

بررسی پتانسیل مشارکت لیتولوژی حوضه آبریز سد منجیل و عناصر ژئوژنیک بر کیفیت آب رودخانه سفیدرود (استان گیلان)

علیرضا مرادیان هره دشت^۱، مرتضی رزم آرا^۲

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد زمین شناسی زیست محیطی، دانشگاه فردوسی مشهد

۲- دانشیار گروه زمین شناسی، دانشگاه فردوسی مشهد

Armh22@yahoo.com

چکیده

کیفیت شیمیایی آب رودخانه‌ها متأثر از عوامل طبیعی و مصنوعی است که از مهم‌ترین عوامل طبیعی که بر کیفیت این منابع تأثیرگذار است می‌توان به نوع لیتولوژی موجود در حوضه آبریز رودخانه‌ها اشاره کرد. منطقه مورد مطالعه بخشی از تشکیلات رسوبی و آذرین جنوب شهرستان رودبار می‌باشد. نمونه برداری از ۲۰ نمونه آب مخزن سد منجیل صورت گرفت. پارامترهای فیزیکی و شیمیایی منابع آبی نشان می‌دهد که غلظت کاتیون⁻های Na^+ ، Ca^{2+} و آنیون⁻های SO_4^{2-} ، Cl^- در منابع آب منطقه بیشتر از حد مجاز WHO است. میانگین تغییرات غلظت TDS، EC و pH به ترتیب $1601 \mu s/cm$ و 7.54 می-باشد. مطالعه بر لیتولوژی غالب منطقه نشان داد به دلیل غنی بودن تشکیلات منطقه از رسوبات تبخیری و مارنی عامل ورود یون‌های Na^+ و Cl^- به منابع آب شده و باعث شده ۱۷ نمونه از ۲۰ نمونه دارای تیپ رخساره‌ای کلرو سدیک (Na-Cl) شوند. با ترسیم نمودار گیبس و نمودار نسبت یونی Mg^{2+}/Ca^{2+} در مقابل Na^+/Ca^{2+} مشخص شد، عمده فرآیند غالب در منطقه، فرآیند تبخیر و ایجاد کانی‌های تبخیری و همچنین هوازگی کانی‌های فراوان موجود در مجموعه سنگ‌های منطقه و برهمکنش آب‌وخاک می‌باشد، همچنین سنگ‌های سیلیکاتی در منطقه مورد مطالعه بیشترین تأثیر را در شیمی منابع آب منطقه دارند.

کلمات کلیدی: کیفیت شیمیایی آب، رودخانه سفیدرود، برهمکنش شیمیایی آب و سنگ، رخساره‌ای کلرو سدیک (Na-Cl)

