





دانشکده: علوم زمین

گروه: آبشناسی

بررسی خصوصیات هیدروژئولوژیکی و هیدروژئوشیمیایی

قنات‌های منطقه بیارجمند

دانشجو: مریم کیانی

استاد راهنما:

دکتر غلامحسین کرمی

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

بهمن ماه ۱۳۸۸

تقديم به

پدر و مادر عزیزم

درخت تو گر بار دانش بگیرد

به زیر آوری چرخ نیلوفری را

اکنون که پله‌ای دیگر از نردبان علم را به لطف پروردگار پیموده و با محبت تمام کسانی که بی‌دریغ کمک نموده‌اند تا در مسیر ترقی گام بردارم، بر خود لازم میدانم که برای جبران محبت‌شان از آنان تشکر نمایم. ابتدا از پدر، مادر و همسر عزیزم که در دشوارترین لحظات و شرایط با من همراه بوده و حمایت خویش را هموار نثار من کرده‌اند تشکر و قدردانی می‌نمایم.

از استاد بزرگوارم جناب آقای دکتر کرمی که زحمت راهنمایی این پایان‌نامه بر عهده وی بوده و از درخت تجارب ایشان میوه‌ای برچیده‌ام صمیمانه سپاسگذارم.

همچنین از تمام دوستانم خانم‌ها؛ جمشیدی، محمدی، دم‌شناس، حمیدی و عباسی و نیز از آقای ثوابی که در طول این مدت به من کمک نموده‌اند تشکر کرده و برای آنان نیز آرزوی موفقیت دارم.

مریم کیانی

بهمن ماه ۱۳۸۸

تعهد نامه

اینجانب مریم کیانی دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته آشناسی دانشکده علوم زمین دانشگاه صنعتی شاهرود، نویسنده پایان نامه ذیل با عنوان بررسی خصوصیات هیدروژنولوژیکی و هیدروژنوشیمیایی قنات- های منطقه بیارجمند متعهد می شوم که:

- تحقیقات مندرج در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده و از اصالت و صحت برخوردار است.
- در استفاده از نتایج پژوهش های محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است.
- مطالب مندرج در این پایان نامه تا کنون 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 of Technology 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.

مالکیت نتایج و حق نشر

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

چکیده

شهر بیارجمند در ۱۰۶ کیلومتری جنوب شرقی شاهرود واقع شده است. این شهر جزء منطقه حاشیه کویر به حساب می‌آید و آب و هوای آن گرم و خشک است، به طوری که بارش سالانه آن حدود ۱۱۱ میلی متر و میانگین دمای آن حدود ۱۷/۵ درجه سانتی گراد می‌باشد. از نظر تقسیمات زمین شناختی، این منطقه جزء پهنه ایران مرکزی محسوب شده و عمده سازندهای این منطقه شامل آهک‌های اوربیتولین‌دار در غرب و جنوب منطقه و رسوبات کواترنری درون دشت بیارجمند می‌باشد. از آنجائی که آب و هوای بسیار خشک این منطقه اجازه تشکیل رودخانه‌ای دائمی را نمی‌دهد، در نتیجه آب مورد نیاز برای مصارف مختلف از آب‌های زیرزمینی منطقه تأمین می‌شود. فعالیت عمده ساکنان این منطقه کشاورزی است که قنات‌های موجود در این ناحیه در آبیاری اراضی نقش بسزائی را ایفا می‌کنند. به منظور بررسی کمی و کیفی آب قنات‌های منطقه (شامل قنات‌های طاهر آباد، درانی، قنات بزرگ، قلعه‌بالا، یزدو، دزیان و پر) به مدت یکسال آبی و در هفت نوبت مقادیر دبی، هدایت الکتریکی، دما، pH در محل قنات و کاتیون‌ها و آنیون‌های اصلی در آزمایشگاه اندازه‌گیری شده‌اند. نتایج به دست آمده نشان‌دهنده این مطلب است که کیفیت آب قنات‌های کوهستانی به دلیل مسیر کوتاه و حفر آن‌ها در سازندهای آبدار آهکی بسیار بهتر از قنات‌های دشتی منطقه است (میانگین هدایت الکتریکی قنات‌های کوهستانی و دشتی به ترتیب ۳۵۰ و ۱۰۳۷ میکروموس بر سانتی‌متر می‌باشد) اما، دبی قنات‌های دشتی به علت طولانی بودن مسیر تره‌کار بیشتر از قنات‌های کوهستانی است (میانگین دبی قنات‌های کوهستانی و دشتی به ترتیب برابر با ۸/۳ و ۲۱/۶ لیتر بر ثانیه است). تغییرات زمانی خصوصیات شیمیائی برای همه قنات‌ها بسیار ناچیز بوده است و تنها میزان دبی در قنات‌های کوهستانی تغییرات نسبتاً بالائی را نشان می‌دهد. علاوه بر این، آلودگی بعضی از قنات‌های منطقه نیز اندازه‌گیری شده است که نتایج بیانگر وجود مقداری آلودگی بیولوژیکی در قنات‌های دشتی می‌باشد که دلیل آن طویل بودن کوره قنات و باز بودن دهانه بعضی از میله چاه‌ها می‌باشد.

کلمات کلیدی: قنات، خصوصیات کمی و کیفی آب، قنات کوهستانی، قنات دشتی.

فهرست مطالب

فصل اول: کلیات

- ۱-۱- بیان مسأله و هدف از انجام مطالعه ۱
- ۲-۱- موقعیت جغرافیائی منطقه ۲
- ۳-۱- آب و هوای منطقه ۳
- ۴-۱- هیدرولوژی منطقه ۴
- ۵-۱- هیدروژئولوژی منطقه ۵
- ۶-۱- ژئومورفولوژی منطقه ۶
- ۷-۱- زمین‌شناسی منطقه ۶
- ۱-۷-۱- چینه‌شناسی ۷
- ۲-۷-۱- زمین‌شناسی ساختاری و تکتونیک ۱۰

فصل دوم: مروری بر مطالعات پیشین

- ۱-۲- کلیاتی درباره قنات ۱۲
- ۲-۲- ساختمان قنات ۱۳
- ۳-۲- توپوگرافی مسیر قنات ۱۶
- ۴-۲- انواع قنات‌ها ۱۷
- ۱-۴-۲- قنات‌های مناطق کوهستانی ۱۷
- ۲-۴-۲- قنات‌های مناطق دشتی و جلگه‌های آبرفتی ۱۹
- ۳-۴-۲- قنات‌هایی که در نزدیکی رودخانه‌ها حفر می‌شوند ۲۰
- ۵-۲- عوامل موثر بر آبدهی قنات ۲۱
- ۶-۲- روش‌های افزایش آبدهی قنات ۲۳
- ۱-۶-۲- ذخیره سازی آب قنات در ماه‌های سرد ۲۴
- ۲-۶-۲- تغذیه مصنوعی در قنات ۲۵
- ۷-۲- معایب و مزایای قنات‌ها ۲۷
- ۱-۷-۲- معایب قنات ۲۸

۲۹	۲-۷-۲- مزایای قنات
۳۱	۸-۲- حفاظت قنات
۳۱	۱-۸-۲- حفاظت از ساختمان قنات
۳۱	۱-۱-۸-۲- جلوگیری از ریزش
۳۲	۲-۱-۸-۲- جلوگیری از ورود سیلاب‌ها
۳۲	۲-۸-۲- لایروبی
۳۳	۳-۸-۲- حفظ حریم قنات
۳۵	۹-۲- هیدروژئوشیمی قنات

فصل سوم: روش انجام مطالعات

۳۸	۱-۳- مقدمه
۳۹	۲-۳- پیاده کردن مسیر قنات‌ها بر روی نقشه پایه
۳۹	۳-۳- تهیه شناسنامه قنات
۳۹	۴-۳- اندازه‌گیری دبی قنات‌ها و بررسی پارامترهای وابسته
۴۰	۱-۴-۳- اندازه‌گیری دبی با استفاده از سرعت آب
۴۱	۱-۱-۴-۳- اندازه‌گیری سرعت به وسیله جسم شناور
۴۱	۲-۱-۴-۳- اندازه‌گیری سرعت با دستگاه سرعت‌سنج (مولینه)
۴۲	۲-۴-۳- اندازه‌گیری دبی با استفاده از سرریز
۴۳	۳-۴-۳- تهیه هیدروگراف و منحنی فروکش جریان
۴۳	۴-۴-۳- ارزیابی آبدهی قنات‌ها و عوامل موثر بر آن‌ها
۴۴	۵-۴-۳- بررسی نسبت دبی بر واحد طول قنات
۴۴	۶-۴-۳- ارزیابی هدرروی آب در خشکه‌کار قنات
۴۵	۷-۴-۳- بررسی امکان افزایش آبدهی قنات
۴۵	۵-۳- اندازه‌گیری خصوصیات هیدروژئوشیمیائی
۴۵	۱-۵-۳- پارامترهای اندازه‌گیری شده در محل نمونه‌برداری
۴۷	۲-۵-۳- پارامترهای اندازه‌گیری شده در آزمایشگاه
۴۷	۳-۵-۳- پارامترهای محاسبه شده با استفاده از آنالیزها
۵۰	۴-۵-۳- ارزیابی آلودگی بیولوژیکی قنات‌ها

فصل چهارم: بررسی هیدروژئولوژیکی و هیدروژئوشیمیائی

۴-۱- مقدمه	۵۳
۴-۲- پیاده کردن مسیر قنات‌ها بر روی نقشه پایه	۵۳
۴-۳- شناسنامه قنات‌های منطقه	۵۵
۴-۴- بررسی تغییرات دبی قنات‌ها	۵۷
۴-۵- بررسی هیدروگراف و منحنی فروکش جریان	۶۱
۴-۶- ارزیابی آبدهی قنات‌ها	۶۲
۴-۶-۱- ارزیابی هدروی آب در خشکه‌کار قنات	۶۳
۴-۶-۲- بررسی امکان افزایش آبدهی قنات	۶۳
۴-۷- بررسی خصوصیات هیدروژئوشیمیائی	۶۵
۴-۷-۱- بررسی پارامترهای اندازه‌گیری شده در محل نمونه‌برداری	۶۵
۴-۷-۲- مقایسه کیفیت آب قنات در بالا دست و پائین دست حوضه	۷۲
۴-۷-۳- بررسی و تفسیر پارامترهای اندازه‌گیری شده در آزمایشگاه	۷۴
۴-۷-۴- بررسی آلودگی بیولوژیکی در قنات	۸۶

فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات

۵-۲- نتیجه‌گیری	۸۸
۵-۳- پیشنهادها	۹۰
منابع	۹۲

فهرست جداول

فصل اول

جدول ۱-۱- میانگین مقادیر دما، تبخیر و بارش در یک دوره آماری ۲۵ ساله ۴

فصل چهارم

جدول ۱-۴- شناسنامه‌ی قنات‌های منطقه مورد مطالعه ۵۵

جدول ۲-۴- تغییرات دبی قنات‌های مورد مطالعه در طی سال آبی ۱۳۸۷-۱۳۸۸ ۵۷

جدول ۳-۴- میزان بارندگی روزانه در سال آبی ۱۳۸۷-۱۳۸۸ (بر حسب میلی متر) ۵۹

جدول ۴-۴- مقادیر شیب منحنی فروکش جریان در قنات‌های مورد مطالعه ۶۲

جدول ۵-۴- مقادیر هدایت الکتریکی (میکروموس بر سانتی متر) ۶۶

جدول ۶-۴- میزان دمای آب قنات‌های مورد مطالعه (درجه سانتی گراد) ۶۹

جدول ۷-۴- میزان pH در قنات‌های مورد مطالعه ۷۱

جدول ۸-۴- مقادیر هدایت الکتریکی در بالا دست در تاریخ ۱۳۸۸/۰۷/۸ ۷۳

جدول ۹-۴- غلظت عناصر در قنات طاهر آباد (ppm) ۷۴

جدول ۱۰-۴- غلظت عناصر در قنات یزدو (ppm) ۷۵

جدول ۱۱-۴- غلظت عناصر در قنات قلعه‌بالا (ppm) ۷۵

جدول ۱۲-۴- غلظت عناصر در قنات دزیان (ppm) ۷۵

جدول ۱۳-۴- غلظت عناصر در قنات پر (ppm) ۷۶

جدول ۱۴-۴- غلظت عناصر در قنات درانی (ppm) ۷۶

جدول ۱۵-۴- غلظت عناصر در قنات بزرگ (ppm) ۷۶

جدول ۱۶-۴- طبقه‌بندی آب بر اساس سختی ۷۸

جدول ۱۷-۴- تعیین کیفیت آب قنات‌های مورد مطالعه بر اساس سختی ۷۸

جدول ۱۸-۴- پارامترهای محاسبه شده در قنات طاهر آباد ۷۹

جدول ۱۹-۴- پارامترهای محاسبه شده در قنات بزرگ ۷۹

جدول ۲۰-۴- پارامترهای محاسبه شده در قنات درانی ۸۰

جدول ۲۱-۴- پارامترهای محاسبه شده در قنات یزدو ۸۰

جدول ۲۲-۴- پارامترهای محاسبه شده در قنات قلعه‌بالا ۸۰

جدول ۲۳-۴- پارامترهای محاسبه شده در قنات دزیان ۸۱

جدول ۴-۲۴ پارامترهای محاسبه شده در قنات پر	۸۱
جدول ۴-۲۵- کلاسه‌بندی آب بر اساس درصد سدیم	۸۶
جدول ۴-۲۶- کلاسه‌بندی آب از نظر کشاورزی	۸۶
جدول ۴-۲۷- نتایج آزمایش میکروبی (کل کلیفرم در ۱۰۰ میلی لیتر)	۸۷

فهرست اشکال

فصل اول

شکل ۱-۱ موقعیت جغرافیایی و راه‌های دسترسی به منطقه مورد مطالعه	۳
شکل ۱-۲- منحنی‌های ایزوپیز دشت بیارجمند و جهت جریان در دشت	۵
شکل ۱-۳- نمایی از ژئومورفولوژی منطقه مورد مطالعه	۶
شکل ۱-۱ نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه	۱۱

فصل دوم

شکل ۱-۲- نیمرخ طولی قنات	۱۴
--------------------------------	----

فصل سوم

شکل ۱-۳- دستگاه پروانه آبی	۴۲
----------------------------------	----

فصل چهارم

شکل ۱-۴- موقعیت قنات‌های مورد مطالعه نسبت به ارتفاعات منطقه	۵۴
شکل ۲-۴- مظهر قنات‌های مورد مطالعه	۸۶
شکل ۳-۴- تغییرات زمانی دبی قنات‌ها در طی یک سال آبی	۵۸
شکل ۴-۴- منحنی فروکش جریان	۶۲
شکل ۴-۵- نهشته‌های آهکی کنده شده از قنات درانی در هنگام لایروبی این قنات	۶۳
شکل ۴-۶- روند تغییرات زمانی هدایت الکتریکی و دبی	۶۷
شکل ۴-۷- روند تغییرات دما و دبی نسبت به زمان در قنات‌های منطقه	۷۰
شکل ۴-۸- روند تغییرات pH در طول یک دوره یکساله	۷۲
شکل ۴-۹- اندازه‌گیری هدایت الکتریکی در بالادست قنات	۷۳
شکل ۴-۱۰- نمودار استیف	۸۲

۸۳	شکل ۴-۱۱- نمودار پایپر
۸۳	شکل ۴-۱۲- نمودار شولر
۸۴	شکل ۴-۱۳- طبقه‌بندی آب قنات‌ها بر اساس نمودار شولر
۸۵	شکل ۴-۱۴- نمودار اصلاح شده ویلکوکس

فصل اول

کلیات

۱-۱- بیان مسأله و هدف از انجام مطالعه

قنات از ابداعات مهم و تاریخی ایرانیان می‌باشد که قدمت آن به بیش از دو هزار سال می‌رسد و توسعه برخی شهرها و مناطق پرجمعیت کنونی در نواحی خشک مرهون توسعه قنات‌ها در گذشته است. قنات علاوه بر اهمیت تاریخی دارای اهمیت اقتصادی نیز می‌باشد. در بسیاری از مناطق خشک متوسط بارندگی سالیانه به حدی کم بوده که طبیعتاً اجازه تشکیل هیچ نوع زیستگاهی را نمی‌داده است، اما قنات‌ها توانسته‌اند آب موجود در مناطق مرتفع‌تر را به سمت این مناطق هدایت و امکان حضور اجتماعات بشری را فراهم کنند. در واقع قنات‌ها خاستگاه اکوسیستم‌های انسانی و سکونت‌گاههای بشری در ایران هستند. منطقه بیارجمند نیز یکی از همین مناطق است که رشد و توسعه کشاورزی در این منطقه به قنات وابسته بوده و هست. هدف اصلی این مطالعه، بررسی خصوصیات هیدروژئولوژیکی سفره آب زیرزمینی و خصوصیات هیدروژئوشیمیایی آب قنات‌های منطقه بیارجمند است. علاوه بر این، اثر عوامل مختلف از جمله لیتولوژی منطقه، نوع آبرفت‌ها، وضعیت ژئومورفولوژیکی و ساختمان قنات بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آب قنات مورد توجه قرار می‌گیرد.

۱-۲- موقعیت جغرافیائی منطقه

شهر بیارجمند در ۱۰۶ کیلومتری جنوب شرقی شاهرود قرار دارد. این شهر جزء منطقه دشتی حاشیه کویر به حساب می‌آید (فرهنگ جغرافیائی روستاهای کشور ۱۳۷۲). بر اساس سرشماری سال ۱۳۸۵، جمعیت این شهر ۲۴۶۹ نفر بوده است (معاونت برنامه‌ریزی استان سمنان ۱۳۸۵). به طور کلی بخش بیارجمند از غرب به رشته‌کوه‌های سوخته‌کوه و کی‌کی، از شمال به بزرگراه تهران - مشهد و بخش میامی شاهرود، از جنوب به کویر مرکزی ایران و از شرق به شهرستان‌های طبس و کاشمر و سبزوار محدود می‌شود. ارتفاع شهر از سطح دریا ۱۰۷۵ متر و مختصات جغرافیایی آن ۵۵ درجه و ۴۹ دقیقه طول شرقی و ۳۶ درجه و ۵ دقیقه عرض شمالی می‌باشد. مشخصات روستاهائی که قنات‌های آن‌ها در این تحقیق مورد مطالعه قرار گرفته‌اند به طور مختصر در زیر ارائه می‌شوند (مطالب برگرفته از معاونت برنامه‌ریزی استان سمنان ۱۳۸۵):

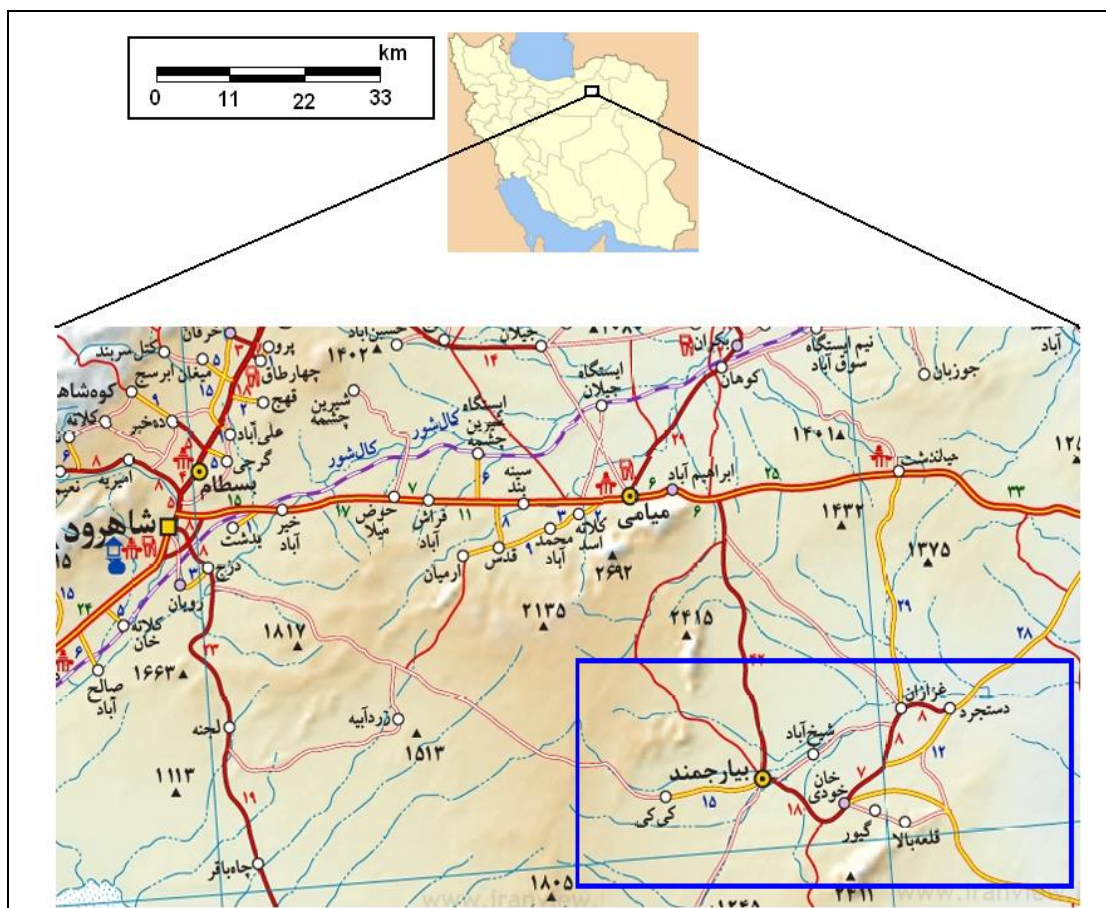
طاهر آباد: با ارتفاع ۸۷۰ متری از سطح دریا در ۴۱ کیلومتری شمال شرق بیارجمند واقع شده است و جمعیت آن ۴۱۰ نفر می‌باشد.

یزدو: در ۲۴ کیلومتری جنوب شرقی بیارجمند قرار دارد که ارتفاع آن از سطح دریا ۱۱۸۰ متر و جمعیت آن در سال ۱۳۸۵ برابر ۷۱ نفر بوده است.

قلعه‌بالا: روستای قلعه‌بالا در ۲۰ کیلومتری جنوب شرقی بیارجمند واقع شده و در ارتفاع ۱۲۴۰ متری از سطح دریا قرار دارد و جمعیت آن حدود ۵۳۹ نفر می‌باشد.

دزیان: در ۲۲ کیلومتری جنوب شرقی بیارجمند قرار دارد و ارتفاع آن از سطح دریا ۱۲۴۰ متر است (فرهنگ جغرافیائی روستاهای کشور ۱۳۷۲) که جمعیت آن طبق سرشماری سال ۱۳۸۵، برابر با ۲۰۰ نفر می‌باشد. به طور کلی درآمد اکثر مردم این روستاها، از طریق فعالیت‌های زراعی و دامداری تأمین می‌شود. به جز طاهر آباد، مابقی روستاهای فوق در محدوده کوهستانی استقرار یافته و آب و هوای آنها در تابستان

گرم و خشک و در زمستان سرد و معتدل می‌باشد شکل (۱-۱) 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 هوای منطقه

به طور کلی آب و هوای منطقه از نوع گرم و کویری است. بارش سالانه آن کم و میانگین دمای آن بالاست. میانگین بارش و دمای سالانه در دوره آماری ۲۲ ساله (از ۱۳۶۳ تا ۱۳۸۳، ضمن اینکه ۳ سال ایستگاه بسته بوده است) که از اداره امور منابع آب شهرستان شاهرود گرفته شده است به ترتیب برابر با: ۱۱۱/۸۴ میلی متر و ۱۷/۴۵ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. مقدار تبخیر و تعرق پتانسیل منطقه نیز برابر ۲۷۱۷/۶ میلی متر در سال است جدول (۱-۱) آمار ۲۲ ساله دما و تبخیر را در منطقه مورد مطالعه نشان

می‌دهد. همانطور که ملاحظه می‌شود میزان بالای تبخیر در برابر بارش باعث نبود آب سطحی دائمی در منطقه شده است.

جدول ۱-۱- میانگین مقادیر دما، تبخیر و بارش در یک دوره آماری ۲۲ ساله،
ایستگاه تبخیرسنجی بیارجمند

نام حوضه: کالشور			
طول جغرافیائی: ۴۷-۵۵			
نام ایستگاه: بیارجمند			
ارتفاع: ۱۱۰۰ m			
عرض جغرافیائی: ۰۵-۳۶			
ماه اندازه‌گیری	تبخیر	بارش	درجه حرارت
	(mm)	(mm)	(درجه سانتی‌گراد)
مهر	۱۸۸/۳	۲/۱۲	۱۷/۸
آبان	۱۰۰/۲	۵/۴۵	۱۲/۳
آذر	۲۷/۱	۱۳/۰۱	۶/۰۹
دی	۸/۱	۱۱/۱۹	۳/۷۹
بهمن	۷/۶	۱۶/۵۵	۳/۴۶
اسفند	۱۶/۹۶	۲۰/۰۰	۷/۵۷
فروردین	۲۶۶/۵	۲۳/۳۷	۱۳/۴۲
اردیبهشت	۲۹۷/۱	۱۱/۳۴	۱۹/۰۰
خرداد	۴۴۱/۸	۶/۲۰	۲۴/۹۵
تیر	۵۱۵/۶	۰/۷۹	۲۷/۴۲
مرداد	۴۹۲/۶	۱/۰۲	۲۷/۲۷
شهریور	۳۵۵/۷	۱/۱۲	۴۶/۳۵
مجموع میانگین	۲۷۱۷/۶	۱۱۲/۲۵	۱۷/۴۵

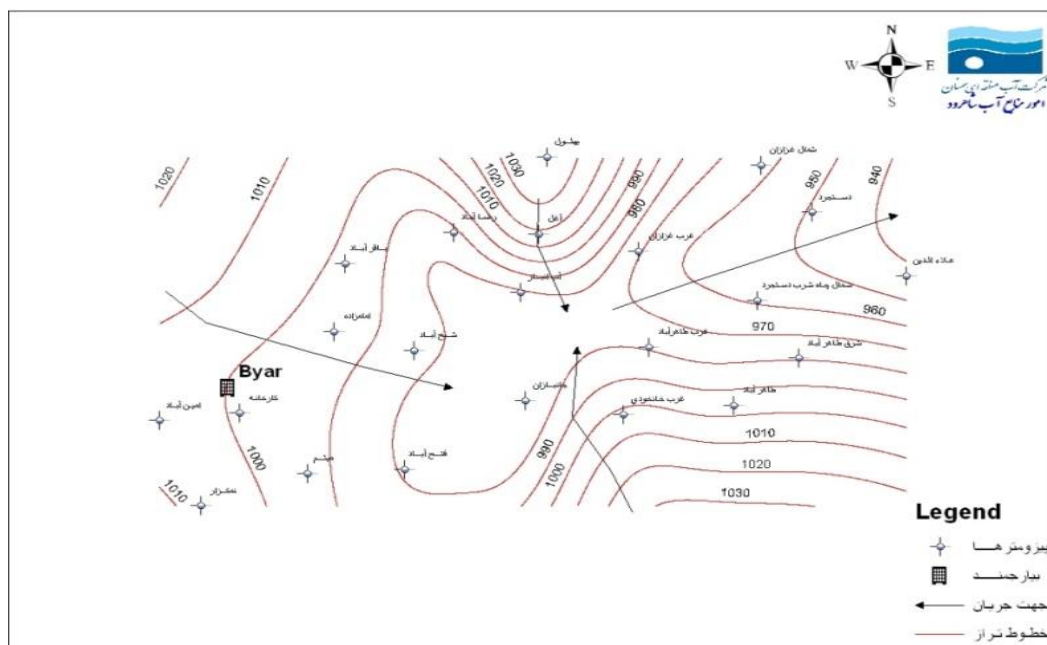
۴-۱- هیدرولوژی منطقه

با توجه به آب و هوای خشک منطقه مورد مطالعه، هیچ رودخانه دائمی در این منطقه وجود ندارد و آبراهه‌های موجود در آنجا محدود به مسیل‌های خشک (که از جمله این مسیل‌ها می‌توان به روخانه‌های فصلی کال‌شور و کی‌کی اشاره کرد) می‌شود. بنابراین، آب مورد نیاز مردم منطقه جهت مصارف مختلف (شرب، کشاورزی و صنعت) از آب‌های زیرزمینی با استفاده از چند حلقه چاه عمیق و قنات‌های موجود در منطقه تأمین می‌گردد. به علت اینکه بارندگی‌های قابل توجه در منطقه معمولاً در طی دو الی سه بارش رخ می‌دهد، در نتیجه بعضی از این بارندگی‌ها بعضاً باعث ایجاد سیل در منطقه می‌گردد. به همین دلیل،

تعدادی سد و بند خاکی به منظور کنترل سیلاب در منطقه احداث شده است. مهم‌ترین این سدها، سد شهید امامیان است که در ۱۵ کیلومتری بیارجمند و در حدفاصل کوه سوخته و کوه آسیاب احداث شده است.

۵-۱- هیدروژئولوژی منطقه

دشت بیارجمند با وسعت ۱۹۴۵ کیلومتر مربع در ۱۰۶ کیلومتری جنوب شرقی شاهرود واقع شده است. از آنجائی که این منطقه در حاشیه کویر واقع شده و میزان بارندگی آن کم است در نتیجه لذا انتظار می‌رود که میزان هدایت الکتریکی آب زیرزمینی دشت بالا باشد. بر طبق گزارش امور منابع شهرستان شاهرود میانگین هدایت الکتریکی در سال ۱۳۸۷ برابر با ۲۲۷۹ میکروموس بر سانتی متر بوده است. جهت جریان در دشت نیز از سمت ارتفاعات (شمال، جنوب و شرق منطقه) منطقه به سمت مرکز دشت می‌باشد و در نهایت از سمت شمال شرقی از محدوده دشت خارج می‌شود. شکل (۱-۲) منحنی‌های ایزوپیز را در سال ۱۳۸۸ که توسط اداره امور منابع آب شاهرود تهیه شده است نشان می‌دهد.



شکل ۱-۲- منحنی‌های ایزوپیز دشت بیارجمند و جهت جریان در دشت

۱-۶- ژئومورفولوژی منطقه

ژئومورفولوژی غالب منطقه بیشتر شامل دشت و تراس‌های آبرفتی است که تقریباً تمام پهنه این دشت را رسوبات عهد حاضر پوشانده است. از ارتفاعات مهم این منطقه می‌توان به کوه آسیاب (۱۸۴۵ متر)، کوه ملحدو (۲۳۱۰ متر) و کوه یزدو (۱۲۶۰ متر) اشاره کرد که آب مادرچاه قنات‌های منطقه را تأمین می‌کنند. تپه‌های ماسه بادی و آبرفت‌های رودخانه‌ای هولوسن نیز در منطقه مورد نظر دیده می‌شود. شکل (۱-۳) نمایی از ژئومورفولوژی منطقه را نشان می‌دهد.



شکل ۱-۳- نمایی از ژئومورفولوژی منطقه مورد مطالعه

۱-۷- زمین‌شناسی منطقه

منطقه مورد مطالعه از لحاظ زمین‌شناسی جزء پهنه ایران مرکزی به حساب می‌آید. در این منطقه سازندهای مختلفی به سن قبل از ژوراسیک تا عهد حاضر رخنمون دارند و در جنوب و غرب منطقه ارتفاعات کوه یزدو و کوه آسیاب با سنگ‌شناسی مربوط به کرتاسه شامل آهک‌های اوریتولین‌دار دیده می‌شود. همچنین دشت بیارجمند نیز عمدتاً از آبرفت‌های عهد حاضر پوشیده شده است که نمایی کویری را به نمایش گذاشته است. از نظر ساختاری به صورت کلی این منطقه دارای چند گسل فرعی و روراندگی

در چند نقطه است که باعث رانده شدن سنگهای آهکی ژوراسیک بر روی واحدهای اوربیتولین دار کرتاسه گردیده است. شکل (۴-۱) نقشه زمین‌شناسی منطقه را نشان می‌دهد.

۱-۷-۱- چینه‌شناسی

واحدهای سنگی قبل از ژوراسیک

در منطقه مورد مطالعه یک سری سنگهای دگرگونی دیده شده است که به گزارش سازمان زمین‌شناسی سن آن مربوط به قبل از ژوراسیک می‌باشد. این سنگها شامل گارنت گنیس، میکاشیست با قطعاتی از اولترامافیک‌ها، گنیس آپلیتی در کوه علاءالدین (gg) و گنیس گرانییتی و گرانودیوریتی همراه با دایک‌های میکروگابرو تا میکرودیوریت (gm) می‌باشد (سازمان زمین‌شناسی، نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ عباس آباد) که در شکل (۴-۱) نشان داده شده است.

واحدهای سنگی ژوراسیک

فعالیت دگرگونی در دوره ژوراسیک بیشتر معلول عملکرد فاز سیمرین پسین در ژوراسیک پایانی است (خسرو تهرانی ۱۳۸۴) که از جمله آثار این دگرگونی، مرمر و سنگ آهک‌های مرمری با رگه‌های کلسیتی (J^I) را می‌توان در کنار کوه قلعه‌بالا مشاهده نمود (سازمان زمین‌شناسی، نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ عباس آباد). در نزدیکی روستای دزبان هم یک واحد دگرگونی با ترکیب میکاشیست گروندار سبز تیره با رگه‌ها و ندول‌های سیلیس فروزنز وجود دارد (P^{sch}) که در نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ میامی نشان داده شده و سن آن نامعلوم گزارش شده است (شکل ۴-۱).

سازند شمشک (J^s)

در ایران مرکزی سازند ژوراسیک زیرین به علت داشتن رخساره مشابه با سازند شمشک در البرز به همان نام خوانده می‌شود (خسرو تهرانی ۱۳۸۴). این سازند شامل تناوبی از ماسه‌سنگ، شیل‌های سیلتی و به طور محلی کنگلومرا می‌باشد. این چینه نیز در منطقه کوه یزدو وجود دارد و در مناطقی متاآندزیت و

بازالت هم یافت شده است (سازمان زمین‌شناسی، نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ ابریشم‌رود و عباس‌آباد) البته از نظر آقانباتی (۱۳۸۳) سه سازند آب‌حاجی، هجدک و بادامو در ایران مرکزی در گروه شمشک جای می‌گیرند و استفاده از لفظ سازند شمشک در ایران مرکزی نابخاست و اگر بخواهیم طبق نظر وی نامگذاری کنیم این چینه احتمالاً با سازند آب‌حاجی انطباق خواهد داشت (شکل ۴-۱).

سنگ آهک پکتندار (J^1)

در قسمتی از منطقه سنگ آهک‌های بلورین و نازک‌لایه همراه با سنگ آهک شیلی و مارنی یافت شده است (سازمان زمین‌شناسی، نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ عباس‌آباد) که می‌توان گفت با سنگ آهک پکتندار در گروه مگو (ژوراسیک پیشین) مطابقت می‌کند (شکل ۴-۱).

واحدهای سنگی کرتاسه

نام سیستم کرتاسه از سنگ نهشته‌های گل سفید اروپای شمالی گرفته شده است و طولانی‌ترین دوره مزوزوئیک محسوب می‌شود. سنگ آهک‌های اوربیتولین‌دار شاخص‌ترین ردیف‌های کرتاسه پائینی هستند (آقانباتی ۱۳۸۳) که در محدوده مورد مطالعه دیده شده است:

سنگ آهک اوربیتولین‌دار کرتاسه (K^1)

از بارزترین واحدهای سنگی ایران مرکزی است که با ردیف‌های آواری سرخ‌رنگ شروع و گاهی به صورت دگرشیب سنگ‌های قدیمی‌تر را می‌پوشاند. گستردگی زیاد این واحد در نواحی مختلف ایران مرکزی نشان‌دهنده پیشروی گسترده دریا می‌باشد (آقانباتی ۱۳۸۳). سن این آهک‌ها احتمالاً بarmین - آپسین است و گاهی به آلبین نیز می‌رسد، که در هر حال با سازند تیزکوه در البرز، داریان در زاگرس و تیرگان در کپه‌داغ هم‌ارز می‌باشد. در منطقه مورد مطالعه کوه‌های ملحدو، یزدو و آسیاب نیز این چینه را شامل می‌شوند و تقریباً تنها چینه دوره کرتاسه به حساب می‌آیند (شکل ۴-۱).

