



## تأثیر سازندهای زمین‌شناسی بر کیفیت و خصوصیات ژئوشیمیایی آب‌های زیرزمینی دشت شیان، کرمانشاه

هادی حبیبی‌نیا<sup>۱\*</sup>، مهدی کرد<sup>۲\*</sup>، کمال طاهری<sup>۳</sup>

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد زمین‌شیمی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه کردستان، کردستان، ایران

۲- استادیار هیدروژئولوژی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه کردستان، کردستان، ایران

۳- کارشناس کارست و دبیر کمیته تحقیقات، شرکت آب منطقه‌ای کرمانشاه، کرمانشاه، ایران

\* نویسنده مسئول: m.kord@uok.ac.ir

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۰/۰۱/۰۳

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۹/۰۳/۰۹

### چکیده

دشت شیان با وسعتی حدود ۲۰۷ کیلومتر مربع یکی از دشتهای مهم استان کرمانشاه است. با این وجود تاکنون ساختار کیفی آب‌های زیرزمینی و تأثیر سازندهای منطقه بر خصوصیات آب زیرزمینی این دشت مطالعه نشده است. در این مطالعه با استفاده از نمونه‌برداری از آب زیرزمینی، بررسی محیط زمین‌شناسی و همچنین در نظر داشتن جهت جریان آب زیرزمینی، ویژگی‌های هیدروژئوشیمیایی این آبخوان بررسی شده است. از این‌رو پس از بررسی عکس‌های هوایی و بازدید صحرایی نقشه زمین‌شناسی محدوده مورد مطالعه تهیه و سپس اقدام به نمونه‌برداری از آب زیرزمینی شد. پس از آنالیز شیمیایی نمونه‌ها، فرایندهای غالب هیدروژئوشیمیایی سیستم آب زیرزمینی مورد بررسی قرار گرفت و با توجه به محیط زمین‌شناسی تفسیر گردید. بر اساس نتایج به‌دست آمده، بیشترین فرآیند غالب در آبخوان، تعویض یونی بوده و آب زیرزمینی در جهت جریان، یعنی از شمال غرب به شرق و جنوب شرق، تکامل هیدروژئوشیمیایی می‌یابد. مقدار هدایت الکتریکی در ابتدا و انتهای دشت بیشتر از قسمت‌های دیگر است و علت آن را می‌توان به احتمال بسیار زیاد به وجود سازندهای مارنی امیران و کشکان و حذف دولومیت‌ها در زون‌های خرد شده مربوط دانست. نتایج حاصل از نمودارهای پایپر، استیف، دروف با هم همخوانی داشته و تیپ غالب آب در این آبخوان تیپ بی‌کربناته با منیزیم بالا است. بیشترین تأثیر عوامل زمین‌زاد بر کیفیت آب زیرزمینی مربوط به سازند شهبازان بوده و غلظت بالای عناصر شیمیایی محلول در آب زیرزمینی در قسمت‌های شرق و شمال دشت را می‌توان به وجود سازندهای مارنی امیران و کشکان نسبت داد. همچنین به علت این‌که تقریباً تمام پهنه دشت به‌صورت آبی کشت می‌شود و استفاده از کودهای شیمیایی برای افزایش محصولات کشاورزی رایج است، احتمالاً افزایش یون نیترات در آبخوان دارای منشأ انسان‌زاد است.

**واژه‌های کلیدی:** آب زیرزمینی، دشت شیان، کیفیت آب، هیدروژئوشیمی.

### مقدمه

خطر کمتر آلودگی منابع آب زیرزمینی نسبت به دیگر منابع آب، استفاده از این منابع بیشتر شده است (غلامی و همکاران، ۲۰۱۳). منابع آب زیرزمینی به‌وسیله چاه‌ها، چشمه‌ها و قنوت، مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرند که همیشه در خطر نفوذ آلودگی با منشأهای زمین‌زاد و انسان‌زاد قرار دارند (حسن‌زاده و همکاران، ۱۳۸۹). نوع و مقدار آلاینده نقش تعیین‌کننده‌ای در کاربری آب

در مناطق خشک و نیمه‌خشک، آب زیرزمینی مهم‌ترین منبع برای شرب، مصارف کشاورزی و کاربری‌های صنعتی می‌باشد (نصرتی و ایکوت، ۲۰۱۱). در دهه اخیر به دلایل مختلفی از جمله کاهش مقدار بارندگی، افزایش روزافزون نیاز به آب در بخش‌های مختلف کشاورزی و صنعت، کاهش منابع آب سطحی و همچنین

نفوذی کم عمق بوده و شیمی آب تحت تأثیر توپوگرافی زمین قرار گرفته است. بر این اساس نمونه‌ها را در سه گروه زمین‌های مرتفع، دشت سیلابی و جریان‌های طبقه‌بندی کرده و ویژگی‌های شیمیایی آنها را به وسیله فرآیندهای دنیتریفیکاسیون<sup>۴</sup> و انحلال دولومیت و فرآیندهای رقیق‌شدگی در مناطق پایین‌دست توجیه کردند.

از جمله کارهایی که در ایران در زمینه هیدروژئوشیمی انجام شده است می‌توان به بررسی آبخوان دشت هرزندات توسط آقازاده و مقدم (۲۰۱۱) اشاره کرد. آن‌ها به بررسی شاخص‌های شیمیایی مانند نسبت جذب سدیم، درصد سدیم، کربنات سدیم باقی مانده، و شاخص نفوذپذیری پرداختند. نتایج محاسبه شاخص‌های اشباع انجام شده آن‌ها با استفاده از برنامه کامپیوتری PHREEQC نشان داد که تقریباً تمام نمونه‌های آب به دلیل حضور کانی‌های کربناته کلسیت، دولومیت و آراگونیت از بی-کربنات فوق اشباع و از لحاظ سولفات و تأثیر کانی‌های سولفات گچ و انیدریت تحت اشباع بودند. در نهایت بررسی نمونه‌های آب از روش‌های مختلف نشان داد که آب‌های زیرزمینی دشت هرزندات از نظر شیمیایی برای نوشیدن نامناسب بوده و تنها برای کشاورزی قابل استفاده می‌باشد.

بررسی‌های زیاد و متنوعی برای درک سیستم آب‌های زیرزمینی به‌وسیله بررسی خواص هیدروژئوشیمیایی صورت گرفته است (برکیس و همکاران، ۲۰۱۶؛ نعمت‌الهی و همکاران، ۲۰۱۶؛ حسین، ۲۰۰۴؛ تقی‌زاده مهرجردی و همکاران، ۲۰۰۸؛ هاریتاش و همکاران، ۲۰۱۷؛ مایوما و همکاران، ۲۰۱۷؛ حسن‌زاده و عباس-نژاد، ۱۳۹۷؛ هادیپور هفشجانی و همکاران، ۱۳۹۷؛ کریمی و همکاران، ۱۳۹۶). بررسی این ویژگی‌ها علاوه بر کمک به فهم فرآیندهای طبیعی و انسان‌زاد سیستم، نقش بی‌بدیلی در مدیریت آبخوان‌ها و منابع آب زیرزمینی دارد. در کار پژوهشی حاضر کیفیت آب زیرزمینی دشت شیان مورد بررسی قرار گرفته است. این دشت با وسعتی حدود ۲۰۷ کیلومتر مربع یکی از دشت‌های حاصل‌خیز استان کرمانشاه است که به‌صورت آبی

داشته و می‌تواند آن را محدود کند. لذا بسیاری از مطالعات منابع آب به بررسی کیفی آن‌ها معطوف شده است.

