بسم اللّٰه

الرحمن الرحيم

دانشکده زمین شناسی

گروه آب‌شناسی و زمین‌شناسی زیست‌محیطی

پایان نامه کارشناسی ارشد

بررسی خصوصیات هیدروژئولوژیکی و هیدروژئوشیمیایی قنات‌های جنوب غرب دامغان

محبوبه تفضلی

استاد راهنما

دکتر غلامحسین کرمی

استاد مشاور

دکتر محسن خادمی

تیرماه ۹۴

تقدیم به

روح پاک پدرم

دستان پر مهر مادرم

و همسر مهربانم

تشکر و قدردانی

منت خدای را عزو و جل که طاعتش موجب قربت است و
به شکر اندرش مزید نعمت.

در اینجا بر خود لازم می‌دانم تا مراتب سپاس و قدردانی را از اساتید بزرگوارم جناب دکتر غلامحسین کرمی و دکتر محسن خادمی بجا آورم که در دشوارترین لحظات با من همراه بوده‌اند، و حمایت خویش را نثار من کردند.

در ادامه از مسئولین محترم دانشکده و اساتید محترم در دوران تحصیل، آقایان دکتر کاظمی، دکتر باقری و دکتر جعفری که در این مدت مرا یاری نموده‌اند، نهایت سپاس و قدردانی را دارم.

همچنین از همسرم که در این راه همواره مشوق و یاور من بوده سپاسگزاری می‌کنم.

در پایان از خانواده عزیزم که همیشه در تمام مراحل مرا همراهی کرده‌اند تشکر می‌کنم.

محبوبه تفضلی

تیرماه ۹۴

تعهدنامه

اینجانب .....**محبوبه تفضلی**..... دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته...آبشناسی.... دانشکده ..**علوم زمین**.. دانشگاه شاهرود نویسنده پایان نامه .....**بررسی خصوصیات هیدروژئولوژیکی و هیدروژئوشیمیایی قناتهای جنوب غرب دامغان** ....تحت راهنمائی...دکتر **کرمی**..متعهد می شوم .

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است .
- در استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است .
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است .
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه صنعتی شاهرود » و یا « Shahrood University» به چاپ خواهد رسید .
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه ، در مواردی که از موجود زنده (یا بافتهای آنها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است .
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری ، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است .

تاریخ

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج ، کتاب ، برنامه های رایانه ای ، نرم افزار ها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد . این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود .
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی باشد.

چکیده

منطقه مورد مطالعه در محدوده جنوب غرب دامغان و بین طول‌های جغرافیایی ۵۴°۰۰' تا۵۴°۱۵ ' شرقی و عرض‌های جغرافیایی۳۶°۰۰' تا ۳۶°۱۵' شمالی واقع شده است. شهرستان دامغان با متوسط بارندگی سالانه حدود ۱۲۰ میلی‌متر و دمای متوسط سالانه ۱۷ درجه سانتی‌گراد در سال، دارای اقلیم خشک بوده و بنابراین منابع آب زیرزمینی از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشند. یکی از راه‌های بسیار مناسب بهره‌برداری از آب‌های احداث قنات‌ها است. جنوب غرب دامغان یکی از مناطقی است که تعداد پنج رشته قنات فعال را شامل می‌شود. این قنات‌ها شامل قنات‌های فیخار، حاجی‌آباد، کلاته داوود، رومنان و شوکت‌آباد هستند. در این تحقیق، خصوصیات کمی و کیفی این قنات‌ها به صورت ماهانه و در یک دوره یک ساله اندازه‌گیری شده است. برای تمام قنات‌ها مقادیر هدایت الکتریکی، pH و دبی در محل نمونه‌برداری، و میزان کاتیون‌ها و آنیون‌های اصلی در آزمایشگاه اندازه‌گیری شدند. نتایج بدست آمده بیانگر این است که رفتار هیدروژئولوژیکی و هیدروژئوشیمیایی این قنات‌ها با هم کم و بیش متفاوت است. در بین قنات‌های مورد مطالعه، قنات فیخار که نوعی چشمه قنات نیز می‌باشد، به دلیل تغذیه از آهک‌های کارستی سازند لار دارای کمترین هدایت الکتریکی (حدود ۳۰۰ میکروموس بر سانتی‌متر) است. بقیه قنات‌ها دارای هدایت الکتریکی حدود ۱۵۰۰ تا ۱۸۰۰ میکروموس بر سانتیمتر می‌باشند که به دلیل وجود سازندهای مخرب کیفیت و بالا بودن املاح محلول در آبرفت‌های منطقه است. هم‌چنین، تغییرات دبی نشان می‌دهد که چشمه قنات فیخار تحت تاثیر تغذیه از آهکهای کارستی سازند لار، بیشترین دبی و قنات‌های رومنان و شوکت‌آباد که قناتهای دشتی هستند به علت تغذیه کمتر، دارای کمترین مقدار دبی هستند. تیپ آب در چشمه قنات فیخار از نوع بیکربناته کلسیک و در بقیه قنات‌ها از نوع کلروره سدیک می‌باشد. علاوه بر این، بر اساس نمودار پایپر، یک تفاوت قابل توجه هیدروژئوشیمیایی بین قنات-های منطقه به وضوح قابل مشاهده است. این تفاوت هیدروژئوشیمیایی در نمودار نیمه‌لگاریتمی شولر هم کم و بیش مشهود است.

کلیدواژه‌ها: قنات، دبی، دامغان، غلظت یون‌ها

فهرست مطالب

فصل اول: مقدمه

۱-۱ بیان مسئله و هدف از انجام تحقیق..... ۱

۱-۲- موقعیت جغرافیایی منطقه ۱

۱-۳- آب و هوا ۳

۲-۴- ژئومورفولوژی منطقه ۵

۱-۵- زمین‌شناسی منطقه ۷

۱-۵-۱- چینه‌شناسی منطقه..... ۷

۱-۵- ۲- زمین‌شناسی ساختمانی و تکتونیک منطقه.... ..... ۱۰

۱-۶- هیدرولوژی منطقه ۱۱

۱-۷- هیدروژئولوژی منطقه ۱۱

فصل دوم: مروری بر مطالعات انجام شده درباره خصوصیات هیدروژئولوژی و هیدروژئوشیمیائی قنات

۲-۱- مقدمه ۱۵

۲-۲- ساختمان قنات..... ۱۵

۲-۳- موقعیت جغرافیایی محل قنات ۱۷

۲-۳-۱- قنات‌های مناطق کوهستانی ۱۷

۲-۳-۲- قنات‌های دشتها و جلگه‌های آبرفتی ۱۸

۲-۴- آبدهی قنات ۲۰

۲-۵- کیفیت آبهای زیرزمینی..... ۲۴

فصل سوم: روش انجام تحقیق

۳-۱- نمونه‌برداری ۲۷

۳-۲- اندازه‌گیری دبی، هدایت الکتریکی و pH در محل نمونه‌برداری ۲۸

۳-۳- پارامترهای اندازه‌گیری شده در آزمایشگاه ۲۹

۳-۳-۱- پارامترهای کیفی محاسبه شده ۲۹

۳-۴- نمودارهای کیفی ۳۱

فصل چهارم: ارزیابی خصوصیات هیدروژئولوژیکی و هیدروژئوشیمیایی قنات-های جنوب غرب دامغان

۴-۱- معرفی قنات‌های مورد مطالعه ۳۳

۴-۱-۱- موقعیت قنات‌ها بر روی Google Earth ۳۴

۴-۱-۲- شناسنامه قنات‌های مورد مطالعه ۳۴

۴-۲- ارزیابی هیدروژئولوژیکی قنات‌های مورد مطالعه ۳۵

۴-۲-۱- ارزیابی تغییرات دراز مدت آبدهی قنات‌های فیخار و حاجی‌آباد ۳۶

۴-۲-۲- ارزیابی تغییرات دبی در سال آبی ۱۳۹۴-۱۳۹۳ ..... ۴۵

۴-۳- ارزیابی تغییرات خصوصیات هیدروژئوشیمیایی قنات‌های مورد ۵۴

۴-۳-۱- بررسی تغییرات زمانی هدایت الکتریکی قنات‌های منطقه ۵۴

۴-۳-۲- بررسی غلظت یون‌های اصلی در قنات‌های مورد مطالعه ۶۳

۴-۴- بررسی آب قنات‌های مورد مطالعه با استفاده از نمودارهای کیفی ۷۰

۴-۵- بررسی تغییرات pH در قنات‌های منطقه ۷۶

فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادها

۵-۱- نتیجه‌گیری.....۷۹

۵-۱-۱- خصوصیات هیدروژئولوژیکی قنات‌های مورد مطالعه ۷۹

۵-۲- خصوصیات هیدروژئوشیمیایی قنات‌های مورد مطالعه.....۸۰

۵-۳- پیشنهادها.....۸۱

منابع مورد استفاده.....۸۲

فهرست شکل‌ها

شکل ۱- ۱- موقعیت جغرافیایی و راه‌های ارتباطی به منطقه مورد مطالعه..... ۲

شکل ۱-۲- نمودار امبروترمیک منطقه مورد مطالعه (ایستگاه دانشگاه آزاد دامغان)..... ۵

شکل ۱-۳- نمایی از ژئومورفولوژی منطقه (نگاه عکس به شمال)..... ۶

شکل ۱-۴- نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه..... ۸

شکل ۱-۵- نقشه هم‌پتانسیل دشت دامغان..... ۱۲

شکل ۱-۶- نقشه هدایت الکتریکی دشت دامغان..... ۱۳

شکل ۴-۱- موقعیت قنات‌ها بر روی Gogle Earth..... ۳۴

شکل ۴-۲- تغییرات دبی سالانه چشمه قنات فیخار در سال‌های آبی ۱۳۹۲-۱۳۷۸..... ۳۹

شکل ۴-۳- تغییرات دبی سالانه قنات حاجی‌آباد در سال‌های آبی ۱۳۹۲-۱۳۷۸..... ۴۱

شکل ۴-۴- تغییرات دبی ماهانه چشمه قنات فیخار در سال‌های آبی ۱۳۹۲-۱۳۷۸..... ۴۲

شکل ۴-۵- تغییرات دبی ماهانه قنات حاجی‌آباد در سال‌های آبی ۱۳۹۲-۱۳۷۸..... ۴۳

شکل ۴-۶- منحنی فرود چشمه قنات فیخار در سال‌های آبی ۱۳۹۲-۱۳۷۸..... ۴۴

شکل ۴-۷- منحنی فرود قنات حاجی‌آباد در سال‌های آبی ۱۳۹۲-۱۳۷۸..... ۴۵

شکل ۴-۸- تغییرات زمانی دبی چشمه قنات فیخار در سال‌های آبی ۱۳۹۴-۱۳۹۳..... ۴۸

شکل ۴-۹- تغییرات زمانی دبی قنات حاجی‌آباد در سال‌های آبی ۱۳۹۴-۱۳۹۳..... ۴۹

شکل ۴-۱۰- تغییرات زمانی دبی قنات کلاته داوود در سال آبی ۱۳۹۴-۱۳۹۳..... ۵۰

شکل ۴-۱۱- تغییرات زمانی دبی قنات شوکت‌آباد در سال آبی ۱۳۹۴-۱۳۹۳..... ۵۱

شکل ۴-۱۲- تغییرات زمانی دبی قنات رومنان در سال آبی ۱۳۹۴-۱۳۹۳..... ۵۱

شکل ۴-۱۳- منحنی فرود چشمه قنات فیخار در سال آبی ۱۳۹۴-۱۳۹۳..... ۵۲

شکل ۴-۱۴- منحنی فرود قنات حاجی‌آباد در سال آبی ۱۳۹۴-۱۳۹۳..... ۵۲

شکل ۴-۱۵- منحنی فرود قنات کلاته داوود در سال آبی ۱۳۹۴-۱۳۹۳..... ۵۳

شکل ۴-۱۶- منحنی فرود قنات رومنان در سال آبی ۱۳۹۴-۱۳۹۳.....۵۳
شکل ۴-۱۷- منحنی فرود قنات شوکت‌آباد در سال آبی ۱۳۹۴-۱۳۹۳.....۵۴
شکل ۴-۱۸- تغییرات سالانه دبی و هدایت الکتریکی چشمه قنات فیخار در سال‌های ۱۳۹۳-۱۳۸۱.....۵۹
شکل ۴-۱۹- تغییرات ماهانه دبی و هدایت الکتریکی چشمه قنات فیخار در سال‌های آبی ۱۳۹۳-۱۳۸۱.....۶۰
شکل ۴-۲۰- تغییرات سالانه دبی و هدایت الکتریکی قنات حاجی‌آباد در سال‌های ۱۳۹۲-۱۳۸۱.....۶۰
شکل ۴-۲۱- تغییرات ماهانه هدایت الکتریکی و دبی قنات حاجی‌آباد در سال‌های آبی ۱۳۹۳-۱۳۸۱.....۶۰
شکل ۴-۲۲- تغییرات زمانی هدایت الکتریکی و دبی قنات کلاته داوود در سال ۱۳۹۴-۱۳۹۳.....۶۱
شکل ۴-۲۳- تغییرات زمانی هدایت الکتریکی و دبی قنات شوکت‌آباد در سال ۱۳۹۴-۱۳۹۳.....۶۲
شکل ۴-۲۴- تغییرات زمانی هدایت الکتریکی و دبی قنات رومنان در سال ۱۳۹۴-۱۳۹۳.....۶۳
شکل ۴-۲۵- نمودار همبستگی EC-TDS در آب قنات‌های منطقه.....۶۶
شکل ۴-۲۶- تعیین منشأ سدیم با استفاده از مقایسه آن با کلر.....۶۸
شکل ۴-۲۷- نمودار پایپر قنات‌های مورد مطالعه.....۷۱
شکل ۴-۲۸- نمودار استیف چشمه قنات فیخار.....۷۲
شکل ۴-۲۹- نمودار استیف قنات حاجی‌آباد.....۷۲
شکل ۴-۳۰- نمودار استیف قنات کلاته داوود.....۷۳
شکل ۴-۳۱- نمودار استیف قنات شوکت‌آباد.....۷۳
شکل ۴-۳۲- نمودار استیف قنات‌رومنان.....۷۳
شکل ۴-۳۳- نمودار شولر قنات‌های مورد مطالعه.....۷۴
شکل ۴-۳۴- نمودار ویلکاکس قنات‌های مورد مطالعه.....۷۵
شکل ۴-۳۵- نمودارهای تغییرات pH در قنات‌های مورد مطالعه.....۷۸

فهرست جدول‌ها

جدول ۱-۱- میانگین بارندگی و درجه حرارت ماهانه در یک دوره آماری ۶ ساله.....۳

جدول ۱-۲- طبقه بندی دمارتن.....۴

جدول ۴-۱- شناسنامه قنات‌های منطقه مورد مطالعه.....۳۵

جدول ۴-۲- آبدهی چشمه قنات فیخار بر حسب لیتر بر ثانیه در سال‌های آبی ۱۳۹۲-۱۳۷۸.....۳۶

جدول ۴-۳- بارش سالانه و ماهانه ایستگاه دانشگاه آزاد دامغان در سال‌های آبی ۱۳۹۲-۱۳۷۸.....۳۸

جدول ۴-۴- آبدهی قنات حاجی‌آباد بر حسب لیتر بر ثانیه در سال‌های آبی ۱۳۹۲-۱۳۷۸.....۴۰

جدول ۴-۵- مقادیر شیب بدست آمده در قنات‌های فیخار و حاجی‌آباد.....۴۶

جدول ۴-۶- مقادیر دبی قنات‌های مورد مطالعه در سال آبی ۹۴-۹۳ بر حسب لیتر بر ثانیه.....۴۷

جدول ۴-۷- مقادیر ضرایب بده قنات‌های مورد مطالعه در سال آبی ۹۴-۹۳.....۵۴

جدول ۴-۸- مقادیر هدایت الکتریکی در قنات‌های مورد مطالعه بر حسب (µm/cm) در سال آبی ۹۴-۹۳..۵۶

جدول ۴-۹- مقادیر هدایت الکتریکی در قنات‌های فیخار و حاجی‌آباد در سالهای آبی ۱۳۹۲-۱۳۸۱.....۵۷

جدول ۴-۱۰- غلظت عناصر در قنات‌های مورد مطالعه.....۶۴

جدول ۴-۱۱- رابطه بین EC-TDS در قنات‌های منطقه.....۶۵

جدول ۴-۱۲- پارامترهای محاسبه شده در قنات‌های مورد مطالعه.....۶۹

جدول ۴-۱۳- شاخص‌های اشباع در قنات‌های مورد مطالعه.....۷۰

جدول ۴-۱۴- مقادیر pH در قنات‌های مورد مطالعه در سال آبی ۹۴-۹۳.....۷۶

فصل اول: مقدمه

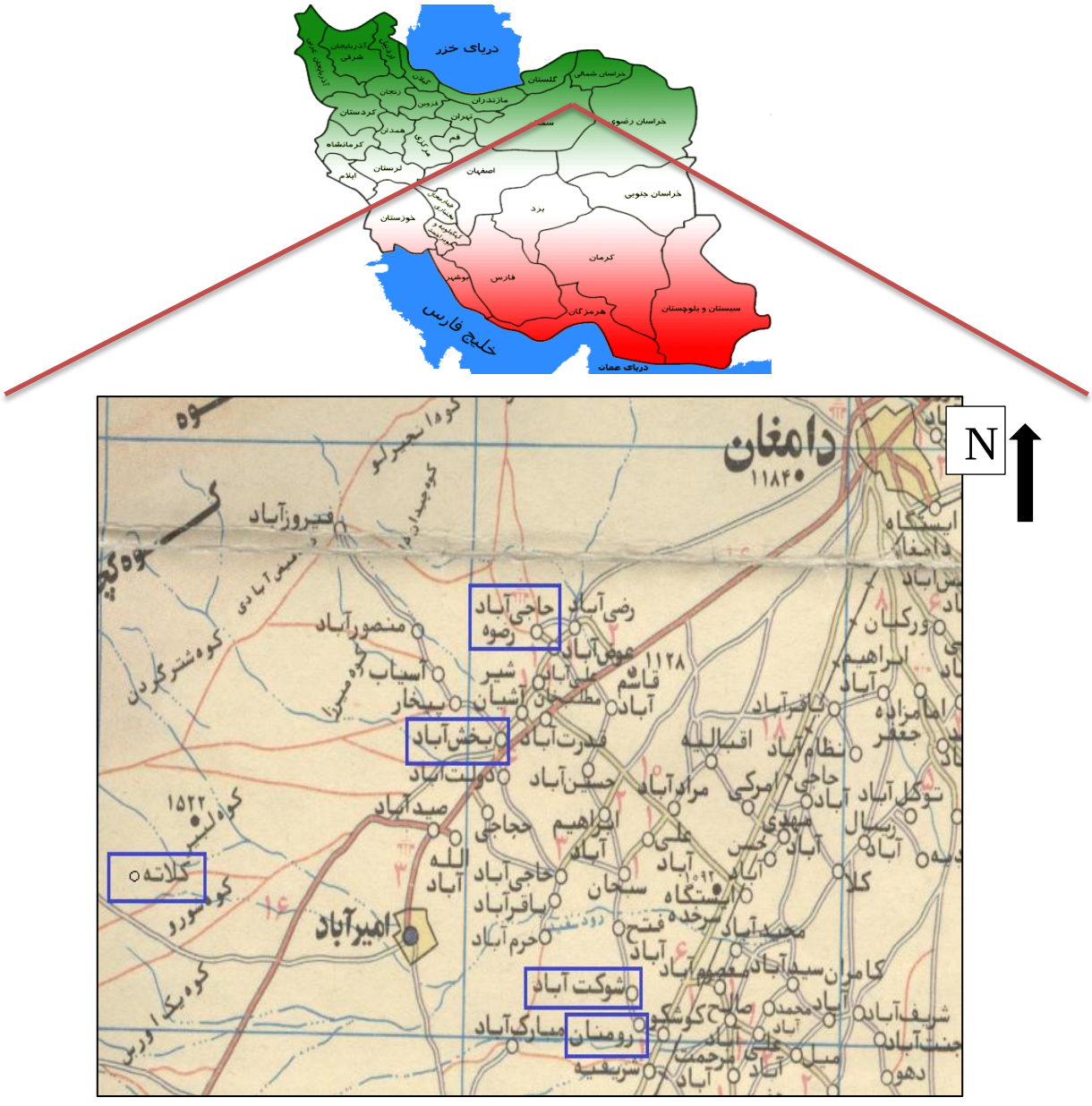
۱- ۱ بیان مسئله و هدف از انجام تحقیق

آب مایه حیات و از ضروریات زندگی انسان است. بزرگترین منبع آب شیرین قابل دسترس در زیر زمین و در داخل سازندهای زمین‌شناسی جای گرفته است. از آن جایی که کشور ایران در منطقه خشک و نیمه-خشک قرار گرفته است، محدودیت آب‌های سطحی استفاده بیش از حد آب‌های زیرزمینی را به دنبال داشته است. بنابراین، مدیریت آب‌های زیرزمینی از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشد. قنات، یکی از روش های استفاده از آب زیرزمینی در مناطق خشک و نیمه‌خشک محسوب می‌شود. با توجه به منابع موجود مرتبط با قنات ملاحظه می‌شود که قسمت اعظم مطالعات انجام شده بر روی قنات‌ها مربوط به ساختمان، نگهداری و بازسازی آن‌ها است و بر روی خصوصیات هیدروژئولوژیکی و هیدروژئوشیمیایی آنها مطالعات بسیار محدودی انجام شده است. از جمله مناطقی که هیچگونه مطالعه‌ای بر روی خصوصیات هیدروژئولوژیکی و هیدروژئوشیمیایی قنات‌های آن انجام نشده است، منطقه جنوب غرب دامغان می‌باشد. بنابراین، هدف اساسی از انجام این تحقیق، بررسی خصوصیات هیدروژئولوژیکی و هیدروژئوشیمیایی قنات‌های این منطقه (قنات‌های فیخار، کلاته داوود، حاجی‌آباد، شوکت‌آباد و رومنان) است.

۱-۲- موقعیت جغرافیایی منطقه

منطقه مورد مطالعه در محدوده جنوب غرب دامغان قرار دارد. این منطقه بین طول‌های جغرافیایی ۵۴°۰۰'

تا۱۵°۵۴ ' شرقی و عرض‌های جغرافیایی'**00**°36 تا '15°36 شمالی قرار گرفته است. مهم‌ترین مسیر ارتباطی به منطقه جاده دامغان – تهران می‌باشد. شکل (۱-۱) موقعیت جغرافیایی و راه‌های دسترسی به منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.



شکل ۱- ۱- موقعیت جغرافیایی و راه‌های دسترسی به منطقه مورد مطالعه

۱-۳- آب و هوا

وضعیت آب و هوا و اقلیم منطقه مورد مطالعه با استفاده از آمار تهیه شده از ایستگاه باران‌سنجی دانشگاه آزاد مورد بررسی قرار گرفته است. میانگین درجه حرارت و بارش ماهانه در یک دوره آماری ۶ ساله (دوره آماری۱۳۸۷-۱۳۸۸ تا ۱۳۹۳-۱۳۹۲) در جدول (۱-۱) ارائه شده است.

جدول ۱-۱- میانگین بارندگی و درجه حرارت ماهانه در یک دوره آماری ۶ ساله (ایستگاه دانشگاه آزاد دامغان)

زمان (ماه)	بارندگی (mm)	دما (°C)
مهر	۴/۷	۱۹/۷
آبان	۱۶/۵	۱۰/۸
آذر	۱۰/۳	٤/۱
دی	۴/۸	۲/۳
بهمن	۲۲/۹	۲/۱
اسفند	۱۴/۴	۶/۸
فروردین	۱۷/۹	۱۴/۱
اردیبهشت	۷/۵	۱۹/۵
خرداد	۲/۸	۲۴/۹
تیر	۲/۵	۲۸/۴
مرداد	۱/۶	۲۷/۰
شهریور	۱۰/۱	۲۳/۶
سالانه	۱۱۶/۰	۱۵/۳

با توجه به آمار ارائه شده در جدول (۱-۱) ملاحظه می‌شود که بیشترین بارندگی ایستگاه دانشگاه آزاد از بهمن ماه تا اردیبهشت ماه و کمترین آن در ماه‌های تابستان و از تیر ماه تا شهریور ماه می‌باشد. برای تعیین اقلیم منطقه از معادله دمارتن (معادله ۱-۱) استفاده شده است.

معادله ۱-۱ $I = P/T+10$

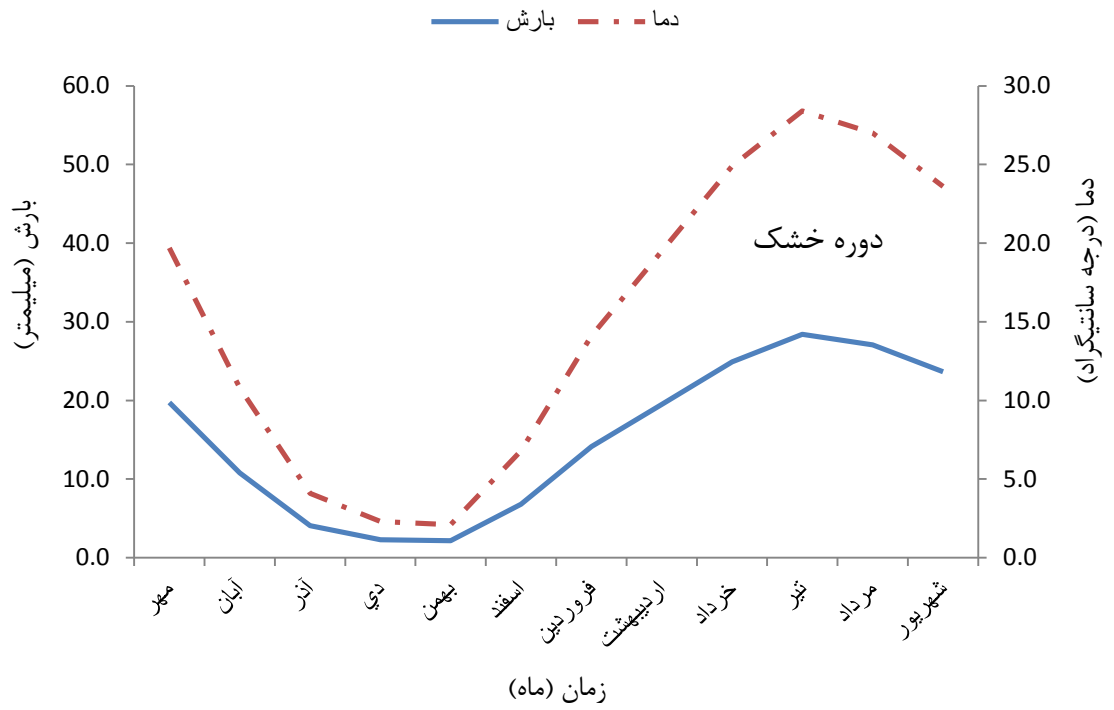
در این معادله P متوسط بارندگی سالانه بر حسب میلی‌متر، T متوسط دمای سالانه بر حسب درجه سانتیگراد و I ضریب خشکی می‌باشد.

با استفاده از معادله (۱-۱) مقدار ضریب خشکی برای ایستگاه باران‌سنجی دانشگاه آزاد حدود ۴/۶ بدست آمده است. بر اساس طبقه‌بندی ارائه شده توسط دمارتن (جدول ۱-۲)، اقلیم منطقه مورد مطالعه از نوع خشک است.