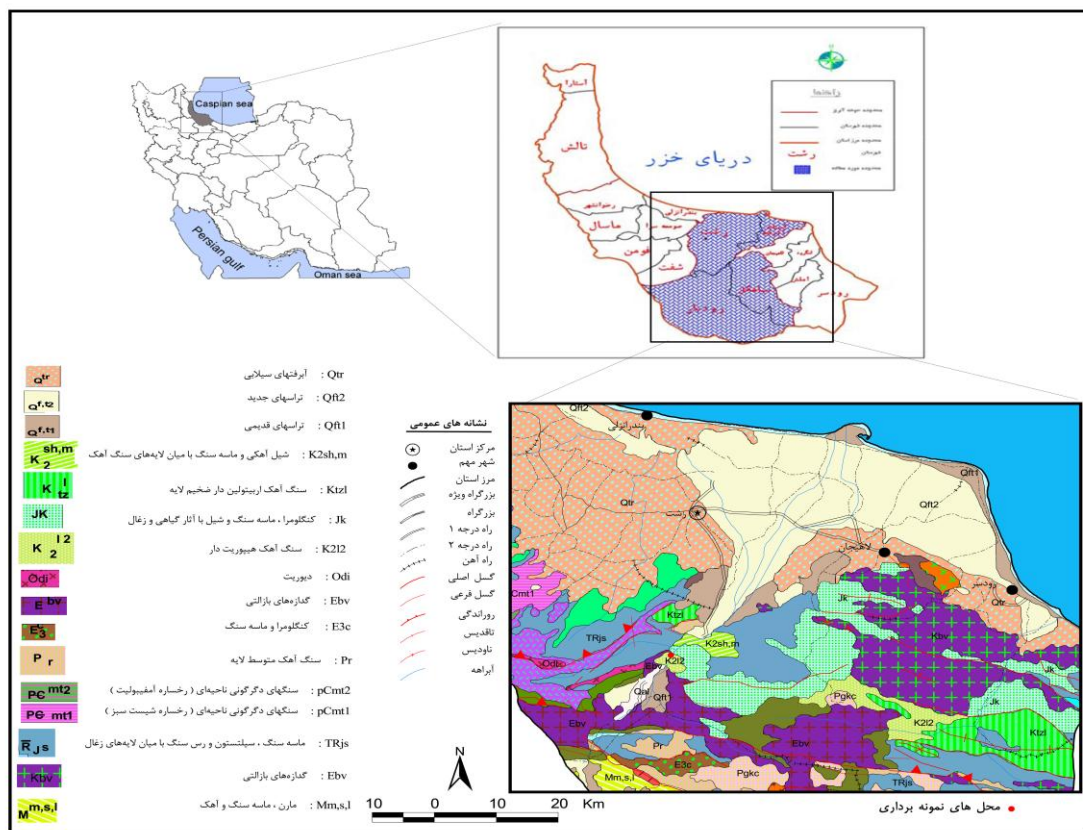
۱. مقدمه

بررسی کیفیت شیمیایی یکی از مراحل بسیار ضروری و مهم در بررسی و مطالعه رودخانه‌ها می‌باشد. کیفیت شیمیایی آب رودخانه‌ها متأثر از عوامل طبیعی و مصنوعی است که کیفیت آن را تحت الشعاع خود قرار داده است که با توجه به زمان و مکانی که رودخانه در آن جریان دارد این عوامل می‌تواند به صورت جداگانه و یا همزمان کیفیت آب رودخانه را تحت کنترل خود درآورد. به طور کلی کیفیت آب رودخانه متأثر از ۲ منشأ طبیعی کیفیت آب بارندگی و کیفیت شیمیایی لیتولوژی حوضه آبریز و منشأ مصنوعی ناشی از فعالیت‌های صنعتی و کشاورزی است [8] مطالعات بسیار زیادی تاکنون در بررسی نقش لیتولوژی بر کیفیت آب رودخانه‌ها انجام گرفته که از مهم‌ترین آنها می‌توان به [5, 7, 10] اشاره کرد. اکثر مطالعاتی که بر روی نقش لیتولوژی بر کیفیت آب رودخانه‌ها در سرتاسر جهان صورت گرفته است این واقعیت علمی را آشکار می‌کند که انحلال کانی‌های کربناته و تبخیری در مقایسه با کانی‌های سیلیکاته به دلیل انحلال بیشتر نقش تعیین کننده‌تری را در شیمی آب رودخانه‌ها بازی می‌کنند. هدف از انجام این مطالعه بررسی نقش لیتولوژی حوضه

آبریز سد منجیل بر کیفیت آب رودخانه سفیدرود و تعیین اثر کانی‌های انحلال یافته کربناته، سیلیکاته و سولفات در آب این رودخانه می‌باشد.

2. زمین‌شناسی منطقه

منطقه مورد بخشی از ارتفاعات البرز غربی را شامل می‌شود. عمده سنگ‌های منطقه مورد مطالعه شامل آبرفت‌های کواترنر، گرانیتوئید، گدازه‌های سیاه رنگ (اندزیت و بازالت)، نهشته‌های قرمز رنگ آواری (سیلت، ماسه‌سنگ، گل‌سنگ و کنگومرای بین سازندی) و مارن‌های ژپس دار می‌شود [1].



شکل ۱- نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه و محل نمونه برداری [1]

3. روش نمونه برداری

تعداد ۲۰ نمونه آب در زمان‌های متفاوت از مخزن سد منجیل به منظور تعیین آنیون‌ها (SO_4^{2-} و Cl^- ، HCO_3^-) و کاتیون‌ها (Ca^{2+} و Mg^{2+} ، Na^+ ، K^+) جهت مطالعه هیدرو ژئوشیمیایی برداشت شده است. همچنین جهت بررسی میزان کیفیت منابع آبی منطقه، پارامترهای هدایت الکتریکی (EC)، اسیدیته (pH) و ذرات جامد معلق (T.D.S) اندازه‌گیری شد. به منظور تعیین خواص شیمیایی از هر منبع، یک ظرف ۵۰۰ CC آب برداشت شد. پس از فیلتر کردن نمونه‌ها به هر ظرف آب، ۱۰ CC اسید نیتریک ($\text{pH} < 2$) جهت تثبیت کاتیون‌ها اضافه گردید. سپس نمونه‌ها جهت تعیین غلظت عناصر به آزمایشگاه آب منطقه‌ای استان گیلان فرستاده شد. غلظت یون‌های اصلی بر اساس روش تیتراسیون اندازه‌گیری شد. به منظور

تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزارهای spss و Chemistry استفاده شد و تیپ آب و کیفیت آن برای مصارف شرب و نیز تأثیر سازندها و لیتولوژی‌های منطقه بر کیفیت آب مورد ارزیابی و بررسی قرار گرفت.

4. نتایج و بحث

ارتباط شیمیایی بین آب و سنگ معمولاً به صورت تبادل یونی بین آنها صورت می‌گیرد. قدرت تبادل یونی به عوامل مانند مدت تماس بین آب و سنگ، ظرفیت یون‌ها، غلظت یون‌ها، قطر یون‌های هیدراته شده، قطر دانه‌های کانی و pH محیط بستگی دارد. تبادل یونی بین آب و سنگ می‌تواند نسبت یون‌های K^+/Na^+ ، Na^+/Ca^{2+} ، Mg^{2+}/Ca^{2+} ، Na^+/Mg^{2+} را در آب تغییر بدهد، به عنوان مثال عبور آب از مناطق حاوی کانی دولومیت سبب افزایش نسبت Mg^{2+}/Ca^{2+} در نمونه‌های آب می‌شود. در بررسی ارتباط شیمیایی بین لیتولوژی موجود در منطقه و شیمی آب رودخانه سفیدرود در ابتدا بایستی میزان اهمیت واحدهای لیتولوژیک مختلف موجود در حوضه آبریز رودخانه نسبت به یکدیگر و در نهایت کانی‌های انحلال یافته در آب رودخانه سفید مشخص شود.

میانگین، حداقل و حداکثر پارامترهای فیزیکی و شیمیایی در جدول ۱ بیان شده است. واکنش میان آب⁻های زیرزمینی و کانی‌های موجود در آبخوان، نقش مهمی در کیفیت آب داشته و برای درک زایش آب زیرزمینی مفید است. در مجموع، فراوانی یون⁻های اصلی به ماهیت سنگ‌بستر، شرایط آب و هوایی و تحرک یون‌ها وابسته است [11] علاوه بر بررسی غلظت و منشأ عناصر، این غلظت⁻ها با استاندارد سازمان بهداشت جهانی [14] مقایسه شد.

جدول ۱- نتایج پارامترهای فیزیکی و شیمیایی (عناصر اصلی بر حسب میلی‌اکی والان در لیتر)

پارامتر	EC ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	T.D.S (mg/l)	PH	Ca	Mg	Na	K	HCO ₃	Cl	SO ₄
تعداد نمونه‌ها	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰
میانگین حسابی	۱۶۰۱.۱	۱۰۰۸.۸	۷.۵۴	۸۹.۲۵	۲۷.۰۶	۱۸۹.۷۲	۵.۶۹	۱۷۱.۱۱	۲۹۱.۶۳	۱۹۰.۲۵
حداکثر	۲۳۳۱	۱۴۶۹	۸.۴۲	۱۸۳.۲	۴۴.۴	۳۱۰.۰۴	۱۸.۷۲	۲۶۵.۳۵	۴۷۲.۱۵	۳۳۲.۱۶
حداقل	۱۰۰۹	۶۳۶	۶.۷	۵۷.۲	۵.۶۴	۱۲۴.۸۹	۳.۱۲	۱۰۰.۶۵	۱۲۴.۲۵	۹۷.۹۲

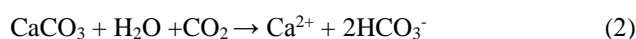
عمده تشکیلات موجود در حوالی سد منجیل متشکل از کانی‌های تبخیری و کربناته می‌باشند، همچنین سنگ‌های سیلیکاته مافیک (شامل گدازه‌های بالشی، گابرو و بازالت) و توده‌های نفوذی گرانوئیدی از دیگر تشکیلات موجود در منطقه می‌باشند. فراوان‌ترین یون⁻ها در آب⁻های زیرزمینی منطقه به ترتیب غلظت شامل کاتیون⁻های Na^+ ، Ca^{2+} ، Mg^{2+} و K^+ و آنیون⁻های HCO_3^- ، SO_4^{2-} ، Cl^- می‌باشند.