مطالعات کیفی با اهداف مختلفی صورت می‌گیرند. از عمده این اهداف می‌توان به بررسی کیفیت آب برای مصارف مختلف، مطالعه تأثیر سازندهای زمین‌شناسی بر کیفیت آب، تعیین اندرکنش آب، کمک به فهم سیستم جریان و تهیه مدل‌های مفهومی اشاره کرد. از جمله کارهایی که در زمینه مطالعه کیفی و عوامل مؤثر بر هیدروژئوشیمی منابع آب زیرزمینی انجام شده است می‌توان موارد زیر را ذکر کرد.

یانگ و همکاران (۲۰۱۶) با استفاده از روش ژئوشیمیایی یکپارچه کلاسیک<sup>۱</sup> به شناسایی فرآیندهای هیدروژئوشیمی و ارزیابی کیفیت آب‌های زیرزمینی در بخش جنوب شرقی حوضه اردوس<sup>۲</sup>، چین پرداختند. آن‌ها با استفاده از یون‌های عمده آب‌های زیرزمینی و نمودار پایپر، دو رخساره هیدروژئوشیمی رایج، کربنات-منیزیم، سدیم، کلسیم و کربنات-منیزیم، کلسیم و سدیم را شناسایی کردند. نتایج حاصله نشان داد که یون‌ها در اثر آب شویی، تبخیر و تراکم، تبادل کاتیونی، اختلاط و فعالیت‌های انسانی حاصل شده‌اند. همچنین آن‌ها کیفیت آب‌های زیرزمینی را با روش تک‌فاکتوری و جفت‌مجموعه<sup>۳</sup> مورد بررسی قرار دادند. در ادامه نتیجه گرفتند که کیفیت آب زیرزمینی در منطقه مورد مطالعه به‌طور کلی از نظر استاندارد کیفیت آب زیرزمینی ملی ضعیف است.

چکرین و همکاران (۲۰۰۹) در تحقیقی، تکامل هیدروژئوشیمیایی آب زیرزمینی در آبخوان آبرفتی کوروکاوا، استان توچیگی ژاپن، را بررسی کردند. آن‌ها در یک بررسی میدانی از نمونه آب زیرزمینی و از برخی نقاط رودخانه برای حفظ توزیع یکنواخت نمونه‌برداری نمونه‌گیری کرده و بر اساس آن تأثیر کاربری زمین در هیدروژئوشیمی آب‌های زیرزمینی را از طریق تجزیه و تحلیل شیمی آب در نقاط انتخاب شده در منطقه، مورد بررسی قرار دادند. نتایج مطالعه آن‌ها نشان داد که آب‌های زیرزمینی منطقه عمدتاً از تیپ بی-کربنات کلسیم و آب‌های جوی

3. Set Pair  
4. Denitrification

1. Classic integrated geochemical methods  
2. Ordos

برای انجام مطالعه، پس از تعیین حدود دشت با استفاده از عکس هوایی، نقشه توپوگرافی و نقشه‌های زمین‌شناسی، نقشه پایه منطقه تهیه شد. در نقشه پایه تهیه شده جاده‌های دسترسی به منطقه، موقعیت روستاها، عوارض زمین و همچنین واحدهای زمین‌شناسی مشخص گردید. در بازدید زمین‌شناسی، وضعیت سازندهای زمین‌شناسی از لحاظ لیتولوژی مورد بررسی قرار گرفتند. سپس به منظور بررسی خصوصیات هیدروژئولوژی، براساس وسعت منطقه مورد مطالعه قبل از عملیات صحرایی چندین نقطه برای نمونه‌برداری انتخاب گردید تا علاوه بر صرفه‌جویی در هزینه‌ها، پهنه دشت را پوشش دهد.

نحوه نمونه‌برداری از آب بسیار مهم بوده و باید به روش استاندارد انجام گیرد تا نتیجه آنالیزها با خطای کمتری مواجه شود. هنگام نمونه‌برداری از دو بطری برای هر نمونه استفاده شد، یکی برای اندازه‌گیری کاتیون‌ها و دیگری برای آنیون‌ها. هر یک از بطری‌ها به ظرفیت یک لیتر و از جنس پلی‌اتیلن بودند. قبل از نمونه‌برداری هر یک از بطری‌ها از نظر عدم آلودگی بررسی و برای اطمینان بیشتر چندین بار با آب محل نمونه‌برداری شسته شدند. بعد از پر شدن کامل بطری‌ها، داخل ظرف کاتیون حدود دو قطره اسیدنیتریک یک نرمال، برای جلوگیری از رسوب کاتیون‌ها اضافه شد. نمونه‌برداری از چاه‌هایی که در حال پمپاژ بودند صورت گرفت، زیرا لازم است که قبل از نمونه‌گیری از چاه‌ها سه تا پنج برابر حجم آب داخل چاه تخلیه گردد. همچنین سه پارامتر کیفی دما، هدایت الکتریکی و اسیدیته نیز در محل نمونه‌برداری اندازه گرفته شدند. اندازه‌گیری این پارامترها در محل نمونه‌برداری به این علت است که با انتقال نمونه‌ها و گذشت زمان مقدار این پارامترها تغییر خواهند کرد.

در بررسی هیدروژئوشیمیایی آنالیز یون‌های اصلی سدیم، منیزیم، کلسیم، سولفات، بی‌کربنات، کربنات و کلراید لزوماً باید انجام شوند. از آن جا که در محدوده مورد مطالعه بیشترین بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی برای آبیاری انجام می‌شود، علاوه بر یون‌های اصلی از نیترات و دو عنصر جزئی آهن و منگنز نیز آزمایش به عمل آمد. پارامترهای کربنات، بی‌کربنات، کلر، کلسیم و منیزیم به روش تیتراسیون، نیترات و سولفات با استفاده از