واحدهای سنگی سنوزوئیک

سنگ‌های سنوزوئیک منطقه شامل نهشته‌های ترشیری و کواترنری می‌باشد. سازندهای ترشیری آن شامل؛ کنگلومرا و سنگ‌های آتشفشانی ائوسن و کنگلومرای پلیوسن می‌باشد. سازندهای کواترنری نیز اغلب مخروط‌افکنه‌ها با رسوبات دانه‌ریز، شن، ماسه و آبرفت‌های رودخانه‌ای جوان را شامل می‌شود.

عضو بی نام سازند قم (M^m)

آقانباتی در کتاب زمین‌شناسی ایران (۱۳۸۳) به نقل قول از بزرگ‌نیا (۱۹۹۶) عنوان کرده که علاوه بر عضوهای ۹ گانه سازند قم می‌توان عضو قدیمی‌تری را به این سازند اضافه کرد که به عنوان عضو نامشخص یا عضو بی‌نام ذکر می‌شود. این واحد تناوبی از مارن‌های سیلتی سرخ و سبز، ماسه‌سنگ و آهک‌های نازک‌لایه دارای مرجان است. این عضو قدیمی‌ترین بخش سازند قم می‌باشد که قابل مقایسه با بخش زیرین آسماری در زاگرس است. این ترکیب سنگ‌شناختی با ترکیب مارن قرمز و سبز کمرنگ با میان‌لایه‌هایی از ماسه‌سنگ‌های نازک‌لایه قرمزرنج در نقشه عباس‌آباد (سازمان زمین‌شناسی ۲۰۰۰) می‌تواند مطابقت داشته باشد که نگارنده سن آن را محتاطانه میوسن عنوان کرده و آن را با طبقات قرمز قابل قیاس دانسته است (شکل ۱-۴).

رخساره‌های قاره‌ای پلیوسن (PI^c , PI^m)

رخساره‌های قاره‌ای پلیوسن بیشتر شامل نهشته‌های کنگلومرایی هستند که با سازند هزاردره در البرز و بختیاری در زاگرس قابل مقایسه است (آقانباتی ۱۳۸۳)، که این نهشته‌ها در جنوب‌غربی منطقه بیارجمند رخنمون دارند.

فعالیت‌های آتشفشانی ترشیری

فرورانش صفحه عربی در زیر صفحه ایران باعث پیدایش کمربند ماگمایی (پلوتونیک - ولکانیک) در سنوزوئیک شده است. فعالیت آتشفشانی شدید ائوسن در اغلب نواحی ایران به غیر از زاگرس و کپه‌داغ مشاهده می‌شود که نتیجه فاز کششی مهمی در سنوزوئیک ایران به شمار می‌آید (خسروتهرانی ۱۳۸۴). از

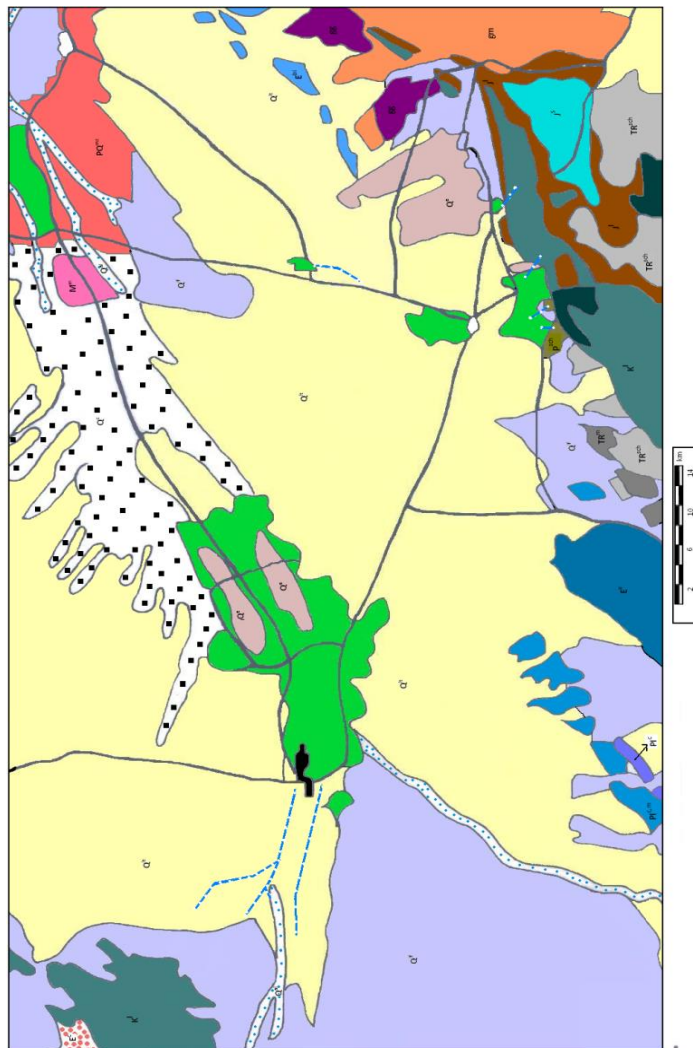
جمله سنگ‌های آتشفشانی ائوسن منطقه می‌توان به تراکی‌آندزیت - الیوین‌بازالت گدازه‌های پیکریتی (E^{bl} , E^v) اشاره کرد (شکل ۱-۴).

رسوبات کواترنری

در بین رسوبات کواترنری، نهشته‌های آبرفتی، کوهپایه‌ای، بادی و صحرائی - کویری بیشترین سهم را دارند (آقانباتی ۱۳۸۳). در منطقه مورد بحث اغلب تراس‌های قدیمی مرتفع (Q^{ht})، تراس‌های جوان کم ارتفاع پلیستوسن (Q^{lt}) و آبرفت‌های رودخانه‌ای جوان (Q^{al})، تپه‌های ماسه بادی (Q^e) همراه با رسوبات مخروط افکنه‌ای، رسوبات کواترنری منطقه را شامل می‌شوند (شکل ۴-۱) همچنین قابل ذکر است که سه قنات دشتی مورد مطالعه (طاهر آباد، درانی و قنات بزرگ) عمدتاً در این رسوبات حفر شده‌اند.

۱-۷-۲- زمین‌شناسی ساختاری و تکتونیک

به طور کلی از نظر ساختاری و زمین‌شناسی، منطقه بیارجمند در پهنه ایران مرکزی واقع شده است. در یک دید کلی از منطقه می‌توان گفت پدیده ساختاری قابل توجهی در آنجا وجود ندارد. اما می‌توان به گسل خوردگی نرمال کوه آسیاب اشاره کرد که با توجه به روند مشابه آن با گسل کوه سوخته می‌شود آن را ادامه روراندگی کوه سوخته دانست. روند کلی این گسل، شمال شمال‌خاوری - جنوب جنوب‌باختری با جهت شیب گسل رانده به سوی باختر است. در منطقه جنوب خانخودی نیز تنها پدیده ساختاری قابل ذکر، شامل گسل خوردگی شدید طاق‌دیس یزدو می‌باشد که علاوه بر مولفه‌های راستالغز دارای مولفه راندگی نیز می‌باشد و باعث راندگی واحد J^1 بر روی K^1 شده است.



LEGEND

	E ¹ : Tephritic basalt, olivine basalt, trachyandesite locally with pebbles lava
	C ¹ : light gray coarse grained conglomerate, pebbles
	C ¹ : Composed of granite and limestone
	C ² : Dark gray orbicular medium to thick bedded limestone and early limestone
	C ³ : Dark gray orbicular medium to thick bedded limestone and early limestone, shaly and early limestone
	C ⁴ : Alternation of sandstone, silty shale, locally conglomerate
	C ⁵ : Granitic gneiss, alkali feldspar granitic gneiss, gneissic granite gneiss, quartz biotite schist
	C ⁶ : Alternation of schist, calc-schist
	C ⁷ : Metamorphosed conglomerate and metasediments
	C ⁸ : Alternation of garnet schist, amphibolite-schist, calc-schist, recrystallized limestone and dolomite
	C ⁹ : Dark green garnet bearing metachert with homogeneous quartz veins and nodules

SYMBOLS

	City-village
	Road
	Agriculture lands
	Under ground canal (Qanat)

شکل ۱- نقشه زمین شناسی منطقه (بر گرفته از نقشه های ۱:۱۰۰۰۰۰ عباس آباد، ابرشم رود و دره دایب سازمان زمین شناسی کشور)

فصل دوم

مروری بر مطالعات پیشین

۲-۱- کلیاتی درباره قنات

کلمه قنات به معنی نیزه و جمع آن قنوات، قنیات (به معنای کانال و مجرای آب) است که در واقع ریشه ایرانی ندارد (ابراهیمی ۱۳۷۹). نام اصلی قنات احتمالاً کاریز است که از ریشه‌های “کن” (کندن) و “ریز” (ریختن، خالی کردن) مشتق شده است (گوبلو، ترجمه شده از سرو مقدم و پاپلی یزدی ۱۳۷۱). در فرهنگ‌ها و کشورهای مختلف قنات‌ها نام‌های متفاوتی به خود گرفته‌اند که از جمله آن‌ها می‌توان به؛ گالری (اسپانیا)، ختارا (مراکش)، فلج (عربستان)، فقره (شمال آفریقا)، کاترجینگ (چین)، ائون (مصر) و کاریز (افغانستان)؛ اشاره کرد (Sankaran 2004, Salih 2006). سن یابی دقیق قنات‌ها مشکل است و اگر هم مدارکی وجود دارد یا شفاهی بوده و یا بر اساس همراه بودن آن‌ها در خرابه‌های باستانی می‌باشد. گوبلو (۱۳۷۱) خاستگاه و مبدأ قنات را به ناحیه آذربایجان غربی ایران و به معدنچیان این منطقه در ۸۰۰ سال قبل از میلاد نسبت می‌دهد که کم‌کم به وسیله کشاورزان به داخل فلات ایران کشیده شد. رواج و

گسترش فن ساخت قنات در دوره سلطنت هخامنشیان (به ویژه داریوش کبیر ۴۸۶ - ۵۲۱ ق.م) به اوج خود رسید به گونه‌ای که پادشاهان برای تشویق مردم به حفر قنات، دستور داده بودند که هر کس قناتی را حفر کند تا پنج نسل بعد از او مالیات بر وی بخشیده می‌شود. ضمن اینکه در دوره ساسانیان دفتر و سازمانی برای اداره و نظارت بر منابع آب موجود و چگونگی استفاده از آن به وجود آمد و در این دوره، حفر قنات در مناطق جنوبی خلیج فارس رواج یافت (گوبلو، ترجمه شده از سرومقدم و پاپلی‌یزدی ۱۳۷۱، ابراهیمی ۱۳۷۹). حدود ۵۰۰ سال قبل از میلاد این فن به مصر، اردن و سوریه (۶۴ سال قبل از میلاد) سپس در سال ۷۵۰ میلادی به اسپانیا، پس از آن به آمریکا (لس آنجلس در سال ۱۵۲۰)، شیلی (پی کا در سال ۱۵۴۰)، چین (تروفان ۱۷۸۰) و دیگر مناطق دنیا راه پیدا کرد در حال حاضر ۳۲۶۹۸ رشته قنات در ایران وجود دارد که از این تعداد ۷۱۵ رشته در استان سمنان قرار دارد (بانک اطلاعات قنات‌ها). به طور کلی قنات‌ها به طور سنتی به وسیله مقنی‌ها و به طور دستی ساخته می‌شوند.

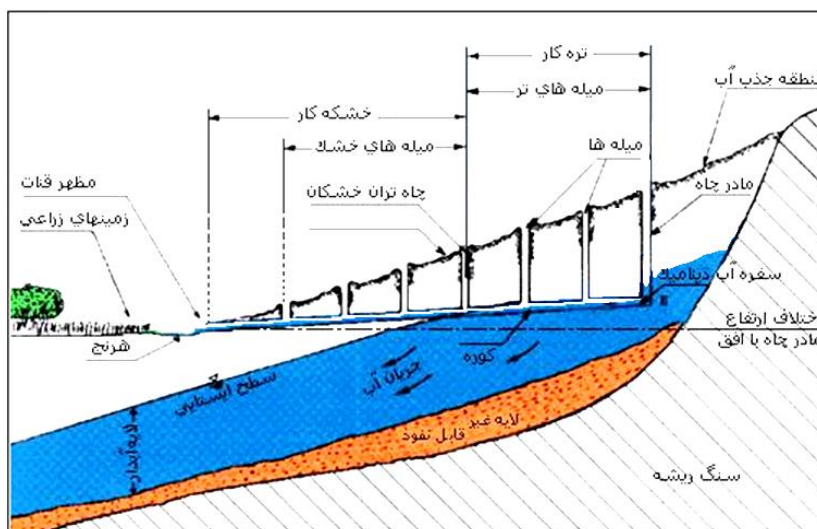
قدم اول در ساخت قنات شناخت منابع آب زیرزمینی است که پس از آن گروه، کار را از مظهر به سمت گمانه شروع می‌کنند و چاه‌های قائمی نیز در طول مسیر حفر می‌شوند که اگر قنات طویل باشد حفاری ممکن است از دو طرف یک چاه و در میانه مسیر انجام شود (Boustani 2008). البته در بعضی موارد ابتدا چاه‌ها حفر شده سپس که تونل ساخته شد به پایه آن‌ها متصل می‌گردند (Sankaran 2004)، در واقع حفر قنات ترکیب حفاری چاه و حفاری تونل می‌باشد (گوبلو، ترجمه شده از سرومقدم و پاپلی‌یزدی ۱۳۷۱، خورسندی آقایی ۱۳۸۳).

۲-۲- ساختمان قنات

در تعریفی کلی می‌توان گفت قنات عبارت است از تونل یا تونل‌های زیرزمینی که در مخروط‌افکنه‌ها، مناطق کوهستانی و سفره‌های آب زیرزمینی نفوذ کرده و آب را به سطح زمین هدایت می‌کند، شکل ظاهری قنات در سطح زمین زنجیره‌ای طولانی از چاه‌های قائمی است که به این تونل‌ها

متصل شده و طول آن ممکن است به چندین کیلومتر هم برسد (صداقت ۱۳۷۸، بهنیا ۱۳۷۹، Lightfoot 1995, 1996, Sankaran 2004, Rayhani and el Naggar 2006, Boustani 2008). عملکرد این ساختمان به صورتی است که آب زیرزمینی را تحت یک شیب کم و مناسب به وسیله نیروی گرانش زمین به سمت مظهر هدایت کرده تا به مزارع و روستاهای پائین دست آن انتقال یابد (آقائی ۱۳۸۳، Wilkinson 1977, Haeri 2003, Hansen 2007).

ساختمان قنات از اجزای مختلفی تشکیل شده است و همانطور که در شکل (۱-۲) ملاحظه می شود این اجزا شامل: مادرچاه، میله چاه، تونل (کوره)، مظهر، خشکه کار، تره کار، گمانه، پشته، پیشکار و هرنج می باشند. البته اجزاء فوق تقریباً در تمامی قنات‌ها مشترک هستند و ساختمان اصلی آن‌ها را تشکیل می دهند، اما اجزایی مثل پایاب، دستک و ساختارهای مشابه آن‌ها در همه قنات‌ها موجود است لیکن ساختمان اصلی قنات را شامل نمی شوند.



شکل ۱-۲- نیمرخ طولی قنات (مرکز بین المللی قنات و سازه‌های تاریخی آب)

مادرچاه: عمیق ترین چاه قنات است که در زیر سطح ایستابی قرار داشته و از نظر فاصله نسبت به مظهر، دورترین فاصله را به خود اختصاص می دهد (کردوانی ۱۳۷۴، پاپلی یزدی ۱۳۷۹، Sankaran 2004, Salih 2006). اگر چه معمولاً آب قنات از تره کار آن نشأت می گیرد، لیکن عده‌ای از

دانشمندان معتقدند که آب قنات بیشتر از طریق مادر چاه آن تأمین می‌شود (صفی نژاد ۱۳۷۹،

(Lightfoot 1995, Stiros 2005, Hansen 2007)

میله چاه (shaft): چاه‌های قائمی هستند که به تونل قنات متصل می‌گردند و وظیفه خارج کردن مواد

کنده شده، دسترسی آسان جهت تعمیر و لایروبی، فراهم نمودن تهویه‌ای مناسب برای کارگران (مقنی‌ها)

و همچنین ارتباط با سطح را بر عهده دارند (گوبلو، ترجمه شده از سرومقدم و پاپلی یزدی ۱۳۷۱، بهنیا

۱۳۷۹، سمساریزدی و علمدار ۱۳۷۹، عنایتی‌نیا ۱۳۸۳، Wulff 1968, Sylvia 2000, Sankaran 2004،

Boustani 2008). معمولاً فاصله بین این چاه‌ها از ۱۵ تا ۲۰ متر (کردوانی ۱۳۷۴، عنایتی‌نیا ۱۳۸۳، Sylvia

2000)، ۲۰ تا ۳۵ متر (Boustani 2008) و حتی ۵۰ تا ۱۰۰ متر یا بیشتر (Sankaran 2004) متغیر است.

کوره قنات (تونل): کوره کانالی زیرزمینی با شیب کم که آب را از سفره به سمت مظهر هدایت می‌کند و

مقدار این شیب باید کم و یکنواخت بوده به طوری که موجب فرسایش کف کانال نشود (عنایتی‌نیا ۱۳۸۳،

Boustani 2008, Stiros 2005). در منابع مختلف این شیب متفاوت است به طوری که از: ۱۵۰۰:۵/ (گوبلو،

ترجمه از سرو مقدم و پاپلی‌یزدی ۱۳۷۱)، ۵۰۰:۱ و ۱۵۰۰:۱ (Wulff 1968) تا ۱۰۰۰:۱ (عنایتی‌نیا ۱۳۸۳)

متغیر می‌باشد. ارتفاع و عرض تونل نیز معمولاً از: ۳ فوت عرض و ۵ فوت ارتفاع (Wulff 1968)، ۶۰

سانتی‌متر عرض و ۱۲۰ سانتی‌متر ارتفاع (کردوانی ۱۳۷۴) و نیز از ۵۰ تا ۱۰۰ سانتی‌متر عرض و ۹۰ تا

۱۵۰ سانتی‌متر ارتفاع تغییر می‌کند (Boustani 2008).

مظهر قنات: جایی است که آب قنات در آن محل به سطح زمین می‌رسد (سمساریزدی و علمدار ۱۳۷۹،

Boustani 2008). که به علت کنترل حق آب از آن محافظت می‌شود (Salih 2006).

تره‌کار قنات: فاصله بین مادر چاه قنات تا محل برخورد کف تونل با سطح ایستابی را تره‌کار می‌نامند که

آب از کف آن تراوش می‌کند و دبی قنات نیز مستقیماً به این منطقه بستگی دارد (کردوانی ۱۳۷۴،

صداقت ۱۳۷۸، Boustani 2008).

خشکه کار قنات: ادامهٔ تونل قنات از محل تقاطع کف با سطح ایستابی تا مظهر را خشکه کار گویند. این قسمت بر خلاف تره کار بالای سطح ایستابی بوده و حتی ممکن است آب از کف آن به درون زمین نفوذ کند (صداقت ۱۳۷۸، سمساریزدی و علمدار ۱۳۷۹).

گمانه: برای حفر قنات، جهت تعیین محل و عمق سطح ایستابی و اطمینان از کافی بودن جریان آب در ابتدا یک یا سه چاه حفر می کنند (پاپلی یزدی ۱۳۷۹، سمساریزدی و علمدار ۱۳۷۹، Sankaran 2004، Boustani 2008). در صورتی که شرایط فوق مناسب بود معمولاً این چاه به عنوان مادرچاه در نظر گرفته می شود (پاپلی یزدی ۱۳۷۹).

پشته: معمولاً خاک و مواد کنده شده از درون قنات را به دور دهانهٔ چاهها جمع کرده و تپهٔ مدور کوچکی را ایجاد می کنند تا چاه را از ورود سیلاب، رسوب و دیگر آلاینده ها حافظت نمایند (کرجی قرن پنجم، ترجمه شده از خدیوجم ۱۳۴۵، صداقت ۱۳۷۸).

پیشکار: امتداد قنات بعد از مادرچاه به سمت بالادست را پیشکار قنات گویند (کردوانی ۱۳۷۴، عنایتی نیا ۱۳۸۳). از آنجائی که پیشکار جزئی از تونل قنات به شمار می آید گاهی اوقات نیز آن را معادل کوره در نظر می گیرند (صداقت ۱۳۷۸، بهنیا ۱۳۷۹).

هرنج: هرنج ادامهٔ تونل قنات در سطح، کانال آبرسانی روبازی است که ابتدای آن مظهر و انتهای آن محل تقسیم آب به زمین های زراعی می باشد (بهنیا ۱۳۷۹).

۲-۳- توپوگرافی مسیر قنات

اکثر قنات هائی که برای زهکشی آب زیرزمینی حفر می شوند شامل قنات های کوهستانی، دشتی و جلگه- های آبرفتی هستند. تصمیم به حفر این نوع قنات ها معمولاً زمانی گرفته می شود که آب سطحی کافی در منطقه وجود نداشته باشد (مهدوی ۱۳۷۲، پاپلی یزدی ۱۳۷۹، salih 2006). هر کدام از این نوع قنات ها با

توجه به شکل و توپوگرافی محل، ساختمان متفاوتی از همدیگر داشته که در بحث انواع قنات‌ها به آن پرداخته می‌شود. اما به طور کلی هر نوع قنات ممکن است در طول مسیر با شرایطی مواجه شود که صرف‌نظر از نوع قنات در ساختمان آن تأثیر بگذارد. به عنوان مثال قرار گرفتن تپه یا رودخانه در مسیر قنات باعث می‌شود تا فاصله بین میله چاه‌ها در دو طرف آن افزایش یابد به طوری که این فاصله ممکن است حتی به ۲۰۰ متر هم برسد (کردوانی ۱۳۷۴، عنایتی نیا ۱۳۸۳). از موارد دیگر، شرایطی است که مقنی هنگام حفر به توده‌ای سنگی برخورد کند و نتواند تونل را در مسیر ادامه دهد که در این صورت باید مانع را دور بزند تا دوباره به مسیر اصلی بازگردد. وجود مرداب‌ها و یا باتلاق‌ها نیز می‌تواند برای حفر قنات (در صورتی که هدف از حفر، تأمین آب شرب باشد و نه خشک کردن مرداب) مشکلاتی را ایجاد کند.

۲-۴- انواع قنات‌ها

قنات‌ها را می‌توان به سه دسته کلی قنات‌های مناطق کوهستانی، قنات‌های دشتی (یا جلگه‌های آبرفتی) و نیز قنات‌های آبگیر از رودخانه‌ها تقسیم‌بندی کرد. البته از نظر بهنیا (۱۳۷۹) قنات‌ها را بر حسب طول و عمق نیز می‌توان دسته‌بندی کرد که در بخش‌های بعدی در مورد آن‌ها توضیح داده خواهد شد.

۲-۴-۱- قنات‌های مناطق کوهستانی

عمق مادر چاه و طول قنات در این مناطق کم بوده ضمن اینکه دبی آن‌ها متغیر می‌باشد و تابع نزولات جوی است. در این نقاط به دلیل ضخامت کم آبرفت و محدود بودن لایه آبدار و حریم قنات، حفر چاه متداول نبوده و به علت کوتاه بودن طول قنات هزینه نگهداری و احیای این قنات معمولاً کم است (مهدوی ۱۳۷۲، بهنیا ۱۳۷۹). البته لازم به ذکر است که این نوع قنات در مقایسه با قنات‌های دشتی بیشتر در معرض خطر سیلاب قرار دارد (بهنیا ۱۳۷۹). این نوع از قنات‌ها معمولاً به چهار زیرگروه دسته‌بندی می‌شوند:

الف - قنات‌های مسیر دره‌ها

دره‌ها و آبراهه‌های کوهستانی شیب زیادی دارند و طرز قرار گرفتن آن‌ها به گونه‌ای است که قنات بالادست قنات پائین‌دست را تغذیه می‌کند (غیور ۱۳۷۹). برخی از دره‌ها دارای رودخانه دائمی و برخی فصلی هستند که در اینصورت محل مناسبی برای احداث قنات می‌باشند و تا زمانی که آب در آنها جریان داشته باشد آب قنات‌های منطقه زیاد است (بهنیا ۱۳۷۹). معمولاً قنات‌هایی که در مسیر این آبراهه‌ها احداث شده‌اند قنات‌هایی کوتاه هستند که غالباً طول آن‌ها از چند متر تا چند صد متر متغیر است و به دلیل کوتاه بودنشان، در مناطق خشک و نیمه خشک آبدهی آن‌ها کم می‌باشد (کرمی ۱۳۸۳). گاهی در مسیر این دره‌ها یا مسیل‌ها سدهایی احداث می‌گردد که در صورت حفر قنات در مجاورت این سدها، آب-های نفوذی از سد به زمین، قنات را تغذیه کرده که به آن قنات سدی می‌گویند (مهدوی ۱۳۷۲).

ب- قنات‌های دامنه تپه‌ها و کوه‌ها (مخروط افکنه‌ای)

این گونه از قنات‌ها در دامنه تپه‌ها و کوه‌های مشرف به دشت حفر می‌شوند و شامل رسوبات سیلابی و واریزه‌های تپه‌ها، کوه‌ها و منطقه نفوذ آب زیرزمینی در دشت‌ها می‌باشد (بهنیا ۱۳۷۹، غیور ۱۳۷۹). تونل این قنات در جهت مادر چاه غالباً به ریشه کوه برخورد کرده و به همین علت طول این قنات کوتاه است ولی عمق مادر چاه آن زیاد و دبی آن‌ها کم و متغیر می‌باشد (بهنیا ۱۳۷۹). در محیط‌های خشک و حاشیه کویر، معمولاً قنات‌ها یا به صورت کوهپایه‌ای و در رسوبات از نوع مخروط افکنه‌ای از تیپ رخساره-های جریان‌های خرده‌دار (Debris flow) هستند و یا در رسوبات مخروط افکنه‌ای دشتی با تیپ دشت سیلابی و آبرفتی (Stream-dominated) حفر شده‌اند (ارزانی ۱۳۸۳).

ج- قنات‌های آبگیر از چشمه‌های زیرزمینی یا چشمه قنات‌ها

گاهی در عمق دره‌های مرتبط به کوه‌های آهکی یا حد فاصل این کوه‌ها با دشت‌ها و یا در محل شکستگی‌های متعلق به این نوع از کوه‌ها، چشمه‌هایی وجود دارد که روی این چشمه‌ها را معمولاً واریزه-های کوه‌ها یا آبرفت پوشانده است و با حفر قنات در این محل‌ها می‌توان از آب این چشمه‌ها استفاده کرد.

مقدار آب این قنات‌ها با طول و عمقشان تناسب چندانی ندارد، دبی ثابتی دارند و بیشترین قسمت طول تونل را خشکه‌کار تشکیل می‌دهد (بهنیا ۱۳۷۹).

د- قنات‌های سنگی

در نواحی کوهستانی حفر می‌شوند و طول آن‌ها کم است، در حدود ۲۰۰ تا ۱۰۰۰ متر، دبی آن‌ها نیز کم و ثابت می‌باشد که آب آن‌ها بیشتر از درز و شکاف سنگ‌ها تراوش می‌کند و به ندرت ساختمان آن‌ها خراب می‌شود (بهنیا ۱۳۷۹). اگرچه تعداد قنات‌های سنگی کم است ولی نقش خود را به خوبی ایفا می‌نمایند. بیشتر این قنات‌ها در جنوب غرب ایران وجود دارند که علاوه بر مادرچاه یک یا چند میله چاه دیگر آن در سنگ و بقیه میله‌ها در آبرفت حفاری شده است. صرف نظر از سختی کار در حفاری قنات در توده‌های سنگی، مکان یابی محل حفر از نظر شکستگی‌ها و درزه‌ها نیز مشکل می‌باشد در حالیکه در سفره‌های آبرفتی این مسأله بسیار راحت‌تر قابل حل است (حسینی ۱۳۷۹).

۲-۴-۲- قنات‌های مناطق دشتی و جلگه‌های آبرفتی

با وجود اینکه مادرچاه قنات‌های دشتی و جلگه‌های آبرفتی در دامنه ارتفاعات حفر شده‌اند لیکن بیشتر طول آن‌ها در دشت امتداد یافته است. طول قنات و عمق مادرچاه آن زیاد می‌باشد، ضمن اینکه دبی آن‌ها در طول سال نیز ثابت است (مهدوی ۱۳۷۲، بهنیا ۱۳۷۹، پاپلی‌یزدی ۱۳۷۹). گاهی اوقات دشت به وسیله ارتفاعاتی محاط شده است، در چنین حالتی قنات‌ها به صورت شعاعی از اطراف به سوی مرکز دشت کشیده می‌شوند و در حقیقت جهت جریان به سمت مرکز دشت است که به این نوع قنات‌ها، قنات همگرا می‌گویند (مهدوی ۱۳۷۲).

۲-۴-۳- قنات‌هایی که در نزدیکی رودخانه‌ها حفر می‌شوند

در شمال خوزستان و به ویژه در شهرستان‌های دزفول و شوشتر نوع خاصی از قنات‌ها رایج بوده که منبع تغذیه آن‌ها به جای سفره‌های آب زیرزمینی، رودخانه‌های دز و کارون می‌باشد.

قنات‌های رودخانه‌ای در شوشتر، سفته (Softeh) و در دزفول، قمش (Qomesh) نامیده می‌شوند که قمش‌ها شامل دهانه ورودی یا محل آبرگیر از رودخانه به نام دونی، کوره قنات، میله‌ها، محل‌های دسترسی آب در شهر مرسوم به سر به طاق و مظهر آن به نام قمش سر کنده می‌باشند (رکنی و اسلامی ۱۳۷۹). این نوع قنات‌ها در مکان‌هایی که طرفین بستر رودخانه عمود یا سخت است (بهنیا ۱۳۷۹)، یا حفر کانال آبرسانی به اراضی کشاورزی به علت پائین بودن سطح آب رودخانه نسبت به این زمین‌ها و یا فراز و نشیب زمین مشکل است حفر می‌شده‌اند، که در این گونه قنات میزان کوهبری و خاکبرداری نیز کاهش می‌یافته است (بهنیا ۱۳۷۹، رکنی و اسلامی ۱۳۷۹). یکی از روش‌های احداث این نوع قنات به این صورت است که چاهی در نزدیکی بستر رودخانه حفر کرده و آبی که از رودخانه وارد این چاه می‌شود توسط تونل به اراضی کم ارتفاع‌تر، دور از بستر رودخانه برده می‌شود. روش دیگر آن است که قنات‌های رودخانه‌ای را هم تراز با رودخانه آب دهنده حفر می‌کنند که غالباً این روش کاربرد بیشتری دارد (بهنیا ۱۳۷۹). البته لازم به ذکر است که مهدوی (۱۳۷۲) از این نوع قنات‌ها با نام منگل یاد کرده است.

همانطور که قبلاً نیز بدان اشاره شد، تقسیم‌بندی دیگری بر اساس طول و عمق وجود دارد که بهنیا (۱۳۷۹) به آن پرداخته است. بر این مبنا قنات را بر اساس طول به دو دسته کوتاه و طویل و بر اساس عمق به دو دسته سطحی و عمیق تقسیم می‌کنند.

الف - قنات‌های کوتاه: در اراضی کوهپایه‌ای و دامنه‌ای، شیب زمین زیاد می‌باشد و به همین دلیل لایه‌های قابل نفوذ و غیر قابل نفوذ نسبت به هم متمایل هستند که در این حالت پس از حفر چند متر از تونل، قنات به لایه غیر قابل نفوذ رسیده و به تره‌کار برخورد می‌کند. در نتیجه طول آن‌ها کوتاه شده و معمولاً دبی متغیری دارند.

ب - قنات‌های طویل: در دشت‌ها و بیابان‌ها، لایه‌های نفوذ ناپذیر شیب ملایمی دارند و به موازات لایه‌های نفوذپذیر قرار گرفته‌اند در این صورت باید چند صد متر حفر کرد تا به اولین نقطه لایه نفوذپذیر رسید

و پس از آن نیز برای تأمین دبی مورد نظر باید در این لایه نیز چند صد متر باید پیش رفت که ممکن است طول آن حتی به چند کیلومتر برسد. ضمن اینکه هر چه باران سالیانه مناطق بیشتر باشد طول قنات‌ها کمتر و عمق مادرچاه آن‌ها نیز کمتر است و بالعکس.

بر اساس عمق نیز به دو دسته سطحی و عمیق تقسیم میشوند:

الف- قنات‌های سطحی: عمق لایه نفوذپذیر نسبت به سطح زمین کم است در نتیجه عمق قنات نیز کم می‌شود.

ب- قنات‌های عمیق: زمانی که لایه نفوذناپذیر در اعماق چند صد متری قرار گرفته و ضخامت لایه نفوذپذیر زیاد باشد، حفر قنات در این‌گونه زمین‌ها باعث عمیق شدن آن می‌شود. عمیق‌ترین قناتی که تا کنون در ایران حفر شده در حوالی گناباد از توابع خراسان است که طول آن حدود ۳۳ کیلومتر و عمق مادرچاه آن بین ۳۰۰ تا ۴۰۰ متر (احتمالاً ۳۸۰ متر) ذکر شده است و آبدهی آن بیش از ۱۵۰ لیتر در ثانیه می‌باشد (پاپلی یزدی ۱۳۷۹).

۲-۵- عوامل موثر بر آبدهی قنات

یک اصل اساسی در مورد دبی قنات این است که در یک قنات سالم، جریان به صورت پیوسته است (سمساریزدی و هادیان ۱۳۷۹، Sankaran 2004, Lightfoot 1995, 1996). آب در طول تونل و به واسطه شیب آن به آرامی به سمت مظهر حرکت کرده و در صورت وجود تره‌کار تدریجاً حجم آن افزایش می‌یابد (Salih 2006). در این سیستم آب به وسیله زمان پایه توزیع می‌شود (Hansen 2007, Al-Ghafri et al. 2001) اما گاهی هم از حجم پایه استفاده می‌شود (Al-Ghafri et al. 2001) که استفاده از زمان پایه باعث می‌شود سیستم در خشکسالی دوام بیشتری داشته باشد (Hansen 2007).

از جمله عواملی که در میزان آبدهی قنات مؤثر است طول آن می‌باشد که به شیب زمین و عمق مادرچاه بستگی دارد (کردوانی ۱۳۷۴). در شهرستان سبزوار بر روی ۱۱۲ رشته قنات تحقیقی صورت گرفت که

نتایج نشان‌دهنده یک رابطه مستقیم بین عمق مادر چاه و طول قنات با آبدهی آن بود و از طرفی خود عمق مادرچاه با طول قنات نیز رابطه مستقیمی را نشان داد (دادرسی و همکاران ۱۳۷۹). از دیگر عوامل مؤثر که در آبدهی قنات‌ها عبارتند از (کرجی قرن پنجم، ترجمه شده از خدیوچم ۱۳۴۵، کردوانی ۱۳۷۴، بهنیا ۱۳۷۹، سمسار یزدی و هادیان ۱۳۷۹، صالحی ۱۳۸۳):

- ۱- وسعت و ظرفیت لایه آبدار در تره‌کار و موقعیت لایه غیر قابل نفوذ
- ۲- وضع توپوگرافی منطقه و موقعیت دشت
- ۳- میزان تبخیر از آب قنات: به طور کلی میزان تبخیر از قنات در مقایسه با کانال‌های سطحی، به خاطر زیرزمینی بودن آن کمتر است و معمولاً تأثیر بسزائی در کاهش آبدهی قنات ندارد.
- ۴- ابعاد هندسی قنات که خود شامل طول تره‌کار، طول خشکه‌کار، سطح مقطع تونل و بالاخره شیب طولی تونل در قسمت‌های مختلف می‌باشد
- ۵- تراکم چاه‌ها و قنات‌ها در منطقه: هر چه که تراکم چاه‌ها در منطقه زیاد باشد آبدهی قنات نیز کاهش می‌یابد.
- ۶- وضعیت حوضه آبرگیر، نوع و میزان نزولات جوی: اگر بارش به صورت برف باشد به علت ذوب تدریجی آن در دبی قنات اثر خوبی خواهد داشت و اگر باران باشد پس از بهار کم و یا خشک می‌شود زیرا از بستر و کف قنات نتیجه نمی‌شود (از دو طرف یا یک طرف و یا از سقف قنات تراوش می‌کند) و در واقع آب اصلی و با دوام آن است که از بستر قنات سرچشمه بگیرد.
- ۷- نفوذپذیری رسوباتی که قنات در آن رسوبات حفر شده است: نفوذپذیری در تره‌کار سبب افزایش دبی قنات و در خشکه‌کار باعث کاهش دبی و تلفات بیشتر آن می‌شود (،) البته معمولاً املاح موجود در آب به ویژه کربنات‌ها هنگام سرد شدن رسوبات پیوسته‌ای را در کف تونل تشکیل داده و باعث کاهش نفوذپذیری خشکه‌کار می‌گردد.

