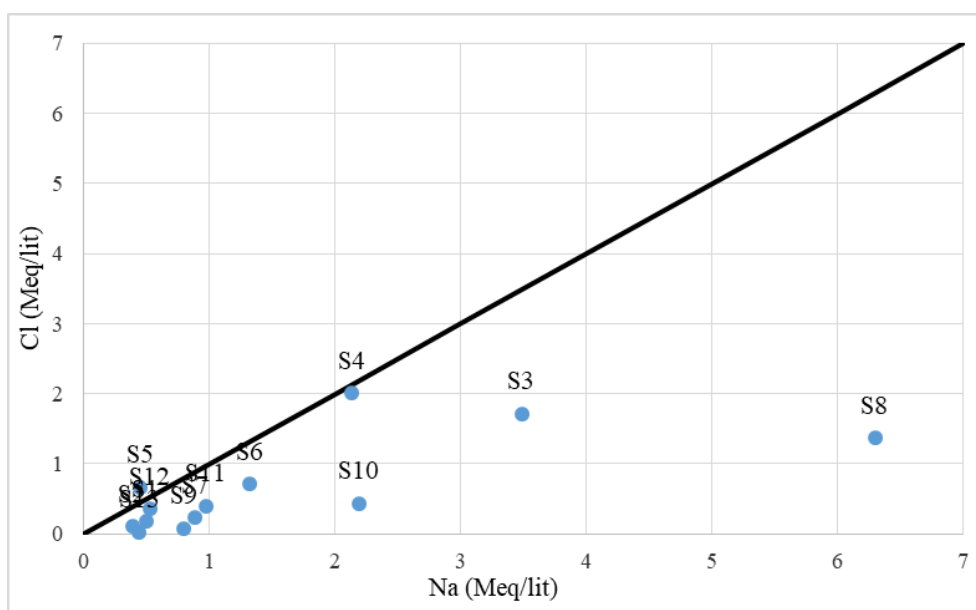
Table 6 Evaluation of GQI quality index

پارامتر شیمیایی	TH	Na	Mg	Ca	SO ₄	Cl	HCO ₃	pH	TDS	NO ₃	GQI	کیفیت
استاندارد ۱۰۵۳	150	200	50	75	200	200	250	7	500	50		
وزن نرمال شده	0.05	0.05	0.05	0.05	0.14	0.09	0.09	0.14	0.14	0.23		
S1	7.97	0.26	0.82	3.34	0.42	0.29	7.71	14.81	6.46	0.37	42.44	عالی
S2	18.53	0.20	1.89	4.81	2.09	0.17	12.94	14.42	11.86	3.21	70.11	خوب
S3	6.40	1.82	3.84	5.86	18.12	2.76	10.91	14.81	22.51	7.57	94.59	خوب
S4	10.30	1.12	3.56	5.82	12.97	3.24	9.89	14.61	19.80	10.25	91.55	خوب
S5	10.79	0.24	1.24	3.39	2.05	1.08	7.27	15.19	8.40	5.76	55.40	خوب
S6	5.18	0.19	0.61	3.01	0.36	0.06	7.27	15.19	5.66	0.39	37.92	عالی
S7	33.14	0.47	1.12	3.52	1.27	0.37	9.45	14.03	7.85	0.42	71.65	خوب
S8	9.56	3.29	3.17	2.63	12.28	2.21	9.45	14.42	22.82	7.16	86.99	خوب
S9	14.42	0.42	1.14	3.64	0.95	0.13	10.18	14.81	8.05	0.46	54.19	خوب
S10	30.45	1.15	3.78	5.33	2.98	0.70	17.89	15.39	17.64	0.02	95.32	خوب
S11	32.42	0.51	1.38	4.34	2.90	0.64	9.02	15.39	10.35	0.85	77.80	خوب
S12	10.73	0.28	0.73	4.12	2.76	0.57	6.11	13.83	7.33	12.53	58.99	خوب
S13	7.97	0.23	0.46	1.34	0.48	0.04	3.71	15.39	3.28	0.33	33.23	عالی