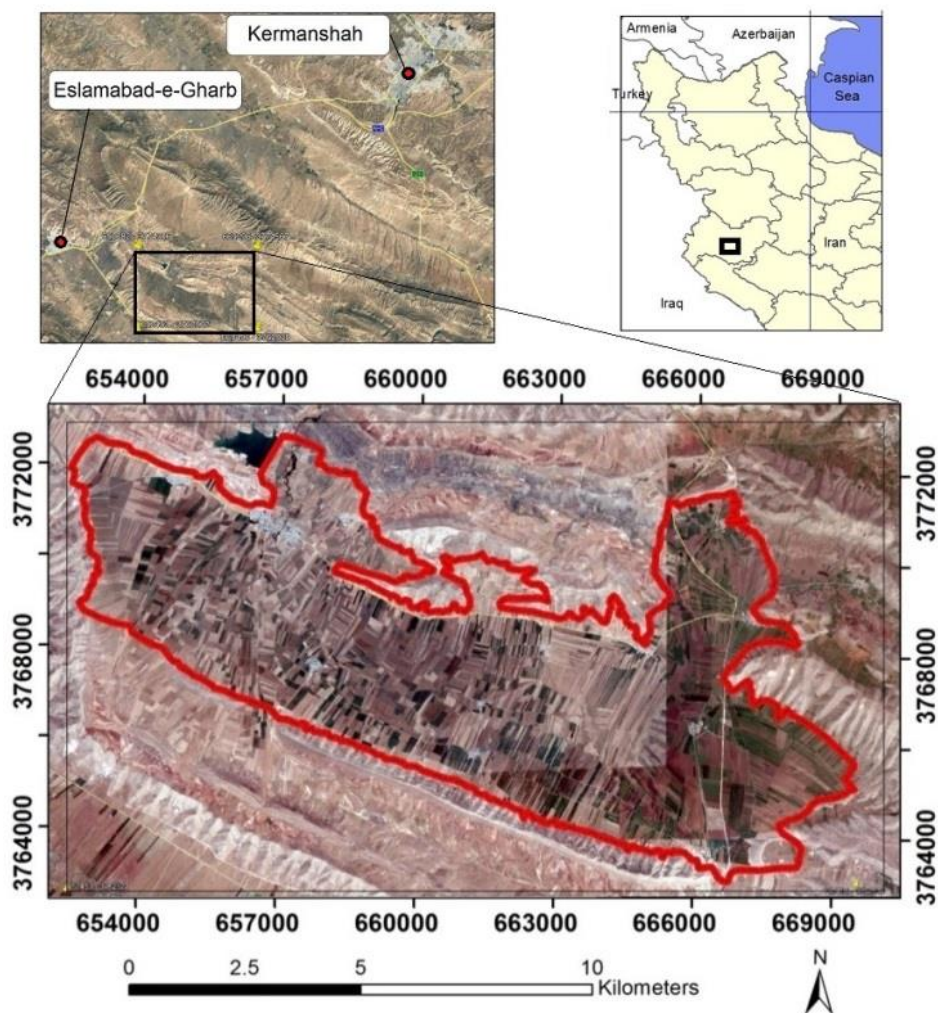
کشت می‌شود و بر اساس گزارشات شرکت آب منطقه‌ای استان کرمانشاه، علی‌رغم اضافه برداشت‌های دهه اخیر و افت سطح ایستابی از نظر کمیت منابع آبی در وضعیت مناسبی قرار دارد. از آنجا که تاکنون تأثیر سازندهای زمین‌شناسی و ارزیابی کیفی آب زیرزمینی این دشت، که یکی از مهم‌ترین دشت‌های استان کرمانشاه است، انجام نشده و نیز به منظور مدیریت بهتر بهره‌برداری آبخوان، در این پژوهش پارامترهای مؤثر بر کیفیت آب-زیرزمینی مورد بررسی قرار گرفته و پهنه‌بندی کیفی کاربری شرب و کشاورزی آب زیرزمینی انجام شده است.

## مواد و روش‌ها

### منطقه مورد مطالعه

دشت شیان بین عرض‌های جغرافیایی ۳۷۶۳۳۲۶ و ۳۷۷۲۰۸۹ متر شمالی و بین طول‌های جغرافیایی ۶۵۴۵۴۷ و ۶۶۸۰۳۵ متر شرقی از زون ۳۸S شمالی در سیستم مختصاتی UTM، واقع شده است. محدوده مطالعاتی از نظر ساختار زمین‌شناسی در زون زاگرس چین‌خورده قرار دارد. از نظر آب و هوا بر اساس اقلیم‌نمای آمبرژه جزو مناطق مدیترانه‌ای نیمه‌خشک است و به‌طور میانگین دارای بارش سالانه حدود ۴۰۰ میلی‌متر و دمای هوای متوسط سالانه بین ۱۲ تا ۱۴ درجه سانتی‌گراد می‌باشد (شرکت آب منطقه‌ای کرمانشاه، ۱۳۹۰). محدوده مورد مطالعه دارای تنوع خوبی از نظر منابع آبی است. چاه‌های بهره‌برداری عمیق، نیمه‌عمیق و دستی در قسمت آبرفتی و چشمه‌هایی در حاشیه دشت وجود دارد. علاوه بر منابع آبی ذکر شده یک سد مخزنی در حد فاصل دشت شیان و دشت شمالی آن (دشت حسن‌آباد) احداث شده است که خارج از محدوده مورد مطالعه می‌باشد. از منابع آب زیرزمینی در محدوده دشت، تنها چاه‌های بهره‌برداری قرار دارند که از آنها نمونه‌برداری و آنالیز شیمیایی به عمل آمده است. محدوده مورد مطالعه از لحاظ موقعیت جغرافیایی در استان کرمانشاه و در محدوده شهرستان اسلام‌آباد غرب و کرمانشاه قرار دارد. دشت شیان توسط ارتفاعات کوه‌های سفید سوار از شمال و قاضی‌وند از جنوب محدود شده است. منطقه مورد مطالعه و حدود دشت شیان در شکل ۱ نشان داده شده است.

اسپکتروفوتومتر، سدیم و پتاسیم با استفاده از فلیم فوتومتر و عناصر آهن و منگنز با استفاده از جذب اتمی اندازه‌گیری شده‌اند.

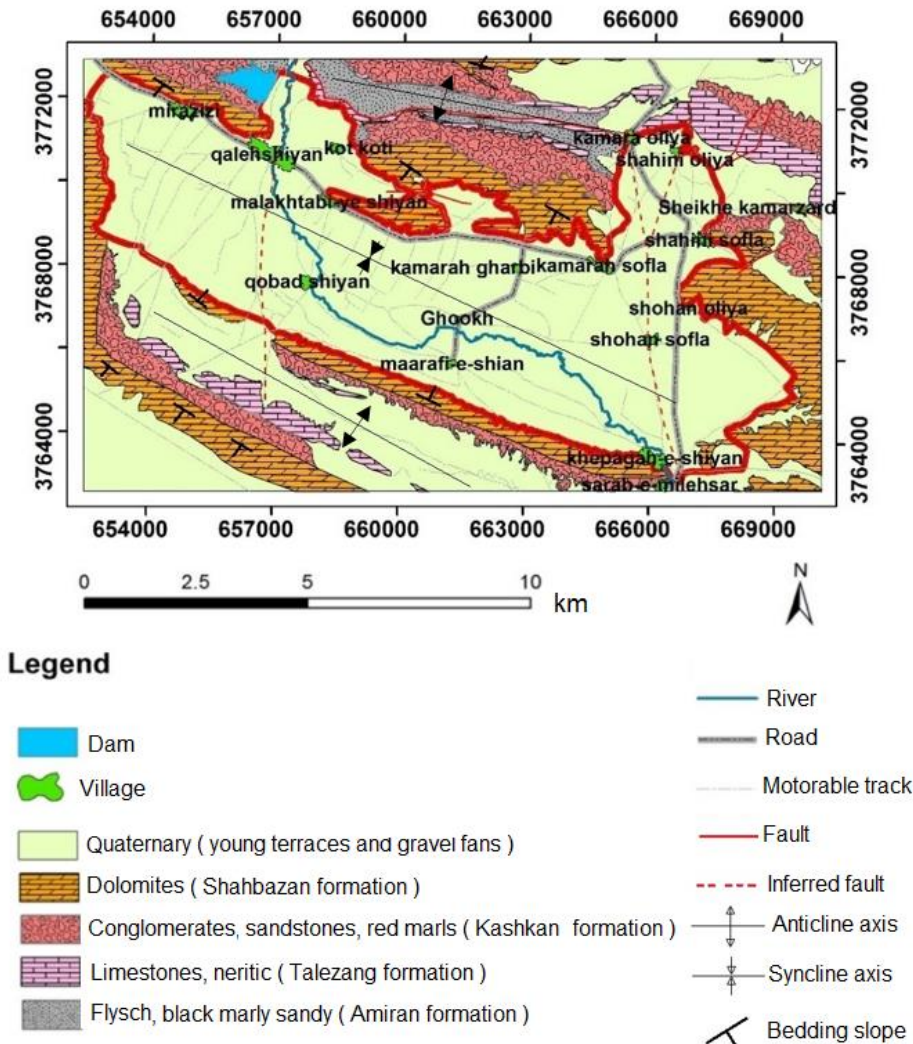


شکل ۱- موقعیت دشت شیان

### بحث و نتایج زمین‌شناسی

لیتولوژی، سازندها و ساختارهای زمین‌شناسی با استفاده از نقشه زمین‌شناسی کوچک‌مقیاس موجود از منطقه، عکس‌های هوایی و بازدید صحرایی تعیین و حاصل آن در یک نقشه بزرگ مقیاس خلاصه شده است. طی مراحل تهیه نقشه، ساخت‌های جدیدی مشخص شد که نقشه محدوده موردنظر را کامل‌تر کرده است. شکل ۲ نقشه زمین‌شناسی تهیه شده را نشان می‌دهد.