سدیم (Na^+): کاتیون غالب در منطقه با میانگین غلظت ۱۸۹.۷۲ ppm می‌باشد. بیشینه مطلوب سدیم در آب به آنیون⁻های همراه و دمای محلول بستگی دارد. در دمای معمولی بیشینه غلظت مجاز ۲۰۰ ppm می‌باشد [14]. منشأ عمده سدیم مرتبط با کانی‌های تبخیری موجود در مارن‌های است که در غرب و جنوب غربی منطقه مورد مطالعه، رخنمون‌هایی آنها قابل مشاهده می‌باشد. همچنین سدیم در آب چشمه‌ها ناشی از تبادل کاتیونی بین آب و کانی‌های رسی موجود در مارن‌های منطقه است. بخشی از سدیم موجود در منابع آب از هوازدگی آلیت موجود در سنگ⁻های سیلیکاته و پلاژیوکلازهای موجود

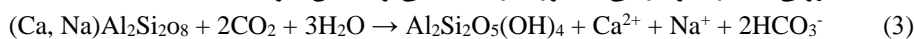
در آنها می‌باشد. برهمکنش هوازدگی و ورود سدیم از کانی‌های سیلیکاته‌ای تحت برهمکنش با آب‌های جوی غنی از CO₂ در رابطه ۱ نشان داده شده است [2].



کلسیم (Ca²⁺): کاتیون غالب در منطقه با میانگین غلظت 89.25 ppm می‌باشد. بیشینه میزان کلسیم در آب آشامیدنی ۱۰۰ ppm می‌باشد که این میزان به آنیون‌های همراه آن نیز بستگی دارد. [14] منشأ عمده کلسیم در منابع آب ناشی از تبادل آب‌و خاک و سنگ‌های کربناتی (آهکی) و مارنی موجود در منطقه بوده که طبق رابطه ۲ باعث آزادسازی عنصر کلسیم (Ca²⁺) در منابع آب شده است.

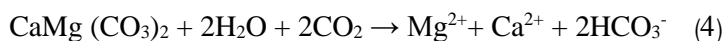


همچنین ممکن است کلسیت از کانی‌های رسی موجود در مارن‌های منطقه مورد مطالعه منشأ گرفته باشد. علاوه بر این، ترکیب آب‌های زیرزمینی که در تماس با سنگ‌های آذرین می‌باشند توسط برهمکنش آب‌های متوریک سرشار از CO₂ با پلاژیوکلازهای سوسوریتی شده موجود در واحدهای گابرویی، دیابازی و بازالتی تعیین می‌شود. برای مثال، برهمکنش هوازدگی لابرادوریت در واحدهای گابرویی، دیابازی و بازالتی به صورت رابطه ۳ می‌تواند بیان شود [9].



این برهمکنش، اثر آب‌های حاوی CO₂ بر کانی‌های آذرین در جهت ایجاد کانی‌های رسی و یون‌های حل شونده را نشان می‌دهد.

منیزیم (Mg²⁺): سومین کاتیون در منطقه با میانگین ۲۷/۰۶ ppm می‌باشد بیشینه غلظت مجاز منیزیم در آب ۳۰ ppm می‌باشد و در منابعی که غلظت منیزیم بیشتر از ۳۰ ppm باشد مقدار سولفات نباید بیشتر از ۲۵۰ ppm باشد [14]. منشأ عمده منیزیم در منابع آب ناشی از تبادل آب‌و خاک و سنگ‌های کربناتی (دولو میتی) در منطقه بوده که طبق رابطه ۴ باعث آزادسازی عنصر منیزیم (Mg²⁺) در منابع آب شده است.



از دیگر منابع ورود منیزیم به آب از طریق تجزیه کانی‌های سیلیکاتی از طریق برهمکنش با آب‌های اسیدی محتوی CO₂ منیزیم وارد منابع آب می‌شود.