جدول ۱-۲- طبقه بندی دمارتن (علیزاده، ۱۳۸۱)

نوع اقلیم	محدوده ضریب خشکی دمارتن
خشک	کمتر از ۱۰
نیمه‌خشک	۱۰ تا ۱۹/۹
مدیترانه‌ای	۲۰ تا ۲۳/۹
نیمه مرطوب	۲۴ تا ۲۷/۹
مرطوب	۲۸ تا ۳۴/۹
بسیار مرطوب	بیشتر از ۳۵

به منظور تعیین دوره‌های تر و خشک در منطقه مورد مطالعه از نمودار امبروترمیک مربوط به داده‌های ایستگاه هواشناسی دانشگاه آزاد دامغان، استفاده شده است. شکل (۱-۲) نمودار امبروترمیک ایستگاه مورد نظر را نشان می‌دهد. همان‌طور که در شکل (۱-۲) ملاحظه می‌شود، در منطقه مورد مطالعه منحنی مربوط به درجه حرارت در کل سال از منحنی مربوط به بارندگی بالاتر قرار گرفته است. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که بر اساس نمودار امبروترمیک و داده‌های درجه حرارت و بارندگی مربوط به ایستگاه هواشناسی دانشگاه آزاد ، هیچگونه دوره تری در منطقه وجود ندارد.



شکل ۱-۲- نمودار امبروترمیک منطقه مورد مطالعه (براساس داده‌های ایستگاه باران‌سنجی دانشگاه آزاد دامغان)

1-۴- ژئومورفولوژی منطقه

منطقه مورد مطالعه در دامنه جنوبی ارتفاعات سفید کوه دامغان، که جزء رشته کوه البرز می‌باشد واقع شده است. در این منطقه تیپ‌های مختلف ژئومورفولوژیکی شامل کوهستان، تپه ماهور و دشت به چشم می‌خورد. واحد ژئومورفولوژیکی کوهستان به نواحی اطلاق می‌شود که اختلاف ارتفاع آن با زمین‌های اطراف به بیش از ۵۰۰ متر می‌رسد (آقانباتی ۱۳۸۳). در منطقه مورد مطالعه واحد ژئومورفولوژیکی کوهستان در بخش شمالی منطقه واقع شده است که روند شمال شرقی – جنوب غربی را شامل می‌شود. در حقیقت این واحد ژئومورفولوژیکی شامل ارتفاعات سفید کوه دامغان است.

تیپ ژئومورفولوژیکی تپه ماهور شامل مناطقی می‌شود که اختلاف ارتفاع آنها با نواحی مجاور بین ۵۰ تا ۵۰۰ متر می‌باشد. این واحد ژئومورفولوژیکی در منطقه مورد مطالعه در دامنه جنوبی کوههای سفید کوه قرار گرفته است.

واحد ژئومورفولوژیکی دشت، به منطقه‌ای اطلاق می‌شود که اختلاف ارتفاع آن با واحدهای اطراف کمتر از ۵۰ متر است. این واحد ژئومورفولوژیکی بخش اعظم محدوده مورد مطالعه را شامل می‌شود. لازم به ذکر است که در بین قنات‌های مورد مطالعه، چشمه قنات فیخار در نزدیک ارتفاعات قرار دارد و بقیه قنات‌ها در دشت واقع شده‌اند. شکل (۴-۱) نمایی از واحدهای ژئوموفولوژیکی منطقه را نشان می‌دهد.

شکل ۱-۳- نمایی از ژئومورفولوژی منطقه (نگاه عکس به شمال

۱-۵- زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه

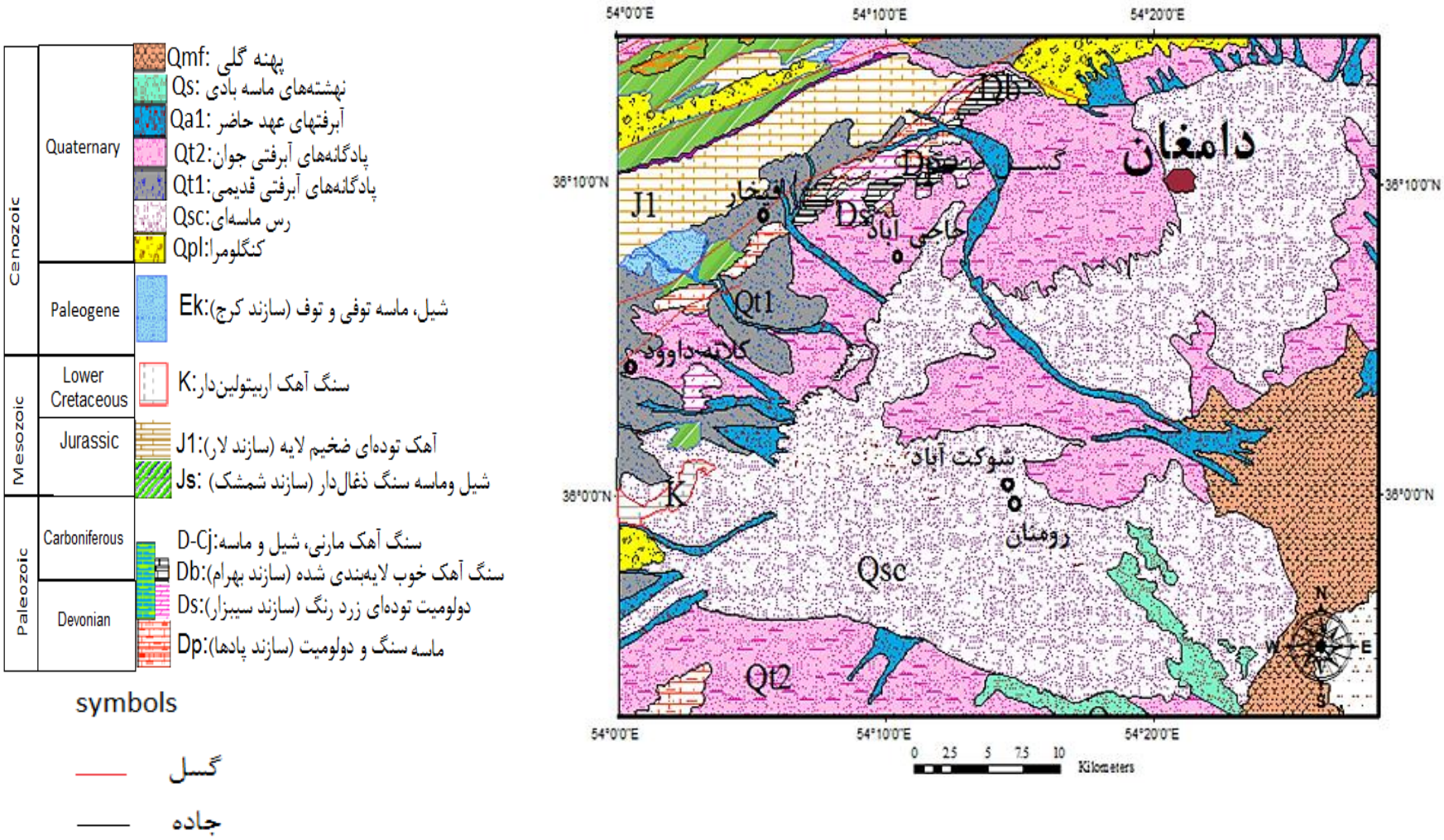
قسمت عمده منطقه مورد مطالعه در پهنه ایران مرکزی و بخشی از آن در پهنه البرز مرکزی قرار دارد. بر طبق نظر آقانباتی (۱۳۸۳)، ایران مرکزی در پالئوزوئیک یک وضعیت پلاتفرمی داشته و از پایداری نسبی برخوردار بوده است. اما این منطقه در مزوزوئیک و سنوزوئیک یکی از مناطق پرتکاپوی ایران بوده که در آن فعالیتهای ماگمایی و رخدادهای دگریختی متعددی به وقوع پیوسته است، که حاصل این پویایی، چین‌خوردگی‌ها و گسل‌های متعددی است. به منظور بررسی وضعیت زمین‌شناسی منطقه، با توجه به نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ دامغان، نقشه زمین‌شناسی منطقه تهیه شده است (شکل ۱-۴). با توجه به نقشه تهیه شده، در زیر مختصری درمورد چینه‌شناسی و زمین‌شناسی ساختمانی منطقه ارائه می‌شود.

۱-۵-۱- چینه شناسی منطقه مورد مطالعه

بر اساس نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ منطقه دامغان (علوی و صالحی راد ۱۹۷۵)، واحدهای سنگی منطقه مورد مطالعه از قدیم به جدید به شرح زیر می‌باشند:

الف- واحدهای سنگی دوران پالئوزوئیک

دونین: نهشته‌های دونین در منطقه مورد مطالعه، در جنوب گسل عطاری، در کوه‌های شترگردن، فیض-آباد، انجیرلو و سیاه کوه رخنمون دارند. قدیمی‌ترین واحدهای سنگی منطقه در این دوره شامل تناوب ماسه سنگ و دولومیت می‌باشد که در آن دو افق ژیپس در بخش میانی و بالایی دیده می‌شود که مربوط به سازند پادها می‌باشد و دارای ضخامت حدود ۴۰۰ متر در برش الگو است. گذر زیرین این سازند با سازند نیور و گذر بالایی آن با سازند سیبزار در ناحیه برش الگو تدریجی و هم‌شیب است. با توجه به موقعیت چینه‌شناسی، سن سازند پادها به دونین زیرین نسبت داده می شود. بعد از سازند پادها، دولومیت‌های سیاه تا خاکستری رنگ حاوی فسیل مرجان‌ها و براکیوپودهای غیرقابل تشخیص قرار گرفته‌اند که مربوط به سازند سیبزار به سن دونین میانی می‌باشد. بخشی از رسوبات دونین در منطقه مربوط به سازند بهرام است که از



شکل ۱-۴- نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه

آهک‌های ضخیم لایه حاوی براکیوپودها و کنودونت‌های فراوان تشکیل شده است (آقانباتی ۱۳۸۳، درویش‌زاده ۱۳۸۰). سازند بهرام در شمال غرب و جنوب غرب دامغان با مساحت بیش از ۲۰ کیلومترمربع گسترش دارد که سن آن دونین بالایی می‌باشد.

ب- واحدهای سنگی دوران مزوزوئیک

ژوراسیک: این نهشته‌ها در منطقه مورد مطالعه شامل رسوبات شمشک و لار است که سازند شمشک در برش الگو با ناپیوستگی روی سازند دورود و به طور پیوسته با سن رتو – لیاس، زیر سازند دلیچای قرار دارد. این سازند شامل شیل‌های سیاه، ماسه سنگ و زغال با بقایای گیاهی می‌باشد. سازند لار، با سن ژوراسیک بالایی (آکسفوردین – کیمبریجین) روی سازند دلیچای و زیر ژیپس و ملافیرها، یا آهک‌های کرتاسه زیرین قرار می‌گیرد. این سازند از آهک‌های ضخیم لایه تا توده‌ای حاوی چرت یا نوارهای سیلیسی تشکیل شده است (آقانباتی ۱۳۸۳).

کرتاسه: نهشته‌های کرتاسه، در بخش شمالی منطقه و شمال گسل عطاری قرار گرفته‌اند که شامل نهشته‌های کرتاسه فوقانی می‌باشد. هم‌چنین، رسوبات کرتاسه زیرین که شامل سنگ آهک اربیتولین‌دار می‌باشد با وسعت کمی در بخش جنوبی منطقه مورد مطالعه واقع شده اند. در منطقه البرز، پیشروی دریای کرتاسه بعد از فاز آسترین (Austerian) و در کرتاسه بالایی، به صورت کنگلومرا و گدازه اسپیلیتی و به صورت دگرشیب بر روی سازند لار مشخص می‌شود، که با عمیق‌تر شدن دریا به رخساره آهک رودیستی بر روی آن تبدیل شده است (آقانباتی۱۳۸۳، درویش‌زاده ۱۳۸۰).

ج- واحدهای سنگی دوران سنوزوئیک

پالئوژن: نهشته‌های پالئوژن در منطقه مورد مطالعه شامل سازندهای فجن، زیارت وکرج می‌باشد. سازند زیارت، شامل آهک نومولیتیکی ماسه‌ای سفید تا خاکستری است که بـه ضـخامت بـیش از ۱۵۰ متـر در گردنه بشم و در غرب کوه فیض‌آباد با وسعت حدود ۸ کیلومترمربع رخنمون دارد. سازند کرج، در محدوده

مطالعاتی به ۳ بخش قابل تفکیک است. بخش پایینی مشتمل بر توف، شیل توفی و گدازه است کـه مـی توان آن را با بخش زیرین و توف میانی در مقطع تیپ مقایسه کرد. بخش میانی از شیل، ماسـه سـنگ و گدازه تشکیل شده است و در حقیقت معادل بخش شیل آستارا در مقطع تیپ می‌باشد. بخـش بـالایی را می توان به واسطه توف، شیل و ماسه سنگ آن، معادل بخش توف بالایی دانست (درویش‌زاده ۱۳۸۰).

کواترنری: در بین نهشته‌های کواترنری، نهشته‌های آبرفتی بیشترین سهم را دارند. ایـن مـواد فرسایشـی هستند و از ارتفاعات تا دشت پراکنده شده‌اند و به تدریج ریزدانه‌تر می‌شوند (آقانباتی ۱۳۸۳). واحـدهای کواترنری در این منطقه شامل تراس‌های آبرفتی قدیم و جدید مـی‌باشـند کـه در جنـوب منطقـه مـورد مطالعه قرار دارند.

1-۵- ۲- زمین‌شناسی ساختمانی و تکتونیک منطقه

با توجه به اینکه منطقه مطالعاتی در دو پهنه البرز و ایران مرکزی گسترده شده است، ساختارهای آن میراثی از سبک ساختارهای این دو پهنه می‌باشد، به طوریکه گسل‌های راندگی و چین خوردگی‌ها و نیز گسل‌های امتداد لغز در این منطقه مشاهده می‌شوند. در این بخش توضیح مختصری درباره گسل‌ها و چین‌خوردگی‌های منطقه مورد مطالعه ارائه خواهد شد.

الف- گسل‌ها

مهم‌ترین گسل موجود در منطقه گسل عطاری است. این گسل با ساز و کار راندگی که در برخی نقاط پرشیب‌تر می‌شود، دارای راستای تقریبی شمال شرق – جنوب غرب می‌باشد. این گسل در ۲۵ کیلومتری شمال جاده تهران- مشهد حد فاصل دشت قوشه قرار دارد. گسل عطاری از نظر علوی نائینی (۱۹۷۲) یک حادثه محسوب می‌شود که در دو سوی آن رخساره‌هایی با سنگهای مشابه تغییر می‌کنند. لذا از نظر وی یک گسل بنیادی جداکننده دو پهنه البرز و ایران مرکزی می‌باشد. این گسل از سنگ‌های دونین عبور کرده و در برخی نقاط سنگهای قدیمی‌تر، واحدهای سنگی کامبرین را بر روی واحدهای جوان‌تر قرار می‌دهد. گسل‌های موجود در کوههای انجیرلو، فیض‌آباد و شتر گردن، بعد از گسل عطاری مهم‌ترین

گسل‌های منطقه هستند. علاوه بر اینها، چندین گسل در ابعاد کمتر از یک کیلومتر در منطقه وجود دارند که برخی امتدادلغز و برخی معکوس بوده، و می‌توان آن‌ها را شاخه‌ای از گسل‌های اصلی منطقه دانست (درویش‌زاده ۱۳۸۰).

ب- چین‌ها

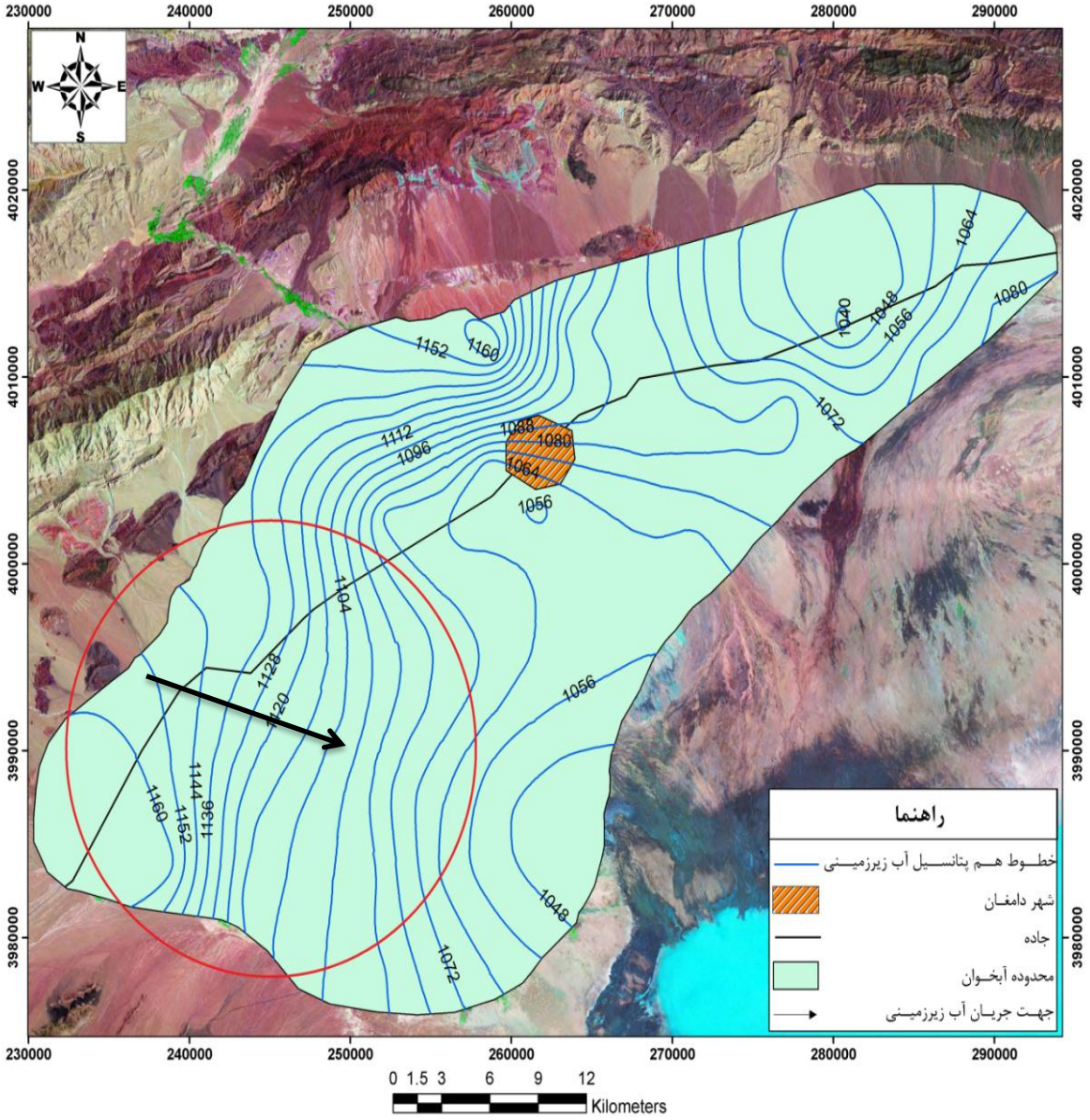
چین‌ها ساختارهایی شکل‌پذیر محسوب می‌شوند که در تناوب لایه‌هایی با مقاومت متفاوت تشکیل می-شوند. با توجه به نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه، روند چین‌ها غالباً از روند چین‌های البرز یعنی شمال شرق – جنوب غرب تبعیت می‌کنند و عمدتاً در سنگ‌هایی با سن ژوراسیک و جوان‌تر رخ داده‌اند. ابعاد این چین‌ها متغیر بوده و در برخی نقاط به چند کیلومتر هم می‌رسد. رخنمون اکثر چین‌ها حاکی از چین‌هایی با سطح محوری کج و لولایی مایل است.

۱-۶- هیدرولوژی منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه از نظر هیدرولوژی فاقد رودخانه دائمی است، اما آبراهه‌های متعددی از مناطق مرتفع به سمت مناطق پست امتداد یافته‌اند. روند اکثریت این آبراهه‌ها شمالی – جنوبی می‌باشد. همچنین چندین طرح تغذیه مصنوعی، در اطراف این قنات‌ها بر روی مسیل‌ها اجرا شده‌اند که آبدهی این قنات‌ها را تحت تاثیر خود قرار می‌دهند. از جمله می‌توان به طرح تغذیه مصنوعی لبیر که در حد واسط بین فیخار و کلاته داود قرار دارد و هم‌چنین، طرح تغذیه مصنوعی گیوتنگه که در منطقه مجاور کلاته داوود است، اشاره کرد.

۱-۷- هیدروژئولوژی منطقه مورد مطالعه

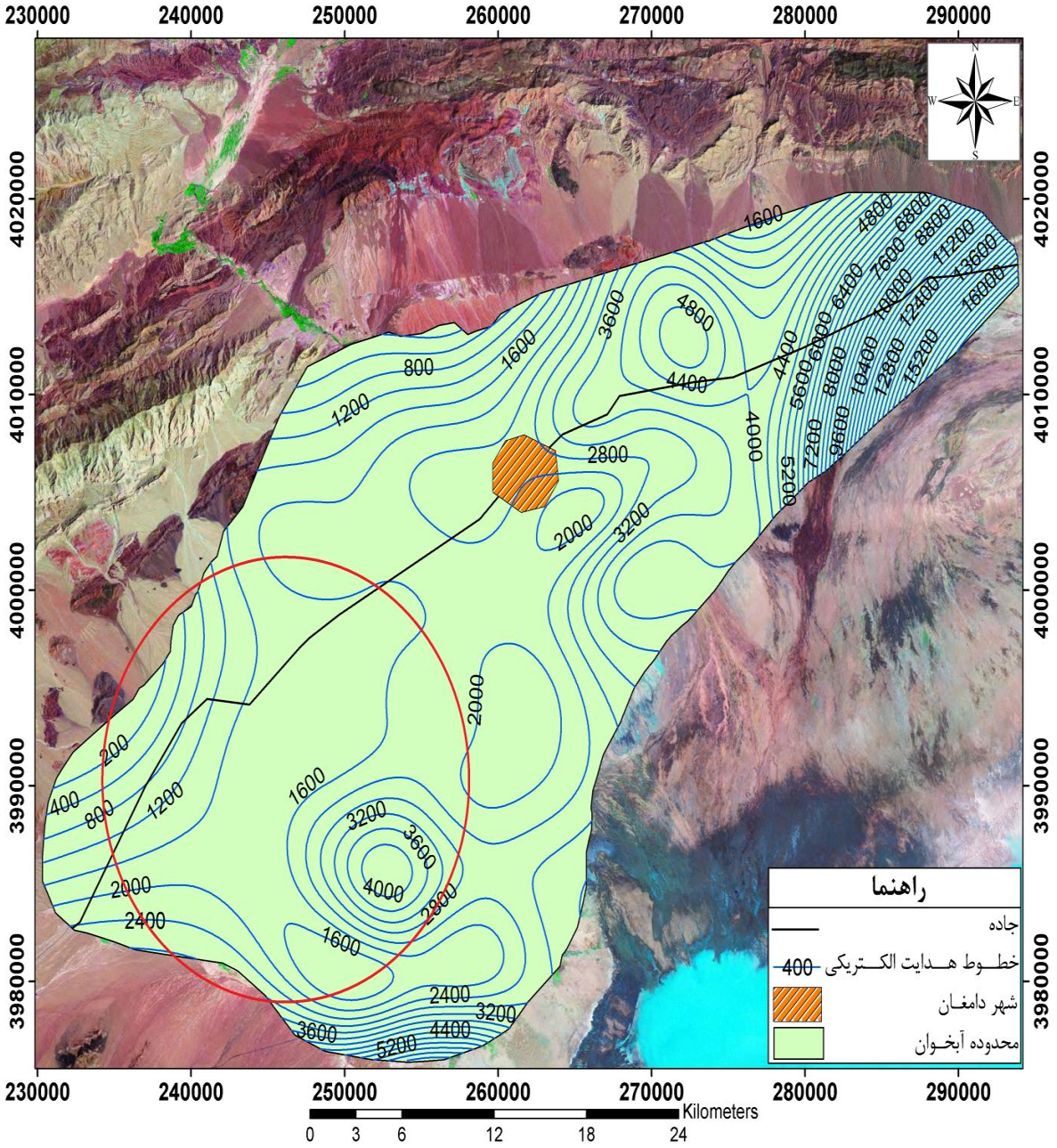
در این بخش مختصری درمورد جهت کلی جریان و کیفیت آبهای زیرزمینی در منطقه مورد مطالعه آورده می‌شود. شکل (۱-۵) نقشه هم‌پتانسیل آبهای زیرزمینی دشت دامغان را نشان می‌دهد (امیرحسینی ۱۳۹۳). منطقه مورد مطالعه در جنوب غرب این نقشه با یک دایره مشخص شده است.



شکل ۱-۵- نقشه هم‌پتانسیل دشت دامغان (امیرحسینی ۱۳۹۳)

بر اساس شکل (۱-۵)، ملاحظه می‌شود که جهت عمومی جریان آب زیرزمینی در منطقه جنوب غرب دامغان کم و بیش از غرب به شرق می‌باشد. علاوه بر این، ملاحظه می‌شود که گرادیان هیدرولیکی در بخشی از منطقه در مقایسه با سایر بخش‌ها به‌طور مشخص بیشتر است. احتمالاً علت بالا بودن گرادیان هیدرولیکی در اثر گسل‌هایی با راستای شمال شرق- جنوب غرب در این محدوده می‌باشد.

شکل (۱-۶) نقشه هدایت الکتریکی آبهای زیرزمینی دشت دامغان را نشان می‌دهد (امیرحسینی ۱۳۹۳). همانند نقشه هم‌پتانسیل (شکل ۱-۵)، منطقه مورد مطالعه در جنوب غرب این نقشه با یک دایره مشخص شده است.



شکل ۱-۶- نقشه هدایت الکتریکی دشت دامغان (امیرحسینی ۱۳۹۳)

همان‌طور که در شکل (۱-۶) ملاحظه می‌شود، در غرب منطقه مورد مطالعه که آبرفت‌ها به وسیله سازندهای آهکی و دولومیتی منطقه تغذیه می‌شوند، میزان هدایت الکتریکی پایین است. در حالیکه در محدوده مرکزی و جنوب منطقه مورد مطالعه، به علت برداشت بیش از حد از آب‌های زیرزمینی و هم-چنین مجاورت با واحدهای سنگی مخرب کیفیت شیل و مارن، هدایت الکتریکی آبهای زیرزمینی به طور قابل توجهی افزایش یافته است.

فصل دوم: مروری بر مطالعات انجام شده درمورد خصوصیات هیدروژئولوژی و هیدروژئوشیمیائی قنات‌ها

۲-۱- مقدمه

قنات یا کاریز مجموعه‌ای از چند میله چاه و یک یا چند کوره زیرزمینی است که با شیب کمتر از سطح زمین، آب موجود در لایه‌های آبدار مناطق مرتفع را توسط نیروی ثقل به نقاط پست‌تر می‌رساند. به عبارت دیگر قنات را می‌توان نوعی زهکش زیرزمینی دانست که آب جمع‌آوری شده توسط این زهکش به سطح زمین آورده می‌شود و به مصرف آبیاری یا شرب می‌رسد (بهنیا ۱۳۷۹).

۲-۲- ساختمان قنات

به‌طور کلی هر قنات شامل اجزاء متعددی می‌باشد که مهم‌ترین آنها به طور مختصر در بخش‌های زیر ذکر خواهند شد:

الف- مادرچاه

دورترین میله چاه قنات (در قسمت تره‌کار) از مظهر قنات که معمولاً دارای عمق بیشتری نسبت به سایر میله‌هاست، مادرچاه نامیده می‌شود. عمق مادر چاه بسته به عمق سطح ایستابی متفاوت است و از چند متر تا چند صد متر تغییر می‌کند.

ب- میله چاه

چاه‌هایی که به منظور خارج کردن خاک‌های برداشت شده و تهویه کوره، که به‌طور عمود بر سطح افق کنده می‌شوند میله چاه نام دارند. هم‌چنین، میله چاه‌ها به منظور رفت و آمد مقنی‌ها و لایروبی قنات نیز

مورد استفاده قرار می‌گیرند. عمق میله چاه‌های یک قنات متغیر است و معمولاً از مظهر قنات به سمت مادر چاه عمیق‌تر می‌شوند.