بررسی وضعیت سطح ایستابی، جهت جریان و مرزهای هیدرولیکی در کنار نمونه‌برداری و آنالیز کیفی، در درک سیستم و فرایندهای هیدروژئوشیمیایی بسیار مؤثر است. برای تعیین جهت جریان آب زیرزمینی در دشت شیان، از بار هیدرولیکی پیزومترهای موجود در این دشت استفاده شد. هشت پیزومتر برای اندازه‌گیری سطح ایستابی در دشت حفر شده‌اند که از این تعداد هفت پیزومتر فعال می‌باشند. برای بررسی شرایط سطح ایستابی و جهت جریان آب زیرزمینی، از داده‌های مربوط به زمان نمونه‌برداری استفاده شده است.



شکل ۲- نقشه زمین‌شناسی محدوده مورد مطالعه

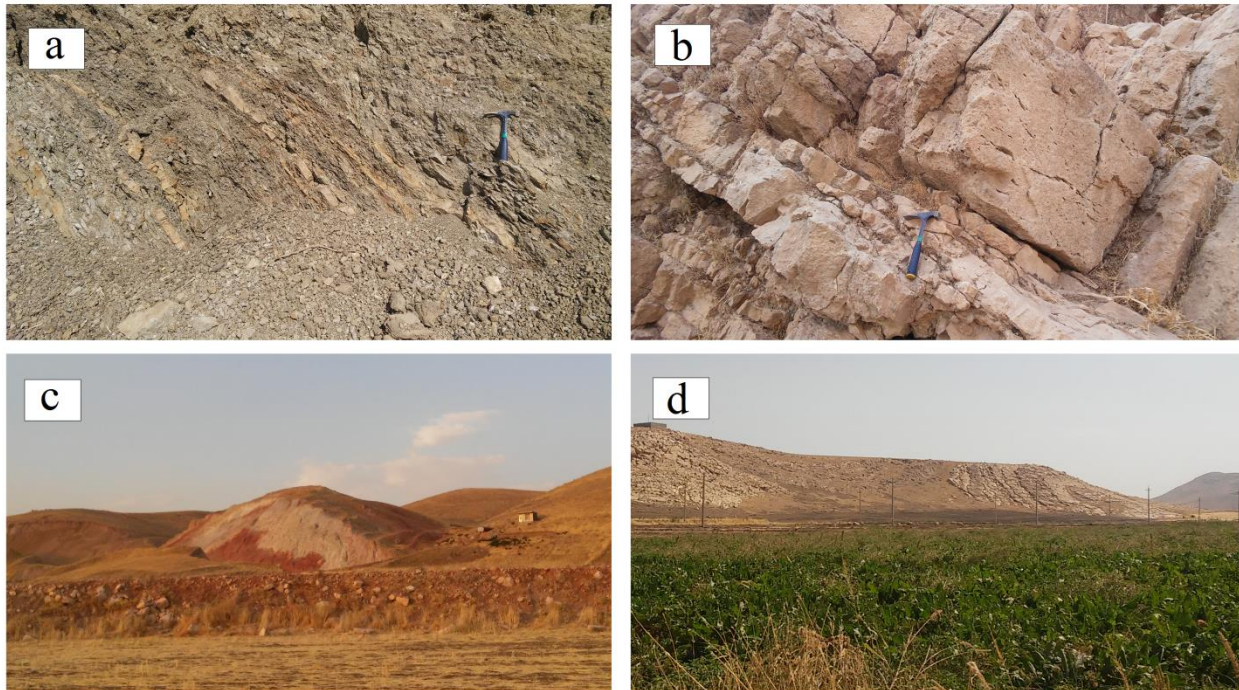
عمود بر راستای حرکت صفحه عربی است. علاوه بر محور چین-خوردگی، بودیناژ سازند تله‌زنگ در جنوب دشت، راستای استرس بیشینه را به خوبی نشان می‌دهد. آبخوان دشت شیان یک آبخوان آبرفتی از نوع آبخوان آزاد می‌باشد که در محور این ناودیس واقع شده است. وجود دشت‌های بسته در اطراف دشت شیان، مانند دشت حسن‌آباد و ماهیدشت و حتی خود دشت شیان، که به صورت کاسه‌ای در کنار هم قرار گرفته‌اند، تقریباً مانند چین‌های شانه تخم‌مرغی بوده و حاکی از چین‌خوردگی چند مرحله‌ای است.

در محدوده مورد مطالعه رخنمونی از مرز پایینی سازند امیران دیده نشد و از نظر ترتیب سنی لایه‌ها، این سازند قدیمی‌ترین

همان‌طور که در شکل ۲ مشاهده می‌شود، در واحدهای سنگی دو نوع توالی و تکرار دیده می‌شود. بسترین نوع تکرار واحدهای سنگی به صورت قرینه‌اند که حاکی از سیستم چین‌خوردگی است. در شمال و جنوب دشت، مارن‌های خاکستری و تیره‌رنگ امیران حضور دارند. به صورت قرینه واحدهای تله‌زنگ، مارن‌های قرمز رنگ کشکان و دولومیت‌های روشن شهبازان در اطراف این مارن‌های تیره‌رنگ قرار گرفته‌اند. با توجه به جهت لایه‌بندی این واحدها، از نظر سن نسبی و نحوه تکرار لایه‌ها، محور طاق‌دیس در محل سازند امیران، و محور ناودیس در محل سازند شهبازان، قرار دارد. با توجه به عکس‌های هوایی و بازدید صحرایی، محور اصلی این چین‌خوردگی روند شمال غربی-جنوب شرقی داشته و

۱۹۶۸). که در منابع، سن آن ائوسن میانی تا فوقانی با توجه به فسیل‌های موجود، تعیین شده است (درویش‌زاده، ۱۳۷۰). شکل ۳ عکس‌هایی از واحدهای سنگی منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

سازند منطقه می‌باشد. سازند تله‌زنگ به‌طور هم‌شیب بر روی امیران قرار دارد و کنتاکت فوقانی آن با سازند کشکان ظاهراً هم‌شیب است. جوان‌ترین واحد سنگی دشت، سازند شهبازان است که از نظر لیتولوژی شامل دولومیت و آهک‌های دولومیتی سفید تا قهوه‌ای‌رنگ حفره‌دار است (جیمز و وایند، ۱۹۶۵؛ اشتوکلین،



شکل ۳- رخنمون واحدهای سنگی در محدوده مورد مطالعه (a سازند امیران، b سازند تله‌زنگ، c کشکان و d شهبازان).