۳-۲- تعیین منشأ آب از نظر تأثیرگذاری بر کیفیت

برای ارزیابی منشأ کیفیت آب چشمه‌های ۱۳ گانه انتخابی از نمودارهای ترکیبی استفاده می‌گردد. در مطالعات هیدروژئوشیمی جهت تشخیص نوع فرایندهای شیمیایی، تعیین منشأ و اختلاط آب‌ها از نمودارهای ترکیبی یا دو متغیره استفاده می‌گردد. با توجه به اینکه منشأ اصلی یون کلر در منابع آب زیرزمینی، اتمسفر است و غلظت آن به‌طور وسیعی توسط میزان آب از دست‌رفته به‌وسیله تبخیر قبل از وارد شدن به زون اشباع کنترل می‌گردد لذا ارزیابی غلظت آن بسیار حائز اهمیت است. یون کلر از انحلال هالیت (NaCl) و نیز سنگ‌های رسی و شیلی وارد آب‌های زیرزمینی می‌گردد (Anonymous, 2010). منبع اصلی یون سدیم علاوه بر هالیت شامل آب دریا، بارش، چشمه‌های هیدروترمال، شورابه‌ها، بعضی از سیلیکات‌های سدیم مثل پلاژیوکلاز (آلبیت)، نفلین و کانی سدیم‌دار کمیاب از جمله کربنات سدیم (NaHCO_3) است (Al-Khashman et al., 2017). به‌منظور شناسایی منشأ یون کلر از نمودار ترکیبی Na-Cl استفاده می‌گردد (Mahmoodlu et al., 2019). مطابق شکل (۴) نتایج نشان می‌دهد که اکثر نمونه‌ها در زیر خط ۱:۱ قرار دارند و این موضوع حاکی از چند برابری نسبت سدیم به کلر بر اثر انحلال سیلیکات‌های سدیم‌دار و آلبیت و انجام تبادل یونی است.

شاخص GQI در چشمه‌های منطقه نشان داد که وضعیت کیفیت آب جهت بهره‌برداری مناسب بوده و سه چشمه S1، S6 و S13 بهترین کیفیت را از نظر بهره‌برداری دارند. بررسی مکانی این چشمه‌های نشان داد که حوضه آبرگیر این چشمه‌ها در سازندهای Ngb ولکانیک قرار داشته و با توجه به تأثیر کمتر این سازند بر شور شدن آب باعث خروج آب با کیفیت مناسب از این چشمه‌ها می‌شود. قابل‌ذکر است حدود استاندارد کیفی آب در بستر یا جایگاه طبیعی معین‌شده و تعیین استانداردها و حدود مجاز برای پارامترهای موردبررسی و نیز روش‌های مختلف استفاده از منبع آب برای کاربری‌هایی نظیر شرب یا کشاورزی پس از برداشت از منبع آبی در هر مورد بر عهده نهاد یا سازمان مسئول مربوطه (وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی، سازمان ملی استاندارد ایران و دفتر امور پایش فراگیر سازمان حفاظت محیط‌زیست) می‌باشد و در این‌گونه موارد استاندارد کاربرد ندارد و ممکن است به‌عنوان راهنما موردتوجه قرار گیرند (ISIRI 1053, 2016). لازم به ذکر است در پژوهش بررسی شاخص کیفی آب زیرزمینی (GQI) در منطقه اردکان با اندازه‌گیری ۱۲ پارامتر از ۸۰ نمونه آب چاه و مقدار کاهش شاخص (مقایسه از سال ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۴) از ۸۷ به ۸۱ به‌ویژه در پارامترهای EC، TDS و TH با روش کرجینگ، شاخص کیفی GQI در منابع آبی در طول زمان ۹ ی‌ت کاهش‌یافته است (Derakhshan et al., 2015).