عواملی نظیر: عدم لایروبی (سمساریزدی و تفتی ۱۳۷۹، Lightfoot 1995)، برداشت بی‌رویه چاه‌ها از سفره‌های آب زیرزمینی و افت سطح آب (سمساریزدی و هادیان ۱۳۷۹، ابراهیمی و زمزمیان ۱۳۷۹)، تجاوز به حریم قنات‌ها (سمسار یزدی و هادیان ۱۳۷۹، Lightfoot 1995) نیز در کاهش آبدهی قنات‌ها مؤثر می‌باشند. اما زمانی که آبدهی قنات کم و یا از بین می‌رود جهت بهبود این وضعیت معمولاً راهکارهایی مطرح می‌شوند که در زیر به آن‌ها اشاره خواهد شد.

۲-۶- روش‌های افزایش آبدهی قنات

از جمله روش‌هایی که جهت افزایش آبدهی یک قنات به کار برده می‌شوند عبارتند از لایروبی، پیشکارکنی، دستک‌زنی، کفشکنی، بغل‌تراشی، ذخیره‌سازی آب در ماه‌های سرد و تغذیه مصنوعی می‌باشند که در ادامه توضیح داده خواهد شد.

پیشکارکنی: از رایج‌ترین کارهایی که جهت افزایش دبی قنات صورت می‌گیرد، حفر تونل قنات به سمت بالادست و یا پیشکارکنی است (سمساریزدی و تفتی ۱۳۷۹، بهنیا ۱۳۷۹، عنایتی نیا ۱۳۸۳) که البته کردوانی (۱۳۷۴) به آن نوکنی می‌گوید. برای این کار باید تونل را در امتداد خطوط تراز سطح ایستایی ادامه داد تا حفر قنات از نظر فشار آب زیرزمینی مشکلی نداشته باشد و دبی با افزایش طول نسبت خطی پیدا کند. اگر امتداد ادامه تونل به صورتی باشد که با جهت جریان زاویه‌ای کمتر از ۹۰ درجه بسازد، در نتیجه عمق جریان زیاد شده و فشار و سرعت ورود آب به تونل را افزایش می‌دهد (بهنیا ۱۳۷۹). از جمله مثال‌هایی که در این مورد می‌توان عنوان کرد ۴۵۰۰ متر پیشکارکنی در دشت اردکان یزد و بر روی قنات زارچ (تنها قنات فعال این دشت)، است که جهت حفظ آبدهی آن از سال ۱۳۶۴ تا ۱۳۸۳ به طور پیوسته انجام شد (سمسار یزدی و دهقان منشادی ۱۳۸۳).

کف شکنی: اگر افت سطح آب زیاد نباشد اما کاهش دبی صورت گیرد، معمولاً کفشکنی یا پینه‌برداری انجام می‌دهند به این شرط که عملیات باید به گونه‌ای باشد که شیب تونل تغییری نکند (عنایتی نیا

۱۳۸۳). در بعضی متون عنوان شده که باید عمق مادر چاه را زیاد کرد (صفی نژاد ۱۳۷۹، Lightfoot 1995, 1996) اما این امر مستلزم این است که کف تونل نیز پائین تر برود تا شیب تونل حفظ شود.

دستک‌زنی: شاخه‌هایی از گالری نفوذ است که در بالا دست اضافه می‌شود و تونل اصلی را تغذیه می‌کند (بهنیا ۱۳۷۹، Wulff 1968, Lightfoot 1995, 1996, Bustani 2008).

بغل‌تراشی: در صورتی که مقنی بغل تونل را خوب نکرده باشد و یا اینکه تونل گنجایش مناسب برای عبور آب را نداشته باشد در این حالت جدار تونل را می‌کنند که باعث افزایش محیط خیس‌شده می‌گردد (بهنیا ۱۳۷۹).

۲-۶-۱- ذخیره سازی آب قنات در ماه‌های سرد

از عمده‌ترین ایرادهایی که به قنات گرفته می‌شود این است که آب قنات که یک جریان پیوسته است در زمستان که دبی بیشتری دارد به علت عدم مصرف کشاورزان هدر رفته و در تابستان که نیاز به آب بیشتر می‌شود دبی آن کاهش می‌یابد (سمساریزدی و هادیان ۱۳۷۹، Sankaran 2004).

گرچه عده‌ای بر این باورند که آب قنات در فصول تر به هدر می‌رود ولیکن غیور (۱۳۷۹)، بر گرفته از پازوش (۱۳۶۱) عقیده دارد که اگر آب به وسیله قنات هم تخلیه نشود در زیر زمین به سوی مناطق پست-تر جریان یافته و به هر حال آب به تدریج از منطقه خارج خواهد شد. در هر صورت برای جلوگیری از هدرروی می‌توان راهکارهایی ارائه کرد که عبارتند از (گوبلو، ترجمه شده از سرومقدم و پاپلی‌یزدی ۱۳۷۱، کردوانی ۱۳۷۴، بهنیا ۱۳۷۹، سمساریزدی و هادیان ۱۳۷۹، غیور ۱۳۷۹، آقارزی ۱۳۸۳ و Sankaran 2004, Boustani 2008):

۱- ذخیره سازی در مخازن

۲- استفاده از پمپاژ آب برای به زیر کشت بردن زمین‌های بالا دست مظهر

۳- ذخیره کردن در استخرها: البته این روش در ذخیره کردن آب قنات‌هایی که دبی آن کم است مفید می‌باشد

۴- کاشت گیاهانی در جلوی قنات در فصل زمستان برای جلوگیری از هرز رفتن آب

۵- استفاده از آب قنات‌های بالادست برای احیای آب قنات‌های پایین‌دست

۶- احداث دیوار یا دریاچه در یکی از میله‌های قنات

۷- ساختن یخچال‌ها و ایجاد یخ‌آب روی مزارع

۸- هدایت هرز آب به تالاب‌های مجاور برای نفوذ مجدد

۹- بستن دهانه تونل قنات‌هایی که سراسر تونل‌هایشان کول‌گذاری شده است (به‌نیا ۱۳۷۹، بر گرفته از خمارلو ۱۳۶۰)

۱۰- هدایت آب به سوی مناطق کویری جهت آبیاری درختان کویری برای جلوگیری از گسترش کویرها و هجوم ماسه‌های روان

۱۱- می‌توان در بهار و تابستان، جریان شبانه را در مخازن کوچکی (انبار) در دهانه قنات برای استفاده روزانه ذخیره و نگهداری کرد

۱۲- مهر و موم کردن مظهر

عدم انطباق میزان دبی قنات با نیاز کشاورزان در تابستان منجر به توجه آنان به چاه‌های پمپاژ گردیده است و با توجه به اینکه حجم بالائی از آب قنات در زمستان به هدر می‌رود می‌توان با استفاده از راهکارهایی تا حدی این معضل را حل نمود. که می‌توان به روش‌های زیر اشاره کرد:

۱- انسداد مظهر قنات ۲- استفاده از استخر و آب انبار ۳- ایجاد یخ روی مزارع ۴- آب بند ۵- هدایت آب قنات به سمت قنات پایین‌دست ۶- استفاده از هرز آب جهت آبیاری درختان کویری ۷- احداث دیوار یا دریاچه در یکی از میله‌های قنات .

۲-۶-۲- تغذیه مصنوعی در قنات

روند افزایش بهره‌برداری از منابع آب‌های زیر زمینی از طریق چاه‌ها باعث کاهش سطح ایستابی و تقلیل حجم سفره‌های آبدار شده که در نتیجه آبدهی قنات‌ها را با مشکل روبه‌رو ساخته است. یکی از راههائی که باعث افزایش عمق جریان و در نتیجه افزایش دبی تره‌کار می‌شود تغذیه لایه آبداری است که تره‌کار قنات در آن حفر شده است (ابراهیمی و زمزمیان ۱۳۷۹). از جمله این راه‌ها می‌توان به روش‌های سطحی، روش‌های زیرزمینی و ذخیره سازی و نگهداری آب در داخل قنات زیر اشاره کرد.

الف- روش‌های سطحی

از مهم‌ترین روش‌های سطحی که برای افزایش آبدهی قنات مورد استفاده قرار می‌گیرند می‌توان به ایجاد حوضچه یا استخرهای تغذیه، ذخیره آب در منطقه بالاتر از مادرچاه، ایجاد آب بند و احداث سدهای خاکی در مسیل‌های اطراف قنات، پخش سیلاب، گسترش پوشش گیاهی و کرت بندی در طول تره‌کار اشاره کرد (کردوانی ۱۳۷۴، ابراهیمی و زمزمیان ۱۳۷۹، زنجانی جم ۱۳۸۳، عبدی ۱۳۸۳، بیات موحد و شامی ۱۳۸۳، تقوائی ابریشمی ۱۳۸۳).

ب- روش‌های زیرزمینی

در صورتی که زمین مناسب برای اجرای تغذیه سطحی وجود نداشته باشد، قیمت زمین بالا باشد، منطقه مسکونی باشد و یا در بالای لایه آبدار لایه غیر قابل نفوذ داشته باشیم از روش‌های زیرزمینی استفاده می‌شود که رایج‌ترین آن‌ها شامل تغذیه به وسیله چاه، توام کردن چاه‌های عمیق با قنات‌ها، تغذیه واداری و سد زیرزمینی می‌شود (کردوانی ۱۳۷۰، صداقت ۱۳۷۹، ابراهیمی و زمزمیان ۱۳۷۹، بهنیا ۱۳۷۹، جعفری باری ۱۳۸۳).

ج- ذخیره سازی و نگهداری آب در داخل قنات: در این روش با استفاده از قنات‌های متروکه و قنات‌هائی که به دلیل افت سطح آب خشک شده‌اند می‌توان سطح آب را بهبود بخشید (امین ۱۳۷۹،

سمسار یزدی و هادیان (۱۳۷۹). در منطقه سعدآباد استان هرمزگان دو رشته قنات متروکه وجود دارد که در طرحی با مشارکت کشاورزان و شرکت آب منطقه‌ای به وسیله یک بند بتونی به ارتفاع ۲/۵ متر و یک دریچه تنظیم جریان‌های پایه و سیلابی رودخانه را، که در حالت طبیعی در پائین دست در برخورد با گنبد نمکی کیفیت خود را از دست داده و یا به صورت سیلاب از دسترس خارج می‌شدند با فشار طبیعی حاصل از جریان آب در پشت بند به وسیله حدود ۶۰۰ متر کانال زیرزمینی که عمود بر مسیر طبیعی قنات است، به داخل کانال‌های زیرزمینی قنات متروکه پرعاب‌دین هدایت کردند و سپس آب با تصفیه مناسب در مظهر قنات حدود چند کیلومتر پائین‌تر ظاهر گردید (برخورداری و مروتی شریف آباد ۱۳۷۹).

۲-۷- معایب و مزایای قنات‌ها

با توجه به اینکه آب زیرزمینی در مقایسه با آب سطحی کمتر تحت تأثیر نوسانات فصلی قرار می‌گیرد، گسترش یکنواخت‌تری داشته و از کیفیت بالاتری برخوردار است، در مناطق خشک و نیمه خشک به عنوان یک منبع اصلی در نظر گرفته می‌شود که در این مناطق از قدیم برای بهره‌برداری از آب زیرزمینی از سیستم قنات استفاده می‌شده است (Salih 2006). این سیستم به عنوان یک شاهکار در زمانی بیش از چند هزار سال در کشاورزی و آبیاری فلات ایران تأثیرگذار بوده است (مفید شاطری ۱۳۷۹). با وجود گذشت این همه مدت از احداث قنات، این روش هنوز هم یکی از روش‌های بهره‌برداری از آب زیرزمینی در مناطقی از ایران به ویژه یزد، کرمان و خراسان برای تأمین آب شرب و کشاورزی است (راضی اردکانی ۱۳۷۹).

حفر چاه‌های عمیق و مزایای آن در حال حاضر باعث تقابل بین طرفداران قنات و چاه گردیده است، به طوری که عده‌ای عقیده دارند که چاه مناسب‌ترین سیستم برای بهره‌برداری از آب زیرزمینی است و قنات متناسب با شرایط امروز نبوده و جوابگوی نیاز روزافزون مردم نمی‌باشد. در طرف مقابل عده‌ای دیگر از قنات‌ها حمایت کرده و بر این عقیده‌اند این سیستم اختراع ایرانیان است و با توجه به اینکه این همه سال

بدون نیاز به انرژی آبرسانی کرده نباید آن را با سیستمی خارجی که تعادل منابع آب زیرزمینی را به هم می‌زند و محتاج سوخت و لوازم یدکی است، جایگزین کرد. در مقابل این دو نظریه، عده‌ای هم طرفدار چاه هستند و هم طرفدار قنات؛ یعنی آن‌ها معتقدند که در شرایط فعلی تا آنجائی که قنات مشکل را برطرف می‌کند حفظ آن در اولویت قرار دارد اما در نقاطی که امکان حفر قنات وجود ندارد و دور از حریم قنات دیگر واقع شده است، حفر چاه بلامانع است (کردوانی ۱۳۷۴). ملاحظه می‌شود که معایب و مزایای قنات و چاه باعث این اختلاف نظرها گردیده است که در ادامه به این معایب و مزایا پرداخته می‌شود:

۲-۷-۱- معایب قنات

از مهم‌ترین معایبی که می‌توان برای قنات بر شمرده به طور خلاصه در زیر آمده است (کردوانی ۱۳۷۴، بهنیا ۱۳۷۹، آغاسی و میبدی ۱۳۷۹، سمساریزدی و هادیان ۱۳۷۹، نظرفرد و همکاران ۱۳۸۳ و Lightfoot 1995):

- ۱- هدرروی آب در فصول تر: از عمده ترین و مهم‌ترین معایبی که به قنات گرفته می‌شود هدر رفتن آب آن در فصول تر می‌باشد. به این صورت که در زمستان، زمانی که دبی قنات بیشتر است آب به هدر می‌رود در حالیکه در تابستان که نیاز به آب افزایش می‌یابد دبی آن کم شده است
- ۲- اتلاف آب در بخش خشکه کار: همیشه مقداری آب به هنگام عبور از خشکه کار قنات، به درون آن نفوذ می‌کند و میزان آن به نفوذپذیری محل بستگی دارد. بسته به این مقدار نفوذ، دبی قنات نیز کاهش می‌یابد و یا حتی ممکن است باعث خشک شدن آن گردد. قنات خارزار میبد قناتی است که با وجود داشتن دبی ۴۰ لیتر بر ثانیه به علت نفوذ تمام آب آن در خشکه کار، خشک شده است.

- ۳- عدم امکان حفر قنات در دشت‌های کم شیب

- ۴- ناکارآمد بودن آن در بهره برداری از لایه‌های آبدار

۵- کند بودن روند حفر قنات

۶- در مواردی که امکان جدا کردن لایه‌های آبدار شور و شیرین وجود ندارد نمی‌توان از قنات استفاده کرد.

۷- بایر ماندن اراضی حاصلخیز بالادست

۸- در صورت نیاز نمی‌توان بیش از آبدهی مجاز سفره، از آب قنات استفاده کرد.

۲-۷-۲- مزایای قنات

از شاخص‌ترین مزایای قنات در مقایسه با چاه‌های آب می‌توان به موارد زیر اشاره کرد (کردوانی ۱۳۷۴، آغاسی و میبیدی ۱۳۷۹، باقری و روزبه ۱۳۷۹ و Lightfoot 1995,1996, Haeri 2003, Hansen 2007, و Boustani 2008):

- ۱- به خاطر زیرزمینی بودن تونل قنات، تلفات آب از طریق تراوش و تبخیر کاهش می‌یابد
- ۲- از آنجائی که تغذیه سیستم تماماً به وسیله نیروی گرانش زمین صورت می‌گیرد، نیاز برای پمپ و انرژی حذف می‌گردد.
- ۳- چون نیاز به پمپ و سوخت ندارد در نتیجه مانند چاه برای تأمین وسایل، نیازی به مبادلات ارزی نمی‌باشد و در نهایت آب استحصالی از طریق قنات ارزان‌تر است.
- ۴- با وجود اینکه هزینه حفر قنات چندین برابر چاه است، در صورتی که قنات به طور منظم تعمیر و لایروبی شود عمر آن طولانی و حتی نامحدود خواهد بود. درحالیکه، طول عمر یک چاه به طور میانگین چیزی در حدود ۲۰ سال است.
- ۵- علاوه براینکه احداث قنات با وسایل ساده و نیروی کار محلی امکان پذیر است، هزینه نگهداری و تعمیر آن نیز نسبت به چاه بسیار پائین بوده و این در مناطق روستائی بسیار مفید می‌باشد.
- ۶- سرعت جریان آب و دبی آن در قنات به وسیله سطح آب زیرزمینی کنترل می‌شود، بنابراین خود قنات افت مهمی را در سفره ایجاد نمی‌کند.

۷- چون قنات به طور تدریجی آب را زهکشی می‌کند در نتیجه به کیفیت آب زیرزمینی صدمه نزده.

۸- با انتقال آب شیرین از مناطق کوهستانی به پائین دست که خاک شوری دارد می‌توانند شوری خاک را کنترل نمایند.

۹- در استفاده از قنات مشکل بسته شدن منافذ (Clogging) وجود ندارد.

۱۰- استفاده از انرژی هیدرولیکی قنات.

۱۱- عدم وابستگی قنات به نگهبان، در صورتی که چاه همیشه حداقل به یک نفر تلمبه‌بان احتیاج دارد.

۱۲- قنات انعکاسی از یک کار هماهنگ و اجتماعی است و در مناطقی که آن‌ها ساخته شده‌اند فرصت‌های شغلی برای آن محل بوجود می‌آورد.

۱۳- در طول چندین دوره خشکسالی برای مخازن آب زیان‌آور نبوده و به مبارزه با بیابان‌زائی کمک می‌کند.

عموماً چاه‌ها برای استفاده کوتاه مدت مفید هستند و محیط اطراف خود را به سرعت تغییر می‌دهند ضمن اینکه در خشکسالی‌ها خیلی زود سفره را تخلیه می‌کنند. در مورد سدها نیز اگر چه نسبت به چاه‌ها مقاوم‌تر هستند، اما برای پایداری طولانی مدت آن‌ها شرایط معینی (محل، جزئیات تکنیک مهندسی و تکنولوژی آن) لازم است و در کشور ما که فرسایش خاک یک مسئله جدی بوده و نیز میزان تبخیر بسیار بالاست محدودیت‌هایی را برای آن‌ها ایجاد می‌شود. در نتیجه تحت یک چنین شرایط آب و هوایی است که ارزش قنات مشخص می‌شود زیرا در خشکسالی‌ها انعطاف‌پذیر بوده و به سرعت خشک نمی‌شوند (Haeri 2003).

به طور کلی می‌توان گفت از مهمترین مزایای قنات این است که تعادل آب زیرزمینی را به هم نمی‌زند و باعث افت در سفره نمی‌شود، ضمن اینکه نیاز به انرژی نداشته و هزینه تعمیر و نگهداری آن نسبت به چاه‌ها خیلی کم است. از معایب عمده آن نیز می‌توان به هدر رفتن آب در فصول تر، عدم حفر در دامنه-

های کم شیب و نفوذ آب در قسمت خشکه کار اشاره کرد. در واقع برآیندی از این مزایا و معایب است که کارائی یک قنات را تعیین می‌کند.

۲-۸- حفاظت قنات

یک رشته قنات در طول مدت حیاتش باید مورد حفظ و نگهداری قرار گیرد، این حفاظت هم از نظر ساختمان (جلوگیری از ریزش، جلوگیری از ورود سیلاب‌ها) و هم حفظ تداوم آبدهی (رعایت حریم قنات) ضروری به نظر می‌رسد. در ضمن، قنات‌ها باید مرتباً پاکسازی، مرمت، لایروبی و بهسازی شوند، در غیر اینصورت به تدریج آبدهی آن کم و در آینده‌ای نه چندان دور (۱۰ تا ۱۵ سال) غیر قابل استفاده می‌گردند (سمساریزی و تفتی ۱۳۷۹). اینکار باید در یک اساس منظم و برای جلوگیری از رسوبگذاری، ریزش و متروکه شدن انجام شود که این عمل به حفظ قنات حتی در فصول تر کمک می‌کند (Wessels and Hoogeveen 2002).

۲-۸-۱- حفاظت از ساختمان قنات

۲-۸-۱-۱- جلوگیری از ریزش

فرسایش تونل قنات در نتیجه جریان آب یکی از مهمترین فاکتورهائی است که می‌تواند دیواره تونل را جابجا کرده و باعث ریزش شود و در نهایت نشست و در سطح آب فرو چاله‌ها را ایجاد کند. عواملی که در پایداری و مقاومت ساختمان قنات موثر هستند عبارتند از: خواص هندسی قنات، بارگذاری در نتیجه ساختمان‌های واقع در سطح، سطح آب زیرزمینی و خواص ژئوتکنیکی خاک (مثل چگالی خاک، مدول برشی، مدول یانگ و مدول بالک). در قنات‌های کم عمق که در سطح زمین نیز بارگذاری وجود دارد، اگر خاک ضعیف باشد خطر ریزش بیشتر از قنات‌های عمیق است. هر چه قطر قنات بزرگتر باشد احتمال ریزش آن بیشتر خواهد بود (Rayhani and EL Naggar 2006). در خاک‌های محکم احتیاجی به پوشش-گذاری تونل نیست ولی در مناطقی که تونل از رسوبات شنی نرم عبور می‌کند باید از حلقه‌های گل پخته

شده (کول) برای پشتیبانی از دیواره تونل استفاده کرد (گوبلو، ترجمه شده از سرو مقدم و پاپلی یزدی ۱۳۷۱، بهنیا ۱۳۷۹، Sankaran 2004). در قنات‌های کوهستانی به علت این که تونل از لایه‌های سنگی عبور می‌کند احتیاجی به کول‌گذاری نیست، ولی برای قنات‌های طویل که در دشت‌ها قرار دارند کول-کشی لازم است. در واقع یکی از عملیات‌های اجرائی در زمینه ترمیم و باز سازی قنات‌ها در درجه اول، کول‌کشی است. کول‌گذاری علاوه براینکه در جلوگیری از ریزش مؤثر است از نفوذ آب در بخش خشکه‌کار نیز جلوگیری می‌کند (بهنیا ۱۳۷۹).

۲-۸-۱-۲- جلوگیری از ورود سیلاب‌ها

از دیگر خطراتی که حیات قنات‌ها را تهدید می‌کند ورود سیلاب‌ها به درون میله چاه‌هاست و برای حل این مشکل در فصل زمستان دهانه آن‌ها را با آجر و تخته سنگ مسدود می‌کنند. البته در زمان حفر دهانه چاه را با آجر و گل از سطح زمین بالاتر می‌آورند و خاک حاصل از حفاری را به دور آن به صورت دیواری دایره‌ای شکل جمع می‌کنند تا از ورود آب به قنات جلوگیری کنند (کرجی قرن پنجم، ترجمه شده از خدیوچم ۱۳۴۵، بهنیا ۱۳۷۹). این امکان وجود دارد که قنات در وسط دره یا مسیل واقع شده باشد و هنگام سیل آب از روی دهانه چاه بگذرد که در این صورت آن را از نیمه مسدود و روی آن گل می‌ریزند (کرجی قرن پنجم، ترجمه شده از خدیوچم ۱۳۴۵).

۲-۸-۲- لایروبی

همانطور که گفته شد یک قنات باید مرتباً لایروبی و پاکسازی شود چرا که کف و دیواره تونل‌های قدیمی قنات ممکن است با رسوبات آهکی پر شده و یا درون مادرچاه و چاه‌های تغذیه‌کننده با رسوبات کانیائی پوشیده شود که در اینصورت باعث کاهش تراوش آب از سفره می‌گردد (Lightfoot 1995). بیرون آوردن گل، لای و رسوبات جمع شده در قنات را لایروبی می‌گویند و اگر طبقات رسوب زیاد باشد به آن گل‌کشی اطلاق می‌شود (بهنیا ۱۳۷۹). لایروبی هم در تونل‌های (کوره) با پوشش

و هم بدون پوشش انجام می‌شود. البته، اگر تونل پوشش داشته باشد دو مشکل اساسی وجود دارد: ۱. تنگی مجرا که کار کردن در آن را مشکل می‌کند و ۲. منحرف کردن و قطع کردن آب جاری که برای اینکار جلوی آب را در بالادست می‌بندند، ولی اگر زمان لایروبی طولانی شود و میزان آب زیاد گردد آن را به وسیله پمپ از نزدیکترین چاه به محل کار خارج می‌کنند. اگر هم تونل پوشش نداشته باشد که لایروبی سالانه آن ضروری است. ممکن است یک قنات را به روش طبیعی و به کمک ماهی‌های موجود در آب آن لایروبی کنند؛ به طوری که ماهی‌ها با حرکت خود گل و لای رسوب شده در کف کانال را به وسیله جریان آب به خارج هدایت می‌کنند و یا اینکه به همان روش مصنوعی (سنتی و با بیل و کلنگ) انجام دهند (بهنیا ۱۳۷۹). به عقیده کردوانی (۱۳۷۴) حفر و لایروبی قنات به روش قدیمی امروزه دیگر صرف نمی‌کند و زمان زیادی می‌برد اما می‌توان با استفاده از تکنولوژی روز این امر را سرعت بخشید؛ به طور مثال از چکش‌های مکانیکی که با هوای فشرده کار می‌کنند علاوه بر حفاری می‌توان عمل تهویه را نیز انجام داد یا از سیم‌کشی برق برای روشنایی، از ریل واگنی برای حمل مواد کنده شده و ... استفاده کرد.

۲-۸-۳- حفظ حریم قنات

مهم‌ترین چیزی که تداوم آبدهی یک قنات را تهدید می‌کند حفر چاه یا قنات دیگر در حریم آن می‌باشد. حریم، منطقه‌ای است که هر چاهی یا قنات باید حفاظت شود به طوری که چاه یا قنات جدید بر آبدهی قنات یا چاه‌های قبلی تأثیر نگذارد، در قنات این منطقه بیشتر برای مادر چاه در نظر گرفته می‌شود و معمولاً منطقه حفاظتی حریم برای چاه‌های قنات که بزرگتر از چاه پمپاژ هستند (شعاع آن ۶ تا ۸ برابر بزرگتر است)، بیشتر می‌باشد (Lightfoot 1995). بهره‌برداری بی‌رویه از چاه‌ها به خودی خود افت شدید و سریع سفره را به دنبال دارد، حال اگر هنگام حفر حریم قنات یا چاه نزدیک به آن را در نظر نگیرند در کاهش آبدهی یا خشک شدن چاه و قنات مزبور نقش بسزایی را ایفا می‌کند.

کرجی (قرن پنجم، ترجمه شده از خدیوچم ۱۳۴۵) می‌گوید: "حریم قنات بر حسب اختلاف خاک‌ها بسیار گونه‌گون است؛ هر گاه کاریز در زمینی حفر شود که زمین آن دارای خلل و فرج یکسان باشد و در طول و عرض خاکش اختلافی موجود نباشد و مادهٔ آبش از باران و رودهای موجود بر سطح زمین باشد، برای آن حریم و حدی لازم نیست، نمونهٔ آن کاریزهای اطراف دجله است، زیرا در اینگونه قنات‌ها آب از مسافت‌های دور و از چپ و راست به آنجا سرازیر می‌گردد. اما کاریزهائی که منابع آن کوه‌های پر برف باشد، خاکشان سست و نرم و دارای خلل و فرج است و رشتهٔ کاریز به دامنهٔ این کوه‌ها می‌رسد در نتیجه در طول قنات منشا و منبعی نیست و حریم آن از هر طرف تقریباً پانصد ذراع است و اگر کاریزی به موازات آن حفر شود باید فاصلهٔ بین دو کاریز ۱۰۰۰ ذراع شود (کف هر دو کاریز در یک عمق باشند)".

بهنیا (۱۳۷۹) عقیده دارد حریم قنات از هر دو طرف عبارت است از فاصلهٔ محور تونل تا نقطه‌ای که تأثیر بهره‌برداری قنات بر سطح آب در آن نقطه ناچیز و قابل چشم‌پوشی باشد. این حریم در نزدیکی مادرچاه به حداکثر و در نزدیکی چاه تران - خشکان (چاهی که تقریباً در مرز خشکه‌کار و تره‌کار واقع است) به حداقل یا صفر می‌رسد. این حریم از دو دیدگاه حقوقی و فنی قابل بررسی است:

۱- حقوقی: بر اساس سنت و قانون متداول عددی ثابت را در نظر می‌گیرند. به طور مثال؛ دشت‌های آبرفتی ۵۰۰ متر، در مناطق خشک ۱۵۰۰ متر و در دره‌ها و مناطق کوهستانی ۲۵۰ متر می‌باشد.

۲- فنی: با استفاده از شعاع تأثیر چاه در لایهٔ آبدار آزاد و فرمول تایس (Theis)، آن را با در نظر گرفتن ۷ عامل به قنات تعمیم می‌دهند. این ۷ عامل شامل میزان بهره‌برداری از منطقه، میزان افت قابل اغماض، ضرایب هیدرودینامیکی سفره، مدت بهره‌برداری مداوم از چاه یا قنات، شرایط محلی و منطقه‌ای، ساختار زمین‌شناسی منطقه و میزان تغذیهٔ لایهٔ آبدار می‌باشد.

این قوانین نه تنها در مورد چاه‌ها بلکه دربارهٔ گسترش قنات‌های قدیمی یا ساخت قنات‌های جدید باید در مسیری باشد که جریان آب در قنات‌های موجود کاهش نیابد (Lightfoot 1995).

راهکارهایی برای حفاظت از قنات‌ها

از جمله راهکارهایی که برای حفاظت از قنات‌های موجود عنوان می‌شود عبارتند از (کرجی قرن پنجم، ترجمه شده از خدیوچم ۱۳۴۵، کردوانی ۱۳۷۴، بهنیا ۱۳۷۹، سمساریزدی و جویا ۱۳۷۹، سمساریزدی و هادیان ۱۳۷۹ و Lightfoot 1995, Boustani 2008):

- ۱- جلوگیری از حفر هر گونه چاه در حریم قنات مورد نظر. همچنین جلوگیری از بهره‌برداری از چاه‌هایی که در حریم قنات واقع هستند یا مجوز ندارند.
 - ۲- تلفیق دانش جدید و قدیم و تربیت مقنی‌ها با این علوم و استفاده از تکنولوژی جدید برای حفر
 - ۳- توجه دولت به حفظ قنات‌ها به ویژه قنات‌هایی که به حال خود رها شده‌اند، اعم از وقفی یا شخصی
 - ۴- حفاظت از قنات در برابر سیلاب‌ها
 - ۵- اعطا وام برای لایروبی.
 - ۶- ایجاد تسهیلات برای مقنی‌ها و نیز تشکیل صنف مقنیان قنات
 - ۷- تشویق کشاورزان به کشت محصولات منطبق با شرایط آبی منطقه
- این راهکارها همراه با تشکیل نظامی همانند نظام بهره‌برداری گذشته، تداوم حیات قنات را تضمین خواهد کرد. به طور کلی اگر لایروبی، حفظ حریم قنات، نگهداری قنات و حفاظت از آن در برابر ریزش‌ها و ورود سیلاب‌ها در یک اساس منظم و برنامه‌ریزی شده انجام گیرد می‌توان حیات آنرا تا سال‌های متمادی تضمین کرد مشروط بر اینکه تا زمانی که فوریتی وجود نداشته باشد برای سهولت کار چاه را جایگزین نکنیم.

۹-۲- هیدروژئوشیمی قنات

از آنجایی که آب زیرزمینی ارتباط نزدیکی با دیگر تشکیل دهنده‌های محیطی (آب کره، هوا کره و زمین کره) دارد در نتیجه هر تغییری در میزان نزولات جوی باعث تغییر در رژیم، کیفیت و کمیت آن می‌شود،

و بالعکس تغییرات در آب زیرزمینی نیز باعث کاهش دبی آب سطحی، نشست و از بین رفتن پوشش گیاهی آن منطقه خواهد شد. همچنین کاهش نامعقول آب زیرزمینی به ویژه در سفره‌های ساحلی باعث پیشروی آب شور دریا به سمت سفره‌های آب زیرزمینی و آلودگی آن‌ها می‌گردد. از طرف دیگر آب‌های زیرزمینی در برابر بسیاری از اشکال آلودگی آسیب پذیر هستند و با وجود اینکه مواد مضر گاهی اوقات به وسیله فرآیندهای طبیعی ایجاد می‌شود اما اساساً فعالیت‌های بشری در این آلودگی دخیل هستند. البته از نظر سلیح (Salih 2006) آلودگی آب زیرزمینی معمولاً نتیجه مستقیمی از آلودگی محیطی؛ اساساً به وسیله سولفات‌ها، کلریدهای ترکیبات نیتروژنی، محصولات نفتی، فنول‌ها، ترکیبات آهن و فلزات سنگین؛ می‌باشد. اگر چه ترکیب آب خالص بسیار ساده است ولیکن حضور یون‌های H و OH در آب باعث شده که آب نه تنها به عنوان یک حلال بلکه به عنوان یک اسید و یک باز نیز عمل کند (امینی ۱۳۸۳). در نتیجه کیفیت آب پس از تأثیرپذیری اولیه از اتمسفر، متأثر از نوع و میزان سنگ مخزن و سنگ مسیر نیز خواهد بود (بهنیا ۱۳۷۹، صالحی و همکاران ۱۳۸۳، امینی ۱۳۸۳). البته غلظت یون‌های موجود در آب بستگی به ترکیب شیمیائی، ساخت، بافت، فابریک، میزان شکستگی‌ها، تخلخل، شکل و اندازه دانه‌ها، سختی، حلالیت و سطح برخورد مؤثر بین آب و مواد جامد، حرارت، فشار و کلاً عوامل فیزیکی و شیمیائی و فاکتورهای ترمودینامیکی دارد (امینی ۱۳۸۳).

با توجه به توضیحات فوق می‌توان گفت که با عبور تونل قنات (کوره) از لایه‌های مختلف زمین‌شناسی، امکان آلودگی آب قنات به وسیله برخی از این لایه‌ها وجود دارد و در صورتی که جنس بستر در خشکه‌کار نامناسب باشد باعث تقلیل کیفیت آب خواهد شد (صالحی و همکاران ۱۳۸۳). برخورد و تماس تونل قنات با لایه‌های حامل نمک به خصوص لایه‌هائی مربوط به رسوبات نئوژن و لایه‌های مستقل گچ، به شدت از نظر کمی و کیفی به قابلیت آبدهی آن آسیب می‌رساند. در دشت بجستان (استان خراسان) از سه حلقه چاه و هشت رشته قنات نمونه‌برداری انجام گرفت و نتایج نشان داد که به علت تأثیر سوء عوامل زمین‌شناسی و هیدروژئولوژیکی بر روی کیفیت آب در بخش شمالی حوضه، چاه‌ها و قنات‌هائی که در این

بخش از حوضه حفر شده بودند در مقایسه با چاه‌ها و قنات‌های بخش جنوبی شورتر بوده و کیفیت نامناسب‌تری داشتند، علاوه بر آن شیل‌ها و مارن‌های گچ‌دار سازند سردر و تشکیلات هوازده و ولکانیکی نقش بسزائی را در کاهش کیفیت آب منطقه ایفا کرده بودند (باقریان و همکاران ۱۳۸۳).