پتاسیم (K⁺): کمترین غلظت را در بین کاتیون‌ها، با میانگین غلظت ۵/۶۹ ppm دارا می‌باشد. بیشینه مطلوب پتاسیم در آب ۱۲ ppm می‌باشد [14] در منابع آب منطقه، پتاسیم غلظت پایینی را دارا است. غلظت پایین پتاسیم در منطقه مورد مطالعه در مقایسه با سایر کاتیون‌ها (به‌ویژه کلسیم)، به دلایلی چند از جمله حضور اندک کانی‌های پتاسیم‌دار در سنگ‌های آهکی و مارنی منطقه، مقاومت بیشتر پتاسیم در مقابل هوازدگی شیمیایی و ورود آن در ساختار کانی‌های رسی می‌باشد [12].

کلر (Cl⁻): آنیون غالب در منطقه با ۲۹۱/۶۳ ppm می‌باشد. بیشینه مجاز کلر در آب، ۲۰۰ ppm می‌باشد و مقادیر بیشتر باعث تلخ شدن آب می‌گردد [14]. منشأ عمده کلر مرتبط با کانی‌های تبخیری موجود در رسوبات مارنی بوده که در غرب و جنوب غربی منطقه مورد مطالعه، رخنمون‌هایی قابل توجهی از آنها قابل مشاهده می‌باشد.

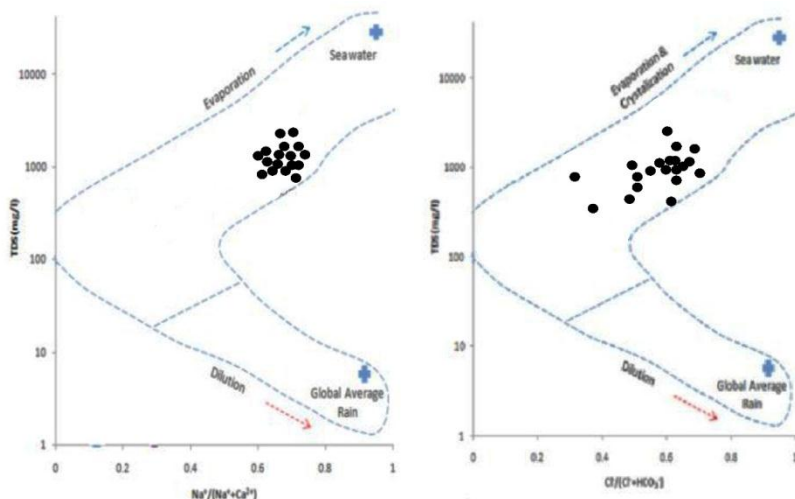
سولفات (SO₄²⁻): میانگین غلظت این آنیون در منطقه ۳۵/۵ ppm می‌باشد. میزان مجاز سولفات در آب آشامیدنی ۲۰۰ ppm می‌باشد [14]. منشأ عمده سولفات مرتبط با رسوبات تبخیری، ژپس‌ها و مارن‌هایی که در غرب و جنوب غربی منطقه، رخنمون‌هایی از آنها قابل مشاهده می‌باشد.

بیکربنات (HCO₃⁻): میانگین غلظت این آنیون در منطقه ۱۸۸ ppm می‌باشد. بیشینه مجاز بیکربنات در آب آشامیدنی ۱۲۰ ppm می‌باشد [14]. فراوانی آنیون بیکربنات موجود در آب منطقه ناشی از تبادل آب‌و خاک و انحلال کربنات‌ها

(دولومیت و آهک) و مارن‌های موجود در منطقه طبق رابطه ۲ می‌باشد، همچنین یک عامل مهم در ایجاد HCO_3^- و بالا بودن یون بی کربنات، تجزیه سیلیکات‌های فرومینیزین و پلاژیوکلازها بر اساس برهمکنش‌های ۳ و ۴ می‌باشد.

