بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده علوم زمین

گروه آبشناسی و زمین‌شناسی زیست محیطی

پایان‌نامه کارشناسی ارشدآبشناسی

عنوان:

مطالعه کمی و کیفی سفره آب زیرزمینی در منطقه مبارک‌آباد دماوند

دانشجو:

مریم کشاورزیان

استاد راهنما :

دکتر هادی جعفری

استاد مشاور:

دکتر رحیم باقری

بهمن ۱۳۹۴

تقدیم به

پدر و مادر عزیزم

که با باران مهرشان طراوتم بخشیدند

و

همسر مهربانم

همراه همیشگی فداکارم

و

دخترم

غنچه باغ زندگی‌ام

سپاس‌نامه

سپاس پروردگار مهربانم که یاریم بخشید تا در راه روشن کسب دانش گام بردارم و همواره مرا با مهر خویش یاری نمود.

سپاس و تقدیر بیکران خویش را به استاد ارجمند، جناب آقای دکتر هادی جعفری، که انجام این تحقیق بدون راهنمایی‌های ارزشمند و مساعدت‌های همیشگی‌شان ناممکن بود، تقدیم می‌نمایم.

همچنین از استاد گرامی جناب آقای دکتر باقری که با نظرات ارزشمند خویش در هرچه پر بارتر شدن این رساله مرا یاری نمودند سپاسگزارم.

از سروران گرامی، اساتید فرزانه، آقایان دکتر کرمی و دکتر کاظمی که در سایه‌سار دانش ارزشمندشان قطره‌ای از زلال دانش را کسب نمودم قدردانی می‌نمایم.

و تقدیم سپاس به مهربان‌ترین عزیزانم، پدر و مادر، همسر و دخترم و تمام دوستانی که حضورشان ستاره‌ای روشن در مسیر زندگی‌ام بود.

«مهرتان جاویدان»

مریم کشاورزیان

بهمن ۹۴

تعهد نامه

اینجانب مریم کشاورزیان دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته آب‌شناسی دانشکده علوم زمین دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه مطالعه کمی و کیفی سفره آب زیرزمینی در منطقه مبارک‌آباد دماوند تحت راهنمائی دکتر هادی جعفری متعهد میشوم .

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

تاریخ

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

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

- **این صفحه نیز باید در ابتدای نسخه های تکثیر شده پایان نامه وجود داشته باشد .**

چکیده:

روستای مبارک آباد در امتداد جاده هراز و مسیر ارتباطی تهران–شمال و حد فاصل آبعلی و مشا واقع گردیده است. در این منطقه آب مورد نیاز شرب و آبیاری باغات از طریق چاه‌های حفر شده در سازندهای آهکی و آبرفتی تامین می‌گردد. بررسی مکانی داده‌های آماری منابع آب زیرزمینی روستای مبارک‌آباد نشان داد که هدایت الکتریکی در چاه‌های حفاری شده در سازند و آبرفت نواحی جنوبی منطقه، مقدار بیشتری را نسبت به سایر نواحی منطقه دارا می‌باشد، که علت این امر دوری از مناطق تغذیه و مجاورت با گسل رورانده مشا-فشم ارزیابی گردید. همچنین منابع آبی با pH کمتر از میانگین سالیانه نیز در این منطقه تمرکز داشته‌اند. علت کاهش pH احتمالاً مرتبط با افزایش هدایت الکتریکی و مهیا شدن شرایط رسوب کلسیت می‌باشد. همچنین بررسی شیمی آب زیرزمینی در چاه منتخب حفاری شده در آبرفت و سه چاه شرب حفاری شده در سازند، افزایش هدایت الکتریکی را با گذشت زمان در اثر افزایش برداشت از منابع آبی و خشکسالی‌های اخیر نشان داد. هدایت الکتریکی در نیمه اول سال نسبت به نیمه دوم سال کاهش نشان می‌دهد که احتمالاً علت آن افزوده شدن آب‌های ناشی از ذوب برف به منابع آبی در فصول گرم و بهبود در کیفیت منابع آبی و در نتیجه کاهش EC می‌باشد. تیپ غالب در منابع آب زیرزمینی منطقه مبارک‌آباد (آبرفتی و آهکی) بی‌کربناته-کلسیک بوده که با توجه به لیتولوژی غالب آهک در منطقه تغذیه قابل توجیه می‌باشد. ضریب همبستگی مثبت بین کلسیم و بیکربنات نقش سازندهای آهکی در کیفیت منابع آب زیرزمینی منطقه را تایید می‌کند.

واژگان کلیدی: مطالعه کمی و کیفی، گسل مشا-فشم، مبارک‌آباد، دماوند

فهرست مطالب

فصل اول: مقدمه ۱

۱-۱- بیان مسئله و هدف از تحقیق ۲

۱-۲- موقعیت جغرافیایی منطقه ۲

۱-۳- آب و هوا ۳

۱-۴- زمین ریخت شناسی (Geomorphology) ۶

۱-۵- زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه ۸

۱-۵-۱- چینه‌شناسی و سنگ شناسی ۸

سازند سلطانیه (Pe-es) ۱۰

سازند باروت (ebt) ۱۰

سازند لالون (el) ۱۰

سازند میلا (Om5) ۱۱

سازند جیرود (Dja) ۱۱

سازند مبارک (Em) ۱۲

سازند شمشک (R3js) ۱۳

سازند فاجان (فجن) (PEef) ۱۳

سازند زیارت (Ez) ۱۳

سازند کرج (Etk) ۱۴

۱-۵-۲- زمین ساخت و تکتونیک ۱۵

۱-۶- هیدرولوژی منطقه مورد مطالعه ۱۵
۱-۷- هیدروژئولوژی منطقه مورد مطالعه ۱۶
آبخوان آبرفتی مبارک‌آباد ۱۶
آبخوان کارستی ۱۶

فصل دوم: مروری بر تحقیقات گذشته ۱۹
۲-۱- مطالعات انجام شده بر روی مهم‌ترین منابع آلودگی آب‌های زیرزمینی ۲۰
۲-۱-۱- سازندهای زمین‌شناسی آلاینده ۲۰
۲-۱-۲- آلاینده‌های کشاورزی ۲۲
۲-۱-۳- آلاینده‌های شهری ۲۵
۲-۱-۴- آلاینده‌های صنعتی ۲۷
۲-۲- مطالعات انجام شده بر روی روند تغییرات کمی و کیفی آب‌های زیرزمینی ۲۹
۲-۳- مطالعات انجام شده بر روی منابع آب زیرزمینی در سازندهای آهکی ۳۴
۲-۴-پیشینه مطالعات منطقه مورد مطالعه ۳۶

فصل سوم: روش انجام تحقیق ۳۷
۳-۱- جمع‌آوری داده‌های مختلف ۳۸
۳-۲- روش تجزیه و تحلیل اطلاعات ۳۹

فصل چهارم: بررسی کمی و کیفی آب‌های زیرزمینی در منطقه مبارک‌آباد ۴۱
۴-۱- منابع آب زیر زمینی در منطقه مبارک‌آباد ۴۲
۴-۲-بررسی تغییرات مکانی پارامترهای هیدروژئولوژیکی در منابع آب زیرزمینی آبرفتی ۴۴
۴-۲-۱- ارزیابی هدایت الکتریکی (EC) ۴۴

۴-۲-۲- دبی و تخلیه سالیانه چاه‌های بهره برداری ۴۷
۴-۲-۳- pH چاه‌های آبرفتی ۴۸
۴-۳- بررسی تغییرات مکانی پارامترهای هیدروژئولوژیکی در منابع آب زیرزمینی سازندی ۵۰
۴-۳-۱- ارزیابی هدایت الکتریکی (EC) ۵۱
۴-۳-۲- دبی برداشتی و تخلیه سالیانه ۵۲
۴-۳-۳- pH چاه‌های سازندی ۵۳
۴-۴- ارزیابی تغییرات زمانی پارامترهای کیفی در منطقه مورد مطالعه ۵۷
۴-۴-۱- ارزیابی تغییرات زمانی در منابع آبرفتی ۵۷
۴-۴-۲- ارزیابی تغییرات زمانی در منابع آب زیرزمینی در سازند ۶۴
فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادها ۷۵
۵-۱- نتیجه‌گیری ۷۶
۵-۲- پیشنهادها ۷۷
منابع ۷۹

فهرست شکل‌ها

شکل ۱-۱- موقعیت منطقه و راه‌های دسترسی به آن ۳

شکل ۱-۲- نمودار آمبروترمیک منطقه مورد نظر (بر اساس داده‌های ایستگاه سینوپتیک آبعلی) ۵

شکل ۱-۳- نمایی از منطقه مورد مطالعه مبارک‌آباد در تصویر Google Earth ۷

شکل ۱-۴- تصویری از مورفولوژی منطقه مورد مطالعه ۷

شکل ۱-۵- نقشه زمین شناسی منطقه مورد نظر ۹

شکل ۴-۱- موقعیت چاه‌ها تفکیک شده بر اساس حفاری در آبرفت و سازند سخت ۴۳

شکل ۴-۲- موقعیت چاه‌های آبرفتی در سال ۸۲ با هدایت الکتریکی کم‌تر و بیش‌تر از میانگین ۴۵

شکل ۴-۳- موقعیت چاه‌های آبرفتی در سال ۸۹ با هدایت الکتریکی کم‌تر و بیش‌تر از میانگین ۴۵

شکل ۴-۴- چاه‌های با تخلیه سالیانه کم‌تر و بیش‌تر از مقدار میانگین در سال ۸۲ ..... ۴۷

شکل ۴-۵- چاه‌های با تخلیه سالیانه کم‌تر و بیش‌تر از مقدار میانگین در سال ۸۹ ..... ۴۸

شکل ۴-۶- چاه‌های با pH کم‌تر و بیش‌تر از ۷/۲ درسال ۸۲ ..... ۴۹

شکل ۴-۷- چاه‌های با pH کم‌تر و بیش‌تر از ۷/۲ درسال ۸۹ ..... ۵۰

شکل ۴-۸- چاه‌های سازندی در سال ۸۲ با هدایت الکتریکی کم‌تر و بیش‌تر از مقدارمیانگین ۵۱

شکل ۴-۹- چاه‌های سازندی در سال ۸۹ با هدایت الکتریکی کم‌تر و بیش‌تر از مقدار میانگین ۵۲

شکل ۴-۱۰- تخلیه سالیانه کم‌تر و بیش‌تر از مقدار میانگین درسال ۸۲ ..... ۵۳

شکل ۴-۱۱- تخلیه سالیانه کم‌تر و بیش‌تر از مقدار میانگین در سال ۸۹ ..... ۵۳

شکل ۴-۱۲- چاه‌های با pH کم‌تر و بیش‌تر از ۷/۲ در سال ۸۲ ..... ۵۴

شکل ۴-۱۳- چاه‌های با pH کم‌تر و بیش‌تر از ۷/۲ در سال ۸۹ ..... ۵۴

شکل ۴-۱۴- موقعیت چاه‌های آبعلی در قسمت جنوبی مبارک‌آباد ۵۵
شکل ۴-۱۵-محدوده گسل مشا-فشم و چاه‌های با هدایت الکتریکی بیش از میانگین ۵۶
شکل ۴-۱۶- محل چاه منتخب آبرفتی در مبارک‌آباد ۵۷
شکل ۴-۱۷- تغییرات زمانی هدایت الکتریکی درچاه منتخب ۵۸
شکل ۴-۱۸- نمودار میانگین بارش ماهیانه و نوسانات EC در چاه منتخب آبرفتی ۵۹
شکل ۴-۱۹- نمودار پایپر برای چاه واقع در مبارک‌آباد برای سه دوره آماری ۶۰
شکل ۴-۲۰- نمودار استیف چاه آبرفتی منتخب در سه مرحله نمونه‌برداری ۶۱
شکل ۴-۲۱- نمودار شولر برای چاه آبرفتی منتخب در سه مرحله نمونه‌برداری ۶۲
شکل ۴-۲۲- موقعیت چاه‌های حفر شده در سازند مبارک ۶۵
شکل ۴-۲۳- نوسانات هدایت الکتریکی در چاه شماره ۱ حفر شده در سازند مبارک ۶۴
شکل ۴-۲۴- نمودار نوسان هدایت الکتریکی در چاه شماره ۲ ..... ۶۸
شکل ۴-۲۵- نمودار نوسان هدایت الکتریکی در چاه شماره ۳ ..... ۶۸
شکل ۴-۲۶- رابطه بین کلسیم و منیزیم در سه چاه سازندی ۶۹
شکل ۴-۲۷- رابطه کلسیم و بی کربنات در سه چاه سازندی ۷۰
شکل ۴-۲۸- رابطه بین کلسیم و سولفات در سه چاه سازندی ۷۰
شکل ۴-۲۹- نمودار پایپر برای سه چاه سازندی ۷۱
شکل ۴-۳۰- نمودار شولر برای سه چاه حفاری شده در سازند ۷۲
شکل ۴-۳۱- نمودار استیف برای سه چاه سازندی ۷۳

فهرست جدول‌ها

جدول ۱-۱- میانگین بارندگی و درجه حرارت ماهیانه ایستگاه سینوپتیک آبعلی(۱۳۹۱-۱۳۷۸) ۴

جدول ۱-۲- طبقه بندی دمارتن (علیزاده، ۱۳۸۱) ۵

جدول ۴-۱- اطلاعات چاه‌های آبرفتی منطقه مورد مطالعه در سال های آماری ۸۲ و ۸۹ ..... ۴۴

جدول ۴-۲- اطلاعات چاه‌های سازندی منطقه مورد مطالعه در سال های آماری ۸۲ و ۸۹ ..... ۵۰

جدول ۴-۳- مقادیر پارامترهای شیمیایی در چاه منتخب آبرفتی در منطقه مورد مطالعه ۵۸

جدول ۴-۴- نسبت‌های یونی و اندیس اشباع برای چاه منتخب آبرفتی ۶۴

جدول ۴-۵- نتایج آنالیز شیمیایی نمونه‌های برداشت شده ازچاه شماره ۱ در سازند مبارک ۶۶

جدول ۴-۶- نتایج آنالیز شیمیایی نمونه‌های برداشت شده ازچاه شماره ۲ در سازند مبارک..... ۶۶

جدول ۴-۷- نتایج آنالیز شیمیایی نمونه‌های برداشت شده ازچاه شماره ۳ در سازند مبارک ۶۶

جدول ۴-۸- محاسبه اندیس اشباع در سه چاه حفر شده در سازند مبارک..... ۷۴

فصل اول

مقـــدمه

آب‌های زیرزمینی از دو جنبه کمی و کیفی قابل بررسی می‌باشند. در کشورهای در حال توسعه و جهان سوم بیش‌ترین توجه به یافتن سفره‌های آب زیرزمینی مناسب جهت تامین آب مورد نیاز شرب، کشاورزی و صنعت معطوف گردیده است. این در حالی است که کمتر به حفظ کیفی آبخوان‌ها توجه می‌شود. بر این اساس، باید در توسعه ابزارهای عملی و کاربردی کردن مطالعات و بررسی‌های منابع آب در جهت مدیریت منابع آب و حفاظت از آن، چه از لحاظ کیفی و چه کمّی کوشید.

۱-۱- بیان مسئله و هدف از انجام تحقیق

به علت اینکه از منابع آب زیرزمینی این منطقه جهت آب شرب شهرستان آبعلی استفاده می شود، توجه به کیفیت آن مورد توجه قرار گرفته است. منابع آب زیرزمینی مبارک‌آباد در سال های اخیر، با تغییر در میزان املاح به ویژه در چاه‌های حفر شده در آهک مواجه گردیده که نشان از تغییر در کیفیت شیمیایی منابع آب این منطقه است. با توجه به اهمیت منابع آب زیرزمینی در این منطقه هدف از تحقیق حاضر بررسی کمی و کیفی منابع آب زیرزمینی در منطقه مبارک‌آباد و مطالعه تغییرات زمانی و مکانی در پارامترهای فیزیکی و شیمیایی منابع آب زیرزمینی می باشد.

۱-۳- موقعیت جغرافیایی منطقه

مبارک‌آباد، از روستاهای شهرستان آبعلی دماوند در شرق استان تهران در دامنه جنوبی البرز مرکزی می باشد. این محدوده بین طول‌های جغرافیایی ´۵۷ °۵۱ تا ´۵۹ °۵۱ شرقی و عرض‌های ´۴۵ °۳۵ تا ´۴۷ °۳۵ شمالی قرار گرفته است. در شکل۱-۱ موقعیت جغرافیایی منطقه و راه‌های دسترسی به آن نشان داده شده است. راه دسترسی به منطقه مورد مطالعه جاده هراز می باشد.

شکل ۱-۱- موقعیت منطقه و راه‌های دسترسی به آن

۱-۴- آب و هوا

وضعیت آب و هوا و اقلیم منطقه مورد مطالعه با استفاده از آمار تهیه شده از ایستگاه سینوپتیک آبعلی (نزدیکترین ایستگاه هواشناسی به مبارک‌آباد با فاصله حدود ۵ کیلومتر) مورد بررسی قرار گرفته است. بر اساس اطلاعات آماری این ایستگاه از سال ۱۳۹۱-۱۳۷۸ ، میانگین بارندگی در ۱۳ سال مورد بررسی حدود ۵۵۳/۷ میلی‌متر می‌باشد. سال‌های ۹۰-۱۳۸۹ و ۹۱-۱۳۹۰ به ترتیب با بارندگی ۷۸۶ و ۴۵۳ میلی متر، به ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین بارندگی سالیانه را داشته‌اند. ماه‌های اسفند و خرداد به ترتیب با میانگین ۸۱ میلی‌متر و ۹/۷ میلی‌متر پر بارش‌ترین و کم بارش‌ترین ماه در ایستگاه فوق می باشند.

ماه تیر با میانگین ۲۲/۶ درجه سانتیگراد و دی با ۳/۳- درجه سانتیگراد به ترتیب گرم‌ترین و سردترین ماه سال محسوب می‌شوند. میانگین تعداد روزهای یخبندان ۴۵ روز می‌باشد. میانگین سالیانه رطوبت نسبی ۵۰ درصد و میانگین حداکثر و حداقل آن به ترتیب ۶۴ و ۳۹ درصد می‌باشد. آب و هوای محدوده مورد مطالعه به دلیل واقع شدن در ارتفاعات البرز نسبتاً سرد بوده و میزان بارندگی در آن نیز بیشتر از دیگر قسمت‌های جنوبی البرز می‌باشد. منشاء ریزش‌های جوی در منطقه توده‌های هوایی است که از طرف شمال غرب و غرب منطقه را تحت تأثیر قرار می‌دهد.

جدول ۱-۱- میانگین بارندگی و درجه حرارت ماهیانه ایستگاه سینوپتیک آبعلی (۱۳۹۱-۱۳۷۸)

زمان (ماه)	بارندگی (mm)	دما (°C)
فروردین	۷۲/۱	۸/۴
اردیبهشت	۳۴/۵	۱۴
خرداد	۹/۷	۱۹/۷
تیر	۱۵/۳	۲۲/۶
مرداد	۱۴/۴	۲۱/۷
شهریور	۱۰	۱۷/۹
مهر	۳۸	۱۱/۶
آبان	۷۵	۳/۴
آذر	۷۴	-۱/۲
دی	۵۹	-۳/۳
بهمن	۷۰	-۲
اسفند	۸۱	۳/۳
متوسط سالیانه	**۵۹۹**	**۹/۷**

برای تعیین اقلیم منطقه از معادله دمارتن (معادله ۱-۱) استفاده شده است.

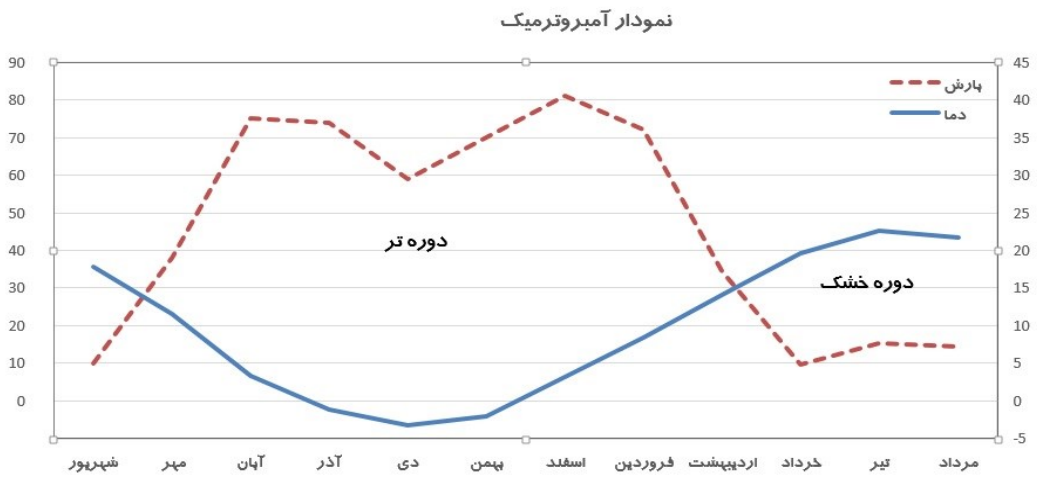
$$I = P/(T+10)$$ معادله ۱-۱

در این معادله P متوسط بارندگی سالانه بر حسب میلی‌متر، T متوسط دمای سالانه بر حسب درجه سانتیگراد و I ضریب خشکی می‌باشد. با استفاده از معادله (۱-۱) مقدار ضریب خشکی برای ایستگاه آبعلی ۳۰/۴ بدست آمده است. بر اساس طبقه‌بندی ارائه شده توسط دمارتن (جدول ۱-۲)، اقلیم منطقه مورد مطالعه از نوع مرطوب است.

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

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

به منظور تعیین دوره‌های تر و خشک در منطقه مورد مطالعه از نمودار آمبروترمیک استفاده شده است. شکل ۱-۲ نمودار آمبروترمیک ایستگاه مورد نظر را نشان می‌دهد.



شکل ۱-۲- نمودار آمبروترمیک منطقه مورد نظر(براساس داده‌های ایستگاه سینوپتیک آبعلی)

همان‌طور که در شکل ۱-۲ ملاحظه می‌شود، در منطقه مورد مطالعه منحنی مربوط به درجه حرارت از خرداد تا شهریورماه از منحنی مربوط به بارندگی بالاتر قرار گرفته است. بنابراین خرداد تا شهریور در این منطقه دوره خشک و فاصله زمانی مهر تا اردیبهشت دوره تر می باشد.