در تحقیقی دیگر که در بافق یزد انجام شد نتایج آزمایشات بر روی دو قنات (عنایت آباد و فاضلیه) نشان داد که چون بستر قنات از سازندهای نئوژن تشکیل شده بود (شن، ماسه، سیلت و رس و به طور چشمگیری گچ، نمک و املاح تبخیری) و قاعدتاً در مسافت‌های بیش از ۵ تا ۶ کیلومتر آب فرصت مورد نیاز برای انحلال این املاح و به تبع آن کاهش کیفیت را دارد، در نتیجه کیفیت آب در مظهر حدود ۲۰٪ نسبت به مادرچاه تقلیل یافته است (صالحی و همکاران ۱۳۸۳).

البته از طرفی بهنیا (۱۳۷۹) معتقد است که خود قنات به طور دائم و به صورت خودکار عمل نمک‌زدائی را در خود انجام می‌دهد. به این صورت که آب قنات با از دست دادن متوالی برخی از نمک‌ها (به علت رسوب آن‌ها)، نسبت به املاح سنگین محلول در خود سبک شده و به طور طبیعی کیفیت خود را بالا می‌برد. ضمن‌اینکه جهت بهبود کیفیت می‌توان قسمت‌هایی از تره‌کار را که در سازندی نامناسب حفر شده است (مثل رگه‌های قطور گچ) کول‌گذاری و مابین آن‌ها بندکشی کرد.

علاوه بر عوامل طبیعی، آلاینده‌های حاصل از فاضلاب‌های صنعتی و خانگی (بهنیا ۱۳۷۹)، سقوط حیوانات به داخل میله چاه‌ها (سمساریزدی و هادیان ۱۳۷۹)، کودهای شیمیائی و آفت‌کش‌ها (Salih 2006) نیز سلامت آب قنات‌ها را تهدید می‌کند. البته آب آلوده لایه آبدار، قبل از اینکه به آب قنات بپیوندد به خاطر عبور از قشر خاکی خود به خود مقداری تصفیه می‌شود و میزان آن بستگی به ضخامت قشر خاکی که از آن عبور می‌کند و نیز جنس لایه‌ها دارد. در برخی موارد یک قنات ممکن است از چند روستا عبور کند و ورود مستقیم آب آلوده به قنات‌های واقع در روستاها، می‌تواند بسیار خطرناک بوده و آلودگی را در منطقه وسیعی گسترش دهد. جهت پیشگیری از این مسأله باید از ورود فاضلاب‌ها به تونل جلوگیری کرده و دهانه میله‌هایی که از میان روستاها و شهرها می‌گذرد را مسدود کرد (بهنیا ۱۳۷۹).

فصل سوم

روش انجام مطالعات

۳-۱- مقدمه

به منظور بررسی هیدروژئولوژیکی و هیدروژئوشیمیائی قنات‌های منطقه بیارجمند موارد زیر انجام شده است:

- ✓ پیاده کردن مسیر قنات‌ها بر روی نقشه پایه
- ✓ اندازه‌گیری دبی قنات‌ها از تاریخ ۱۳۸۷/۷/۱۷ الی ۱۳۸۸/۷/۸
- ✓ تهیه هیدروگراف و منحنی فروکش جریان
- ✓ ارزیابی آبدهی قنات‌ها
- ✓ بررسی نسبت دبی بر واحد طول قنات

- ✓ اندازه‌گیری خصوصیات هیدروژئوشیمیایی قنات‌های مورد مطالعه از قبیل: هدایت الکتریکی، دما، pH (در محل نمونه‌برداری) و اندازه‌گیری غلظت یون‌ها (به وسیله آزمایشگاه پارک علم و فن آوری)
- ✓ تعیین پارامترهائی چون؛ سختی، کل مواد جامد محلول، نسبت جذب و درصد سدیم، رسم نمودارهای استیف، پایپر، شولر و ویلکوکس
- ✓ ارزیابی آلودگی قنات

۳-۲- پیاده کردن مسیر قنات‌ها بر روی نقشه پایه

به جز قنات‌های درانی و بزرگ بیارجمند مابقی قنات‌های مورد مطالعه در نقشه زمین‌شناسی منطقه وجود ندارند. به همین علت جهت تعیین موقعیت آن‌ها از مظهر به سمت مادرچاه به وسیله دستگاه GPS مختصات مسیر قنات‌ها اندازه‌گیری شده و بر روی نقشه پایه پیاده شده است.

۳-۳- تهیه شناسنامه قنات

با در دست داشتن اطلاعاتی نظیر؛ طول، عمق مادر چاه، تعداد میله چاه‌ها به همراه خصوصیات کیفی قنات‌های مورد مطالعه شناسنامه قنات‌های منطقه بیارجمند تهیه خواهد شد.

۳-۴- اندازه‌گیری دبی قنات‌ها و بررسی پارامترهای وابسته

از جمله اندازه‌گیری‌هایی که تحت عنوان آب‌سنجی یا هیدرومتری صورت گرفته و در تحلیل‌های هیدروژئولوژیکی از نتایج آن‌ها استفاده می‌شود، اندازه‌گیری سرعت آب (جسم شناور و استفاده از پروانه آبی) و پس از آن اندازه‌گیری دبی آب است (علیزاده ۱۳۸۱).

۳-۴-۱- اندازه‌گیری دبی با استفاده از سرعت آب

تمام اندازه‌گیری‌های آب‌سنجی از قبیل سطح آب، عمق آب و سرعت برای آن است که بتوان مقدار دبی را تخمین زد. منظور از دبی (Discharge) حجم آبی است که در واحد زمان از مقطعی از رودخانه که عمود بر جهت جریان است عبور کند. چنانچه سرعت متوسط آب $\bar{v}$ و سطح مقطع جریان A باشد، مقدار دبی (Q) عبارت است از:

$$Q = A \bar{v} \quad (۱-۳)$$

بنابراین جهت تخمین دبی باید سرعت متوسط و سطح مقطع جریان اندازه‌گیری یا محاسبه شود. حال برای محاسبه دبی در صورتی که مقطعی اندازه‌گیری جریان را به چند قسمت $b_1, b_2, b_3, \dots, b_n$ تقسیم کرده و عمق آب در محل هر یک از تقسیمات برابر $d_1, d_2, d_3, \dots, d_n$ باشد، با اندازه‌گیری سرعت متوسط در هر یک از نقاط یعنی $v_1, v_2, v_3, \dots, v_n$ می‌توان مقدار دبی را با استفاده از فرمول زیر محاسبه کرد:

$$q_i = \left[\frac{\bar{v}_i + v_{i+1}}{2} + \frac{\bar{d}_i + \bar{d}_{i+1}}{2} \right] (b_i) \Rightarrow Q = \sum_{i=1}^n q_i \quad (۲-۳)$$

که در آن:

n: تعداد مقاطع

q_i : دبی در قسمتی از مقطع که بین دو خط عمودی i و $i+1$ قرار گرفته است (m^3/sec)

$\bar{v}_i$: متوسط سرعت آب در خط عمودی i (m/s)

$\bar{d}_i$: عمق آب در خط عمودی i (m)

b_i : عرض سطح آب بین دو خط i و $i+1$ (m) می‌باشد.

۳-۴-۱-۱- اندازه‌گیری سرعت به وسیله جسم شناور

منظور از اندازه‌گیری سرعت با جسم شناور این است که جسمی مانند یک تکه چوب یا یک بطری نیمه‌پر از آب که وزن مخصوص آن کمتر از آب باشد را داخل آب انداخته و سرعت حرکت آن را بین دو نقطه مشخص از مسیر اندازه‌گیری می‌کنیم که این روش ساده‌ترین روش اندازه‌گیری سرعت است. اگر L فاصله بین دو نقطه و T فاصله زمانی که جسم بین دو نقطه از مسیر را طی کرده باشد، در نتیجه v (سرعت سطحی) برابر است با:

$$v_s = \frac{L}{T} \quad (3-3)$$

تجربه نشان داده است که بین سرعت متوسط آب در مقطع رودخانه (v_m) و سرعت سطحی (v_s) که به روش فوق اندازه‌گیری می‌شود، یک رابطه خطی به صورت زیر وجود دارد:

$$v_m = K \cdot v_s \quad (3-4)$$

که ضریب K به عمق آب بستگی داشته و مقدار آن بین $0/6$ تا $0/9$ متغیر است که معمولاً $0/8$ در نظر گرفته می‌شود (علیزاده ۱۳۸۱).

۳-۴-۱-۲- اندازه‌گیری سرعت با دستگاه سرعت‌سنج (مولینه)

معمول‌ترین وسیله اندازه‌گیری سرعت آب در آبراهه‌ها استفاده از دستگاه سرعت‌سنج^۱ یا پروانه آبی است. اساس کار سرعت‌سنج‌ها که بین متخصصان هیدرولوژی به نام مولینه (نام فرانسوی آن) معروف هستند، بر این اصل استوارند که قسمت پروانه‌ای آن در مقابل جریان آب قرار گرفته و در اثر سرعت آب به گردش درمی‌آید. شکل ۳-۱- کاربرد مولینه را برای اندازه‌گیری سرعت آب نشان می‌دهد.

¹ Current meter



شکل ۳-۱- دستگاه پروانه آبی

چرخش پروانه به سرعت آب بستگی دارد. تعداد دور پروانه از روشن و خاموش شدن چراغ که در اثر قطع و وصل جریان زده می‌شود، تعیین می‌گردد. بعضی سرعت‌سنج‌ها به شمارشگر نیز مجهز می‌باشند که تعداد دور را اندازه‌گیری می‌کند. اگر N تعداد دور در دقیقه باشد، سرعت آب (v) برابر است با:

$$v = a + bN \quad (3-5)$$

که a و b ضرایب مربوط به نوع سرعت‌سنج بوده و توسط کارخانه سازنده همراه با کاتالوگ دستگاه در اختیار مشتری داده می‌شود (علیزاده ۱۳۸۱). ضرایب مولینه استفاده شده در تحقیق جهت اندازه‌گیری دبی قنات‌های درانی و قنات بزرگ عبارتند از:

اگر $0.383469 < N < 10.8484$ باشد در این صورت a و b به ترتیب برابر با 0.115414 و 0.24121 خواهد بود.

اگر $10.8484 < N < 11.8933$ باشد در این صورت a و b به ترتیب برابر با 0.365871 و 0.276 خواهد بود.

۳-۴-۲- اندازه‌گیری دبی با استفاده از سرریز

در دبی‌های کوچک معمولاً از سرریز استفاده می‌شود که انواع مختلفی دارند و از جمله آن‌ها می‌توان به سرریز مثلثی، مستطیلی ساده، مستطیلی با فشردگی جانبی، دوزنقه‌ای و ... اشاره کرد. در قنات دزیان با

توجه به شکل مظهر می‌توان آن را یک سرریز مستطیلی با لبه پهن (شکل ۳-۴) در نظر گرفت که در این صورت دبی از روش زیر به دست می‌آید:

$$Q = C_s \times 2/3 \sqrt{2g} (b + K_b) (h + K_n)^{3/2} \quad (۳-۶)$$

که در آن:

Q : دبی (m^3/s)

C_s ، K_b و K_n : ضرایب ثابت که به ترتیب برابر است با ۰/۶۱، ۰/۰۰۳۵ و ۰/۰۰۱

g: شتاب گرانشی

b: عرض سرریز (m)

h: ارتفاع آب (m)

۳-۴-۳- تهیه هیدروگراف و منحنی فروکش جریان

هیدروگراف نموداری است که تغییرات دبی را نسبت به زمان نشان می‌دهد. به طور کلی هر هیدروگراف از سه قسمت تشکیل شده است: (۱) بازوی بالارونده که نشان‌دهنده شدت افزایش دبی نسبت به زمان است (۲) نقطه اوج و (۳) بازوی پائین‌رونده که چگونگی کاهش جریان را نشان می‌دهد. جهت تهیه منحنی فروکش جریان، مقادیر دبی را بعد از دبی اوج نسبت به زمان در یک نمودار نیمه لگاریتمی رسم خواهد شد.

۳-۴-۴- ارزیابی آبدهی قنات‌ها و عوامل موثر بر آن‌ها

از جمله دلایلی که بر آبدهی قنات‌ها تأثیر می‌گذارد و در فصل دوم نیز بدان اشاره شد عبارتند از:

۱- وسعت و ظرفیت لایه آبدار در تره‌کار

- ۲- ابعاد هندسی قنات که خود مشتمل بر طول تره کار، طول خشکه کار، سطح مقطع تونل و بالاخره شیب طولی تونل در قسمت‌های گوناگون می‌باشد.
- ۳- نفوذپذیری رسوباتی که قنات در آن حفر شده است
- ۴- وضع حوضه آبرگیر، نوع و میزان نزولات جوی
- ۵- وضع توپوگرافی منطقه و موقعیت دشت
- ۶- تراکم چاه‌ها و قنات‌ها در منطقه
- ۷- میزان تبخیر از آب قنات
- ۸- عدم لایروبی و برداشت بی‌رویه از سفره‌ها
- با بررسی هر یک از عوامل فوق، به تأثیر آن‌ها در میزان آبدهی قنات‌های مورد مطالعه پرداخته خواهد شد.

۳-۴-۵- محاسبه نسبت دبی بر واحد طول قنات

طول یک رشته قنات در میزان آبدهی آن موثر است و رابطه مستقیمی بین دبی و طول قنات وجود دارد. با اندازه‌گیری طول قنات‌ها و دبی آن‌ها و مقایسه دبی قنات‌های کوتاه و طویل منطقه و حذف عوامل اثرگذار دیگر، به بررسی این فاکتور بر آبدهی آن‌ها پرداخته خواهد شد.

۳-۴-۶- ارزیابی هدرروی آب در خشکه کار قنات

تراوایی در تره کار افزایش آبدهی قنات را سبب می‌شود، در حالی که این مسأله در خشکه کار باعث کاهش آبدهی و حتی خشک شدن قنات می‌گردد. بررسی این امر مستلزم در دست داشتن طول خشکه کار و تراوایی در آن است که به دست آوردن طول خشکه کار کار بسیار مشکلی می‌باشد لذا تعیین میزان هدرروی آب در خشکه کار در شرایطی که آب در کوره قنات جاری است، امکان پذیر نمی‌باشد. در هر حال می‌توان با توجه به وضعیت زمین‌شناسی منطقه، طول تقریبی خشکه کار و شیب زمین به صورتی تقریبی برآوردی کلی از میزان هدرروی آب در خشکه کار ارائه نمود.

۳-۴-۷- بررسی امکان افزایش آبدهی قنات

با بررسی عواملی که بر روی آبدهی قنات تأثیر می‌گذارند (عواملی که در بند ۳-۳-۴ توضیح داده شد)، می‌توان با بهبود و یا حذف عوامل اثرگذار آبدهی قنات را افزایش داد. البته این مسأله در حد یک پیشنهاد و گزارش خواهد بود و در دستور کار این پروژه قرار نداشته و مورد آزمایش قرار نخواهد گرفت.

۳-۵- اندازه‌گیری خصوصیات هیدروژئوشیمیائی

بررسی خصوصیات شیمیائی یک نمونه آب مستلزم تجزیه شیمیائی آن است و علاوه بر تعیین آنیون‌ها و کاتیون‌های اصلی شامل اندازه‌گیری هدایت الکتریکی (EC)، pH و دما نیز می‌باشد (صداقت ۱۳۷۸). بدین منظور، برای یک سال آبی از هفت قنات منطقه (قنات بزرگ، درانی، دزیان، پر، قلعه‌بالا، یزدو و طاهر آباد) نمونه‌برداری شد که سه قنات بزرگ، درانی و طاهر آباد جزء قنات‌های دشتی و دزیان، پر، قلعه‌بالا و یزدو از قنات‌های کوهستانی به شمار می‌آیند. جهت نمونه‌برداری از بطری‌های پلی‌اتیلنی ۲۵۰ میلی‌لیتری استفاده شد که در مجموع هفت مرتبه نمونه‌برداری از مظهر قنات‌های مزبور و یکبار هم از مادرچاه و سرشاخه‌ها صورت گرفت. همچنین در زمان نمونه‌برداری، ظروف حداقل سه مرتبه با آب مورد نظر شستشو داده شد. جهت بررسی هیدروژئوشیمیائی آب قنات‌های محدوده مورد مطالعه، پارامترهای هدایت الکتریکی، pH و دمای آب در محل نمونه‌برداری و غلظت آنیون‌ها و کاتیون‌ها به وسیله آزمایشگاه پارک علم و فن‌آوری استان سمنان تعیین گردید.

۳-۵-۱- پارامترهای اندازه‌گیری شده در محل نمونه‌برداری

هدایت الکتریکی، pH و دمای آب سه پارامتری بودند که در محل نمونه‌برداری اندازه‌گیری شدند. این فرایند در طی یک سال آبی و از مهرماه ۱۳۸۷ تا مهر ۱۳۸۸ و برای هفت مرتبه انجام گرفت که اندازه‌گیری‌ها به شرح زیر می‌باشد:

الف- هدایت الکتریکی آب

هدایت الکتریکی ویژه معرف قدرت یونی یک محلول برای انتقال جریان برق است (عودی ۱۳۷۳، چالکش امیری ۱۳۸۴) و عبارت است از توانائی مکعبی به ابعاد یک سانتی متر برای عبور جریان برق که واحد آن mho عکس واحد مقاومت (ohm) است. هدایت الکتریکی به دما، غلظت و نوع یون ها بستگی دارد و هر چه غلظت نمک های محلول در آب بیشتر باشد هدایت الکتریکی آب نیز افزایش می یابد (صداقت ۱۳۷۸). برای تمام نمونه ها و در محل نمونه برداری میزان هدایت الکتریکی به وسیله هدایت سنج با مدل WP-84 (TPS) ساخت شرکت HACH، طی یک سال آبی و هفت مرتبه اندازه گیری شد که دقت دستگاه برای مقادیر کمتر از ۲۲۰۰ میکروموهس بر سانتی متر برابر با یک میکروموهس بر سانتی متر می باشد.

ب- اندازه گیری pH

رقم pH آب، غلظت یون های هیدروژن اسیدی یا قلیائی بودن آب را تعیین می کند (عودی ۱۳۷۳). در واقع pH قدرت اسیدیته آب بوده ولی قلیائیت آب معرف مقاومت آب در برابر تغییرات pH است (چالکش امیری ۱۳۸۴). قلیائی بودن آب غالباً بر اساس مقدار کربنات و بی کربنات بر حسب کربنات کلسیم اندازه گیری می شود چرا که عملاً تمام قلیائیت آب های طبیعی ناشی از یون کربنات و بی کربنات است (عودی ۱۳۷۳، صداقت ۱۳۷۸). در pH بین ۴/۶ و ۸/۳ آب در تعادل بین بی کربنات و دی اکسید کربن به سر می برد و زمانی که مقدار آن به بیش از ۸/۳ برسد، دیگر دی اکسید کربن آزاد وجود ندارد و قلیائی بودن به صورت کربنات و بی کربنات همزمان بروز می کند (عودی ۱۳۷۳، شریعت پناهی ۱۳۸۰). از طرف دیگر اسیدیته آب نیز در نتیجه دی اکسید کربن محلول و یا اسیدهای آلی ناشی از تجزیه گیاهان می باشد (عودی ۱۳۷۳). اندازه گیری pH در محل نمونه برداری انجام شده است که برای این کار از دستگاه pH متر با مدل SUNTEX_ 710 استفاده شد که دقت دستگاه برابر ۰/۰۱ واحد بود. قبل از آن نیز جهت کالیبره کردن دستگاه از محلول های بافر ۴ و ۷ استفاده گردید.

ج- اندازه‌گیری درجه حرارت آب

همزمان با اندازه‌گیری هدایت الکتریکی و pH، دمای آب نیز به وسیله همان دستگاه هدایت سنج با دقت ۰/۱ سانتی‌گراد در مظهر قنات اندازه‌گیری گردید که دمای آن با دماسنج جیوه‌ای کنترل شده است.

۳-۵-۲- پارامترهای اندازه‌گیری شده در آزمایشگاه

میزان املاح موجود در آب‌های زیرزمینی بستگی به منشأ آب و همچنین مسیری دارد که آب از طریق آن جریان می‌یابد. تغییرات میزان نمک‌های محلول در آب‌های زیرزمینی در نتیجه فرآیندهای احیا شدن، تبادلات بازی، نفوذ، تبخیر، تفرق و بارندگی صورت می‌گیرد. واکنش‌های احیا با توجه به طبیعت بیوشیمیایی آن‌ها، غلظت SO_4^{2-} را در آب زیرزمینی تحت تأثیر قرار می‌دهد. هنگامیکه آب‌های زیرزمینی جریان می‌یابند، خاک به صورت یک تبادله‌کننده یونی عمل می‌کند و کاتیون‌های موجود آب با کاتیون‌های موجود در خاک به حال تعادل در می‌آیند. عموماً میزان نمک در آب به دلیل تبخیر و تفرق یا انحلال، افزایش می‌یابد و بیشتر تحت تأثیر شرایط آب و هوایی است (غلامعلی‌زاده آهنگر ۱۳۸۱). همانطور که قبلاً اشاره شد جهت اندازه‌گیری غلظت کاتیون‌ها و آنیون‌های اصلی ($K^+, Na^+, Mg^{2+}, Ca^{2+}, Cl^-, NO_3^-, SO_4^{2-}, CO_3, HCO_3^-$)، تمامی نمونه‌ها ظرف حداکثر ۲۴ ساعت پس از نمونه‌برداری به آزمایشگاه پارک علم و فن‌آوری استان سمنان انتقال یافت.

۳-۵-۳- پارامترهای محاسبه شده با استفاده از آنالیزها

با در دست داشتن میزان غلظت یون‌ها می‌توان پارامترهای سختی، کل مواد جامد محلول، درصد سدیم و نسبت جذب سدیم را محاسبه کرد. علاوه بر آن با رسم نمودارهای استیف، پایپر، شولر و ویلکوکس تیپ آب، شباهت و تفاوت بین آب قنات‌های مورد نظر و همچنین کیفیت آب آن‌ها را می‌توان مقایسه نمود.

الف - سختی

سختی آب شامل مجموع غلظت املاح کلسیم و منیزیم موجود در آب می‌باشد (Todd 1980). البته در تعریفی دیگر سختی به واکنش آب با صابون و رسوب‌گذاری در ظرف‌ها یا لوله‌های انتقال آب مربوط می‌شود (صداقت ۱۳۷۸). گذشته از کلسیم و منیزیم، وجود کاتیون‌های آهن، منگنز، مس، آلومینیوم و استرانسیوم با آنیون‌های کربنات، بی‌کربنات، کلروسولفات و نیترات به صورت محلول در آب وجود دارد و در بالا بردن میزان سختی آب موثرند. سختی آب را می‌توان به سه دسته سختی کل، سختی دائم یا غیرکربناته و سختی موقت یا کربناته تقسیم کرد. سختی کل عبارت است از مجموع املاح کلسیم و منیزیم آب قبل از حرارت دادن و یا به بیانی دیگر مجموع سختی موقت و سختی دائم. سختی موقت به کربنات‌ها و بی‌کربنات‌های کلسیم و منیزیم مربوط می‌شود و بر اثر جوشیدن ته‌نشین می‌گردد، پس اندازه‌گیری سختی آب بعد از جوشانیدن شامل سختی دائم خواهد بود. سختی دائم به واسطه عناصری چون سولفات‌ها و کلرورهای کلسیم و منیزیم که در اثر جوشیدن رسوب نمی‌دهد، پدید می‌آید (عودی ۱۳۷۳). سختی معمولاً بر حسب میلی‌گرم در لیتر کربنات کلسیم بیان می‌شود و از رابطه زیر به دست می‌آید (Todd 1974، صداقت ۱۳۷۸، علیزاده ۱۳۸۱):

$$TH = Ca \times \frac{CaCO_3}{Ca} + Mg \times \frac{CaCO_3}{Mg} \quad (۷-۳)$$

ب - کل مواد جامد محلول (T.D.S)^۱

شامل مجموع مواد جامدی است که در آب محلول است اما این فاکتور رسوبات معلق، کلوئیدها و گازهای محلول را در بر نمی‌گیرد. اگر تمام مواد جامد محلول در آب به وسیله آزمایش دقیقاً تعیین شود، مجموع عددی آن‌ها برابر T.D.S بر حسب میلی‌گرم در لیتر یا ppm خواهد بود (صداقت ۱۳۷۸). البته همانطور که قبلاً در رابطه (۷-۳) عنوان شد می‌توان کل مواد جامد محلول را تقریباً محاسبه کرد.

^۱ Total Dissolved Solids

ج- نسبت جذب سدیم و درصد سدیم

عنصر سدیم در بیشتر منابع آبی موجود بوده و میزان آن در آب کشاورزی اهمیت زیادی دارد (Todd 1980، صداقت ۱۳۷۸). خاک‌هایی را که نسبت بزرگی سدیم در خود دارند و آنیون مهم آن‌ها کربنات است را خاک‌های قلیائی می‌نامند و آن‌هایی که آنیون مهم‌شان کلرور یا سولفات است، خاک‌های شور نامیده می‌شوند. معمولاً هیچ یک از دو خاک شور و قلیائی در صورتی که اشباع از سدیم باشد در آن هیچ گیاهی رشد نمی‌کند و یا رشد کمی دارند. ضمن اینکه ترکیب سدیم با خاک باعث کاهش نفوذپذیری و سخت کردن خاک می‌شود (Todd 1980، صداقت ۱۳۷۸). این دو اثر اخیر ناشی از جانشینی یون‌های کلسیم و منیزیم به وسیله یون‌های سدیم در رس‌ها و کلوئیدهای خاک است که میزان این جانشینی را می‌توان با نسبت جذب سدیم (SAR) برآورد کرد و با رابطه (۳-۸) بیان می‌شود (صداقت ۱۳۷۸).

$$SAR = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca + Mg}{2}}} \quad (۳-۸)$$

میزان سدیم موجود در خاک را هم بر حسب درصد سدیم بیان می‌کنند و عبارت است از (Todd 1980، صداقت ۱۳۷۸):

$$\%Na = \frac{(Na + K)}{Ca + Mg + Na + K} \times 100 \quad (۳-۹)$$

که در آن تمام غلظت‌های یونی بر حسب میلی‌اکی‌والان در لیتر است.

ج- ترسیم نمودارهای مربوط به کیفیت آب

با استفاده از نمودار پایپر که یکی از رایج‌ترین و کاربردی‌ترین نمودارها جهت بررسی کیفیت آب است، شباهت‌ها و تفاوت‌های نمونه‌ها به خوبی مشخص می‌گردد. به طوری که، نمونه‌هایی که دارای خصوصیتی مشابه هستند به صورت گروهی در کنار هم قرار می‌گیرند. جهت تعیین تیپ نمونه‌ها، بهترین روش

استفاده از نمودار استیف می‌باشد که اندازه و شکل حاصل از این نمودار متناسب با کل محتوی یونی است. ترسیم این دو نمودار با استفاده از نرم افزار RockWork 14 انجام شده است. از آنجائی که آب آشامیدنی باید فاقد رنگ، طعم و بو باشد و همچنین غلظت عناصر در آن از حد مجاز تجاوز نکند، به منظور تعیین کیفیت آب زیرزمینی از دیاگرام شولر استفاده می‌شود. اما جهت تعیین کیفیت آب از نظر کشاورزی، بایستی درصد سدیم و همچنین مقدار جذب سدیم، که دو فاکتور مهم در طبقه‌بندی آب‌های کشاورزی هستند را به دست آورده و با استفاده از نمودار ویلکوکس کیفیت آن‌ها را بررسی نمود.

۳-۶- ارزیابی آلودگی بیولوژیکی قنات

جریان آب‌های آلوده در زمین‌های آبرفتی که ممکن است قدرت جذب مواد آلوده‌کننده را نداشته باشند، باعث ایجاد منابع آب آلوده‌شده یا منشا شیمیائی یا میکروبی در زمین‌ها می‌گردد. چاه‌های فاضلاب خانگی یکی از منابع آلوده‌کننده آب‌های زیرزمینی می‌باشد (غفوری و مرتضوی ۱۳۶۷). با قرار گرفتن مسیر کوره قنات در روستاها می‌تواند امکان آلودگی آب آن به وسیله چاه‌های فاضلاب منازل وجود داشته باشد. باز بودن دهانه میله چاه‌ها و تخلیه مواد زائد روستا در مجاورت میله چاه قنات‌ها می‌تواند از دیگر دلایل مهم آلودگی بیولوژیکی قنات‌ها باشند آزمایش‌هایی که معمولاً آلودگی آب را تعیین می‌کنند عبارتند از: الف- شمارش کلیه میکروب‌ها، ب- آزمایش‌های قابلیت شرب (مثل تعیین ۱. کلی‌فرم‌ها به ویژه اشیریشیاکلی^۱ ۲. استرپتوکوکوس فکالیس^۲ ۳. کلسترییدیوم پرف رنژنس^۳ و ۴. باکتریوفازهای مدفوعی)^۴، ج- میکروب‌های بیماری‌زا، د- اسپیروکت‌های بیماری‌زا، و- انگل‌های بیماری‌زا، ز- ویروس‌های بیماری‌زا. در این تحقیق

^۱ Escherichia Coli

^۲ Streptococcus Fecalis

^۳ Clostridium perf ringens

^۴ Bacteriophages fecaux

میزان باکتری‌های اشیرشیاکلی با استفاده از روش MPN^۱ تعیین خواهد شد و جهت نمونه‌برداری از شیشه‌های تیره رنگ ۲۵۰ سی‌سی استفاده کرده و نمونه‌ها ظرف مدت ۶ ساعت به آزمایشگاه آب و فاضلاب شهرستان شاهرود انتقال داده شد.

الف- روش نمونه‌گیری

قدم اول در نمونه‌برداری بیولوژیکی این است که هنگام نمونه‌برداری باید دقت شود تا بدنه ظرف به بستر یا دیواره‌ی قنات تماس نداشته باشد چرا که ممکن است در بستر قنات جلبک و خزه روئیده باشد و در نتیجه دقت آزمایش را کاهش دهد. حال دهانه بطری استریل را در آب فرو کرده و درب بطری را در زیر آب باز می‌کنیم به طوری که هوا وارد آن نشود، پس از پر شدن بطری درپوش آن را بسته و از آب خارج می‌نمائیم.

ب- روش آزمایش

پس از نمونه‌برداری ظروف را در کلمن یخ قرار داده و به آزمایشگاه انتقال می‌دهیم. برای آزمایش معمولاً از روش ۹ لوله‌ای استفاده می‌شود که شامل سه سری سه تایی است. سپس نمونه آب مورد نظر را با حجم-های ۱۰/۰، ۱ و ۱۰ میلی لیتر درون محیط کشت لاکتوز براث^۲ ریخته می‌شود (سه لوله اول: ۱۰ میلی لیتر، سه لوله دوم: ۱ میلی لیتر، سه لوله سوم: ۰/۱ میلی لیتر) و این نمونه‌ها را به مدت ۲۴-۴۸ ساعت در دمای ۳۷ درجه سانتی گراد درون انکوباتور قرار می‌دهند. در صورتی که در طی این مدت در لوله آزمایش گاز منواسید کربن تولید شود نشان دهنده این مطلب است که در آب مورد نظر کلیفرم وجود دارد چرا که میکرو ارگانیسم‌ها مواد مغذی محیط کشت را مصرف کرده و گاز منواکسید کربن تولید می‌کنند. حال ممکن است که در برخی از لوله‌ها گازی مشاهده نشود، در این صورت برای اطمینان از نبود باکتری در آب از محیط کشت بریلیانت گرین استفاده می‌شود که پس از حدود ۴۸ ساعت کلی‌فرم‌هایی که سرعت

^۱ Maximum Probability Number

^۲ Lactose Broth

کمتری در تولید گاز دارند به این ترتیب آشکار می‌شوند. در مرحله بعد نمونه‌هایی که مثبت بودند را جهت تست تأییدی به محیط بریلیانت گرین^۱ اضافه کرده و درون انکوباتور تا دمای ۳۷ درجه سانتی گراد به مدت ۲۴ ساعت حرارت می‌دهند. تا به اینجا تعداد کل کلیفرم‌ها اندازه‌گیری گردید اما برای اندازه‌گیری اشیرشیاکلی، لوله‌هایی که تست تأییدی در آن‌ها مثبت بود را در محیط بریلیانت گرین به مدت ۲۴ ساعت در دستگاه بن ماری تا ۴۴/۵ درجه سانتی گراد حرارت داده و نتیجه آن مورد بررسی قرار می‌گیرد و در صورتی که جواب مثبت باشد می‌توان با شمارش تعداد لوله‌های مثبت که حاصل آن یک عدد سه رقمی است MPN را از روی جدول، که بیانگر بیشترین تعداد کلیفرمی در ۱۰۰ میلی لیتر از نمونه آب است، به دست آورد (امتیازی ۱۳۷۵).

² Brilliant green

فصل چهارم

بررسی هیدروژئولوژیکی و هیدروژئوشیمیائی

قنات‌های منطقه بیارجمند

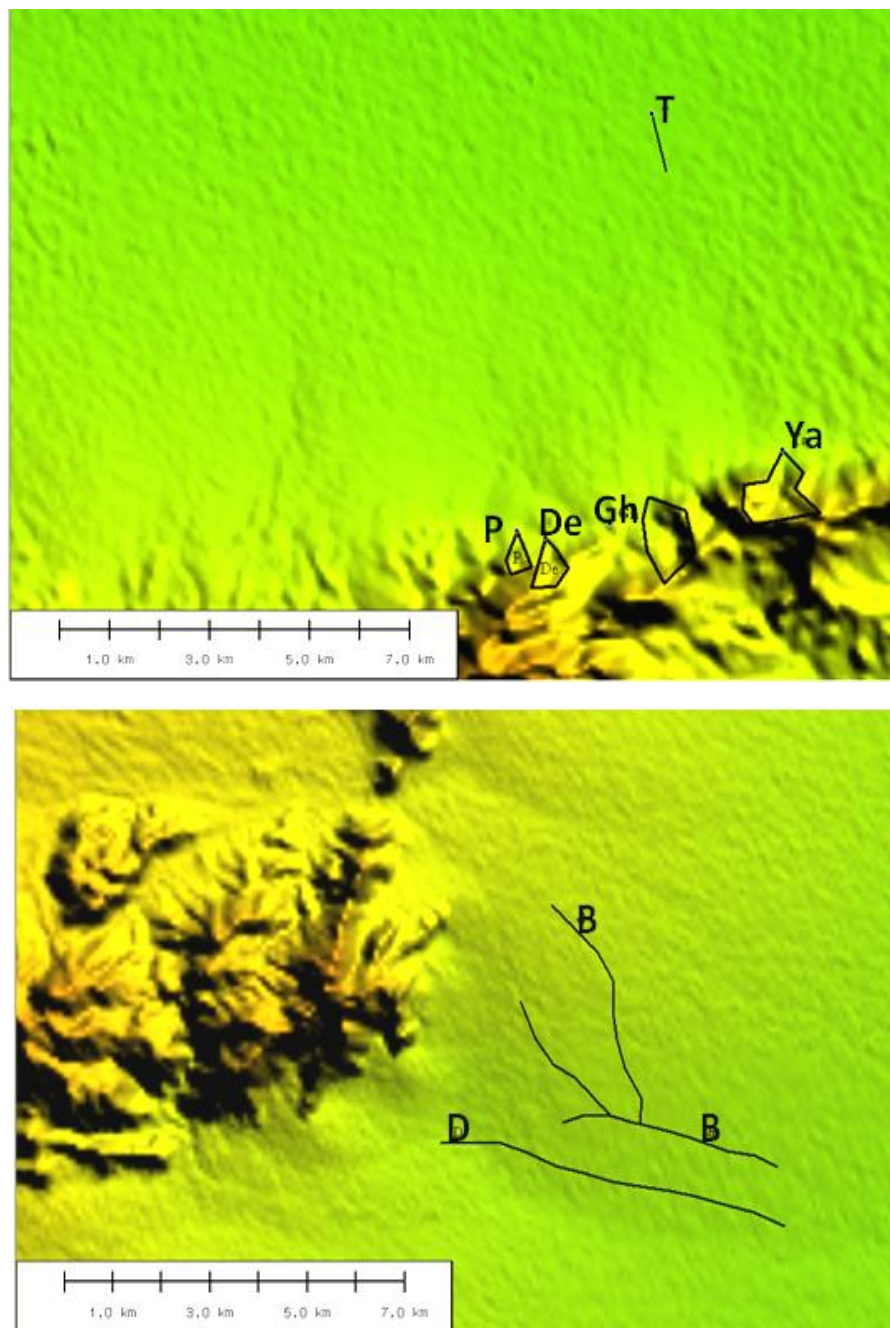
۴-۱- مقدمه

بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی به راه‌های مختلفی همچون چاه، قنات و چشمه انجام می‌گیرد. اگر چه امروزه در کشور ما مهمترین و عمده‌ترین روش برداشت از آب زیرزمینی، حفر چاه‌های آب است لیکن در مناطق خشک و نیمه خشک هنوز هم بسیاری از قنات‌ها فعال بوده و نقش مهمی را در آبادانی منطقه ایفا می‌کنند. یکی از مناطقی که در آن هنوز قنات به عنوان یکی از مهم‌ترین منابع تأمین آب به شمار می‌رود، منطقه بیارجمند است. به همین جهت در این تحقیق خصوصیات کمی و کیفی قنات‌های منطقه بیارجمند (قنات‌های دشتی درانی، طاهر آباد، قنات بزرگ و قنات‌های کوهستانی یزدو، قلعه‌بالا، دزیان و پر) در مدت یکسال اندازه‌گیری شده‌اند.