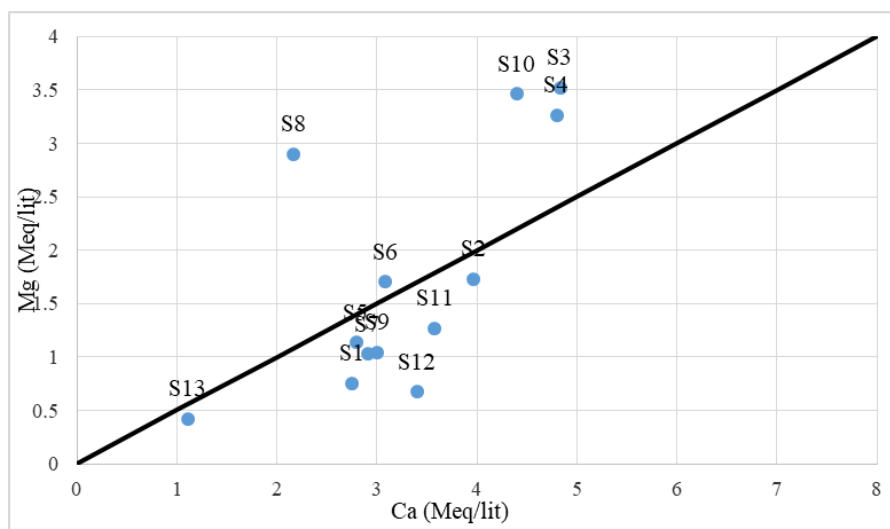


شکل ۴- نمودار ترکیبی Na-Cl

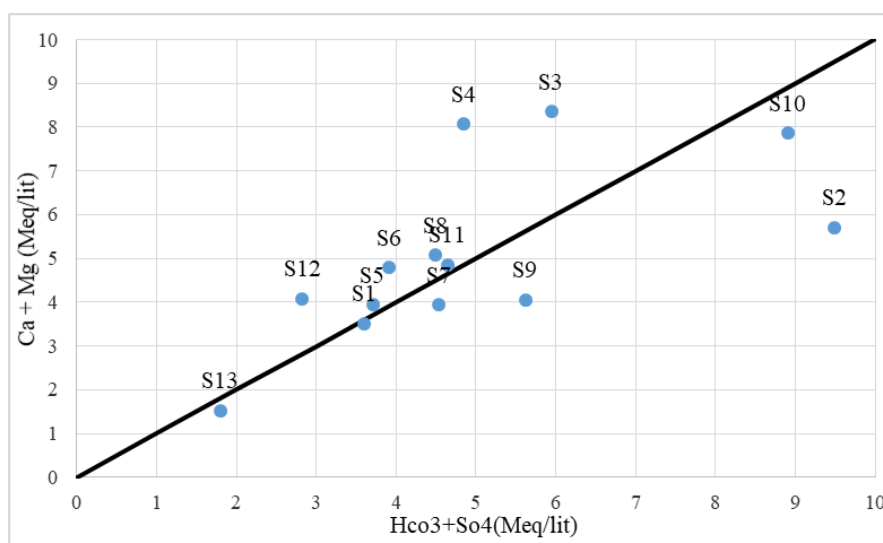
Fig. 4 Na-Cl composition diagram

مهم‌ترین منابع ایجادکننده یون کلسیم در آب در منابع آب زیرزمینی ناشی از کلسیت، دولومیت و سیلیکات‌های کلسیم‌دار است و نیز آب زیرزمینی با شوری زیاد (TDS >500 mg/l) سبب آزاد شدن یون‌های کلسیم و منیزیم در آب و جذب سدیم توسط رس (فرآیند تبادل یونی وارونه) می‌گردد. مهم‌ترین منشأ یون منیزیم نیز در منابع آب زیرزمینی دولومیت، سیلیکات‌های منیزیم‌دار است. همچنین اصلی‌ترین منشأ برای مقادیر زیاد یون کلسیم و منیزیم در منابع آب زیرزمینی انحلال کلسیت و دولومیت است که از نسبت کلسیم به منیزیم برای شناسایی سازندهای آهکی از سازندهای دولومیتی استفاده می‌شود. اگر نسبت کلسیم به