ج- کوره

یکی از اجزای اصلی و مهم قنات است که آب را از مادر چاه به سطح زمین انتقال می‌دهد. کف کوره دارای شیب اندک و یکنواخت بوده، به طوریکه موجب فرسایش کانال نمی‌شود. در مورد شیب کوره نظرات متعددی وجود دارد. به اعتقاد رضویان (۱۳۵۸) شیب تونل قنات باید آنقدر ملایم باشد که از فرسایش جلوگیری کند. گوبلو (۱۳۷۱) مقدار آن را ۱:۳۰۰۰ بیان کرده است.

د- تره‌کار

فاصله بین مادر چاه تا محل تقاطع کف کوره قنات با سطح ایستابی، تره‌کار نام دارد. تره‌کار شامل کوره قنات و میله‌هایی که در طول این فاصله قرار گرفته‌اند نیز می‌شود. طول کوره در تره‌کار و نفوذپذیری لایه آبدار در همین فاصله، عوامل بسیار موثری در آبدهی هستند.

و- خشکه‌کار

فاصله بین تقاطع کف کوره قنات با سطح ایستابی، تا مظهر قنات خشکه‌کار نام دارد. این قسمت بالای سطح ایستابی قرار دارد و حتی ممکن است آب از کف آن به درون زمین نفوذ کند.

ه- مظهر

جایی است که آب از کوره قنات خارج می‌شود و در سطح زمین ظاهر می‌شود. این قسمت از قنات محلی است که آب قنات دیده می‌شود.

ی- هرنج

کانال روبازی است که بعد از مظهر قنات قرار گرفته است و وظیفه آن انتقال آب از مظهر قنات تا محل تقسیم آب است.

۲-۳- موقعیت جغرافیایی محل قنات

به‌طور کلی قنات‌ها به لحاظ موقعیت جغرافیایی محل احداث به دو نوع کلی تقسیم می‌شوند:

۲-۳-۱- قنات‌های مناطق کوهستانی

قنات‌هایی که در دامنه کوهها حفر می‌شوند از آب باران و برف تغذیه می‌کنند. بنابراین، آبدهی متغیر دارند (بهنیا۱۳۷۹، مهدوی۱۳۷۲). این نقاط به دلیل ضخامت کم آبرفت و محدود بودن لایه آبدار قنات حفر می‌شوند. این قنات‌ها در معرض خطر سیلاب هستند (حاجیان ۱۳۴۹). این نوع قنات‌ها به چهار گروه زیر تقسیم می‌شوند:

الف- قنات‌های مسیر دره‌ها

به اعتقاد بهنیا (۱۳۷۹) دره‌های کوهستانی شیب زیادی دارند. برخی دره‌ها دارای رودخانه‌های دایمی و برخی دارای رودخانه‌های فصلی می‌باشند و در هنگام بارندگی و ذوب برف دارای جریان هستند. این دره-ها محل مناسبی برای حفر قنات می‌باشند. اکثر دره‌های کاشان و نطنز از این گروه هستند (حاجیان ۱۳۴۹).

قنات‌هایی که در مسیر آبراهه‌های مناطق کوهستانی ایجاد شده‌اند، کوتاه هستند و به این دلیل، در مناطق خشک و نیمه‌خشک آبدهی آن‌ها نسبتاً کم است (کرمی ۱۳۸۳).

ب- قنات‌های دامنه تپه‌ها و کوه‌ها

دامنه تپه‌ها و کوه‌ها شامل رسوبات سیلابی و واریزه‌ای هستند که منطقه نفوذ آبهای زیرزمینی دشت-هاست. قنات‌هایی که در این مکان‌ها احداث می‌شوند دارای کوره‌ای هستند که در جهت مادرچاه به ریشه کوه‌ها برخورد می‌کنند. به همین دلیل اغلب کوتاه هستند و آبدهی این قنات‌ها کم و متغیر است (حاجیان ۱۳۴۹).

ج- قنات‌های آبگیر از چشمه‌های زیرزمینی یا چشمه قنات‌ها

برخی کوه‌های آهکی دارای ذخیره آب زیرزمینی و چشمه‌هایی در دره‌ها، دشت‌ها و شکستگی‌ها هستند. با حفر قنات در این مکان‌ها می‌توان از آب این چشمه‌ها استفاده کرد. مقدار آب این قنات‌ها با طول و عمقشان تناسب ندارد و خشکه‌کار بیشترین طول کوره را در این قنات‌ها تشکیل می‌دهد. نمونه این قنات‌ها در یزد مشاهده می‌شود (بهنیا ۱۳۷۹).

د- قنات‌های سنگی

مهم‌ترین ویژگی این قنات‌ها این است که در نواحی کوهستانی حفر می‌شوند، طول آنها کم، دبی ثابت و بیشتر آب آنها از درز و شکاف‌های سنگ‌ها تراوش می‌کند (بهنیا ۱۳۷۹).

۲-۳-۲- قنات‌های دشتها و جلگه های آبرفتی

با توجه به اینکه مادر چاه قنات‌های دشتی در دامنه ارتفاعات حفر می‌شوند ولی بیشتر طول آنها داخل دشت‌هاست. این قنات‌ها با توجه به موقعیت منطقه و وضع لایه آبدار به شش گروه زیر تقسیم می‌شوند (بهنیا ۱۳۷۹):

الف- قنات‌هایی با لایه آبدار کم ضخامت

این قنات‌ها در مناطقی واقع شده‌اند که ضخامت آبخوان اندک می‌باشد. در این مناطق حفر چاه باعث فروکش کردن سطح ایستابی می‌شود. به همین دلیل احداث قنات در این مناطق می‌تواند آب مورد نیاز را تأمین کند. این قبیل قنات‌ها در دره‌های کوهستانی مناطق خشک (برای مثال کوه زر دامغان) به فراوانی مشاهده می‌شوند (کرمی ۱۳۷۷).

ب- قنات‌هایی با لایه آبدار پرضخامت

این نوع قنات‌ها فقط از قسمت‌های بالای لایه آبدار استفاده می‌کنند و قسمت عمده لایه آبدار بدون - استفاده می‌ماند و امکان شور شدن و یا هدر رفتن آن زیاد است. به همین دلیل سرمایه‌گذاری روی این قنات‌ها توجیه‌پذیر نیست.

ج- قنات‌هایی با چند لایه آبدار

گاهی چند لایه آبدار روی هم قرار دارند و در نتیجه قنات از چند لایه تغذیه می‌کند. حفاظت از این قنات‌ها لازم است و در صورت نیاز می‌توان با حفر چاه و مسدود کردن لایه‌های آبدار سطحی که در مجاورت چاه قرار دارند از لایه‌های پایین‌تر، بدون اینکه در دبی قنات تأثیری داشته باشد بهره‌برداری کرد.

د- قنات‌هایی با لایه‌های آبدار عمیق

در این لایه‌ها پمپاژ از عمق بیشتر از ۱۵۰ متر اقتصادی نیست. بنابراین احداث چاه پر هزینه است. اما آب قنات با توجه به شیب زمین، به وسیله نیروی ثقل به آسانی به سطح زمین می‌رسد. قنات سبزوار و گناباد از این نوع قنات‌ها محسوب می‌شون

و- قنات‌های حاشیه کویر

زمانی که آب شیرین قنات در زمین‌های شور کویری ظاهر شود، آب در این حالت هم شور و هم تلف می‌شود. می‌توان با حفر چاه در تره‌کار و بالا دست مظهر از آب شیرین استفاده کرد. قنات‌های طبس و سرایان از این نوع قنات‌ها هستند.

۲-۴- آبدهی قنات

یکی از عواملی که باعث اهمیت قنات می‌شود آبدهی آن می‌باشد. در سال‌های اخیر عوامل بسیاری در کاهش میزان آبدهی قنات‌ها موثر بوده‌اند. از آن جایی که دبی به عوامل مختلفی مربوط می‌شود، مقدار آن در قنات‌های مختلف متفاوت است. برخی عواملی که بر روی میزان آبدهی اثر می‌گذارند شامل: تغذیه سطحی، تغذیه زیرزمینی، لایروبی، کف‌شکنی، بغل‌تراشی، دستک‌زنی، افزایش طول در تره‌کار و کاهش تلفات در خشکه‌کار می‌باشند. معمولاً آبدهی قنات‌ها بین چند لیتر تا چند ده لیتر بر ثانیه تغییر می‌کند. در برخی نقاط قنات‌هایی با آبدهی چند صد لیتر بر ثانیه نیز موجود است. طبق مطالعات بهنیا (۱۳۷۹) دو عامل اصلی خشکسالی و افت سطح آب ناشی از برداشت بیش از حد از منابع آب باعث کاهش آبدهی قنات‌ها شده است. در بخش زیر به توضیح مختصری در مورد عوامل موثر بر آبدهی قنات پرداخته می‌شود:

الف- تغذیه سطحی

یکی از روش‌هایی که باعث افزایش دبی قنات می‌شود، تغذیه مصنوعی لایه‌های آبداری است که تره‌کار قنات در آن حفر شده است (ابراهیمی ۱۳۷۹).

احداث موانعی بر روی زمین به منظور نگه داشتن آب باران در سطح زمین، تغذیه مصنوعی سطحی نام دارد. در روش‌های سطحی، آب بر روی زمین پخش و نگهداری می‌شود. این آب به مرور زمان به داخل زمین نفوذ می‌کند و به سطح ایستابی منطقه می‌رسد. روش‌های تغذیه سطحی به ترتیب زیر طبقه‌بندی می‌شوند:

- ایجاد حوضچه‌های مصنوعی وسیع یا استخرهای مخصوص تغذیه (زنجانی ۱۳۸۳، ابراهیمی ۱۳۷۹): حوضچه‌های بزرگی در محل‌هایی با نفوذپذیری مناسب ایجاد می‌شود. با استفاده از آب باران و پخش آن در حوضچه‌ها، تغذیه قنات انجام می‌شود. مشکلاتی نظیر تخریب دیواره‌ها یا کم شدن نفوذپذیری در

سطح حوضچه‌ها را با استفاده از تدابیر مناسبی از قبیل پوشاندن سطح داخل دیواره با لایه‌ای از قلوه سنگ و شن و هم‌چنین، شخم زدن یا لایروبی کف حوضچه‌ها، می‌توان برطرف کرد.

- ذخیره آب در منطقه بالاتر از مادرچاه (ابراهیمی ۱۳۷۹، بهنیا ۱۳۷۹): در زمین‌هایی با شیب کم و شرایط توپوگرافی مناسب، می‌توان با انحراف آب از مسیرهای اصلی و پخش آن روی زمین این عمل را انجام داد. برای جلوگیری از تخریب ساختمان خاک، آب باید به صورت ورقه نازکی با سرعت کم در سطح زمین پخش شود.

- ایجاد آب بند و سیل برگردان و احداث سدهای خاکی در مسیل‌های اطراف قنات (بهنیا ۱۳۷۹): این عمل باعث جمع شدن آب مسیل‌های نزدیک قنات و نفوذ به زمین و تغذیه لایه آبدار می‌شود.

- گسترش پوشش گیاهی (خانجانی ۱۳۶۱): گسترش پوشش گیاهی خاک‌ها از طریق احیای مراتع، بوته-زارها و جنگل‌ها به منظور جلوگیری از تبخیر آب و نفوذ آب سطحی به منابع آب زیرزمینی.

- کرت‌بندی زمین در طول تره‌کار (پیترسون ۱۳۶۲): این کار علاوه بر ذخیره آب در خاک برای مصرف گیاهان زراعی، باعث افزایش دبی قنات می‌شود.

ب- تغذیه زیرزمینی

در بعضی مواقع به دلایل مختلف از تغذیه زیرزمینی به جای تغذیه سطحی استفاده می‌شود. برخی از این دلایل عبارتند از (بهنیا ۱۳۷۹):

- ✓ موجود نبودن زمین مناسب
- ✓ بالا بودن قیمت زمین
- ✓ وجود لایه‌های کم نفوذ یا غیر قابل نفوذ در بالای لایه آبدار
- ✓ کم یا نفوذناپذیر بودن لایه سطحی خاک

روش‌های تغذیه زیرزمینی عبارتست از:

- تغذیه مصنوعی به وسیله چاه: در صورت وجود لایه آبدار آزاد، می‌توان قنات را به وسیله حفر چاه‌های ناقص تغذیه کرد. عمق چاه‌های تغذیه و طول کوره افقی آن بستگی به جنس خاک و نفوذپذیری آن دارد (بهنیا ۱۳۷۹).
- همراه کردن چاه‌های عمیق با قنات‌ها (خیرابی ۱۳۶۰، بهنیا ۱۳۷۹).
- تغذیه واداری (ابراهیمی ۱۳۷۹، بهنیا ۱۳۷۹).
-

ج- لایروبی

از مهم‌ترین اقداماتی که برای حفاظت قنات می‌توان انجام داد لایروبی است. بیرون آوردن گل و لای و رسوبات جمع شده در کوره قنات‌ها لایروبی نام دارد و اگر طبقات رسوبات زیاد باشد، به این عمل گل-کشی می‌گویند (بهنیا ۱۳۷۹). لایروبی قنات‌ها، به دو صورت کلی مصنوعی و طبیعی انجام می‌پذیرد. لایروبی مصنوعی همان لایروبی قنات به روش سنتی است و لایروبی طبیعی با استفاده از روش‌های طبیعی مثل استفاده از ماهی‌های موجود در آب قنات صورت می‌پذیرد. این ماهی‌ها با حرکت خود گل و لای رسوب شده را توسط جریان آب به خارج هدایت می‌کنند. با ارزش بودن ماهی‌های داخل آب قنات برای کشاورزان به همین دلیل است. لایروبی قنات به دلیل سختی کار و طولانی بودن مسیر، هزینه زیادی دارد. هم‌چنین، انجام کار در آب و حمل مواد حاصل از لایروبی در کوره باریک پر هزینه می‌باشد (سمساریزدی و هادیان ۱۳۷۹).

د- کف‌شکنی

در شرایطی که افت سطح آب زیاد نباشد اما کاهش دبی صورت بگیرد، معمولا کف‌شکنی انجام می‌دهند. این

کار با این شرط انجام می‌شود که شیب تونل تغییری نکند (عنایتی‌نیا ۱۳۸۳). به اعتقاد بهنیا (۱۳۷۹) در اثر پایین افتادن سطح آب زیرزمینی، بعضی از قنات‌ها خشک می‌شوند که برای رفع این مشکل باید میله‌های قنات را عمیق‌تر حفر کنند که به این عمل کف‌شکنی گفته می‌شود.

ذ- بغل‌تراشی

در صورتی که بغل تونل خوب کنده نشده باشد، یا این که کوره قنات ظرفیت کافی برای عبور آب را نداشته باشد بغل تونل را می‌تراشند یا به عبارتی عرض تونل را افزایش می‌دهند (بهنیا ۱۳۷۹). علاوه بر این، در برخی از مناطق در دیواره‌های قنات آهک‌های ثانویه نهشته می‌شود و باعث کاهش شدید آبدهی قنات می‌شود که در چنین مواردی لازم است بغل‌تراشی انجام شود. مثال بارز این پدیده در قنات درانی در بیارجمند شاهرود رخ داده است (کرمی ۱۳۹۰).

ر- دستک‌زنی

شاخه‌هایی از گالری نفوذ که در بالا دست قنات اضافه می‌شوند و تونل اصلی را تغذیه می‌کنند (بهنیا ۱۳۷۹). دستک‌زنی برای اضافه شدن آب قنات و هم‌چنین چاه‌های دستی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در صورتی که دستک‌ها با زاویه مناسبی نسبت به جهت جریان حفر شوند می‌توانند راندمان بالایی داشته باشند.

ز- افزایش طول در بخش تره‌کار

طول یک قنات در میزان آبدهی آن موثر است که به شیب زمین و عمق مادر چاه بستگی دارد (کردوانی ۱۳۷۴). این روش یکی از روش‌های موجود در بازگشت متعادل آب در مناطق خشک می‌باشد و چون قنات آب را به‌طور کامل توسط نیروی گرانشی زمین تخلیه می‌کند، تعادل طبیعی آب را بهم نمی‌زند (Boustani 2008). با افزایش طول در بخش تره‌کار، آب در طول شیب کوره به آرامی حرکت کرده و تا رسیدن به مظهر کم‌کم حجم آن افزایش می‌یابد (Salih 2006).

س- کاهش تلفات در بخش تره‌کار

کاهش تلفات در بخش تره‌کار باعث افزایش دبی در قنات می‌شود. بهنیا (۱۳۷۹) روش‌های زیر را جهت کاهش تلفات آب در بخش خشکه‌کار پیشنهاد کرده است:

- افزایش سرعت جریان: برای انجام این کار باید پیش‌بینی‌های لازم جهت مقاومت کوره انجام گرفته باشد. در این صورت، افزایش سرعت جریان باعث کاهش نفوذ و تبخیر آب داخل کوره قنات می‌شود.

- انتخاب سطح مقطع نیم دایره، که مناسب‌ترین سطح مقطع بستر قنات است.

- کاهش طول در بخش تره‌کار: با کاهش دادن شیب قنات می‌توان طول تره‌کار را کم کرد اما این کار باعث کاهش سرعت حرکت آب می‌شود. بنابراین، می‌توان مظهر قنات را جایی انتخاب کرد که کمترین طول قنات را شامل می‌شود.

۲-۵- کیفیت آب‌های زیرزمینی

کیفیت آب زیرزمینی نتیجه کلیه فرایندها و واکنش‌هایی است که از زمان تشکیل و تراکم آب در اتمسفر تا زمانی که توسط چاه، قنات یا چشمه از زیر زمین خارج می‌شود، بر روی آن عمل کرده است. کیفیت آب زیرزمینی هم‌چنین می‌تواند نشانه منشأ و تاریخ آن، موادی که در زیر زمین با آن‌ها تماس داشته و دمای نواحی عمیق‌تر باشد. عوامل دیگر از جمله دخالت‌های انسانی (صنعت، کشاورزی، توسعه شهری) نیز بر روی کیفیت آبهای زیرزمینی موثر هستند (صداقت ۱۳۸۷). آب‌های زیرزمینی قادرند عناصر موجود در مجاور و سر راه خود را حل کنند. مهمترین این عناصر عبارتند از: سنگ آهک، دولومیت یا آهک دولومیتی، گچ متبلور یا ژیپس، انیدریت، کلرور سدیم و کلرور پتاسیم. انحلال این عناصر که اجزای تشکیل دهنده سنگهای رسوبی قابل حل می‌باشند، دارای اهمیت فراوان است (غفوری ۱۳۷۶). یکی از فاکتورهای کنترل کننده کیفیت آب زیرزمینی، جنس سنگ‌هایی است که آب ضمن عبور از آن، کانی-های قابل حل موجود در آن را حل می‌کند. میزان شوری نیز بسته به جنس مواد سفره، قابلیت انحلال کانی‌ها و هم‌چنین، زمان ماندگاری تغییر می‌کند. در یک بررسی که در بافق یزد بر روی دو قنات عنایت-آباد و فاضلیه توسط صالحی و همکاران (۱۳۸۳) انجام شد، بررسی‌ها نشان داد که بستر قنات از تشکیلات نئوژن (شن، ماسه، سیلت و رس و به‌طور چشمگیری گچ و نمک) بوده و در مسافت‌های بیش از ۵ تا ۶ کیلومتر، آب فرصت لازم برای انحلال این املاح و در نتیجه کاهش کیفیت آب را دارد.

عباسی و کرمی (۱۳۸۸) به بررسی کیفی آب قنات‌های میامی پرداختند و به این نتیجه رسیدند که مقادیر هدایت الکتریکی و غلظت یون‌ها به‌طور قابل توجهی تحت تأثیر لیتولوژی سازندها و رسوبات موجود در منطقه است. به این ترتیب که حداقل مقدار هدایت الکتریکی برابر با ۳۰۴ میکروموس بر سانتی‌متر در قنات ابراهیم آباد است، که منشأ آب آن عمدتاً به سازندهای آهکی کرتاسه مربوط می‌شود. حداکثر هدایت الکتریکی برابر با ۱۵۳۷ میکروموس بر سانتی‌متر مربوط به قنات زیدر بود که حوضه آبگیر آن عمدتاً شامل شیل، مارن و ماسه سنگ است. تیپ آب‌های قنات‌های مطالعه شده در لیتولوژی‌های مختلف متفاوت می‌باشد. تغییرات دبی قنات‌های مختلف تفاوت قابل توجهی را شامل می‌شود که تابعی از خصوصیات حوضه آبگیر و ساختمان قنات است.

هنری و همکاران (۱۳۹۲) تغییرات زمانی دبی و کیفیت آب‌های منطقه خور را مورد مطالعه قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که آب قنات‌های منطقه علی‌رغم قرارگیری مادر چاه آنها در دامنه ارتفاعات آهکی، دارای تیپ بی‌کربناته نیستند و به دلیل وجود رسوبات تبخیری، مارنی و رسی در طول مسیر قنات، غلظت یون‌های سدیم و کلر در آب تمام قنات‌ها افزایش یافته و این افزایش شوری باعث رسوب کلسیم در آب شده و غلظت آن در آب کم شده است.

کیانی و کرمی (۱۳۸۸) با مطالعه بر روی قنات دشتی منطقه بیارجمند متوجه شدند که خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آب قنات در طول یک سال تغییر چندانی نداشته است. دلایل عمده یکنواختی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی این قنات دشتی بودن آن، چند شاخه بودن و یکنواختی نسبی نهشته‌های آبرفتی آبخوان تأمین کننده آب قنات می‌باشد.

مطالعات مختلف دیگری نیز نشان‌دهنده این امر هستند که، برای شناخت فرایندهای ژئوشیمیایی موثر در میزان شوری آب‌های زیرزمینی، تعیین منشأ یون‌ها و فعل و انفعالات بین آب و سنگ از نمودارهای ترکیبی و نسبت‌های یونی استفاده می‌شود. علاوه بر عوامل طبیعی، عوامل دیگر آلودگی آب‌های زیرزمینی شامل نشت از سیستم فاضلاب، زباله‌های بهداشتی و صنعتی می‌باشد. تغییر کیفیت آب زیرزمینی در محیط‌های غیر شهری باعث تغییر کیفیت آب قنات، افزایش رسوب و کور شدن چشمه

قنات می‌شود (خرسندی آقایی ۱۳۶۸). معمولاً، مقادیر اکسیژن شیمیایی و بیوشیمیایی، کلراید، نیترات و سختی آب‌های زیرزمینی آلوده از منابع شهری زیاد می‌باشد. کودهای شیمیایی، حشره‌کش‌ها، آفت‌کش-ها، آبیاری با فاضلاب و فضولات حیوانی از عمده‌ترین منابع آلودگی آب‌های زیرزمینی به واسطه فعالیت-های کشاورزی می‌باشند. نیترات و فسفات دو آلاینده عمده آب‌های زیرزمینی هستند که منشأ اصلی آن-ها فاضلاب شهری و فعالیت‌های کشاورزی هستند. به علت قابلیت تحرک کمتر فسفات، آلودگی وسیع آب‌های زیرزمینی نسبت به فسفات کمتر گزارش شده است. در حالیکه نیترات به عنوان شاخص آلودگی آب‌های زیرزمینی همواره مورد توجه بوده است (Lerner and Papatolios 1993). به منظور بالا بردن کیفیت آب قنات باید از ورود فاضلاب‌ها به تونل جلوگیری کرد و دهانه میله‌های قنات‌هایی را که از میان روستاها و شهرها عبور می‌کنند مسدود کرد (بهنیا ۱۳۷۹).

فصل سوم: روش انجام تحقیق

بررسی خصوصیات هیدروژئولوژیکی و هیدروژئوشیمیایی قنات‌های جنوب غرب دامغان به وسیله مطالعات صحرایی و آزمایشگاهی انجام شده است. در این فصل، کلیه روش‌های مطالعه که به این منظور انجام گرفته است به‌طور مختصر بیان می‌شود. به‌طور کلی در این تحقیق موارد زیر انجام شده است:

الف- انتخاب قنات‌های فعال جنوب غرب دامغان و بررسی کمی و کیفی آن‌ها در سال آبی ۹۴-۹۳

ب- اندازه‌گیری پارامترهای دبی، هدایت الکتریکی و pH در محل قنات‌ها.

ج- نمونه‌برداری و تجزیه نمونه‌ها در آزمایشگاه خاک‌شناسی دامغان.

د- ارزیابی خصوصیات هیدروشیمیایی نمونه‌های آب قنات‌ها و مطالعه کمی و کیفی با استفاده از داده‌ها و نتایج آنالیز شیمیایی.

در ادامه شیوه انجام موارد ذکر شده به صورت جداگانه مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۳-۱- نمونه‌برداری

به منظور ارزیابی خصوصیات هیدروژئولوژیکی و هیدروژئوشیمیایی، از قنات‌های مورد مطالعه بازدید و نمونه‌برداری به عمل آمد. برای بدست آوردن نتایج درست در مرحله نمونه‌برداری رعایت چند نکته ضروری می‌باشد که شامل: ظرف نمونه‌برداری، محل نمونه‌برداری و رعایت فاصله زمانی بین زمان نمونه-برداری و انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه است. برای نمونه‌برداری از ظرف‌های یک لیتری استفاده شده است که هنگام نمونه‌برداری، بطری چند بار با آب قنات شسته شده و به آرامی از آب پر شده است، به طوریکه حباب وارد ظرف نشود. بهترین حالت برای کم شدن درصد خطا زمانی است که نمونه‌ها از مظهر قنات

برداشته شوند. در این مطالعه تا حد امکان سعی شده است که این نکته رعایت شود. نمونه‌های آب به منظور آنالیز شیمیایی به آزمایشگاه خاک‌شناسی دامغان انتقال داده شدند. سایر پارامترها شامل دبی، هدایت الکتریکی و pH در محل نمونه‌برداری اندازه‌گیری شدند. با استفاده از نتایج آنالیز شیمیایی، پارامترهایی مانند درصد جذب سدیم، سختی و برخی نسبت‌های یونی محاسبه شدند. جهت تعیین خصوصیات کیفی آب، برای تعیین مصارف شرب، کشاورزی و تعیین تیپ آب از نمودارهای کیفی که شامل نمودارهای استیف و پایپر (با استفاده از نرم افزار Rock Work)، نمودار شولر (با استفاده از Excel) و نمودار ویلکاکس (نرم افزار Chemistry) می‌باشند، استفاده گردیده است.

۳-۲- اندازه‌گیری دبی، هدایت الکتریکی و pH در محل نمونه‌برداری

الف- دبی: حجمی از آب که در واحد زمان از سطح مقطع واحد عمود بر جریان عبور می‌کند دبی نام دارد. روشی که در این تحقیق به منظور تعیین دبی استفاده شده، روش جسم شناور است. در این روش یک مسیر مسقیم و عاری از هرگونه گیاه یا جسم اضافه انتخاب می‌شود. یک جسم شناور مثل یک تکه چوب که روی آب شناور بماند انتخاب شده و در فاصله مشخص شده رها می‌شود تا زمان رسیدن آن از ابتدا به انتهای مسیر تعیین شود. در این حالت، سرعت متوسط از معادله (۳-۱) به دست می‌آید:

$$V = K\frac{x}{t}$$ معادله ۳-۱

در معادله ذکر شده، x طول مسیر حرکت جسم شناور بر حسب متر، t زمان حرکت جسم شناور در مسیر مورد نظر بر حسب ثانیه و K ضریب شکل سطح مقطع می‌باشد. لازم به ذکر است که مقدار K برای جریان‌های V شکل حدود ۰/۷ و برای جریان‌های U شکل حدود ۰/۸ در نظر گرفته می‌شود. در این صورت سرعت بر حسب متر بر ثانیه محاسبه می‌شود. برای تعیین دبی، سطح مقطع محدوده تعیین شده باید بر حسب متر مربع تعیین شود. اگر سطح مقطع A بر حسب متر مربع محاسبه شود در این صورت دبی از معادله (۳-۲) تعیین می‌شود:

معادله ۳-۲ $Q=A\times V$

در این معادله دبی (Q) بر حسب متر مکعب بر ثانیه بدست می‌آید.