شمالی-جنوبی واحدهای سنگی را قطع کرده است. با توجه به این مطلب سن این گسل‌ها جوان‌تر از واحدهای سنگی در منطقه می‌باشد. گمان می‌رود به علت فعالیت شدید کشاورزی در این منطقه و عملیات خاک‌ورزی آثار آنها در آبرفت محو شده باشد. این گسل‌ها سبب کانالیزه شدن آب زیرزمینی از سمت شمال یعنی از آبخوان دشت حسن‌آباد شده و به‌صورت چشمه‌هایی آب را به دشت شیان تخلیه می‌کنند. وجود سراب شاهینی، چشمه کمره بالا و چشمه‌هایی در بالادست روستای قلعه شیان به‌دلیل وجود همین گسل‌ها است (شکل ۴).

در قسمت شمالی دشت در فاصله بین سد شیان و روستای کمره بالا، سازند تله‌زنگ و امیران به‌صورت متوالی تکرار شده‌اند (شکل ۲، مختصات  $x:665000$  و  $y:3771000$ ). این تکرار لایه‌ها به علت حضور یک گسل با امتداد شرقی-غربی است که توانسته است واحدهای جوان‌تر تله‌زنگ را در کنار واحدهای قدیمی‌تر امیران قرار دهد. با توجه به شواهد صحرایی، بلوک شمالی فرادیواره بوده و به‌سمت بالا رانده شده و ساز و کار این گسل معکوس می‌باشد. از عملکرد این گسل چشمه‌ای در محل روستای کمره بالا ایجاد شده است. علاوه بر این گسل، گسل‌های دیگری با روند تقریبی،



شکل ۴- محل تقاطع گسل اصلی با روند شمالی - جنوبی و گسل بین لایه‌ای در سازند تله‌زنگ و ظهور چشمه گسلی (روستای کمره بالا، دید به سمت غرب)

نشان داده شده است. جهت جریان آب زیرزمینی از سمت شمال غرب به جنوب شرق می‌باشد.

#### بررسی هیدروژئوشیمی

در ابتدای کار برای سنجش کار آزمایشگاه و نیز این که آیا نمونه‌ها برای بررسی کیفی آب مناسب هستند یا خیر، از بالانس یونی (C.B.)<sup>۵</sup> استفاده شده است. بالانس یونی از فرمول زیر محاسبه می‌شود.

$$C.B = \frac{\text{مجموع آنیون ها} - \text{مجموع کاتیون ها}}{\text{مجموع آنیون ها} + \text{مجموع کاتیون ها}} \times 100 \quad (3)$$

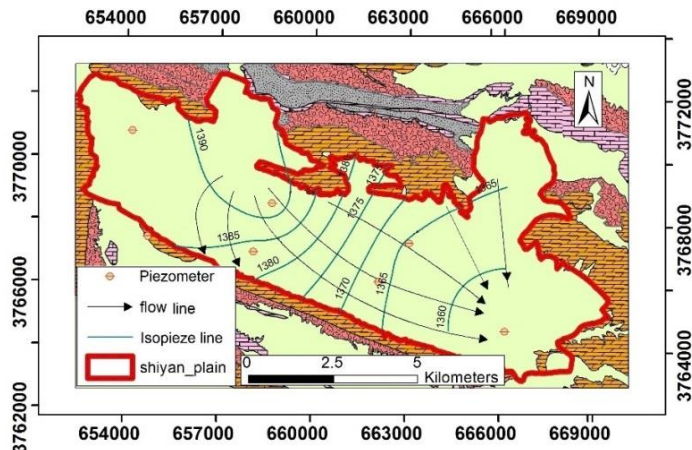
تنها نمونه‌هایی که مقدار بالانس یونی آنها کمتر از ۵ باشد، می‌توانند در تجزیه و تحلیل آبخوان مورد استفاده قرار گیرند (هانسلو، ۱۹۹۵). در شکل ۶ توزیع آنالیز نمونه‌ها و در جدول ۱ خلاصه آماری آنها آورده شده است.

عمده‌ترین منابع آبی محدوده مورد مطالعه در رسوبات سخت نشده آبخوان قرار دارد. رسوبات آبرفتی که حاصل فرسایش سازندهای سخت اطراف دشت هستند، دره‌ها و مرکز دشت را پر کرده‌اند. این رسوبات تناوبی از ریزدانه‌ها و درشت‌دانه را تشکیل می‌دهند که در دوره‌های با شدت بارندگی مختلف رسوب کرده‌اند. ضخامت این رسوبات در مطالعات و حفاری‌های اکتشافی به حدود ۲۰۰ متر در مرکز دشت، می‌رسد. این آبرفت‌ها دارای ذخایر آب زیرزمینی بسیار خوبی بوده و چاه‌های بهره‌برداری در این آبرفت‌ها حفاری شده‌اند.

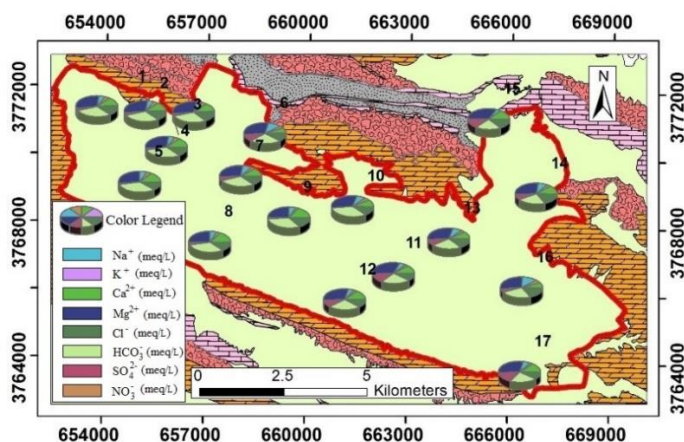
#### هیدروژئولوژی

##### جریان آب زیرزمینی

در منطقه مورد مطالعه آمار مربوط به سطح ایستابی به وسیله ۷ پیزومتر ثبت می‌شود. از سال آبی ۷۶-۷۵ تا کنون از این پیزومترها داده برداری به عمل می‌آید. محل پیزومترها، خطوط تراز و جهت حرکت آب زیرزمینی در دشت شیان در شکل ۵



شکل ۵- محل استقرار پیزومترها و جهت حرکت آب زیرزمینی در دشت شیان



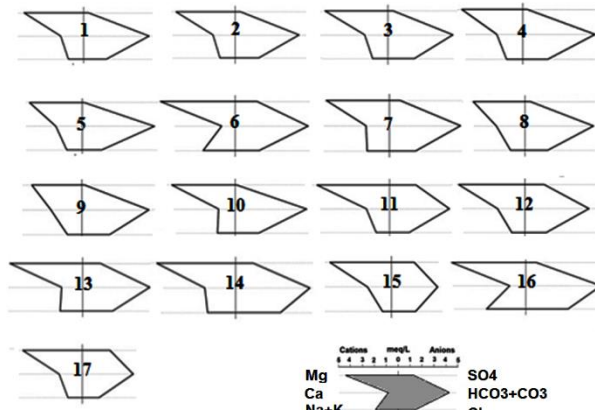
شکل ۶- توزیع یونهای محلول در آب زیرزمینی دشت شیان