منیزیم در آبخوان‌های کارستی بین ۰-۲ باشد، سازند دولومیتی و چنانچه این نسبت از ۲ بیش‌تر باشد، سازند آهکی است. هر چه نسبت کلسیم به منیزیم بیشتر باشد سنگ‌آهک خالص‌تر است (Mahmoodlu et al. 2019). بدین منظور از نمودار Ca-Mg برای طبقه‌بندی چشمه‌ها مطابق شکل (۵) استفاده می‌شود. بر این اساس چشمه‌هایی که زیر خط ۱:۲ قرار دارند از سنگ‌های کلسیم‌دار از جمله کربنات کلسیم نشات گرفته‌اند و چشمه‌هایی که بالای خط قرار دارند از منیزیم بالاتری برخوردارند که انحلال کانی‌های منیزیم‌دار از جمله دولومیت و تهنشت کلسیت ناشی می‌گردد.



شکل ۵- نمودار ترکیبی Ca-Mg
Fig. 5 Ca-Mg composition diagram



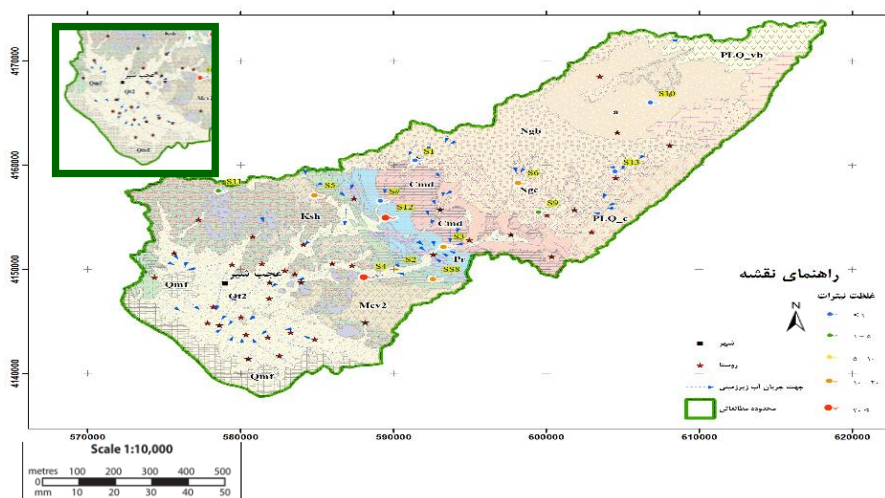
شکل ۶- نمودار ترکیبی HCO_3+SO_4 در مقابل Ca+Mg
Fig. 6 HCO_3+SO_4 composition diagram versus Ca+Mg

محدوده از نظر کاتیون‌ها و آنیون‌های اصلی وجود نداشته و به‌طور کلی میزان هدایت الکتریکی، کلر، نیترات و سختی کل از شرق به غرب محدوده افزایشی است. بخش‌های شرقی این محدوده مطالعاتی از برش‌های ولکانیکی، کنگلومرا، توف و لاهار تشکیل شده و این امر باعث بالا بودن کیفیت آب منابع و پایین بودن مقادیر کلر، نیترات، سختی کل و هدایت‌های الکتریکی است. بخش مرکزی محدوده از سازندهای ماسه‌سنگی، آهک‌های دولومیتی، دولومیت چرت دار و از تراکم درز و شکاف تشکیل شده است که این موضوع باعث افزایش انحلال و تأثیرپذیری سازندی و افزایش غلظت املاح می‌شود. لذا فراوانی درز و شکاف و توسعه فعالیت‌ها کارستی باعث افزایش غلظت املاح آب در چشمه‌ها می‌گردد. در شکل (۷) پهنه‌بندی غلظت نیترات در چشمه‌های منطقه نمایش داده شده است که نتایج نشان می‌دهد که بخش‌های خروجی محدوده مطالعاتی منتهی به آبخوان عجب‌شیر تحت تأثیر فعالیت‌های بشری نیز قرار داشته و میزان غلظت نیترات افزایش دارد.