۱-۵- زمین ریخت‌شناسی (Geomorphology):

ریخت‌شناسی هر ناحیه غیر از عوامل اقلیمی (بارندگی و پوشش گیاهی) و فعالیت‌های انسانی، بستگی به سه ویژگی مهم لیتولوژی، عوامل تکتونیکی و ماگماتیسم دارد. در این میان تغییرات لیتولوژی سبب اختلاف در فرسایش‌پذیری و هوازدگی شده و شکل بیرون‌زدگی‌ها را تعیین می‌کند. عوامل تکتونیکی سبب خردشدگی سنگ‌ها گردیده و فرسایش‌پذیری را سرعت می‌بخشند و شکل و امتداد دره‌ها و رودخانه‌ها را کنترل می‌کنند. هم‌چنین فعالیت‌های ماگماتیسم و دگرگونی نیز با ایجاد تغییر در خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و مکانیکی سنگ‌ها سبب تغییر در شدت هوازدگی و فرسایش پذیری می‌شوند.

منطقه مبارک‌آباد، دره‌ای محصور در ارتفاعات بوده و جز در قسمت جنوبی در سایر قسمت ها به ارتفاعات با شیب نسبتاً تند مشرف می‌باشد. ارتفاع بلندی‌ها در غرب منطقه مبارک‌آباد در بلندترین نقطه ۲۴۶۰متر، در شمال ۲۸۸۷ متر و در شرق۳۱۷۲ متر می‌باشد. کم ارتفاع‌ترین نقطه منطقه مبارک‌آباد ۲۱۶۱ متر بوده که در قسمت جنوبی واقع است. در شکل ۱-۳ تصویر ماهواره‌ای منطقه مورد نظر نشان داده شده است.

شکل۱-۳- نمایی از منطقه مورد مطالعه مبارک‌آباد در تصویر Google Earth

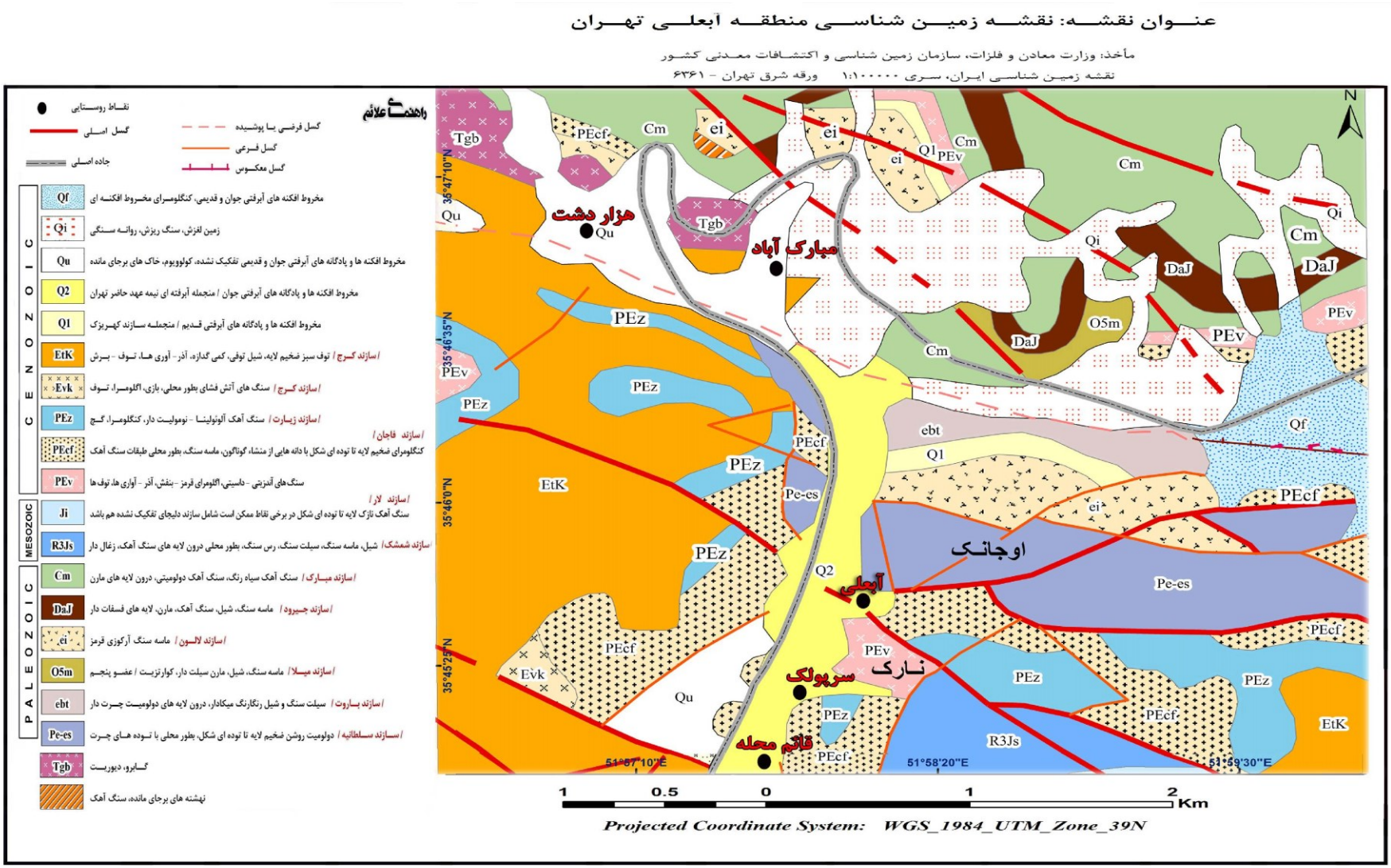
شکل ۱-۴- تصویری از مورفولوژی منطقه مورد مطالعه (مکان قرار گرفتن دوربین، روستای مبارک‌آباد و نگاه عکس به سمت غرب می‌باشد)

۱-۶- زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه

۱-۶-۱- چینه‌شناسی و سنگ‌شناسی

البرز یکی از مهمترین رشته جبال اصلی ایران است که چین خوردگی این رشته کوه مربوط به اواخر فاز کوه‌زایی آلپی بوده و روند تقریبی آن شرقی – غربی می‌باشد. رشته کوه‌های البرز در قسمت‌های مرکزی، آنتی‌کلینوریوم (Anticlinorium) ساده‌ای را در حاشیه شمالی ایران مرکزی تشکیل می‌دهد. کوه‌های البرز در حاشیه جنوبی خود نه تنها از نظر ساختمان زمین‌شناسی بلکه از نظر چینه‌شناسی نیز با ایران مرکزی شباهت دارد. در حالیکه حاشیه شمالی آن با دامنهٔ جنوبی دارای اختلاف فاحش به لحاظ خصوصیات زمین‌شناسی و چینه‌شناسی است. به طور کلی دامنه‌های جنوبی رشته کوههای البرز روراندگی پرشیبی به سمت جنوب و در دامنه شمالی روراندگی پرشیبی به سمت شمال دارد که در نتیجه فرآیندهای تکتونیکی مهمی صورت گرفته و چین‌خوردگی‌ها و گسل‌های فراوانی در آن دیده می‌شود. شدت چین خوردگی به طرف دامنه شمال البرز کاهش یافته و رسوبات دگرگون شده پرکامبرین در چند محل ظاهر گردیده است که مشابه این رسوبات در بخشهای زیرین نیز وجود دارد. این پدیده را می‌توان نشانه آن دانست که امتداد شرقی – غربی البرز امتداد قدیمی و مربوط به پرکامبرین می‌باشد و چین‌خوردگی‌های بعدی را که اغلب مربوط به فاز آلپین است تحت تأثیر خود قرار داده است. به احتمال زیاد امتداد شمالی– جنوبی کوه‌های شرق ایران نیز از ساختمان‌های قدیمی پرکامبرین تبعیت می‌نمایند.

به منظور بررسی وضعیت زمین‌شناسی منطقه، با استفاده از نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ شرق تهران، نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه تهیه شده است (شکل ۱-۵). در ادامه مختصری در مورد چینه‌شناسی منطقه ارائه می‌شود.



شکل ۱-۵- زمین شناسی منطقه مورد مطالعه

- سازند سلطانیه (Pe-es)

واحدهای مربوط به این دوران به طور بسیار محدود و ناچیز در گوشه شرقی مبارک‌آباد رخنمون دارد. این سازند از جنس دولومیت روشن ضخیم لایه تا توده‌ای شکل بوده و به طور محلی دارای نوارهای چرت می‌باشد. رخنمون این سازند را در اطراف روستاهای آبعلی و اوجانک در مسیر جاده هراز می‌توان دید. این سازند به دلیل تحمل فرآیندها و فشارهای تکتونیکی شدیداً خرد شده و در محل رخنمون فرسایش زیادی پیدا کرده است.

- سازند باروت (ebt)

نهشته‌های این سازند متشکل از سیلتستون، شیل‌های رنگارنگ حاوی میکا و درون لایه‌هایی از دولومیت چرت‌دار است. رخنمون‌های کوچکی از این سازند در ارتفاعات دره مبارک‌آباد واقع در جنوب جادهٔ هراز به صورت پراکنده و ناچیز رخنمون دارد. این نهشته‌ها غالباً از شیل‌ها و سیلت سنگ‌های میکادار قرمز تیره، بنفش و سبز رنگ تشکیل شده و گاهی حاوی درون لایه‌های آهک متبلور آلگ‌دار سیاه رنگ و همچنین دولومیت‌های چرت و حفره‌دار زرد رنگ می‌باشد. این سازند از شکستگی کمی برخوردار است و تنها لایه‌های سطحی بر اثر فرآیندهای فیزیکی و شیمیایی دچار هوازدگی و خرد شدگی سطحی شده‌اند.

- سازند لالون (el)

نهشته‌های تشکیل‌دهنده این سازند از جنس ماسه‌سنگ آرکوزی قرمز رنگ می‌باشد. دانه‌بندی آن متوسط بوده و لایه‌بندی آن از ۴۰ تا ۸۰ سانتی‌متر است. مشخصات سنگ‌شناسی آن در همه جا ثابت می‌باشد. رخنمون این سازند در بخش‌های مرکزی و شرقی دیده می‌شود. در مرکز با پراکندگی کم و وسعت ناچیز و در بخش شرقی بصورت نوار باریکی در شمال گسل مشاء بر روی سازند باروت قرار دارد.

- **سازند میلا(O_m^5)**

این سازند از پنج عضو تشکیل شده است که در منطقه مبارک‌آباد تنها عضو تحتانی آن رخنمون دارد. این سازند متشکل از مارن متورق دولومیتی زرد رنگ و دولومیت‌های سیاه رنگ و دولومیت‌های آهکی می‌باشد. در شرق مبارک‌آباد، عضو پنجم با ضخامت حدود یکصد متر و متشکل از ماسه‌سنگ‌ها و سیلت سنگ‌های قرمز یا سبز متناوب با شیل‌های رنگارنگ و اکثراً به رنگهای سیاه یا سبز می‌باشد. سازند میلا را از نظر سن به کامبرین میانی تا فوقانی نسبت داده‌اند.

این سازند با توجه به وجود رسوباتی از قبیل مارن و شیل در میان رسوبات آهکی از فرسایش‌پذیری متوسطی برخوردار است. به ویژه در این منطقه که فقط عضو ۵ سازند میلا رخنمون دارد. اثر عوامل مختلف تکتونیکی و فرسایش موجب افزایش نفوذپذیری این سازند شده است.

- **سازند جیرود (Dja)**

سازند مذکور با حداکثر ضخامت خود به چهار عضو تقسیم می‌شود. در شمال مبارک‌آباد تنها عضو A سازند جیرود قابل مشاهده است. عضو A با ضخامت حدود ۱۴۰ متر که از ماسه‌سنگ کوارتزی سفید و سخت در قاعده و ماسه‌سنگ ها و شیل های متورق با درون لایه‌های آهک ائولیتی و لایه‌های نازک سنگ آهک ماسه‌ای فسیل‌دار تشکیل شده و چندین لایه فسفاتی بر روی آن قرار گرفته و روی آن نیز ماسه‌سنگ‌ها و شیل‌های قرمز و سبز با فسیل گیاهی قرار دارد. بر روی این مجموعه گدازه‌های بازالتی آندزیتی پلاژیوکلازدار به رنگ سبز تیره و بافت پورفیری به ضخامت حدود ۱۵۰ متر قرار گرفته است که در مبارک‌آباد ضخامت آن به حدود سه متر می‌رسد. بر روی این گدازه‌ها حدود ۴۰ تا ۵۰ متر ماسه‌سنگ‌های سبز – خاکستری و کنگلومراهای سبز رنگ قرار گرفته که دارای قطعاتی از سنگ‌های آتش فشانی نیز هستند و روی آنها را حدود ۵۰ تا ۶۰ متر سنگ آهک ماسه‌ای، خاکستری رنگ سرشار از فسیل فرا گرفته که رأس عضو A را تشکیل می‌دهد. این عضو با وسعت اندک و پراکنده در شمال روستای مبارک‌آباد برونزد دارد. در خصوص سن سازند جیرود اتفاق نظر واحدی وجود ندارد،

لیکن سن عمومی آنرا به دوره کربنیفر نسبت می‌دهند. براساس نظر کمیته ملـی چینه‌شناسـی ایـران فقط عضو A سازند جیرود به دونین نسبت داده شده و سه عضو بالائی را مربوط به کربنیفر می‌دانند. با توجه به وسعت کم و پراکنده این سازند همچنین جنس آن در شمال منطقه مبارک‌آباد به لحاظ نفوذپذیری و تشکیل ذخایر آبی مناسب قابل توجه نمی‌باشد. در محل رخنمون این سازند در سطح زمین به دلیل خرد شدگی زیاد، لایه‌های اصلی قابل رؤیت نیست.

- **سازند مبارک (Cm)**

سازند مبارک با حداکثر ضخامت حدود ۴۵۰ متر در شمال روستای مبارک‌آباد یعنی مقطع نمونه آن و اطراف امامزاده هاشم رخنمون دارد که بر روی عضو A سازند جیرود قرار گرفته و به چهار زون سنگی تقسیم شده است. این سازند از سنگ آهک‌های سیاه رنگ فسیل‌دار و یا اینترا کلاست‌دار تشکیل شده و در بخش پایینی آن درون لایه‌های مارن‌های سیاه رنگ دیده می‌شود. بر روی این سازند عموماً با ناپیوستگی فرسایشی برش‌های آهکی و سنگ آهک‌های ائولیتی سازند الیکا قرار گرفته است و معمولاً افق‌های سنگ‌آهک بین دو واحد سنگی دیده می‌شود. سن این سازند را به کربنیفر زیرین نسبت داده‌اند. کشیدگی این سازند در جهت شرقی – غربی است. با توجه به جنس این سازند که عمدتاً از سنگ آهک‌های سیاه رنگ و سنگ آهک‌های دولومیتی است بخشی از ارتفاعات صخره‌ای و مرتفع را در شمال منطقه ایجاد کرده است. وسعت سازند مبارک در منطقه مبارک‌آباد حدود ۲۵ کیلومتر مربع اندازه‌گیری شده است.

اثر فرسایش‌های مختلف در منطقه و در طول زمان موجب شده در کنار صخره‌های این سازند واریزه‌های فراوان که در آنها مملو از فسیل‌های دو کفه‌ای‌ها و سخت پوستان دیده می‌شود، تشکیل شود. وجود لایه‌های مارنی از کارستی شدن این سازند جلوگیری نموده ولی اثر فعالیت‌های زمین ساختی در منطقه این سازند را به شدت تحت تأثیر قرار داده و درز و شکاف و خردشدگی فراوان در آن ایجاد نموده است.

- **سازند شمشک (R3js)**

نام این سازند از دهکده و معدن زغال سنگ شمشک در البرز مرکزی مشتق شده است. مقطع اصلی آن در بالای درهٔ روته در قسمت شرقی معدن زغال‌سنگ شمشک اندازه‌گیری و مطالعه شده است. سازند شمشک از تجمع سنگ‌هایی چون ماسه‌سنگ، سیلتستون، شیل و رس سنگ که به طور متناوب قرار گرفته و در مقطع اصلی دارای لایه‌های زغال سنگ نیز می‌باشد، تشکیل شده است. این سازند دارای گسترشی با جهت شرقی – غربی می‌باشد.

- **سازند فاجان (فجن) (PEef)**

در پایان کرتاسه رشته کوه‌های البرز تحت تأثیر فاز زمین ساختی قوی و جدید یعنی لارامید قرار گرفته که سبب ایجاد ساخت‌های اصلی رشته کوه‌های وسیعی شده که به دنبال آن کنگلومراهای ضخیم سازند فجن را بوجود آورده است. نام سازند فجن بر نهشته‌های کنگلومرایی قاره‌ای پالئوسن – ائوسن دلالت می‌نماید که با ناپیوستگی زاویه دار مشخص بر روی سطح قطع شده سنگ‌هایی از کرتاسه تا کامبرین قرار گرفته و گسترش و ضخامت به شدت متغیری را نشان می‌دهند. مقطع نمونه این سازند در ۱۰۰ کیلومتری شرق تهران در نزدیکی دهکده فجن انتخاب و مطالعه شده است. لیتولوژی سازند فجن در مقطع نمونه شامل کنگلومرای پلی ژنتیک، ماسه‌سنگ‌های قرمز و مارن‌های ماسه‌ای است. درز و شکاف‌های مختصری که در این سازند بر اثر فعالیت‌های ساختمانی ایجاد شده نفوذپذیری ثانویه در این سازند ایجاد نموده ولی میزان آن کم است و همچنین میزان نفوذپذیری در جاهای مختلف متفاوت است.

- **سازند زیارت (Ez)**

نام سازند زیارت از دهکده زیارت واقع در غرب روستای توچال گرفته شده است. ضخامت این سازند در مقطع نمونه در حدود ۴۳۵ متر برآورد شده که از نظر لیتولوژی شامل دو بخش است:

- بخش زیرین که متشکل از مارن گچ‌دار سبز مایل به زرد با عدسی‌هایی از گچ می‌باشد.
- بخش بالایی که متشکل از آهک ضخیم لایه و ریفی فسیل‌دار است.

این سازند به صورت هم شیب بر روی مارن‌ها، ماسه‌سنگ‌ها و کنگلومراهای سازند فجن قرار گرفته و نیز ممکن است در برخی نقاط به صورت پیش رونده و با ناپیوستگی بر روی واحدهای سنگی متعدد دیگری ظاهر شده باشد که به صورت هم شیب به سازند کرج محدود می‌شود. در جنوب غربی محدودهٔ مورد مطالعه رخنمون‌هایی از سازند زیارت به چشم می‌خورد که دارای کشیدگی شرقی – غربی هستند. به لحاظ کیفی در مناطقی که جریان‌های زیرزمینی با لایه‌های مارنی و گچی تماس دارد به شدت کاهش می‌یابد.

- **سازند کرج(Etk)**

لیتولوژی این سازند شامل توف‌های سبز با لایه‌بندی خوب و رسوبات شیلی توف‌دار است. ضخامت سازند کرج حدود ۳۳۰۰ متر می‌باشد که عمدتاً متشکل از مواد آذرآواری زیر دریایی است که همراه آنها از یک طرف مواد آتش‌فشانی و نفوذی نظیر گدازه، دایک، سیل، آگلومرا و از طرف دیگر مواد رسوبی واقعی مثل شیل و آهک دیده می‌شود. آنچه بیش از همه در این سازند اهمیت دارد توف‌های سبز رنگی است که در نتیجه رسوب مواد حاصل از انفجار آتش‌فشانی در نزدیکی سطح دریا بوجود آمده است. نهشته‌های مربوط به سازند کرج دارای امتداد شرقی – غربی می‌باشند. این نهشته‌ها که از جنس توف سبز می‌باشند، بر اثر عملکرد گسل مشا – فشم در کنار سازند مبارک مربوط به کرتاسه قرار گرفته‌اند. تاکنون کاوش‌های زیادی در خصوص پی‌جویی منابع آب در این سازند شده ولی عمدتاً به نتایج مطلوبی نرسیده است و منابع آب موجود در آن آبدهی بسیار کم دارند. درز و شکاف‌های ایجاد شده در این سنگ‌ها اغلب سطحی و بسیار کم عمق‌اند و فرسایش آنها سطحی است و تراوایی بسیار کم دارد.

- **زمین ساخت و تکتونیک**
- **گسل‌ها و راندگی‌ها**

یکی از گسل‌های اساسی منطقه راندگی مشا – فشم است کـه از گسـل‌های ریشـه‌دار البـرز مرکـزی می‌باشد. این گسل نزدیک به حداقل ۱۷۰ کیلومتر از آبیک تا فیروزکوه قابل تعقیب است و نهشته‌های پرکامبرین بالایی و پالئوزوئیک – مزوزوئیک جنوبی را در مقابل سـازندهای شـدیداً چین‌خـورده زون ترشیاری جنوبی قرار داده است. شیب سطح این گسل از حدود ۳۵ تا ۷۰ درجه به سمت شمال متغیر است و لذا در نقاط مختلف می‌توان آن را گسل معکوس و یا رانده در نظر گرفت. تفاوت رخسـاره‌های مهم دو طرف گسل در سنگهای با قدمت کامبرین، دلالت بـر دوره طـولانی از جابجایی‌هـا دارد و بـه همین دلیل آنرا گسلی ریشه‌دار، دارای عمق زیاد و شـیب تنـد در اعمـاق (گسـل معکـوس) در نظـر گرفته‌اند.

گسل‌های دیگری در اطراف به ویـژه در شـرق منطقـه مبـارک‌آبـاد وجـود دارد کـه سـبب جابجـایی سازندهای زمین‌شناسی و ایجاد درز و شکاف در این واحدها گردیده اسـت. وجـود لایـه‌های مـارنی از کارستی شدن این سازند جلوگیری نموده ولی اثر فعالیت‌های زمین ساختی در منطقه این سازند را به شدت تحت تأثیر قرار داده و درز و شکاف و خردشدگی فراوان در آن ایجاد نموده است.

تاقدیس کوچکی در نهشته‌های آهکی سازند مبارک وجود دارد که روند تقریبـاً شـرقی – غربـی دارد ولی طول آن چندان زیاد نیست.

۱-۷- هیدرولوژی منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه از نظر هیدرولوژی فاقد رودخانه دائمی است، تنها رودخانه‌ای که از این منطقه می‌گذرد، یکی از سرشاخه‌های رودخانه دماوند می‌باشد که در روستای سیاهرود از دامنه‌های جنوبی کوه گل زرد با ارتفاع ۳۶۹۳ متر در ۵۲ کیلومتری شمال شرقی تهران سرچشمه می‌گیرد و در امتداد

جنوب جریان یافته و پس از عبور از این روستا و روستاهای آبعلی، سرپولک، سادات محله و رودهن وارد رودخانه دماوند می‌گردد.