ب- هدایت الکتریکی: برای اندازه‌گیری این پارامتر از دستگاه هدایت‌سنج الکتریکی (TPS) WP- 84 ساخت آمریکا در محل نمونه‌برداری استفاده شده است. دقت این دستگاه بیشتر از ۲۰۰۰ میکروموس بر سانتیمتر می‌باشد.

ج) pH: برای تعیین pH نمونه‌های برداشت شده، از دستگاه pH متر مدل YK- 2001 CT در محل نمونه‌برداری استفاده شده است. به منظور کاهش میزان خطای اندازه‌گیری ابتدا الکترود دستگاه با آب قنات شسته شده و سپس مورد استفاده قرار گرفت.

۳-۳- پارامترهای اندازه‌گیری شده در آزمایشگاه

همان‌طور که قبلاً اشاره شد، نمونه‌های آب جهت اندازه‌گیری آنیون‌ها و کاتیون‌های اصلی به آزمایشگاه خاک‌شناسی دامغان منتقل گردیدند. در آزمایشگاه، کاتیون‌های سدیم، منیزیم، کلسیم و آنیون‌های بیکربنات، کلر و سولفات اندازه‌گیری شده است. به منظور بررسی کیفی آب قنات‌ها مطالعات زیر انجام گردیده است:

۳-۳-۱- پارامترهای کیفی محاسبه شده

از جمله پارامترهای کیفی محاسبه شده بر روی نمونه‌های مورد آزمایش مقادیر درصد خطای آزمایش، سختی کل و نسبت جذب سدیم می‌باشند که روش محاسبه آن‌ها به‌طور مختصر در زیر ارائه می‌شود:

درصد خطای آزمایش

در آنالیز شیمیایی آب اگر مقادیر عناصر بر حسب میلی‌اکی‌والان بر لیتر باشند، باید مقادیر آنیون‌ها و کاتیون‌ها با هم برابر باشند. برای محاسبه درصد خطای آزمایش از معادله (۳-۳) استفاده شده است:

$$\%E = \frac{\sum Cations - \sum Anions}{(\sum Cations + \sum Anions)/2} \times 100$$ معادله ۳-۳

در رابطه بالا E% درصد خطا و مجموع کاتیون‌ها و آنیون‌ها بر حسب میلی‌اکی‌والان بر لیتر می‌باشند. اگر درصد خطا کمتر از ۵ درصد باشد، آزمایش به درستی انجام شده است. اگر درصد خطا بین ۱۰-۵ درصد باشد، نتایج قابل قبول و اگر درصد خطا بیشتر از ۱۰ درصد باشد، آزمایش به درستی انجام نشده است.

سختی کل

سختی کل به صورت مجموع غلظت یون‌های کلسیم و منیزیم بر حسب میلی‌گرم در لیتر کربنات کلسیم طبق معادله (۳-۴) محاسبه شده است.

$$TH = 2.5\ (Ca^{2+}) + 4.1\ (Mg^{2+})$$ معادله ۳-۴

نسبت جذب سدیم (SAR) و درصد سدیم (%NA)

عنصر سدیم در بیشتر منابع آبی موجود بوده و میزان آن در کشاورزی اهمیت زیادی دارد. خاک‌هایی که نسبت زیادی سدیم در خود دارند و آنیون مهم آنها کربنات است را خاک‌های قلیایی می‌نامند و خاک‌هایی که آنیون اصلی آن‌ها کلرور یا سولفات است، خاک‌های شور نامیده می‌شوند (Tood 1980). جانشین شدن یون سدیم به جای کلسیم و منیزیم در رس و ذرات کلوییدی خاک، باعث سخت شدن و

کاهش نفوذپذیری خاک می‌شود. میزان این جانشینی با استفاده از معادله (۳-5) محاسبه شده است (صداقت ۱۳۷۸).

$$SAR = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca+Mg}{2}}}$$

معادله ۳-5

هم‌چنین، میزان سدیم موجود در خاک را بر حسب درصد سدیم بیان می‌کنند که این پارامتر در معادله (۳-6) نشان داده شده است (Todd and May 2005). در معادله‌های (۳-5) و (۳-6)، غلظت تمام یون‌ها بر حسب میلی‌اکی‌والان بر لیتر می‌باشد.

$$\%\mathrm{Na} = \frac{Na}{Na+Mg+Ca} \times 100$$

معادله ۳-6

۳-۴- نمودارهای کیفی

نمودارهای کیفی به منظور بررسی کیفیت آب زیرزمینی و تشخیص تیپ آب برای مصارف شرب و کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گیرند. برای این منظور از نمودارهای استیف، پایپر، شولر و ویلکاکس استفاده شده است. نمودار استیف برای تعیین ارزیابی کیفی آب، هم‌چنین آنیون و کاتیون‌های غالب در آب مورد استفاده قرار می‌گیرد. نمودار مثلثی پایپر شامل سه میدان مجزا می‌باشد که برای نمایش ترکیب شیمیایی آب و نوع آب مورد استفاده قرار می‌گیرد. نمودار نیمه‌لگاریتمی شولر که در آن غلظت عناصر بر حسب میلی‌اکی‌والان بر لیتر هستند و در آن نتایج تجزیه شیمیایی آب به صورت خطوط شکسته نشان داده می‌شود، برای مقایسه روند غلظت یون‌ها با یکدیگر به‌کار می‌رود (Todd and May 2005). طبقه-بندی آب از نظر کشاورزی به وسیله نمودار نیمه‌لگاریتمی ویلکاکس که بر اساس هدایت الکتریکی در محور افقی و نسبت جذب سدیم در محور عمودی می‌باشد، انجام می‌گیرد.

فصل چهارم: ارزیابی خصوصیات هیدروژئولوژیکی و هیدروژئوشیمیایی قنات‌های جنوب غرب دامغان

منطقه جنوب غرب دامغان دارای چندین رشته قنات است که بیشتر آن‌ها به علت برداشت بی‌رویه از آب‌های زیرزمینی خشک شده‌اند. مهم‌ترین قنات‌های موجود در جنوب غرب دامغان که هنوز دایر هستند، شامل قنات‌های فیخار، حاجی‌آباد، کلاته داوود، رومنان و شوکت‌آباد می‌باشند. به منظور ارزیابی خصوصیات هیدروژئولوژیکی و هیدروژئوشیمیایی این قنات‌ها، از آب این قنات‌ها در یک مرحله نمونه-برداری به عمل آمد. در این فصل ابتدا موقعیت قنات‌ها و شناسنامه آن‌ها ارائه خواهد شد و سپس خصوصیات هیدروژئولوژیکی و هیدروژئوشیمیایی آن‌ها به طور مفصل مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.

۴-۱- معرفی قنات‌های مورد مطالعه

در این بخش، ابتدا موقعیت قنات‌های مورد مطالعه (شامل قنات‌های فیخار، حاجی‌آباد، کلاته داوود، رومنان و شوکت‌آباد) بر روی تصویر ماهواره‌ای Google earth نمایش داده می‌شود و سپس در جدولی شناسنامه این قنات‌ها ارائه می‌گردد.

۴-۱-۱- موقعیت قنات‌ها بر روی تصویر Google Earth

موقعیت قنات‌های منطقه مورد مطالعه در شکل (۴-۱) نمایش داده شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، مادر چاه چشمه قنات فیخار در دامنه ارتفاعات سفید کوه (آهک‌های لار) واقع شده است. هم-چنین ملاحظه می‌شود که مادر چاه قنات‌های حاجی‌آباد و کلاته داوود نیز کم و بیش در دامنه ارتفاعات قرار گرفته‌اند که به طور عمده، به ترتیب از دولومیت‌های سازند سیبزار و پادها تشکیل شده‌اند. برخلاف قنات‌های فوق‌الذکر، قنات‌های رومنان و شوکت‌آباد به‌طور کامل در آبرفت‌های انتهای دشت واقع شده‌اند.

شکل ۴-۱- موقعیت قنات‌ها بر روی تصویر Google Earth

۴-۱-۲- شناسنامه قنات‌های مورد مطالعه

شناسنامه قنات شامل ویژگی‌های عمومی قنات و برخی خصوصیات هیدرولوژیکی و هیدروژئوشیمیایی می‌باشد که تهیه آن جهت برنامه‌ریزی در مدیریت قنات لازم است. اطلاعات کلی قنات‌های مورد مطالعه از اداره امور آب شهرستان دامغان گرفته شد و در جدول (۴-۱) ارائه شده است. بر اساس اطلاعات ارائه شده در این جدول ملاحظه می‌شود که در بین قنات‌ها، طویل‌ترین قنات‌های منطقه شامل قنات‌های رومنان، شوکت‌آباد و چشمه قنات فیخار می‌باشند که به ترتیب دارای طول‌های حدود ۱۲۰۰۰، ۹۲۰۰ و

۹۵۰۰ متر می‌باشند. هم‌چنین، در بین این قنات‌ها از نظر نوع مصرف و دبی، چشمه قنات فیخار به لحاظ موقعیت قرارگیری در منطقه و متفاوت بودن منشأ تغذیه، بیشترین تغییرات دبی و بهترین کیفیت را داراست. هم‌چنین، چشمه قنات فیخار قدیمی‌ترین و مهم‌ترین قنات در منطقه می‌باشد.

جدول ۴-۱- شناسنامه قنات‌های منطقه مورد مطالعه (براساس اطلاعات جهاد کشاورزی دامغان ۱۳۹۳)

نام قنات	فیخار	کلاته‌داوود	حاجی‌آباد	رومنان	شوکت‌آباد
قدمت قنات (سال)	۴۰۰	۲۵۰	۳۰۰	۳۵۰	۱۰۰
طول قنات (متر)	۹۵۰۰	۲۰۰۰	۳۵۰۰	۱۲۰۰۰	۹۲۰۰
تعداد میله چاه	۳۶۰	۶۵	۱۰۰	۳۲۰	۵۰۰
عمق مادر چاه (متر)	۳۶	-	-	۴۵	۵۴
طول هرنج (متر)	۳۰۰۰	-	-	۳۰۰	۱۵
دبی (لیتر بر ثانیه)	۱۰۰	۲۵	۳۰	۱۵	۱۵
نوع مصرف آب	کشاورزی و شرب	کشاورزی	کشاورزی	کشاورزی	کشاورزی

۴-۲- ارزیابی هیدروژئولوژیکی قنات‌های مورد مطالعه

به منظور ارزیابی رفتار هیدروژئولوژیکی قنات‌های مورد مطالعه، علاوه بر اطلاعات گرفته شده از اداره امور آب دامغان، دبی قنات‌ها در سال آبی ۹۴-۹۳ در چندین مرحله اندازه‌گیری شده است. در این بخش تغییرات درازمدت قنات‌های فیخار و حاجی‌آباد و هم‌چنین، تغییرات سالانه دبی کلیه قنات‌ها مورد بحث و بررسی قرار می‌گیرد.

۴-۲-۱- ارزیابی تغییرات دراز مدت آبدهی قنات‌های فیخار و حاجی‌آباد

به منظور ارزیابی تغییرات دراز مدت آبدهی چشمه قنات فیخار و قنات حاجی‌آباد، میانگین سالانه آبدهی و هم‌چنین، میانگین ماهانه آبدهی این دو قنات مورد بررسی قرار می‌گیرد.

الف- تغییرات میانگین سالانه آبدهی

مقادیر آبدهی چشمه قنات فیخار و قنات حاجی‌آباد برای دوره آماری ۱۳۹۲ – ۱۳۷۸ به ترتیب در جدول‌های (۴-۲) و (۴-۴) و هم‌چنین، مقادیر میانگین بارندگی‌های سالانه و ماهانه در دوره آماری ۱۳۹۲-۱۳۷۸ در جدول (۴-۳) ارائه شده است. با استفاده از این آمار، تغییرات دراز مدت آبدهی این دو قنات در شکل‌های (۴-۲) و (۴-۳) ترسیم شده است.

جدول ۴-۲- آبدهی چشمه قنات فیخار در سال‌های آبی ۱۳۹۲-۱۳۷۸ بر حسب لیتر بر ثانیه

سال آبی	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	میانگین سالانه
۷۸-۷۹	35	۴۱	۲۴	۲۵/۵	۵۰	۷۷	۱۰۷	۷۴	۵۲	۳۶	۲۹	۲۵	47/9
۷۹-۸۰	۳۰	۲۷	۲۵	۲۴	۲۶	۳۰	۳۳	۳۵	۲۸	۲۵	۲۰	۱۸	۲۶/۷

جدول ۴-۲- ادامه

سال آبی	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	میانگین سالانه
۸۰-۸۱	۳۰	۳۵	۳۲	۳۰	۳۲	۳۴	۳۶	۴۰	۳۲	۲۸	۲۶	۲۳	۳۱/۵

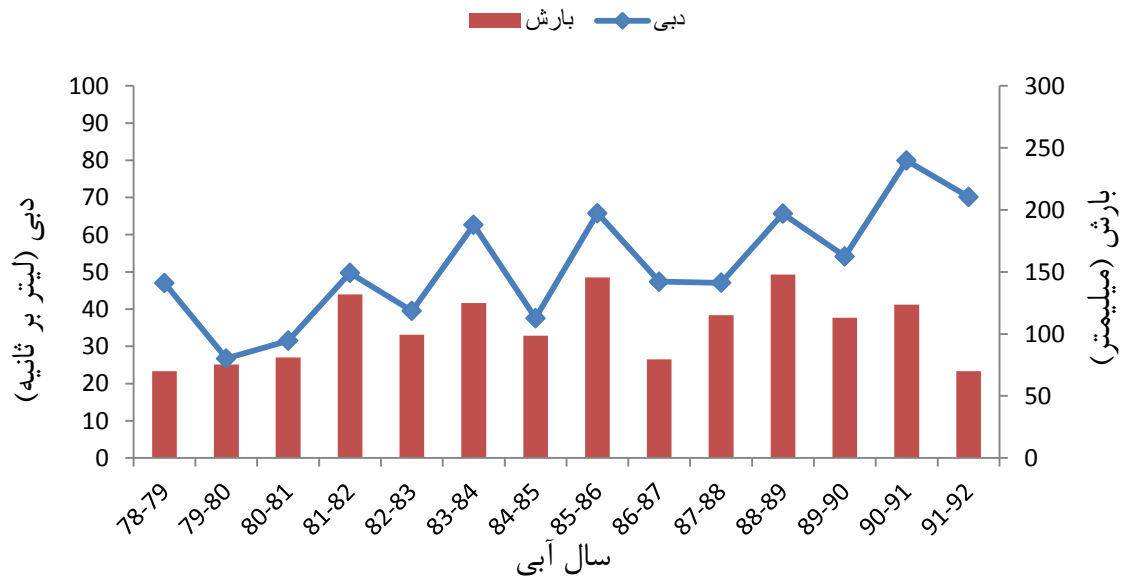
۸۱-۸۲	۱۵	۱۱	۱۰	۷	۵	۱۹	۷۶	۱۰۹	۹۱	۶۳	۵۳	۳۸	49/7
۸۲-۸۳	۲۹	۱۵	۱۹	۱۶	۱۷	۱۱۷	۴۲	۹۰	۳۷	۴۰	۲۶	۲۵/۵	39/5
۸۳-۸۴	26/5	۱۸	۳۸/۵	۵۲	۷۰	۳۲	۱۳۱	۱۱۶	۱۱۰	۷۱/05	۴۶	۴۰	62/6
۸۴-۸۵	۲۷	۲۰	۳۲/۵	۳۰	۲۷	۱۰۰	۴۰	۵۸	۴۷	۳۰	۲۱	۱۸/۵	37/5
۸۵-۸۶	۱۴	۱۲	۱۰	۲۰	۲۵/۵	۸۰	۱۳۴	۱۱۷	۴۴	۱۲۷	۱۱۳	۹۳	65/7
۸۶-۸۷	۳۰	۶۰	۵۶/۵	۴۶	۵۵	۴۰	۸۵	۶۶	۴۵	۳۳	۲۸	۲۴	47/3
۸۷-۸۸	۳۱	۲۷	۳۰	۲۵	۲۹	۳۵	۱۱۱	۹۲	۶۱	۵۱	۳۸	۳۵	47/0
۸۸-۸۹	۲۴	۲۸	۳۸	۳۹	۴۰	۱۰۰	۱۱۹	۱۲۵	۱۰۰	۹۱	۵۶	۲۸	65/6
۸۹-۹۰	۴۵	۴۰	۳۷	۴۲	۴۳	۵۵	۸۷	۷۳	۷۱	۶۰	۵۲	۴۵	54/1
۹۰-۹۱	۵۴	۵۰	۶۸	۵۷	۴۳	۶۰	۱۳۸	۱۰۲	۹۷	۱۱۵	۹۱	۷۸	79/9
۹۱-۹۲	۹۱	۶۴	۷۶	۸۱	۸۷	۷۰	۶۹	۱۲۰	۶۴	۴۴	۳۶	۴۰	70/1
میانگین	۳۴/۳	۳۲/۰	۳۵/۴	۳۵/۳	۳۹/۲	۶۱/۰	۸۶/۳	۹۴/۰	۶۲/۷	۵۸/۱	۴۵/۳	۳۷/۹	-
انحراف معیار	۱۸/۵	۱۶/۵	۱۸/۹	۱۸/۵	۲۰/۶	۲۹/۶	۳۶/۷	۴۲/۴	۲۶/۰	۳۱/۳	۲۶/۱	۲۱/۲	-
ضریب تغییرات (٪)	۵۳/۹	۵۱/۵	۵۳/۳	۵۲/۴	۵۲/۵	۴۸/۶	۴۲/۵	۴۵/۱	۴۱/۵	۵۳/۸	۵۷/۶	۵۶/۰	-

جدول ۴-۳- میانگین بارش سالانه و ماهانه ایستگاه باران‌سنجی دانشگاه آزاد دامغان در سال‌های آبی ۱۳۹۲-۱۳۷۸

بارش سالانه	
سال آبی	میانگین بارش (میلی‌متر)
78-79	70
79-80	75/5
80-81	81/1
81-82	132/0
82-83	99/5
83-84	125/0
84-85	98/5
85-86	145/5
86-87	79/5
87-88	115/0
88-89	147/9
89-90	113/0
90-91	123/5
91-92	70/0

بارش ماهانه	
ماه	میانگین بارش (میلی‌متر)
مهر	۲/۱
آبان	۱۰/۷
آذر	۱۲/۷
دی	۵/۹
بهمن	۱۹/۵
اسفند	۱۳/۲
فروردین	۲۰/۶
اردیبهشت	۹/۵
خرداد	۴/۱
تیر	۳/۸
مرداد	۱/۲
شهریور	۴/۵
سالانه	۱۰۷/۸

بر اساس شکل (۴-۲) ملاحظه می‌شود که میانگین سالانه دبی چشمه قنات فیخار تحت تأثیر بارندگی بوده و دارای تغییراتی کم و بیش هماهنگ با تغییرات بارندگی است. عواملی از قبیل افت سطح آب‌های زیرزمینی اثری بر آبدهی چشمه قنات فیخار نداشته است و احتمالاً دلیل این مطلب از این قرار است که منشأ عمده آب این چشمه قنات به سنگهای آهکی سازند لار در کوه سفید کوه مربوط می‌شود که تقریباً تحت تأثیر افت سطح آب زیرزمینی نبوده است.



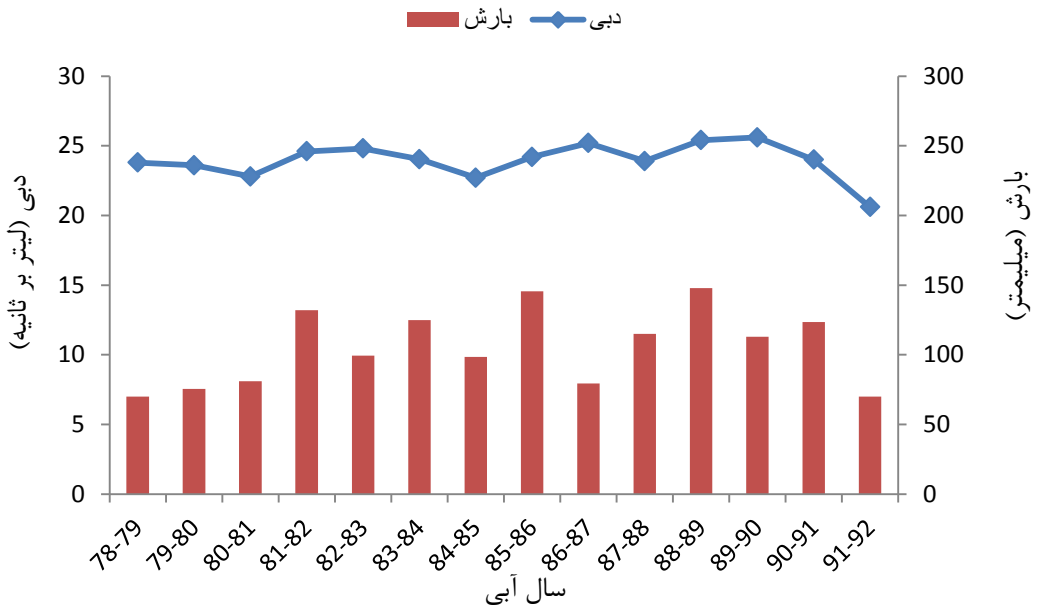
شکل ۴-۲- نمودار تغییرات سالانه دبی چشمه قنات فیخار در سال‌های آبی ۱۳۹۲-۱۳۷۸

همان‌طور که قبلاً ذکر شد، مقادیر آبدهی قنات حاجی‌آباد در سال‌های آبی ۱۳۹۲-۱۳۷۸ در جدول (۴-۴) ارائه شده است. با استفاده از این آمار، تغییرات سالانه دبی در این قنات در شکل (۴-۳) ارائه شده است.

جدول ۴-۴- آبدهی قنات حاجی‌آباد در سال‌های آبی ۱۳۹۲-۱۳۷۸ (بر حسب لیتر بر ثانیه)

سال آبی	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	میانگین سالانه
۷۸-۷۹	۲۴	۲۱	۳۰	۲۳	۲۶	۳۰	۲۸	۲۳	۲۱	۲۰	۱۹	۲۱	۲۳/۸
۷۹-۸۰	۲۶	۱۸	۲۴	۲۱	۲۴	۲۵	۲۵	۲۵/۵	۲۶	۲۳	۲۱	۲۵	۲۳/۶
۸۰-۸۱	۲۱	۲۰	۲۸	۱۹	۲۵	۲۶	۲۴	۲۳	۲۲	۲۵	۱۷	۲۴	۲۲/۸
۸۱-۸۲	۲۳	۲۵	۲۶	۲۰	۲۱	۲۷	۳۰	۲۸	۲۵	۲۴	۲۰	۲۷	۲۴/۶
۸۲-۸۳	۲۵	۲۳	۲۰	۲۵	۲۵	۲۷	۲۵	۲۴	۲۹	۲۶	۱۸	۳۱/۵	۳۱/۸
۸۳-۸۴	۲۳	۲۱/۵	۲۲	۲۳	۲۲	۲۶	۲۷	۳۰	۳۰/۵	۲۶	۱۵	۲۲/۵	۲۴
۸۴-۸۵	۱۸	۲۲	۲۱/۵	۲۱	۲۴	۲۴	۲۴	۲۴	۲۴	۲۳	۲۳	۲۴	۲۲/۷
۸۵-۸۶	۲۰	۱۷	۲۳	۲۴/۵	۲۳	24/5	۲۶	۲۳	۳۲	۲۷	۱۹	۳۲	24/2
۸۶-۸۷	۲۴	۲۹	۲۴	۲۶	۲۴	۲۸	۲۹	۲۹	۲۶	۲۰	۲۲	۲۲	25/2
۸۷-۸۸	۲۷	۲۷	۲۵	۲۱	۲۲	۲۳	۲۱	23/5	26	۲۳	۲۳	۲۶	23/9
۸۸-۸۹	۲۴	۲۲	۲۱	۲۴	۲۵	۲۶	28/5	۲۷	۲۸	۲۷	۲۶	۲۷	25/4
۸۹-۹۰	۲۷	۲۷	۲۴	۲۵	۲۵	۲۶	۲۷	۲۸	۲۵	۲۴	۲۴	۲۶	25/6
۹۰-۹۱	۲۷	۲۶	۲۶	۲۶	۲۰	۲۰	۱۸	۲۵	۲۸	۲۸	۲۰	۲۴	۲۴
۹۱-۹۲	۲۰	۱۵	۱۸	۱۸	۲۳	۲۶	۲۳	۲۲	۲۲	۲۳	۲۲	۱۶	20/6
میانگین	۲۳/۵	۲۳/۳	۲۳/۷	۲۳/۹	۲۴/۱	۲۴/۳	25/3	25/3	26/0	۲۵/۲	۲۴/۶	24/8	-
انحراف معیار	۲/۷	۳/۹	۳/۰	۲/۵	1/6	2/2	3/1	2/4	3/1	2/3	2/8	3/9	-
ضریب تغییرات (٪)	۱۱/۴	۱۷/۴	۱۲/۹	۱۱/۰	6/8	8/5	۱۲/۲	9/4	8/6	9/5	13/5	15/7	-

در شکل (۴-۳) ملاحظه می‌شود که میانگین سالیانه آبدهی قنات حاجی‌آباد در سال‌های مختلف تغییرات زیادی را نداشته است. این قنات تقریباً در نزدیک ارتفاعات واقع شده است و مادر چاه آن در آبرفت‌های درشت دانه قرار دارد و به‌طور متوسط دارای دبی حدود ۲۵ لیتر بر ثانیه است.



شکل ۴-۳- نمودار تغییرات سالانه دبی قنات حاجی‌آباد در سال‌های آبی ۱۳۹۲-۱۳۷۸

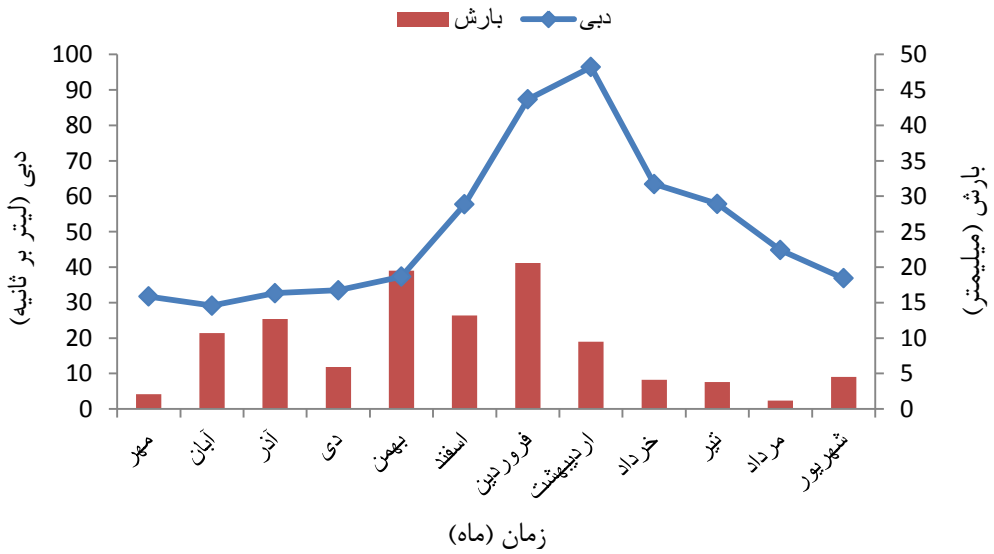
ب- بررسی تغییرات میانگین ماهانه آبدهی

همان‌طور که قبلاً ذکر شد، مقادیر بارندگی ماهانه در طی دوره آماری ۱۳۹۲-۱۳۷۸، در جدول (۴-۳) آورده شده است. با استفاده از این داده‌ها و مقادیر ماهانه آبدهی در جدول‌های (۴-۲) و (۴-۴)، تغییرات ماهانه آبدهی چشمه قنات فیخار و قنات حاجی‌آباد در این دوره آماری، به ترتیب در شکل‌های (۴-۴) و (۴-۵) رسم شده است.