نمودار نسبت یونی سولفات و کربنات در مقابل منیزیم و کلسیم مطابق شکل (۶) برای تعیین منشأ آب از سنگ‌های دارای این عناصر مثل آهک، دولومیت، بیوتیت، سیلیکات‌های کلسیم و منیزیم و انیدریت و غیره ارائه شد. نتایج استخراجی نشان می‌دهد که چشمه‌هایی که در اطراف خط ۱:۱ قرار دارند منشأ سنگ‌های آهکی، آهک دولومیتی، سیلیکات‌های کلسیم و منیزیم بوده و فاصله گرفتن از این خط ناشی از افزایش بیکربنات و سولفات در مقابل کلسیم و منیزیم است که علت آن افزایش یون سدیم در اثر تبادل یونی، خارج شدن کلسیم و منیزیم از سیستم و انحلال سیلیکات‌های سدیم است. این نتایج با پژوهشی در رابطه با کیفیت آبخوان دشت سیدان- فاروق استان فارس با پژوهش‌های انجام شده (Mahmoodlu et al. (2019)، همخوانی دارد.

۳-۳- بررسی تغییرات کیفی در سازندهای سخت

از آنجائی که کیفیت آب‌های زیرزمینی در هر منطقه از خصوصیات زمین‌شناسی، تنوع سنگی، میزان تخلخل و انحلال‌پذیری آن‌ها تأثیر می‌گیرد، لذا نتایج پارامترهای کیفی در ۱۳ چشمه انتخابی نشان داد که تغییرپذیری بالایی در



شکل ۷- پهنه‌بندی غلظت نیترات در چشمه‌های منطقه

Fig. 7 Zoning of nitrate concentration in the springs of the region

است. دو چشمه S4 و S12 دارای بیشترین غلظت نیترات در منطقه هستند که غلظت بیش از ۲۰ mg/l را دارند. برخی از شاخص‌های کیفی نظیر TDS، TH، pH، آنیون‌ها و کاتیون-ها در چشمه S12 طبق جداول (۵) و (۶) و نمودارهای شولر و ویلکوکس (شکل ۳) بالاتر از حد استاندارد و شاخص GQI

پهنه‌بندی غلظت نیترات در ۱۳ چشمه موردبررسی نشان می‌دهد که چشمه‌هایی که در پائین‌دست اراضی کشاورزی و سکونتگاه‌های روستایی قرار دارند دارای بیشترین میزان غلظت نیترات است. استفاده از کودهای شیمیایی و بهره‌برداری انسانی بزرگ‌ترین منابع افزایش غلظت نیترات

زیرزمینی (چاه) است. نتایج این پژوهش به صورت زیر می باشد.

۱- مشکلی از نظر بهره برداری در بخش شرب و کشاورزی وجود نداشته و تنها دو چشمه از نظر بهره برداری در بخش صنعت دارای خصوصیت رسوب گذاری و مابقی در حد متعادل و خورنده هستند.