۴-۲- پیاده کردن مسیر قنات‌ها بر روی نقشه پایه

از آنجائی که به جز قنات‌های درانی و قنات بزرگ بیارجمند، مابقی قنات‌های مورد مطالعه در نقشه زمین-شناسی منطقه نشان داده نشده‌اند، در نتیجه به وسیله دستگاه GPS مختصات قنات‌های طاهر آباد، یزدو،

قلعه‌بالا، دزیان و پر تعیین شده و با استفاده از نرم افزار Global mapper موقعیت آن‌ها در عکس‌های ماهواره‌ای منطقه پیاده گردید (شکل ۴-۱). از آنجائی که مسیر قنات‌های کوهستانی بسیار کم است در نتیجه به جای مسیر قنات حدود حوضه آبریز آن‌ها مشخص شده است.



شکل ۴-۱ - موقعیت قنات‌های مورد مطالعه نسبت به ارتفاعات منطقه؛ (T): قنات طاهر آباد، (Ya): قنات یزدو، (Gh): قنات قلعه‌بالا، (De): قنات دزیان، (P): قنات پر، (B): قنات بزرگ و (D): قنات درانی

۴-۳- شناسنامه قنات‌های منطقه

در جدول (۴-۱) ، مشخصات شناسنامه‌ای قنات‌های مورد مطالعه از قبیل؛ طول قنات، عمق مادر چاه، تعداد میله چاه‌ها، میانگین دبی، هدایت الکتریکی، دما و دیگر خصوصیات کیفی برای هر قنات ارائه گردیده است. قنات‌های قلعه‌بالا، یزدو، دزبان و پر جزء قنات‌های کوهستانی و قنات‌های طاهر آباد، درانی و قنات بزرگ جزء قنات‌های دشتی منطقه به حساب می‌آیند. در بین قنات‌های مذکور، قنات بزرگ با ۱۰ کیلومتر و قنات یزدو با ۱۵۰ متر به ترتیب طولانی‌ترین و کوتاه‌ترین قنات‌های مورد مطالعه هستند. از نظر میزان دبی نیز طاهرآباد کمترین و قنات بزرگ بیشترین دبی را دارا می‌باشند. شکل (۴-۲) نمایی از مظهر قنات‌های مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

جدول ۴-۱- شناسنامه‌ی قنات‌های منطقه مورد مطالعه							نام قنات / مشخصات
قنات بزرگ	درانی	طاهر آباد	پر	دزبان	یزدو	قلعه‌بالا	طول قنات (m)
۱۰۰۰۰	۵۵۰۰	۲۵۰۰	۲۵۰	۴۵۰	۱۵۰	۶۰۰	۴۰
۱۱۰	۹۰	۲۵	۱۵	۴۰	۱۰	۴۰	۷
۱۹۰	۱۰۵	۶۰	۸	۴	۶	۷	موقعیت طبیعی قنات
دشتی	دشتی	دشتی	کوهستانی	کوهستانی	کوهستانی	کوهستانی	نوع مصرف
کشاورزی	کشاورزی	کشاورزی	کشاورزی	کشاورزی	کشاورزی	کشاورزی	هدایت الکتریکی ()
۸۹۴	۱۰۸۳	۱۱۰۴	۳۶۷	۳۰۹	۴۰۳	۳۳۰	سختی کل
۲۶۲	۳۶۱	۳۸۱	۱۵۸	۱۳۴	۱۵۳	۱۲۸	قلیائیت
۳۰۷	۳۷۹	۳۲۸	۱۶۶	۱۵۱	۱۶۷	۱۶۰	دبی (liter/s)
۴۲/۲۶	۱۸/۴۴	۴/۱۱	۳/۵۸	۱۴/۳	۵/۸۴	۹/۵۲	استحصال سالانه (میلیون متر مکعب)
۱۳۳۲/۷	۵۸۲	۱۳۰	۱۱۳	۴۷۷/۸	۱۸۴۷/۲	۳۰۰/۲	وضعیت آب از لحاظ شرب
قابل قبول	قابل قبول	قابل قبول	خوب	خوب	خوب	خوب	وضعیت آب از لحاظ کشاورزی
قابل استفاده	قابل استفاده	قابل استفاده	مناسب	مناسب	مناسب	مناسب	



قنات بزرگ



قنات طاهر آباد



قنات یزدو



قنات درانی



قنات دزیان



قنات قلعه بالا



قنات پر

شکل ۴-۲- مظهر قنات‌های مورد مطالعه

۴-۴- بررسی تغییرات زمانی دبی قنات‌ها

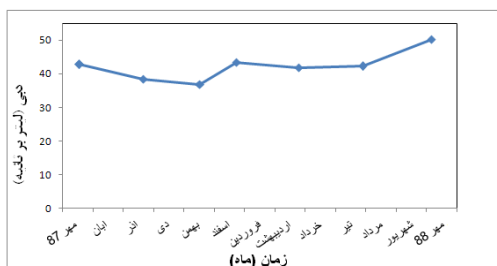
جهت بررسی دبی قنات‌ها از مهر ۱۳۸۷ الی مهر ۱۳۸۸، میزان دبی قنات‌های مورد مطالعه اندازه‌گیری و سپس پارامترهای میانگین و ضریب تغییرات آن‌ها برای هر قنات محاسبه گردید (جدول ۴-۲). ضمن اینکه به علت مسدود بودن قنات یزدو در دو دوره اندازه‌گیری، لذا نمونه‌برداری صورت نگرفته است.

جدول ۴-۲- تغییرات دبی قنات‌های مورد مطالعه در طی سال آبی ۱۳۸۸-۱۳۸۷ (بر حسب لیتر بر ثانیه)

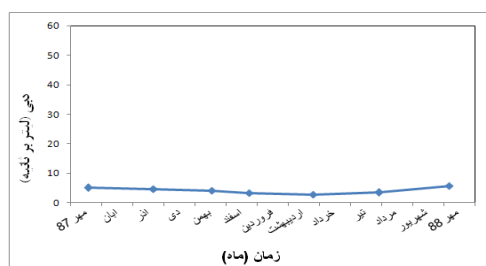
نام قنات تاریخ	طاهر آباد	یزدو	قلعه‌بالا	دزبان	پر	درانی	قنات بزرگ
۸۷/۷/۱۷	۵	۴/۱۰	۹/۸۰	۱۰/۶۶	۴/۴	۱۷/۵۰	۴۲/۷۷
۸۷/۹/۲۰	۴/۶	۴/۳۰	۸/۲۶	۱۰/۶۶	۲/۵۴	۱۶/۰	۳۸/۵۰
۸۷/۱۱/۱۶	۴	—	۶/۴۰	۲۴/۲۰	۲/۹۵	۱۴/۸۰	۳۶/۸۰
۸۷/۱۲/۲۱	۳/۲	—	۹/۱۰	۲۱/۶۰	۴/۷۹	۱۹/۹۰	۴۳/۳۳
۸۸/۲/۲۴	۲/۸	۱۳/۶۰	۸/۹۰	۱۴/۷۶	۴/۵۰	۱۷/۸۰	۴۱/۹۰
۸۸/۴/۲۵	۳/۴۴	۸/۳۰	۱۳/۱۰	۹/۷۰	۳/۱۰	۱۹/۷۰	۴۲/۲۰
۸۸/۷/۸	۵/۷۲	۱۰/۶۰	۱۱/۱۰	۷/۸۸	۲/۸۰	۲۳/۴۰	۵۰/۳۰
میانگین	۴/۱۱	۵/۸۴	۹/۵۲	۱۴/۳۰	۳/۵۸	۱۸/۴۴	۴۲/۲۶
انحراف معیار	۰/۹۷	۳/۶۶	۱/۹۷	۵/۸۶	۰/۸۷	۲/۶۴	۳/۹۶
ضریب تغییرات (/.)	۲۴	۴۵	۲۱	۴۱	۲۴	۱۴	۹

همانطور که ملاحظه می‌شود، به طور کلی قنات‌های دشتی میانگین دبی بالاتری نسبت به قنات‌های کوهستانی نشان می‌دهند و این می‌تواند به علت طولانی بودن مسیر تره‌کار در این قنات‌ها باشد، چرا که در قنات‌های کوهستانی عمده‌تاً مادر چاه آب قنات را تأمین می‌کند در حالی که در قنات‌های دشتی علاوه بر مادر چاه، تره‌کار (که در آبرفت حفر شده است) نیز در تغذیه آب آن سهیم است. البته در مورد قنات طاهر آباد دیده می‌شود که دبی پائین‌تری نسبت به قنات‌های کوهستانی و دشتی منطقه دارد. این مسأله می‌تواند به دلیل فاصله زیاد مادر چاه از محل تغذیه و یا کوتاه بودن طول قنات باشد. با بررسی ضریب تغییرات دبی قنات‌های مورد نظر مشاهده می‌شود که این فاکتور در قنات‌های کوهستانی به علت طول کم کوره قنات بیشتر از قنات‌های دشتی می‌باشد چرا که باعث می‌شود بارش به سرعت دبی قنات را متأثر سازد و در نتیجه دبی آن‌ها نوسانات بیشتری نسبت به قنات‌های دشتی دارند. جهت بررسی تغییرات

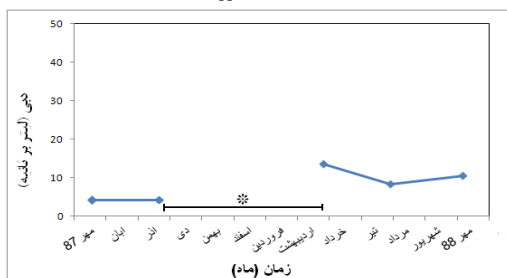
زمانی دبی قنات‌های منطقه نمودار دبی نسبت به زمان ترسیم شده است (شکل ۳-۴). با عنایت به هیدروگراف قنات‌ها ملاحظه می‌شود که در مهر ۱۳۸۸ در مقایسه با مهر ۱۳۸۷ تا اندازه‌ای مقدار دبی بیشتر می‌باشد. دلیل این امر از این قرار است که میزان بارندگی سال آبی ۸۷-۸۸ در مقایسه با سال آبی ۸۶-۸۷ بیشتر بوده است. جدول (۳-۴) میزان بارندگی سال آبی ۸۷-۸۸ را به صورت روزانه نشان می‌دهد.



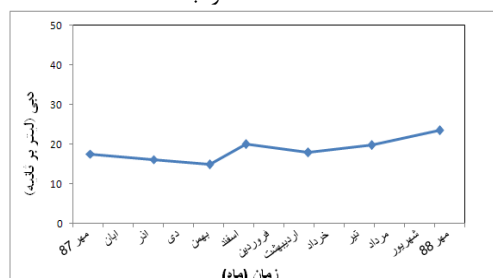
ب- قنات بزرگ



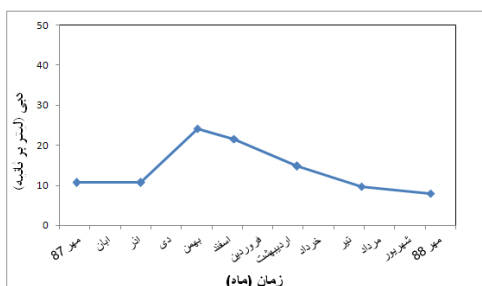
الف- قنات طاهر آباد



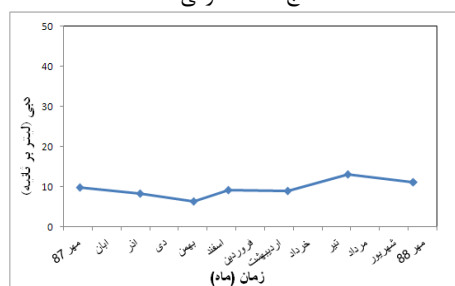
د- قنات یزدو



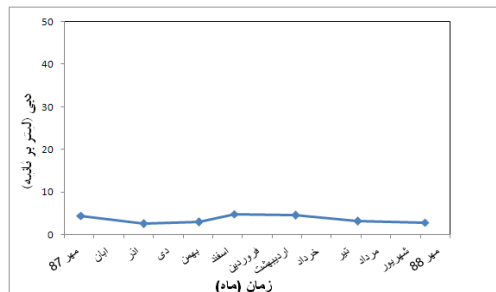
ج- قنات درانی



ه- قنات دزبان



و- قنات قلعهبالا



ی- قنات پر

شکل ۳-۴- تغییرات زمانی دبی قنات‌ها در طی یک سال آبی

* قنات در این دوره جهت ذخیره سازی مسدود بوده است

جدول ۳-۴- میزان بارندگی روزانه در سال آبی ۱۳۸۷-۱۳۸۸ (بر حسب میلی متر)

روز	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور
۱												
۲												
۳					۱۲/۵				۰/۵			
۴						۰/۲						
۵							۴/۵					
۶	۱/۵	۱۱										
۷												
۸											۰/۶	
۹					۲/۵							
۱۰								۰/۵				
۱۱			۶				۱۳/۵					
۱۲			۱۲/۵			۲		۲/۲				
۱۳			۲/۵	۰/۵								
۱۴			۰/۵		۲۰							
۱۵						۴/۲						
۱۶							۶					
۱۷												
۱۸												
۱۹												
۲۰					۲/۵							
۲۱												
۲۲												
۲۳				۱/۵								
۲۴				۵								
۲۵							۶					
۲۶												
۲۷											۳	
۲۸							۵/۵				۵	
۲۹											۲/۵	
۳۰					۰/۵							
مجموع	۱/۵	۱۱	۲۱/۵	۰/۵	۴۴/۵	۶/۴	۳۵/۵	۲/۷	۰/۵	۰	۰	۱۱/۱

قنات طاهر آباد: یک قنات دشتی است که تمام طول آن در رسوبات کواترنری حفر شده است (طول آن ۲۵۰۰ متر است). از شروع نمونه برداری تا اردیبهشت ماه دبی قنات مرتباً رو به کاهش بوده است و پس از آن یک روند افزایشی را نشان می دهد (شکل ۴-۳-الف). در حالی که روند بارندگی این گونه نبوده و علت آن این است که قنات های دشتی به خاطر فاصله ای که مظهر آن ها تا محل تغذیه دارند، معمولاً خیلی دیرتر اثرات بارش را نشان می دهند. در خصوص قنات طاهر آباد چون مادر چاه آن از ارتفاعات منطقه فاصله زیادی دارد در نتیجه زمان زیادی طول می کشد تا اثرات بارش حتی نسبت به قنات های دشتی دیگر بر روی دبی قنات مشاهده شود.

قنات بزرگ: قنات بزرگ با طول ۱۰ کیلومتر، از قنات‌های دشتی منطقه محسوب می‌شود که دارای چند شاخه بوده و دبی آن از تمام قنات‌های دیگر منطقه بیشتر است. دبی این قنات تا بهمن ماه روندی نزولی را نشان داده است که در یک دوره هم افزایش دبی (که می‌توان آن را اثر بارش ماه‌های قبل دانست)، دیده می‌شود. روند نزولی دبی تا تیر ماه ادامه دارد اما پس از آن رو به افزایش گذاشته است. در واقع چون طول قنات زیاد است اثرات بارش را با تأخیر نشان می‌دهد (شکل ۴-۳-ب).

قنات درانی: این قنات نیز همان شرایط قنات بزرگ را داراست و تقریباً همان روند را نشان می‌دهد. اما از آنجائی که قنات بزرگ دارای شاخه‌های متعددی است و حوضه آبرگیر بزرگتری را شامل می‌شود در نتیجه دبی بیشتری نسبت به قنات درانی دارد (شکل ۴-۳-ج).

قنات یزدو: همانطور که در شکل (۴-۳-د) دیده می‌شود، قنات از آذر ماه تا اردیبهشت ماه جهت ذخیره‌سازی آب و جلوگیری از هدرروی آن در ماه‌های سرد مسدود بوده است. به همین جهت اندازه‌گیری دبی در این دوره غیر ممکن بوده و در نتیجه نمی‌توان تفسیر درستی از روند تغییرات آن در دوره‌های قبل و بعد از آن داشت.

قنات قلعه‌بالا: این قنات نیز مانند قنات‌های دیگر تا بهمن ماه روندی نزولی داشته است اما پس از بهمن، روند صعودی را در پیش گرفته و چون قنات قلعه‌بالا یک قنات کوهستانی است در نتیجه به سرعت اثرات بارش را نشان می‌دهد. اما در تیر ماه بر خلاف دیگر قنات‌های کوهستانی دبی آن افزایش یافته است که احتمالاً می‌توان آن را به تأثیرات لایروبی که در این دوره صورت گرفته است نسبت داد (شکل ۴-۳-و).

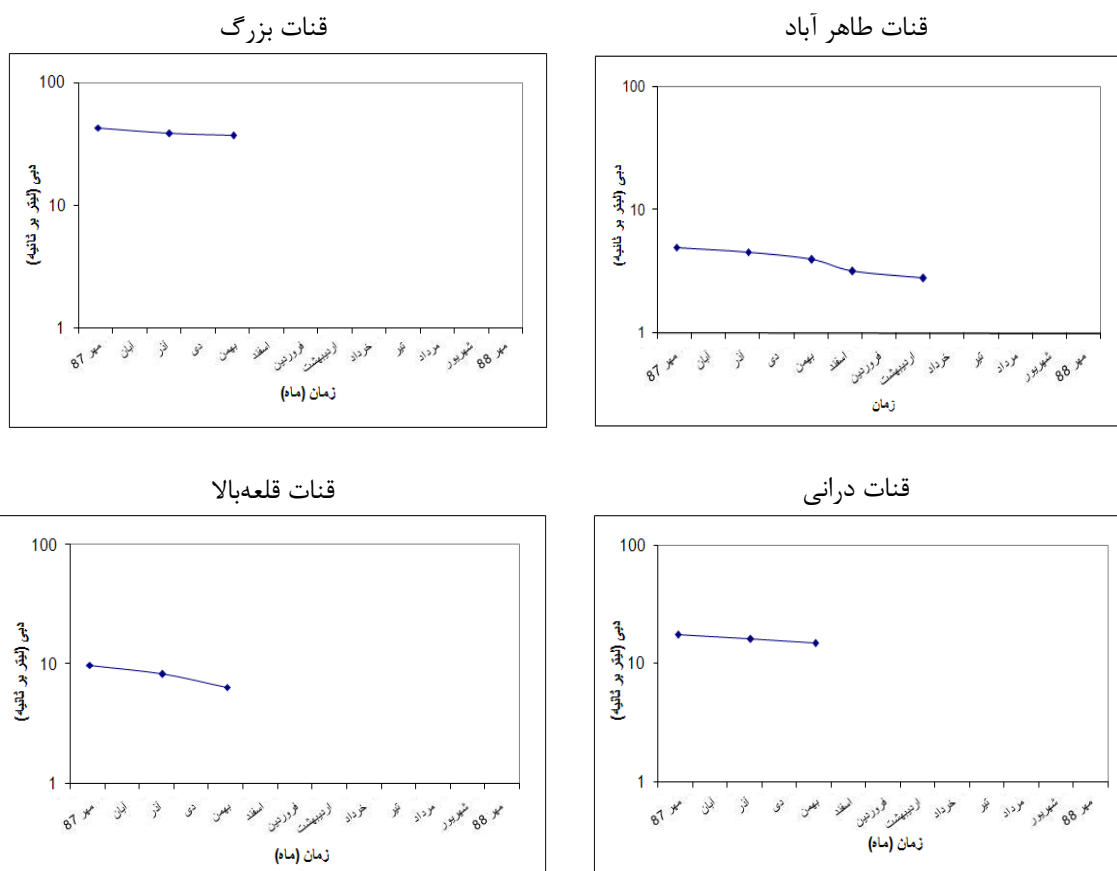
قنات دزیان: یک قنات کاملاً کوهستانی است که بیشتر طول آن در سنگ آهک‌های کرتاسه بیژن دره حفر شده است. از آنجایی که هیچ عارضه کارستی پیشرفته‌ای در محل مشاهده نمی‌شود در نتیجه سیستم آبدی این آهک‌ها افشان می‌باشد. چون طول قنات بسیار کم است و آب آن علاوه بر آهک‌های مذکور از آبرفت‌های دانه درشت این دره نیز تأمین می‌شود، در نتیجه ضریب تغییرات دبی آن بسیار

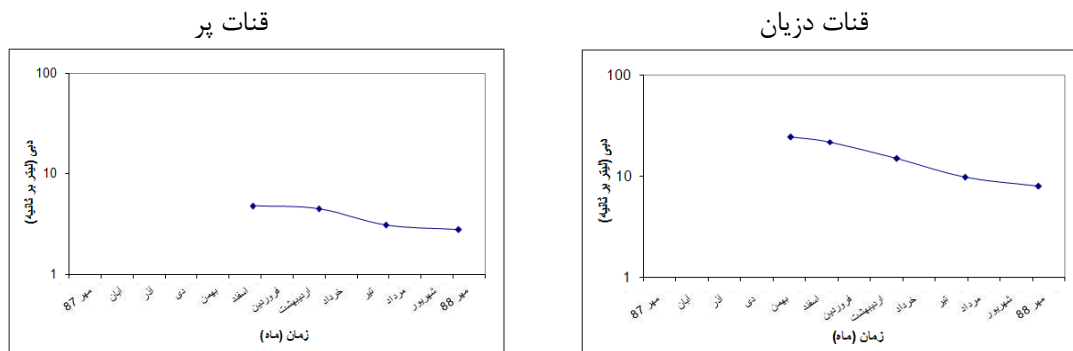
بالاست. در حقیقت در بارندگی‌های مختلف، آبرفت‌های این دره تغذیه شده و به سرعت دبی قنات را تحت تأثیر قرار می‌دهند (شکل ۴-۳-۵).

قنات پر: قنات پر تقریباً همان روند دزیان را نشان می‌دهد و تغییرات دبی از رفتار بارش پیروی می‌کند (شکل ۴-۳-۶).

۴-۵- هیدروگراف و منحنی فروکش جریان

از آنجائی که هیدروگراف تغییرات دبی را نسبت به زمان نشان می‌دهد (شکل ۴-۳) جهت تهیه منحنی فروکش جریان و بررسی سرعت تخلیه آبخوان در قنات‌های مورد مطالعه، مقادیر دبی (بعد از دبی اوج) نسبت به زمان در یک نمودار نیمه لگاریتمی ترسیم شده است. شکل (۴-۴) شیب منحنی فروکش جریان را در قنات‌های مورد نظر نشان می‌دهد.





شکل ۴-۴- منحنی فروکش جریان

از آنجائی که دبی قنات‌های کوهستانی تغییرات بیشتری دارند در نتیجه انتظار می‌رود که شیب منحنی فروکش جریان در آن‌ها نیز بیشتر باشد. با اندازه‌گیری شیب منحنی‌ها در قسمت‌های مختلف آن در هر قنات و مقایسه میانگین شیب در هر کدام مشخص گردید که مقدار آن در قنات‌های کوهستانی بیشتر از قنات‌های دشتی است. قنات یزدو نیز به علت اینکه در دو دوره اندازه‌گیری مسدود بوده لذا منحنی آن ترسیم نشده است. مقادیر شیب در هر قنات در جدول (۴-۴) ارائه شده است.

جدول ۴-۴- مقادیر شیب منحنی فروکش جریان در قنات‌های مورد مطالعه

شیب ۳	شیب ۲	شیب ۱	مقادیر شیب نام قنات
۰/۰۰۲۲	۰/۰۰۶۲	۰/۰۰۱۹	طاهر آباد
—	۰/۰۰۰۸	۰/۰۰۱۷	قنات بزرگ
—	—	۰/۰۰۱۴	درانی
—	۰/۰۰۴۸	۰/۰۰۲۷	قلعه‌بالا
۰/۰۰۳۱	۰/۰۰۶۴	۰/۰۰۰۳۲	دزبان
۰/۰۰۱۵	۰/۰۰۵۹	۰/۰۰۱	پر

۴-۶- ارزیابی آبدهی قنات‌ها

همانطور که اندازه‌گیری‌ها نشان داد، به طور کلی دبی قنات‌های دشتی منطقه بیشتر از قنات‌های کوهستانی می‌باشد که این امر را می‌توان به بزرگ‌تر بودن حوضه آبرگیر قنات‌های دشتی و طولانی بودن مسیر تره‌کار (که در آبرفت حفر شده است) در این قنات‌ها نسبت داد. حوضه آبرگیر قنات‌های کوهستانی معمولاً دره‌های پرشیب و کم‌وسعتی هستند که آب این قنات‌ها را تأمین می‌کنند (ضمن این که آب آن‌ها تنها از مادر چاه نشأت می‌گیرد) و این مسأله دلیلی دیگر بر کمتر بودن آبدهی این گونه قنات‌ها نسبت

به قنات‌های دشتی شده است. با بررسی که بر روی نسبت دبی بر واحد طول قنات‌های منطقه صورت گرفت مشخص شد که رابطه تقریباً مستقیمی بین طول یک رشته قنات و میزان آبدهی آن وجود دارد به طوری که هر چه طول قنات بیشتر باشد آبدهی آن نیز بیشتر خواهد بود. این مسأله در تفاوت بین قنات‌های دشتی و کوهستانی به خوبی نمود دارد.

۴-۶-۱- ارزیابی هدروی آب در خشکه‌کار قنات

با توجه به اینکه تعیین میزان طول تره‌کار و خشکه‌کار دقیق نبوده و اندازه آن‌ها با تغییرات سطح ایستابی مدام در حال تغییر است، در نتیجه نمی‌توان به طور دقیق بیان کرد که میزان هدرروی آب در خشکه‌کار چقدر می‌باشد. با وجود این که طول خشکه‌کار در قنات‌های دشتی بیشتر از قنات‌های کوهستانی است، اما از آنجائی که اساساً قنات‌های کوهستانی منطقه در دره‌هائی با بافت دانه درشت حفر شده‌اند لذا انتظار می‌رود که میزان هدرروی در آن‌ها بیشتر از قنات‌های دشتی منطقه (که در آبرفت‌های ریز دانه حفر شده‌اند) باشد. البته در قنات‌های قلعه‌بالا و دزیان، مسیر کوره کول‌گذاری شده است که این امر باعث کاهش تلفات در خشکه‌کار می‌گردد.

۴-۶-۲- بررسی امکان افزایش آبدهی قنات

عوامل زیادی در میزان آبدهی قنات‌ها تأثیر می‌گذارند که در فصل دوم و سوم نیز بدان‌ها اشاره شد. عواملی چون موقعیت و وسعت تره‌کار و یا ابعاد هندسی قنات‌ها از جمله مواردی هستند که اندازه‌گیری آن‌ها در این پروژه مورد نظر نبوده و در نتیجه نمی‌توان درباره‌ی اثرات آن‌ها بر روی قنات‌های منطقه بحث کرد. درباره‌ی نفوذپذیری رسوباتی که قنات در آن حفر شده‌اند می‌توان گفت با توجه به اینکه موقعیت قنات‌های دشتی منطقه به گونه‌ای است که مادر چاه در دامنه ارتفاعات قرار گرفته و طول آن‌ها به سمت مرکز دشت کشیده شده‌اند، و نظر به این مسأله که دانه‌بندی رسوبات به طرف مرکز دشت ریزتر خواهد شد در نتیجه می‌توان گفت که احتمالاً بستر خشکه‌کار قنات‌های دشتی منطقه از رسوبات دانه‌ریز

تشکیل شده است و نفوذپذیری آن کم می‌باشد. اما در قنات‌های کوهستانی به علت اینکه احتمال هدرروی آب از طریق رسوبات دانه درشت بستر قنات وجود دارد، بایستی بستر آن‌ها را کول‌گذاری نمود (شاید به این علت است که قنات پر با وجود فاصله بسیار کم آن با قنات دزیان دبی بسیار کمتری نسبت به آن دارد، چرا که کول‌گذاری نشده است). ضمن اینکه هنگام لایروبی باید دقت شود که تمام پوشش رسوبی کف کانال در خشکه‌کار تراشیده نشود.

از جمله عوامل اثرگذار دیگر بر روی آبدهی قنات‌ها وضعیت حوضه آبرگیر می‌باشد. حوضه آبرگیر در قنات‌های کوهستانی منطقه بسیار کوچک است و همانطور که اشاره شد دبی کمتری نسبت به قنات‌های دشتی دارند ضمن اینکه ضریب تغییرات آن‌ها بیشتر می‌باشد. در قنات‌های دزیان و یزدو مشاهده شده که برای افزایش مقدار آبدهی و همچنین کنترل سیلاب (با توجه به اینکه روستاها دقیقاً در دامنه کوه واقع شده‌اند و در معرض خطر سیلاب قرار گرفته‌اند) بندهایی بتونی در دره این قنات‌ها احداث شده‌اند که علاوه بر نقش کنترل سیلاب، به نوعی باعث تغذیه سفره آبدی این قنات‌ها نیز می‌شوند.

همانطور که می‌دانیم هر چه تراکم چاه‌ها و قنات‌ها در منطقه بیشتر باشد بر میزان آبدهی آن‌ها اثر خواهد گذاشت. با وجود اینکه قنات‌های منطقه در فاصله کمی از یکدیگر قرار گرفته‌اند، اما مجزا بودن حوضه آبرگیر هر کدام احتمال اثر گذار بودن این فاکتور بر آبدهی قنات‌های منطقه را کمرنگ می‌نماید. و اما عامل اثر گذار دیگر بر آبدهی قنات، میزان تبخیر از آب قنات است. اساساً یک مزیت قنات به عنوان کانال آبرسانی نسبت به کانال‌های سطحی این است که به خاطر زیرزمینی بودن آن میزان تبخیر در آن کمتر است اما از آنجائی که تمام کوره قنات از آب پر نیست، در نتیجه فضای کافی برای تبخیر وجود دارد که در قنات‌های دشتی به علت طولانی بودن مسیر این احتمال نیز قوت بیشتری می‌گیرد. ضمن اینکه در طول مسیر ممکن است بعضی از میله چاه‌ها باز باشند و این مسأله باعث ایجاد یک جریان هوا در کوره قنات و به دنبال آن تبخیر از آب می‌گردد. در حالیکه در قنات‌های کوهستانی منطقه علاوه بر اینکه مسیر کوتاه است، به خاطر قرار گرفتن مسیر آن در دره‌های پر شیب و احتمال ورود سیلاب به آن‌ها سر میله

چاه‌ها معمولاً مسدود هستند و در نتیجه انتظار می‌رود میزان تبخیر در قنات‌های کوهستانی نسبت به قنات‌های دشتی کمتر باشد. عامل دیگر اثر گذار در آبدهی قنات‌ها لایروبی آنهاست و همان طور که مشاهده می‌شود رسیدگی به قنات درانی و قنات بزرگ با توجه به ظرفیت آبدهی آنها نسبت به قنات طاهر آباد بیشتر می‌باشد (شکل ۴-۵ - لایروبی در قنات درانی) و مسلماً رسیدگی و لایروبی قنات طاهر آباد در بالا بردن میزان آبدهی آن بسیار مؤثر خواهد بود. ضمن این که در قنات قلعه‌بالا پس از لایروبی دبی آن در دوره‌ای که دیگر قنات‌های کوهستانی کاهش پیدا کردند، روند صعودی را نشان داد.



شکل ۴-۵- نهشته‌های آهکی کنده شده از قنات درانی در هنگام لایروبی این قنات

۴-۷- بررسی خصوصیات هیدروژئوشیمیائی

جهت بررسی هیدروژئوشیمیائی همانطور که در فصل سوم نیز ذکر شد، مقادیر هدایت الکتریکی، دما و pH در محل نمونه‌برداری و مقادیر غلظت آنیون‌ها و کاتیون‌ها توسط آزمایشگاه پارک علم و فن آوری اندازه‌گیری شد.

۴-۷-۱- بررسی پارامترهای اندازه‌گیری شده در محل نمونه‌برداری

مقادیر هدایت الکتریکی، دما و pH آب به مدت یک سال آبی و در هفت نوبت برای تمامی قنات‌های مورد مطالعه اندازه‌گیری شدند که نتایج به طور مختصر در زیر ارائه می‌شود. ضمن اینکه در اولین دوره نمونه-

برداری پارامترهای فوق در دو چاه عمیق واقع در منطقه (شماره ۱ در دامنه کوه و شماره ۲ در روستای خانخودی) جهت مقایسه اندازه گیری گردید.

الف- هدایت الکتریکی

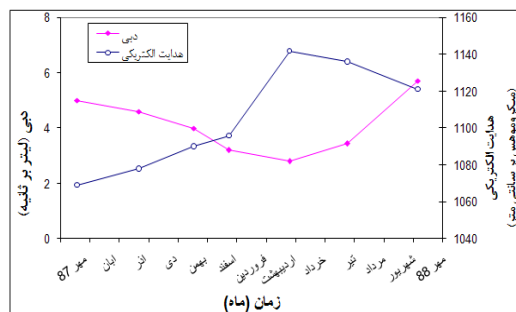
در طی یک سال آبی مقادیر هدایت الکتریکی و تغییرات آن اندازه گیری و مورد بررسی قرار گرفته است (جدول ۴-۵).

جدول ۴-۵- مقادیر هدایت الکتریکی (میکروموس بر سانتی متر)

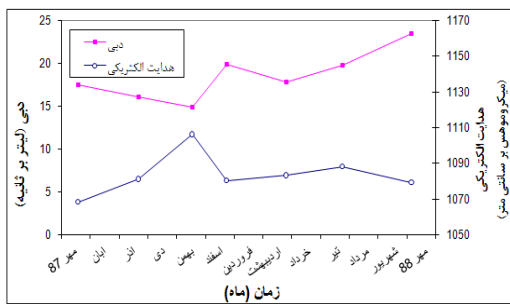
نام قنات / تاریخ	طاهر آباد	قنات بزرگ	درانی	یزدو	قلعه بالا	دزیان	پر	چاه ۱	چاه ۲
۸۷/۷/۱۷	۱۰۶۹	۸۹۰	۱۰۶۸	۳۹۴	۳۳۳	۳۰۸	۳۶۷	۳۶۵	۴۷۸۰
۸۷/۹/۲۰	۱۰۷۸	۸۹۴	۱۰۸۱	۴۰۱	۳۳۷	۳۱۰	۳۷۱	—	—
۸۷/۱۱/۱۶	۱۰۹۰	۹۱۰	۱۱۰۶	—	۳۴۱	۳۱۴	۳۷۶	—	—
۸۷/۱۲/۲۱	۱۰۹۶	۸۹۹	۱۰۸۰	—	۳۲۷	۳۰۸	۳۶۴	—	—
۸۸/۲/۲۴	۱۱۴۲	۸۹۰	۱۰۸۳	۴۰۶	۳۲۸	۳۰۸	۳۶۳	—	—
۸۸/۴/۲۵	۱۱۳۶	۸۹۴	۱۰۸۸	۴۰۵	۳۱۸	۳۰۵	۳۶۴	—	—
۸۸/۷/۸	۱۱۲۱	۸۸۲	۱۰۷۹	۴۰۴	۳۲۶	۳۱۰	۳۶۸	—	—
میانگین	۱۱۰۴/۶	۸۹۴	۱۰۸۳	۴۰۲	۳۳۰	۳۰۹	۳۶۷/۶	—	—
انحراف معیار	۲۶/۴۹	۸/۰۸	۱۰/۷۳	۴/۳۳	۷/۰۹	۲/۵۶	۴/۳۰	—	—
ضریب تغییرات (%)	۲/۴	۰/۹	۱	۱	۲	۰/۸	۱	—	—

به طوری که ملاحظه می شود مقادیر هدایت الکتریکی در قنات های دشتی و کوهستانی بسیار متفاوت بوده به گونه ای که در قنات های دشتی به خاطر طول زیاد تره کار در آبرفت های عهد حاضر، مقدار آن بیشتر از قنات های کوهستانی منطقه می باشد. در قنات طاهر آباد با وجود کوتاه بودن طول آن (نسبت به دو قنات دشتی دیگر)، دیده می شود که هدایت الکتریکی آن حتی از دو قنات درانی و قنات بزرگ نیز بیشتر است. علت این مسأله فاصله زیاد مادر چاه این قنات از محل تغذیه است که باعث می شود آب مسیر زیادی را در آبرفت طی کند تا وارد تونل قنات شود، از این رو هدایت الکتریکی آن بالاتر است. در شکل (۴-۴) رابطه هدایت الکتریکی با دبی نسبت به زمان نمایش داده شده است. این شکل نشان دهنده یک رابطه کم و بیش معکوس بین دو پارامتر دبی و هدایت الکتریکی می باشد، به طوری که با افزایش دبی مقدار هدایت الکتریکی رو به کاهش گذاشته است.