- چشمه قنات فیخار

همان‌طور که قبلاً بیان شد، قنات فیخار یک چشمه قنات محسوب می‌شود. گاهی کوههای آهکی دارای ذخائر قابل ملاحظه‌ای آب زیرزمینی هستند و به همین علت چشمه‌هایی در عمق دره‌های مرتبط با این

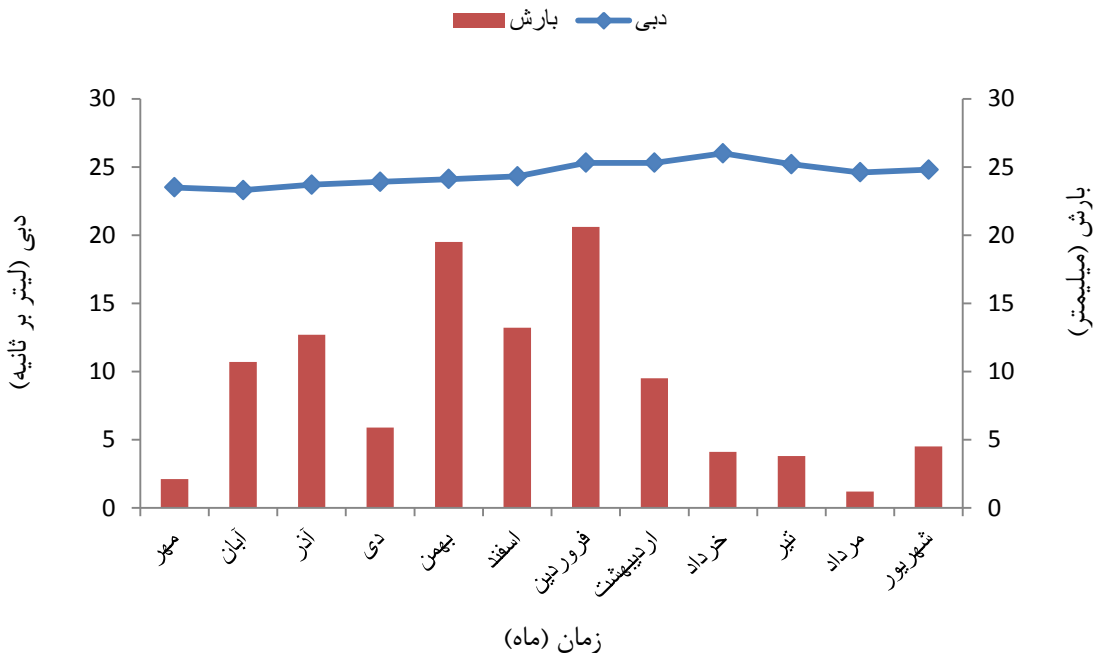
کوهها یا در فاصله بین کوه و دشت و یا در محل بین شکستگی‌های متعلق به این کوهها بوجود می‌آیند و به علت جریان‌های واریزه‌ای روی این چشمه‌ها پوشیده می‌شود و آب این چشمه‌ها به داخل آبرفت‌ها و واریزه‌ها نفوذ می‌کند که با حفر قنات از آب این چشمه‌ها می‌توان استفاده کرد. چشمه قنات فیخار در حد فاصل بین کوه و دشت ایجاد شده که از کوههای آهکی سفید کوه تغذیه می‌شود. شکل (۴-۴) تغییرات دبی سالانه را در برابر بارش در طی سالهای آبی ۱۳۹۲-۱۳۷۸ را در چشمه قنات فیخار نشان می‌دهد. همان‌طور که آبدهی سالانه چشمه قنات فیخار با بارندگی رابطه نسبتاً خوبی را نشان می‌داد، تغییرات ماهانه آبدهی این چشمه قنات نیز با بارش کم و بیش هماهنگی نشان می‌دهد. به طوریکه با افزایش بارش در ماههای بهمن تا اردیبهشت، دبی افزایش یافته و با کاهش آن در ماههای تابستان دبی نیز کاهش می‌یابد. بنابراین، کاهش دبی در این چشمه قنات حاصل افت سطح آب زیرزمینی نمی‌باشد، زیرا همان‌طور که قبلاً بیان شد منشأ اصلی تأمین آب این چشمه قنات، آهکهای کارستی سازند لار می‌باشد.



شکل ۴-۴- نمودار تغییرات ماهانه دبی چشمه قنات فیخار در سال‌های آبی ۱۳۹۲-۱۳۷۸

- قنات حاجی‌آباد

قنات حاجی‌آباد با دبی متوسط حدود ۲۵ لیتر بر ثانیه در ماههای اسفند تا خرداد دبی شروع به افزایش کرده و از آن به بعد در ماههای تابستان دبی کاهش یافته است. در سال‌های اخیر به علت عدم لایروبی، دبی قنات کاهش یافته است. با توجه به شکل (۴-۵) دبی این قنات در طول سال تغییرات زیادی را شامل نمی‌شود و بیشتر بین ۲۳ تا ۲۷ لیتر بر ثانیه می‌باشد.



شکل ۴-۵- نمودار تغییرات ماهانه دبی قنات حاجی‌آباد در سال‌های آبی ۱۳۹۲-۱۳۷۸

به منظور بررسی کمی تخلیه آب قنات و برآورد ضریب یا ضرایب دبی، منحنی فرود برای چشمه قنات فیخار و قنات حاجی‌آباد با استفاده از داده‌های مربوط به هیدروگراف، ترسیم شده است. منحنی فرود از دبی اوج آغاز می‌شود و تا زمان افزایش مجدد دبی ادامه می‌یابد. این نمودار نحوه تخلیه آب‌های ذخیره شده در سفره آب زیرزمینی قنات‌ها را بیان می‌کند. لازم به ذکر است که این منحنی نیمه لگاریتمی است. به این معنی که دبی بر روی محور عمودی که لگاریتمی است در برابر زمان ترسیم می‌شود که روند داده‌ها به صورت یک خط مستقیم و یا یک خط شکسته با شیب‌های مختلف بدست می‌آیند. شکل‌های

(۴-۶) و (۴-۷) به ترتیب منحنی‌های فرود ترسیم شده مربوط به چشمه قنات فیخار و قنات حاجی‌آباد را نشان می‌دهند. شیب ایجاد شده به عنوان ضریب بده در نظر گرفته می‌شود که مقدار آن از رابطه زیر به دست می‌آید.

معادله ۴-۱

$$\alpha = \frac{logQ_{.} - logQ_{1}}{0.4343(t_1 - t_0)}$$

در معادله ذکر شده α ضریب بده، Q_0 و Q_1 دبی‌های قنات بر حسب متر مکعب بر ثانیه به ترتیب در زمان‌های t_0 و t_1 می‌باشد. شکل (۴-۶) نشان می‌دهد که چشمه قنات فیخار تقریباً دارای دو شیب است. به عبارت دیگر به علت تغذیه از آهکهای کارستی سازند لار تخلیه آب زیرزمینی از چند رژیم مختلف انجام می‌شود. هم‌چنین، در شکل (۴-۷) مشاهده می‌شود که، قنات حاجی‌آباد دارای یک شیب می‌باشد به عبارت دیگر به علت تغذیه آب این قنات از آبرفت‌های درشت دانه تخلیه آب زیرزمینی از یک رژیم پیروی می‌کند.

شکل ۴-۶- منحنی فرود چشمه قنات فیخار در سال‌های آبی ۱۳۹۲-۱۳۷۸

شکل ۴-۷- منحنی فرود قنات حاجی‌آباد در سال‌های آبی ۱۳۹۲-۱۳۷۸

با استفاده از شکل‌های (۴-۶) و (۴-۷) و هم‌چنین بکارگیری معادله (۴-۱) شیب منحنی‌های فرود (ضرایب بده) برآورد شده است و نتایج حاصله در جدول (۴-۵) ارائه گردیده است. همان‌طور که قبلاً اشاره شد و هم‌چنین جدول (۴-۶) نشان می‌دهد که در چشمه قنات فیخار دو ضریب بده کاملاً متمایز ملاحظه می‌شود. در حالیکه در قنات حاجی‌آباد یک ضریب بده مشاهده می‌شود. همان‌طور که ملاحظه می‌شود ضریب بده حتی در رژیم دوم تخلیه‌ای چشمه قنات فیخار در مقایسه با قنات حاجی‌آباد به طور قابل توجهی بیشتر است. دلیل این امر منشأ آهکی آب خروجی از این چشمه قنات می‌باشد که در مقایسه با آبخوان آبرفتی تغییرات بسیار بیشتری را شامل می‌شود.

جدول ۴-۵- مقادیر شیب بدست آمده در قنات‌های فیخار و حاجی‌آباد

قنات	ضرایب بده	
	ضریب بده	ضریب بده
فیخار	۰/015	۰/005
حاجی‌آباد	۰/۰۰۰۸	-

۴-۲-۲- ارزیابی تغییرات دبی در سال آبی ۱۳۹۴-۱۳۹۳

در این قسمت به منظور ارزیابی تغییرات دبی قنات‌های مورد مطالعه در سال آبی ۱۳۹۴-۱۳۹۳، مقدار دبی در طی یک سال آبی اندازه‌گیری گردید. مقادیر میانگین دبی (μ)، انحراف معیار (σ) و ضریب تغییرات (C_v) محاسبه شده و در جدول (۴-۶) آورده شده است.

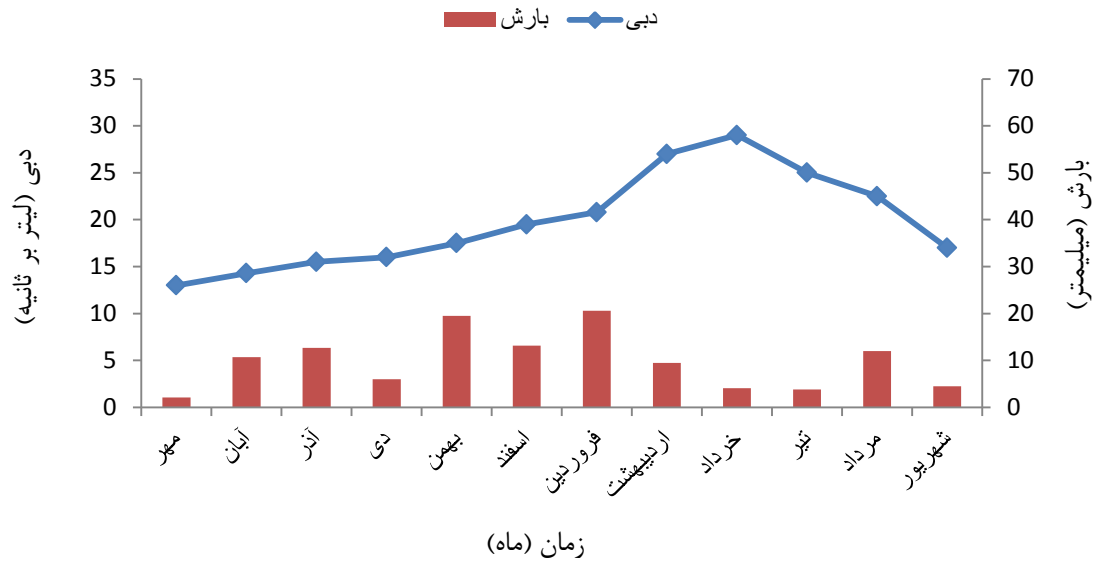
جدول ۴-۶- مقادیر دبی قنات‌های مورد مطالعه در سال آبی ۹۴-۹۳ بر حسب لیتر بر ثانیه

زمان (ماه)	قنات				
	فیخار	کلاته داوود	حاجی‌آباد	رومنان	شوکت‌آباد
مهر	۱۳/۰	۱۰/۵	۳۰/۰	۴/۱	۴/۷
آبان	۱۴/۳	۱۱/۵	۳۱/۵	۴/۰	۴/۶
آذر	۱۵/۵	۱۱/۷	۳۲/۸	۴/۱	۴/۶
دی	۱۶/۰	۱۲/۰	۳۳/۰	۴/۲	۴/۷
بهمن	۱۷/۵	۱۲/۳	۳۳/۵	۴/۳	۴/۸
اسفند	۱۹/۵	۱۲/۵	۳۵/۰	۴/۲	۵/۱
فروردین	۲۰/۸	۱۳/۰	۳۶/۵	۴/۳	۵/۰
اردیبهشت	۲۷/۰	۱۴/۰	۳۸/۰	۴/۴	۵/۱
خرداد	۲۹/۰	۱۵/۰	۴۰/۰	۴/۵	۵/۲

جدول ۴-۶- ادامه

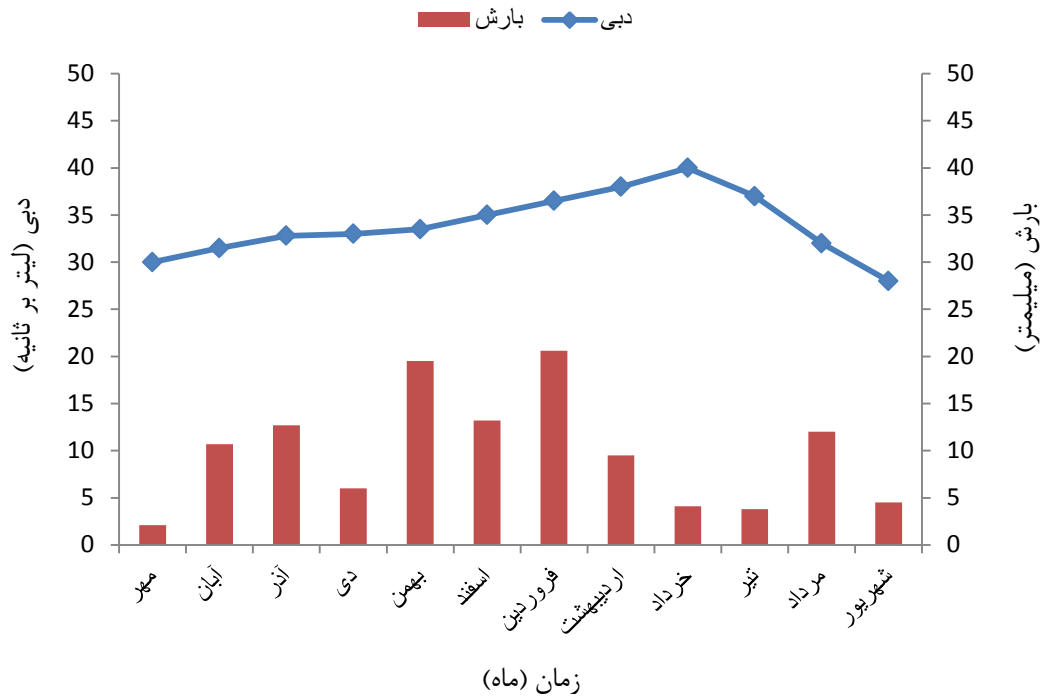
زمان (ماه)	فیخار	کلاته داوود	حاجی‌آباد	رومنان	شوکت‌آباد
تیر	۲۵/۰	۱۳/۵	۳۷/۰	۴/۷	۵/۵
مرداد	۲۲/۵	۱۲/۷	۳۲/۰	۴/۰	۴/۸
شهریور	۱۷/۰	۱۰/۳	۲۸/۰	۳/۸	۴/۶
میانگین	۱۹/۷	۱۲/۴	۳۳/۹	۴/۲	۴/۸
انحراف معیار	۴/۹	۱/۳	۳/۳	۰/۲	۰/۲
ضریب تغییرات (٪)	۲۴/۸	۱۰/۴	۹/۷	۵/۴	۵/۵

بر اساس شکل (۴-۸) مشاهده می‌شود که تغییرات دبی در چشمه قنات فیخار زیاد است. این موضوع به این دلیل است که مادر چاه چشمه قنات فیخار در واریزه‌های بسیار درشت دامنه آهکهای سازند لار قرار گرفته است و به دلیل تغییرات قابل توجهی که در تغذیه این واریزه‌های سازند آهکی وجود دارد، تغییرات دبی این قنات بسیار زیاد است. همان‌طور که در شکل (۴-۸) ملاحظه می‌شود، آبدهی چشمه قنات فیخار در سال آبی ۹۴-۹۳ از فروردین ماه افزایش داشته است و در خرداد ماه به اوج خود رسیده است. از خرداد ماه به بعد دبی کاهش یافته است که دلیل عمده آن تخلیه آبخوان آهکی است و از آنجایی که این آبخوان منشاء تغذیه چشمه قنات فیخار می‌باشد، کاهش دبی به دلیل کم شدن تغذیه این چشمه قنات می‌باشد.



شکل ۴-۸- تغییرات زمانی دبی چشمه قنات فیخار در سال آبی ۱۳۹۴-۱۳۹۳

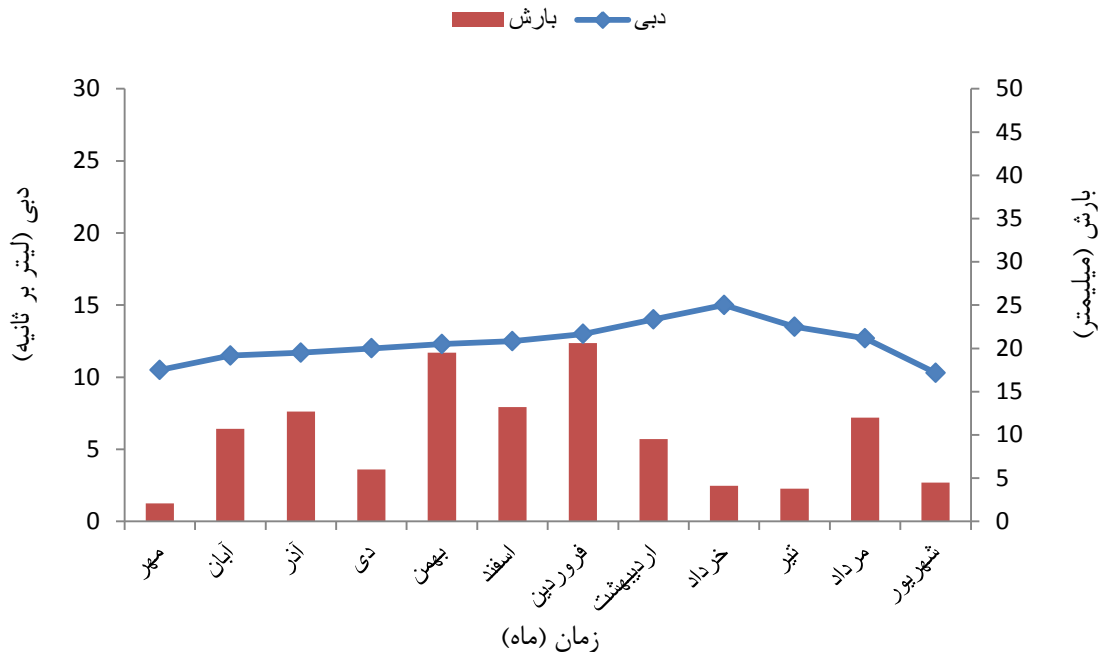
در شکل (۴-۹) روند تغییرات دبی در قنات حاجی‌آباد مشاهده می‌شود. همان‌طور که ملاحظه می‌شود تغییرات دبی نسبتاً قابل توجه است که این موضوع به دلیل قرار گرفتن مادر چاه قنات حاجی‌آباد در آبرفت‌های درشت دانه سازند سیبزار به سن دونین می‌باشد. هم‌چنین، شکل (۴-۹) نشان می‌دهد که در خرداد ماه دبی این قنات به اوج مقدار خود رسیده که این افزایش دبی می‌تواند، تأثیرات لایروبی‌های اخیر باشد که به علت کاهش کیفیت و دبی انجام شده است. لازم به ذکر است که براساس شکل (۴-۵) تغییرات زمانی دبی قنات حاجی‌آباد در دراز مدت خیلی ناچیز می‌باشد و تا حدودی با داده‌های سال ۱۳۹۴-۱۳۹۳ هم‌خوانی ندارد. دلیل این مطلب احتمالاً از این قرار است که یا به علت عدم دقت در در اندازه‌گیری دبی این موضوع رخ داده است و یا این که لایروبی قنات در سال ۱۳۹۳ باعث افزایش دبی قنات و در نتیجه افزایش تغییرات ماهانه آن شده است.



شکل

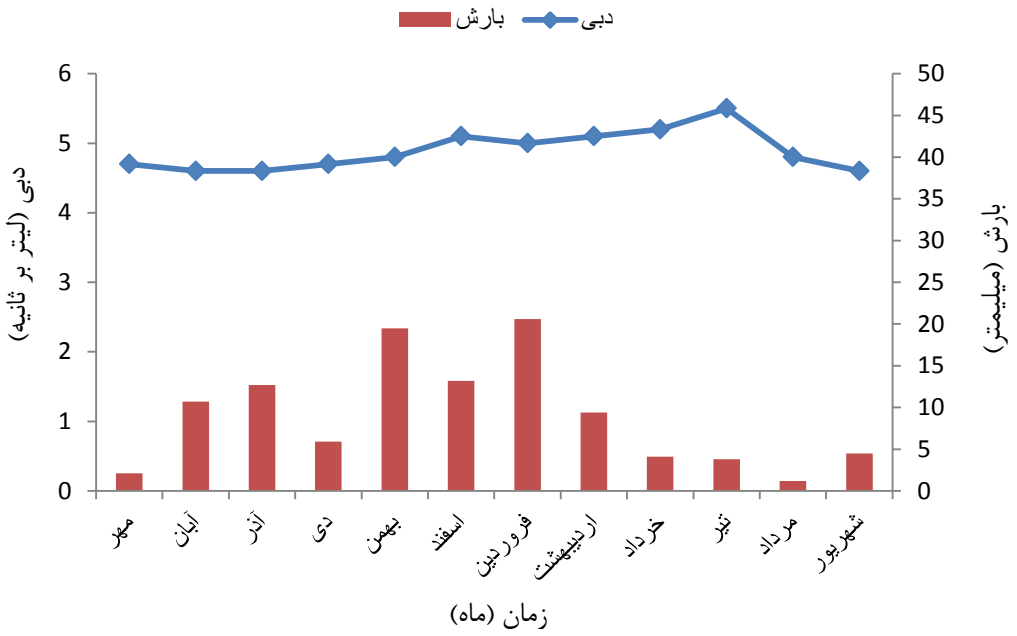
۴-۹- تغییرات زمانی دبی قنات حاجی‌آباد در سال آبی ۱۳۹۴-۱۳۹۳

شکل (۴-۱۰)، تغییرات دبی قنات کلاته داوود را در سال آبی ۱۳۹۴-۱۳۹۳ نشان می‌دهد. همان‌طور که در شکل (۴-۱۰) ملاحظه می‌شود، دبی در قنات کلاته داوود نیز مانند قنات حاجی‌آباد و چشمه قنات فیخار در خرداد ماه به اوج خود رسیده و از آن به بعد شروع به کاهش کرده است. این قنات در مقایسه با قنات‌های فیخار و حاجی‌آباد، دبی کمتری را شامل می‌شود ولی از آنجایی که مادر چاه این قنات در آبرفت‌های دانه درشت سازند دونین قرار دارد، تغییرات دبی در آن نسبتاً زیاد است و از نظر روند تغییرات دبی، شبیه قنات حاجی‌آباد می‌باشد. کمتر بودن نسبی دبی می‌تواند به علت تغذیه کمتر آبخوان باشد.

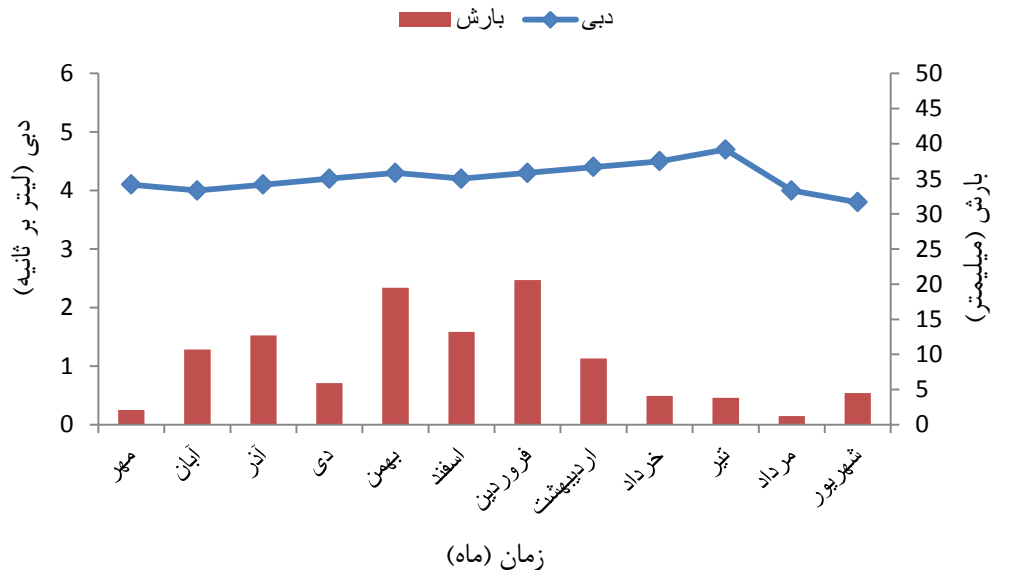


شکل ۴-۱۰- تغییرات زمانی دبی قنات کلاته داوود در سال آبی ۱۳۹۴-۱۳۹۳

قنات‌های شوکت‌آباد و رومنان، در دشت واقع شده‌اند. بنابراین، دبی در آنها در مقایسه با قنات‌های دیگر، دیرتر به اوج خود می‌رسد. شکل‌های (۴-۱۱) و (۴-۱۲) تغییرات دبی را به ترتیب در قنات شوکت‌آباد و قنات رومنان در سال آبی ۱۳۹۴-۱۳۹۳ نشان می‌دهند. همان‌طور که در شکل‌های (۴-۱۱) و (۴-۱۲) ملاحظه می‌شود، دبی در این قنات‌ها در ماههای تابستان و از اوایل تیر ماه افزایش یافته است. به طور کلی دبی در این دو قنات در مقایسه با بقیه قنات‌ها کمتر و بین ۳ تا ۶ لیتر بر ثانیه بوده است که می‌تواند به دلیل تغذیه کمتر آبخوان محدوده این قنات‌ها و پایین افتادن سطح آب تره‌کار این قنات‌ها در اثر تخلیه چاههای موجود در منطقه باشد.