۲- از نظر تعیین منشأ آب نتایج تحلیل نمودارهای ترکیبی نشان داد که نسبت غلظت سدیم به کلر بالا بوده و این موضوع ناشی از انحلال سیلیکات های سدیم دار و آل بیت و انجام تبادل یونی انجام گرفته است. از نظر منشأ کلسیم و منیزیم نیز سنگ های حاوی کربنات کلسیم و انحلال کانی های منیزیم دار در این منشأ تأثیرگذار هستند. همچنین نتایج استخراجی از نمودار ترکیبی غلظت سولفات و بی کربنات در مقابل کلسیم و منیزیم نشان داد که چشمه هایی که در اطراف خط ۱:۱ قرار دارند منشأ سنگ های آهکی، آهک دولومیتی، سیلیکاتی و فاصله گرفتن از این خط باعث افزایش یون سدیم در اثر تبادل یونی می شود.

۳- وضعیت کیفی چشمه ها از نظر تأثیر سازندهای زمین شناسی و فعالیت های بشری حاکی از متأثر بودن منابع آب در بخش مرکزی آبخوان با غلظت بالای ترکیبات شیمیایی و نیز چشمه ها منتهی به دشت و خروجی محدوده دارای غلظت بالاتر نترات 27 mg/l می باشد. این افزایش غلظت نترات ناشی از فعالیت های کشاورزی و تأثیر آب برگشتی ناشی از فعالیت های انسانی است.

دسترسی به داده ها

داده های استفاده شده (یا تولید شده) در این پژوهش در متن مقاله ارائه شده است.

مقدار ۵۸/۹۹ است. لذا در مجموع کیفیت آب جهت مصارف مختلف به ویژه در بخش کشاورزی و صنعت مناسب است. در مجموع با توجه به نتایج به دست آمده از این پژوهش، کاهش تدریجی کیفیت منابع زیرزمینی آب در اثر برداشت بی رویه و نفوذ آب شور به منابع آبی به موازات نفوذ آلاینده ها نظیر فاضلاب در محدوده مورد مطالعه عجب شیر مشاهده می گردد که سبب افزایش غلظت در میزان پارامترهای آنالیزی در برخی نواحی شده است. این تغییر کیفیت در تحقیق دیگری بر اساس نقشه پهنه بندی شاخص کیفی آب زیرزمینی آبخوان عجب شیر در سال های گذشته (Abbasi et al. 2019) نیز ارائه شده است که تأییدی بر نتایج حاصل از این تحقیق می باشد. در چشمه های S2 و S8 نسبت به سایر چشمه های منطقه از نظر طبقه بندی کیفی وضعیت مناسب تری را دارند که بررسی حوضه آگیر این دو چشمه، کاربری اراضی و سازندهای تشکیل دهنده حوضه حاکی از عدم وجود سازندهای حساس و منابع آلاینده است.

۴- نتیجه گیری

یکی از مهم ترین منابع آب زیرزمینی مناسب با حداقل هزینه بهره برداری و کیفیت، چشمه ها هستند. در این پژوهش به ارزیابی کیفیت چشمه های محدوده مطالعاتی عجب شیر در شرق دریاچه ارومیه پرداخته شد. با توجه به سازندهای زمین شناسی منطقه و وضعیت بهره برداری، ۱۳ چشمه که از نظر موقعیت مناسب بوده انتخاب و از رویکردهای بهره برداری، منشأ آب، نقش سازندها و فعالیت های بشری آنالیز شد. بررسی نتایج این مطالعه نشان دهنده اهمیت پایش مستمر، تعیین و حفاظت کیفی در مقابل آلودگی و افزایش غلظت املاح چشمه ها به عنوان تأمین کننده آب به ویژه شرب با در نظر گرفتن مشکلات بهره برداری از منابع سطحی و

References

- Abbasi, Z., Azimzadeh, H. R., Talebi, A. and Sotoudeh, A. (2019). Evaluating Quality of Ajabshir Groundwater Resources Based on Groundwater Quality Indicator (GQI) and Geographical Information System. J. Water Soil Sci. (Sci. Technol. Agri. Nat. Resour.), 22(4), 99-108 [In Persian].
- Abbasnovinpour, E. and Aee, S. (2020). Evaluation of groundwater quality Urmia Plain to drinking water purposes using GQI method in ArcGIS software environment. New Find. Appl. Geol., 14(27), 16-26 [In Persian].
- Acharya, S., Sharma, S. K. and Khandegar, V. (2018). Assessment of groundwater quality by water quality indices for irrigation and drinking in South West Delhi, India. Data Brief, 18, 2019-2028.