۱-۸- هیدروژئولوژی منطقه مورد مطالعه

در منطقه مبارک‌آباد جهت شناسایی مخازن آب زیرزمینی تاکنون مطالعات اکتشافی گسترده‌ای که کل محدوده را پوشش دهد صورت نگرفته است. با توجه به آمار منابع آب و نقشه‌های زمین‌شناسی و بازدیدهای صحرایی محدوده مطالعاتی از لحاظ تشکیل مخزن آب زیرزمینی به دو نوع آبخوان کارستی و آبرفتی تقسیم‌بندی شد.

آبخوان آبرفتی مبارک‌آباد

وسعت این آبخوان بسیار ناچیز می‌باشد. مطابق آمار، تعداد ۶۰ حلقه چاه بهره‌برداری در این آبخوان حفر گردیده است که سالیانه ۲۵۰۰۰ مترمکعب از این آبخوان آب برداشت می‌کنند. متوسط عمق برخورد به سطح آب زیرزمینی در این آبخوان ۶/۶۸ متر می‌باشد. با توجه به ضخامت کم آبخوان و وسعت ناچیز آن احداث شبکه چاه‌های مشاهده‌ای و انجام بررسی‌های اکتشافی جهت شناسایی ابعاد آبخوان آبرفتی در این مکان انجام نگردیده است. سطح آب زیرزمینی در این آبخوان بیشتر تحت تأثیر نوسانات سطح آب در واحدهای آهکی واقع در شمال این آبخوان می‌باشد.

آبخوان کارستی

این توده در شمال مبارک‌آباد با راستای تقریباً شمال غربی- جنوب شرقی واقع شده است. وسعت این توده کارستی در حدود ۳۹ کیلومتر مربع می‌باشد. عمده لیتولوژی سنگ مخزن این توده کارستی متشکل از واحدهای آهکی سازندهای مبارک، الیکا، میلا و جیرود می‌باشد. بنابراین، جنس سنگ

مخزن این توده کارستی پالئوزوئیک بالایی- تریاس می‌باشد. به علت قطع شدن این توده کارستی توسط راندگی مشاء فشم واحدهای آهکی این توده به شدت خرد شده‌اند و فرآیند کارستی شدن در این توده کارستی در اثر فعالیت گسل‌ها توسعه یافته است.

واحدهای شیل و ماسه‌سنگی سازند شمشک و توف‌های سازند کرج و واحدهای شیل و ماسه‌سنگی سازندهای جیرود و میلا مانع از توسعه فرآیند کارستی شدن در این توده کارستی می‌گردد (شرکت آب منطقه‌ای شرق تهران، ۱۳۸۳).

فصل دوم

مروری بر تحقیقات گذشته

به طور کلی اهمیت کیفیت آب‌های زیرزمینی در سایه مشکلات کمّی این منابع همواره کمتر به چشم آمده است. تاکنون مطالعات بسیار زیادی بر روی تغییرات کیفی آب‌های زیرزمینی در مناطق مختلف دنیا از جمله کشور ایران انجام گرفته است. از بررسی کلّی این مطالعات می توان دریافت که در اغلب تحقیقات انجام گرفته بر روی کیفیت آب‌های زیرزمینی، بیشتر به وضعیت کیفی آن در حال حاضر و نه به تحلیل روند تغییرات مکانی و زمانی کیفیت آب پرداخته شده است. در این فصل سعی شده است به مروری کلی بر مطالعات انجام شده بر روی روند تغییرات کیفی آب‌های زیرزمینی و هم‌چنین مهم-ترین عوامل مؤثر برتغییرات کیفی این منابع پرداخته شود.

۲-۱- مطالعات انجام شده بر روی مهم‌ترین منابع آلودگی آب‌های زیرزمینی

مهم‌ترین منابع آلودگی آب‌های زیرزمینی را می توان به سازندهای زمین‌شناسی آلاینده (منابع طبیعی آلودگی)، آلاینده های کشاورزی (کودهای شیمیایی، آفت‌کش‌ها و زهاب‌های آبیاری)، آلاینده-های شهری (فاضلاب های شهری و شیرابه‌های حاصل از زباله‌های جامد) و آلاینده‌های صنعتی (فاضلاب‌ها و مواد زائد جامد صنعتی) تقسیم بندی نمود.

۲-۱-۱- سازندهای زمین شناسی آلاینده

صرف نظر از آلودگی‌های ناشی از فعالیت های انسانی، در اکثر سفره‌های آب زیرزمینی با حرکت در مسیر جریان TDS افزایش می یابد که علت آن تماس آب با ترکیبات مختلف در خاک و سازندهای زمین شناسی می باشد(Hanzlik Rene, 2008) . میزان ترکیبات موجود در برخی از سازندهای زمین شناسی مانند سازندهای آهکی و گچی قابلیت انحلال بالایی داشته و غلظت املاح محلول در آب را به شدت افزایش می‌دهند.

بهاروند و همکاران (۱۳۸۶) نقش سازندهای مختلف زمین‌شناسی بر کیفیت آب‌های زیرزمینی شمال خرم‌آباد را مورد ارزیابی قرار دادند. بر اساس نتایج شیمیایی نمونه‌های آب گرفته شده از مخزن

کارستی بنگستان، آب این مخزن از نظر شرب جزء آب‌های خوب محسوب می‌شود و از نظر کیفی نسبت به مخزن کارستی آسماری از وضعیت بسیار مطلوبی برخوردار می‌باشد. سازند تبخیری فارس به عنوان یک سازند تخریب کننده کیفیت منابع آب‌های زیرزمینی منطقه به حساب می‌آید.

حسن‌زاده و همکاران (۱۳۸۹) در ارزیابی آلودگی آب‌های زیرزمینی محدوده شهری کرمان نشان دادند غلظت یون‌های کلسیم و بی‌کربنات در شرق کرمان که رخنمون‌های آهکی در آنجا قرار دارد، افزایش داشته و با حرکت به سمت غرب شهر که محل تجمع رسوبات تبخیری است، کاهش می‌یابد و در جنوب دشت که رسوبات بادی در آن جا گسترش دارند، میزان کاهش بسیار چشمگیر است.

نتایج مطالعه شمعانیان و همکاران (۱۳۸۵) بر روی هیدروژئوشیمی آب‌های زیرزمینی دشت گرگان نشان می‌دهد که کیفیت آب‌های زیرزمینی و غلظت اجزای محلول در نمونه‌ها، با زمین‌شناسی و هیدروگرافی ناحیه همخوانی دارد. در این منطقه، محل تغذیه آبخوان پوشیده از گراول و ماسه است و با دور شدن از محل تغذیه به دلیل وجود پوشش‌هایی از خاک‌های سیلتی مقدار پارامترهای کل جامدات محلول، pH و هم‌چنین غلظت یون‌های سولفات و بی‌کربنات افزایش می‌یابد. بیش‌ترین غلظت کلراید و سولفات به بخش‌های شمالی ناحیه که به طور عمده پوشیده از رسوبات دانه‌ریز رسی است، تعلق دارد. در این مطالعه نتیجه‌گیری شده است ترکیب شیمیایی آب‌های زیرزمینی در دشت گرگان، به طور عمده توسط لیتولوژی آبخوان و توپوگرافی منطقه کنترل می‌گردد.

در بررسی عوامل مؤثر در شوری آب‌های زیرزمینی منطقه برم دامغان، برداشت بیش از حد از آب‌های زیرزمینی، سازندهای موجود در محل تغذیه آب‌های زیرزمینی و شرایط اقلیمی به عنوان مهم‌ترین عوامل مؤثر درتغییر کیفیت آب شناخته شدند. جهت بررسی عوامل زمین شناسی مؤثر بر شوری آب، سازندهای منطقه و سازندهای بالادست مورد بررسی قرار گرفتند که بر اساس آن مشخص شد که حد شمالی دامغان به طور پراکنده دارای سازندهای شور است که سبب کاهش کیفیت آب این منطقه شده است (زهتابیان و همکاران، ۱۳۸۹).

در مطالعات انجام شده بر روی دشت گریز واقع در شهرستان بندرلنگه (آدینه و همکاران، ۱۳۸۹) مشخص گردید که ارتفاعات شمالی این دشت را عمدتاً سازندهای گچی و هم‌چنین بخش اصلی ارتفاعات جنوبی دشت را یک گنبد نمکی تشکیل می‌دهد. این عوامل سهم عمده‌ای در تخریب کیفیت منابع آب زیرزمینی دشت داشته‌اند، به گونه‌ای که میانگین شوری آب‌های زیرزمینی این منطقه بر اثر عوامل مذکور و هم‌چنین به علت تداوم پدیده خشکسالی سیر صعودی داشته و از مرز ۸۱۴۸ میکرو موهس بر سانتی‌متر در سال ۱۳۷۳ به مرز ۱۱۲۲۳ میکرو موهس بر سانتی‌متر در سال ۱۳۸۷ رسیده است.

در بررسی عوامل کاهنده کیفیت آب زیرزمینی در آبخوان دشت شوقان خراسان شمالی، پس از بررسی نمونه‌های برداشت شده از آب زیرزمینی این منطقه و یون‌های اصلی و محاسبه شاخص اشباع کانی‌های ژیپس، هالیت، کلسیت و دولومیت ترکیب سنگی منطقه که غالباً از نوع تبخیری و رسوبی بوده به عنوان عامل اصلی این کاهش کیفیت معرفی گردید. هم‌چنین تبادلات یونی، دلیل غلظت بالای سدیم منطقه شناسایی شد (محمدی و کاظمی، ۱۳۹۲).

زهتابیان و سرابیان (۱۳۸۳) در مطالعه‌ای نشان دادند که نخستین عامل تأثیرگذار بر کیفیت آب‌های زیرزمینی دشت گنبد- آلاگل سازندهای موجود در محل تغذیه می باشد. از آنجا که اغلب سازندهای موجود در محل تغذیه (سازند زرد، شوریجه، آبدراز، چهل کمان، خانگیران، قرمز قاره‌ای، آغچه‌گیل، روته و فجن) جزء سازندهای آهکی می باشند، آب های زیرزمینی در بالادست کربناته بوده و با حرکت به سمت دشت، در اثر عبور از رسوبات آبرفتی حاوی مارن، گچ و نمک حاصل از رسوبگذاری دریای مازندران مقادیری از املاح محیط را در خود حل نموده و به تدریج تبدیل به آب‌های سولفاته و کلروره می‌شوند.

۲-۱-۲- آلاینده‌های کشاورزی

کشاورزی از جمله گسترده‌ترین فعالیت‌های انسان است که می تواند کیفیت و کمیت آب‌های زیرزمینی را تحت تأثیر قرار دهد. فعالیت‌هایی مانند کشت محصولات کشاورزی و استفاده از کودها و

آفت‌کش‌ها احتمال آلودگی منابع آب‌های زیرزمینی را افزایش می‌دهد. با وجودی که این فعالیت‌ها در سطح زمین انجام می‌شوند، نفوذ باران و آب آبیاری می تواند آلودگی‌ها را به آب‌های زیرزمینی منتقل کند. به عبارت دیگر نفوذ آب‌های حاوی کودها و آفت‌کش‌ها بـه منـابع زیرزمینـی، ممکـن اسـت بـه آلودگی جدی بخش‌های بزرگی از سیستم‌های آب زیرزمینی بیانجامد. در ادامـه بـه نتـایجی چنـد از مطالعات انجام شده بر روی آلودگی آب‌های زیرزمینی ناشی از فعالیت‌های کشاورزی اشاره می‌شود.

در مطالعه‌ای به منظور بررسی نحوه توزیع فضایی منابع آلاینده آب شهر سبزوار و نقـش آن در ایجـاد نواحی بحرانی بر اساس بار آلودگی نیترات، مشخص گردید منابع آب زیرزمینی محدوده شهری سبزوار به دلیل استفاده گسترده از آلاینده‌های کشاورزی، تـراکم جمعیـت و اسـتقرار ۵۱ واحـد صـنعتی در منطقه، با کاهش کیفیت مواجه شده است. نتایج حاصل از این بررسی نشان داد بیش از ۶۵ درصـد از آلودگی آب‌های زیرزمینی به نیترات، به دلیل استفاده بیش از حد از آلاینده‌های کشاورزی (کودهـای شیمیایی، حیوانی و سموم دفع آفات) بوده است (عنابستانی و قربانی، ۱۳۸۹).

داده‌های کمی و کیفی پیزومترهای موجود در آبخوان مجن و مطالعه پارامترهای دما، غلظت آنیون‌ها و کاتیون‌ها، pH، EC و نیترات و فسفات نمونه‌های آنالیز شـده در آزمایشـگاه، و بررسـی نقشـه هـم-پتانسیل این آبخوان نشان داد که سطح آب زیرزمینی به مرور زمان ۴ تا ۶ متـر افـزایش داشـته کـه مرتبط با تغذیه از طریق آب برگشتی کشاورزی بوده که این عامل هـم‌چنـین سـبب افـزایش غلظـت نیترات و فسفات در این منطقه شده است. افزایش هدایت الکتریکی و نیتـرات در چـاه‌هـای بـا عمـق کمتر دیده شده که بیانگر سطحی بـودن منشـا آن‌هـا در آب‌هـای زیرزمینـی بـوده و تـاثیر تخریبـی کشاورزی بر کیفیت آبخوان مجن را تایید می‌نماید (قناعتیان، ۱۳۹۱).

در پژوهشی با هدف تعیین میزان آلودگی نیترات آب زیرزمینی نواحی شرقی شـهر اصـفهان نشـان داده شد که در برخی از نقاط، غلظت نیترات بـالاتر از اسـتانداردهای جهـانی بـوده و توزیـع آلـودگی نیترات در مناطق مورد مطالعه رابطه بسیار نزدیکی با وسـعت و شـدت فعالیـت‌هـای کشـاورزی دارد.

تراکم کشاورزی در این مناطق و مصرف بی‌رویه کودهای ازته دلیل اصلی این آلـودگی گـزارش شـده است (قیصری و همکاران، ۱۳۸۶).

در نواحی وسیعی از دشت ایذه به دلیل فعالیت‌های کشاورزی، آلودگی شدید آب‌های زیرزمینی به نیترات رخ داده است. فرآیند اصلی مسبب این آلودگی، اکسیداسیون آمونیوم ناشی از فروشوییِ سریعِ کودهای شیمیاییِ استفاده شده در زمین‌های کشاورزی گزارش شده است (ناصری و علیجانی، ۱۳۸۶). در مناطق دشتی مازندران که تحت کشت فشرده برنج قرار دارد، از آفت‌کش‌ها بـرای کنتـرل آفـات و افزایش میزان تولید در مقیاس زیاد استفاده می شود. آفت‌کش مصرفی در اغلب شالیزارها، حشره‌کش دیازینون می‌باشد که برای مبارزه با کرم ساقه‌خوار برنج مصرف می‌شود. مطالعـه انجـام شـده توسـط خزاعی و همکاران (۱۳۸۹) نشان داده شد آب برخی از چاه‌ها، به این آفت‌کش آلـوده شـده و غلظـت دیازینون اندازه‌گیری شده در شماری از نمونه‌های آب، بالاتر از میزان اسـتاندارد تعیـین شـده توسـط سازمان جهانی بهداشت جهانی (۱ میلی‌گرم در لیتر) است.

در مناطق کشاورزی اطراف شهر امن (Emmen) در هلند که دارای خاک شنی عاری از لایه‌های وسیع رس و پیـت مـی‌باشـد، بـرای مبـارزه بـا آفـات سـیب زمینـی از آفـت‌کـش دیکلروپروپـان اسـتفاده می‌شده است. تحقیقات نشان داده که این آفت‌کش محلول، که به راحتی به صورت بیولوژیکی تجزیه نمی‌شود، سبب آلوده شدن منابع آب‌های زیرزمینی محلی شده است (Zaporozec، 2002).

بات (Bhatt, 1997) در یک تحقیق وسـیع بـه منظـور بررسـی حرکـت نیتـرات حاصـل از اسـتفاده از کودهای شیمیایی در آمریکا دریافت که پس از مدت زمانی معادل یک ماه بعد از استفاده از کود ازته، غلظت نیترات در آبخوان بودل (Bowdle) افزایش می‌یابد. وی علت این امر را مکانیزم شستشو توسط زه آب آبیاری و حمل نیترات آزاد شده از کودهای شیمیایی به آب‌های زیرزمینی عنوان نمود.

خسروی دهکردی و همکاران (۱۳۸۵) فعالیت‌های کشاورزی را مهم‌ترین عامل آلودگی به نیترات آب-های زیرزمینی حاشیه زاینده رود تشخیص دادند و اذعان داشتند بالا بـودن غلظـت نیتـرات آب‌هـای

زیرزمینی حاشیه رودخانه زاینده رود بعد از شهر اصفهان، می‌تواند به علت ورود پساب فاضلاب شهری و زه آب‌های زمین‌های کشاورزی به رودخانه و نفوذ آنها به آب‌های زیرزمینی باشد.

۲-۱-۳- آلاینده‌های شهری

در طول چند دهه گذشته در رابطه با شهرنشینی رو به گسترش، به خصوص در کشورهای در حال توسعه هشدارهای جدی داده شده است. علیرغم توسعه سریعِ شهرها، در اغلب موارد تمهیدات لازم برای کنترل و مدیریت زباله ها، فاضلاب ها و سایر مشکلات زیست محیطی به موقع انجام نمی‌پذیرد. لذا با گسترش شهرها، نه تنها خود شهر به عنوان یک منطقه زیستی در معرض آسیب‌های مختلف قرار می گیرد، بلکه چارچوب زیرسطحی آن که شامل منابع آب زیرزمینی نیز می‌شود، به مخاطره می‌افتد (Chilton *et al*., 1997) به عنوان مثال مناطق مسکونی متراکمی که در محل‌های نامناسب (مثلاً بر روی سفره های کم عمق آب زیرزمینی) قرارگرفته‌اند، اغلب منابع آب منطقه را به شدت تخریب می‌نمایند. به طور کلی حجم و بارهای آلودگی ناشی از فاضلاب‌های شهری به لحاظ رشد سریع جمعیت و نیز افزایش سرانه آب مصرفی، رو به ازدیاد است. حال اگر منطقه فاقد سیستم جمع-آوری، تصفیه و دفع بهداشتی فاضلاب باشد و فاضلاب به صورت سنتی در چاه‌های جاذب دفع گردد، آلودگی منابع آب زیرزمینی، امری اجتناب ناپذیر و غیر قابل جبران خواهد بود. در ادامه نتایج حاصل از برخی از مطالعات انجام گرفته بر روی منابع شهری آلاینده آب‌های زیرزمینی ارائه می‌شود.

خزاعی و حبیب‌نژاد (۱۳۸۰) در بررسی آلودگی ترکیبات نیتروژنه در سفره آب زیرزمینی زاهدان نشان دادند که در اثر رشد و گسترش بی‌رویه شهر و هدایت فاضلابِ شهری به چاههای جذبی، سفره آب زیرزمینی زاهدان در محدوده شهری به طور نگران کننده‌ای به ترکیبات نیتروژنه آلوده شده است. در این بررسی مشخص گردید غلظت نیترات در آب زیرزمینی اکثر نقاط محدوده شهری، ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر بوده و مقدار آن در برخی از مناطق حتی از بیش از پنج برابر مقدار مجاز هم تجاوز می‌کند.

حقیقت و محمدی (۱۳۸۴) در بررسی وضعیت آلودگی آب‌های زیرزمینی رامسر نشان دادند که نقشه‌های هم یون آب های زیرزمینی به خوبی بالا بودن آلودگی‌ها را در مناطق مسکونی نسبت به سایر نقاط تأئید می‌نماید. غلظت یون‌های نیترات، نیتریت و فسفات ناشی از فاضلاب در مناطق مسکونی نسبت به مناطق زراعی بیشتر بوده و منحنی‌ها به سمت مراکز پرجمعیت تقعر دارد.

لطیف و همکاران (۱۳۸۴) از آب ۴۰ چاه در دشت مشهد در مدت ۶ ماه (تیر تا آذر) غلظت پارامترهای شیمیایی از جمله نیترات و بی‌کربنات و هم‌چنین هدایت الکتریکی ، PH و کل جامدات محلول را اندازه‌گیری کردند. این محققین اذعان داشتند منشأ اصلی آلودگی آب‌های زیرزمینی دشت مشهد، نشت فاضلاب‌های خانگی به سفره آب زیرزمینی است. در تحقیقی مشابه توسط لشکری‌پور و غفوری (۱۳۸۱) و ولایتی (۱۳۸۰) نیز مشخص گردید نشت فاضلاب‌های خانگی به آب‌های زیرزمینی، از مهم‌ترین علل افزایش نیترات در آب زیرزمینی شهر مشهد در سال‌های اخیر است. جهت حرکت آب‌های زیرزمینی در این منطقه از جنوبِ غرب به شمالِ شرق می‌باشد و از طرفی، تغییرات لیتولوژیکیِ مهمی در نقاط مختلف دشت دیده نمی‌شود. بنابراین به نظر نمی‌رسد عوامل طبیعی نقش مهمی را در ایجاد این آلودگی داشته باشند.

در تحقیقی که بر روی محل دفع زباله‌های جامد شهر گرگان انجام شد، مشخص گردید که به دلیل عدم وجود پوشش مناسب بستر در کف لندفیل، شیرابه حاصل از این زائدات به آب‌های زیرزمینی نفوذ کرده و میزان کل جامدات محلول و هم‌چنین غلظت نیترات و منیزیم را در برخی از چاه‌ها افزایش داده است (رقیمی و همکاران، ۱۳۸۳)

مطالعه تأثیر شیرابه زباله بر روی آب چاه‌های موجود در محل دفن زباله‌های شهری سنندج، آلودگی نسبتاً قابل توجهی را در میزان سختی، هدایت الکتریکی، غلظت نیترات، کلر، سولفات، پتاسیم، منیزیم و کلسیم نسبت به چاه شاهد نشان داد. با توجه به نتایج آزمایشات باکتریولوژیکی آب چاه‌های مورد مطالعه مشخص گردیدکه تمامی این منابع، غیرقابل شرب می‌باشند و علت آن به آلودگی ناشی از نشت شیرابه زباله‌ها نسبت داده شد (قوامی و همکاران، ۱۳۸۷).

بررسی آلودگی محل دفع پسماندهای شهری در دانمارک (Cossu and Christensen, 1992) نیز مناطق وسیعی را با حداکثر عمق آب های زیرزمینی ۲۰ متر آلوده کرده است که رفع آلودگی از آنها حتی با صرف هزینه‌های گزاف، فرآیندی بسیار زمان‌بر خواهد بود.