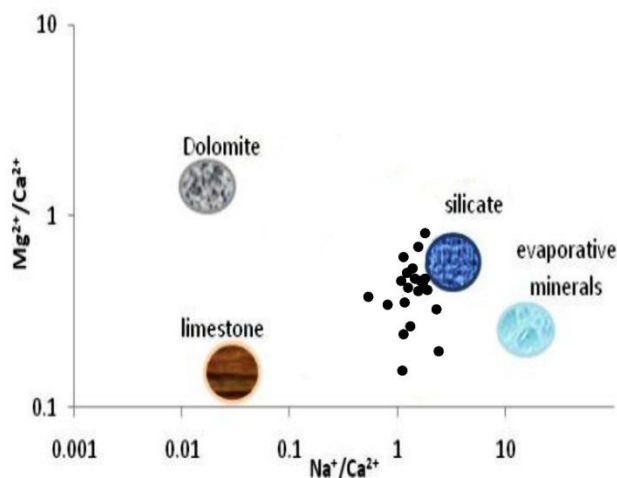
5. فرآیندهای مؤثر بر شیمی آب

فرآیندهای هیدروژئوشیمیایی در آبخوان‌ها در طول فرآیندهای مختلف، باعث تغییرات در غلظت گونه‌های یونی آب می‌شود [12]. نمودار گیبس [3] به منظور ارزیابی تأثیر فرآیندهای هیدرو شیمیایی نظیر بارش، هوازدگی سنگ و تبخیر بر شیمی آب بکار می‌رود. بر اساس نمودار گیبس، فرآیند تبخیر و انحلال کانی‌های تبخیری و همچنین هوازدگی کانی‌های فراوان موجود در مجموعه سنگ‌های منطقه نقش مؤثری در شیمی آب‌های منطقه داشته‌اند (شکل 2).



شکل 2- مکان قرارگیری نمونه‌های آب بر روی مدل گیبس

نمودار نسبت یونی $\text{Mg}^{2+}/\text{Ca}^{2+}$ در مقابل $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$ در آب (مشخص شده در شکل ۳)، واحدهای لیتولوژیک مؤثر بر کیفیت آب را نشان می‌دهد [4]. بر اساس این نمودار، شیمی منابع آب متأثر از واحدهای سیلیکاتی، تبخیری و کربناته است ولی نقش واحدهای سیلیکاتی (نسبت به واحدهای کربناته و سولفاته)، در آب بیشتر است.

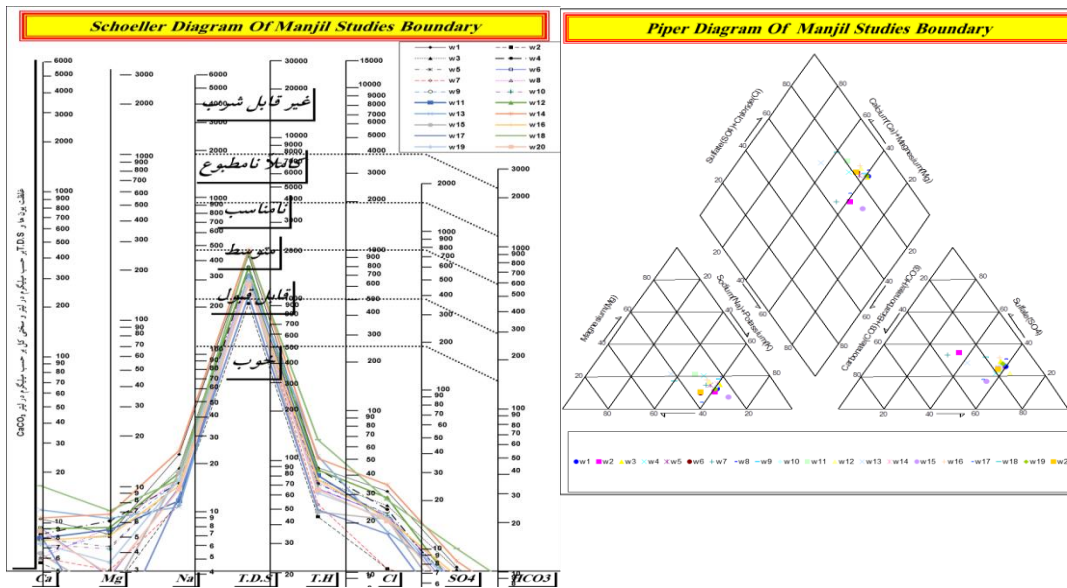


شکل 3- نمودار لگاریتمی نسبت یونی $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$ در مقابل $\text{Mg}^{2+}/\text{Ca}^{2+}$

از نسبت یون منیزیم به کلسیم، منشأ یون منیزیم در منطقه می تواند مشخص شود. در صورتی که این نسبت کمتر از ۰/۷ باشد منشأ منیزیم سنگ های آهکی، اگر بین ۰/۷ تا ۰/۹ باشد منشأ آن دولومیتی ولی اگر بالاتر از ۱ باشد منشأ آن از سنگ های افیولیتی است. با توجه به اینکه این نسبت کمتر از ۰/۹ می باشد منشأ یون منیزیم در منطقه مورد مطالعه را باید از سنگ های کربناتی دانست [6].