- Alexander, A. C., Ndambuki, J., Salim, R. and Manda, A. (2017). Assessment of spatial variation of groundwater quality in a mining basin. *J. Sustain.*, 9(5), 823, <https://doi.org/10.3390/su9050823>.
- Al-Khashman, O. A., Alnawafleh, H. M., Jrai, A. M. A. and Ala'a, H. (2017). Monitoring and assessing of spring water quality in southwestern basin of Jordan. *J. Modern Hydrol.*, 7(4), 331-349.
- Ameen, H. A. (2019). Spring water quality assessment using water quality index in villages of Barwari Bala, Duhok, Kurdistan Region, Iraq. *J. Water Sci.*, 9(8), 176.
- Anonymous. (2010). Consistent information of Zanajn wastewater treatment plant. Zanjan Water and Wastewater Company, [In Persian]. Available on: <http://www.znabfa.ir>.
- Asadzadeh, F., Shakiba, S. and Kaki, M. (2017). Evaluation of groundwater quality trend for agricultural usage in Ajabshir Plain. *New Find. Appl. Geol.*, 11(21), 114-124 [In Persian].
- Asgharimoghadam, A., Javanmard, Z., Vadiati, M. and Najib, M. (2015). Evaluating the quality of Mehraban Plain groundwater resources using GQI and FGQI methods. *Hydrogeomorph.*, 1(2), 79-98.
- Batool, A., Samad, N., Kazmi, S. S., Ghufra, M. A., Imad, S., Shafqat, M. and Mahmood, T. (2017). Spring water quality and human health: an assessment of natural springs of margalla hills Islamabad zone—III. *Int. J. Hydrol.*, 2, 41-46.
- Dashti Barmaki, M., Rezaei, M. and Saberi Nasr, A. (2014). Assessment of groundwater quality index (GQI) for Lenjanat aquifer using GIS. *J. Eng. Geol.*, 8(2), 2121-2138 [In Persian].
- Derakhshan, Z., Almodaresi, S. A., Faramarzian, M. and Toolabi, A. (2015). Groundwater quality assessment based on geographical information system and groundwater quality index. *Avicenna J. Environ. Health Eng.*, 2(1), 2009-2009.
- Entezari, A. R., Akbari, E., and Meivane, F. (2014). Assessment of groundwater quality on human disease in last decade in Mashhad plain. *Geogr. Sci.*, 13(31), 157-172 [In Persian].
- Gholamdokht Bandari, M., Rezaee, P. and Gholamdokht Bandari, Z. (2018). Assessment of the hydrogeochemical quality of underground in the Siahoo region, northeast of Bandar Abbas. *Iran. J. Health Environ.*, 11(1), 97-110 [In Persian].
- Ghorbani Aghdam, M., Dinpazhuh, Y., Fakheri Fard, A. and Darbandi, S. (2012). Regionalization of Urmia Lake basin from the view of drought using factor analysis. *J. Water Soil*, 26(5), 1268-1276 [In Persian].
- Hamzehkhani, H. and Aghaie, M. M. (2015). Groundwater modeling of Miandoab plain by helping Remote sensing technology for investigating of basin effectiveness on flat currents. Office Planning and Integration Revival of Lake Urmia committee & Sharif University. RSRC. [In Persian].
- Institute of Standards and Industrial Research of Iran (ISIRI) 1053. (2016). Drinking water - Physical and chemical specifications. ICS:13.060.020, 5th Revision [In Persian].
- Javadi, S., Moghaddam, H. K. and Roozbahani, R. (2019). Determining springs protection areas by combining an analytical model and vulnerability index. *Catena*, 182, 104167 [In Persian].
- Jha, M. K., Shekhar, A. and Jenifer, M. A. (2020). Assessing groundwater quality for drinking water supply using hybrid fuzzy-GIS-based water quality index. *Water Res.*, 179, 115867.
- Karami, F. and Bayati Khatibi, M. (2012). Spatial monitoring of groundwater quality characteristics in different geological formations: case study of upper Aji-chai basin. *J. Geogr. Region. Develop.*, 9(17), 27-47 [In Persian].
- Kiani, T. and Yousefi, Z. (2017). Effect of active faults in the groundwater level of Shaharchay basin in Urmia. *Res. Geogr. Sci.*, 17(47), 61-75 [In Persian].
- Mahmoodlu, G. M., Heshmatpour, A., Jandaghi, N., Zare, A. and Mehrabi, H. (2019). Hydrogeochemical assessment of groundwater quality: Seyedan-Farooq Aquifer, Fars Province. *Iran. J. EcoHydrol.*, 5(4), 1241-1253 [In Persian].