از مطالعات انجام شده بر روی منابع آب زیرزمینی واقع در مجاورت لندفیل‌های چند کلان شهر در کشور اسپانیا مشخص گردید که هدایت الکتریکی، pH و غلظت برخی فلزات کمیاب در آب چاه‌های مورد مطالعه ، در مقایسه با چاه‌های شاهد، افزایش قابل ملاحظه‌ای دارند (Jose, 2002). دلیل احتمالی این آلودگی، نفوذ شیرابه حاصل از زباله‌ها عنوان شد.

۲-۱-۴- آلاینده های صنعتی

صنایع همواره خطر بالقوه‌ای برای محیط زیست و به ویژه آب‌های زیرزمینی به شمار می‌آیند و اغلب به عنوان منابع نقطه‌ای (متمرکز) آلودگی شناخته می‌شوند. فرآیندهای نامناسب و دفع غیراصولی مواد زائد جامد و مایع از مکان‌های صنعتی و هم‌چنین نشت مایعات خطرناک از مخازنِ نگهداری و لوله‌های انتقال، ممکن است منجر به آلودگی‌های زیست محیطی متنوعی گردند. در سال‌های اخیر، در کشورهای توسعه یافته و حتی در برخی از کشورهای در حال توسعه، مطالعات گسترده‌ای به منظور شناسایی منابع صنعتی آلودگی آب‌های زیرزمینی انجام شده و اقدامات بسیاری برای پایش و پاکسازی این آلودگی‌ها در دستور کار واحدهای صنعتی قرارگرفته است. با این وجود هنوز اقدامات زیادی برای شناسایی کاملِ آلودگی‌های ناشی از صنایع و راهکارهای مقابله با آنها باقی مانده است. در ادامه به نمونه هایی از مشکلات کیفی ایجاد شده برای آب‌های زیرزمینی در اثر آلاینده‌های صنعتی پرداخته می‌شود.

مراکز عمده صنعتی از قبیل کارخانه ذوب آهن، فولاد مبارکه و هم‌چنین پالایشگاه نفت و نیروگاه برق دراطراف شهر اصفهان، سبب افزایش میزان فلوراید محلول در آب‌های زیرزمینی و خاک شده است (میرغفاری و شریعتمداری، ۱۳۸۶).

در بررسی آلودگی آب‌های زیرزمینی دشت یزد- اردکان به املاح معدنی ناشی از صنایع فولاد، آلودگی سرب، کروم و نیکل در برخی از مناطق به اثبات رسیده است (مرآت، ۱۳۸۸).

فیضی و منصوری (۱۳۸۴) با بررسی کمی و کیفی آلاینده‌های زیست محیطی نیروگاه شازند پیش‌بینی کردند که گرچه در حال حاضر غلظت‌های آلاینده‌ها در آب‌های زیرزمینی منطقه، پائین‌تر از حدود مجاز می‌باشد، اما با ادامه فعالیت نیروگاه با روند کنونی، در آینده‌ای نزدیک آب‌های زیرزمینی منطقه آلوده خواهند شد.

نتایج حاصل از بررسی آلودگی‌های نفتی در آب‌های زیرزمینی منطقه پالایشگاه اراک نشان داد که آلودگی به مواد نفتی و روغنی در آب های زیرزمینی، از حداکثر مجاز آب شرب بیشتر بوده و عملاً استفاده از این منابع جهت مصارف شرب غیرممکن است (عسکرزاده طرقبه و همکاران، ۱۳۸۲).

مواد زائد کوره ذوب آلومینیوم در نزدیکی شهر روندا (Ronda) در برزیل، در مکانی خاص در اطراف کارخانه دفع می شود. از آنجا که نمک های فلوراید نیز در این کوره تولید می‌شوند، شیرابه حاصل از این مواد زائد، حاوی غلظت‌های بالایی از فلوراید، کلراید و سدیم می‌باشد. مطالعات نشان می‌دهد نفوذ این شیرابه به داخل لایه‌های شنی و شنی رسیِ نفوذپذیرِ منطقه، به تشکیل توده‌ای از آلودگی به طول بیش از ۳۰۰ متر در آب‌های زیرزمینی منجر شده است (Bernardes *et al*., 1991).

رحمانی (۱۳۸۸) در بررسی مهم‌ترین منبع آلاینده صنعتی خاک، آب و گیاه در استان یزد مشخص نمود تمامی چاه‌های آبِ مورد بررسی به علت آلودگی‌های ناشی از پساب‌های صنعتی و فاضلاب‌های شهری، دارای محدودیت شدید یون‌های کلراید و بی‌کربنات هستند. وی در مطالعه خود اذعان داشت تخلیه پساب‌های صنعتی به کوره قنات‌ها، سبب تسریع در انتقال آلودگی پساب‌ها به آب‌های زیر زمینی شده است.

نتایج حاصل از مطالعه میزان تولید پساب‌های صنعتی در استان زنجان نشان داد که واحدهای صنعتی موجود در استان زنجان، روزانه بیش از۸۰۴۴ مترمکعب پساب تولید می‌کنند. از آنجا که اغلب این پساب‌ها بدون اعمال تصفیه مناسب وارد محیط طبیعی می‌شوند و هم‌چنین به دلیل نفوذپذیر بودن

خاک منطقه، منابع آب زیرزمینی در این منطقه به شدت تحت تأثیر آلاینده‌های صنعتی قرارگرفته‌اند (مرکز تحقیقات زنجان، ۱۳۸۴)

در بررسی کیفیت آب‌های زیرزمینی دشت حاصلخیز مراغه- بناب در استان آذربایجان شرقی مشخص گردید که خواص هیدروشیمیایی نمونه های آب برخی از چاه‌ها، با خواص پساب‌های صنعتی همخوانی داشته و آلودگی‌های شدید ایجاد شده در قسمتی از دشت، نتیجه تأثیر پساب‌های صنعتی (پساب کارخانه‌های سودا و کاغذسازی مراغه) بر منابع آب زیرزمینی است. افزایش غیرعادی یون‌های کلر، کلسیم، سدیم و سولفات در نمونه‌های برداشت شده ازچاه‌های بهره‌برداری کارخانه مروارید سهند، ورودی شهرک صنعتی و چاه‌های شرب شماره ۱ و ۲ روستای خوشه مهر نشان‌دهنده نفوذ پساب‌ها به آبخوان و آلودگی آب‌های زیرزمینی می‌باشد (اصغری‌مقدم و محمودی، ۱۳۸۷).

نگهداری پساب‌های صنعتی حاصل از فعالیت پالایشگاه گاز و پتروشیمی در استخرهای ذخیره سازی در اطراف شهر زووله (Zwolle) در هلند و نفوذ مواد آلی مانند بنزن، برم آسیل، تری کلرواتان و سایر ترکیبات آلی به سیستم خاک و آب‌های زیرزمینی، سبب ایجاد آلودگی در آب‌های زیرزمینی منطقه شده است. (Wang *et al*.,1998)

۲-۲- مطالعات انجام شده بر روی روند تغییرات کمی و کیفی آب‌های زیرزمینی

ارزیابی روند تغییرات کیفی آب‌های زیرزمینی در اغلب کشورهای جهان مقوله‌ای به نسبت جدید است، زیرا:

۱- اثرات روند تغییرات کیفی آب‌های زیرزمینی بر سایر اجزای مدیریت منابع آب، به تازگی مورد توجه متخصصان قرار گرفته است.

۲- به منظور بررسی روند تغییرات در مقیاس‌های وسیع، اغلب داده های کیفیِ مناسب (از نظر تعداد نقاط آمار، طول آمار و نیز توزیع مکانی نقاط آمار) وجود ندارد. این مشکل در کشورهای در حال

توسعه نظیر ایران که از سیستم یکپارچه پایش کیفی آب‌های زیرزمینی بی بهره‌انـد، شـدت بیشـتری پیدا می‌کند.

۳- بررسی دقیق روند تغییرات کیفی آب‌های زیرزمینی، مستلزم در نظر گرفتن پارامترهای مختلفی از جمله ویژگیهای آبخوان، عمق و سن منابع آب، میزان بهره‌برداری از سفره‌های زیرزمینی و شیوه‌هـای مختلف کاربری اراضی می‌باشد که این خود علاوه بر لزوم در دسترس بودن بانک‌های اطلاعاتی جامع، افزایش هزینه‌های کلی تحقیق را نیز به همراه دارد.

با این حال در دو دهه اخیر مطالعات بسیاری در زمینه روند تغییرات کیفی آب‌های زیرزمینـی انجـام گرفته است که در ادامه به برخی از آنها اشاره می‌شود.

در بررسی روند تغییرات کیفیت شیمیایی منابع آب زیرزمینی دشت بم و بروات، طی سالهای۱۳۷۶تـا ۱۳۸۸مشخص شد که تغییرات شیمیایی آب‌های زیرزمینی منطقه، به دلیل سطح تبخیر بالا، کمبـود ریزش‌های جوی، برداشت بی‌رویه و افزایش تخلیه فاضلاب‌ها به منابع آبی، روندی در جهت نـامطلوب شدن آب چاه‌های شرب را نشان می‌دهد (ملکوتیان و کرمی، ۱۳۸۳).

در مطالعه‌ای که به منظور شناخت منابع آب زیرزمینی دشت فومنات و مطالعه تغییـرات کیفـی آنهـا انجام شد، مشخص گردید منابع آب زیرزمینی منطقه در اغلب موارد از کیفیت خوبی جهـت مصـارف شرب، آبیاری و صنعتی برخوردار است. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد مقادیر هدایت الکتریکی و غلظت یون‌های سدیم و کلر در مسیر جریان زیرزمینی، از افزایشی تدریجی برخوردار بوده و برای سایر پارامترهای کیفی، تغییرات از روند مشخصی پیروی نمی‌کند. هم‌چنین از آنجـا کـه بـه جـز تغییـرات ناچیز که ناشی از عوامل موضعی می‌باشند، تغییرات مهمی در املاح محلـول در آب دیـده نمـی‌شـود، نتیجه‌گیری شد که سازندهای زمین‌شناسیِ آلاینده (مانند سازندهای گچی یا گنبـدهای نمکـی) و یـا هر نوع منابع آلوده‌کننده در طول مسیرِ حرکت آب وجود ندارد (محمدی فتیده، ۱۳۸۲).

عبدالهی و همکاران (۱۳۸۲) به منظور بررسی کیفیت آب زیرزمینی دشت زویرچری و خـران (شـمال اهواز) و ارزیابی تغییرات کیفی آب از ۶۲ ایستگاه نمونه‌برداری انجام دادند. نتایج این تحقیق نشان داد

که کیفیت آب‌های زیرزمینی موجود در سفره دشت زویرچری نسبت به دشت خران بهتر می‌باشد و کل جامدات محلول، کلر و سدیم در چاه‌های عمیق حاشیه‌ی دشت خران افزایش می‌یابد.

در ارزیابی خصوصیات هیدروژئوشیمیایی آب‌های زیرزمینی دشت رومشگان لرستان، پس از بررسی غلظت کاتیون‌ها و آنیون‌های اصلی وتعیین شاخص اشباع (SI) مشخص گردید غلظت یون‌های کلر و سولفات در آب زیرزمینی موجود در مناطق متاثر از سازند گچساران بالا بوده و در مناطق میانی دشت غلظت نیترات آب‌های زیرزمینی از میزان استاندارد سازمان بهداشت جهانی بیشتر بوده که نشانگر تاثیر فعالیت‌های کشاورزی بوده است (رستمی زرین‌آبادی و همکاران ۱۳۹۰).

شعبانی (۱۳۸۸) در بررسی تغییرات کیفی آب‌های زیرزمینی دشت ارسنجان اذعان داشت از سمت شمالِ غرب به طرف جنوب و جنوبِ شرق دشت، مقدار کل جامدات محلول و هدایت الکتریکی در حال افزایش، امّا مقدار نیترات در حال کاهش است. هم‌چنین کیفیت آب منطقه برای مصارف شرب، در محدوده قابل قبول قرار می‌گیرد. اما چنانچه روند صعودی آلودگی و برداشت بیش از حد از سفره آب زیرزمینی ادامه داشته باشد، در چند سال آینده با افزایش میزان کل جامدات محلول به محدوده نامناسب تنزل خواهد یافت.

حاج سید علیخانی و همکاران (۱۳۸۹) در مطالعه‌ای بر روی روند تغییرات هدایت الکتریکی و کلراید در سفره آب زیرزمینی دشت رفسنجان نشان دادند که روند مکانی افزایشِ شوریِ آب منطبق بر جهت حرکت آب‌های زیرزمینی بوده و از سمت جنوب شرق به طرف شمال غرب محدوده می‌باشد. در مجموع با مقایسه نقشه‌ها و استفاده از نمودار ویلکوکس مشخص گردید کیفیت آب در این آبخوان جهت مصارف کشاورزی با محدودیت شدید مواجه است.

فتاحی و فردوئی (۱۳۸۶) با بررسی روند تغییرات کمی و کیفی منابع آب استان قم نشان دادند روند کاهش متوسط سطح آب زیرزمینیِ منطقه در دوره ۱۸ ساله قبل از سال ۱۳۷۰ حدود ۰/۵ متر در سال بوده که پس از سال ۱۳۷۰ به ۱/۶ متر در سال افزایش یافته است. هم‌چنین تغییرات کیفیت آب‌های زیرزمینی روندی کاهشی داشته است، به نحوی که مرز آب شور حدود ۵۰۰۰ متر و فصل

مشترک آب شور و شیرین حدود ۳۰۰۰ متر در دشت قم پیشروی داشته است. در مجموع روند تغییرات منابع آبِ استان قم، از لحاظ کمی و کیفی، دارای افت شدیدی است.

حجازی جهرمی و شمس‌نیا (۱۳۸۹) در مطالعه‌ای با هدف بررسی تغییرات شیمیایی کیفیت آب‌های زیرزمینی در دشت مرودشت (رستم و خرامه) و تعیین روند تغییرات آن از سال ۱۳۸۴ تا ۱۳۸۸ اذعان داشتند با توجه به کاهش بارندگی و افت سطح آب زیرزمینی در بیشتر چاه‌های دشت خرامه به ویژه در سالهای اخیر، وضعیت کیفی آب نیز روند کاهشی شدیدی داشته است. به طوریکه در حال حاضر آب‌های زیرزمینی در این دشت از نظر شوری جهت آبیاری مناسب نیست و به لحاظ میزان کلر، سولفات، نسبت جذب سدیم و اسیدیته وضعیت مناسبی ندارد. در دشت رستم نیز با توجه به کاهش بارش و افت سطح آب زیرزمینی، وضعیت کیفی از حالت مطلوب برای آبیاری به حالت متوسط تنزل یافته است. هم‌چنین مقادیر سایر پارامترهای کیفی آب نیز در اثر خشکسالی‌های اخیر افزایش یافته است. محققین مذکور چنین نتیجه‌گیری نمودند که ادامه روند کاهش بارندگی و برداشت‌های بیش از اندازه می‌تواند وضعیت این دشت را به عنوان یک منطقه مهم کشاورزی به حالت بحرانی نزدیک نماید.

زارع‌زاده مهریزی و همکاران (۱۳۹۰) با مقایسه کیفیت آبِ چاه‌ها و قنات‌های دشت یزد- اردکان و بررسی روند تغییرات کیفیت آنها به این نکته پی بردند که با وجود این که در این منطقه میزان املاح و ترکیبات شیمیایی موجود در چاه‌ها بیشتر از قنات‌های است، اما روند کلی تغییرات کیفیت در آنها تقریباً یکسان بوده است. هم‌چنین در هر دوی چاه‌ها و هم در قنات‌های یونهای سدیم و کلراید بیش-ترین درصد از میزان کل املاح محلول را تشکیل می‌دهند.

نتایج بررسی روند تغییرات کیفی آب زیرزمینی و تحقیق برای علّت افت سطح آب زیرزمینی در محدوده مطالعاتی بجستان یونسی نشان می‌دهد از مهرماه سال ۱۳۸۳ تا دی ماه سال ۱۳۸۴، تراز آب زیرزمینی در محدوده مطالعاتی به میزان ۰/۲۴ متر افت داشته است (هاتفی و همکاران، ۱۳۸۶). البته این کاهش در بخش‌های شمالی و غربی به علت بهره‌برداری‌های بی رویه، بیشتر بوده است. محققین در این بررسی اذعان داشتند کیفیت آب‌های زیرزمینی نیز از سمت جنوب به شمال کاهش یافته

است. بدین صورت که میزان کلراید و هدایت الکتریکی افزایش قابل توجهی داشته و سبب گردیده است که تیپ غالبِ آب کلروره گردد. از نظر شرب نیز آب‌های زیرزمینی در محدوده نامناسب تا غیرقابل آشامیدن واقع شده و غالباً برای کشاورزی نیز نامناسب می باشند.

بررسی روند تغییرات کیفی منابع آب زیرزمینی در محدوده تأمین دراز مدت آب شرب سبزوار (طیبی، ۱۳۸۴) حاکی از آن است که شیب کلی تغییرات زمانی هدایت الکتریکی مثبت بوده و با شیب ملایمی، شوری کلیه چاه‌های نمونه برداری شده، به دلیل برداشت نامناسب و عدم تغذیه کافی در حال افزایش می‌باشد. هم‌چنین در نواحی شمال شرقی منطقه، بهره‌برداری از چاه‌ها و عدم تغذیه مناسب سفره آب زیرزمینی از ارتفاعات و کاهش بارندگی در طی سالهای اخیر، سبب افت شدید در سطح سفره زیرزمینی و تغییر جهت جریان آبخوان به سمت شمال (بر خلاف شیب توپوگرافی) شده است. از طرفی به دلیل کیفیت نامناسب آب‌های زیرزمینی در حاشیه کال شور، این تغییر جهت در حرکت آب‌های زیرزمینی، باعث سرعت بخشیدن به حرکت آب‌های شور به سمت آب‌های شیرینِ نواحی شمالی و شمالِ غربی شده است.

بکس‌فیلد (Bexfield, 2008) با بررسی میزان تغییرات غلظت مواد مغذی (نیتروژن و فسفر) و آفت‌کش‌ها در آب‌های زیرزمینی آمریکا نشان داد که غلظت نیترات در طول ۱۰ تا ۱۵ سال گذشته در اغلب مناطق، به خصوص در مناطق کشاورزی افزایش چشمگیری داشته است. وی اذعان داشت که بین روند تغییرات مواد مغذی و آفت‌کش‌ها در آب‌های زیرزمینی و روند استفاده از کودهای شیمیایی و آفت‌کش‌ها در سطح زمین ارتباط مستقیمی وجود دارد.

بارو و همکاران (Burow et al., 2008) در تحقیقی بر روی تغییرات غلظت نیترات و آفت‌کش‌ها در آبخوان آبرفتیِ سن ژواکین (San Joaquin) در ایالت کالیفرنیا دریافتند با افزایش میزان استفاده از کودهای شیمیایی و آفت‌کش‌ها در دهه‌های اخیر، میزان آلودگی آب‌های زیرزمینی به نیترات و آفت‌کش‌ها از سال ۱۹۵۰ به بعد روندی کاملاً صعودی داشته است. هم‌چنین این امر سبب آلودگی چاه‌های آب شرب شهری، که اغلب کم عمق می‌باشند، گردیده است.

در مطالعه‌ای بر روی بخشهای غیرمحبوس آبخوانی کربناتـه واقـع در جنـوب غربـی ایالـت جرجیـای آمریکا، غلظت ترکیبات اولیه آفت‌کش‌ها بسیار بیشتر از غلظت سایر مواد حاصل از تجزیه آنها انـدازه-گیری شد. علت این امر، انتقال سریع آفت‌کش‌ها به آبخوان از طریـق قسـمت هـای کـم‌عمـق سـفره زیرزمینی عنوان نمودند (Frick and Dalton, 2008).

اقبال (Iqbal, 2000) در مورد تاثیرات کشاورزی بر روی آب‌هـای زیرزمینـی در شـمال شـرق آیـوا در ایالات متحده، ضمن بیان تجاوز نیترات از حداکثر مجاز برای استفاده شرب که توسط آژانس محافظت ایالات متحده پیشنهاد شده، غلظت بالای این یون را بـه شستشـوی آب‌هـای حاصـل از فعالیـت‌هـای کشاورزی نسبت داد. وی مشاهده نمود که غلظت نیترات در مناطقی که استفاده از کود بیشـتر بـوده، بالاتر است. نفوذ این یون آلاینده آب زیرزمینی، در نفوذپـذیری‌هـای مختلـف قشـر بـالایی خـاک در مناطق مختلف، متفاوت بود. در مناطقی که لایه‌های نفوذناپذیر ارتباط آب‌هـای سـطحی بـا آب‌هـای زیرزمینی را قطع می‌کرد، نفوذ کمتر از آب‌های آبیاری باعث شده کیفیت کمتر تحت تاثیر قرار گیرد.

۲-۳- مطالعات انجام شده بر روی منابع آب زیرزمینی در سازندهای آهکی

در مورد مطالعات مربوط به سازندهای آهکی باید توجه داشت کـه بـرای مـدیریت مناسـب و ارزیـابی دقیق به سبب طبیعت بسیار نفوذپذیر کارست، مدیریت باید در مقیاس منطقه‌ای انجام شود و حفاری به عنوان یک ابزارکلیدی برای ارزیابی است(George Veni 1998).

پانیزا و همکاران با استفاده از تجزیه و تحلیل ژئومورفولوژی عمومی به مطالعات منابع آبی در کارسـت پرداختند.

اشجاری و رئیسی (۱۳۸۶) به بررسی عوامل اصلی کنترل کننده کیفیـت آب چشـمه‌هـای کارسـتی و علل آلودگی آنها با استفاده از جمع‌آوری داده‌هـای مربـوط بـه آنـالیز شـیمیایی و هـدایت الکتریکـی چشمه‌های فارس پرداختند که منشاء آلودگی چشمه‌ها را محصور شدن توسط لایـه‌هـای ژیـپس‌دار و گنبد نمکی و نفوذ آب شور و آلودگی بشری و تبخیر و تعرق معرفی نمودند.

رضایی و همکاران (۱۳۷۷) با تحقیقی که بر روی آب چشمه‌های کارستی تاقدیس رحمت انجام داده‌اند، یکی از علت‌های کاهش کیفیت در چشمه‌های کارستی را آب دشت مجاور دانسته‌اند که تحت تاثیر پدیده‌های نفوذ آب شور به داخل لایه‌های آبدار کارستی و در نتیجه کاهش کیفیت آب کارستی شده‌اند.