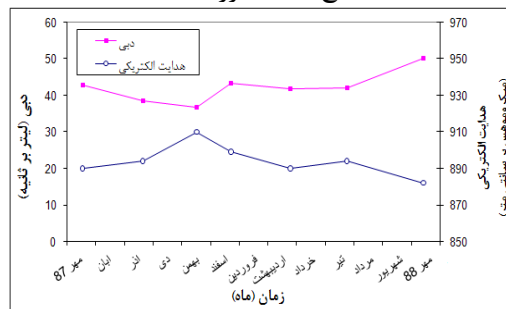
الف- قنات طاهر آباد



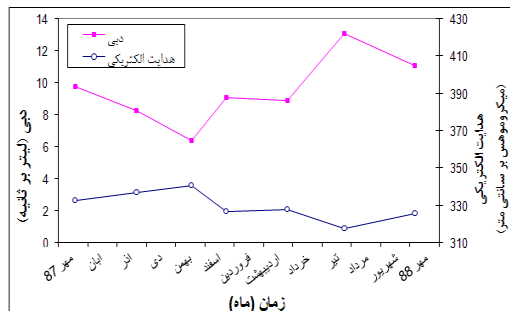
ب- قنات درانی



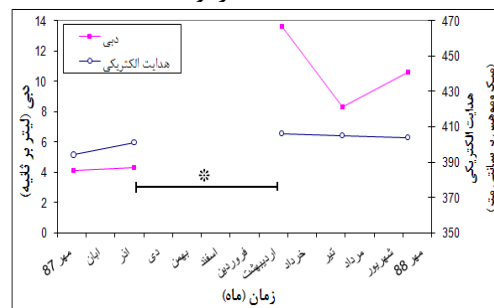
ج- قنات بزرگ



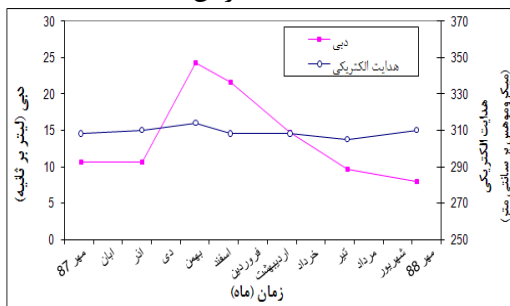
د- قنات قلعه بالا



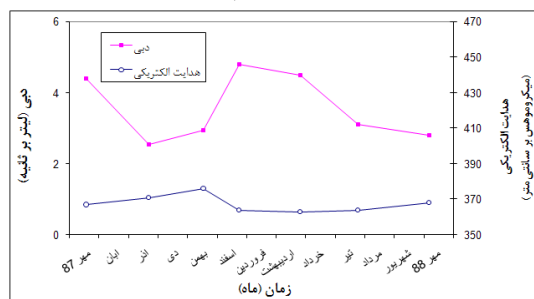
ه- قنات یزدو



د- قنات دریان



ی- قنات پر



شکل ۴-۶- تغییرات زمانی هدایت الکتریکی و دبی

* قنات یزدو در این دوره به دلیل ذخیره سازی بسته بوده است

در قنات طاهر آباد از اسفند تا اردیبهشت ماه شیب نمودار به ناگهان افزایش یافته است که علت امر را می توان به این مسأله نسبت داد که در زمان نمونه برداری اردیبهشت ماه، استخری که در انتهای هرنج

قنات قرار دارد پر شده و تقریباً آب ساکن بوده است و این احتمال می‌رود که باعث افزایش شیب صعودی هدایت الکتریکی در این دوره شده است. از آنجائی که بارندگی امسال بیشتر از سال گذشته بوده است، انتظار می‌رود که میزان هدایت الکتریکی قنات‌های مورد مطالعه در مهر امسال نسبت به مهر گذشته کاهش یابد اما در قنات طاهر آباد اختلاف زیادی بین این دو دوره وجود دارد (حدود ۵۲ میکروموهس بر سانتی متر بیشتر از مهر گذشته بوده است). نظر به این که آبدهی این قنات به طور نسبی کم می‌باشد، عواملی که می‌توانند باعث افزایش هدایت الکتریکی در این قنات شده باشند عبارتند از:

➤ هنگام بازرسی مسیر قنات، مشاهده شد که دهانه تعدادی از میله چاه‌ها باز می‌باشد. از آنجائی که خاک سطحی منطقه به علت تبخیر زیاد شور می‌باشد، این احتمال می‌رود که به وسیله وزش باد یا عبور حیوانات و یا پرواز پرندگان (درون بعضی از چاه‌ها کبوتر زندگی می‌کند) مقداری خاک درون چاه ریزش کرده و به طور موقتی هدایت الکتریکی آب را افزایش دهد.

➤ در یک دوره لاشه تعداد زیادی از ماهیانی که در آب قنات زندگی می‌کردند، مشاهده گردید که تأثیرات فساد آن‌ها ممکن است سبب افزایش هدایت الکتریکی آب گردیده باشد.

➤ در پائین دست مظهر قنات استخری جهت ذخیره آب قرار دارد که گاهی اوقات این استخر پر شده و باعث برگشت آب استخر، که هدایت الکتریکی بیشتری دارد، به مظهر قنات و در نتیجه اختلاط این دو باعث بالا رفتن هدایت الکتریکی در مظهر شده است.

علیرغم تغییرات اندکی که در مقادیر هدایت الکتریکی در طول سال آبی ۸۷-۸۸ وجود دارد، باید متذکر شد که ضریب تغییرات هدایت الکتریکی دبی بسیار اندک می‌باشد و در قنات‌های کوهستانی و دشتی منطقه اختلاف چندانی ندارد. چرا که املاح محلول در آب هنگام حرکت در محیط متخلخل با محیط لایه آبدار به تعادل رسیده و در نتیجه تغییرات پارامترهای کیفی آب از جمله هدایت الکتریکی ناچیز می‌باشد.

ب- دما

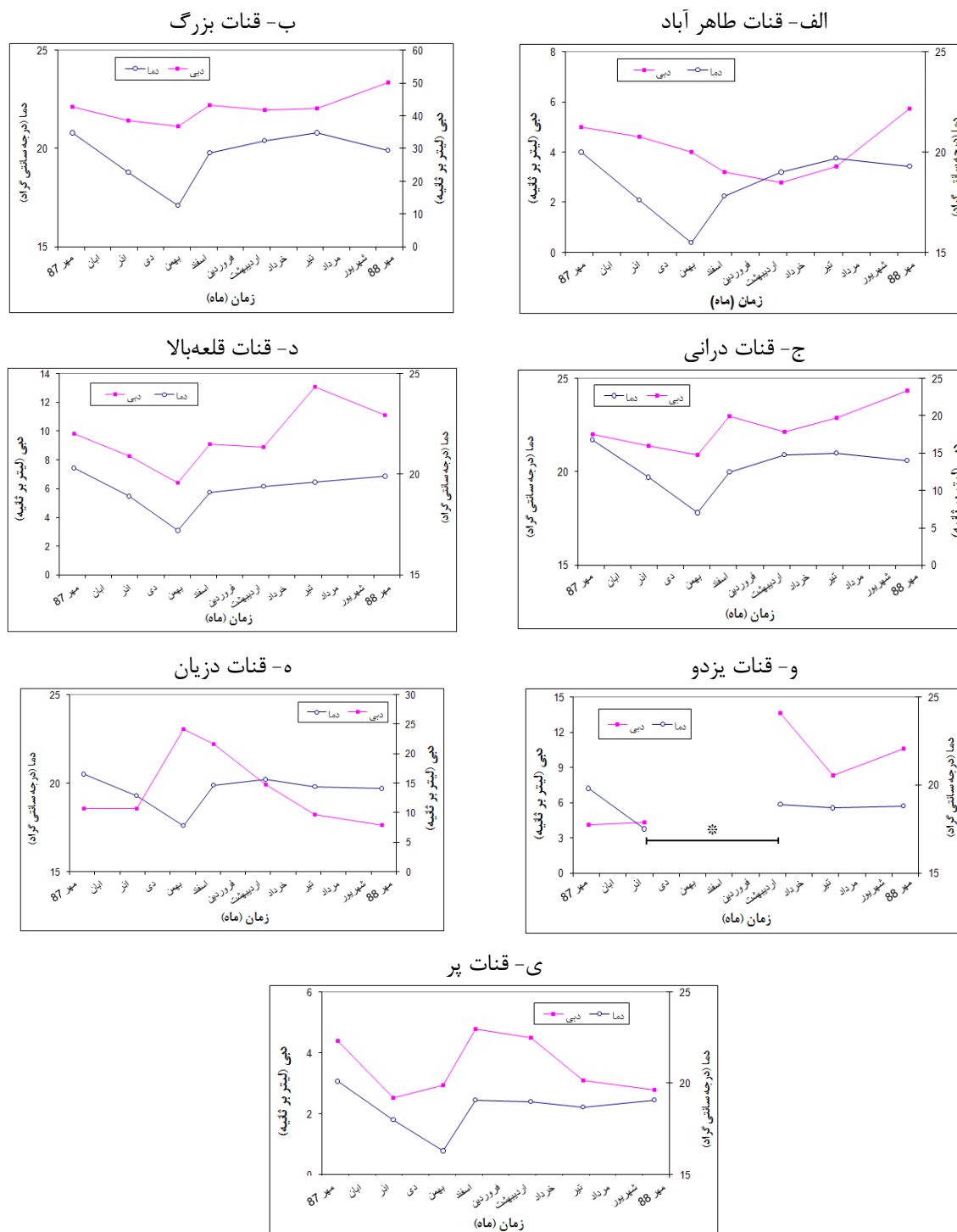
با بررسی یک ساله که بر روی درجه حرارت آب قنات‌های منطقه انجام گرفت میزان تغییرات آن محاسبه (جدول ۴-۶) و روند تغییرات آن با دبی نسبت به زمان ترسیم گردید.

جدول ۴-۶- میزان دمای آب قنات‌های مورد مطالعه (درجه سانتی‌گراد)

نام قنات تاریخ	ظاهر آباد	قنات بزرگ	درانی	یزدو	قلعه‌بالا	دزیان	پر	چاه ۱	چاه ۲
۸۷/۷/۱۷	۲۰/۰	۲۰/۸۰	۲۱/۷۰	۱۹/۷۰	۲۰/۳۰	۲۰/۵۰	۲۰/۱۰	۲۰/۰	۲۲/۰
۸۷/۹/۲۰	۱۷/۶۰	۱۸/۸۰	۱۹/۷۰	۱۷/۵۰	۱۸/۹۰	۱۹/۳۰	۱۸/۰۰	—	—
۸۷/۱۱/۱۶	۱۵/۵۰	۱۷/۱۰	۱۷/۸۰	—	۱۷/۲۰	۱۷/۶۰	۱۶/۳۰	—	—
۸۷/۱۲/۲۱	۱۷/۸۰	۱۹/۸۰	۲۰/۰۰	—	۱۹/۱۰	۱۹/۹۰	۱۹/۰۰	—	—
۸۸/۲/۲۴	۱۹/۰۰	۲۰/۴۰	۲۰/۹۰	۱۸/۹۰	۱۹/۴۰	۲۰/۲۰	۱۹/۰۰	—	—
۸۸/۴/۲۵	۱۹/۷۰	۲۰/۸۰	۲۱/۰۰	۱۸/۷۰	۱۹/۶۰	۱۹/۸۰	۱۸/۷۰	—	—
۸۸/۷/۸	۱۸/۹۰	۱۹/۹۰	۲۰/۶۰	۱۸/۶۰	۱۹/۶۰	۱۹/۷۰	۱۸/۷۰	—	—
میانگین	۱۸/۳۴	۱۹/۷	۲۰/۴۰	۱۸/۶۸	۱۹/۱۶	۱۹/۵۷	۱۸/۵۰	—	—
انحراف معیار	۱/۴۵	۱/۲۲	۱/۱۷	۰/۷۳	۰/۹۳	۰/۸۸	۱/۱۰	—	—
ضریب تغییرات	۸	۶/۲	۶	۴	۴/۸	۴/۵	۶	—	—

به طور کلی می‌توان گفت که میانگین دمای آب قنات‌های دشتی اختلاف چندانی نسبت به آب قنات‌های کوهستانی ندارند اما همانطور که مشاهده می‌شود ضریب تغییرات دمای قنات‌های دشتی (علیرغم اینکه میزان آن ناچیز است) اندکی نسبت به قنات‌های کوهستانی بیشتر است. دلیلی که می‌توان برای این مسأله ذکر کرد این است که چون طول قنات‌های دشتی زیاد بوده و معمولاً چند میله چاه آن در طول مسیر باز می‌باشد (وقتی میله چاه‌ها باز باشند جریان هوایی درون قنات ایجاد می‌شود)، در نتیجه دمای آب بیشتر تحت تأثیر دمای محیط قرار گرفته و تغییرات بیشتری را نشان می‌دهد. به جز تأثیر طول قنات و دمای محیط بر دمای آب عواملی چون دبی، توپوگرافی منطقه، عمق میله چاه‌ها و زمان اندازه‌گیری در طول روز اثر گذار می‌باشند. زمانی که مقدار دبی زیاد باشد دمای آب کمتر تحت تأثیر دمای محیط بوده و با افزایش دبی دمای آب کاهش می‌یابد. اگر عمق چاه کم باشد در نتیجه روند تغییرات دمای آب متأثر از

محیط بوده و در صورتی که زمان اندازه‌گیری نیز در میانهٔ روز و یا صبح زود باشد بیشترین تأثیر را از محیط می‌گیرد. شکل (۴-۷) روند تغییرات دبی و دما نسبت به زمان را نشان می‌دهد.



شکل ۴-۷- روند تغییرات زمانی دما و دبی در قنات‌های منطقه

❁ قنات یزدو در این دوره مسدود بوده است

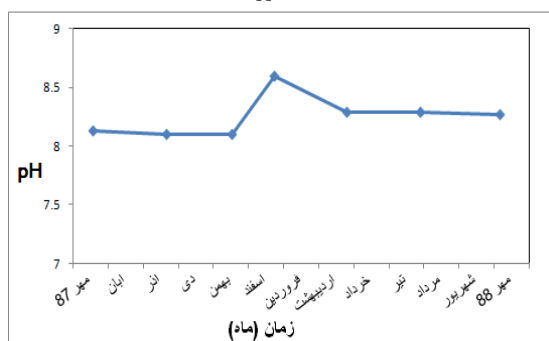
ج- pH

اندازه‌گیری میزان pH در قنات‌های منطقه نیز طی یک سال آبی مورد بررسی قرار گرفت که در جدول ۴-۷ آورده شده است. از آنجائی که قنات‌های کوهستانی منطقه در سازندهای آهکی حفر شده بودند لذا انتظار می‌رفت که میزان pH در آب آن‌ها بیشتر از قنات‌های دشتی باشد اما همانطور که مشاهده می‌شود مقدار آن در تمام قنات‌ها تقریباً برابر و حتی در قنات‌های دشتی اندکی بیشتر بوده است این مسأله را می‌توان به عوامل متعدد اثرگذار بر pH (به عنوان مثال امکان وجود اسیدهای آلی در آب) نسبت داد. با بررسی ضریب تغییرات می‌توان گفت به طور کلی تغییرات pH در تمام قنات‌ها ناچیز بوده است.

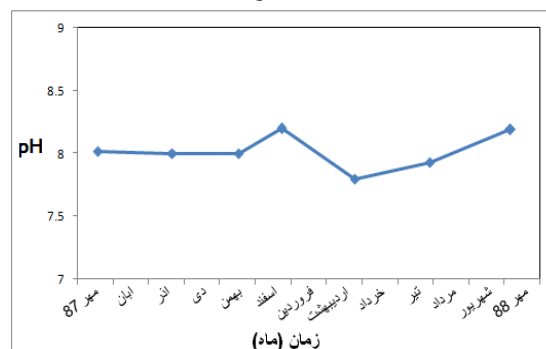
جدول ۴-۷- میزان pH در قنات‌های مورد مطالعه

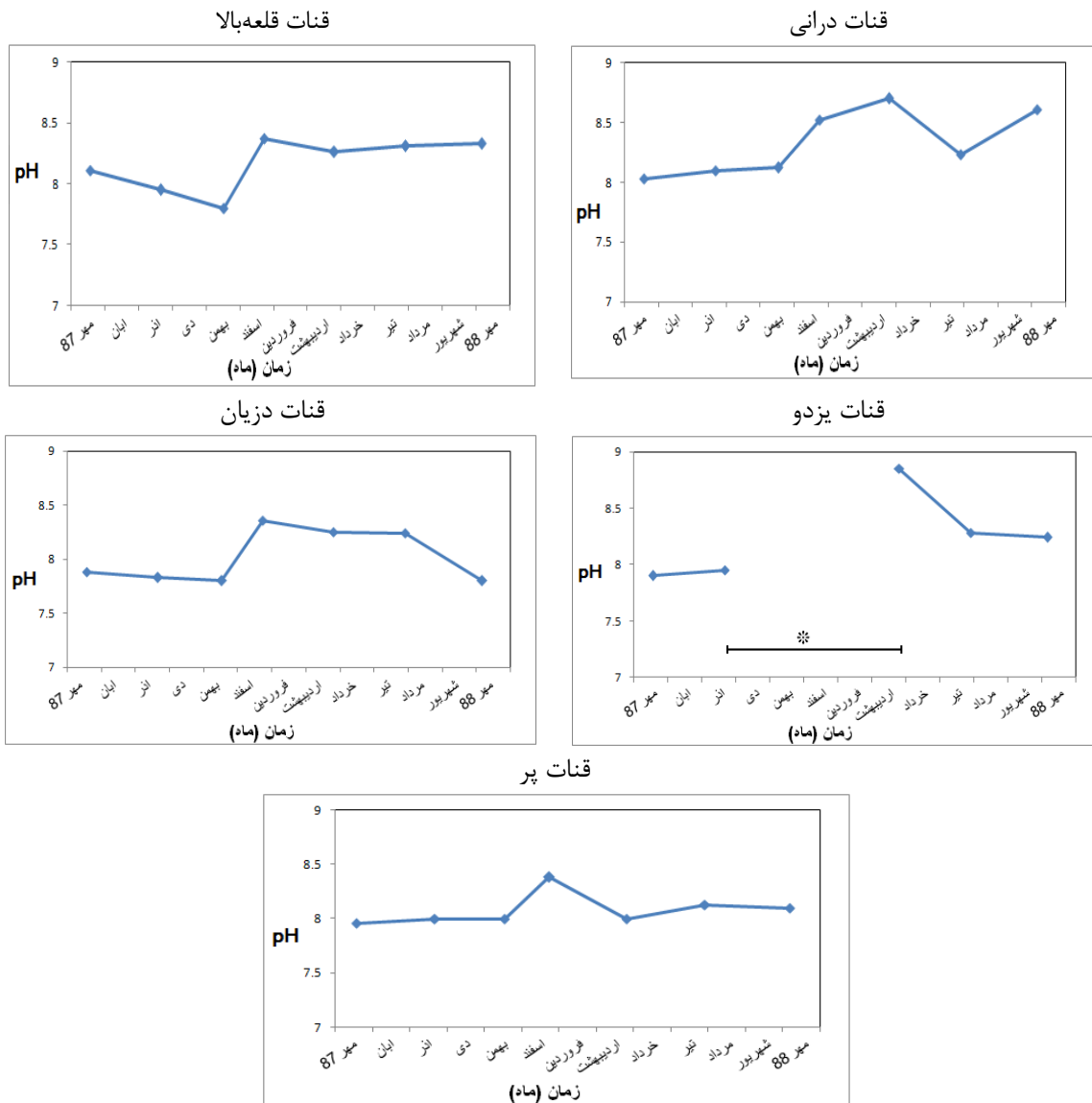
نام قنات / تاریخ	طاهر آباد	قنات بزرگ	درانی	یزدو	قلعه بالا	دزیان	پر	چاه ۱	چاه ۲
۸۷/۷/۱۷	۸/۰۲	۸/۱۳	۸/۰۳	۷/۹۰	۸/۱۱	۷/۸۸	۷/۹۶	۷/۸۶	۷/۸۲
۸۷/۹/۲۰	۸/۰۰	۸/۱۰	۸/۱۰	۷/۹۵	۷/۹۵	۷/۸۳	۸/۰۰	—	—
۸۷/۱۱/۱۶	۸/۰۰	۸/۱۰	۸/۱۲	—	۷/۸۰	۷/۸۰	۸/۰۰	—	—
۸۷/۱۲/۲۱	۸/۲۰	۸/۶۰	۸/۵۲	—	۸/۳۷	۸/۳۶	۸/۳۸	—	—
۸۸/۲/۲۴	۷/۸۰	۸/۲۹	۸/۷۰	۸/۸۵	۸/۲۶	۸/۲۵	۸/۰۰	—	—
۸۸/۴/۲۵	۷/۹۳	۸/۲۹	۸/۲۳	۸/۲۸	۸/۳۱	۸/۲۶	۸/۱۳	—	—
۸۸/۷/۸	۸/۱۹	۸/۲۷	۸/۱۱	۸/۲۴	۸/۳۳	۷/۸۰	۸/۱۰	—	—
میانگین	۸/۰۲	۸/۲۵	۸/۲۶	۸/۲۴	۸/۱۶	۸/۰۲	۸/۰۸	—	—
انحراف معیار	۰/۱۳	۰/۱۶	۰/۲۵	۰/۳۴	۲/۰۰	۰/۲۳	۰/۱۳	—	—
ضریب تغییرات (%)	۱/۶	۲	۳	۴	۲/۵	۳	۲	—	—

قنات بزرگ



قنات طاهر آباد





شکل ۴-۸- روند تغییرات pH در طول یک دوره یکساله

* قنات یزدو در این دوره جهت ذخیره سازی آب در ماه های سرد مسدود بوده است

با بررسی میزان میانگین و ضریب تغییرات pH قنات های منطقه مشاهده گردید که از این نظر تفاوتی بین

قنات های کوهستانی و دشتی وجود ندارد و تغییرات این فاکتور بسیار ناچیز می باشد.

۴-۷-۲- مقایسه کیفیت آب قنات در بالا دست و پائین دست حوضه

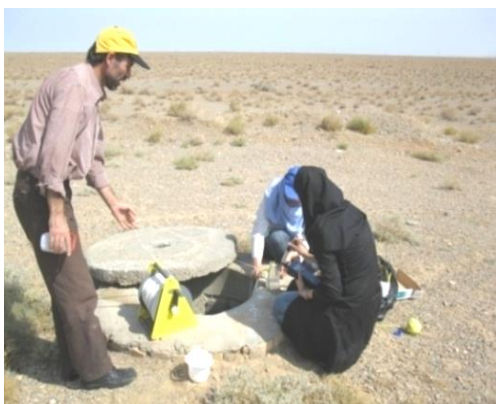
جهت مقایسه کیفیت آب قنات با دیگر منابع آبی موجود در منطقه، مقادیر هدایت الکتریکی در دو چاه

عمیق در منطقه (همراه با اندازه گیری دما و pH در جداول ۴، ۵ و ۶ در همین فصل) اندازه گیری انجام

گرفت (شکل ۴-۹- اندازه‌گیری هدایت الکتریکی در بالادست را نشان می‌دهد). همچنین جهت مقایسه کیفیت آب در بالا دست و پایین دست قنات، در مادر چاه و سر شاخه‌های پنج قنات طاهر آباد، یزدو، دزیان، درانی و قنات بزرگ میزان هدایت الکتریکی مورد اندازه‌گیری و بررسی قرار گرفت. جدول (۴-۸) مقادیر هدایت الکتریکی در بالا دست را نشان می‌دهد.

جدول ۴-۸- مقادیر هدایت الکتریکی در بالا دست در تاریخ ۱۳۸۸/۰۷/۸ (میکروموهس بر سانتی متر)

نام قنات / محل اندازه‌گیری	طاهر آباد	قنات بزرگ	درانی	یزدو	دزیان
مادر چاه	۱۱۲۱	—	۱۰۳۲	۴۰۴	۳۲۱
مسیر قنات	—	—	—	—	۳۱۰
شاخه ۱	—	۸۴۰	—	—	—
شاخه ۲	—	۸۲۰	—	—	—
مظهر	۱۱۲۱	۸۸۲	۱۰۷۹	۴۰۲	۳۰۹



شکل ۴-۹- اندازه‌گیری هدایت الکتریکی در بالادست قنات

مقادیر هدایت الکتریکی در قنات‌ها و دو چاه عمیق بسیار متفاوت بود. یکی از چاه‌ها در دامنه ارتفاعات قرار داشت و در صورتی که بخواهیم آن را با قنات‌های کوهستانی مقایسه نمائیم مشاهده می‌شود که میزان این فاکتور در قنات‌های کوهستانی مساوی یا کمتر از میزان آن در چاه بوده است. اما در قنات‌های دشتی در مقایسه با چاه شماره ۲ که در کنار روستای خانخودی و درون دشت قرار داشت، تفاوت فاحشی بین هدایت الکتریکی این منابع آبی دیده می‌شود. با وجودی که قنات طاهر آباد بیشترین میزان هدایت الکتریکی را در بین قنات‌های مورد نظر به خود اختصاص داده است و علیرغم اینکه که فاصله مادر چاه

این قنات از ارتفاعات منطقه بیشتر از فاصله چاه تا محل تغذیه می‌باشد، اما باز هم اختلاف هدایت الکتریکی این دو بسیار بالاست. از این رو می‌توان گفت که در صورتی که قنات و چاه هر دو در یک تشکیلات حفر شوند، کیفیت آب قنات بهتر از آب چاه خواهد بود. علت این مسأله را چنین می‌توان توجیه کرد که قنات تنها آب‌های تغذیه شده جدید را تخلیه می‌کند در حالیکه چاه‌ها آب را از مناطق عمیق‌تر استخراج می‌کنند که معمولاً کیفیت پائینی را شامل می‌شوند. اما با وجودی که مظهر قنات ممکن است درون دشت قرار گرفته باشد اما چون مادر چاه آن معمولاً به سمت دامنه ارتفاعات است و با بررسی‌هایی که در بالادست قنات‌ها انجام گردید مشخص شد که ساختمان قنات تأثیر بسزائی در پائین آوردن کیفیت آب ندارد، لذا می‌توان گفت قنات آب مناطق بالادست را که کیفیت بهتری دارند به سمت پایین دست هدایت می‌کند.

۴-۷-۳- بررسی و تفسیر پارامترهای اندازه‌گیری شده در آزمایشگاه

در هفت نوبت از آب تمامی قنات‌های مورد مطالعه جهت اندازه‌گیری غلظت یون‌ها نمونه‌برداری انجام گرفت (جداول ۹ تا ۱۵) و پارامترهای سختی، کل مواد جامد محلول، نسبت جذب سدیم و درصد سدیم محاسبه گردید (۱۶ تا ۲۲). همچنین جهت مقایسه آب قنات‌های مورد نظر و تعیین کیفیت آن‌ها، نمودارهای پایپر، استیف، شولر و ویلکوکس ترسیم شده‌اند.

جدول ۴-۹- غلظت عناصر در قنات طاهر آباد (ppm)

یون تاریخ	NO_3	HCO_3	CO_3	SO_4	Cl	Mg	Ca	Na	K
۱۳۸۷/۷/۱۷	۱۴/۴	۳۱۵	۱۰	۱۸۵	۹۸	۴۱	۸۲	۱۲۵	۲/۴
۱۳۸۷/۹/۲۰	۱۴/۴	۳۱۸	۱۰	۱۸۷	۹۸	۴۱	۸۴	۱۲۷	۲/۴
۱۳۸۷/۱۱/۱۶	۱۴/۴	۳۲۰	۱۰	۱۸۹	۹۹	۴۱	۸۴/۵	۱۲۸	۲/۵
۱۳۸۷/۱۲/۲۱	۱۵	۳۲۰	۱۱	۱۸۹	۹۹	۴۲	۸۵	۱۲۸	۲/۵
۱۳۸۸/۲/۲۴	۱۶	۳۱۹	۱۱	۱۸۹	۱۰۲	۴۲	۸۵	۱۳۱	۲/۶
۱۳۸۸/۴/۲۵	۱۶	۳۱۹	۱۱	۱۸۸	۱۰۱/۵	۴۳	۸۴	۱۳۰	۲/۵
۱۳۸۸/۷/۸	۱۵/۵	۳۱۸	۱۱	۱۸۶	۱۰۰	۴۱	۸۳	۱۲۸	۲/۴
میانگین	۱۵/۱	۳۱۸/۴	۱۰/۶	۱۸۷/۶	۹۹/۶	۴۱/۶	۸۴	۱۲۸/۱	۲/۵
انحراف معیار	۰/۶۸	۱/۶	۰/۴۹	۱/۵	۱/۵	۰/۷۳	۰/۹۴	۱/۸	۰/۰۷
ضریب تغییرات (٪)	۴/۵	۰/۵	۴/۶	۰/۸	۱/۵	۱/۷	۱/۱	۱/۴	۲/۸

جدول ۴-۱۰- غلظت عناصر در قنات یزدو (ppm)

<i>K</i>	<i>Na</i>	<i>Ca</i>	<i>Mg</i>	<i>Cl</i>	<i>SO₄</i>	<i>CO₃</i>	<i>HCO₃</i>	<i>NO₃</i>	یون تاریخ
۰/۲	۱۷/۰	۳۴	۱۸	۱۵	۱۰/۰	۱۵	۱۵۵	۴/۸	۱۳۸۷/۷/۱۷
۰/۲	۱۷/۲	۳۴/۳	۱۸	۱۵	۱۰/۱	۱۵	۱۵۶	۵	۱۳۸۷/۹/۲۰
—	—	—	—	—	—	—	—	—	۱۳۸۷/۱۱/۱۶
—	—	—	—	—	—	—	—	—	۱۳۸۷/۱۲/۲۱
۰/۲	۱۷/۴	۳۱	۱۷	۱۴	۱۰/۱	۱۵/۱	۱۵۰	۴/۸	۱۳۸۸/۲/۲۴
۰/۲	۱۷/۰	۳۰/۵	۱۷	۱۳/۵	۱۰/۲	۱۵/۳	۱۴۸	۴/۵	۱۳۸۸/۴/۲۵
۰/۱۸	۱۷/۲	۳۲	۱۷/۳	۱۴	۱۰/۲	۱۵	۱۵۰	۵	۱۳۸۸/۷/۸
۰/۱۹	۱۷/۲	۳۲/۴	۱۷/۵	۱۴/۳	۱۰/۱	۱۵/۱	۱۵۱/۸	۴/۸	میانگین
۰/۰۰۸	۰/۱۵	۱/۵۴	۰/۴۵	۰/۶	۰/۰۷	۰/۱۲	۳/۱۲	۰/۱۸	انحراف معیار
۴	۰/۹	۴/۷	۲/۶	۴/۲	۰/۷	۰/۷	۲	۳/۸	ضریب تغییرات (%)

جدول ۴-۱۱- غلظت عناصر در قنات قلعه بالا (ppm)

<i>K</i>	<i>Na</i>	<i>Ca</i>	<i>Mg</i>	<i>Cl</i>	<i>SO₄</i>	<i>CO₃</i>	<i>HCO₃</i>	<i>NO₃</i>	یون تاریخ
۰/۲	۱۳/۵	۲۹/۰	۱۴/۰	۱۰/۵	۹/۰	۱۰/۰	۱۵۰/۰	۵/۲	۱۳۸۷/۷/۱۷
۰/۲۵	۱۳/۷	۲۹/۳	۱۳/۵	۱۰/۵	۹/۱	۱۰/۰	۱۵۱/۸	۵/۲	۱۳۸۷/۹/۲۰
۰/۲	۱۳/۸	۲۹/۵	۱۳/۵	۱۰/۶	۹/۰	۱۰/۱	۱۵۳/۰	۵/۲	۱۳۸۷/۱۱/۱۶
۰/۲	۱۳/۶	۲۹/۱	۱۳/۳	۱۰/۷	۸/۸	۱۰/۰	۱۵۰/۰	۵/۱	۱۳۸۷/۱۲/۲۱
۰/۲	۱۳/۷	۲۹/۰	۱۳/۳	۱۰/۶	۸/۸	۱۰/۰	۱۵۰/۰	۵/۱	۱۳۸۸/۲/۲۴
۰/۱۸	۱۳/۳	۲۸/۱	۱۳/۰	۱۰/۶	۸/۶	۹/۸	۱۴۷/۰	۴/۹	۱۳۸۸/۴/۲۵
۰/۲	۱۳/۳	۲۹/۳	۱۳/۶	۱۰/۶	۸/۹	۱۰/۱	۱۵۰/۰	۵/۱	۱۳۸۸/۷/۸
۰/۲	۱۳/۶	۲۹	۱۳/۵	۱۰/۶	۹/۰۳	۱۰	۱۵۰/۳	۵/۱	میانگین
۰/۰۲	۰/۱۸	۰/۴۲	۰/۲۹	۰/۰۶	۰/۳۵	۰/۰۹	۱/۷	۰/۱	انحراف معیار
۹/۷	۱/۳	۱/۴	۲/۱	۰/۶	۳/۸	۰/۹	۱/۱	۱/۹	ضریب تغییرات (%)

جدول ۴-۱۲- غلظت عناصر در قنات دریان (ppm)

<i>K</i>	<i>Na</i>	<i>Ca</i>	<i>Mg</i>	<i>Cl</i>	<i>SO₄</i>	<i>CO₃</i>	<i>HCO₃</i>	<i>NO₃</i>	یون تاریخ
۰/۱	۱۲/۵	۲۸	۱۳/۰	۹/۵	۸	۱۰	۱۴۲	۳/۲	۱۳۸۷/۷/۱۷
۰/۱	۱۲/۴	۲۸/۵	۱۳/۰	۹/۲	۸	۹/۹	۱۴۰	۳	۱۳۸۷/۹/۲۰
۰/۱	۱۲/۴	۲۹	۱۳/۱	۹/۳	۷/۵	۹/۹	۱۴۱	۳/۱	۱۳۸۷/۱۱/۱۶
۰/۱۵	۱۲/۳	۲۸/۵	۱۲/۹	۹/۴	۸	۱۰	۱۴۲	۳	۱۳۸۷/۱۲/۲۱
۰/۱	۱۲/۴	۲۸	۱۳/۰	۹/۴	۷/۹	۱۰	۱۴۱	۳/۲	۱۳۸۸/۲/۲۴
۰/۱	۱۲/۲	۲۸	۱۲/۸	۹/۲	۸	۱۰	۱۴۰	۳	۱۳۸۸/۴/۲۵
۰/۱	۱۲/۵	۲۸/۶	۱۳/۲	۹/۴	۸/۲	۱۰/۱	۱۴۲	۳/۱	۱۳۸۸/۷/۸
۰/۱۱	۱۲/۴	۲۸/۴	۱۳	۹/۳	۷/۹	۹/۹۸	۱۴۱/۱	۳/۱	میانگین
۰/۰۲	۰/۱	۰/۳۶	۰/۱۲	۰/۱۰	۰/۱۹	۰/۰۶	۰/۸۳	۰/۰۸	انحراف معیار
۱۶	۰/۸	۱/۳	۰/۹	۱/۱	۲/۵	۰/۶	۰/۶	۲/۷	ضریب تغییرات (%)