شکل ۴-۱۱- تغییرات زمانی دبی قنات شوکت‌آباد در سال آبی ۱۳۹۴-۱۳۹۳

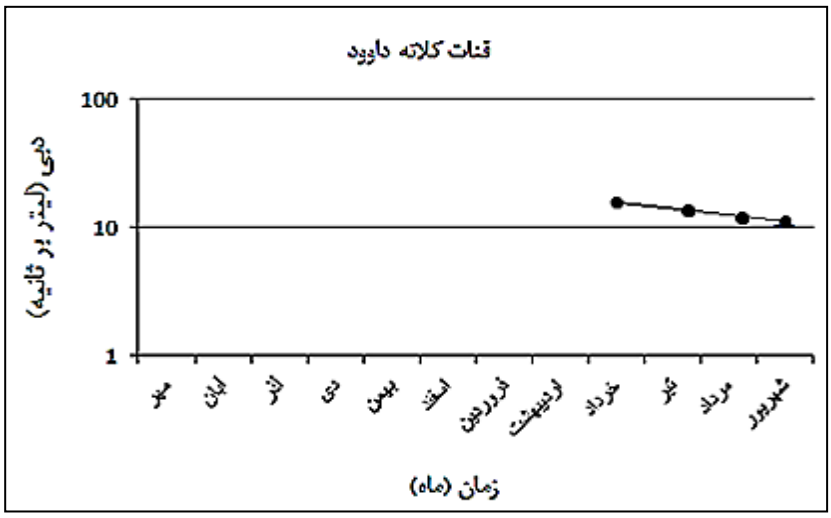


شکل ۴-۱۲- تغییرات زمانی دبی قنات رومنان در سال آبی ۱۳۹۴-۱۳۹۳

با استفاده از داده‌های جدول (۴-۶) و هم‌چنین شکل‌های (۴-۸) تا (۴-۱۲) و معادله (۴-۱)، شیب منحنی‌های فرود (ضرایب بده) محاسبه شده است و نتایج بدست آمده در جدول (۴-۷) ارائه شده است. همان‌طور که در شکل‌های (۴-۱۳) تا (۴-۱۷) ملاحظه می‌شود، چشمه قنات فیخار به دلیل آهکی بودن منشأ آب دارای دو ضریب بده می‌باشد. به عبارت دیگر تخلیه آب این چشمه قنات در مقایسه با بقیه قنات‌ها، از دو رژیم مختلف پیروی می‌کند. اما بقیه قنات‌ها به دلیل آبرفتی بودن مادر چاه تغییرات زیادی را شامل نمی‌شوند و همگی دارای یک ضریب بده می‌باشند.

شکل ۴-۱۳- منحنی فرود چشمه قنات فیخار در سال آبی ۱۳۹۴-۱۳۹۳

شکل ۴-۱۴- منحنی فرود قنات حاجی‌آباد در سال آبی ۱۳۹۴-۱۳۹۳



شکل ۴-۱۵- منحنی فرود قنات کلاته داوود در سال آبی ۱۳۹۴-۱۳۹۳

شکل ۴-۱۶- منحنی فرود قنات رومنان در سال آبی ۱۳۹۴-۱۳۹۳

شکل ۴-۱۷- منحنی فرود قنات شوکت‌آباد در سال آبی ۱۳۹۴-۱۳۹۳

بر اساس داده‌های جدول (۴-۶) و هم‌چنین شکل‌های (۴-13) تا (۴-17) و معادله (۴-۱)، ضرایب بده بدست آمده در جدول (۴-۷) ارائه شده است.

جدول ۴-۷- مقادیر ضرایب بده قنات‌های مورد مطالعه در سال آبی ۹۴-۹۳

قنات	ضرایب بده	
	ضریب بده	ضریب بده
فیخار	۰/001	۰/۰۰۶
حاجی‌آباد	۰/۰۰۴	-
کلاته داوود	۰/005	-
رومنان	۰/۰۰۳	-
شوکت‌آباد	۰/۰۰۳	-

۴-۳- ارزیابی تغییرات خصوصیات هیدروژئوشیمیایی قنات‌های مورد مطالعه

در این بخش، به بررسی خصوصیات هیدروژئوشیمیایی قنات‌های منطقه مانند تغییرات هدایت الکتریکی، سختی، pH و هم‌چنین تغییرات غلظت کاتیون‌ها و آنیون‌های اصلی پرداخته می‌شود. در نهایت کیفیت آب قنات‌های منطقه با رسم نمودارهای کیفی آب (پایپر، استیف، شولر و ویلکاکس) مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

۴-۳-۱- بررسی تغییرات زمانی هدایت الکتریکی قنات‌های منطقه

همان‌طور که قبلاً بیان شد هدایت الکتریکی به دلیل ارتباط مستقیمی که با کل املاح موجود در آب دارد، یکی از مهم‌ترین پارامترهای هیدروژئوشیمیایی است. در طی یک سال آبی، این پارامتر در قنات‌های منطقه اندازه‌گیری و تغییرات آن مورد ارزیابی قرار گرفت (جدول ۴-۸). به منظور بررسی تغییرات هدایت الکتریکی مقادیر میانگین، انحراف معیار و ضریب تغییرات آنها محاسبه شده است. بر اساس نتایج بدست آمده، مقادیر هدایت الکتریکی در قنات‌های منطقه متفاوت است. هدایت الکتریکی چشمه قنات فیخار اختلاف بارزی را با بقیه نشان می‌دهد. این موضوع به این دلیل است که قسمت اعظم آب خروجی از این چشمه قنات از آهک‌های کارستی شده مربوط به کوه سفید تأمین می‌شود. اما مقدار هدایت الکتریکی در بقیه قنات‌های منطقه بالا بوده و کم و بیش به یکدیگر نزدیک هستند. قنات‌های حاجی‌آباد و کلاته داوود در آبرفت‌های درشت دانه قرار دارند و به علت وجود سازندهای مخرب کیفیت شیل و مارن سازندهای دونین که در زیر لایه‌ها قرار دارند، هدایت الکتریکی بالایی را دارا هستند. قنات‌های شوکت‌آباد و رومنان نیز به علت دانه‌ریز بودن آبرفت‌های منطقه و وجود املاح محلول در خاک‌های منطقه هدایت الکتریکی بالایی دارند.

جدول ۴-۸- مقادیر هدایت الکتریکی در قنات‌های مورد مطالعه بر حسب (µs/cm) در سال آبی ۹۴-۹۳

زمان (ماه)	قنات				
	فیخار	حاجی‌آباد	کلاته داوود	شوکت‌آباد	رومنان
مهر	۳۰۳	۱۸۶۰	۱۶۵۳	۱۴۶۰	۱۵۵۰
آبان	۳۰۷	۱۸۷۳	۱۶۴۷	۱۴۵۵	۱۵۵۲
آذر	۳۰۵	۱۸۸۶	۱۶۰۰	۱۴۵۵	۱۵۵۵
دی	۳۰۷	۱۸۹۰	۱۵۵۰	۱۴۵۱	۱۵۵۳
بهمن	۳۰۹	۱۸۶۰	۱۵۲۰	۱۴۵۰	۱۵۵۳
اسفند	۳۰۸	۱۸۷۵	۱۴۳۵	۱۴۵۵	۱۵۵۵
فروردین	۳۱۵	۱۸۷۰	۱۴۱۰	۱۴۵۳	۱۵۵۰
اردیبهشت	۳۲۰	۱۸۷۴	۱۴۱۵	۱۴۵۳	۱۵۴۸
خرداد	۳۱۶	۱۶۲۰	۱۵۱۳	۱۴۵۲	۱۵۵۰
تیر	۳۱۷	۱۶۱۹	۱۵۲۰	۱۴۵۶	۱۴۵۴
مرداد	۳۱۰	۱۶۲۱	۱۵۲۳	۱۴۵۸	۱۵۴۳
شهریور	۳۰۷	۱۶۲۵	۱۴۹۱	۱۴۵۵	۱۵۵۰
میانگین	۳۱۰/۳	۱۷۸۹/۴	۱۵۲۲/۵	۱۴۵۴/۴	۱۵۵۰/۳
انحراف معیار	۵/۱	۱۱۹/۲	۷۸/۲	۲/۷	۳/۵
ضریب تغییرات(٪)	۱/۶	۶/۶	۴/۹	۰/۱	۰/۲

الف- قنات فیخار

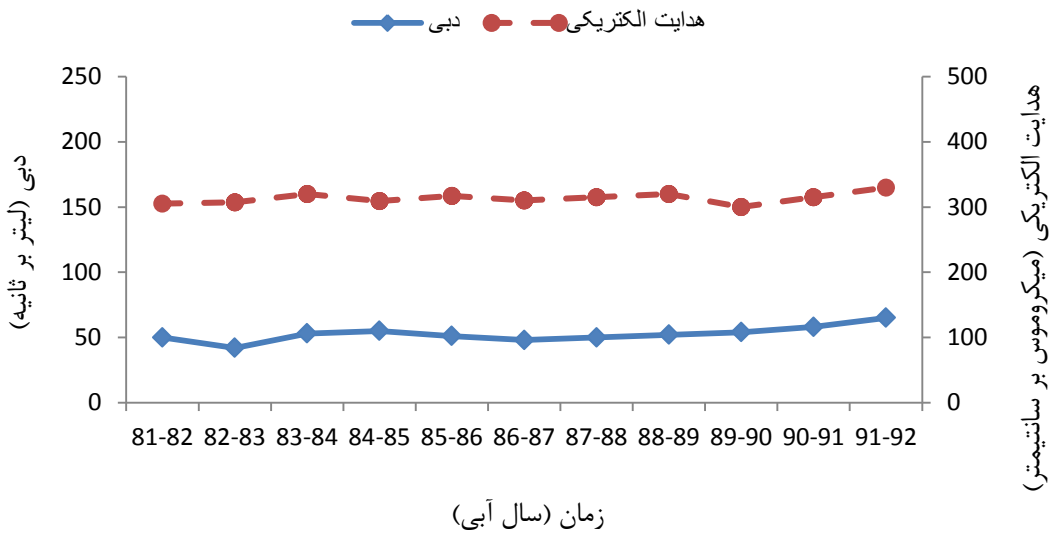
در فاصله زمانی ۱۳۸۱ تا ۱۳۹۲ مقادیر هدایت الکتریکی برای چشمه قنات فیخار و قنات حاجی‌آباد اندازه‌گیری شده است (جدول ۴-۹). نمودارهای تغییرات سالانه و ماهانه هدایت الکتریکی در برابر دبی برای چشمه قنات فیخار با استفاده از داده‌های موجود و داده‌های بدست آمده در سال آبی ۱۳۹۴-۱۳۹۳، در شکل‌های (۴-۱۸) و (۴-۱۹) ارائه شده است. همان گونه که قبلاً ذکر شد، فیخار در حقیقت یک چشمه قنات است که از سازند آهکی کرتاسه سازند لار تغذیه می‌شود. هدایت الکتریکی نسبتاً کم این چشمه قنات بیانگر این است که، بخش عمده جریان این قنات از طریق درزه‌ها و شکستگی‌های مربوط به سنگهای آهکی تأمین می‌شود و دارای هدایت الکتریکی حدود ۳۰۰ میکروموس بر سانتیمتر است. بر اساس نتایج تحقیقات (نیک پیمان ۱۳۸۸)، از سازند آهکی مورد نظر تعدادی چشمه‌های کوچک و بزرگ تخلیه می‌شوند که هدایت الکتریکی آنها حدود ۳۰۰ میکروموس بر سانتیمتر و ضریب تغییرات یک درصد می‌باشد. همان‌طور که شکل (۴-۱۸) نشان می‌دهد، تغییرات هدایت الکتریکی در چشمه قنات فیخار نسبتاً ناچیز است که به یکنواختی آبخوان آهکی منطقه مربوط می‌شود. هم‌چنین، ملاحظه می‌شود که دبی قنات یک تغییرات سالانه مشخصی را نشان می‌دهد.

جدول ۴-۹- مقادیر هدایت الکتریکی در قنات‌های فیخار و حاجی‌آباد در سالهای آبی ۱۳۹۲-۱۳۸۱

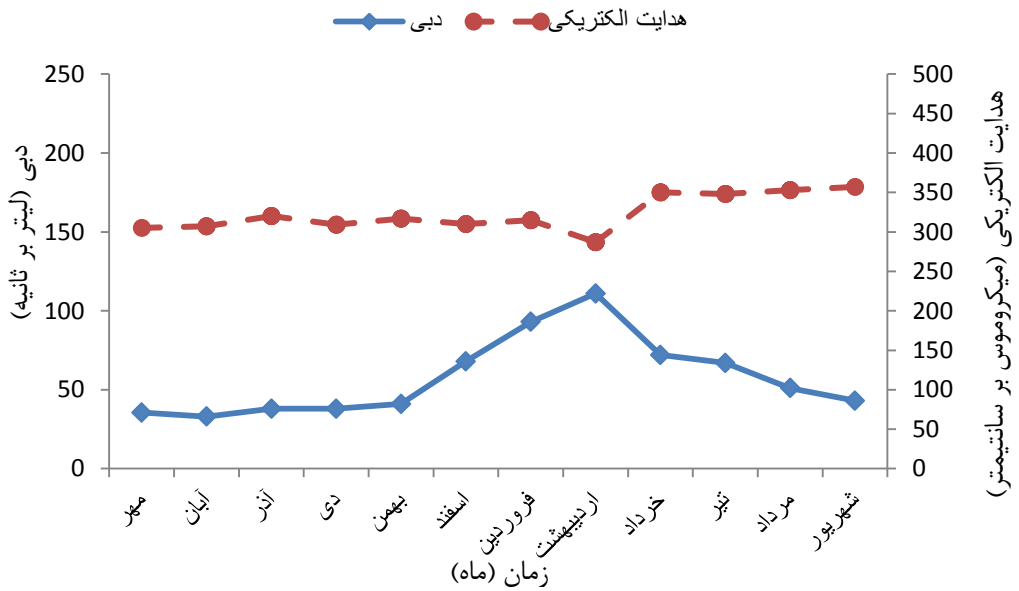
سال آبی	هدایت الکتریکی (میکروموس بر سانتیمتر)	
	فیخار	حاجی آباد
81-82	305	1826
82-83	307	1820

جدول ۴-۹- ادامه

سال آبی	هدایت الکتریکی (میکروموس بر سانتیمتر)	
	فیخار	حاجی آباد
83-84	320	1830
84-85	309	1845
85-86	317	1840
86-87	310	1832
87-88	315	1856
88-89	۳۲۰	1848
89-90	۳۰۰	1850
90-91	۳۱۵	1845
91-92	۳۳۰	1847
میانگین	۳۱۵/۴	۱۸۳۹/۹
انحراف معیار	۷/۹	۱۰/۷
ضریب تغییرات (٪)	۲/۵	۰/۵



شکل ۴-۱۸- تغییرات سالانه دبی و هدایت الکتریکی چشمه قنات فیخار در سال‌های ۱۳۹۳-۱۳۸۱

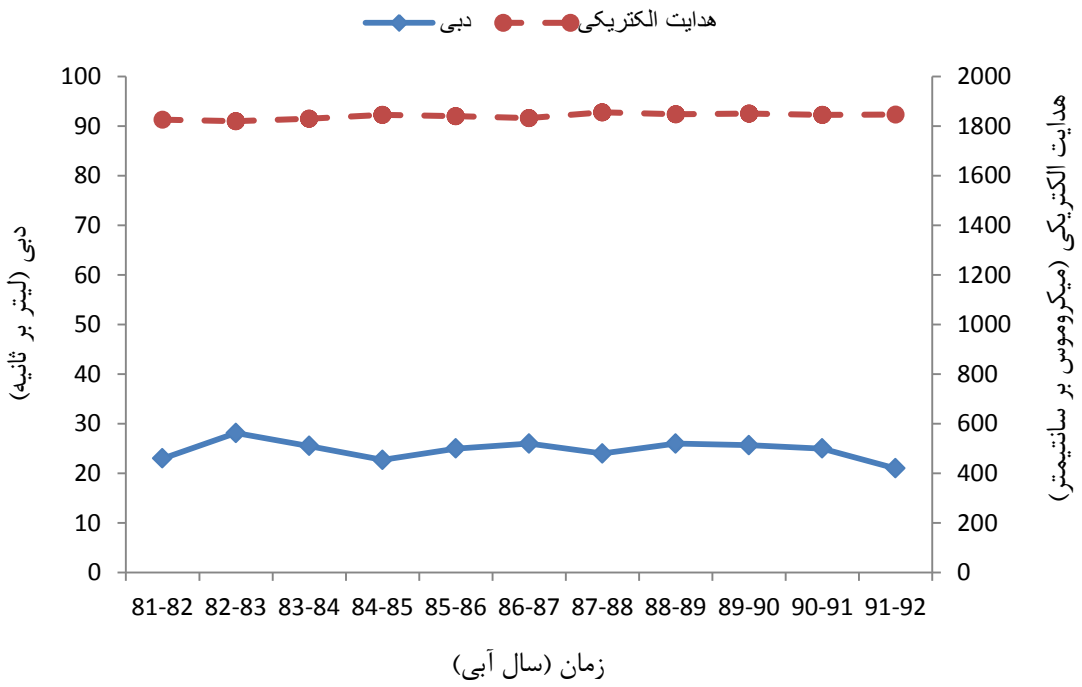


شکل ۴-۱۹- تغییرات ماهانه دبی و هدایت الکتریکی چشمه قنات فیخار در سال‌های آبی ۱۳۹۳-۱۳۸۱

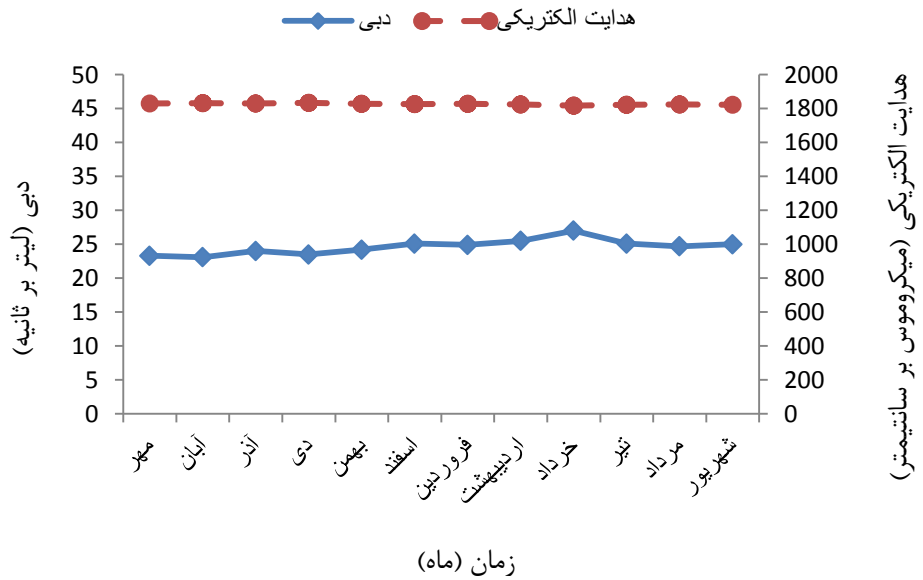
ب- قنات حاجی‌آباد

همان‌طور که قبلاً بیان شد، مقادیر هدایت الکتریکی برای قنات حاجی‌آباد در سال‌های آبی ۱۳۹۲-۱۳۸۱ اندازه‌گیری شده است. تغییرات سالانه و ماهانه هدایت الکتریکی در برابر دبی برای قنات حاجی‌آباد با استفاده از این داده‌ها و داده‌های بدست آمده در سال آبی ۱۳۹۴-۱۳۹۳ در شکل‌های (۴-۲۰) و (۴-۲۱)

ارائه شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، هدایت الکتریکی این قنات بالاست. علت این امر لایه‌های شیل و مارن دونین در منطقه است، که در زیر لایه‌ها قرار گرفته اند.



شکل ۴-۲۰- تغییرات سالانه دبی و هدایت الکتریکی قنات حاجی‌آباد در سال‌های ۱۳۹۳-۱۳۸۱

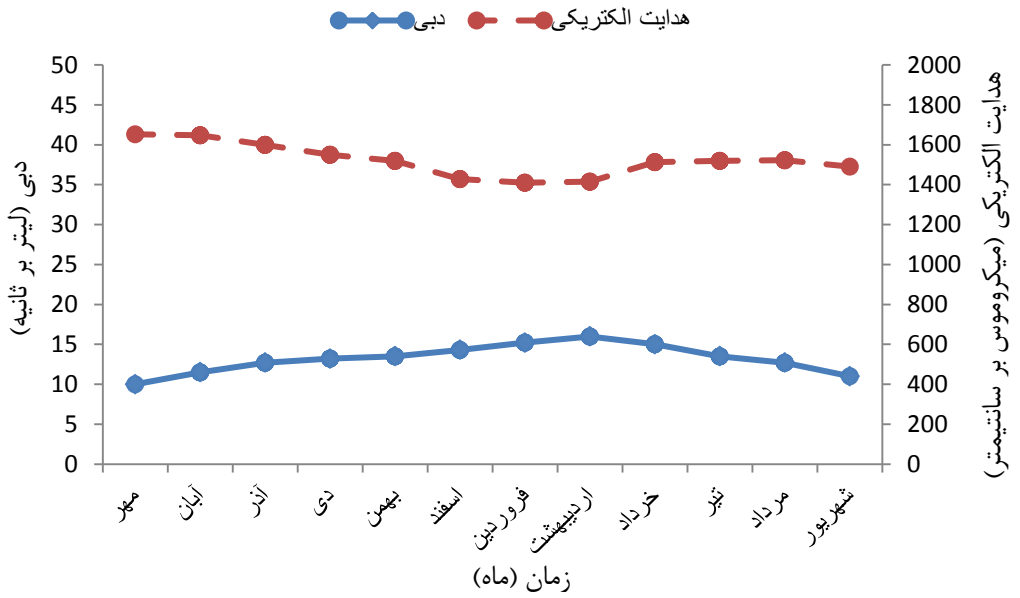


شکل ۴-۲۱-

تغییرات ماهانه دبی و هدایت الکتریکی قنات حاجی‌آباد در سال‌های آبی ۱۳۹۳-۱۳۸۱

ج- قنات کلاته داوود

شکل (۴-۲۲) تغییرات هدایت الکتریکی و دبی را در قنات کلاته داوود در سال آبی ۱۳۹۴-۱۳۹۳ نشان می‌دهد. همان‌طور که ملاحظه می‌شود مقدار هدایت الکتریکی در قنات کلاته داوود به علت جریان داشتن در آبرفت‌های درشت دانه و در نتیجه نوسانات نسبتاً زیاد سطح آب و احتمالاً تغذیه از منشأهای مختلف، تغییراتی را شامل می‌شود. هم‌چنین، ملاحظه می‌شود در شرایطی که دبی قنات بیشتر بوده است احتمالاً به خاطر سرعت حرکت بیشتر جریان آب زیرزمینی و یا افزایش مشارکت آب از واریزه‌های موجود در دامنه آهکهای لار، هدایت الکتریکی به‌طور نسبی کاهش یافته است.

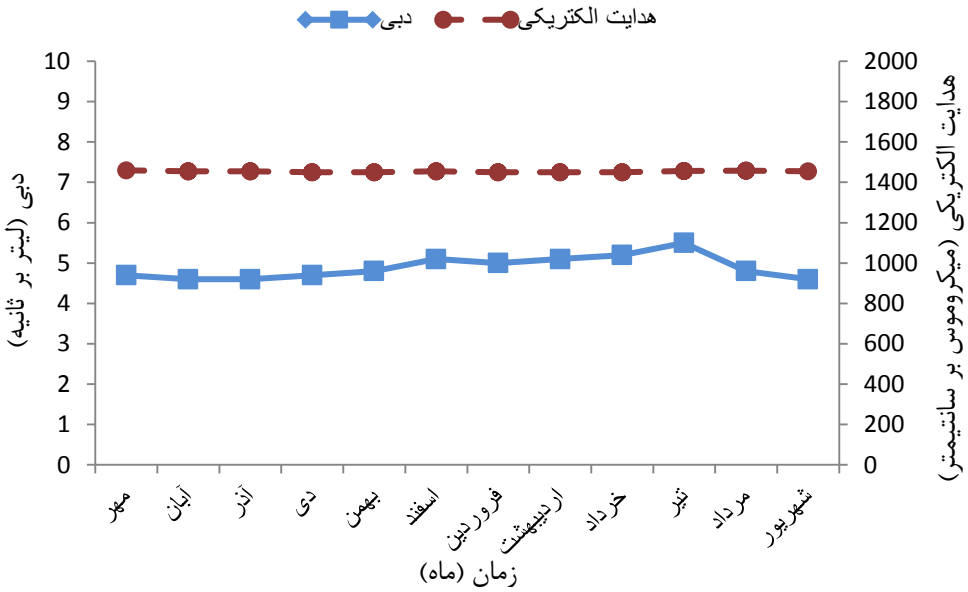


شکل ۴-۲۲- تغییرات زمانی هدایت الکتریکی و دبی قنات کلاته داوود در سال ۱۳۹۴-۱۳۹۳

د- قنات شوکت‌آباد

با توجه به شکل (۴-۲۳) ملاحظه می‌شود که هدایت الکتریکی آب قنات شوکت‌آباد تغییرات زیادی را نشان نمی‌دهد. این امر احتمالاً به دلیل نوسانات اندک سطح آب زیرزمینی در محدوده قنات و ثابت بودن نسبی دبی قنات می‌باشد. حداکثر دبی در قنات شوکت‌آباد ۷/۵ لیتر بر ثانیه است. برای بهبود وضعیت قنات و کاهش تلفات، نسبت به لایروبی قنات در محدوده خشکه کار و نصب کول و هم‌چنین، در محدوده

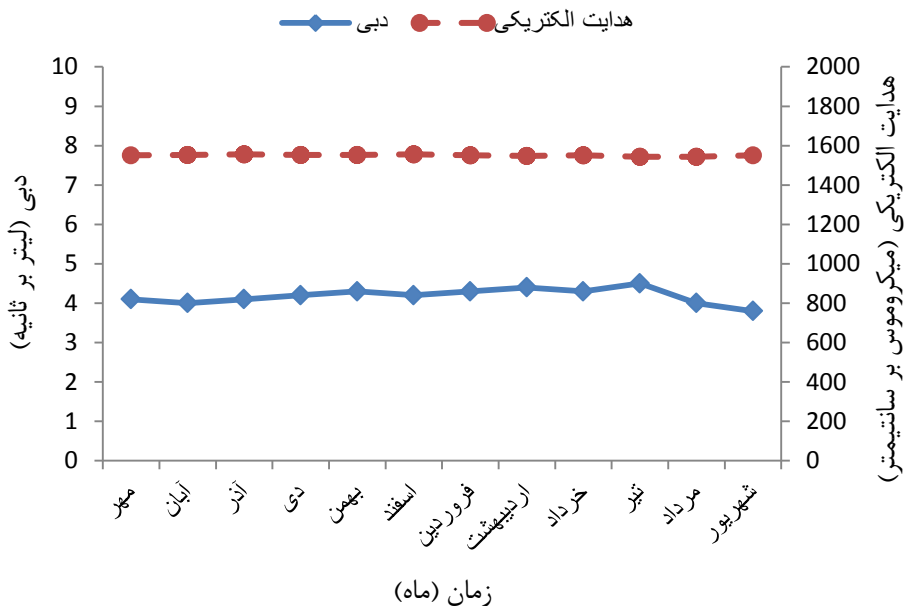
پیشکار اقدام به ادامه پیشکار نمودند که این امر به دلیل افزایش طول تره‌کار زمینه بهبود کمی آب را فراهم نموده است. انتظار می‌رود که با ادامه لایروبی و ادامه پیشکار قنات دبی تا ۱۰ لیتر بر ثانیه افزایش یابد.



شکل ۴-۲۳- تغییرات زمانی هدایت الکتریکی و دبی قنات شوکت‌آباد در سال ۱۳۹۴-۱۳۹۳

و- قنات رومنان

شکل (۴-۲۴) تغییرات هدایت الکتریکی را در قنات رومنان در سال آبی ۱۳۹۴-۱۳۹۳نشان می‌دهد. مقدار هدایت الکتریکی در آب این قنات بالاست و همان‌طور که ملاحظه می‌شود، قنات رومنان نیز مانند قنات شوکت‌آباد به دلیل نوسانات کم سطح آب زیرزمینی در محدوده قنات و در نتیجه ثابت بودن نسبی دبی قنات تغییرات هدایت الکتریکی کمی را دارا می‌باشد.