جدول ۱- خلاصه آماری آنالیز نمونه های آب زیرزمینی دشت شیان

انحراف معیار	میانگین	بیشینه	کمینه	واحد	علامت اختصاری	پارامترها
۱۲۳/۹۴	۷۵۶/۵۶۹	۱۰۰۶/۲۵	۵۳۴/۳۷۵	$\mu\text{mho/cm}$	EC	هدایت الکتریکی
۲۲/۱۱	۲۵۹/۵۵۴	۳۱۹/۳۶۰۴	۲۳۴/۶۵۷۵	mg/L	TH	سختی کل
۷۹/۳۰	۴۸۴/۱۷۶	۶۴۴	۳۸۵	mg/L	TDS	کل مواد جامد محلول
۰/۱۹۴۴	۷/۷۶	۸/۳	۷/۵	-	pH	اسیدیته
۰/۲۷۱۲	۰/۶۳۸	۱/۰۷۲۹	۰/۳۰۹۹۰۳	meq/L	SAR	نسبت جذب سدیم
۵/۱۳	۱۷/۲۶۲	۳۰/۳۳۹۵۹	۹/۴۶۹۴۹۱	meq/L	Na%	درصد سدیم
۵/۸۴	۷۲/۹۱۶	۸۴/۶۱۵۳۸	۶۱/۷۰۲۱۳	meq/L	MR	نسبت منیزیم
۴/۷۸	۴۸/۸۴۷	۵۷/۲۲۵۷۲	۳۹/۴۰۴۷۴	meq/L	PI	شاخص نفوذپذیری
۰/۵۹۲۴	-۱/۱۱۰	-۰/۴	-۲	meq/L	RSC	کربنات سدیم باقیمانده
۰/۰۰۰۱۴	۰/۰۱۵۷	۰/۰۱۵۹	۰/۰۱۵۴	mg/L	Mn	منگنز
۰/۰۰۰۵۶	۰/۰۰۴۶۳	۰/۰۰۵۹	۰/۰۰۳۹۵	mg/L	Fe	آهن
۲/۱۲	۳/۳۰	۷/۰۸	۰/۷۶۶	mg/L	K	پتاسیم
۱۰/۷۰	۲۳/۸۰	۵۴/۴۸	۱۱/۲۶	mg/L	Na	سدیم
۵/۴۵	۲۸/۰۳	۳۶/۰۶	۱۶/۰۲	mg/L	Ca	کلسیم
۶/۳۰	۴۶/۲۱	۵۵/۹۰	۳۵/۲۴	mg/L	Mg	منیزیم
۸/۷۵	۲۸/۲۸	۴۳/۸۵	۳/۲۹	mg/L	NO <sub>3</sub>	نیترات
۲۵/۹۸	۳۴/۵۶	۸۰/۱۶	۳/۳۶	mg/L	SO <sub>4</sub>	سولفات
۲۹/۰۹	۲۴۹/۵۸	۲۹۲/۸	۱۷۰/۸	mg/L	HCO <sub>3</sub>	بیکربنات
۱۵/۶۱	۵۴/۵۲	۹۲/۱۷	۳۵/۴۵	mg/L	Cl	کلر



بر اساس الگوهای مرجع، می‌توان تیپ آب‌ها و همچنین منشأ و محیط زمین‌شناسی نمونه‌ها را بررسی کرد. برای هر نمونه یک نمودار استیف رسم و در شکل ۸ آورده شده است.

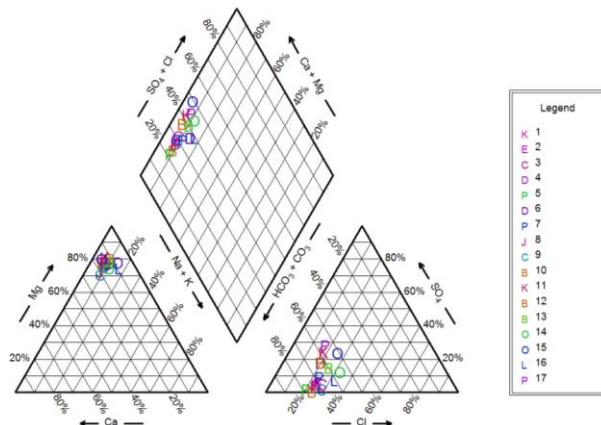


شکل ۸- نمودار استیف نمونه‌های آب زیرزمینی

بر اساس نمودار استیف، در تمام نمونه‌ها، بی‌کربنات آنیون و منیزیم کاتیون غالب است. در برخی از نمونه‌ها مقدار کاتیون کلسیم بیشتر از مقدار سدیم بوده و در برخی یون سدیم بر کلسیم غلبه دارد. نمودارهای بالا اگرچه دارای مقادیر نسبی بالایی از منیزیم هستند، به الگوهای سنگ‌های بازالت، آهک و دولومیت شباهت زیادی دارند و با توجه به اینکه در منطقه سنگ‌های آذرین وجود ندارند، لذا گزینه بازالت حذف شده و سنگ‌های کربناته می‌توانند به‌عنوان سنگ‌های تأثیرگذار بر ژئوشیمی آبخوان در نظر گرفته شوند.

از نمودار دروف<sup>۶</sup> علاوه بر تعیین تیپ آب‌های زیرزمینی برای تعیین نوع واکنش‌های ژئوشیمیایی کنترل‌کننده کیفیت آب استفاده می‌شود. شکل ۹ محل قرارگیری نمونه‌ها را در نمودار دروف نشان می‌دهد. بر اساس این نمودار، نمونه‌ها در محلی قرار گرفته‌اند که نشان‌دهنده تعویض یونی آب بوده و کیفیت آب متأثر از تعویض یونی و انحلال ساده آب می‌باشد. بی‌کربنات و منیزیم یون‌های غالب یا کاتیون‌های تقریباً یکسان (غیر قابل تمیز دادن) و منیزیم و کلسیم غالب، که نشان‌دهنده آب همراه دولومیت است.

یکی از نمودارهای بسیار مفید در بررسی هیدروژئوشیمی آب، نمودار پایپر است. با استفاده از نمودار پایپر امکان نمایش تجزیه شیمیایی تعداد زیادی از نمونه‌ها فراهم شده و به راحتی می‌توان تعبیر و تفسیر آن‌ها را انجام داد. برای تعیین تیپ آب‌های نمونه- برداری شده از نمودار پایپر استفاده شد که نتیجه آن در شکل ۷ آورده شده است.