6. ارزیابی منابع آب از نظر شرب و تعیین رخساره آب

برای تعیین امکان استفاده از آب برای مصارف شرب از نمودار شولر و شاخص های مربوطه استفاده می شود. بر اساس نمودار شولر (شکل ۴)، تمامی نمونه های آب به دلیل مقادیر بالای سدیم، کلر و سولفات برای آشامیدن مناسب نمی باشند. برای نمایش ترکیب شیمیایی و تعیین رخساره های هیدرو شیمیایی آب ها، از نمودار Piper استفاده شد. بر اساس نمودار Piper (شکل ۴) ۱۷ نمونه آب دارای تیپ رخساره ای کلرو سدیک (Na-Cl)، ۲ نمونه دارای تیپ رخساره ای کلرو کلسیک (Ca-Cl) و همچنین ۱ نمونه دارای تیپ رخساره ای بیکربناته سدیک (Na-HCO_3) می باشند



شکل 4- موقعیت نمونه های آب بر روی نمودارهای الف) پایپر و ب) شولر

7. بررسی همبستگی پارامترهای اندازه گیری شده در نمونه های آب مورد مطالعه

با استفاده از ضرایب همبستگی موجود در جدول ۲ می توان به ارتباط معنادار بین عناصر پی برد. درک این روابط می تواند در تشخیص مشاء عناصر و چگونگی انتقال آنها در محیط های آبگین مفید باشد. بدین معنی، عناصری که همبستگی مثبت و بالا با یکدیگر دارند می توانند منشاء و رفتار زمین شیمیایی مشابه داشته باشند. برای بررسی ماتریس همبستگی از نرم افزار IBM SPSS 20 استفاده شد.

جدول 2- همبستگی پارامترهای اندازه گیری شده در نمونه های آب مورد مطالعه

	Dama	TDS	Ec	PH	Hco3	Cl	So4	Co3	Ca	Mg	Na	K
Dama	1											
TDS	-0.492	1										
Ec	-0.492	1.000**	1									
Ph	-0.479	-0.051	-0.051	1								
Hco3	-0.342	.273	.272	-0.070	1							
Cl	-0.375	.844**	.844**	-0.004	-0.110	1						
So4	-0.291	.813**	.813**	-0.002	.205	.575**	1					
Co3	-0.414	.113	.112	.560*	-0.003	.189	-0.032	1				
Ca	-0.254	.666**	.666**	.176	.522*	.502*	.665**	.151	1			
Mg	-.699*	.776**	.776**	.251	.099	.621**	.738**	.239	.551*	1		
Na	-0.171	.736**	.736**	-0.228	-0.097	.867**	.506*	.022	.217	.357	1	
K	-0.118	-0.007	-0.007	.242	-0.287	.115	.000	-0.003	-0.032	.109	.007	1

با مقایسه ضرایب همبستگی در جدول ۲، می توان به روابط معنادار بین عناصر پی برد. همبستگی مثبت بین سدیم و کلر نشان دهنده منشاء مشترک این عناصر و تأثیر کانی های تبخیری در کیفیت منابع آب می باشد. همبستگی مثبت بین منیزیم و سولفات نشان دهنده منشاء مشترک این عناصر و وجود کانی های تبخیری در منطقه مورد مطالعه می باشد. همبستگی مثبت بین کلسیم و بیکربنات نشان دهنده منشاء مشترک این عناصر (سنگ های مافیک) و تجزیه کانی های سیلیکاتی می باشد. مطالعه بر لیتولوژی غالب منطقه نشان می دهد به دلیل غنی بودن تشکیلات منطقه از کانی های تبخیری موجود در رسوبات مارنی عامل ورود یون های Na^+ و Cl^- به منابع آب شده و آب هایی با تیپ رخساره ای کلرو سدیک (Na-Cl) را ایجاد کرده است. مطالعه بر روی شیمی منابع آب نشان داد علاوه بر تشکیلات تبخیری، تشکیلات و رسوبات سیلیکاتی و کربناتی هم در کیفیت منابع آب نقش قابل توجهی دارند.