شکل ۴-۲۴- تغییرات زمانی هدایت الکتریکی و دبی قنات رومنان در سال ۱۳۹۴-۱۳۹۳

۴-۳-۲- بررسی غلظت یون‌های اصلی در قنات‌های مورد مطالعه

به منظور بررسی غلظت یون‌های اصلی در آب قنات‌های مورد مطالعه، طی یک مرحله از آب قنات‌ها نمونه‌برداری به عمل آمد. برای تمام نمونه‌ها در آزمایشگاه غلظت کاتیون‌های کلسیم، منیزیم، سدیم و آنیون‌های کلر، بیکربنات و سولفات اندازه‌گیری شدند. جدول (۴-۱۰) غلظت یون‌های اصلی را در قنات-های مورد مطالعه نشان می‌دهد. همان‌طور که در جدول ملاحظه می‌شود، غلظت یون‌های اصلی در قنات‌های مختلف تا اندازه‌ای متفاوت است. در بین قنات‌های مورد مطالعه، غلظت سدیم در قنات‌های حاجی‌آباد، کلاته داوود، رومنان و شوکت‌آباد بالاتر می‌باشد. در مورد چشمه قنات فیخار که عمدتاً از آهک‌های لار سرچشمه می‌گیرد مهم‌ترین کاتیون، کلسیم و مهم‌ترین آنیون، بی‌کربنات می‌باشند. هم-چنین، ملاحظه می‌شود که در سایر قنات‌ها در بین آنیون‌ها، یون کلر بیشترین مقادیر را به خود اختصاص داده است. این امر را می‌توان با توجه به شرایط آب و هوایی خشک و نیمه خشک دامغان و بالا بودن میزان تبخیر، به انحلال رسوبات گچی و نمکی نسبت داد. به طوریکه افزایش نهشته‌های تبخیری تأمین کننده یون‌های کلر، سولفات و سدیم در آب زیرزمینی می‌باشند. در بین آنیون‌ها غلظت یون کلر

در قنات‌های کلاته داوود و حاجی‌آباد بیشتر است. این عامل می‌تواند به علت افزایش نهشته‌های تبخیری تأمین کننده یون‌های کلر باشد. به منظور بررسی وضعیت یون‌های اصلی در آب قناتهای مورد مطالعه، از نمودارهای پایپر، استیف، ویلکاکس و شولر استفاده شده است.

جدول ۴-۱۰- غلظت عناصر در قنات‌های مورد مطالعه

قنات	غلظت یون (میلی اکی‌والان برلیتر)					
	Na	Mg	Ca	SO_4	Cl	HCO_3
فیخار	۱/0	۱/۲	۱/۷	۰/۷	0/5	۲/۸
حاجی‌آباد	۸/۲	۴/۳	۴/۶	۵/۵	۱۰/۲	۲/۶
کلاته داوود	۷/۶	۳/۸	۴/۳	۴/۹	۹/۱	۲/۸
رومنان	۱۱/۲	۱/۳	1/3	۲/۷	۸/۵	۲/۵
شوکت‌آباد	11/7	1/1	۱/۲	3/1	8/1	2/1

TDS (کل جامدات محلول)

مقدار کل مواد جامد محلول در واقع مجموع تمام کاتیون‌ها و آنیون‌های اصلی بر حسب میلی‌گرم بر لیتر است. برای محاسبه مقدار TDS از معادله (۴-۲) استفاده شده است (Hounslow, 1995):

معادله (۴-۲) $TDS\ (mg/l) = Na+ Ca+ Mg+ K+ Cl+ SO4+ NO+ HCO3- 0.51\ HCO3$

در معادله بالا غلظت تمام یون‌ها بر حسب میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد. مقادیر EC و TDS و رابطه آنها در جدول زیر آمده است. رابطه بین TDS و EC در جدول (۴-۱۱) بر اساس معادله (۴-۳) بیان شده است:

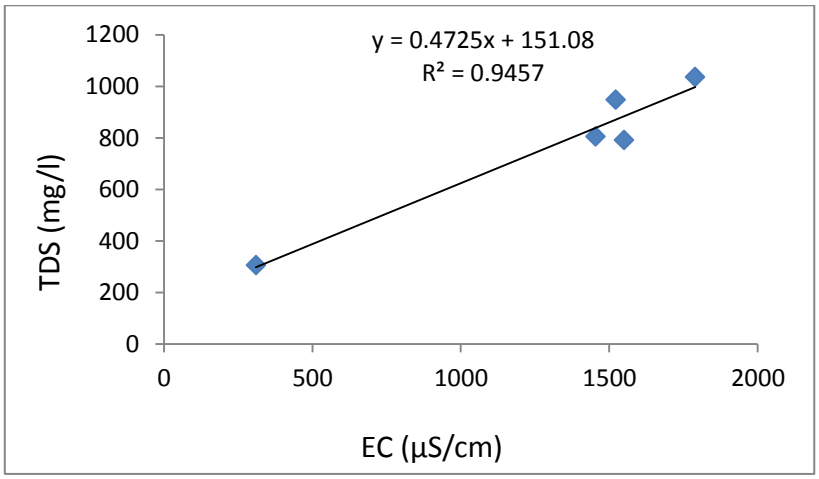
معادله (۴-۳) $TDS\ (mg/l) = EC\ (\mu s/cm) \times (0.64)$

در معادله بالا غلظت تمام یون‌ها بر حسب میلی‌گرم بر لیتر است. مقادیر EC و TDS و ضریب تبدیل آنها در جدول (۴-۱۱) آورده شده است.

جدول ۴-۱۱- رابطه بین EC-TDS در قنات‌های منطقه

قنات	EC (µS/cm)	TDS (mg/l)	ضریب تبدیل
فیخار	۳۱۰	۳۰۶	۰/۹۸
حاجی‌آباد	۱۷۸۹	۱۰۳۶	۰/۵۷
کلاته داوود	۱۵۲۲	۹۴۸	۰/۶۲
قنات	EC (µS/cm)	TDS (mg/l)	ضریب تبدیل
شوکت‌آباد	۱۴۵۴	۸۰۵	۰/۵۵
رومنان	۱۵۵۰	۷۹۱	۰/۵۱

بر اساس شکل (۴-۲۵) مشخص می‌گردد که رابطه بین هدایت الکتریکی و مقدار کل مواد جامد محلـول موجود، رابطه خطی است و این مطلب بیانگر افزایش میزان هـدایت الکتریکـی بـا افـزایش میـزان امـلاح موجود در آب می‌باشد.



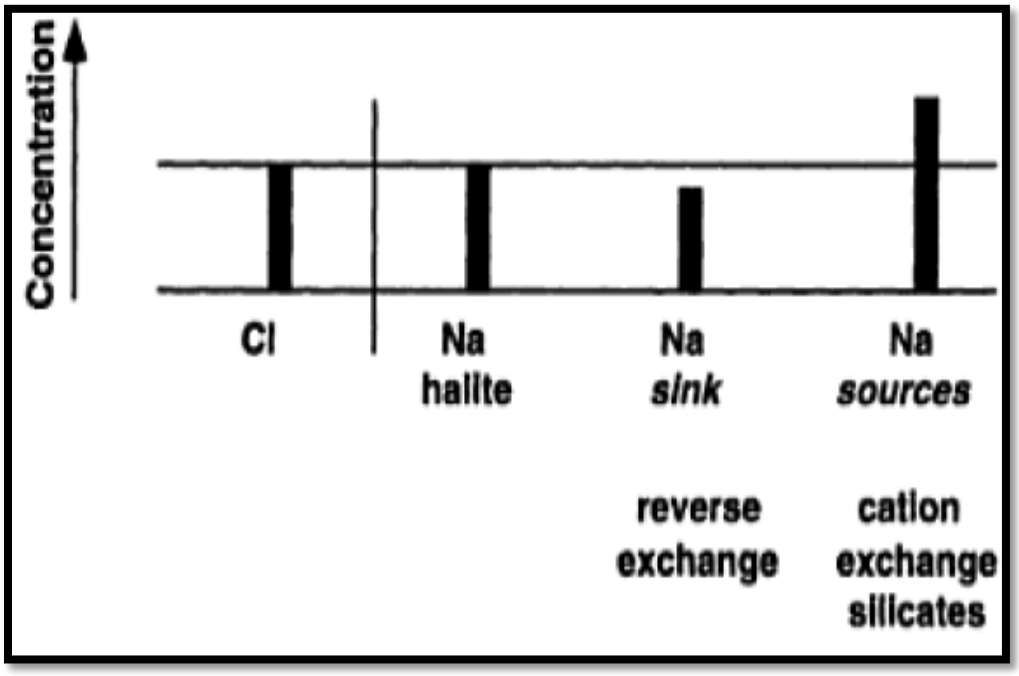
شکل ۴-۲۵- نمودار همبستگی EC-TDS در آب قنات‌های منطقه

نسبت کلر به مجموع آنیون‌ها نشان‌دهنده منشأ این یون است. اگر مقدار این نسبت بزرگتر از ۰/۸ و TDS نمونه‌ها کمتر از ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر باشد، منشأ آن آب باران است. در صورتی که این نسبت کمتر از ۰/۸ باشد، منشأ کلر از انحلال سنگ‌هاست (Hounslow, 1995). بر اساس جدول (۴-۱۲) این نسبت در تمامی قنات‌ها کمتر از ۰/۸ است. در چشمه قنات فیخار به دلیل منشأ آب این چشمه قنات از آهکهای کارستی این مقدار اختلاف زیادی با بقیه قنات‌ها دارد و بسیار اندک می‌باشد. اما در بقیه قنات‌ها که دارای هدایت الکتریکی نسبتاً بالایی هستند، مقدار این نسبت نزدیک به هم و کمتر از ۰/۸ می‌باشد. بنابراین منشأ کلر در آب این قنات‌ها از هوازدگی سنگ‌ها می‌باشد.

فرایند تبادل یونی را در یک منطقه می‌توان با نسبت‌های یونی مشخص نمود. با محاسبه نسبت سدیم به مجموع یون‌های سدیم وکلر (Na/Na+Cl) می‌توان علت افزایش غلظت یون سدیم را در آب مشخص

نمود. اگر مقدار این نسبت بیشتر و یا مساوی با ۰/۵ باشد بیانگر تبادل یونی و جانشینی یون‌های Ca و Mg محلول در آب زیرزمینی در رس‌هاست که سبب آزاد شدن سدیم می‌شود (ناصری و همکاران ۱۳۹۱). بر اساس جدول (۴-۱۲)، مقدار این نسبت در قنات‌های فیخار، رومنان و شوکت‌آباد به ترتیب بیشتر و مساوی ۰/۵ می‌باشد. بنابراین، علت بالا بودن سدیم در آب این قنات‌ها تبادل یونی می‌باشد. در قنات‌های حاجی‌آباد و کلاته داوود این مقدار کمتر از ۰/۵ می‌باشد که نشان دهنده خروج سدیم از محیط می‌باشد.

بر اساس شکل (۴-۲۶) اگر نسبت یون سدیم به کلر (Na/Cl) در آب یک باشد، منشأ این یون‌ها از انحلال هالیت است. با توجه به جدول (۴-۱۲) این مقدار در قنات‌های حاجی‌آباد و کلاته داوود کمتر از یک می‌باشد که نشان دهنده خروج سدیم از محیط و تبادل کاتیونی معکوس می‌باشد. در صورتی که این نسبت در چشمه قنات فیخار و قنات‌های رومنان و شوکت‌آباد بیشتر از یک می‌باشد که براساس شکل (۴-۲۶) نشان دهنده منبعی به غیر از هالیت برای سدیم مثل رسوبات رسی در منطقه و تبادل کاتیونی می‌باشد.



شکل ۴-۲۶- تعیین منشأ سدیم با استفاده از مقایسه آن با کلر (Hounslow, 1995)

با افزایش یون‌های سدیم و کلر در آب، کلسیم شروع به حل شدن می‌کند تا به حالت اشباع در آید. یکی از روش‌های تشخیص رسوب کلسیم در آب، نسبت کلسیم به مجموع کلسیم وسولفات ($Ca/Ca+SO_4$) است. اگر این نسبت کمتر از ۰/۵ باشد بیانگر کاهش غلظت یون کلسیم در آب زیرزمینی در اثر فرایند تبادل یونی با رسوب کلسیت است (Hounslow, 1995). بر اساس جدول (۴-۱۲) این مقدار فقط در چشمه قنات فیخار به علت منشأ آب این چشمه قنات از آهکهای کارستی شده بیشتر از ۰/۵ است. در حالیکه در بقیه قنات‌ها کمتر از ۰/۵است که نشان دهنده این موضوع می‌باشد که آب این قناتها در تماس با آهک نبوده است.

جدول ۴-۱۲- پارامترهای محاسبه شده در قنات‌های مورد مطالعه

قنات	سختی کل	SAR	%Na	Na/Cl	Na/Σcat	Na/Na+Cl	Ca/Ca+SO_4	Cl/Σanions	درصد خطا
فیخار	144/1	0/8	۲۵/۶	2	0/2۵	0/6۶	0/7۰	0/1۴	۲/۵
حاجی‌آباد	441/5	3/8	۴۷/۹	0/8۰	۰/۴۷	0/4۴	0/4۵	0/5۵	۶/۷
کلاته داوود	401/9	3/7	۴۸/۴	0/8۳	۰/۴۸	0/4۵	0/4۶	0/5۴	۶/۷
رومنان	128/9	9/8	۸۱/۱	1/3۱	۰/۸۱	0/5۶	0/3۲	0/6۲	۰/۷
شوکت‌آباد	114/2	10/9	۸۳/۵	1/4۴	۰/۸۳	0/5۹	0/2۷	0/6۰	۵/۱

شاخص‌های اشباع

محاسبه شاخص‌های اشباع کانی‌های مختلف جهت توصیف تکامل شیمیایی آب زیرزمینی صورت می‌گیرد. برای محاسبه شاخص‌های اشباع از نرم‌افزار PHREEQC استفاده شده است و نتایج بدست آمده در جدول (۴-۱۳) آورده شده است. شاخص اشباع‌شدگی با مقدار یون‌های محلول، دما، TDS و pH تغییر می‌کند. شاخص‌های اشباع کلسیت و دولومیت در سه قنات فیخار، حاجی‌آباد و کلاته داوود از بقیه بالاتر است. دلیل این مطلب از این قرار است که منشأ اصلی آب این سه قنات به صورت مستقیم یا غیر مستقیم به آهک‌های شمال دشت مربوط می‌شود. در حالیکه در مورد قنات‌های رومنان و شوکت‌آباد منشأ اصلی آب این دو قنات آبرفت‌های منطقه می‌باشد. شاخص‌های اشباع هالیت و ژیپس در قنات فیخار در مقایسه با بقیه قنات‌ها به‌طور قابل توجهی منفی‌تر می‌باشد. دلیل این مطلب پایین بودن نسبی نمک‌های سولفاته و کلروره در واریزه‌های آهکی آبخوان تأمین کننده آب چشمه قنات فیخار می‌باشد.

جدول ۴-۱۳- شاخص‌های اشباع در قنات‌های مورد مطالعه

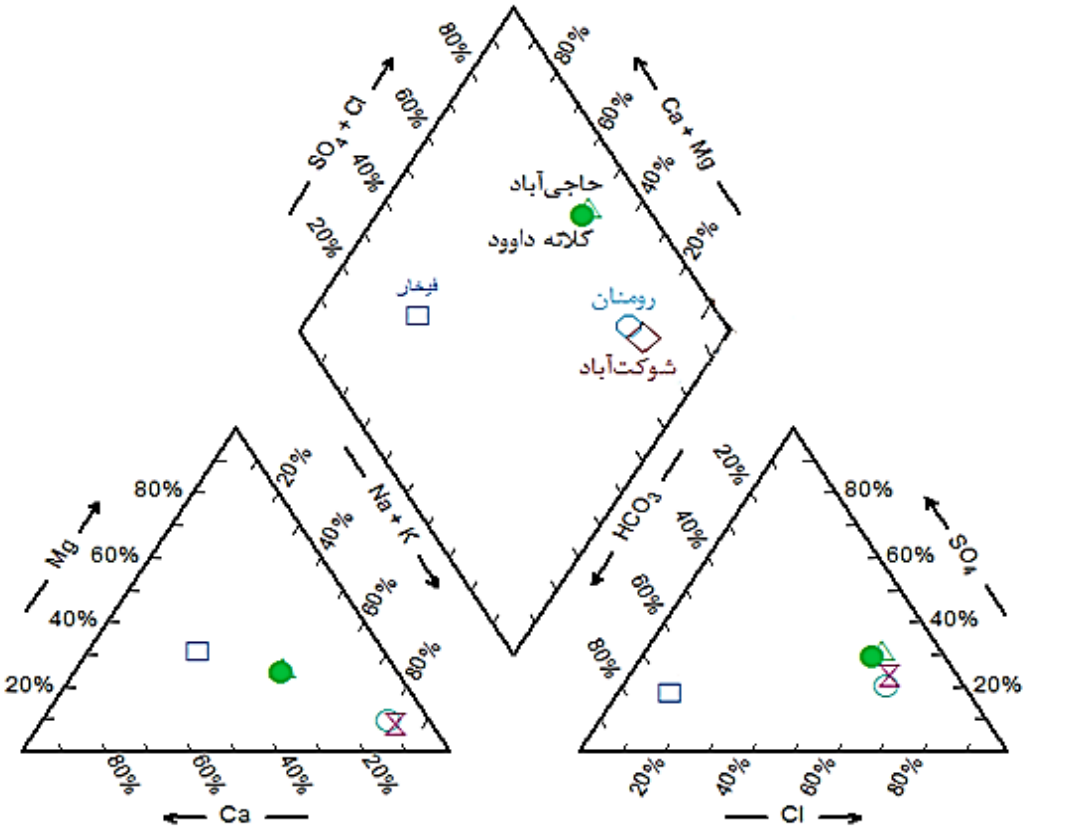
قنات	شاخص های اشباع			
	SID	SIC	SIG	SIH
فیخار	۱/۹۵	۰/۹۸	-۲/۳۳	-۷/۹۵
حاجی آباد	۲/۳	۱/۱۰	-۱/۲۹	-۵/۷۹
کلاته داوود	۲/۵۶	۱/۲۶	-۱/۳۵	-۵/۸۶
شوکت آباد	۰/۶۷	۰/۲۹	-۱/۹۸	-۵/۷۲
رومنان	۰/۵	۰/۳۱	-۱/۹۳	-۵/۶۵

۴-۴- بررسی آب قنات‌های مورد مطالعه با استفاده از نمودارهای کیفی

الف- نمودار پایپر

نمودار پایپر برای تجزیه شیمیایی نمونه آب به کار می‌رود. این نمودار از ترکیب سه میدان مجزا تشکیل شده است. درصد آنیون‌ها و کاتیون‌ها در میدان‌های مثلثی و موقعیت ترکیبی آن‌ها در میدان لوزی شکل نشان داده می‌شود. درصدها بر اساس مجموع میلی‌اکی‌والان در میلیون یون‌های اصلی محاسبه می‌شود. این نمودار برای تمام نمونه‌های آب قنات‌های منطقه با استفاده از نرم افزار AqQA رسم شده است. همان‌طور که در شکل (۴-۲۷) ملاحظه می‌شود، نمونه آب چشمه قنات فیخار، در محدوده آبهای با کیفیت مناسب قرار گرفته است. حال آن که نمونه‌های آب سایر قنات‌ها در محدوده آب‌های با کیفیت نامناسب قرار گرفته‌اند. هم‌چنین ملاحظه می‌شود که در نمونه آب چشمه قنات فیخار غلبه با اسیدهای ضعیف و عناصر قلیایی خاکی است. در قنات‌های حاجی‌آباد و کلاته داوود غلبه با اسیدهای قوی می‌باشد

و عناصر قلیایی خاکی و قلیایی کم و بیش با هم برابرند. در قنات‌های رومنان و شوکت‌آباد غلبه با اسیدهای قوی و عناصر قلیایی است که از مشخصات آب‌های شور می‌باشد.

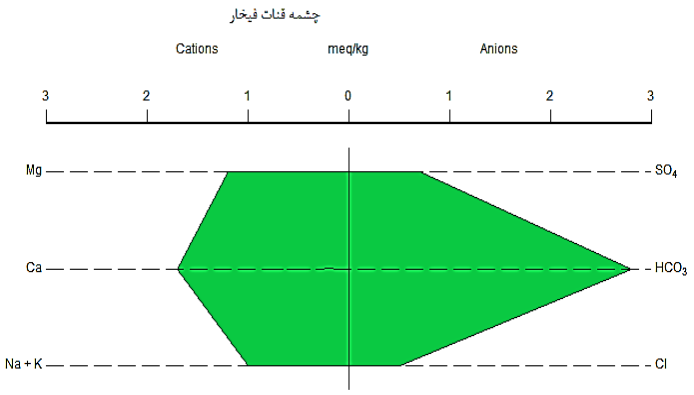


شکل ۴-۲۷- نمودار پایپر قنات‌های مورد مطالعه

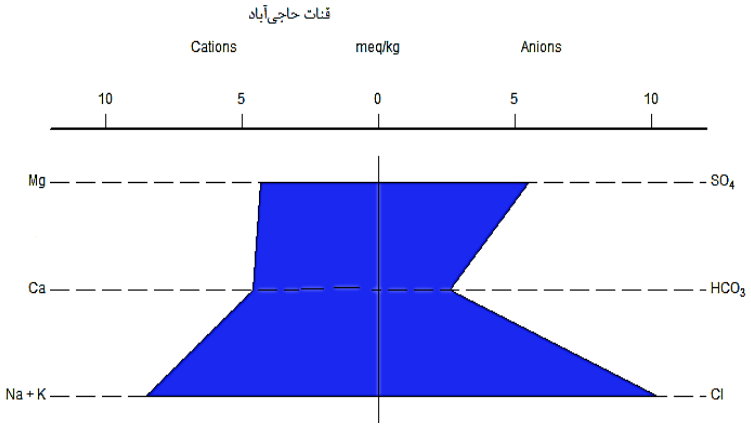
ب- نمودار استیف

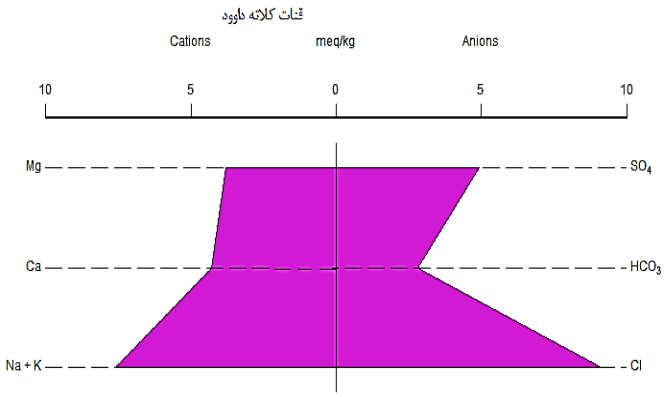
نمودار استیف، روش مناسبی برای مقایسه نمونه‌ها می‌باشد. نمودار استیف از چهار محور افقی موازی تشکیل شده است که یک محور با مقدار صفر آن‌ها را قطع می‌کند. مقادیر کاتیون‌ها و آنیون‌های اصلی بر حسب میلی‌اکی‌والان بر لیتر هستند و سطح این نمودار نشان دهنده مقدار کل مواد جامد محلول می‌باشد (Hounslow 1995). نمودار استیف آب قنات‌های منطقه مورد مطالعه، با استفاده از نرم افزار AqQA رسم شده و در شکل‌های (۴-۲۸) تا (۴-۳۲) ارائه شده‌اند. با توجه به شکل‌های (۴-۲۸) تا (۴-۳۲) ملاحظه می‌شود که به لحاظ الگوهای ایجاد شده در نمودار استیف همانند با نمودار پایپر آبهای

منطقه می‌توانند به سه گروه تقسیم شوند. در گروه اول، نمونه آب چشمه قنات فیخار قرار گرفته است که به طور تیپیک دارای تیپ بی‌کربناته و رخساره کلسیک می‌باشد. در گروه دوم، نمونه‌های آب قنات‌های حاجی‌آباد و کلاته داوود قرار گرفته است که تیپ آب آنها کلروره و رخساره آن سدیک می‌باشد. در گروه سوم نمونه‌های آب قنات‌های رومنان و شوکت‌آباد قرار گرفته‌اند که تیپ و رخساره آن‌ها همانند قنات‌های کلاته داوود و حاجی‌آباد کلروره و سدیک است و لیکن الگوی شکل با قنات‌های فوق‌الذکر به طور قابل توجهی متفاوت است.

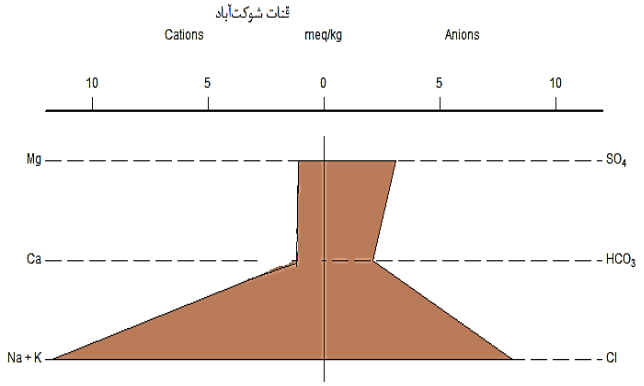


شکل ۴-۲۸- نمودار استیف چشمه قنات فیخار

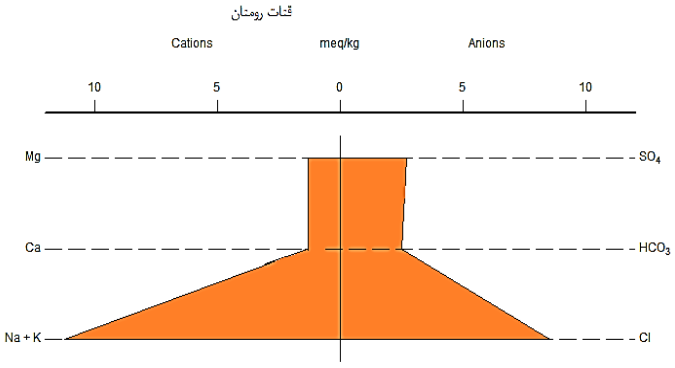




شکل ۴-۳۰- نمودار استیف قنات کلاته داوود



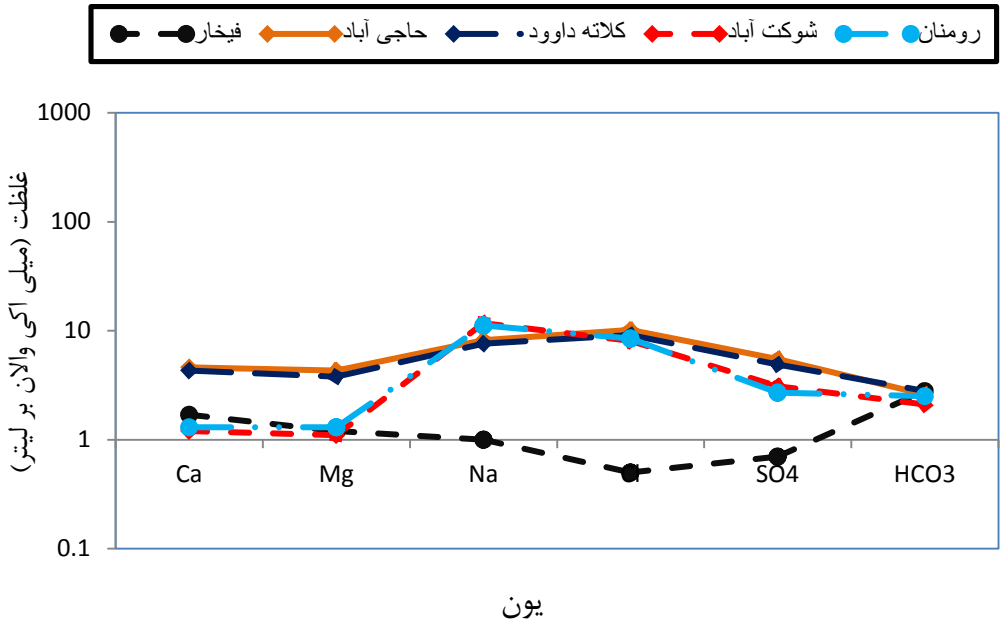
شکل ۴-۳۱- نمودار استیف قنات شوکت‌آباد



شکل ۴-۳۲- نمودار استیف قنات‌رومنان

ج- نمودار شولر

نمودار شولر برای بررسی روند مقادیر یون‌های اصلی آب و مقایسه تعداد زیادی نمونه آب استفاده می-شود. این نمودار نیمه لگاریتمی است که محور افقی آن یون‌های کلسیم، منیزیم، سدیم، کلر، سولفات و بیکربنات بر حسب میلی‌اکی‌والان بر لیتر قرار دارند. نمودار شولر قنات‌های مورد مطالعه در شکل (۴-۳۳) آورده شده است. همان گونه که ملاحظه می‌شود، روند تغییرات یون‌ها در چشمه قنات فیخار با بقیه قنات‌ها متفاوت است. دلیل تفاوت آن در نسبت بیکربنات و کلسیم می‌باشد. هم‌چنین، مشاهده می‌شود که تغییرات غلظت یون‌ها در قنات‌های حاجی‌آباد و کلاته داوود با یکدیگر و هم‌چنین، تغییرات روند یون-ها در قنات‌های رومنان و شوکت‌آباد نیز با یکدیگر موازی هستند و تغییرات مشابهی را نشان می‌دهند. این موضوع بیانگر نزدیک بودن منشأ تغذیه و جنس ذرات تشکیل دهنده سفره آب زیرزمینی می‌باشد.