گنبدهای نمکی یکی دیگر از فاکتورهایی است که بر روی کیفیت آب کارست و چشمه‌های کارستی موثر می‌باشد که باعث کاهش قابل ملاحظه کیفیت آب می‌شود. در مطالعه‌ای که در دشت داریان انجام شد عامل اصلی به وجود آمدن گنبد نمکی ایزدخواست و در نتیجه عامل پیشروی آب شور در آب‌های زیرزمینی منطقه را گسل بمو دانسته‌اند (پورکرمانی و همکاران ۱۳۸۷).

بررسی هیدروژئوشیمیایی منطقه کارستی تنگ آهن سمیرم و ارزیابی توسعه کارست در این منطقه نشان داد که خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آب در افقهای مختلف کارست منطقه متفاوت می‌باشد که بیانگر توسعه نسبتاً اندک کارست‌های این منطقه می‌باشد (خسروی سوادجانی وهمکاران ۱۳۹۰).

از بررسی مطالعات انجام گرفته بر روی روند تغییرات کیفی آب‌های زیرزمینی و هم‌چنین بررسی مهم‌ترین عوامل آلوده کننده این منابع می‌توان چنین نتیجه گرفت که مشکلات کیفی آب‌های زیرزمینی در اکثر مناطق جهان به ویژه مناطق خشک و نیمه خشک (مانند کشور ایران) روز به روز در حال افزایش است. سازندهای زمین‌شناسی آلاینده و فعالیت های انسانی از قبیل برداشت‌های بی‌رویه و نیز آلاینده‌های کشاورزی، شهری و صنعتی مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار در ایجاد روند کاهشی کیفیت آب‌های زیرزمینی به شمار می‌آیند. با توجه به روند افزایشی نیازهای آبی در بخشهای مختلف از جمله کشاورزی و صنایع، در صورت عدم مدیریت صحیحِ کمی و کیفیِ منابع آب زیرزمینی، می‌توان انتظار داشت در آینده روند کاهش کیفی این منابع شیب بیشتری پیدا نماید.

۲-۴- پیشینه مطالعات در منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه به دلیل موقعیت خاص جغرافیایی نزدیک به تهران و قرار گرفتن در نزدیکی دماوند ویژگی‌های زمین‌شناسی این منطقه مورد توجه زمین‌شناسان بوده است. به همین دلیل نقاط مختلف آن با اهداف گوناگون و توسط افراد مختلف مورد بررسی قرار گرفته است. بیشتر بررسی‌هایی که در منطقه مورد مطالعه انجام گرفته در رابطه با زمین‌شناسی عمومی منطقه بوده است. از جمله مهمترین مطالعات انجام گرفته در منطقه مورد مطالعه تهیه نقشه‌ها و گزارش‌های زمین‌شناسی و توپوگرافی توسط سازمان زمین‌شناسی کشور و سازمان جغرافیایی ارتش می‌باشد که از جمله آنها می‌توان به نقشه‌ها و گزارش‌های چهارگوش‌های تهران و آمل اشاره کرد.

از جمله مطالعات انجام گرفته در زمینه منابع آب محدودهٔ مورد مطالعه می‌توان به طرح مطالعات منابع آب سازندهای سخت شمال تهران که توسط مهندسین مشاور مهاب قدس انجام شده است و مطالعه هیدروژئولوژی و هیدروژئوشیمی در قالب طرح آمار منابع آب زیرزمینی شرق تهران در دو سال ۱۳۸۲و ۱۳۸۹ به ترتیب توسط مهندسین مشاور لار و یکم اشاره نمود. هم‌چنین گزارش هیدرولوژی این منطقه و روستاهای همجوار در سال۱۳۸۲ با مشارکت سازمان آب منطقه‌ای تهران و مهندسین مشاور پردیسان سازه تهیه شده است. گزارش این بررسی شامل اطلاعاتی در ارتباط با هیدرولوژی، هیدروژئولوژی، اقلیم و زمین شناسی منطقه مورد مطالعه می‌باشد.

فصل سوم

روش انجام تحقیق

بررسی تغییرات کمی و کیفی منابع آب زیرزمینی منطقه مبارک‌آباد با کمک اطلاعات و آنالیز آمارهای گردآوری شده از شرکت آب منطقه‌ای تهران تدوین گردیده است. در این فصل روش و مراحل انجام این مطالعات به طور مختصر بیان می‌شود.

۳-۱- جمع‌آوری داده‌های مختلف

آمار و اطلاعات مورد استفاده در این تحقیق از گزارشات و مطالعات قبلی با عناوین زیر استخراج شده است:

- داده‌های آماری منتشر شده از شناسنامه چاه‌های منطقه در قالب طرح آماربرداری منابع آب‌های زیرزمینی حوضه آبریز دماوند در سال ۱۳۸۲ که توسط مهندسین مشاور لار تهیه و تدوین شده است.
- آمارهای منتشر شده از شناسنامه چاه‌های منطقه در قالب طرح آماربرداری منابع آب‌های زیرزمینی حوضه آبریز دماوند در سال ۱۳۸۹ که توسط مهندسین مشاور یکم تهیه و تدوین شده است.
- اطلاعات کیفی مربوط به چاه‌ها و چشمه‌های منتخب حوزه معاونت بهره برداری آبفای شرق تهران که توسط معاونت بهره‌برداری آب و فاضلاب شرق تهران نمونه برداری و در آزمایشگاه آن معاونت آنالیز می‌گردد. پارامترهای اندازه‌گیری که شامل آنیون‌ها و کاتیون‌های اصلی (سدیم، منیزیم و کلسیم، کلر، سولفات و بی‌کربنات)می‌باشد.
- اطلاعات و آنالیزهای کیفی و شیمیایی مربوط به چاه‌های شرب شهری که توسط آبفای شرق تهران نمونه‌برداری و آنالیز گردیده است. پارامترهای اندازه‌گیری شامل آنیون‌ها و کاتیون‌های اصلی می‌باشد.

لازم به ذکر است آمار مربوط به چاه‌های منطقه مورد مطالعه آرشیو شده در دفتر مطالعات پایه آب تهران، پس از انجام مراحل قانونی، جمع‌آوری و مورد پردازش قرار گرفت. اطلاعات دریافتی در برگیرنده شناسنامه حفاری چاه‌ها بوده که سال حفاری چاه‌ها، سطح ایستابی، مختصات هرکدام از چاه‌ها، نام آبادی، نام مالک، مورد بهره‌برداری (مصرف شرب، آبیاری باغات میوه و یا فضای سبز شهری)، نام سازند، سن سازند و تعداد روزهای مورد بهره‌برداری در سال می‌باشند.

۳-۲- روش تجزیه و تحلیل اطلاعات

در این تحقیق پس از بررسی اولیه داده‌ها در دو سال آماری ۸۲ و ۸۹ تجزیه و تحلیل آن‌ها به شرح زیر انجام گردید.

- تهیه نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه از نقشه زمین‌شناسی ژئورفرنس شده با مقیاس ۱/۱۰۰,۰۰۰ شرق تهران
- تفکیک چاه‌ها در منطقه مورد مطالعه بر اساس تفاوت لیتولوژی محل حفاری چاه‌ها در دو بخش منابع آبی آبرفتی و منابع سازندی
- بررسی تغییرات مکانی پارامترهای کمی و کیفی (هدایت الکتریکی، تخلیه سالیانه، دبی و pH) به تفکیک منابع آب زیرزمینی آبرفتی و سازندی در دو سال آماری
- بررسی تغییرات زمانی پارامترهای کیفی (آنالیز شیمیایی آنیون‌ها ، کاتیون‌ها و تعیین تیپ آب) به تفکیک منابع آب زیرزمینی آبرفتی و سازندی

لازم به ذکر است در این تحقیق جهت بررسی موارد فوق از نرم‌افزارهای زیر استفاده گردید.

- سامانه اطلاعات جغرافیایی ARC GIS: این سامانه با ظرفیت ذخیره، سازماندهی، تجزیه، بازیابی، نمایش و تهیه خروجی های مناسب، به عنوان ابزاری است که می تواند در رسیدن به روش مناسب میان یابی و فهم شرایط هیدرولیکی و محیطی به پژوهشگران کمک کند.
- نرم‌افزار PHREEQC: تعیین اندیس اشباع کانی‌های مختلف از طریق این نرم‌افزار انجام شد.

- نرم افزار AqQa: با کمک این نرم‌افزار کیفیت آب و تشخیص تیپ آن با کمک نمودارهای کیفی آب انجام می‌گیرد. هم‌چنین این نرم افزار اطلاعاتی در خصوص اندیس اشباع کانی‌هایی چون کلسیت و دولومیت ارائه می‌دهد.
- نرم افزار Excel: جهت نمایش داده‌های آماری به صورت نمودار و انجام سریع محاسبات از این نرم‌افزار استفاده گردید.

فصل چهارم

بررسی کمی و کیفی آب‌های زیرزمینی در منطقه مبارک‌آباد

منابع آب واقع در روستای مبارک‌آباد که به مصرف شرب و آبیاری باغات می‌رسد، بخشی در آبرفت و بخشی در سازند سخت (اغلب آهکی) حفاری گردیده‌اند که طی سالیان اخیر دچار تغییراتی در خصوصیات فیزیکی و شیمیایی گردیده‌اند. به منظور ارزیابی خصوصیات هیدروژئولوژیکی و هیدروژئوشیمیایی این چاه‌ها و بررسی تغییرات پدید آمده، داده‌های آماری موجود در این منطقه جمع‌آوری شده و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. در این فصل نتایج حاصل از این بررسی‌ها ارائه می‌شود.

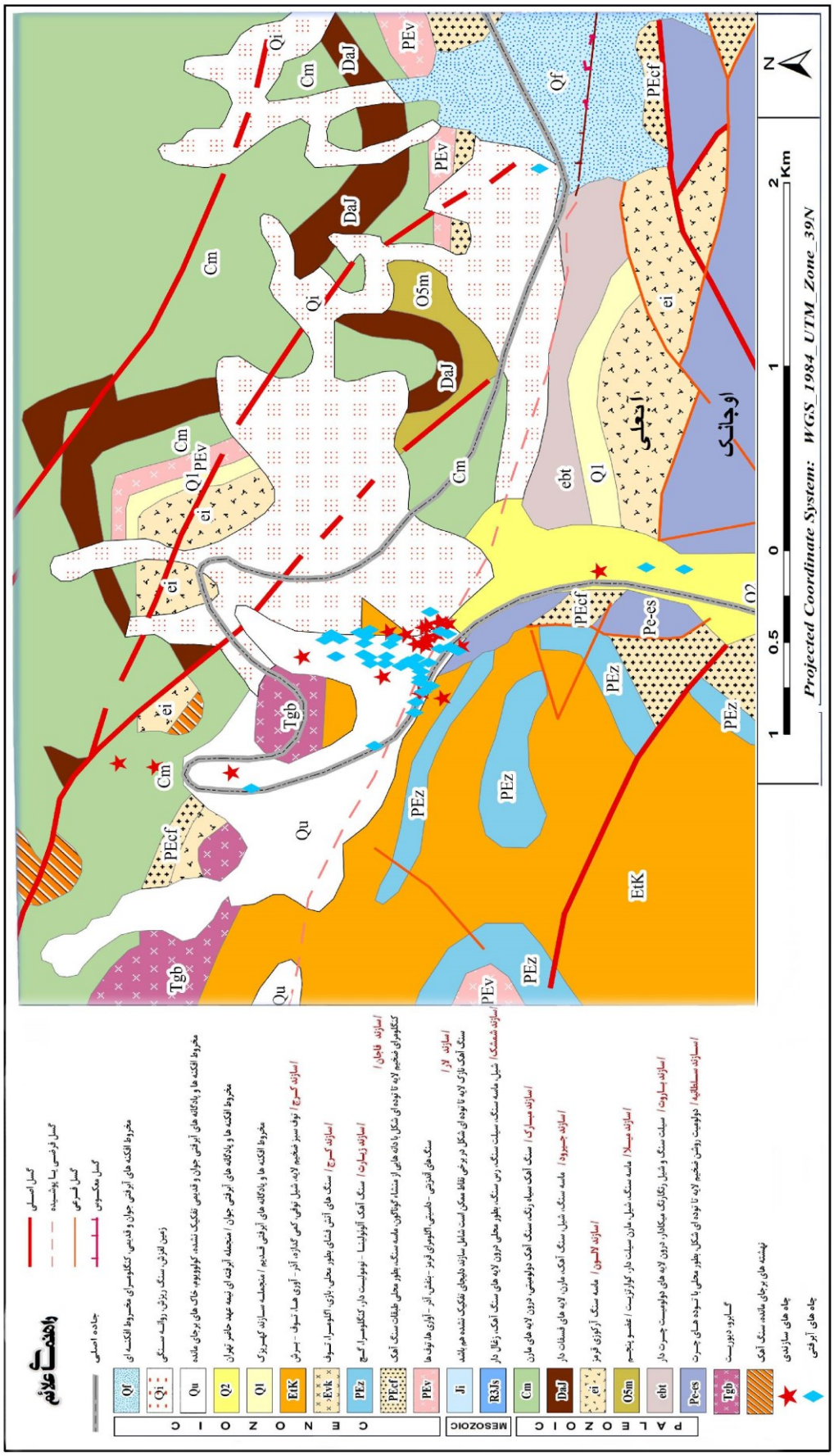
۴-۱ - منابع آب زیرزمینی در منطقه مبارک‌آباد:

در منطقه مبارک‌آباد تعداد ۷۷ حلقه چاه حفاری شده است که از این تعداد سه حلقه به مصرف شرب شهری آبعلی می رسد. سایر چاه‌های حفاری شده در این روستا خانگی بوده و به مصرف آبیاری زمینهای کشاورزی و باغات میوه می‌رسد.

کلیه چاه‌های منطقه طی سال‌های ۱۳۸۲ و ۱۳۸۹ آمار برداری شده است. همانطور که قبلاً بیان گردید، در این آماربرداری‌ها مشخصات مربوط به حفاری، عمق چاه، عمق سطح ایستابی، هدایت الکتریکی، دما و pH منابع آب زیرزمینی برداشت شده است. هم‌چنین اطلاعات مربوط به آنالیز فیزیکی و شیمیایی تعدادی از چاه‌های شرب شهری در زمانی که در مدار بهره برداری قرار داشته اند، ثبت شده است.

شکل ۴-۱ موقعیت کلیه چاه‌های موجود در منطقه مبارک‌آباد را نشان می‌دهد. بر اساس اطلاعات برداشت شده در زمان حفاری تعداد ۴۲ حلقه از چاه‌های مذکور در آبرفت بوده و تعداد ۲۵ حلقه در سازند سخت حفاری شده‌اند. بر اساس اطلاعات زمین‌شناسی موجود چاه‌های حفر شده در سازند سخت (سازندی) عمدتاً در سازند کرج (۱۹ حلقه) و آهک مبارک (۵ حلقه) حفاری شده‌اند.

نظر به تفاوت در نوع لیتولوژی محل حفاری چاه‌ها، در ادامه بررسی کمی و کیفی این چاه‌ها به صورت مجزا در منابع آبرفتی و سازندی مورد بررسی قرار گرفته است.



شکل ۴-۱- موقعیت چاه ها در منطقه مبارک آباد تفکیک شده بر اساس حفاری در آبرفت و یا سازند سخت

۴-۲- بررسی تغییرات مکانی پارامترهای هیدروژئولوژیکی در منابع آب زیرزمینی آبرفتی

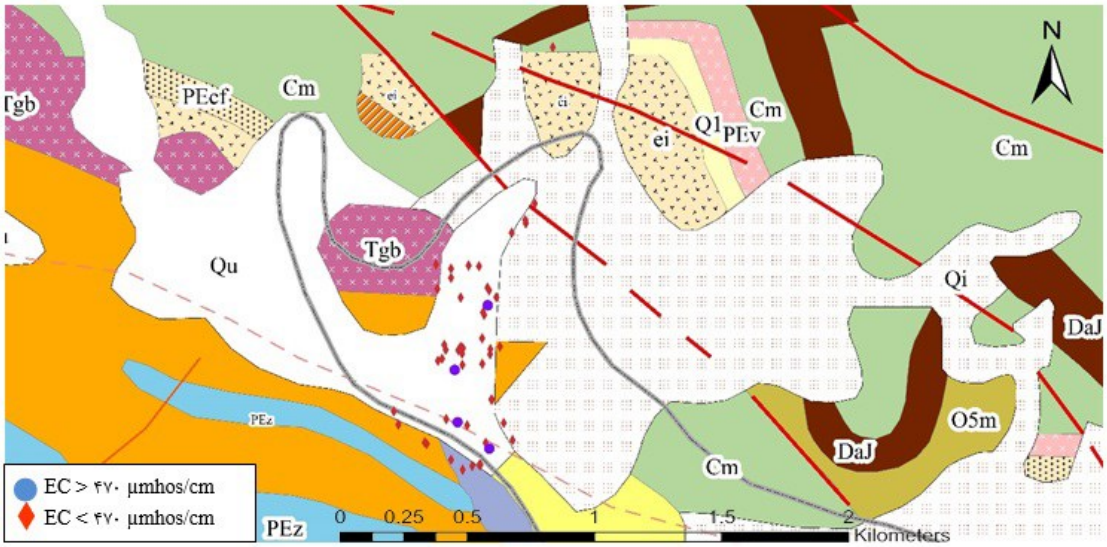
جدول ۴-۱ ویژگی منابع آب زیرزمینی آبرفتی را بر اساس آمار سال‌های ۸۲ و ۸۹ نشان می‌دهد. در این جدول مقایسه داده‌های کیفی نمونه‌های منابع آب منطقه با محاسبه پارامترهای آماری پایه (ازقبیل حداکثر، حداقل و میانگین) صورت گرفته است.

جدول شماره ۴-۱- اطلاعات چاه‌های آبرفتی منطقه مورد مطالعه در سال‌های آماری ۱۳۸۲و ۱۳۸۹

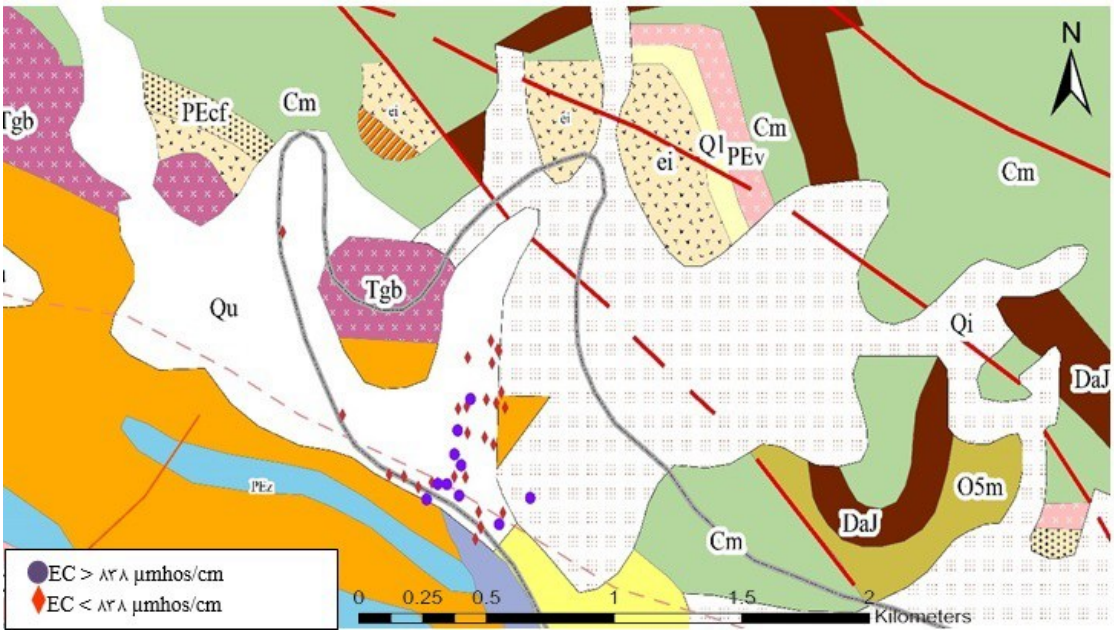
پارامتر آماری	عمق (m)	دبی (Lit/s)		هدایت الکتریکی (µmhos/cm)		pH		تخلیه سالیانه (m^3)	
		۱۳۸۲	۱۳۸۹	۱۳۸۲	۱۳۸۹	۱۳۸۲	۱۳۸۹	۱۳۸۲	۱۳۸۹
حداکثر	۳۵	۲	۶/۷	۵۴۵	۲۰۱۰	۸	۸	۱۰۴۴۷/۲	۱۴۳۹۳/۴
حداقل	۶	۰/۳	۱/۷	۴۲۰	۴۵۵	۷/۲	۶/۶	۱۲۸/۵	۱۳۶۴/۸
میانگین	۱۸/۹	۰/۹	۱/۳	۴۴۴	۸۳۸/۶	۷/۹	۷/۶	۶۲۱/۳	۱۳۹۶/۶

۴-۲-۱- ارزیابی هدایت الکتریکی (EC)

با توجه به جدول۴ -۱ میزان هدایت الکتریکی منطقه در سال ۸۲ بین ۴۲۰ و ۵۴۵ میکروموهس بر سانتی‌متر با میانگین ۵۴۵ میکروموهس بر سانتی‌متر اندازه‌گیری شده است. تغییرات این پارامتر در چاه‌های آبرفتی در مقدار مینیمم نسبت به سال ۱۳۸۹ تغییر محسوسی نداشته است، این در حالی است که میانگین هدایت الکتریکی این دسته از چاه‌ها در سال ۱۳۸۹ نسبت به سال ۱۳۸۲ با افزایش دو برابری همراه بوده است. حداکثر مقدار پارامتر هدایت الکتریکی نیز با افزایش چشمگیر ۳/۶ برابری همراه بوده است. در شکل ۴-۱ و ۴-۲ به ترتیب پراکندگی چاه‌های با هدایت الکتریکی بالا در منابع آبرفتی در سال ۱۳۸۲ و ۱۳۸۹ ترسیم گردیده است.



شکل ۴-۲- موقعیت چاه‌های آبرفتی در سال ۸۲ و چاه‌های مشخص شده با مقدار هدایت الکتریکی بیش‌تر و کم‌تر از میانگین (۴۷۰ میکرو موهس بر سانتی متر)



شکل ۴-۳- موقعیت چاه‌های آبرفتی در سال ۸۹ و چاه‌های مشخص شده با مقدار هدایت الکتریکی بیش‌تر و کم‌تر از میانگین (۸۳۸ میکروموهس بر سانتی‌متر)

در نقشه مربوط به سال ۱۳۸۲ (شکل ۴-۲) چاه‌های با هدایت الکتریکی بیش از مقدار میانگین در قسمت‌های مرکزی و جنوبی منطقه قرار گرفته‌اند. مقدار هدایت الکتریکی در این چاهها از ۴۷۵ تا ۵۴۵ میکرو موهس بر سانتی‌متر متغیر است.