8. نتیجه گیری

با بررسی نتایج آنالیزهای شیمیایی نمونه های آب و مقایسه آنها با استانداردهای جهانی و همچنین ترسیم نمودارهای مربوط به کیفیت آب های منطقه مورد مطالعه، نتایج زیر حاصل شد:

- به دلیل غنی بودن تشکیلات منطقه از کانی های تبخیری موجود رسوبات مارنی، همچنین قدرت انحلال بالای تبخیری باعث ورود یون های Na^+ و Cl^- به منابع آب شده و آب هایی با تیپ رخساره ای کلرو سدیک (Na-Cl) را ایجاد کرده است.
- با ترسیم نمودار گیبس و نمودار نسبت یونی Mg^{2+}/Ca^{2+} در مقابل Na^+/Ca^{2+} مشخص شد، عمده فرآیند غالب در منطقه، فرآیند تبخیر و ایجاد کانی های تبخیری و همچنین هوازگی کانی های فراوان موجود در مجموعه سنگ های منطقه و

برهمکنش آب و خاک می باشد، همچنین سنگ های سیلیکاتی در منطقه مورد مطالعه بیشترین تأثیر را در شیمی منابع آب منطقه دارند.

- طبق نمودارهای پایپر و شولر، عمده نمونه های آبی منطقه به داشتن تیپ رخساره ای کلرو سدیک (Na-Cl) و همچنین مقادیر بالای آنیون های منیزیم و سولفات برای آشامیدن مناسب نمی باشند.

- وجود همبستگی قوی و مثبت بین سدیم و کلر، منیزیم و سولفات نشان دهنده نقش کانی های تبخیری (ژیپس) و مارن های منطقه در کیفیت منابع آب می باشد، همچنین همبستگی مثبت بین کلسیم و بیکربنات نشان دهنده نقش تجزیه کانی های سیلیکاتی در افزایش هم زمان مقادیر کلسیم و بیکربنات در منابع آب می باشد.

9. مراجع

1. خباز نیا، آ.، صادقی، آ.، سعیدی، ا. (1383). نقشه زمین شناسی 1:100000 رشت، سازمان زمین شناسی کشور.
2. Appelo, C. A., & Postma, D. (1996) *Geochemistry, Groundwaters and Pollution*. A.A. Balkema, Rotterdam.
3. Gibbs, R. (1970) *Mechanisms controlling world water chemistry*. Science. 170, 1088-1090.
4. Han, G., & Liu, C. (2003) *Water geochemistry controlled by carbonate dissolution: a study of the river water draining Karst-dominated terrain, Guizhou Province, China*. Chemical geology. 204, 580-589.
5. Han, G., Tang, Y., Xu, Z. (2010) *Fluvial geochemistry of rivers draining Karst terrain in southwest China*. Journal of Asian earth sciences. 38, 65-75.
6. Hounslow, A. (1995) *Water quality data. Analysis and interpretation*. CRC.
7. Huh, Y., Tsoi, M., Zaitsev, A., Edmond, M. (1998) *The fluvial geochemistry of the rivers of eastern Siberia*. Geochemical et Cosmochimica Acta. 62, 1657-167.
8. Li, S., Zhang, Q. (2008) *Geochemistry of the Han river basin China, 1: Spatial distribution of the major ion compositions and their controlling factors*. Applied geochemistry. 23, 3535-3544.
9. Mason, B., & Moore, B. C. (1944) *Principles of geochemistry*, John Wiley, New York, V. 344, 290p.
10. Nwankwoala, H. O., and Udom, G. J. (2011) *Hydrochemical Facies and Ionic Ratios of Groundwater in Port arcourt, Southern Nigeria*. Research Journal of Chemical Sciences. 1(3), 87-101.
11. Prasanna, M. V., Chidambaram, S., Senthil Kumar, G., Ramanathan, A. L. and Nainwal H. C. (2011) *Hydrogeochemical assessment of groundwater in Neyveli Basin, Cuddalore District, South India*. Arab J. Geosci. 4, 319-330.
12. Sarkar, S. K., Saha, M., Takada, H., Bhattacharya, A., Mishra, P., & Bhattacharya, B. (2007) *Water quality management in the lower stretch of the river Ganges, east coast of India: an approach through environmental education*. J. Clean Prod. 15, 1559-1567.
13. Subba Rao, N. (2008) *Factors controlling the salinity in groundwater in parts of Guntur district, Andhra Pradesh, India*. Environ Moint. Assess. 138 (1), 327-341.
14. World health organization (WHO) (2011) *Guidelines for Drinking-water Quality 4rd ed.*