- Movassagh L., Zarrini, G. R. and Ghiyamirad, M. (2018). An investigation on physical, chemical and microbial quality of swimming pools in Meshkin Shahr hot springs. J. Hydrogeol., 3(1), 60-68 [In Persian].
- Sarvari, A., Naderi, M. M., Heidari, M., Zarnani, A. H., Jeddi-Tehrani, M., Sadeghi, M. R. and Akhondi, M. M. (2010). Effect of environmental risk factors on human fertility. J. Reproduct. Infertil., 11(4), 221-226 [In Persian].
- Salehifard, O. and Eskandari, F. (2019). Investigation of the relationship between drinking water nitrate and bladder cancer in Larestan city from the point of view medical geography. Iran. J. Cancer Care, 1(2), 47-54 [In Persian].

Research Paper

Studying the Quality of Pollution of the Karst Spring based on Exploitation and Natural Features in Ajabshir Study Area**Mahdi Sarai Tabrizi^{1*}, Hamid Kardan Moghadam² and Fatemeh Karami³**

¹Assist. Professor, Department of Water Engineering and Sciences, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

²Assist. Professor, Water Research Institute of the Ministry of Energy, Tehran, Iran

³PhD Scholar, Department of Water Engineering and Sciences, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

*Corresponding author: m.sarai@srbiau.ac.ir

Received: October 08, 2020

Revised: December 03, 2020

Accepted: December 17, 2020

Abstract

Springs as one of the groundwater sources and suppliers of high volume of river basin discharge have been less analyzed and studied. The origin of these resources, due to the passage of natural heights and filtration, has a good quality and only some formations or human activities cause a change in the quality of these resources. This study evaluated the quality of springs in Ajabshir study area in the east of Urmia Lake in 2018. According to the type of geological formations, discharge and location of springs in the region, 13 springs were analyzed for qualitative analysis and evaluation of qualitative changes. Studies have shown that 100% these springs are very good quality in terms of drinking, and the GQI quality index is 33.23-95.32, indicating good to excellent condition for these resources. In terms of exploitation in the agricultural sector, the only issue was the high level of electrical conductivity ($157-6490 \mu\text{s}/\text{Cm}$) in some springs, and the alkalinity of all springs was in class S1 in Wilcox diagram. The quality situation from the industry point of view also indicated a low range of changes, and 77% of the springs in the region were corrosive. Evaluation of water source in this area showed a high ratio of sodium to chlorine and differences in calcium and sodium origin, so that the initial sections of the study area and the east of the area had magnesium source and the rest had calcium source. Finally, the study of geological formations showed their low impact on quality and the high concentration of nitrate in the part leading to the plain and aquifer due to human activities and sewage leakage was evident and reached 27 mg/l.

Keywords: Ajabshir; GQI Index; Nitrate; Spring; Water Source.