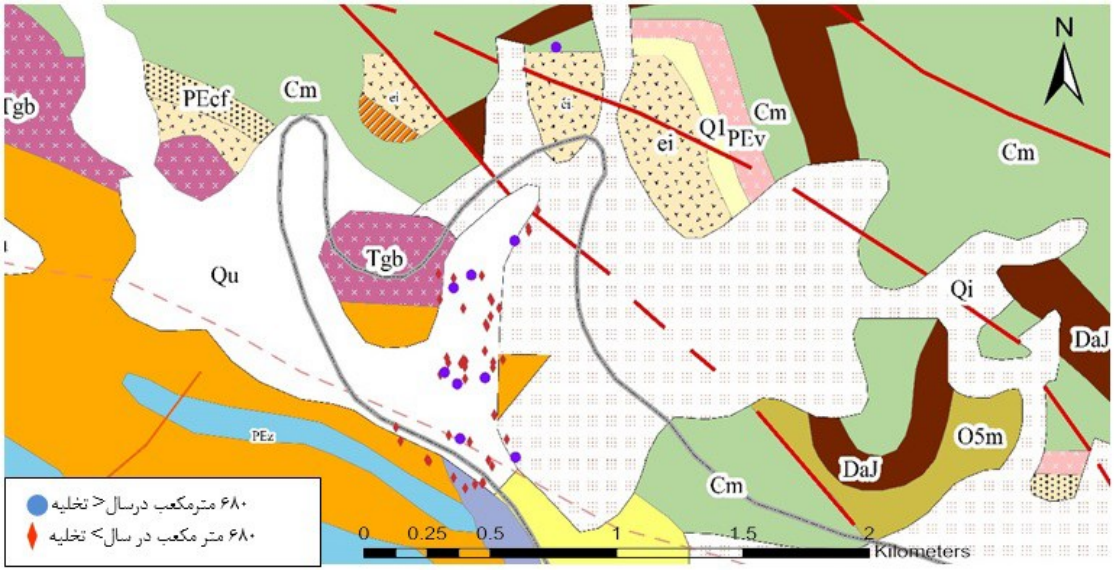
در نقشه سال ۱۳۸۹ (شکل ۴-۳) چاه‌های با هدایت الکتریکی بیش از مقدار میانگین (۸۳۸ تا ۲۰۱۰ میکروموهس بر سانتی‌متر) به صورت شاخص نشان داده شده است. پراکندگی این چاه‌ها در سال ۱۳۸۹ نیز در مناطق جنوبی منطقه می باشد. با مقایسه دو شکل ۴-۲ و ۴-۳ موقعیت چاههای با هدایت الکتریکی بالا تا حدود زیادی بر هم منطبق می‌باشند. باید توجه داشت که به دلیل تفاوت در بازه میانگین در نظر گرفته شده تفاوت ناچیزی در محدوده چاه‌های با هدایت الکتریکی بالا در دو سال-های آماری مورد بررسی مشاهده می‌شود. از بررسی پارامتر هدایت الکتریکی در چاه‌های آبرفتی نتایج زیر حاصل گردید:

- دور بودن چاه‌های مناطق جنوبی از ارتفاعات شمالی مبارک‌آباد که مناطق تغذیه می‌باشند، می‌تواند یکی از دلایل هدایت الکتریکی بالا در بخش جنوبی آبخوان آبرفتی باشد.
- با توجه به توپوگرافی سطحی منطقه جهت جریان آب زیرزمینی در راستای تقریبی شمال به جنوب و به سمت خروجی دره (آبعلی) می‌باشد. حرکت آب در امتداد مسیر جریان و انحلال رسوبات موجود از دلایل افزایش املاح و بالا رفتن هدایت الکتریکی آب در چاه‌های پایین دست می‌باشد.
- از عوامل موثر دیگر می توان به مجاورت محدوده مورد نظر با گسل رورانده مشاء – فشم اشاره کرد. گسل مذکور در روی نقشه‌های زمین ساختی شکل سینوسی دارد و راستای تقریباً شرقی - غربی دارد. شیب گسل فشاری مشاء همیشه به سمت شمال و بین ۳۵ تا ۷۰ درجه تغییر می‌کند. این گسل با طولی حدود ۴۰۰ کیلومتر از جنوب غربی شاهرود در شرق تا آبیک در غرب ادامه دارد. پهنه گسلی مشاء بیش از ۱۰ متر عرض داشته و به شدت بریده، خرد و پودر شده است. با توجه به ماهیت معکوس این گسل که در نقشه زمین شناسی (شکل ۱-۵) نشان داده شده است، احتمال دارد این گسل به صورت مانعی بر مسیر جریان عمل نموده و باعث کاهش

سرعت جریان آب زیرزمینی شده باشد. کاهش سرعت جریان سبب افزایش ماندگاری آب در تماس با رسوبات شده و افزایش هدایت الکتریکی آب را به همراه دارد.

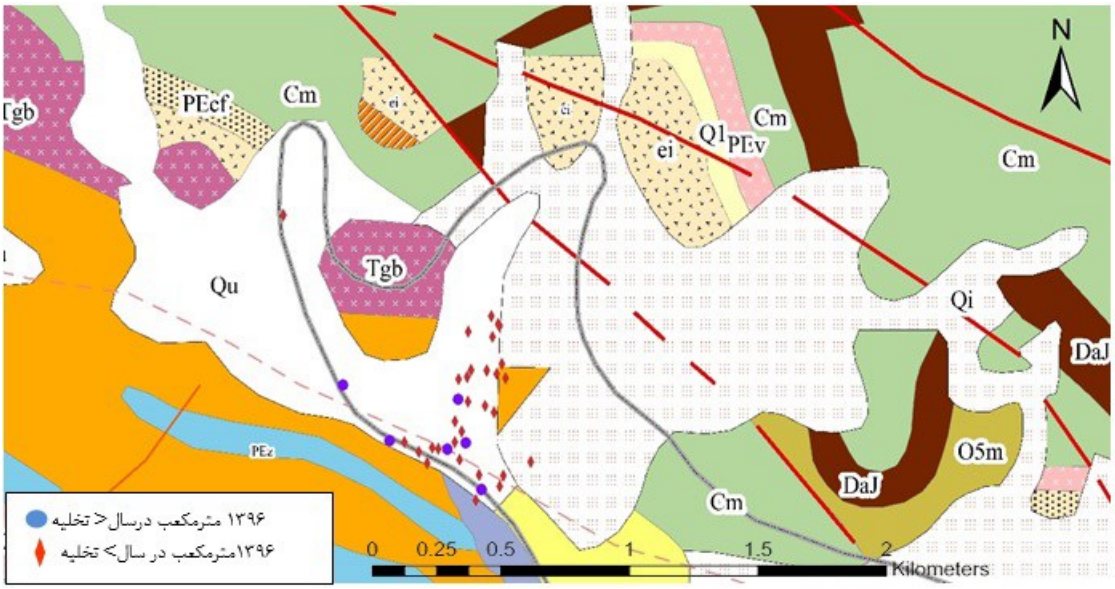
۴-۲-۲- دبی و تخلیه سالیانه چاه‌های بهره برداری

با توجه به جدول۴-۱، دبی برداشتی از چاه‌ها با افزایش چند برابری همراه بوده است و از حداکثر ۲ لیتر بر ثانیه در سال ۱۳۸۲ به مقدار ۶/۷ لیتر بر ثانیه در سال ۱۳۸۹ رسیده است. با توجه به جدول ۴-۱ میانگین تخلیه سالیانه در سال ۱۳۸۹ نسبت به میانگین سال ۱۳۸۲ با افزایش بیش از دو برابر همراه بوده است. این افزایش در مقادیر حداکثر و حداقل این پارامتر نیز مشهود است. لازم به ذکر است بهره-برداری از چاه‌های منطقه به صورت فصلی و مقطعی انجام می‌گرفته است. در شکل‌های ۴-۴ و ۴-۵ چاه-های با تخلیه سالیانه بیش از مقدار میانگین در سال‌های ۱۳۸۲ و ۱۳۸۹ مشخص گردیده‌اند.



شکل ۴-۴- چاه‌های با تخلیه سالیانه بیش‌تر و کم‌تر از مقدار میانگین (۶۸۰ مترمکعب در سال) در سال ۸۲

الگوی پراکندگی چاه‌های با مقدار تخلیه بیش از میانگین در دو سال ۸۲ و ۸۹ تا حدودی با هم متفاوت بوده و این می‌تواند به‌دلیل متغیر بودن شاخص تعیین مقدار تخلیه در دو سال آماری ۱۳۸۲ (۶۵۰ متر مکعب در سال) و سال ۱۳۸۹ (۱۳۹۶ متر مکعب در سال) باشد.



شکل ۴-۵- چاه‌های با تخلیه سالیانه بیش‌تر و کم‌تر از مقدار میانگین (۱۳۹۶مترمکعب در سال) درسال ۸۹

با توجه به این‌که محدوده چاه‌های با تخلیه بیش از مقدار میانگین در سال ۱۳۸۹، در محدوده چاه-های با هدایت الکتریکی بالا قرار دارد می‌توان نتیجه گرفت که تخلیه بالا از منابع آب زیرزمینی آبرفتی نیز عاملی موثر بر افزایش هدایت الکتریکی چاه‌های حفر شده در آبرفت این منطقه می‌باشد.

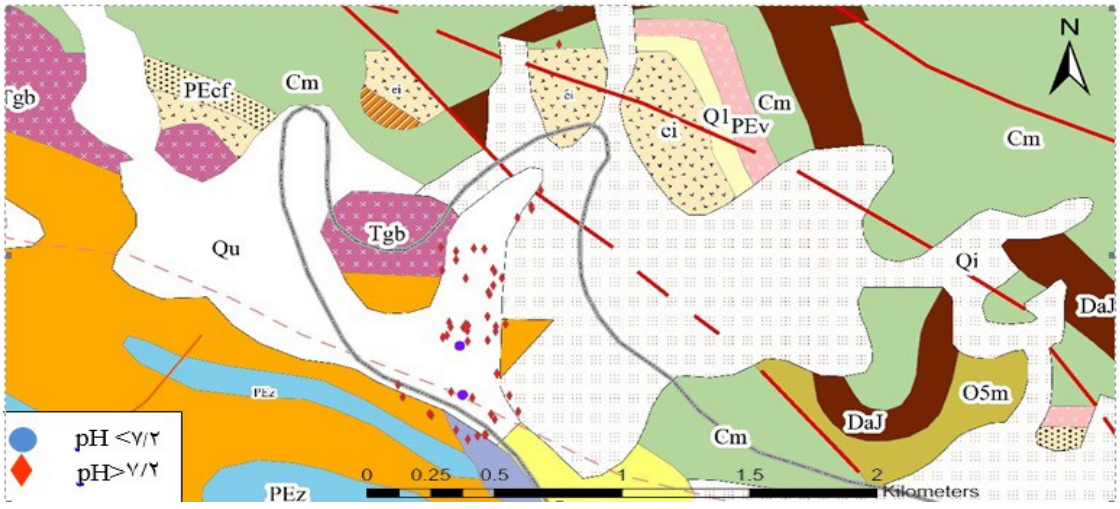
۴-۲-۳- pH چاه‌های آبرفتی

در خصوص پارامتر pH در دو سال ۱۳۸۲ و ۱۳۸۹ تغییرات چندانی در مقدار حداکثر و میانگین این پارامتر دیده نمی‌شود. تنها مقدار حداقل این داده در سال ۱۳۸۹ مقدار پایین‌تری را نشان داده است. برای بررسی این موضوع پارامتر فوق در دو سال آماری به‌صورت مجزا در شکل ۴-۶ و ۴-۷ نمایش داده شده است. با توجه به جدول ۴-۱ و شکلهای ترسیمی، pH در هر دو سال در مناطق جنوبی

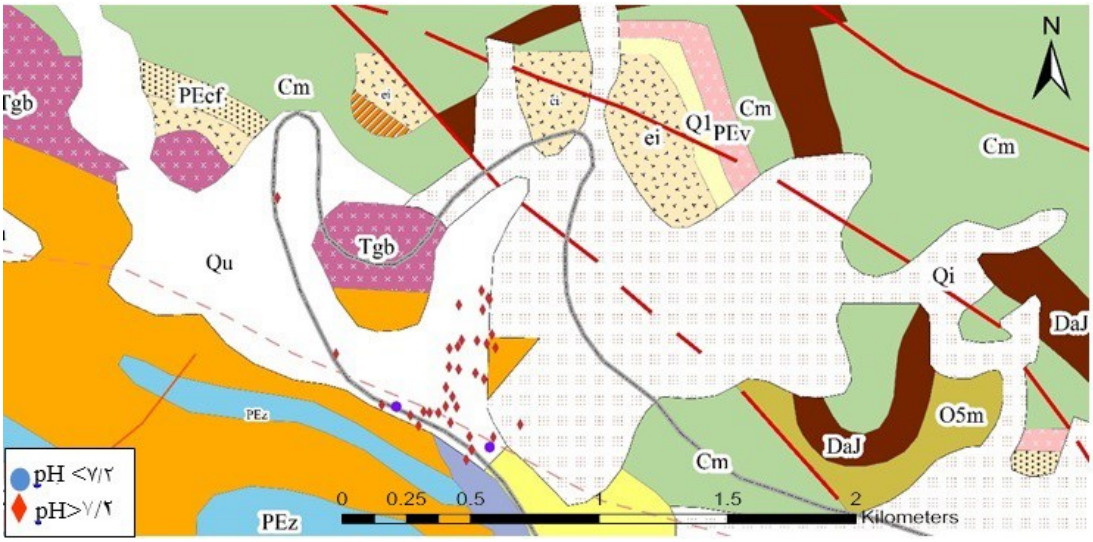
مقادیر کمتری را نشان می‌دهد. مقدار عددی این پارامتر در سال ۱۳۸۹ با کاهش همراه بوده است. بررسی‌ها نشان می‌دهد هدایت الکتریکی در این منابع افزایش داشته است. یکی از فرآیندهای کاهش pH در سفره‌های آهکی ته نشست کلسیت می‌باشد. افزایش هدایت الکتریکی سبب افزایش قدرت یونی محلول می‌گردد و شرایط رسوب کانی‌های اشباع نظیر کلسیت را فراهم می‌نماید. در طی رسوب کلسیت، بی‌کربنات از محیط آبی به کربنات و یون H^+ تفکیک می‌شود به طوری که کربنات با کلسیم تشکیل رسوب کلسیت را می‌دهد و H^+ باعث کاهش pH محیط آبی می‌شود (Appelo & D. Postma, 2005)

$$Ca^{2+} + HCO_3^- \rightarrow CaCO_3 + H^+$$ (معادله ۴-۱)

هم‌چنین در محیط‌هایی که حاوی سنگهای دولومیتی می‌باشند فرآیند دولومیت زدایی ممکن است در طی انحلال ژیپس رخ دهد. در طی فرآیند دولومیت زدایی دولومیت تبدیل به کلسیت می‌گردد و باعث کاهش بی‌کربنات و در نتیجه آن کاهش pH و افزایش Mg، SO_4 و Ca محیط آبی می‌گردد (Appelo & D. Postma, 2005). بررسی میانگین pH در سال‌های۱۳۸۲ و ۱۳۸۹ کاهش مقدار آن با گذشت زمان را نشان می‌دهد. با توجه به توضیحاتی که بیان گردید افزایش هدایت الکتریکی منابع آب زیرزمینی دلیل این موضوع می‌تواند باشد.



شکل ۴-۶- چاه‌های با pH کم‌تر و بیش‌تر از ۷/۲ در سال ۸۲



شکل ۴-۷- چاه‌های با pH کم‌تر و بیش‌تر از ۷/۲ در سال ۸۹

۴-۳- بررسی تغییرات مکانی پارامترهای هیدروژئولوژیکی در منابع آب زیرزمینی سازندی

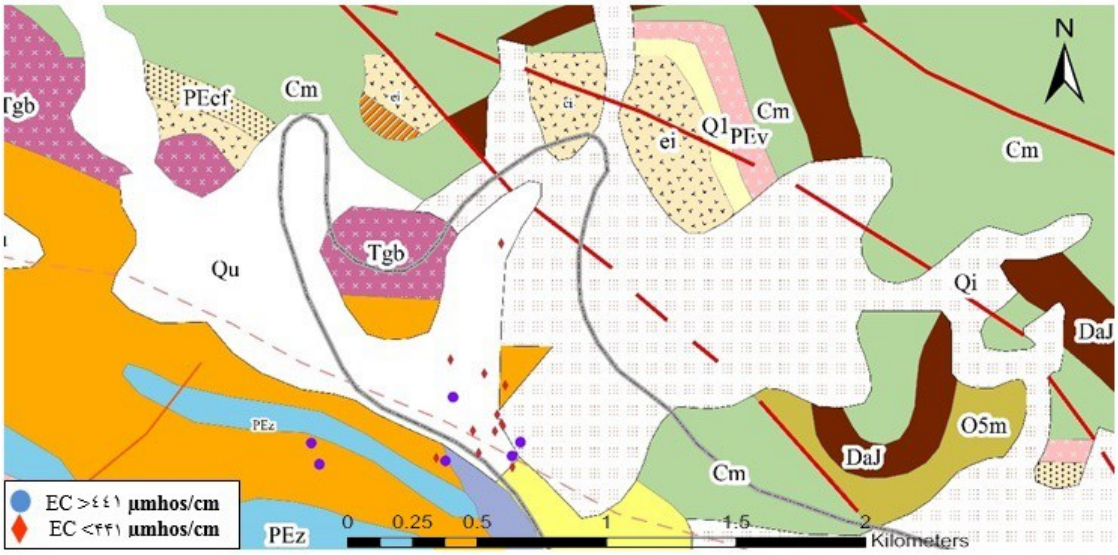
جدول ۴-۲ ویژگی منابع آب زیرزمینی حفاری شده در سازند را بر اساس اطلاعات آماربرداری در سال‌های ۱۳۸۲ و ۱۳۸۹ نشان می‌دهد. در این جدول مقایسه داده‌های کیفی نمونه‌های منابع آب منطقه با محاسبه پارامترهای آماری پایه (از قبیل حداکثر، حداقل و میانگین) صورت گرفته است.

جدول شماره ۴-۲- اطلاعات مربوط به چاه‌های سازندی منطقه مورد مطالعه در سال‌های آماری ۱۳۸۲ و ۱۳۸۹

سال	عمق (m)	دبی (Lit/s)		هدایت الکتریکی (µmhos/cm)		pH		تخلیه سالیانه (m^3)	
		۱۳۸۲	۱۳۸۹	۱۳۸۲	۱۳۸۹	۱۳۸۲	۱۳۸۹	۱۳۸۲	۱۳۸۹
حداکثر	۲۵۰	۲	۲۵	۵۲۰	۲۸۰۰	۸	۸/۲	۱۰۶۵/۶	۶۵۷۷۲۰
حداقل	۸	۰/۳	۰/۳	۴۲۵	۴۲۵	۷/۲	۶/۳	۱۳۵	۱۲/۶
میانگین	۴۳/۶	۰/۹	۳/۵	۴۴۱/۵	۱۱۴۶	۷/۹	۷/۳	۴۶۶/۲	۵۴۱۱۲/۷

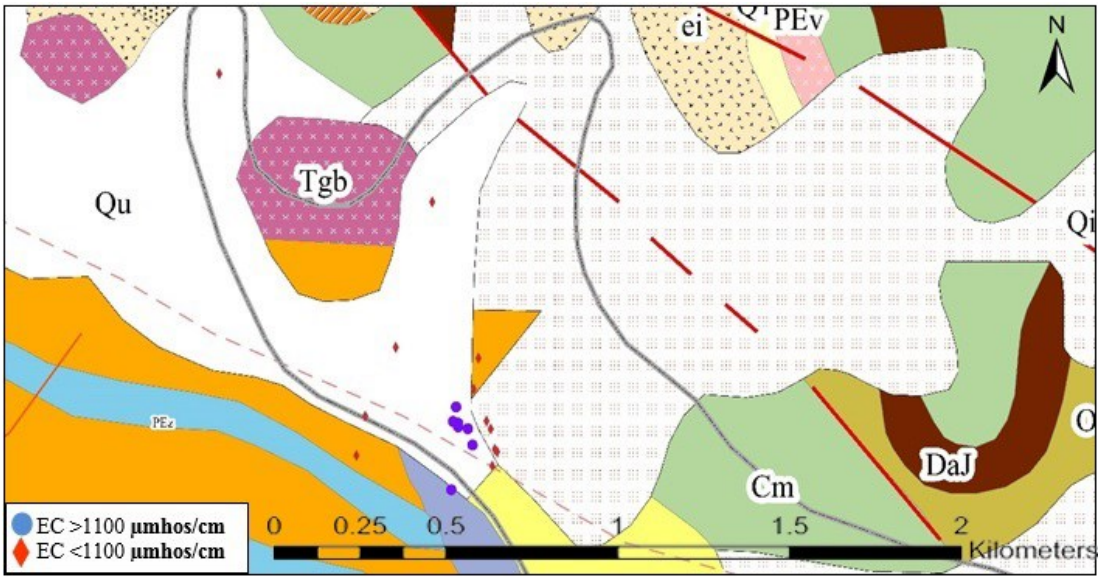
ارزیابی هدایت الکتریکی

با توجه به جدول۴-۲، میزان تغییرات هدایت الکتریکی منطقه در سال ۱۳۸۲ بین ۴۲۵ و ۵۲۰ با میانگین ۵۴۵ میکرو موهس بر سانتی‌متر اندازه‌گیری شده است. تغییرات این پارامتر در چاه‌های سازندی در مقدار حداقل نسبت به سال ۱۳۸۹ تفاوتی نداشته است و این در حالی است که میانگین این دسته از چاه‌ها با افزایش دو و نیم برابری همراه بوده است. حداکثر مقدار هدایت الکتریکی در سال ۱۳۸۹ نسبت به سال ۱۳۸۲ با افزایش چشمگیر ۵ برابری همراه بوده است. در شکل‌های ۴-۸ و ۴-۹ به ترتیب پراکندگی چاههای با هدایت الکتریکی بالا در دو سال آماری ترسیم گردیده است.