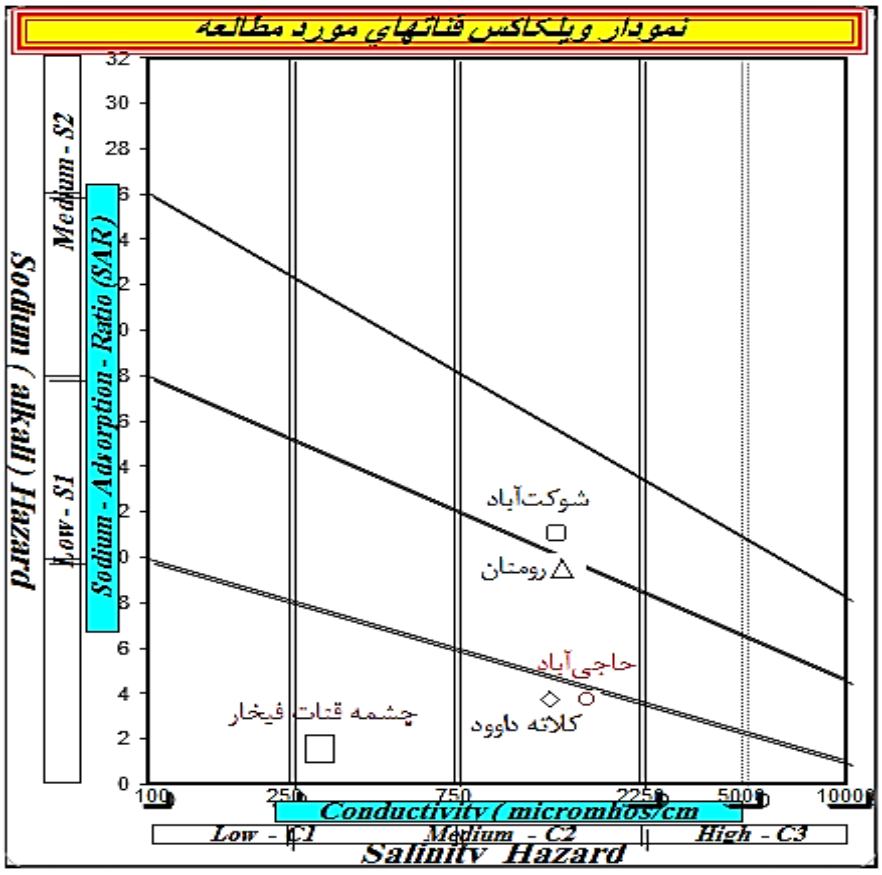


شکل ۴-۳۳- نمودار شولر قنات‌های مورد مطالعه

د- نمودار ویلکاکس

نمودار ویلکاکس بر اساس مقادیر هدایت الکتریکی املاح موجود در آب و نسبت سدیم قابل جذب، بهترین روش برای طبقه‌بندی آب از نظر کشاورزی محسوب می‌شود. این نمودار با استفاده از نرم‌افزار

Chemistry برای آب قنات‌های مورد مطالعه رسم شده و در شکل (۴-۳۴) ارائه شده است. شکل (۴-۳۴) نشان دهنده این است که چشمه قنات فیخار در رده C_1S_1 قرار گرفته است که از نظر کیفیت شیرین و کاملاً بی‌ضرر برای کشاورزی می‌باشد. در صورتی که قنات‌های کلاته داوود و حاجی‌آباد در رده آبهای C_2S_1 قرار گرفته‌اند که از نظر کیفیت در رده آب‌های کمی شور و تقریباً برای آبیاری بی‌ضرر قرار می‌گیرند. هم‌چنین، قنات‌های شوکت‌آباد و رومنان در رده آبهای C_2S_2 قرار می‌گیرند که از نظر کیفیت همانند قنات‌های حاجی‌آباد و کلاته داوود در رده آب‌های کمی شور و تقریباً بی‌ضرر برای آبیاری قرار گرفته‌اند.



شکل ۴-۳۴- نمودار ویلکاکس قنات‌های مورد مطالعه

۴-۵- بررسی تغییرات pH در قنات‌های منطقه

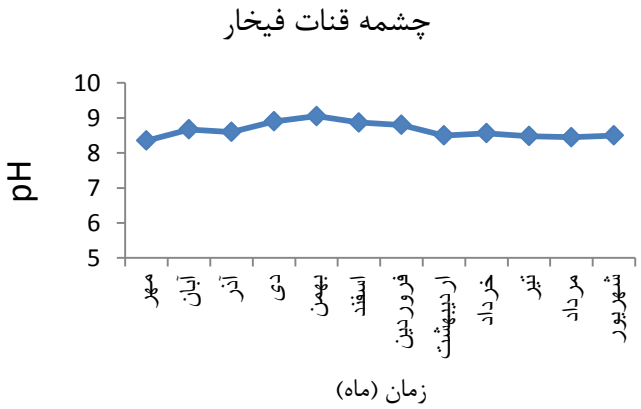
pH آب به عوامل مختلفی از قبیل میزان دی‌اکسید کربن محلول در آب، دمای آب و مقدار آنیون‌های کربنات و بیکربنات وابسته است. به این ترتیب که هر چه مقدار دی‌اکسید کربن محلول در آب افزایش یابد، مقدار pH کمتر می‌شود. هم‌چنین، با افزایش میزان آنیون‌های کربنات و بیکربنات، مقدار pH افزایش می‌یابد و با افزایش دما pH کم می‌شود. این پارامتر در محل نمونه‌برداری اندازه‌گیری شده است و مقادیر آن در جدول (۴-۱۴) آمده است. با توجه به داده‌های زیر ملاحظه می‌شود که بیشتر مقادیر pH در محدوده بین هشت و نه قرار دارند. به طور کلی pH آب زیرزمینی بازی می‌باشد و این مقادیر نیز در محدوده pH آبهای زیرمینی قرار می‌گیرند. بر اساس داده‌های جدول (۴-۱۴) نمودار تغییرات pH در ماههای مختلف در سال آبی ۱۳۹۴-۱۳۹۳ در شکل (۴-۳۵) رسم شده است. بر اساس شکل (۴-۳۵) pH اکثر قنات‌ها در اسفند ماه کاهش یافته که ممکن است به دلیل افزایش دما و افزایش کربن دی-اکسید محلول در آب در این ماه باشد.

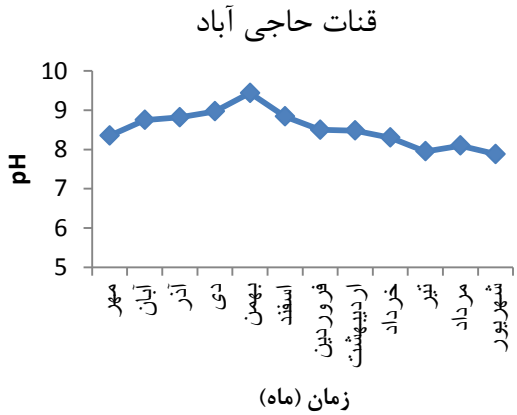
جدول ۴-۱۴- مقادیر pH در قنات‌های مورد مطالعه در سال آبی ۹۴-۹۳

زمان (ماه)	قنات				
	فیخار	حاجی‌آباد	کلاته داوود	شوکت‌آباد	رومنان
مهر	8/35	8/35	8/67	8/73	8/51
آبان	8/67	8/75	8/75	8/68	8/33
آذر	8/60	8/82	8/78	8/8	8/47
دی	8/90	8/97	8/97	8/78	8/56
بهمن	9/05	9/44	9/44	8/81	8/64

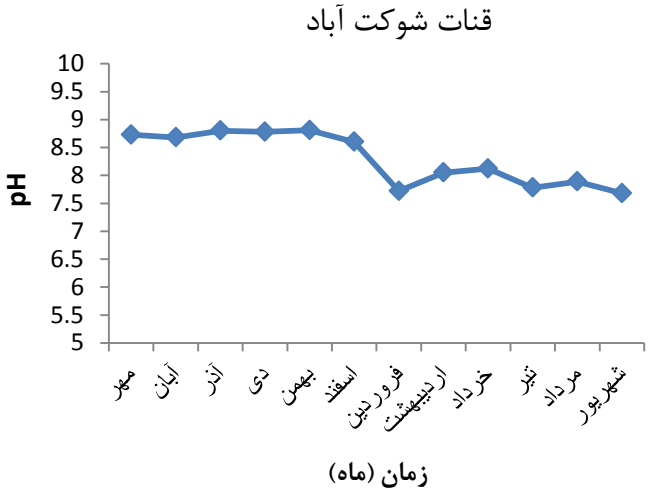
جدول ۴-۱۴- ادامه

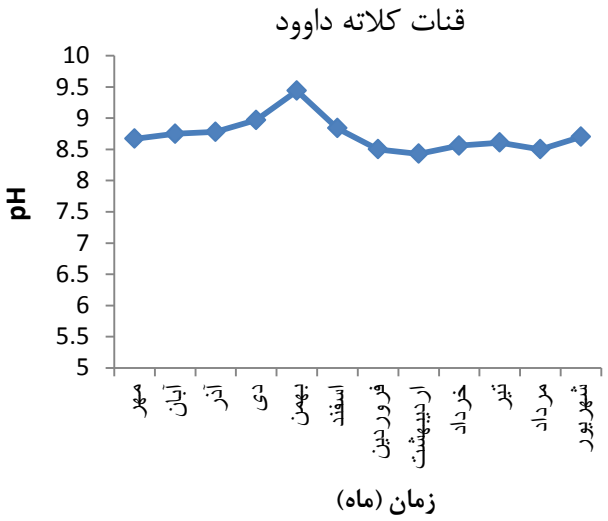
زمان (ماه)	قنات				
	فیخار	حاجی‌آباد	کلاته داوود	شوکت‌آباد	رومنان
اسفند	8/87	8/84	8/84	8/6۳	8/66
فروردین	8/8۰	8/5۰	8/5	7/72	8/65
اردیبهشت	8/5۰	8/48	8/43	8/05	8/77
خرداد	8/56	8/3۰	8/56	8/12	8/95
تیر	8/48	7/95	8/61	7/78	8/77
مرداد	8/45	8/1۰	8/5۲	7/89	8/67
شهریور	8/5۰	7/88	8/7۰	7/68	8/8۱
میانگین	۸/۶۴	۸/۵۳	۸/۷۲	۸/۳۰	۸/۶۴
انحراف معیار	۰/۲۰	۰/۴۳	۰/۲۶	۰/۴۴	۰/۱۶
ضریب تغییرات (٪)	۲/۳۱	۵/۰۴	۲/۹۸	۵/۳۰	۱/۸۵



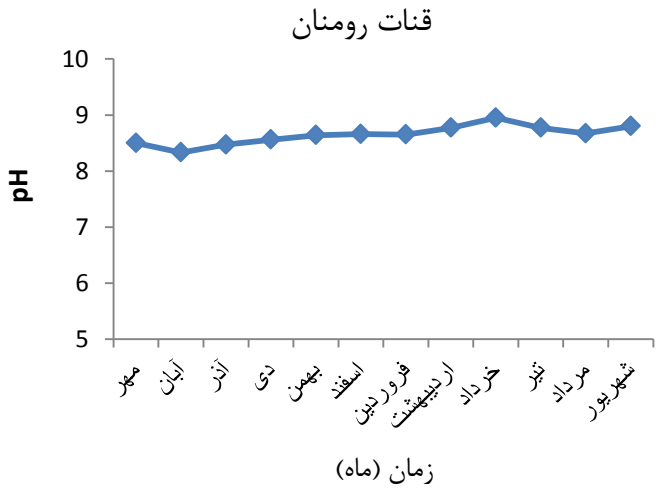


شکل ۴-۳۵- نمودارهای تغییرات pH در قنات‌های مورد





مطالعه



فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در این بخش نتایج حاصل از مطالعاتی که به منظور بررسی خصوصیات کمی و کیفی پنج رشته قنات از قنات‌های منطقه جنوب غرب دامغان در طی سال آبی ۱۳۹۴-۱۳۹۳ انجام شد، به‌طور خلاصه ارائه می-شود و در نهایت پیشنهادهایی به منظور ادامه کار ارائه خواهد شد.

۵-۱- نتیجه‌گیری

در این بخش نتایج بدست آمده از این تحقیق برای پارامترهای مختلف مربوط به قنات‌ها به‌طور خلاصه بیان می‌شود:

۵-۱-۱- خصوصیات هیدروژئولوژیکی قنات‌های مورد مطالعه

به منظور تعیین خصوصیات هیدروژئولوژیکی قنات‌های منطقه مورد مطالعه، مقدار آبدهی هر قنات طی هفت مرحله در سال آبی ۱۳۹۴-۱۳۹۳ اندازه‌گیری شده است. با رسم مسیر قنات‌ها بر روی تصویر ماهواره‌ای Google earth مشاهده می‌شود که مادر چاه چشمه قنات فیخار در دامنه‌های کوههای آهکی لار، مادر چاه قنات‌های حاجی‌آباد و کلاته داوود در آبرفت‌های درشت دانه و مادر چاه قنات‌های رومنان و شوکت‌آباد در آبرفت‌های ریز دانه انتهای دشت قرار گرفته‌اند. هم‌چنین، بررسی تغییرات زمانی آبدهی قنات‌های مورد مطالعه نشان می‌دهد که تغییرات دبی در قنات‌های مختلف به‌طور قابل توجهی متفاوت است. در چشمه قنات فیخار به دلیل قرار گرفتن مادر چاه در واریزه‌های بسیار درشت دامنه آهکهای سازند لار و به دلیل تغییرات قابل توجهی که در تغذیه این واریزه‌های سازند آهکی وجود دارد،

تغییرات دبی این چشمه قنات بسیار زیاد است. در حالیکه مادر چاه قنات‌های حاجی‌آباد و کلاته داوود در آبرفت‌های درشت دانه قرار گرفته‌اند، دبی در مقایسه با قنات‌های رومنان و شوکت‌آباد بیشتر می‌باشد. هم‌چنین، روند تغییرات دبی در آن‌ها یکسان است. قنات‌های رومنان و شوکت‌آباد در انتهای دشت واقع شده‌اند و دبی آنها در مقایسه با بقیه قنات‌ها بسیار کمتر و حدود ۶ لیتر بر ثانیه می‌باشد. هم‌چنین، در صورتی که دبی در قنات‌های دیگر در ماههای اردیبهشت و خرداد به اوج خود می‌رسد، دبی در قنات‌های رومنان و شوکت‌آباد دیرتر و در تیر ماه به اوج خود می‌رسد. منحنی‌های فرود، که به منظور بررسی نحوه تخلیه قنات‌ها و هم‌چنین براورد ضریب یا ضرایب دبی رسم شده‌اند، نشان می‌دهند که چشمه قنات فیخار به دلیل آهکی بودن منشأ آب خروجی، دارای دو ضریب بده می‌باشد. به عبارت دیگر تخلیه آب در این چشمه قنات در مقایسه با بقیه قنات‌ها، از دو رژیم مختلف پیروی می‌کند. اما بقیه قنات‌ها به دلیل آبرفتی بودن مادر چاه تغییرات زیادی را شامل نمی‌شوند و همگی دارای یک شیب (یک ضریب بده) می‌باشند.

۵-۲- خصوصیات هیدروژئوشیمیایی قنات‌های مورد مطالعه

جهت تعیین خصوصیات هیدروژئوشیمیایی قنات‌های مورد مطالعه، مقادیر هدایت الکتریکی، اسیدیته و غلظت کاتیون‌ها و آنیون‌های اصلی در آب قنات‌ها اندازه‌گیری شده است. نتایج نشان می‌دهد که قنات‌های مورد مطالعه مقادیر متفاوتی از هدایت الکتریکی را نشان می‌دهند. چشمه قنات فیخار که حوضه آبگیر آن در نزدیکی ارتفاعات سفید کوه می‌باشد، دارای آبدهی بیشتر و هدایت الکتریکی کمتری نسبت به قنات‌هایی که مادر چاه آن‌ها در مرکز و انتهای دشت قرار گرفته‌اند، می‌باشد. نتایج حاصل از رسم نمودارهای کیفی نشان می‌دهد که در نمودار پایپر، چشمه قنات فیخار در محدوده آب با کیفیت بالا و دارای اسیدهای ضعیف و آب بقیه قنات‌ها در محدوده آب با کیفیت نامناسب و دارای اسیدهای قوی قرار گرفته‌اند. هم‌چنین، در نمودار استیف، چشمه قنات فیخار دارای تیپ بی‌کربناته کلسیک و بقیه قنات‌ها

دارای تیپ کلروره سدیک می‌باشند. روند غلظت یون‌ها در نمودار شولر، به دلیل تفاوت در منشأ تغذیه قنات‌ها با هم متفاوت است. در چشمه قنات فیخار به دلیل تفاوت در غلظت آنیون‌های کلر و سولفات، با بقیه قنات‌ها تفاوت دارد. قنات‌های حاجی‌آباد و کلاته داوود دارای روندی تقریباً مشابه و کم و بیش موازی در تغییرات غلطت یون‌ها می‌باشند. هم‌چنین، قنات‌های رومنان و شوکت‌آباد نیز مانند قنات‌های حاجی‌آباد و کلاته داوود دارای رفتاری کم و بیش مشابه در تغییر غلظت یونها هستند. این مطلب بیانگر نزدیک بودن منشأ آب این قنات‌ها می‌باشد.

۵-۳- پیشنهادها

به منظور ارزیابی دقیق‌تر خصوصیات کمی و کیفی قنات‌های مورد مطالعه و هم‌چنین حفاظت از منابع آب زیرزمینی منطقه پیشنهادهای زیر ارائه می‌شود:

- ✓ نصب اشل در مظهر تمام قنات‌ها
- ✓ اندازه‌گیری دبی و هدایت الکتریکی تمامی قنات‌ها به صورت فصلی
- ✓ اندازه‌گیری غلظت یونهای اصلی برای تمامی قنات‌ها به صورت سالانه

منابع مورد استفاده

۱- بهنیا ع. (۱۳۷۹). "قنات‌سازی و قنات‌داری" مرکز نشر دانشگاهی تهران.

۲- کردوانی پ. (۱۳۷۴). "منابع و مسائل آب در ایران" موسسه انتشارات آگاه.

۳- صداقت م. (۱۳۷۲). "زمین و منابع آب" انتسارات دانشگاه پیام نور.

۴- اصغری مقدم ا. (۱۳۸۳). "اصول شناخت آبهای زیرزمینی" انتشارات دانشگاه تبریز.

۵- حاجیان م. (۱۳۴۹). "بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی توسط قنات و بررسی محاسن و معایب آن " پایان‌نامه دوره ارشد آب‌شناسی، انتشارات موسسه آب‌شناسی ایران.

۶- کرمی غ ح. (۱۳۹۰). " بررسی خصوصیات هیدروژئولوژیکی و هیدروژئوشیمیایی قنات بزرگ بیارجمند" طرح پژوهشی با کد ۲۱۰۲۴، دانشگاه صنعتی شاهرود، ۴۵ صفحه.

۷- شرکت آب منطقه‌ای کرمان (اردیبهشت ۱۳۶۱)، "سمینار قنوات".

۸- شرکت آب منطقه‌ای کرمان (اردیبهشت ۱۳۶۱)، "گزارش قنوات بم و نرماشیر".

10- پاپلی یزدی م. (۱۳۷۹). "قنات و ارزش اقتصادی آن" مجله دانشکده ادبیات و علوم انسانی مشهد.

11- بهنیا ع. (۱۳۶۳). "کتابنامه و مقاله نامه قنات" انتشارات نشر دانش.

12- پور میرزایی ع. (تیر ۱۳۶۰). "گزارش قنوات استان کرمان در سمیناراحیا و بازسازی قنات" سمینار قنوات ایران.

13- "گزارش سازمان برنامه و بودجه ایران در مورد قنوات" (تیر ۱۳۶۰). اولین سمینار قنوات ایران، مشهد.

14- سازمان زمین‌شناسی کشور (۱۳۶۰). "قنات، بازسازی و بهسازی و ازدیاد آبدهی".

15- صدر ک. (۱۳۵۸). "افزایش بهره‌برداری از قنات" انتشارات دانشگاه شیراز.

16- خیرابی ج. (۱۳۶۰). "انتخاب مناسب قنات و یا چاه بر چه موازینی باید استوار باشد؟"

17- کورس غ. (۱۳۵۰). "قنات یا کهریز"، صص ۱۴۴ تا ۱۷۳.

18- قبادیان ع. (۱۳۶۱). "سیمای طبیعی استان یزد در ارتباط با مسائل کویری"، انتشارات دانشگاه جندی شاپور.

۱۹- پازوش ه. "نقش قنات در آبادانی کویرها" (خرداد ۱۳۶۱). انتشارات دانشگاه تهران.

۲۰- سید سجادی م. (۱۳۶۱). "قنات ، کاریز" انتشارات دانشگاه تهران.

۲۱- گوبلو ، ه. "قنات فنی برای دستیابی به آب " چاپ اول، مشهد، انتشارات آستان قدس رضوی ۱۳۷۱.

۲۲- حسینی ا. آرمین ب. "بررسی مشکلات عالیه و کارگاهی احیاء قنوات روستایی" فصلنامه نظام مهندسی کشاورزی و منابع طبیعی ۱۳۹۲.

۲۳- کرجی ا. "استخراج آبهای پنهانی" ترجمه حسین خدیوجم، تهران پژوهشگاه علوم انسانی، ۱۳۷۳.

۲۴- علیزاده ا. "اصول هیدرولوژی کاربردی" ۱۳۹۱.

۲۵- دادرسی سبزواری ا. "بررسی روند تغییرات آبدهی قنوات در شهرستان سبزوار" کنفرانس بین المللی قنات کرمان، ۱۳۸۴.

۲۶- عباسی ف و کرمی غ ح. "بررسی اثر واحدهای سنگی بر کیفیت آب در قناتهای میامی" اولین کنفرانس بین المللی مدیریت منابع آب، شاهرود. ۱۳۸۸.

۲۷- کرمی غ ح. "قنوات کوچک موجود در آبراههای کوهستانی: ویژگیها و نحوه جلوگیری از هدر رفتن آب در ماههای سرد" چکیده مقالات همایش ملی قنات گناباد، ۱۳۸۳.

۲۸- کیانی م و کرمی غ ح. "بررسی خصوصیات کمی و کیفی آب قنات بزرگ بیارجمند" هفتمین کنفرانس زمین‌شناسی مهندسی و محیط زیست ایران، دانشگاه صنعتی شاهرود، ۱۳۹۲.

۲۹- هنری ف و همکاران. "بررسی ارتباط آبدهی و هدایت الکتریکی قناتهای منطقه خور" هجدهمین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران، دانشگاه تربیت مدرس تهران، ۱۳۹۳.

۳۰- امیر حسینی م و کاظمی غ ع. "بررسی تغییرات ۲۰ ساله (۱۳۹۲-۱۳۷۲) سطح و شیمی آب زیرزمینی آبخوان دشت دامغان" ۱۳۹۳.

۳۱- نیک پیمان ا و کرمی غ ح. "بررسی تأثیر خطواره‌ها بر روی نوع جریان آب زیرزمینی در آبخوان‌های کارستی" ۱۳۸۸.

۳۲- سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور "نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ زمین شناسی دامغان".

۳۳- آقانباتی ع. "زمین‌شناسی ایران" چاپ دوم، وزارت صنایع و معادن، انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۱۳۸۳.

۳۴- وولف. اچ – ای "قنات‌های ایران، ترجمه حسین نیر، زیتون" ۱۳۶۱.

۳۵- سیاهپوشان ا. "دامغان گنج پنهان" انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۸۸.

۳۶- فرهنگ جغرافیایی روستایی کشور- شهرستان دامغان- سازمان نقشه‌برداری کشور، ۱۳۷۱.

1) De Ridder , N. A. and A. Erez. Optimum Use of Water Resources, pp, 21-26, 54. Wageningen: International Institute for Land Reclamation and Improvement, 1977. (Available from U. of Wyoming, Laramie).

2) Cressey, G.B. Qanats, Karez, and foggaras. Geographical Review 27-44, 1958. (Available from C.S.U. Fort Collins).

3) Qanats around Kirman. Asian Affairs 47-57, 1953. (Available from C.S.U. fort Collins).

4) The Qanats of Iran. Scientific American 94-100 and 105, 1968. (Available from A.B.library).

5) Wulf, H.E. The Traditional Crafts of Persia, pp. 154, 246, 249, 256, 258-259, 289. Cambridge: M.I.T. Press, 1966. (Available from C.S.U., fort Collins).

6) Salih A. (2006). “Qanats a Uniqe Groundwater Management Tool in Arid Region", The case of Bam Region in Iran "Paper presented at the International Symposium on Groundwater Sustainability".

7) Mohammad Karaji "Exploration for Hidden Water" The Oldest text book on Hydrology?

8) Todd D.K. and Mays L.W. (2005) "Groundwater Hydrology", Third Edition, John Wiley and sons, New York, 625 p.

9) Boustani F. (2008) "Sustainable Water utilization in arid region of Iran by Qanats". World Academy of Sciense, Engineering and Technology International Journal of Social, 45. pp 213- 216

Abstract

The study erea is located at the south west of Damghan between 54°00″ to 54°15 ″ E and 36°00 ″ to 36°15 ″ N. Damghan region with mean annual precipitation and temperature equal to 130 mm and 17c respectively, include arid climate and therefore the groudwater resourses are very important. One of the most favorite ways to use the groundwater is constructing the untherground chanells (qanats). The south west of Damghan contains five chains of active qanats. These qanats are: Fikhar, Hajiabad, Kalateh Dawood, Rumanan and Shokatabad. In this study, quantitative and qualitative characteristics of this qanats are investigated in an annual period monthly. The values of electrical conductivity , pH and discharge were measured at the location of sampling and the amount of main cations and anins were measured at the laboratory. the obtained results show that the hydrogeologic and hydrogeochemichal behavior of this qanats are relatively different. The qanat of fikhar (i.e. a kind of spring qanat) has the least electric conductivity (about 300 µmhose/cm) due to its recharge from karstic limestons of Lar formation. The rest of qanats have electric conductivity ranging from 1500 to 1800 µmhose/cm due to destructive effects of the formations on the quality of water and salts that dissolved in allovial deposits. The type of water at the qanat of Fikhar is calcic bicarbonic and the rest of qanats are sodic cholorid. Based on piper diagram, a hydrogeochimical different is visible among the qanats of the region. This different is seen at the semi logarithmic diagram of scholler , also.

Keyword: qanat, discharge, damghan.

Univercity of Shahrood

Faculty of Earth Science

Hydrogeology and Enviromental Geology Group

An study on hydrogeological and hydrochemical characteristics of Qanats in South of west Damghan

Mahboubeh Tafazoli

Supervisors:

Dr. Ghollam Hosein Karami

Dr. Mohsen Khademi

October 2015