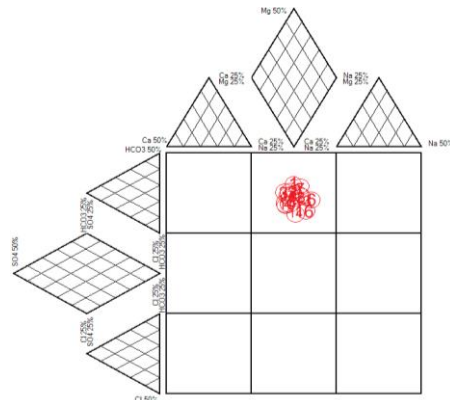


شکل ۷- دیاگرام پایپر نمونه‌های آب زیرزمینی دشت شیخان

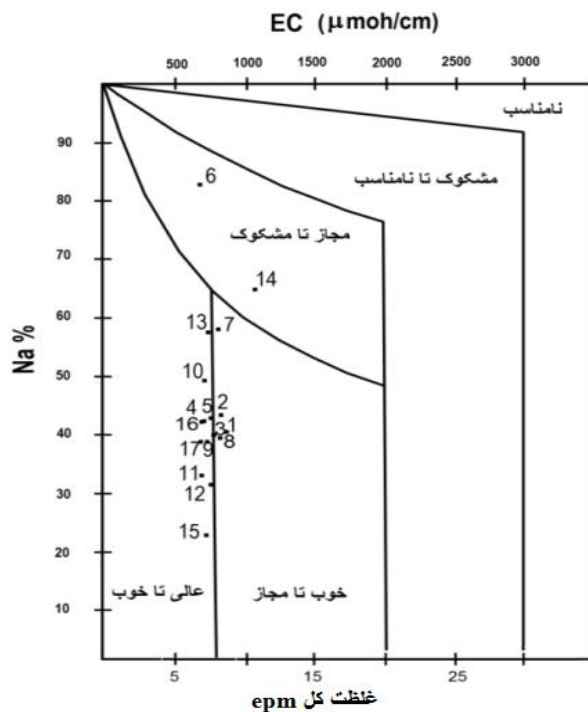
همان‌طور که در شکل ۷ دیده می‌شود نمونه‌های آب دارای تیپ بی‌کربناته می‌باشند. براساس نمودار پایپر نمونه‌های آب در محدوده اسیدهای ضعیف و فلزات قلیایی خاکی قرار گرفته‌اند. زمانی که محل قرارگیری نمونه‌ها در مثلث کاتیون‌ها و آنیون‌ها، به‌ترتیب به راس‌های منیزیم و بی‌کربنات متمایل باشند، انحلال دولومیت-کلسیت و یا سیلیکات‌های فرومنیزین (اغلب  $Mg > Ca$ ) پدیده غالب در سیستم است. با توجه به این که سیلیکات-های فرومنیزین در منطقه مورد مطالعه وجود ندارد، احتمال انحلال آن‌ها ضعیف بوده و به‌دلیل وجود گسترده دولومیت شهبازان در منطقه، احتمال انحلال دولومیت بسیار زیاد است. برای تأیید موضوع و مشخص کردن محیط زمین‌شناسی تأثیرگذار بر نمونه‌های آب از نمودار استیف استفاده شد. در این نمودار نتایج تجزیه شیمیایی آب بر حسب اکی‌والان در لیتر بر روی محور افقی رسم می‌شوند. با استفاده از نقاط به‌دست آمده و اتصال آن‌ها به همدیگر پلیگون‌های مشخصی به‌وجود می‌آید که

### کیفیت آب شرب و کشاورزی

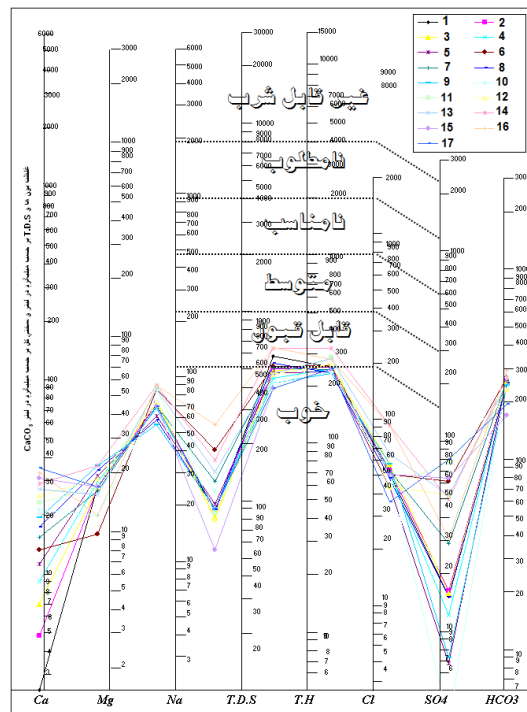
کاربری آب زیرزمینی در دشت شیان به شرب و کشاورزی معطوف شده و کاربری صنعتی ندارد. برای بررسی کاربری شرب آب زیرزمینی دشت شیان از نمودار شولر و برای بررسی کیفیت آب کشاورزی نیز از نمودار ویلکاکس استفاده شده که نتایج آن در شکل ۱۰ آورده شده است.



شکل ۹- نمودار دروف نمونه‌های آب زیرزمینی دشت شیان

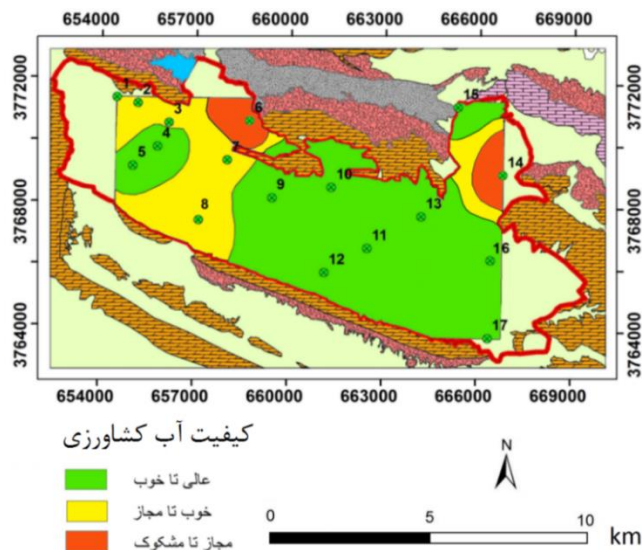


شکل ۱۰- نحوه قرارگیری نمونه‌های آب محدوده مورد مطالعه در نمودار ویلکاکس و شولر



کیفی برای مصارف آبیاری تولید و در شکل ۱۱ نشان داده شده است. کیفیت پایین آب مربوط به قسمت‌های شرق و شمال دشت بوده و علت آن را به احتمال زیاد می‌توان به وجود سازندهای مارنی امیران و کشکان نسبت داد.

براساس نمودار شولر، به‌علت سختی کل و وجود نیترات بیشتر از حد مطلوب، آب شرب منطقه مورد مطالعه در کلاس ۲ (قابل قبول) قرار دارد. همچنین براساس نمودار ویلکاکس، محدوده مورد مطالعه در سه کلاس عالی تا خوب، خوب تا مجاز و مجاز تا مشکوک برای کشاورزی قرار دارد. بر این اساس نقشه پهنه‌بندی



شکل ۱۱- نقشه کیفی آب زیرزمینی دشت شیان برای مقاصد آبیاری

### نتیجه گیری

میلی گرم در لیتر متغیر بوده و به وجود یون‌های کلسیم و منیزیم وابسته است. به احتمال بسیار زیاد منشأ آن زمین‌زاد بوده و مربوط به سازند دولومیتی شهبازان می‌باشد که گرداگرد دشت را احاطه کرده است. همچنین به علت این که تقریباً تمام پهنه دشت به صورت آبی کشت می‌شود و استفاده از کودهای شیمیایی برای افزایش محصولات کشاورزی رایج می‌باشد، احتمالاً افزایش یون نترات در آبخوان دارای منشأ انسان‌زاد است. مقدار هدایت الکتریکی (EC) در ابتدا و انتهای دشت بیشتر از قسمت‌های دیگر بوده و علت آن را می‌توان به احتمال بسیار زیاد به وجود سازندهای مارنی امیران و کشکان و حذف دولومیت‌ها در زون-های خرد شده مربوط دانست. بیشترین فرآیند غالب در آبخوان، تعویض یونی بوده و آب زیرزمینی در جهت جریان، یعنی از شمال غربی به سمت شرق و جنوب شرقی تکامل طبیعی هیدروشیمیایی خود را تجربه می‌کند. نتایج حاصل از نمودارهای پایپر، استیف، دروف باهم همخوانی داشته و تیپ غالب آب در این آبخوان تیپ بی‌کربناته است. بر روی آب‌هایی که از سمت شمال این روستا می‌آیند یک سد خارج از بستر، احداث شده است که بر روی محور طاق‌دیس، و سازند امیران می‌باشد. باتوجه به شواهد صحرایی و عکس‌های هوایی، به نظر می‌رسد که بدنه سد به موازات گسل با روند شمالی- جنوبی قرار گرفته باشد. باتوجه به قرارگیری روستاهای قلعه‌شیان و میرعزیزی در فاصله