شکل ۴-۸- چاه‌های سازندی در سال ۸۲ و چاه‌های مشخص شده با هدایت الکتریکی بیش‌تر و کم‌تر از میانگین (۴۴۱ میکروموهس بر سانتی متر)

در نقشه مربوط به سال ۱۳۸۲ (شکل ۴-۸) چاه‌های با هدایت الکتریکی بیش از مقدار میانگین در محدوده جنوبی منطقه قرار گرفته است. مقدار هدایت الکتریکی در این چاهها از ۴۲۵ تا ۵۲۰ میکرو موهس بر سانتی‌متر متغیر بوده است.



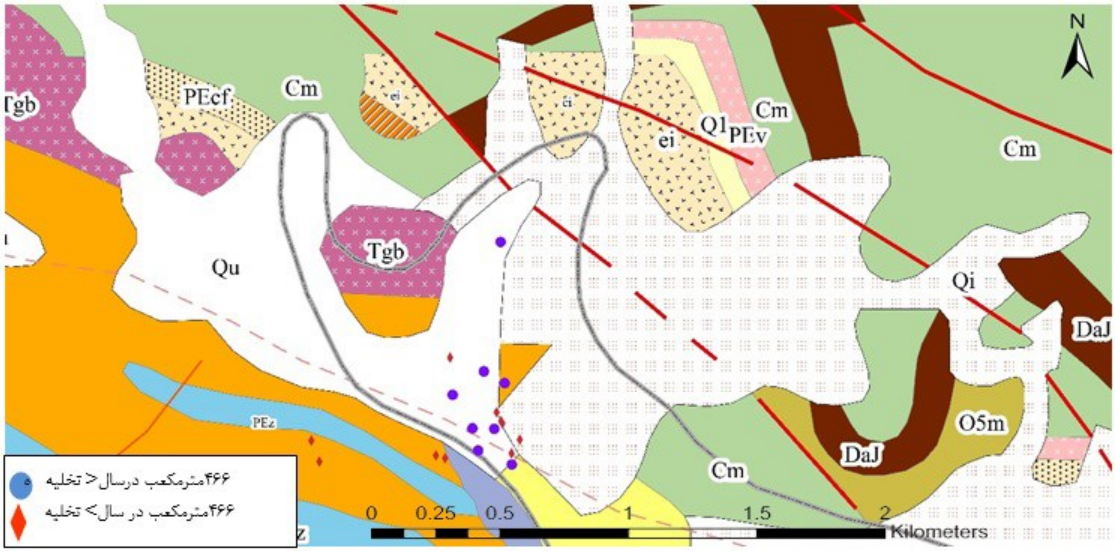
شکل ۴-۹- چاه‌های سازندی در سال ۸۹ و چاه‌های مشخص شده با هدایت الکتریکی بیش‌تر و کم‌تر از میانگین (۱۱۰۰میکروموهس بر سانتی متر)

در نقشه سال ۱۳۸۹ (شکل۴-۹) ضمن افزایش تعداد منابع آب زیرزمینی با هدایت الکتریکی بالا مقادیر این پارامتر از مقدار میانگین ۴۴۱ میکرو موهس بر سانتی‌متر در سال ۱۳۸۲ به مقدار ۱۱۰۰ میکرو موهس بر سانتی‌متر افزایش یافته است. پراکندگی این منابع در سال ۱۳۸۲ و ۱۳۸۹ نیز در قسمت‌های جنوبی منطقه می باشد. در چاه‌های حفر شده در سازند هم مانند چاه‌های آبرفتی مناطق جنوبی و انتهایی حوضه آبریز دارای هدایت الکتریکی بالاتری می‌باشند.

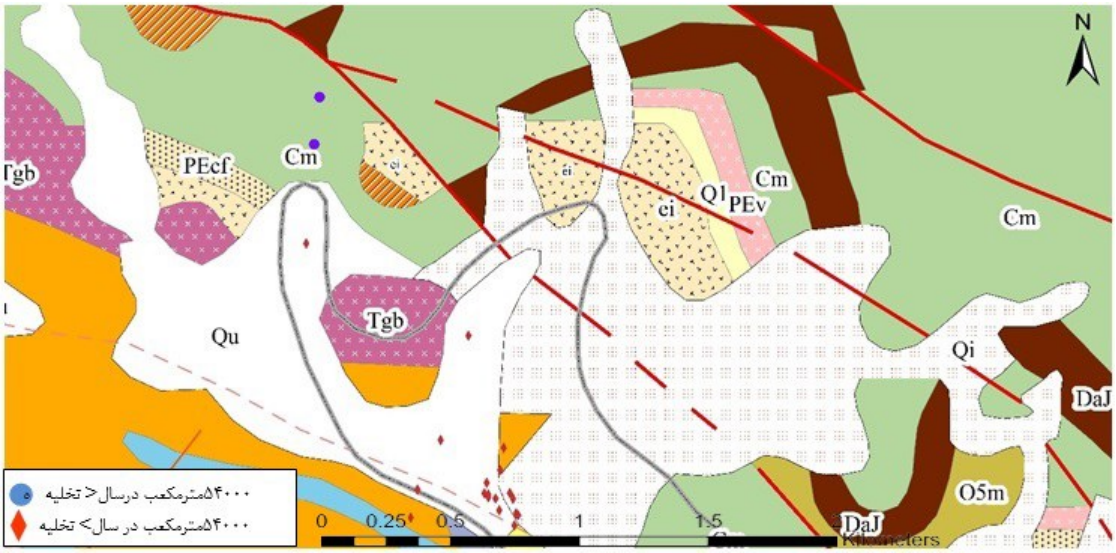
۴-۳-۱- دبی برداشتی و تخلیه سالیانه

با توجه به آمار موجود در جدول ۴-۲ میانگین دبی برداشتی از منابع آب زیرزمینی از حدود ۰/۹ لیتر بر ثانیه در سال ۱۳۸۲ به حدود ۳/۵ لیتر بر ثانیه در سال ۱۳۸۹ افزایش یافته است. هم‌چنین میانگین تخلیه سالیانه در سال ۱۳۸۹ نسبت به سال ۱۳۸۲ با افزایش چندین برابری همراه بوده است.

در شکل ۴-۱۰و ۴-۱۱ چاه‌های با تخلیه سالیانه بیش از مقدار میانگین مشخص گردیده‌اند.



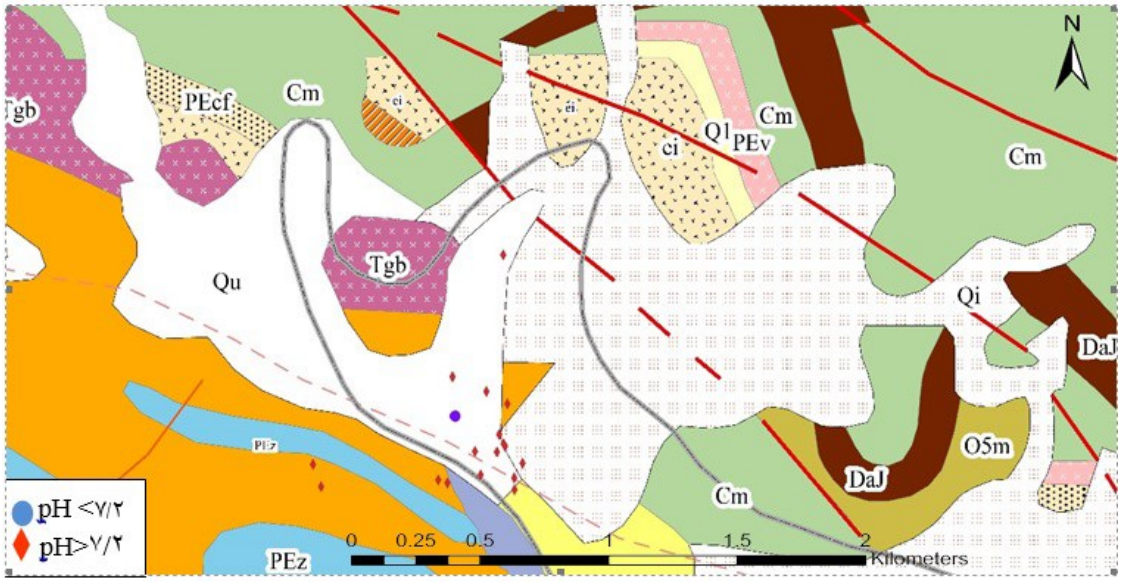
شکل ۴-۱۰- تخلیه سالیانه بیش‌تر و کم‌تر ازمقدار میانگین (۴۶۶ مترمکعب در سال) در چاه‌های سازندی سال ۸۲



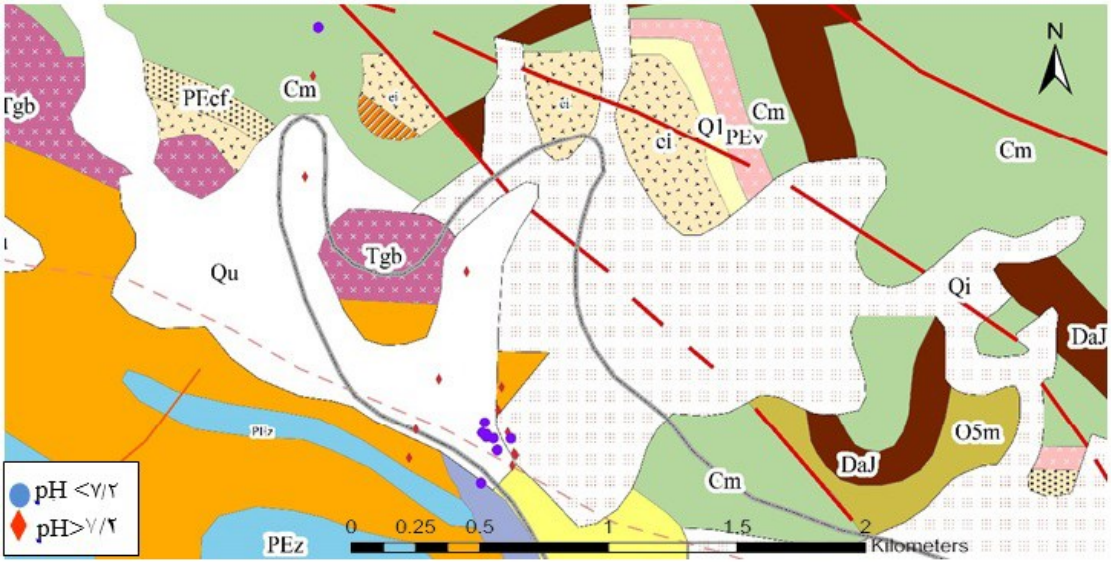
شکل ۴-۱۱- تخلیه سالیانه بیش‌تر و کم‌تر از مقدار میانگین (۵۴۰۰۰ مترمکعب در سال) در چاه‌های سازندی سال ۸۹

۴-۳-۳-pH چاه‌های سازندی

میانگین pH در سال ۸۲ در چاه‌های سازندی برابر ۷/۹ و در سال ۸۹ برابر ۷/۳ بوده است. شکل‌های ۴-۱۲ و ۴-۱۳ تغییرات مکانی در مورد این پارامتر را نشان می‌دهد. چاه‌های کمتر از مقدار میانگین در این دو شکل نمایش داده شده است.



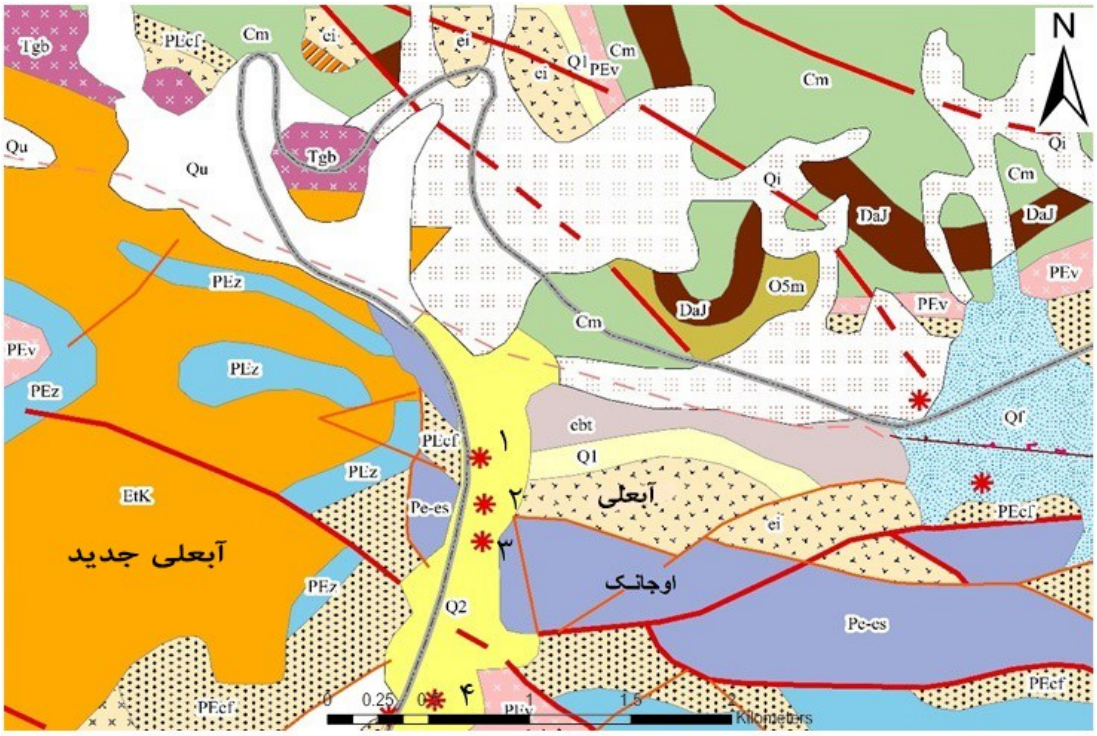
شکل ۴-۱۲- چاه‌های سازندی با pH کم‌تر و بیش‌تر از ۷/۲ در سال ۸۲



شکل ۴-۱۳- چاه‌های سازندی با pH کم‌تر و بیش‌تر از ۷/۲ در سال ۸۹

با توجه به شکل ملاحظه می‌شود که چاه‌های با pH پایین در سال ۸۲ و ۸۹ دقیقاً منطبق با چاه‌های با هدایت الکتریکی بالا می‌باشند. همان‌طور که قبلاً نیز ذکر گردید افزایش املاح در آب این چاه‌ها که می‌تواند سبب رسوب کانی‌های فوق اشباع نظیر کلسیت گردد، دلیل احتمالی کاهش pH در این مناطق معرفی می‌گردد.

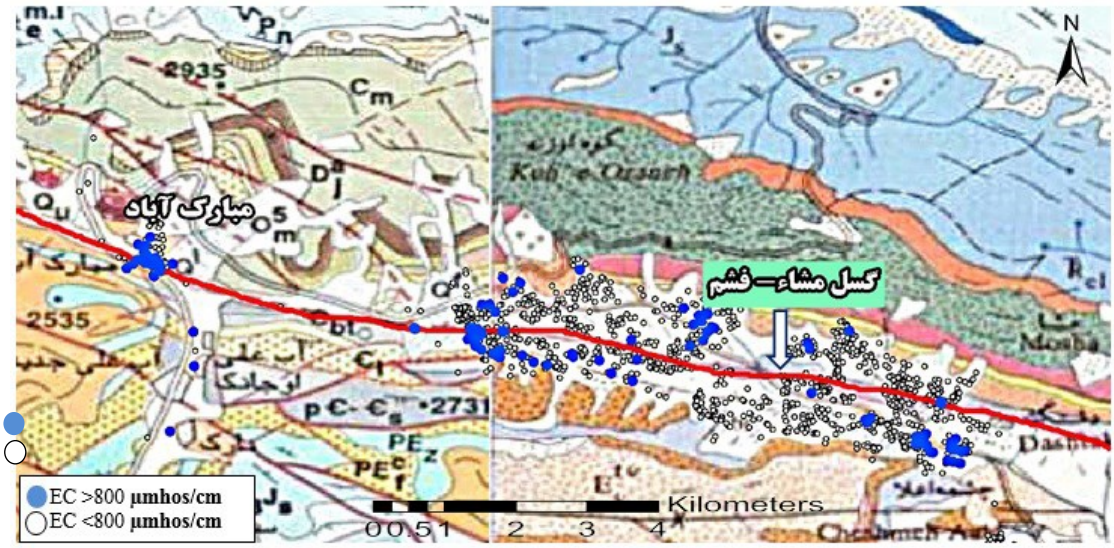
با توجه به مواردی که تا کنون ذکر شد در منابع آبی سازندی و آبرفتی منطقه مبارک‌آباد الگوی پراکندگی چاه‌های با هدایت الکتریکی بالا تقریباً مشابه می‌باشد. افزایش فاصله از منطقه تغذیه (آهک مبارک)، نزدیکی به زون گسلی مشا-فشم و هم‌چنین مجاورت با بخش‌های گچ‌دار سازند زیارت (PEz) از جمله دلایل افزایش هدایت الکتریکی در منابع آب زیرزمینی در جنوب منطقه مورد مطالعه می-باشد. شکل ۴-۱۴موقعیت چاه‌های آبعلی (آبرفت و سازند) که در مسیر رودخانه مبارک‌آباد و در قسمت جنوبی این روستا واقع شده است را نشان می‌دهد.



شکل ۴-۱۴- موقعیت چاه‌های آبعلی در قسمت جنوبی مبارک‌آباد

هدایت الکتریکی چاه‌های شماره ۱ تا ۴ آبعلی به ترتیب ۹۳۰، ۷۳۹، ۹۸۰ و ۹۴۷ میکرو موهس بر سانتی‌متر می‌باشد. مشاهده می‌شود که همه چاه‌های منطقه آبعلی شوری پایین‌تری نسبت به مناطق جنوبی مبارک‌آباد دارند. این موضوع تاثیر زمین‌شناسی (لیتولوژی) و زون گسلی در افزایش املاح و هدایت الکتریکی چاه‌های منطقه مبارک‌آباد را تقویت می‌نماید. با توجه به ماهیت معکوس گسل مشا-

فشم که از جنوب مبارک‌آباد عبور می‌نماید، خردشدگی و تراکم واحدها در اثر فشارش در محدوده آن محتمل بوده که این موضوع می‌تواند ضمن ایجاد مانع بر مسیر جریان و کاهش سرعت جریان و افزایش سطح تماس آب با مواد زمین‌شناسی، افزایش املاح آب زیرزمینی را در پی داشته باشد. ذکر این نکته نیز ضروری است که جابجایی در امتداد مسیر این گسل نیز می‌تواند بالا آمدن واحدهای مخرب کیفیت نظیر شمشک که در بخش‌های جنوبی محدوده مورد مطالعه رخنمون دارد را سبب شده و بنابراین کاهش کیفیت منابع آب زیرزمینی در چاه‌های نزدیک به زون گسلی را در پی داشته است. جهت تایید اثر این گسل بر منابع آب‌های زیرزمینی، هدایت الکتریکی در چاه‌های روستاهای همجوار مبارک‌آباد که در محدوده زون گسلی واقع گردیده‌اند مورد بررسی قرارگرفت. در شکل۴-۱۵ محدوده گسل مشا- فشم وموقعیت چاه‌های با هدایت الکتریکی بیش از میانگین منطقه نشان داده شده است.



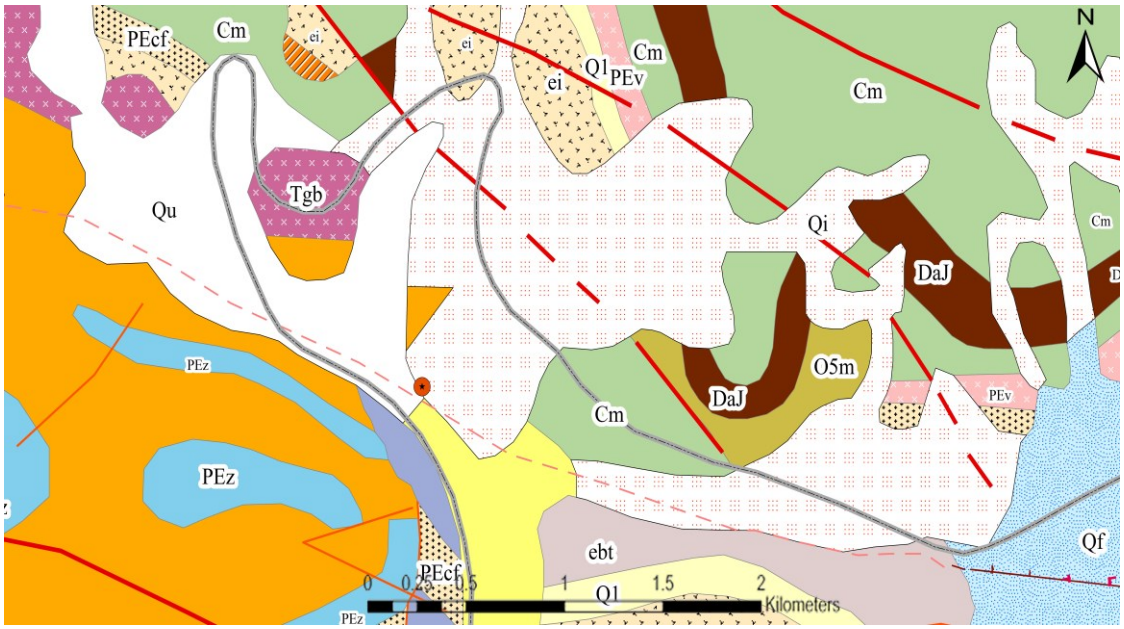
شکل ۴-۱۵- محدوده گسل مشا- فشم و چاه‌های مشخص شده با مقدار هدایت الکتریکی بیش‌تر و کم‌تر از میانگین (۸۰۰ میکرو موهس بر سانتی متر) در سا ل۸۹

همان‌طور که در شکل مشاهده می‌گردد، چاه‌های با هدایت الکتریکی بالا در نزدیکی این گسل و بیشتر در قسمت‌های جنوبی قرار دارند. بنابراین تاثیر این گسل در بالا رفتن هدایت الکتریکی منابع آب‌های زیرزمینی منطقه را نمی‌توان نادیده گرفت.

۴-۴- ارزیابی تغییرات زمانی پارامترهای کیفی در منطقه مورد مطالعه

۴-۴-۱- ارزیابی تغییرات زمانی در منابع آبرفتی

جهت بررسی تغییرات زمانی پارامترهای کیفی در منابع آبرفتی منطقه مورد مطالعه از نتایج اندازه‌گیری پارامترهای هدایت الکتریکی، کل جامدات محلول، pH، کاتیون‌ها و آنیون‌های اصلی در یکی از چاه‌های منطقه، استفاده شده است. این چاه در ارتفاع ۲۱۹۶ متری از سطح دریا واقع شده وموقعیت آن در شکل۴-۱۶ نشان داده شده است.