جدول ۴-۱۳ - غلظت عناصر در قنات پر (ppm)

یون تاریخ	NO_3	HCO_3	CO_3	SO_4	Cl	Mg	Ca	Na	K
۱۳۸۷/۷/۱۷	۴/۸	۱۵۵	۱۰/۰	۱۰	۲۱/۰	۲۰/۰	۳۰/۰	۱۹/۰	۰/۲
۱۳۸۷/۹/۲۰	۴/۸	۱۵۶/۵	۱۰/۱	۱۰	۲۱/۲	۲۰/۱	۳۰/۳	۱۹/۱	۰/۲
۱۳۸۷/۱۱/۱۶	۴/۹	۱۵۸	۱۰/۱	۱۰/۱	۲۱/۰	۲۰/۰	۳۰/۵	۱۹/۳	۰/۲
۱۳۸۷/۱۲/۲۱	۴/۷	۱۵۵	۹/۸	۹/۸	۲۰/۶	۲۰/۵	۲۹/۵	۱۸/۸	۰/۱۸
۱۳۸۸/۲/۲۴	۴/۶	۱۵۴	۹/۸	۹/۷	۲۱/۵	۲۰/۲	۲۹/۵	۱۸/۸	۰/۱۵
۱۳۸۸/۴/۲۵	۴/۶	۱۵۶	۹/۸	۹/۷	۲۱/۰	۲۰/۴	۳۰/۰	۱۸/۷	۰/۲
۱۳۸۸/۷/۸	۴/۸	۱۵۶/۵	۱۰/۱	۱۰	۲۱/۲	۲۰/۴	۳۰/۳	۱۸/۹	۰/۲
میانگین	۴/۷	۱۵۵/۹	۱۰	۹/۹	۲۱/۱	۲۰/۲	۳۰/۰۱	۱۸/۹	۰/۱۹
انحراف معیار	۰/۱	۱/۲	۰/۱۴	۰/۱۵	۰/۲۵	۰/۱۹	۰/۳۶	۰/۱۹	۰/۰۲
ضریب تغییرات (%)	۲/۲	۰/۸	۱/۴	۱/۵	۱/۲	۰/۹	۱/۲	۱	۹/۳

جدول ۴-۱۴ - غلظت عناصر در قنات درانی (ppm)

یون تاریخ	NO_3	HCO_3	CO_3	SO_4	Cl	Mg	Ca	Na	K
۱۳۸۷/۷/۱۷	۶/۴	۳۶۰/۰	۱۵/۰	۱۲۶	۹۷/۰	۳۲/۰	۹۲/۰	۱۲۲	۳/۸
۱۳۸۷/۹/۲۰	۶/۵	۳۶۴/۳	۱۵/۰	۱۲۵	۹۷/۵	۳۲/۳	۹۲/۵	۱۲۳/۴	۳/۹
۱۳۸۷/۱۱/۱۶	۶/۶	۳۶۵/۰	۱۵/۳	۱۲۷	۹۷/۰	۳۲/۸	۹۲/۶	۱۲۵	۳/۹
۱۳۸۷/۱۲/۲۱	۶/۴	۳۶۴/۰	۱۵/۳	۱۲۶	۹۶/۵	۳۲/۹	۹۱	۱۲۴/۱	۳/۸
۱۳۸۸/۲/۲۴	۶/۵	۳۶۴/۵	۱۵/۱	۱۲۵/۵	۹۵/۸	۳۲/۰	۹۱	۱۲۴	۳/۷
۱۳۸۸/۴/۲۵	۶/۵	۳۶۳/۵	۱۵/۰	۱۲۵	۹۶/۲	۳۲/۰	۹۰/۸	۱۲۴	۳/۹
۱۳۸۸/۷/۱۹	۶/۵	۳۶۴/۰	۱۵/۲	۱۲۵	۹۶/۵	۳۱/۸	۹۰/۵	۱۲۳	۳/۸
میانگین	۶/۵	۳۶۳/۶	۱۵/۱	۱۲۵/۶	۹۶/۶	۳۲/۳	۹۱/۵	۱۲۳/۶	۳/۸
انحراف معیار	۰/۰۵	۱/۵	۰/۱۳	۰/۶۹	۰/۵۲	۰/۴	۰/۸	۰/۸۸	۰/۰۷
ضریب تغییرات (%)	۰/۸	۰/۴	۰/۸	۰/۵	۰/۵	۱/۲	۰/۹	۰/۷	۱/۸

جدول ۴-۱۵ - غلظت عناصر در قنات بزرگ (ppm)

یون تاریخ	NO_3	HCO_3	CO_3	SO_4	Cl	Mg	Ca	Na	K
۱۳۸۷/۷/۱۷	۴/۸	۲۹۲/۰	۱۵/۰	۱۱۵/۰	۷۸/۰	۲۴/۰	۶۵/۰	۱۰۵/۰	۲/۷
۱۳۸۷/۹/۲۰	۴/۸	۲۹۲/۸	۱۵/۰	۱۱۵/۴	۷۸/۴	۲۴/۱	۶۵/۲	۱۰۵/۵	۲/۸
۱۳۸۷/۱۱/۱۶	۴/۹	۲۹۲/۵	۱۵/۳	۱۱۶/۰	۷۸/۳	۲۴/۳	۶۶/۰	۱۰۶/۳	۲/۸
۱۳۸۷/۱۲/۲۱	۴/۸	۲۹۰/۸	۱۵/۰	۱۱۶/۱	۷۸/۳	۲۴/۰	۶۵/۳	۱۰۶/۰	۲/۷
۱۳۸۸/۲/۲۴	۴/۸	۲۹۱/۰	۱۵/۱	۱۱۵/۵	۷۷/۹	۲۳/۹	۶۵/۱	۱۰۴/۹	۲/۷
۱۳۸۸/۴/۲۵	۴/۹	۲۹۱/۲	۱۵/۰	۱۱۵/۵	۷۸/۰	۲۴/۰	۶۵/۱	۱۰۵/۰	۲/۸
۱۳۸۸/۷/۱۹	۴/۹	۲۹۲/۰	۱۵/۰	۱۱۵/۰	۷۷/۸	۲۳/۸	۶۵/۰	۱۰۴/۹	۲/۷
میانگین	۴/۸	۲۹۱/۸	۱۵/۰۶	۱۱۵/۵	۷۸/۱	۲۴/۰۱	۶۵/۲	۱۰۵/۴	۲/۷
انحراف معیار	۰/۰۵	۰/۷۱	۰/۱۰	۰/۴	۰/۳	۰/۱۵	۰/۳۲	۰/۵۳	۰/۰۵
ضریب تغییرات (%)	۱	۰/۲	۰/۷	۰/۳	۰/۴	۰/۶	۰/۵	۰/۵	۱/۸

همانطور که مشاهده می‌شود میزان غلظت یون‌ها تغییرات چندانی در طی سال آبی ۱۳۸۷-۱۳۸۸ نداشته است. ضمن اینکه با بررسی غلظت عناصر مشخص گردید که غلظت یون‌ها در قنات‌های دشتی بیشتر از قنات‌های کوهستانی بوده است چرا که طولانی بودن مسیر تره‌کار در قنات‌های دشتی باعث می‌شود که آب فرصت کافی برای انحلال داشته باشد. اما نکاتی که باید به آن‌ها توجه شود این است که با توجه به نتایج آزمایش مشاهده می‌شود مقدار غلظت یون نیتрат در قنات طاهرآباد نسبت به دیگر قنات‌ها بیشتر بوده است و عواملی نظیر؛ ورود فضولات گوسفندان به مظهر قنات و مرگ و میر ماهیانی که در آب این قنات زندگی می‌کنند می‌تواند اثر گذار باشند. همچنین غلظت یون‌های کلر، سولفات و سدیم در این قنات در مقایسه با دیگر قنات‌های دشتی بیشتر می‌باشد که مبین شور بودن آب این قنات است. نکته دیگر غلظت یون کربنات در قنات یزدو است که در مقایسه با دیگر قنات‌های کوهستانی بالاتر گزارش شده است. در این مورد علاوه بر اینکه ممکن است در آزمایش خطا وجود داشته باشد، ساکن بودن آب در این قنات هنگام ذخیره‌سازی نیز می‌تواند تأثیر گذار باشد.

سختی

به طور کلی سختی قنات‌های کوهستانی کمتر از قنات‌های دشتی می‌باشد و این بدان علت است که آب مسیر کمتری را طی می‌کند تا به مظهر برسد و همچنین آب آن فقط از طریق مادر چاه تأمین می‌گردد در صورتی که در قنات‌های دشتی ممکن است آب در طول مسیر تره‌کار قنات باز هم عمل انحلال را انجام دهد. در مقایسه قنات‌های دشتی با یکدیگر، مشاهده می‌شود که سختی قنات طاهرآباد بیشتر از دو قنات دشتی است، اما این در واقع سختی غیرکربناته است و بیشترین سختی کربناته مربوط به قنات درانی است که بیشترین میزان یون بیکربنات را نیز شامل می‌شود و نهشته‌های آهکی ضخیم‌لایه کنده شده از درون این قنات گواهی بر این مطلب است. با بررسی میزان سختی کل در تمام نمونه‌ها و مقایسه آن با حدود تعریف شده برای سختی آب (که در جدول (۴-۱۶) نشان داده شده است)، سختی قنات‌ها در

محدوده‌ای بین سخت تا خیلی سخت قرار می‌گیرند. همچنین جدول (۴-۱۷) کیفیت نمونه آب‌ها را بر اساس سختی نشان می‌دهد.

جدول ۴-۱۶- طبقه‌بندی آب بر اساس سختی (Todd 1980)

سختی (بر حسب میلی گرم در لیتر کربنات کلسیم)	طبقه‌بندی آب
۰-۷۵	نرم
۷۵-۱۵۰	نسبتاً نرم
۱۵۰-۳۰۰	سخت
$300 <$	خیلی سخت

جدول ۴-۱۷- تعیین کیفیت آب قنات‌های مورد مطالعه بر اساس سختی

ردیف	محل نمونه برداری	سختی کل	کیفیت آب بر اساس سختی کل
۱	طاهر آباد	۳۷۳/۴۷	خیلی سخت
۲	یزدو	۱۵۸/۹۷	سخت
۳	قلعه بالا	۱۳۰/۰۲	نسبتاً سخت
۴	دزیان	۱۲۳/۴۱	نسبتاً سخت
۵	پر	۱۵۷/۲۱	سخت
۶	درانی	۳۶۱/۴	خیلی سخت
۷	قنات بزرگ	۲۶۱/۰۷	سخت

در این میان آب قنات دزیان و قلعه‌بالا در دسته نسبتاً سخت و آب قنات درانی و طاهر آباد در دسته خیلی سخت واقع می‌شوند.

کل مواد جامد محلول

با محاسبه پارامتر کل مواد جامد محلول برای تمامی قنات‌ها مشخص گردید که میزان آن در قنات‌های دشتی خیلی بیشتر از قنات‌های کوهستانی است. ضمن این که تغییرات آن در طی هفت دوره نمونه برداری بسیار ناچیز بوده است.

نسبت جذب و درصد سدیم

جهت مقایسه کیفی آب قنات‌های مورد مطالعه، پارامترهائی نظیر؛ نسبت جذب سدیم، درصد سدیم، نسبت کلسیم به منیزیم، سدیم به مجموع کاتیون‌ها، کلر به مجموع آنیون‌ها و نسبت کل مواد جامد

محلول به هدایت الکتریکی محاسبه گردید که در جداول ۴-۱۸ تا ۴-۲۴ برای هر قنات آورده شده است. با توجه به نتایج این پارامترها این نتیجه حاصل می‌شود که میزان آن‌ها در قنات‌های دشتی نسبت به قنات‌های کوهستانی بیشتر می‌باشد. با توجه به نتایجی که از اندازه‌گیری غلظت یون‌ها حاصل گردید، همانطور که انتظار می‌رفت با توجه به غلظت بالای یون بیکربنات در قنات درانی میزان قلیائیت در آب این قنات بیشتر از سایرین بوده است. در مورد نسبت جذب سدیم و درصد سدیم، می‌توان گفت که علاوه بر طولانی بودن مسیر قنات و انحلال بیشتر در آن، حفر این قنات‌ها در رسوبات کواترنری، تبخیر زیاد از منطقه و وجود خاک‌های شور نیز در بالا بردن این نسبت‌ها مؤثر بوده است.

جدول ۴-۱۸- پارامترهای محاسبه شده در قنات طاهر آباد

پارامتر تاریخ	سختی (ppm)	قلیائیت (ppm)	SAR	Na%	Error%	$\frac{Ca}{Mg}$	$\frac{Na}{\sum Cat}$	$\frac{Cl}{\sum Ani}$	$\frac{T.D.S}{EC}$	T.D.S (ppm)
۱۳۸۷/۷/۱۷	۳۷۴	۳۲۵	۲/۸	۴۲	۴/۹	۱/۲۲	۰/۴۲	۰/۲۲	۰/۸۲	۸۷۳
۱۳۸۷/۹/۲۰	۳۸۸	۳۲۸	۲/۸	۴۲	۵/۶	۱/۲۵	۰/۴۲	۰/۲۲	۰/۸۲	۸۸۲
۱۳۸۷/۱۱/۱۶	۳۸۰	۳۳۰	۲/۹	۴۳	۵/۵	۱/۲۵	۰/۴۲	۰/۲۳	۰/۸۱	۸۸۸
۱۳۸۷/۱۲/۲۱	۳۸۵	۳۳۱	۲/۸	۴۲	۵/۴	۱/۲۳	۰/۴۲	۰/۲۲	۰/۸۱	۸۹۲
۱۳۸۸/۲/۲۴	۳۸۵	۳۳۰	۲/۹	۴۳	۶/۱	۱/۲۰	۰/۴۲	۰/۲۳	۰/۷۹	۸۹۸
۱۳۸۸/۴/۲۵	۳۸۷	۳۳۰	۲/۹	۴۲	۶/۲	۱/۱۸	۰/۴۲	۰/۲۲	۰/۷۹	۸۹۵
۱۳۸۸/۷/۸	۳۷۶	۳۲۹	۲/۹	۴۳	۵/۷	۱/۲۳	۰/۴۲	۰/۲۳	۰/۷۹	۸۸۵
میانگین	۳۸۲/۱	۳۲۹	۲/۹	۴۲/۴	۵/۶	۱/۲	۰	۰/۲۲	۰/۸۰	۸۸۷/۶
انحراف معیار	۵/۱۱	۱/۸۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۴	۰/۰۲	۰	۰/۰۰۵	۰/۰۱	۷/۹
ضریب تغییرات (%)	۱/۳	۰/۶	۱/۶	۱/۱	۷/۲	۱/۹	۰	۲/۲	۱/۶	۰/۹

جدول ۴-۱۹- پارامترهای محاسبه شده در قنات بزرگ

پارامتر تاریخ	سختی (ppm)	قلیائیت (ppm)	SAR	Na%	Error%	$\frac{Ca}{Mg}$	$\frac{Na}{\sum Cat}$	$\frac{Cl}{\sum Ani}$	$\frac{T.D.S}{EC}$	T.D.S (ppm)
۱۳۸۷/۷/۱۷	۲۶۱	۳۰۷	۲/۸۲	۴۷	۱/۲	۱/۶۵	۰/۴۶	۰/۲۲	۰/۷۹	۷۰۱
۱۳۸۷/۹/۲۰	۲۶۲	۳۰۸	۲/۸۳	۴۷	۱	۱/۶۵	۰/۴۶	۰/۲۲	۰/۷۹	۷۰۴
۱۳۸۷/۱۱/۱۶	۲۶۵	۳۰۸	۲/۸۴	۴۷	۰/۱۵	۱/۶۵	۰/۴۶	۰/۲۳	۰/۷۸	۷۰۶
۱۳۸۷/۱۲/۲۱	۲۶۲	۳۰۶	۲/۸۴	۴۷	۰/۵۶	۱/۶۶	۰/۴۶	۰/۲۲	۰/۷۸	۷۰۳
۱۳۸۸/۲/۲۴	۲۶۱	۳۰۶	۲/۸۵	۴۷	۰/۶	۱/۶۵	۰/۴۶	۰/۲۲	۰/۷۹	۷۰۱
۱۳۸۸/۴/۲۵	۲۶۱	۳۰۶	۲/۸۲	۴۶	۰/۹	۱/۶۵	۰/۴۶	۰/۲۲	۰/۷۸	۷۰۱
۱۳۸۸/۷/۱۹	۲۶۰	۳۰۷	۲/۸۳	۴۷	۱/۲	۱/۴۴	۰/۴۶	۰/۲۲	۰/۷۹	۷۰۱
میانگین	۲۶۱/۷	۳۰۶/۸	۲/۸۳	۴۶/۸	۰/۸۰	۱/۶۵	۰/۴۶	۰/۲۲	۰/۷۸	۷۰۲/۴
انحراف معیار	۱/۵	۰/۸۳	۰/۰۱	۰/۳۵	—	۰/۰۵	۰	۰/۰۰۳	۰/۰۰۵	۱/۸
ضریب تغییرات (%)	۰/۶	۰/۳	۰/۳	۰/۷	—	۰/۳	۰	۱/۵	۰/۶	۰/۲

جدول ۴-۲۰- پارامترهای محاسبه شده در قنات درانی

$T.D.S$ (ppm)	$T.D.S$ EC	Cl ΣAni	Na ΣCat	Ca Mg	Error%	Na%	SAR	قلیائیت (ppm)	سختی (ppm)	پارامتر تاریخ
۸۵۴	۰/۸۰	۰/۲۳	۰/۴۲	۱/۷۵	۶/۲	۴۲/۷	۲/۷۹	۳۷۵	۳۶۲	۱۳۸۷/۷/۱۷
۸۶۰	۰/۷۹	۰/۲۳	۰/۴۲	۱/۷۴	۶/۶	۴۲/۸	۲/۸۱	۳۷۹/۳	۳۶۴	۱۳۸۷/۹/۲۰
۸۶۷	۰/۷۸	۰/۲۳	۰/۴۲	۱/۷۰	۶/۵	۴۳	۲/۸۶	۳۸۰/۳	۳۶۹	۱۳۸۷/۱۱/۱۶
۸۵۸	۰/۷۹	۰/۲۳	۰/۴۲	۱/۶۸	۶/۶	۴۲/۹	۲/۸۳	۳۷۸/۵	۳۶۵	۱۳۸۷/۱۲/۲۱
۸۵۷	۰/۷۹	۰/۲۳	۰/۴۲	۱/۷۰	۶/۵	۴۳	۲/۸۳	۳۷۸/۱	۳۶۴	۱۳۸۸/۲/۲۴
۸۵۸	۰/۷۹	۰/۲۳	۰/۴۲	۱/۷۲	۶/۴	۴۲	۲/۸۳	۳۷۸/۵	۳۶۲	۱۳۸۸/۴/۲۵
۸۵۸	۰/۷۹	۰/۲۳	۰/۴۲	۱/۷۳	۵/۶	۴۳	۲/۸۲	۳۷۹/۲	۳۶۰	۱۳۸۸/۷/۱۹
۸۵۸/۸	۰/۷۹	۰/۲۳	۰/۴۲	۱/۷۲	—	۴۲/۸	۲/۸۲	۳۷۸/۴	۳۶۳/۷	میانگین
۳/۷	۰/۰۰۵	۰	۰	۰/۰۲	—	۰/۳۳	۰/۰۲	۱/۵۳	۲/۷	انحراف معیار
۰/۴	۰/۷	۰	۰	۱/۳	—	۰/۸	۰/۷	۰/۴	۰/۷	ضریب تغییرات (%)

جدول ۴-۲۱- پارامترهای محاسبه شده در قنات یزدو

$T.D.S$ (ppm)	$T.D.S$ EC	Cl ΣAni	Na ΣCat	Ca Mg	Error%	Na%	SAR	قلیائیت (ppm)	سختی (ppm)	پارامتر تاریخ
۲۶۹	۱۵۹	۰/۱۱	۰/۱۹	۱/۱	۴/۵	۱۹	۰/۵۹	۱۷۰	۱۵۹	۱۳۸۷/۷/۱۷
۲۷۱	۱۶۰	۰/۱۱	۰/۱۹	۱/۲	۴/۶	۱۹	۰/۵۹	۱۷۱	۱۶۰	۱۳۸۷/۹/۲۰
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	۱۳۸۷/۱۱/۱۶
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	۱۳۸۷/۱۲/۲۱
۲۵۹	۱۷۴	۰/۱۱	۰/۲۰	۱/۱	۲	۲۰	۰/۶۳	۱۶۵	۱۷۴	۱۳۸۸/۲/۲۴
۲۵۶	۱۴۶	۰/۱۱	۰/۲۰	۱/۱	۱/۵	۲۰	۰/۶۱	۱۶۳	۱۴۶	۱۳۸۸/۴/۲۵
۲۶۱	۱۵۱	۰/۱۱	۰/۲۰	۱/۱	۳/۵	۲۰	۰/۶۱	۱۶۵	۱۵۱	۱۳۸۸/۷/۸
۲۶۳/۲	۱۵۸	۰/۱۱	۰/۱۹۶	۱/۱۲	—	۱۹/۶	۰/۶۱	۱۶۶/۸	۱۵۸	میانگین
۵/۸	۹/۵	۰	۰/۰۰۵	۰/۰۴	—	۰/۴۹	۰/۰۱	۳/۱	۹/۵	انحراف معیار
۲/۲	۶	۰	۲/۴	۳/۵	—	۲/۵	۲/۴	۱/۸	۶	ضریب تغییرات (%)

جدول ۴-۲۲- پارامترهای محاسبه شده در قنات قلعه بالا

$T.D.S$ (ppm)	$T.D.S$ EC	Cl ΣAni	Na ΣCat	Ca Mg	Error%	Na%	SAR	قلیائیت (ppm)	سختی (ppm)	پارامتر تاریخ
۲۴۱	۰/۷۲	۰/۰۹	۰/۱۸	۱/۲۶	۵	۱۸/۶	۰/۵۲	۱۶۰	۱۳۰	۱۳۸۷/۷/۱۷
۲۴۳	۰/۷۲	۰/۰۹	۰/۱۹	۱/۳۲	۶/۶	۱۸/۸	۰/۵۲	۱۶۲	۱۲۹	۱۳۸۷/۹/۲۰
۲۴۵	۰/۷۲	۰/۰۹	۰/۱۹	۱/۳۳	۶/۹	۱۸/۹	۰/۵۳	۱۶۳	۱۲۹	۱۳۸۷/۱۱/۱۶
۲۴۱	۰/۷۴	۰/۰۹	۰/۱۸	۱/۳۳	۶/۶	۱۸/۹	۰/۵۲	۱۶۰	۱۲۷	۱۳۸۷/۱۲/۲۱
۲۴۱	۰/۷۳	۰/۰۸	۰/۱۹	۱/۳۳	۶/۶	۱۸/۹	۰/۵۲	۱۶۰	۱۲۷	۱۳۸۸/۲/۲۴
۲۳۵	۰/۷۴	۰/۰۹	۰/۱۹	۱/۳۱	۶/۹	۱۸/۹	۰/۵۲	۱۵۷	۱۲۴	۱۳۸۸/۴/۲۵
۲۴۱	۰/۷۴	۰/۰۹	۰/۱۸	۱/۳۱	۵/۷	۱۸/۵	۰/۵۱	۱۶۰	۱۲۹	۱۳۸۸/۷/۸
۲۴۱	۰/۷۳	۰/۰۰۸	۰/۱۸	۱/۳۱	—	۱۸/۸	۰/۵۲	۱۶۰/۳	۱۲۷/۸	میانگین
۲/۸	۰/۰۰۹	۰/۰۰۳	۰/۰۰۵	۰/۰۲	—	۰/۱۴	۰/۰۵	۱/۷۵	۱/۹	انحراف معیار
۱/۱	۱/۲	۳/۹	۲/۶	۱/۷	—	۰/۷	۱	۱	۱/۵	ضریب تغییرات (%)

جدول ۴-۲۳- پارامترهای محاسبه شده در قنات دزیان

$T.D.S$ (ppm)	$T.D.S$ EC	Cl ΣAni	Na ΣCat	Ca Mg	Error%	Na%	SAR	قلیائیت (ppm)	سختی (ppm)	پارامتر تاریخ
۲۲۶	۰/۷۳	۰/۰۸۰	۰/۱۸	۱/۳۱	۴/۴	۱۸/۰۱	۰/۴۹	۱۵۲	۱۲۳	۱۳۸۷/۷/۱۷
۲۲۴	۰/۷۲	۰/۰۸۴	۰/۱۸	۱/۳۲	۲	۱۷/۹۸	۰/۴۸	۱۵۰	۱۲۵	۱۳۸۷/۹/۲۰
۲۲۵	۰/۷۲	۰/۰۸۹	۰/۱۷	۱/۳۴	۱/۲	۱۷/۷	۰/۴۸	۱۵۱	۱۲۶	۱۳۸۷/۱۱/۱۶
۲۲۳	۰/۷۳	۰/۰۸۰	۰/۱۷	۱/۳۴	۳/۹	۱۷/۷	۰/۴۷	۱۵۲	۱۲۴	۱۳۸۷/۱۲/۲۱
۲۲۵	۰/۷۳	۰/۰۸۳	۰/۱۸	۱/۳۱	۳/۴	۱۸	۰/۴۸	۱۵۱	۱۲۳	۱۳۸۸/۲/۲۴
۲۲۳	۰/۷۳	۰/۰۸	۰/۱۸	۱/۳۳	۳/۸	۱۷/۸	۰/۴۸	۱۵۰	۱۲۳	۱۳۸۸/۴/۲۵
۲۲۷	۰/۷۳	۰/۰۸	۰/۱۸	۱/۳۲	۳	۱۷/۸	۰/۴۸	۱۵۲	۱۲۶	۱۳۸۸/۷/۸
۲۲۴/۷	۰/۷۳	۰/۰۸۲	۰/۱۸	۱/۳۲	—	۱۷/۸	۰/۴۸	۱۵۱/۱	۱۲۴/۳	میانگین
۱/۳۸	۰/۰۰۵	۰/۰۰۳	۰/۰۰۴	۰/۱۱	—	۰/۱۳	۰/۰۵	۰/۸۳	۱/۳	انحراف معیار
۰/۶	۰/۶	۳/۸	۲/۵	۰/۹	—	۰/۸	۱/۱	۰/۵	۱	ضریب تغییرات (%)

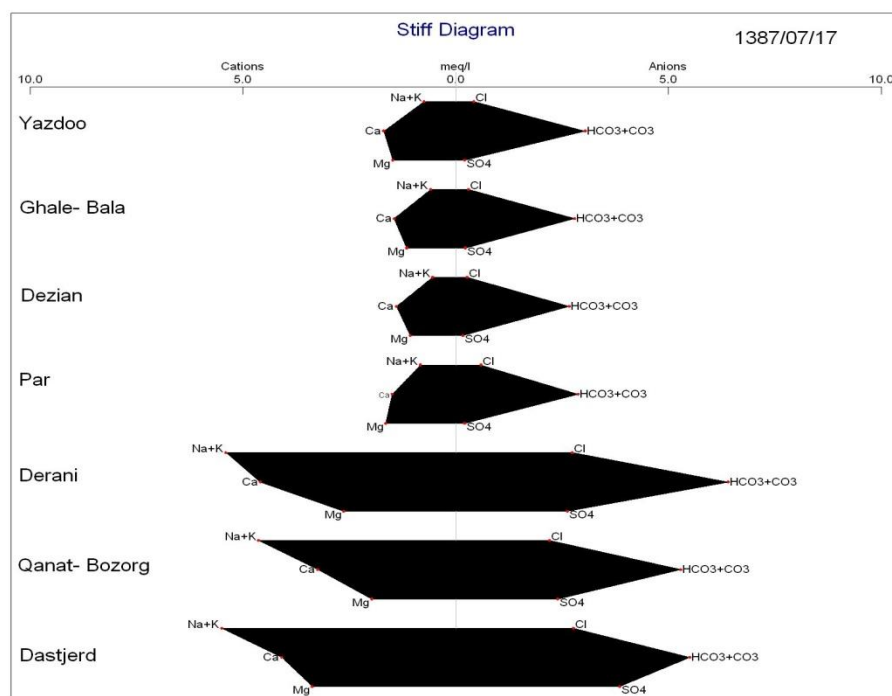
جدول ۴-۲۴- پارامترهای محاسبه شده در قنات پر

$T.D.S$ (ppm)	$T.D.S$ EC	Cl ΣAni	Na ΣCat	Ca Mg	Error%	Na%	SAR	قلیائیت (ppm)	سختی (ppm)	پارامتر تاریخ
۲۷۰	۰/۷۴	۰/۱۶	۰/۲۱	۰/۹۱	۶	۲۱	۰/۶۶	۱۶۵	۱۵۷	۱۳۸۷/۷/۱۷
۲۷۲	۰/۷۳	۰/۱۶	۰/۲۰	۰/۹۲	۵/۲	۲۰/۸	۰/۶۶	۱۶۶/۶	۱۵۸	۱۳۸۷/۹/۲۰
۲۷۴	۰/۷۳	۰/۱۶	۰/۲۱	۰/۹۲	۵/۳	۲۱	۰/۶۷	۱۶۸	۱۵۹	۱۳۸۷/۱۱/۱۶
۲۶۹	۰/۷۴	۰/۱۶	۰/۲۱	۰/۸۸	۶/۶	۲۰/۶	۰/۶۵	۱۶۴/۸	۱۵۸	۱۳۸۷/۱۲/۲۱
۲۶۸	۰/۷۴	۰/۱۶	۰/۲۱	۰/۸۹	۵	۲۱	۰/۶۵	۱۶۳/۸	۱۵۷	۱۳۸۸/۲/۲۴
۲۷۰	۰/۷۴	۰/۱۶	۰/۲۰	۰/۸۹	۵/۶	۲۰	۰/۶۴	۱۶۵/۸	۱۵۹	۱۳۸۸/۴/۲۵
۲۷۱/۵	۰/۷۴	۰/۱۶	۰/۲۰	۰/۹۰	۵/۸	۲۰	۰/۶۵	۱۶۶	۱۶۰	۱۳۸۸/۷/۸
۲۷۰/۶	۰/۷۴	۰/۱۶	۰/۲۰	۰/۹۰	—	۲۰/۶	۰/۶۵	۱۶۱/۴	۱۵۸/۳	میانگین
۱/۸۶	۰/۰۰۴	۰	۰/۰۰۵	۰/۰۱	—	۰/۴۲	۰/۰۹	۱۰/۸	۱/۰۳	انحراف معیار
۰/۷	۰/۶	۰	۲/۴	۱/۶	—	۲	۱/۴	۶/۷	۰/۶	ضریب تغییرات (%)

بررسی تیپ آب در قنات‌های مورد مطالعه

به منظور بررسی تیپ آب در قنات‌های مورد مطالعه از نمودارهای استیف و پایپر استفاده شده است که برای ترسیم این نمودارها نرم افزار RockWork14 به کار گرفته شده است. از آنجائی که تغییرات زمانی غلظت یون‌ها در قنات‌های مورد مطالعه نسبتاً اندک است، میانگین غلظت یون‌ها برای زمان‌های مختلف برای ترسیم نمودارهای مزبور در نظر گرفته شده است. شکل‌های ۴-۱۰ و ۴-۱۱ نمودارهای استیف و پایپر قنات‌های مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

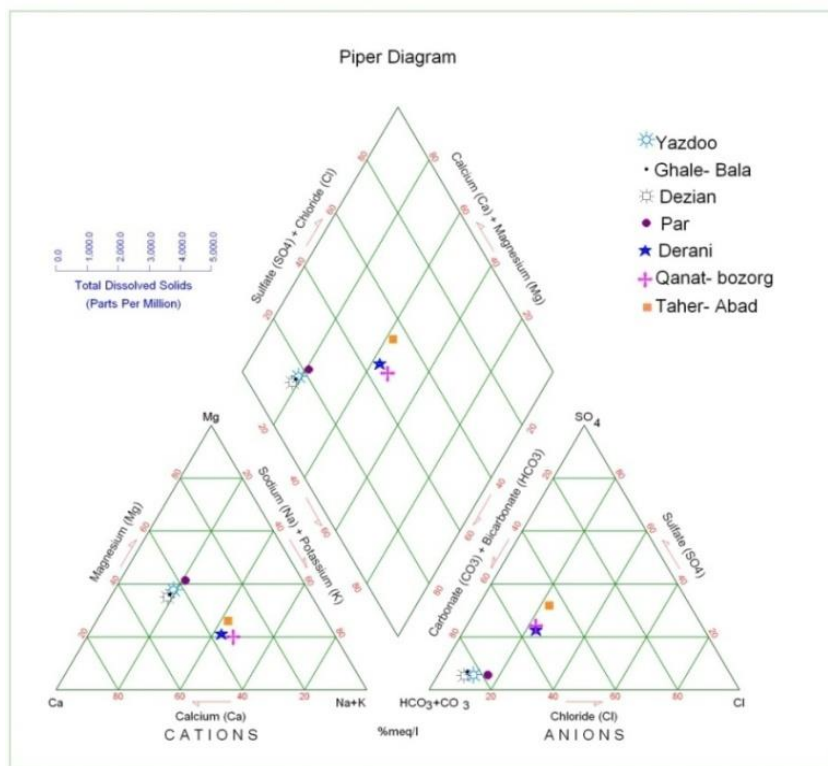
با مقایسه نمودارهای استیف قنات‌های دشتی و کوهستانی مشاهده می‌شود که کشیدگی این نمودار در قنات‌های کوهستانی مشابه هم و در دشتی‌ها نیز یکسان است. ضمن اینکه تیپ آب در قنات‌های کوهستانی بی کربنات کلسیک و در دشتی‌ها بی کربنات سدیک به دست آمد. البته در بین قنات‌های کوهستانی منطقه تیپ آب قنات پر متفاوت بوده و بیکربنات منیزیک تعیین گردید و با توجه به اینکه در نزدیکی این قنات یک واحد دگرگونی با ترکیب میکاشیست وجود دارد این مسأله قابل توجیه است که میزان منیزیم آن متأثر از این واحد بوده است. با توجه به این که محدوده pH در حد آشکارسازی کربنات نبوده لذا هنگام تعیین تیپ آب قنات‌های مورد نظر به جای یون کرینات از بیکربنات استفاده شده است.



شکل ۴-۱۰- نمودار استیف

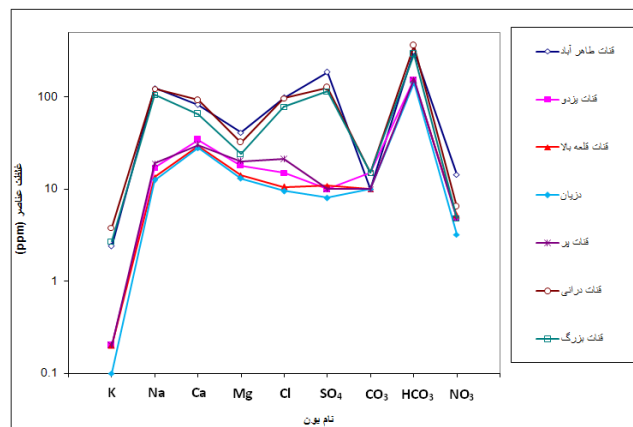
همانطور که در شکل (۴-۱۱) مشاهده می‌شود، نمودار پایپر نیز به طور واضحی قنات‌های دشتی و کوهستانی را از هم جدا می‌کند. در این نمودار آنیون غالب در قنات‌های دشتی و کوهستانی بی کربنات است ولیکن کاتیون غالب در قنات‌های دشتی، سدیم و پتاسیم و در کوهستانی‌ها کلسیم منیزیم می‌باشد. ضمن این که آب قنات‌های کوهستانی در محدوده آب‌هایی با کیفیت خوب قرار می‌گیرند. به منظور

مشاهده غلظت عناصر، می‌توان غلظت یون‌ها را در یک نمودار نیمه لگاریتمی رسم نمود. شکل (۴-۱۲) نمودار نیمه لگاریتمی غلظت عناصر، شولر، را نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌شود غلظت عناصر در قنات‌های دشتی بیشتر از قنات‌های کوهستانی است.