در این مطالعه محیط زمین‌شناسی و ویژگی‌های هیدروژئوشیمیایی آبخوان دشت شیان بررسی شد. بر اساس نتایج به دست آمده، آبخوان در آبرفت تجمع یافته در امتداد محور ناودیسی با سنگ بستر دولومیتی سازند شهبازان قرار گرفته است. گسل‌هایی با روند شمالی جنوبی در دو ناحیه از دشت سبب ارتباط هیدرولیکی آبخوان دشت شیان با دشت‌های مجاور از شمال و جنوب شده‌اند. یک گسل در حوالی روستای کتکتی و قلعه شیان به سمت جنوب امتداد یافته و در محل آن سازندهای زمین‌شناسی قطع گردیده است. این گسل سبب هدایت آب‌های زیرزمینی از دشت حسن‌آباد شده و محل تغذیه آبخوان دشت شیان از سمت شمال غربی است. گسل دیگر که بر سیستم آب زیرزمین تأثیر زیادی دارد، گسلی است با روند شمالی جنوبی که در دشت شیان از روستای کمره بالا تا روستای خپکه امتداد دارد. وجود این گسل سبب زهکشی آب زیرزمینی از دشت حسن‌آباد و مناطق بالادست شده و در حوالی روستای خپکه سبب خروج آب زیرزمینی از این آبخوان می‌شود. همچنین از تلاقی این گسل با گسلی که دارای روندی حدوداً شرقی- غربی است، در محل روستای کمره بالا و روستای شاهینی، دو چشمه گسلی ظهور پیدا کرده است. مقدار سختی کل نمونه‌ها بین ۲۳۴ تا ۳۱۹

- Gholami, A., Shahinzadeh, N., Papan, P., 2013. Hydrogeochemical parameters for assessment of groundwater quality in loor plain, khouzeestan, Iran. *Tech J Eng Appl Sci*, 3(23):3458-3461.
- Haritash, A.K., Mathur, K., Singh, P., Singh S.K., 2017. Hydrochemical characterization and suitability assessment of groundwater in Baga–Calangute stretch of Goa, India, *Environ Earth Sci*.76 (9), 341.
- Hounslow, A.W., 1995c. *Water Quality Data: Analysis and Interpretation*. CRC Press, 416 p.
- Hussein, M.T., 2004. Hydrochemical evaluation of groundwater in the Blue Nile Basin, eastern Sudan, using conventional and multivariate techniques. *Hydrogeology Journal*, 12(2): 144-158.
- James, G.A., Wynd, J.D., 1965. Stratigraphic nomenclature of Iranian oil Consotium Agreement area. *Ameraicn Assosiation of Petroleum Geologists Bul.*, 49(12): 2182-2245.
- Mapoma, H.W.T., Xie, X., Liu, Y., Zhu, Y., Kawaye, F.P., Kayira, T.M., 2017. Hydrochemistry and quality of groundwater in alluvial aquifer of Karonga, Malawi. *Environ Earth Sci*, 76(9), 335.
- Nematollahi, M.J., Ebrahimi, P., Ebrahimi, M., 2016. Evaluating Hydrogeochemical Processes Regulating Groundwater Quality in an Unconfined Aquifer. *Environmental Processes*, 3(4): 1021-1043.
- Nematollahi, M.J., Ebrahimi, P., Razmara, M., Ghasemi, A., 2016. Hydrogeochemical investigations and groundwater quality assessment of Torbat-Zaveh plain, Khorasan Razavi, Iran. *Environmental monitoring and assessment*, 188(1), 2.
- Nosrati, K., Eeckhaut, M.V.D., 2011. Assessment of groundwater quality using multivariate statistical techniques in Hashtgerd Plain, Iran. *Environmental Earth Sciences*, 65: 331–344.
- Stocklin, J., 1968. Structural history and tectonics of Iran: a review. *AAPG Bulletin*, 52(7): 1229-1258.
- Taghizadeh Mehrjardi, R., Zareian Jahromi, M., Mahmodi, S., Heidari, A., 2008. Spatial distribution of groundwater quality with geostatistics (Case Study: Yazd-Ardakan Plain). *World Appl. Sci. J*. 4(1): 9-17.
- Yang, Q., Li, Z., Ma, H., Wang, L., Martín, J.D., 2016. Identification of the hydrogeochemical processes and assessment of groundwater quality using classic integrated geochemical methods in the Southeastern part of Ordos basin, China. *Environmental Pollution*, 218, 879-888.
- نزدیک از پایین دست این سد و این که نشت آب می تواند سبب افزایش فشار آب منفذی و سبب فعال شدن گسل ها شود، مطالعات بیشتری را در این زمینه می طلبد.
- ### منابع
- درویش زاده، ع.، ۱۳۷۰. زمین شناسی ایران، انتشارات نشر دانش امروز وابسته به مؤسسه انتشارات امیرکبیر، چاپ هفتاد، ۹۰۱ ص.
- حسن زاده، ب.، عباس نژاد، ا.، ۱۳۹۷. فرآیندهای هیدروژئوشیمیایی مؤثر بر کیفیت منابع آب زیرزمینی بخش میانی دشت نوق (غرب استان کرمان). هیدروژئولوژی، دوره ۳، شماره ۲، ۴۶-۵۸.
- شرکت آب منطقه ای کرمانشاه، ۱۳۹۰، پروژه آماربرداری از منابع آب ۱۲ محدوده مطالعاتی استان کرمانشاه، گزارش نهایی آماربرداری از منابع آب محدوده مطالعاتی حسن آباد قلعه شیان. جلد ۷، ۶۲ ص.
- کریمی، ث.، محمدی، ض.، سامانی، ن.، ۱۳۹۶. بررسی خصوصیات هیدروژئوشیمیایی آب زیرزمینی و روند تکامل شوری آن در دشت سمنان. هیدروژئولوژی، دوره ۲، شماره ۱، ۱-۱۹.
- هادیپور هفشجانی، ز.، نصری، ح.، علیجانی، ف.، ۱۳۹۷. فرآیندهای هیدروژئوشیمی آبخوان کوه دشت. هیدروژئولوژی، دوره ۳، شماره ۱، ۳۲-۴۶.
- Aghazadeh, N., Mogaddam, A.A., 2011. Investigation of hydrochemical characteristics of groundwater in the Harzandat aquifer, Northwest of Iran. *Environ Monit Assess*, 176(1):183–195.
- Brkić, Ž., Briški, M., Marković, T., 2016. Use of hydrochemistry and isotopes for improving the knowledge of groundwater flow in a semiconfined aquifer system of the Eastern Slavonia (Croatia). *Catena*, 142, 153-165.
- Chkurbene, A., Tsujimura, M., Charef, A., Tanaka, T., 2009. Hydro-geochemical evolution of groundwater in an alluvial aquifer: Case of Kurokawa aquifer, Tochigi prefecture, Japan. *Desalination*, 246(1-3): 485-495.