شکل ۴-۱۱- نمودار پایپر

در شکل (۴-۱۲) غلظت عناصر در یک نمودار نیمه لگاریتمی ترسیم شده است (نمودار شولر) که تفاوت آب قنات‌های دشتی و کوهستانی را به خوبی نشان می‌دهد.

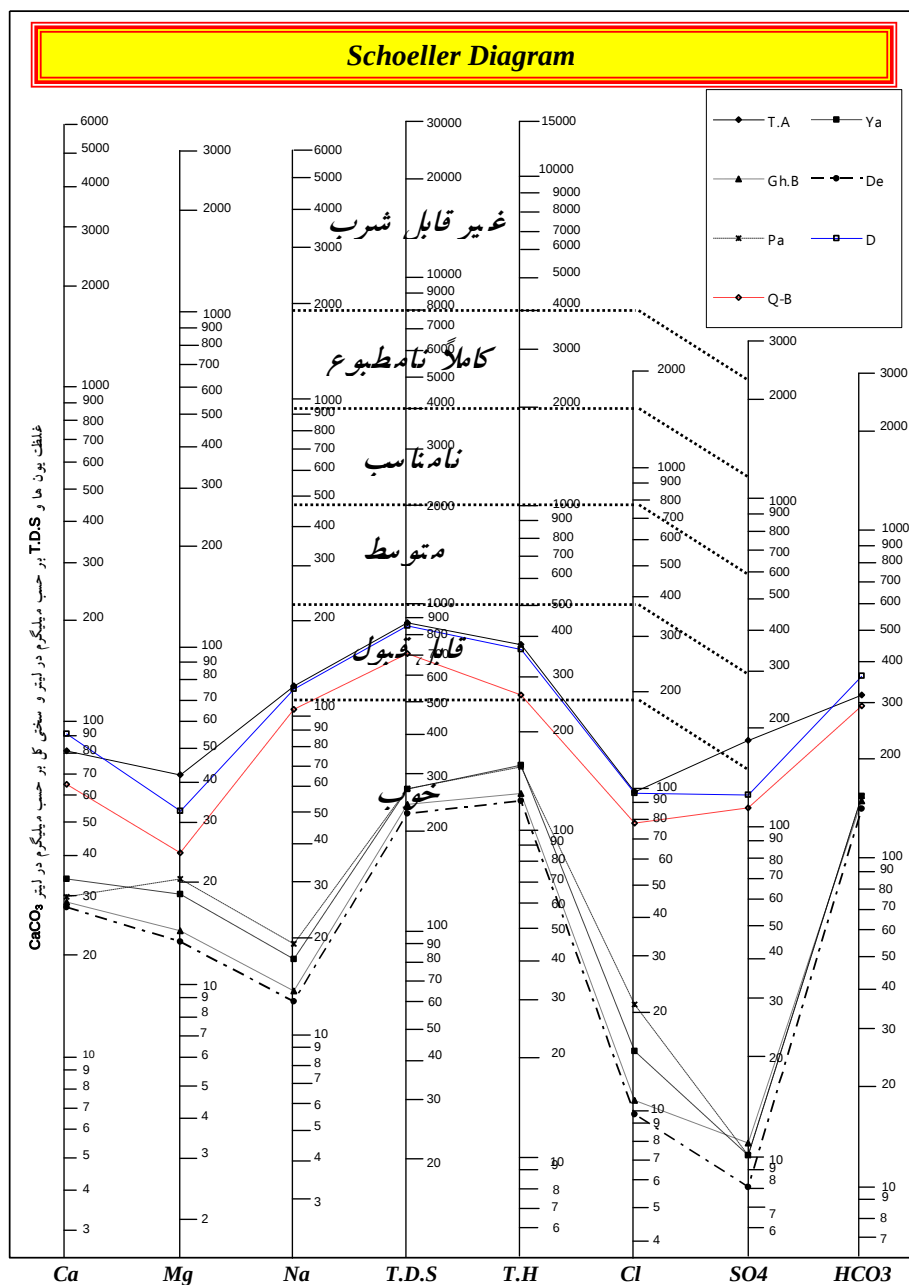


شکل ۴-۱۲- نمودار شولر

در صورتی که غلظت عناصر به همراه T.D.S و سختی نیز در دیاگرام شولر رسم گردد، بر طبق شکل (۴)-

(۱۳) مشاهده می‌شود که نمونه آب قنات‌های دشتی در محدوده قابل قبول و قنات‌های کوهستانی در

محدوده خوب قرار می‌گیرد.



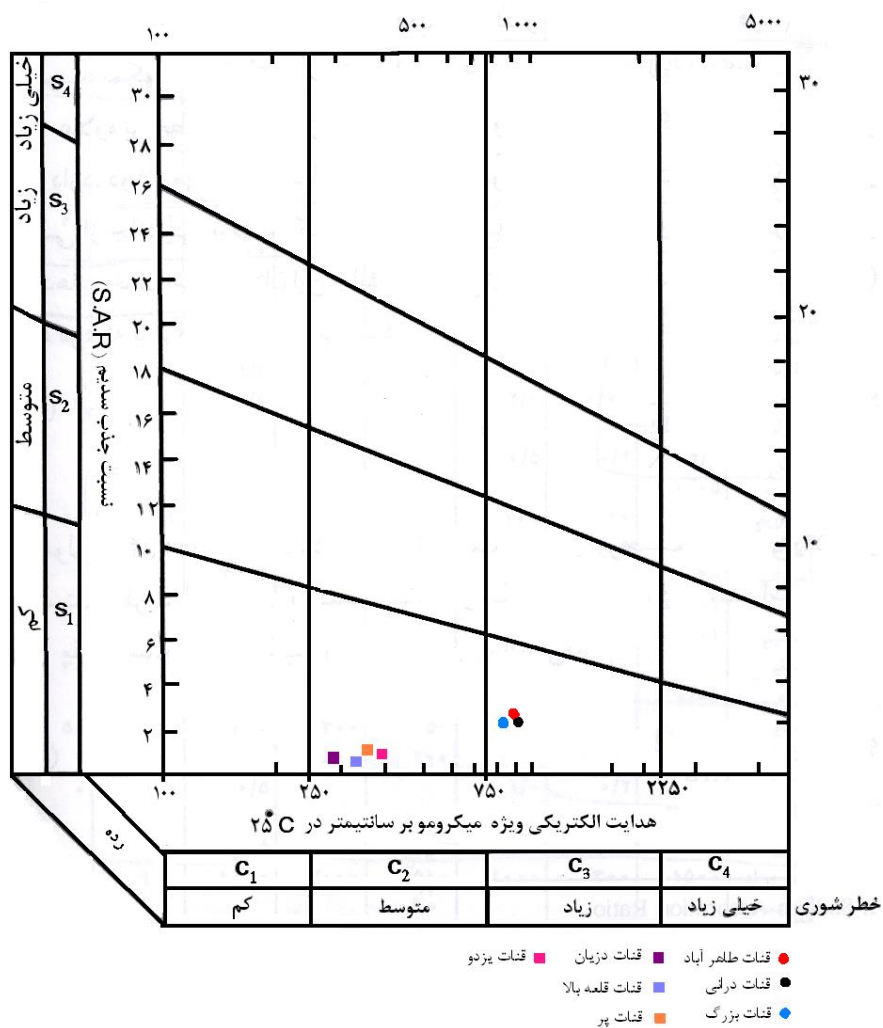
شکل ۴-۱۳ طبقه‌بندی آب قنات‌ها بر اساس نمودار شولر

جهت بررسی کیفیت آب آبیاری معمولاً سه عامل مهم را در نظر می‌گیرند که عبارتند از:

۱- غلظت کل نمک‌های محلول (شوری آب) که افزایش آن با تأثیر بر خاصیت اسمزی موجب کاهش آبیاری توسط آن می‌شوند.

۲- غلظت بعضی از یون‌های خاص که ممکن است برای گیاه سمی باشند.

۳- غلظت کاتیون‌هایی مانند سدیم که باعث بر هم زدن بافت خاک و کاهش نفوذپذیری آن می‌شوند. برای طبقه‌بندی آب مورد استفاده در کشاورزی، نمودارهایی همچون ویلکوکس ارائه می‌شوند که با ترسیم نمونه‌های اندازه‌گیری شده از قنات‌های مورد مطالعه، نتایج زیر حاصل گردید. شکل (۴-۱۴) نمودار اصلاح شده ویلکوکس را نشان می‌دهد.



شکل ۴-۱۳- نمودار اصلاح شده ویلکوکس

همانطور که مشاهده می‌شود نمونه آب قنات‌های کوهستانی در رده C_2S_1 (خوب) و نمونه آب قنات‌های دشتی در رده C_3S_1 (متوسط) واقع شده‌اند. در صورتی که بخواهیم آب مورد نظر را از جهت مناسب بودن برای شرب دسته‌بندی کنیم به صورت زیر خواهد بود:

جدول ۴-۲۵- کلاسه‌بندی آب بر اساس درصد سدیم

محل نمونه برداری	SAR	%Na	کیفیت بر اساس Na/
طاهر آباد	۲/۸	۴۲/۲۴	قابل قبول
یزدو	۰/۵۸	۱۸/۰۷	عالی
قلعه بالا	۰/۵۱	۱۸/۴۵	عالی
دزیان	۰/۴۹	۱۸/۰۲	عالی
پر	۰/۶۶	۲۰/۷۹	خوب
درانی	۲/۷۸	۴۲/۶۴	قابل قبول
قنات بزرگ	۲/۸۲	۴۶/۸۹	قابل قبول

جدول ۴-۲۶- کلاسه‌بندی آب از نظر کشاورزی

ردیف	محل نمونه‌برداری	کلاس آب	کیفیت آب برای کشاورزی
1	طاهر آباد	C3-S1	شور - قابل استفاده برای کشاورزی
2	یزدو	C2-S1	کمی شور - مناسب برای کشاورزی
3	قلعه بالا	C2-S1	کمی شور - مناسب برای کشاورزی
4	دزیان	C2-S1	کمی شور - مناسب برای کشاورزی
5	پر	C2-S1	کمی شور - مناسب برای کشاورزی
6	درانی	C3-S1	شور - قابل استفاده برای کشاورزی
7	قنات بزرگ	C3-S1	شور - قابل استفاده برای کشاورزی

۴-۷-۴- بررسی آلودگی بیولوژیکی در قنات

همانطور که قبلاً در فصل سوم نیز عنوان شد، به منظور بررسی میزان آلودگی بیولوژیکی قنات‌های منطقه، چهار قنات مهم منطقه انتخاب شده و از آب آن‌ها برای آنالیز بیولوژیکی نمونه‌برداری شده و به

آزمایشگاه شرکت آب و فاضلاب شاهرود انتقال یافت. این قنات‌ها شامل قنات قلعه‌بالا، دزبان، درانی و قنات بزرگ می‌باشند که نتایج آزمایشات در جدول (۴-۲۶) آورده شده است.

جدول ۴-۲۷- نتایج آزمایش میکروبی (کل کلیفرم در ۱۰۰ میلی لیتر)

نام قنات	قلعه‌بالا	دزبان	درانی	قنات بزرگ
نتایج	۰	۰	۷	۲۱

از آنجائی که طول کوره قنات‌های کوهستانی کوتاه بوده و هم چنین دهانه میله چاه این قنات‌ها مسدود است، احتمال آلودگی بیولوژیکی آن‌ها وجود ندارد. اما در مورد قرار گرفتن قنات در مسیر روستا، قنات دزبان در بالادست روستا واقع شده و از مسیر فاضلاب روستا خارج است. تنها قنات قلعه‌بالا در مسیر روستا قرار دارد که با انجام آزمایش میکروبی بر روی آب این قنات مشخص شد آلوده نبوده و شاید علت آن این باشد که چون مسیر قنات در روستا کول‌گذاری شده در نتیجه، این پوشش مانع ورود آب‌های آلوده به قنات شده است. در مورد قنات‌های دشتی در مقایسه با قنات‌های کوهستانی دیده می‌شود که آب آن‌ها اگرچه اندک، اما آلوده هستند و از آنجائی که موقعیت این دو قنات به گونه‌ای است که مسیر قنات دور از اماکن مسکونی می‌باشد در نتیجه احتمال آلودگی آب آن به وسیله فعالیت‌های انسانی کم‌رنگ شده و لذا با توجه به اینکه معمولاً دهانه میله چاه قنات‌های مذکور باز است و حیوانات زیادی در میله چاه‌ها زندگی می‌کنند (به ویژه کبوتر چاهی)، احتمال سقوط فضولات حیوانی و حتی لاشه حیوانات مرده به درون قنات و در نتیجه آلوده شدن آب آن وجود دارد. در مورد آلودگی این قنات‌ها در مقایسه با یکدیگر نیز احتمالاً چند شاخه بودن قنات بزرگ باعث آلودگی بیشتر آن نسبت قنات درانی گردیده است.

فصل پنجم

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

مقدمه

در این فصل یافته‌های مربوط به خصوصیات هیدروژئولوژیکی و هیدروژئوشیمیایی آب قنات‌های منطقه بیارجمند به طور خلاصه ارائه شده و در نهایت پیشنهاداتی به منظور ادامه کار بیان خواهد شد.

۵-۱- نتیجه‌گیری

با توجه به مطالبی که در فصل‌های گذشته بیان گردید، در رابطه با خصوصیات کمی و کیفی هفت قنات منطقه بیارجمند (قنات‌های دشتی طاهر آباد، درانی، قنات بزرگ و قنات‌های کوهستانی یزدو، قلعه‌بالا، دزیان و پر) که در طی یک سال آب مورد بررسی قرار گرفتند، نتایج زیر به دست آمده است:

۱- میزان هدایت الکتریکی در قنات‌های دشتی بسیار بیشتر از قنات‌های کوهستانی بود، در این میان قنات دزیان با ۳۰۹ و قنات طاهرآباد با ۱۱۰۴ میکروموهس بر سانتی متر به ترتیب کمترین و بیشترین

میزان هدایت الکتریکی را دارا بودند. علت ایت تفاوت نشأت گرفتن آب قنات‌های کوهستانی از آهک‌های منطقه می‌باشد.

۲- با بررسی ضریب تغییرات هدایت الکتریکی، در طی سال آبی ۱۳۸۸-۱۳۸۷ مشخص شد که به طور کلی میزان تغییرات این فاکتور بسیار ناچیز بوده است اما در قنات‌های کوهستانی اندکی بیشتر از قنات‌های دشتی بوده است.

۳- با بررسی و مقایسه‌ای که بین دمای قنات‌های دشتی و کوهستانی منطقه انجام گرفت مشخص شد که میزان این فاکتور در بین این دو نوع قنات تفاوت چندانی نمی‌کند اما روند تغییرات آن در قنات‌های دشتی بیشتر از قنات‌های کوهستانی بود، چرا که دهانه میله چاه‌ها در قنات‌های دشتی معمولاً باز است و در نتیجه تبادل هوایی بین محیط و کوره قنات زیاد می‌باشد که موجب اثرگذاری دمای محیط بر روی دمای آب این گونه قنات‌ها شده است.

۴- مقدار pH و تغییرات آن در قنات‌های دشتی و کوهستانی کم و بیش یکسان است.

۵- غلظت یون‌های موجود در آب قنات‌های دشتی در مقایسه با قنات‌های کوهستانی بیشتر بوده است.

۶- با بررسی پارامترهای کیفی همچون T.D.S، $\frac{Ca}{Mg}$ ، $\frac{Na}{\sum Cat}$ ، $\frac{Cl}{\sum Ani}$ ، $\frac{T.D.S}{EC}$ ، SAR، درصد سدیم،

قلیائیت و سختی مشاهده شد که میزان تمام پارامترهای فوق در قنات‌های دشتی بیشتر از قنات‌های کوهستانی می‌باشد.

۷- از جمله عللی که برای این تفاوت کیفیت بین قنات‌های دشتی و کوهستانی عنوان شد عبارتند از:

- ✓ طولانی بودن مسیر تره‌کار در قنات‌های دشتی که در رسوبات آبرفتی عهد حاضر حفر شده است.
- ✓ تأمین شدن آب قنات‌های کوهستانی از مادر چاه که در رسوبات آهکی منطقه حفر شده است. که این مسأله خود را در نوع یون‌های غالب و همچنین تیپ آب نشان داده است.

۸- بهتر بودن کیفیت آب قنات‌های مورد مطالعه (حتی قنات‌های دشتی) در مقایسه با دیگر منابع آبی موجود در دشت

۹- آلوده نبودن قنات‌های کوهستانی قلعه‌بالا و دزیان از نظر بیولوژیکی به علت مسدود بودن دهانه میله چاه‌های آن‌ها. در حالی که نتایج آزمایشات حاکی از آلوده بودن آب قنات‌های دشتی درانی و قنات بزرگ بود چرا که با وجود قرار نداشتن اماکن مسکونی در نزدیکی این دو قنات، باز بودن دهانه میله چاه این نوع قنات‌ها خطر سقوط حیوانات به درون قنات را افزایش می‌دهد.

۱۰- دبی قنات‌های دشتی بیشتر از قنات‌های کوهستانی بود، چرا که آب قنات‌های دشتی علاوه بر مادر چاه از تره‌کار نیز منتج می‌گردید، اما تغییرات دبی قنات‌های کوهستانی بیشتر از قنات‌های دشتی می‌باشد و علت آن بالا بودن زمان تأخیر دبی در قنات‌های دشتی منطقه به خاطر فاصله زیاد آن از محل تغذیه است.

۱۱- در قنات‌های کوهستانی رابطه هدایت الکتریکی با دبی معکوس بود اما به علت طولانی بودن مسیر در قنات‌های دشتی و این که اثرات بارش با تأخیر خود را نشان می‌دهد، در نتیجه این رابطه معکوس برای این نوع قنات‌ها چندان صدق نمی‌کند.

در یک جمع‌بندی کلی، می‌توان گفت که کیفیت آب قنات‌های منطقه چه از نظر شرب و چه از نظر آبیاری مناسب به نظر می‌رسند.

۵-۲- پیشنهادها

از جمله پیشنهادهایی که در رابطه با موضوع مورد نظر این تحقیق می‌توان بیان کرد عبارتند از:

- ۱- بررسی خصوصیات کمی و کیفی یک نوع قنات (کوهستانی یا دشتی) در لیتولوژی‌های مختلف.
- ۲- ارزیابی شرایط مناسب جهت ذخیره‌سازی آب در قنات‌هایی با آبدهی پائین، همانند قنات یزدو و یا ایجاد استخرهای ذخیره در پایین دست قنات‌هایی که آبدهی مناسب و بالایی دارند.

۳- لایروبی مستمر قنات‌ها برای جلوگیری از کاهش آبدهی قنات‌ها.

۴- جلوگیری از حفر چاه‌های عمیق در محدوده حریم قنات‌ها برای پیشگیری از کاهش آبدهی و یا حتی خشک شدن قنات.

۵- تعیین آلودگی بیولوژیکی در تمامی قنات‌های منطقه، چرا که به علت بالا بودن هزینه‌های این پروژه امکان نمونه‌برداری از تمام قنات‌های مورد مطالعه نبوده است.

۶- تعیین رابطه هیدرولیکی بین قنات‌های منطقه به ویژه قنات‌های کوهستانی که در فاصله کمی از یکدیگر قرار دارند.

۷- تعیین میزان اختلاط بین آب قنات درانی و قنات بزرگ.

منابع

- ۱- آقا نباتی ع. (۱۳۸۳). "زمین‌شناسی ایران" چاپ دوم، وزارت صنایع و معادن. انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۵۸۶ ص.
- ۲- آقارضا ح. (۱۳۸۳). "احیاء قنوات خشکیده با استفاده از چاه‌های تزریقی" چکیده مقالات همایش ملی قنات گناباد ۱۳۸۳. ص ۷۹.
- ۳- ابراهیمی م و زمزمیان م. (۱۳۷۹). "تغذیه مصنوعی آب‌های زیرزمینی با هدف افزایش آبدهی قنات در دشت فاریاب کوهیچ استان هرمزگان" مجموعه مقالات کنفرانس بین‌المللی قنات جلد دوم. انتشارات شرکت آب منطقه‌ای یزد، ص ۵۱۷ تا ۵۳۰.
- ۴- ارزانی ن. (۱۳۸۳). "رسوبات مخروط افکنه کوهپایه‌ای و دشتی و نقش آن‌ها در کنترل آبدهی قنات، مطالعه از دشت ابرکوه در غرب استان یزد" چکیده مقالات همایش ملی قنات گناباد ۱۳۸۳. ص ۹۳.
- ۵- امور آب شهرستان شاهرود. "آمار دراز مدت ایستگاه‌های آب و هواشناسی". (۱۳۸۰).
- ۶- امین س و صادقی ج و سلیمی منشادی م. (۱۳۷۹). "ذخیره آب در قنات" جلد اول مجموعه مقالات کنفرانس بین‌المللی قنات یزد. انتشارات شرکت آب منطقه‌ای یزد، ص ۲۷۷ تا ۲۹۲.
- ۷- امینی ص. (۱۳۸۳). "ژئوشیمی و کیفیت آب قنات با نگاهی ویژه به منطقه گناباد" چکیده مقالات همایش ملی قنات گناباد. ص ۱۳۹.
- ۸- باقریان کلات ع و کاظمی گلیان ر و احمد نژاد ح. (۱۳۸۳). "بررسی هیدروژئولوژی دشت جنوب بجنستان" چکیده مقالات همایش ملی قنات گناباد. ص ۱۳۸.
- ۹- برخورداری ج و مروتی شریف آباد م. (۱۳۷۹). "بهره‌گیری از قنات متروکه برای انتقال آب‌های سطحی دشت سعد آباد" مجموعه مقالات کنفرانس بین‌المللی قنات جلد دوم. انتشارات شرکت آب منطقه‌ای یزد، ص ۵۳۱ تا ۵۴۲.
- ۱۰- بهنیا ع. (۱۳۷۹) "قنات‌سازی و قنات‌داری" انتشارات مرکز نشر دانشگاهی تهران، ۲۳۶ ص.

- ۱۱- تقوایی ابریشمی ع. (۱۳۸۳). "بررسی بهره‌وری از سیلاب به روش آبخوانداری با هدف تغذیه دشت و احیا قنوات گناباد" چکیده مقالات همایش ملی قنات گناباد. ص ۱۳۴.
- ۱۲- جعفری باری م. (۱۳۸۳). "بررسی نقش سدهای زیرزمینی بر آبدهی قنات‌ها" چکیده مقالات همایش ملی قنات گناباد. ص ۷۸.
- ۱۳- حسینی ا. (۱۳۷۹) "بررسی هیدروژئولوژیکی قنات سنگی تنگ ارم- غرب ایران" ، مجموعه مقالات همایش بین المللی قنات جلد دوم، شرکت سهامی آب منطقه‌ای یزد. ص ۴۳۵ تا ۴۴۳.
- ۱۴- خسرو تهرانی خ. (۱۳۸۴). "زمین‌شناسی ایران" جلد دوم. انتشارات کلیدر، ۴۵۸ ص.
- ۱۵- خورسندی آقائی ا. (۱۳۸۳). قنات و ساختمان آن (مطالعه موردی قنوات استان یزد) ، چکیده مقالات همایش ملی قنات گناباد. ص ۱۲۵.
- ۱۶- دادرسی ا و فیله کش ا و صادق زاده ا. (۱۳۷۹). "بررسی نظان بهره‌برداری فنی قنات در شهرستان سبزوار" مجموعه مقالات کنفرانس بین المللی قنات جلد دوم. انتشارات شرکت آب منطقه‌ای یزد، ص ۴۶۵ تا ۴۸۰.
- ۱۷- دادرسی ا. (۱۳۷۹). "استفاده از روش‌های تغذیه مصنوعی با استفاده از روش پخش سیلاب" جلد اول مجموعه مقالات کنفرانس بین المللی قنات. انتشارات شرکت آب منطقه‌ای یزد، ص ۲۶۱.
- ۱۸- راضی اردکانی ع. (۱۳۷۹). "تحقیق و بررسی فنی - اقتصادی بر روی ۵۴۱ نمونه قنات دایر در خراسان" مجموعه مقالات کنفرانس بین المللی قنات جلد دوم. انتشارات شرکت آب منطقه‌ای یزد، ص ۴۴۵ تا ۴۶۴.
- ۱۹- رکنی ن. و اسلامی م (۱۳۷۹). "قمش نمونه‌ای ویژه از کاریزهای رودخانه‌ای در شمال خوزستان" مجموعه مقالات کنفرانس بین المللی قنات جلد دوم. انتشارات شرکت آب منطقه‌ای یزد، ص ۶۱۹ تا ۶۳۲.

- ۲۰- زنجان‌چی جم م. (۱۳۸۳). "بهره‌برداری از دبی مازاد رودخانه‌ها و سطوح آبرگیر، راهکاری مناسب برای افزایش بده قنات و چاه‌ها" چکیده مقالات همایش ملی قنات گناباد. ص ۶۷.
- ۲۱- سازمان برنامه و بودجه و نقشه‌برداری کشور. "کتاب فرهنگ جغرافیایی روستاهای کشور شماره ۹- شهرستان شاهرود". (۱۳۷۲). چاپ اول، چاپ افست سازمان نقشه‌برداری کشور، ۱۸۴ ص.
- ۲۲- سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور (۲۰۰۰)، ورقه‌های ۱:۱۰۰۰۰۰ میامی، عباس آباد، ابریشم رود و دره دایی.
- ۲۳- سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان سمنان- معاونت آمار و اطلاعات. سالنامه آماری استان سمنان (۱۳۸۵).
- ۲۴- سمسار یزدی ع و تفتی م. (۱۳۷۹). "تحلیلی بر وضعیت موجود قنات استان یزد" مجموعه مقالات کنفرانس بین المللی جلد دوم. انتشارات شرکت آب منطقه‌ای یزد، ص ۳۸۱ تا ۳۹۰.
- ۲۵- سمسار یزدی ع و دهقان منشادی ب. (۱۳۸۳). "افت سطح آب و تلاش در حفر پیشکار قنات (یک رقابت نابرابر) مطالعه موردی قنات زارچ واقع در دشت اردکان یزد" چکیده مقالات همایش ملی قنات گناباد. ص ۱۲۶.
- ۲۶- سمسار یزدی ع و جویا م. (۱۳۷۹). "تحلیلی بر نحوه عملکرد قنات دشت ابراهیم آباد یزد" مجموعه مقالات کنفرانس بین المللی قنات جلد دوم. انتشارات شرکت آب منطقه‌ای یزد، ص ۳۶۱ تا ۳۸۰.
- ۲۷- سمسار یزدی ع. و علمدار م. (۱۳۷۹) "واژگان قنات در یزد" مجموعه مقالات همایش بین المللی قنات جلد دوم، شرکت سهامی آب منطقه‌ای یزد. ص ۳۴۷ تا ۳۵۶.
- ۲۸- سمسار یزدی ع و هادیان م. (۱۳۷۹). "بررسی علل تحلیل قنات دشتی استان یزد و ارائه راه حل- های پیشگیری از این موضوع" مجموعه مقالات کنفرانس بین المللی قنات جلد دوم. انتشارات شرکت آب منطقه‌ای یزد، ص ۳۹۱ تا ۴۰۶.

- ۲۹- شاطری م. (۱۳۷۹) "نظام مدیریت در قنات شاهیک قائن"، مجموعه مقالات بین المللی قنات جلد دوم، شرکت سهامی آب منطقه‌ای یزد. ص ۴۸۱ تا ۵۰۲.
- ۳۰- صالحی، م و عطایی، م و سمسار یزدی، ع. ۱۳۸۳. "بررسی عوامل تقلیل کیفیت آب قنات" چکیده مقالات همایش ملی قنات گناباد. ص ۶۱.
- ۳۱ صداقت م. (۱۳۷۸). "زمین و منابع آب" انتشارات دانشگاه پیام نور، ۳۶۸ ص.
- ۳۲ عبدی پ. (۱۳۸۳). "بررسی وضعیت قنوت استان زنجان و ارائه راهکارهایی برای ارتقاء بهره‌برداری و حفاظت و احیای آن‌ها" چکیده مقالات همایش ملی قنات گناباد. ص ۷۶.
- ۳۳- علیزاده ا. (۱۳۸۱). "اصول هیدرولوژی کاربردی" انتشارات آستان قدس رضوی- چاپ چهارم، ۷۳۵ ص.
- ۳۴- عنایتی‌نیا ا. (۱۳۸۳). "قنات و رابطه هیدرولیکی آن‌ها با آب‌های زیرزمینی" چکیده مقالات همایش ملی قنات گناباد. ص ۹۴.
- ۳۵- عودی ق. (۱۳۷۳). "کیفیت آب آشامیدنی" انتشارات محقق مشهد، ۱۴۷ ص.
- ۳۶- غفوری م و مرتضوی ر. (۱۳۶۷). "آب‌شناسی" انتشارات دانشگاه تهران، ۲۲۶ ص.
- ۳۷- غیور ح. (۱۳۷۰) "نگرشی تازه بر قنات در ایران و چگونگی توزیع آن در مناطق مختلف جغرافیایی" شماره ۲۳، صفحه ۱۳۰.
- ۳۸- فدراسیون کنترل آلودگی آب (Wpcf)، ترجمه امتیازی، گ. ۱۳۷۵. آزمایشات میکروبی آب و پساب، انتشارات مانی.
- ۳۹- کرجی ا. (۱۳۴۵) "استخراج آب‌های پنهانی" ترجمه: حسین خدیوچم، پژوهشکده علوم انسانی و مطالعات فرهنگی و کمیسیون ملی یونسکو در ایران، ۱۶۲ ص.
- ۴۰- کردوانی پ. (۱۳۷۰). "ژئوهیدرولوژی (در جغرافیا)" انتشارات دانشگاه تهران، ۳۶۸ ص.

- ۴۱- کردوانی پ. (۱۳۷۴) "منابع و مسائل آب در ایران، جلد اول، آبهای سطحی و زیر زمینی و مسائل بهره برداری از آنها" انتشارات دانشگاه تهران. ۴۲۰ ص.
- ۴۲- کرمی غ. (۱۳۸۳). "قنات کوچک موجود در آبراهه‌های کوهستانی" چکیده مقالات همایش ملی قنات گناباد. ص ۱۳۵.
- ۴۳- گوبلو ه. (۱۳۷۱). "قنات فنی برای دستیابی به آب" ترجمه: سرومقدم و پاپلی یزدی، انتشارات آستان قدس رضوی، ۲۹۶ ص.
- ۴۴- مرکز بین المللی قنات و سازه‌های تاریخی آب. "www.icqhs.org"
- ۴۵- موحد ف و شامی ح. (۱۳۸۳). "احیاء قنات‌ها تحت تأثیر عملیات آبخوانداری و پخش سیلاب" چکیده مقالات همایش ملی قنات گناباد. ص ۸۴.
- ۴۶- مهدوی م. (۱۳۷۲). "بررسی و شناخت جغرافیایی منابع آبی روستاهای ایران" انتشارات جهاد دانشگاهی. ۲۱۸ ص.
- ۴۷- نظرفرد م و لیفی ک و شیبانی ک. (۱۳۸۳). "استفاده بهینه از اراضی بالا دست قنات و جلوگیری از هدر رفتن آب در زمستان" چکیده مقالات همایش ملی قنات گناباد. ص ۷۸.
- ۴۸- ولایتی س. (۱۳۷۱). "حریم منابع آب و کاربرد آن در برنامه‌ریزی ناحیه‌ای" انتشارات خراسان، ۱۰۹ ص.

References

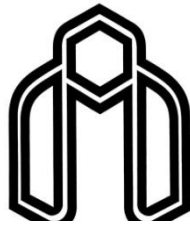
- 1- Al- Ghafri A. S. Norman W. R. Inoue T. and Nagasawa T. (2000) "Traditional irrigation scheduling in a falaj irrigation system of Oman: case study of falaj Al- Hageer, Northern Oman". In proceeding of the first international symposium on Qanat, 8-11, May, Yazd.
- 2- Boustani F. (2008) "Sustainable water utilization in arid region of Iran by Qanats" pp 213- 216.

- 3- Haeri M. R. (2003) "Kariz(Qanat); An Eternal Friendly System For Harvesting Groundwater" This article has been prepared for presentation In Adaptation Workshop November 12th – 13th 2003, New Delhi.
- 4-Hansen, R.D. (2007) “Karez (Qanats) of Turpan, Chiny” S. of. www.waterhistory.org
- 5- Lightfoot D. (1995) "Syrian Qanat Romani: history, ecology, abandonment" J. of Arid Environment, Volume 33, pp 321- 336.
- 6- Lightfoot D. (1996) "Traditional irrigation and progressive desiccation" *Volume 27*, pp 261- 273.
- 7- Rayhani M. Hesham El Naggar M. (2006) "Collapse hazard zonation of Qanats in greater Tehran area" pp 327- 338.
- 8- Salih, A. (2006) “Qanat a unique groundwater management tool in arid region: the case of Bam region in Iran” J. of .International Symposium on Groundwater Sustainability (ISGWAS). pp 79-87.
- 9- Sankaran Nair, Dr.V. (2004) “Etymological conduit to the land of Qanat”.
- 10- Stiros C. S. (2005) "Accurate measurement with primitive instruments: the "paradox" in the Qanat design" J. of Archaeological Science., Volume 33, pp 1058- 1064.
- 11- Sylvia (2000) "Building a better Qanat".
- 12- Todd, D.K.ed. (1980) “Groundwater hydrology (3rd edn)” NewYork, U.S.A. 535 pp.
- 13- Wessels J. Hoogeveen R. J. A. (2002) "Renovation of Qanat in Syria" Paper presented at the UNU/UNESCO/ICARDA international workshop ‘Sustainable Management of Marginal Drylands, application of indigenous knowledge for coastal drylands’
- 14- Wulff, H. E. (1968) "The Qanats of Iran" Scientific American., pp 94- 105.

Abstract

Biarjomand city is located 106 km southeast of Shahrood. This city belongs to the region of desert margin which its climate is hot and arid. Such that the annual precipitation and the mean temperature of this city 111 mm, 17.5 °c are respectively. From geological point of view, this area is located in central flat of Iran and the main formations in this area include orbitolinn limestone in the west and south, and quaternary sediments within Biarjomand plain. Because of the climate of this region, there is no perennial river and the water for different consumptions is supplied by groundwater. Agriculture is the main activity of people in this area and qanats has important role in irrigation of arable lands. In order to assess the quantity and quality of qanat water in Biarjomand region (including Taher-Abad, Derani, Qanat-Bozorg, Ghale-Bala, Yazdoo, Dezian and Par) for one hydrologic year, the values of discharge, electrical conductivity, water temperature and pH were measured in situ and the major cations and anions measured in the lab. The obtained results show that in mountainous qanats, because of short length of qanat and locating in the limestone formations, the quality of qanat water are higher than that for plain qanats (the electrical conductivity mean of mountainous and plain qanats are respectively 350 and 1037 $\mu\text{s/cm}$). Despite of high quality in the mountainous qanats comparing to plain qanats, their discharges is lower those that in plain qanats (such that the discharge of mountainous and plain qanats are respectively 8.3 and 21.6 L/s). The temporal variations of chemical characteristics for all qanats are little, but the variations of discharge in mountainous qanats are relatively high. Moreover, the biological pollution of some qanats in the study region was measured which illustrates that some biological pollution in plain qanats due to their large underground tunnels and some open shafts in these qanats.

Key words: qanat, quantity and quality characteristics, mountainous qanat, plain qanat



Shahrood University of Technology

Faculty: Earth Sciences

Hydrogeology Group

**Evaluating hydrogeological and hydrogeochemical
characteristics of Biarjomand qanats**

Maryam Kiani

**Supervisor:
Gholam Hossein Karami**

February 2010