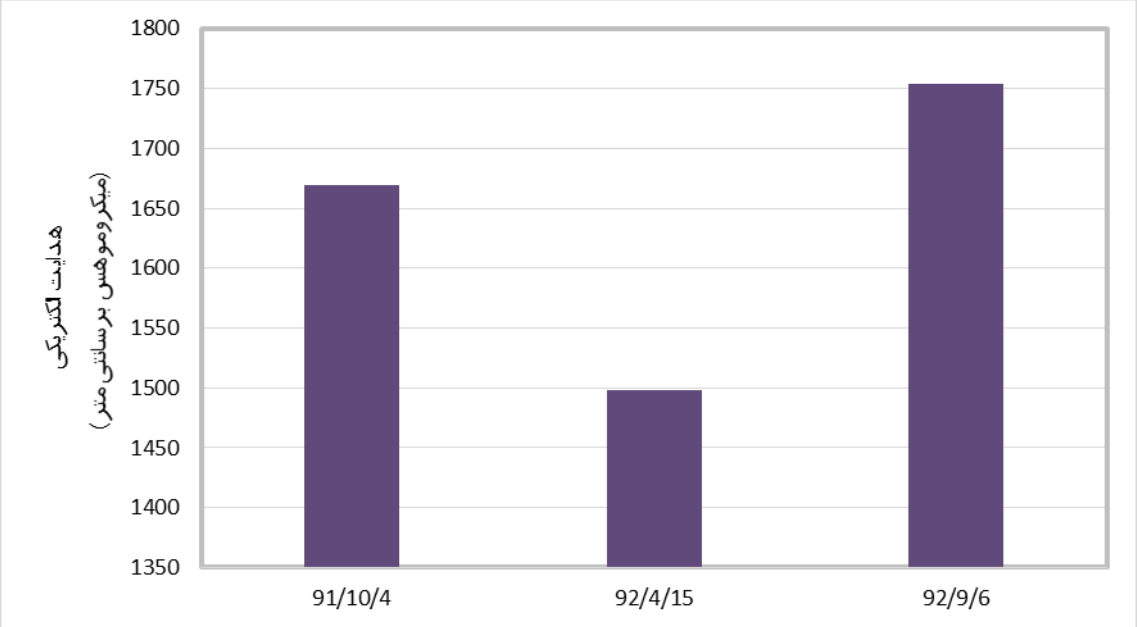
شکل ۴-۱۶- محل چاه منتخب جهت بررسی تغییرات زمانی پارامترهای کیفی در منابع آبرفتی منطقه مورد مطالعه

این چاه در محدوده چاه‌های با هدایت الکتریکی بالا قرار گرفته است و بررسی پارامترهای کیفی آن می‌تواند به شناسایی عوامل موثر بر افزایش هدایت الکتریکی در بخش‌های جنوبی منطقه کمک نماید. جدول ۴-۳ نتایج پارامترهای کیفی اندازه گیری شده در این چاه را نشان می‌دهد.

جدول۴-۳- مقادیر پارامترهای شیمیایی در چاه منتخب آبرفتی در منطقه مورد مطالعه

تیپ آب	T.D.S mg/l	pH	EC µmhos/cm	SO4 (meq/l)	Cl (meq/l)	HCO3 (meq/l)	Na (meq/l)	Mg (meq/l)	Ca (meq/l)	پارامتر / تاریخ
$Ca\text{-}HCO_3$	۸۶۷	۶/۴	۱۶۶۹	۵/۸	۲/۱	۹/۸	۴/۲	۳	۹/۳	۹۱/۱۰/۴
$Ca\text{-}HCO_3$	۷۹۳	۶/۸	۱۴۹۸	۴/۱	۲/۷	۷/۶	۲/۲	۱/۶	۱۰/۸	۹۲/۴/۱۵
$Ca\text{-}HCO_3$	۸۷۷	۶/۷	۱۷۵۴	۶/۱	۲/۴	۹/۸	۴/۳	۳/۱	۹/۴	۹۲/۹/۶

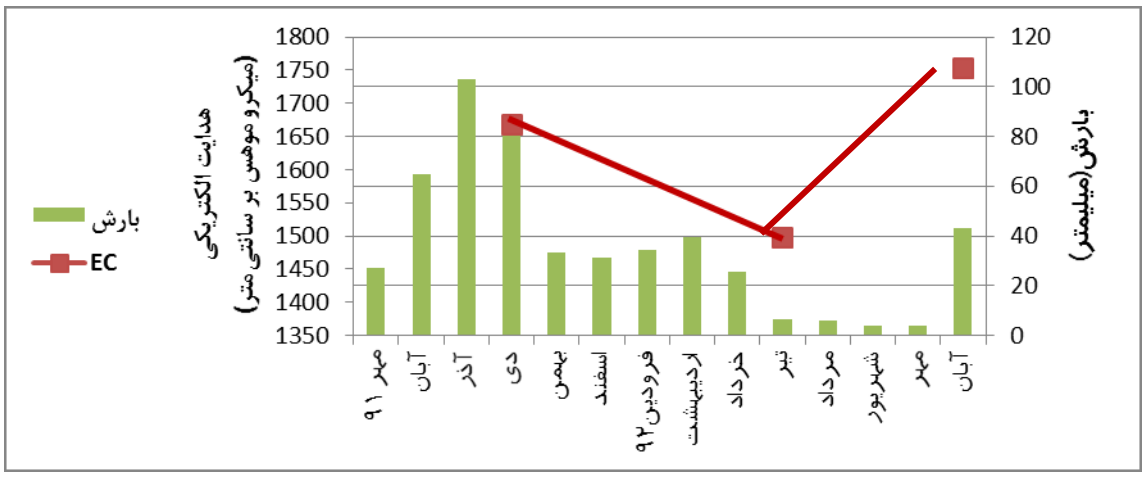
شکل ۴-۱۷ تغییرات زمانی هدایت الکتریکی این چاه در دوره مورد بررسی را نشان می‌دهد. همان‌طور که ملاحظه می‌شود مقدار EC از حدود۱۶۶۹میکرو موهس بر سانتی متر در سال ۹۱ به حدود ۱۷۵۴ میکرو موهس بر سانتی متر در سال ۹۲ افزایش یافته است.



شکل ۴-۱۷- تغییرات زمانی هدایت الکتریکی در چاه منتخب

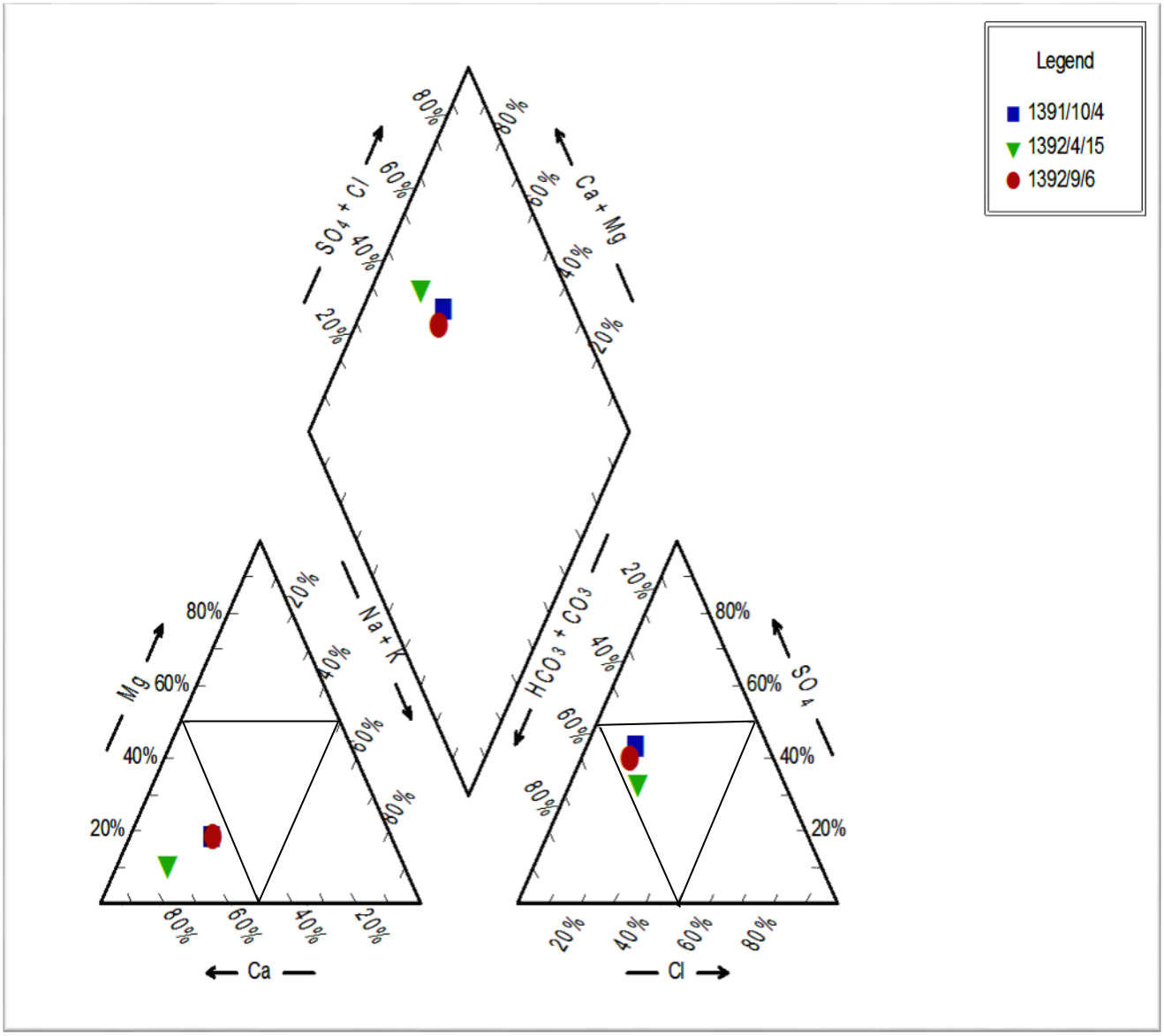
افزایش زمانی هدایت الکتریکی می‌تواند ناشی از خشکسالی‌های اخیر و افت منابع آب زیرزمینی در اثر ازدیاد برداشت و تخلیه بوده که پیش از این در مورد آن بحث گردید.

بررسی تغییرات فصلی هدایت الکتریکی در چاه آبرفتی (شکل ۴-۱۸) نشان دهنده کاهش مقادیر در فصل تر (نمونه‌برداری آبان ۹۲ به عنوان نماینده این فصل) در مقایسه با فصل خشک (نمونه‌برداری تیرماه به‌عنوان فصل خشک) می‌باشد. افزایش ذوب برف با توجه به ارتفاع زیاد منطقه تغذیه و اضافه شدن آب‌های با هدایت الکتریکی کمتر دلیل احتمالی کاهش هدایت الکتریکی در فصل خشک می-باشد.



شکل ۴-۱۸- نمودار میانگین بارش ماهیانه و نوسانات هدایت الکتریکی در چاه منتخب آبرفتی

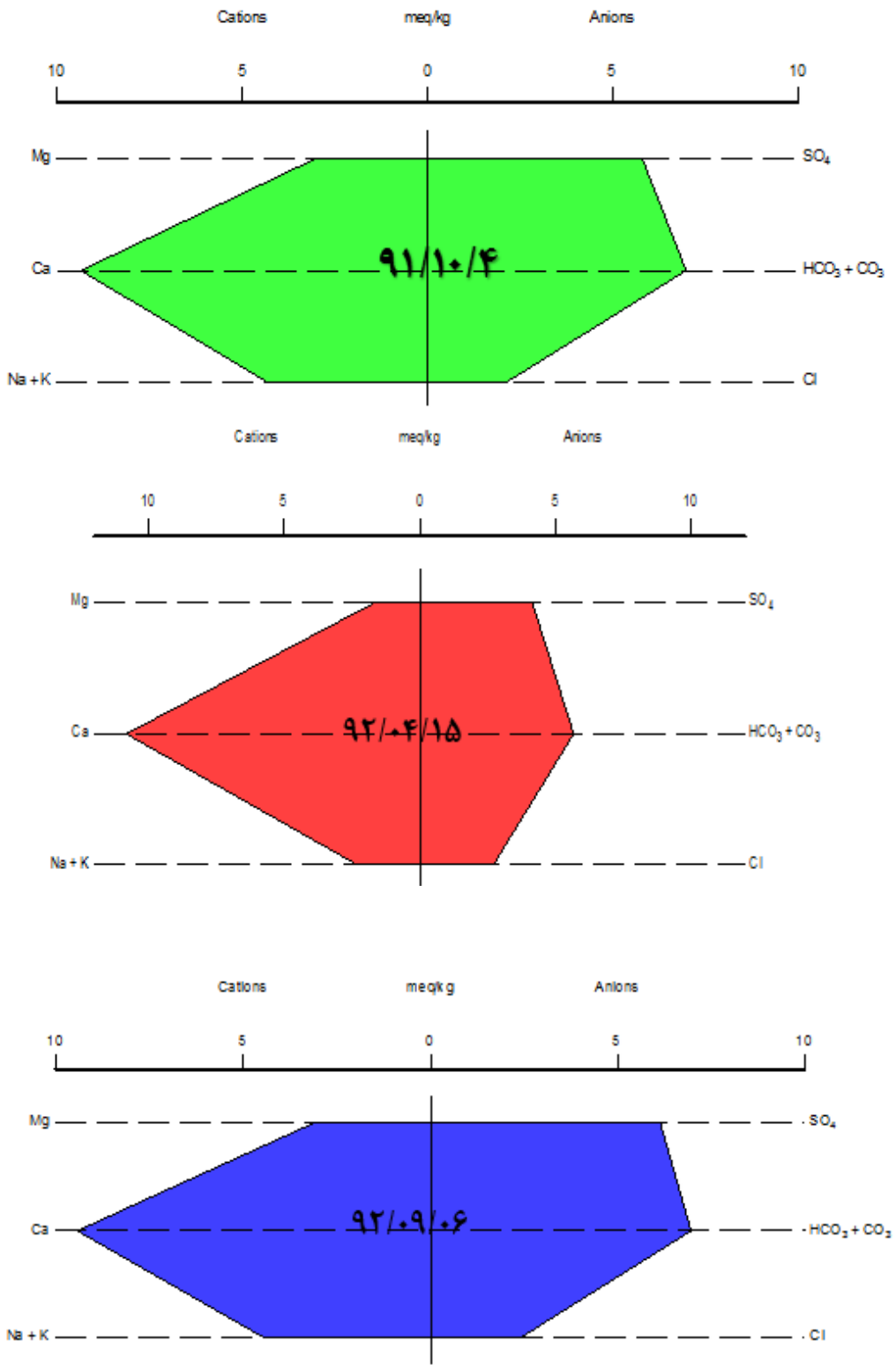
برای تعیین تیپ و رخساره آب‌های زیرزمینی از نمودار پایپر استفاده گردید (شکل۴-۱۹). این نمودار از ترکیب سه میدان مجزا تشکیل شده است. درصد آنیون‌ها و کاتیون‌ها در میدان‌های مثلثی و موقعیت ترکیبی آن‌ها در میدان لوزی شکل نشان داده می‌شود. با توجه به شکل مشاهده می‌شود که در نمونه‌های برداشت شده از این منبع آبی، قلیای های خاکی بیش از قلیایی‌ها بوده و اسیدهای قوی بیش از اسیدهای ضعیف می‌باشند و در نهایت با توجه به منطقه قرارگیری هیچ کدام از زون‌های آنیونی – کاتیونی از ۵۰ درصد تجاوز نمی‌کند. طبق این نمودار دو نمونه مربوط به فصل تر از نظر مقدار پارامترها مشابهت دارند.



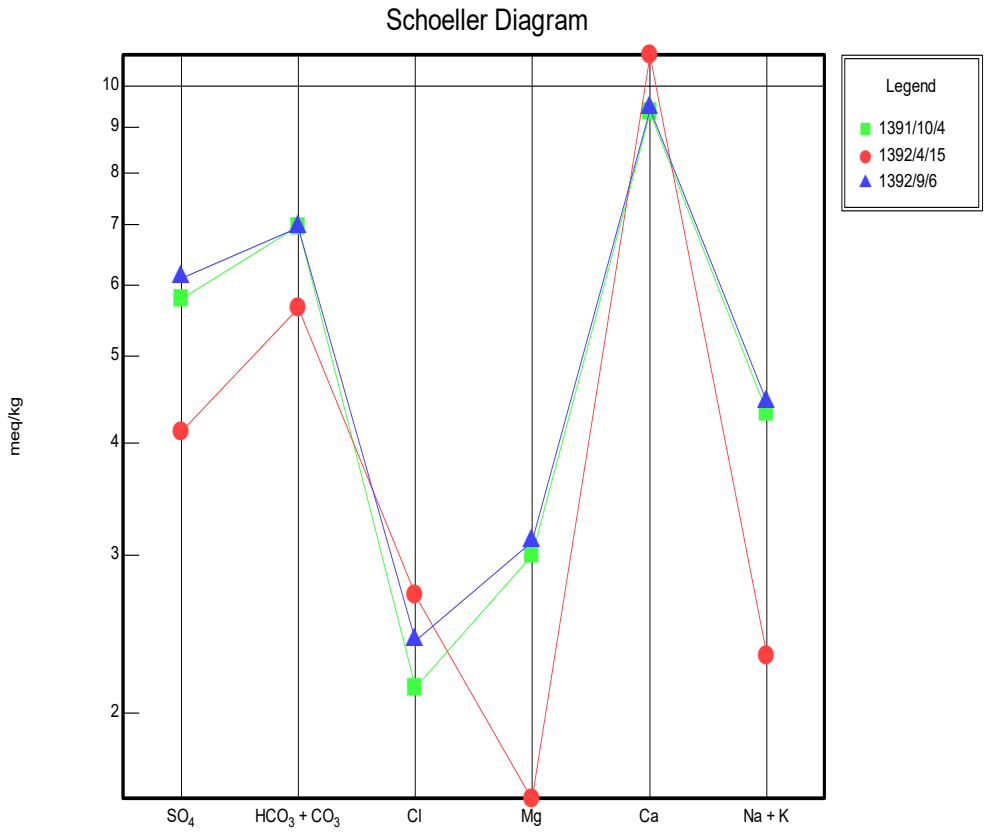
شکل۴-۱۹- نمودار پایپر برای چاه واقع در مبارک‌آباد برای ۳ مرحله نمونه‌برداری

نمودار استیف، روش مناسبی برای مقایسه نمونه‌ها می‌باشد. در شکل‌های ۴-۲۰و ۴-۲۱ به ترتیب، نمودار استیف و شولر این چاه در ۳ دوره نمونه‌برداری نشان داده شده است.

از بررسی دیاگرام‌های پایپر و استیف، تیپ آب در چاه منتخب بی‌کربناته – کلسیک می‌باشد.



شکل ۴-۲۰- نمودار استیف چاه آبرفتی منتخب در سه مرحله نمونه‌برداری



شکل ۴-۲۱- نمودار شولر چاه آبرفتی منتخب سه دوره نمونه‌برداری

انحلال رسوبات و سازندهای آهکی که در منطقه تغذیه غالب می‌باشد دلیل غلبه یون‌های کلسیم و بی‌کربنات در منابع آبی می‌باشد. آنیون‌ها و کاتیون‌ها در دو فصل تر مقدار بیشتری را نشان می‌دهند. همان‌طور که پیش از این نیز بیان شده بود اضافه شدن آب‌های ناشی از ذوب برف در دوره خشک که دلیل کاهش هدایت الکتریکی در این دوره نیز می‌باشد، از عوامل کاهنده غلظت آنیون‌ها و کاتیون‌ها در دوره خشک می‌باشد.

پس از بی‌کربنات یون سولفات بیش‌ترین مقادیر را به خود اختصاص داده است. در بین کاتیون‌ها نیز پس از کلسیم یون سدیم بیش‌ترین مقادیر را به خود اختصاص داده است.

محاسبات تعادلی کانی‌ها برای آب زیرزمینی، در پیش‌بینی حضور کانی‌های واکنشی و برآورد میزان واکنش این کانی‌ها دارای اهمیت هستند (Deutsch, 1997). اگر نسبت یون سدیم به کلر (Na/Cl) در

آب یک باشد، منشأ این یون‌ها از انحلال هالیت است. این نسبت در چاه منتخب آبرفتی بیش از یک بوده (جدول۴-۴) بنابراین می‌توان منشاء سدیم را ناشی از انحلال هالیت و عامل دیگری نظیر تبادل یونی دانست. فرایند تبادل یونی در یک منطقه را می‌توان با نسبت‌های یونی مشخص نمود. اگر مقدار نسبت سدیم به مجموع یون‌های سدیم و کلر (Na/Na+Cl) بیشتر و یا مساوی با ۰/۵ باشد بیانگر تبادل یونی و جانشینی یون‌های Ca و Mg محلول در آب زیرزمینی در رس‌هاست که سبب آزاد شدن سدیم می‌شود (ناصری و همکاران ۱۳۹۱). بر اساس جدول ۴-۴ مقدار این نسبت در چاه مورد نظر در فصل تر بیشتر از ۰/۵ می‌باشد (نیمه دوم سال ۹۱ و ۹۲). بنابراین، علت بالا بودن سدیم در آب این چاه تبادل یونی می‌باشد. کاهش سرعت جریان آب زیرزمینی در اثر عملکرد گسل مشا- فشم که قبلاً اشاره گردید از عواملی است که می‌تواند بروز پدیده تبادل یونی در این منطقه از آبخوان را افزایش دهد. از عوامل افزایش کاتیون سدیم در برابر کلسیم می‌توان به رسوب کانی کلسیت اشاره نمود.

محاسبه شاخص‌های اشباع کانی‌های مختلف جهت توصیف تکامل شیمیایی آب زیرزمینی صورت می‌گیرد. برای محاسبه شاخص‌های اشباع از نرم‌افزار PHREEQC استفاده شده است. چنان‌چه شاخص اشباع برای یک کانی بیش از صفر باشد، این کانی در آب اشباع بوده و ممکن است در آب رسوب نماید ولی اگر شاخص اشباع کمتر از صفر باشد، آب نسبت به این کانی تحت اشباع بوده و می‌تواند بیشتر از آن انحلال یابد (Rajmohan and Elang, 2004). میزان شاخص اشباع کانی‌ها بسته به نوع مواد محلول، pH، دما و کل مواد جامد محلول متغیر است. محاسبه اندیس اشباع نسبت به کلسیت، هالیت و ژیپس چاه منتخب آبرفتی (جدول۴-۴) نشان می‌دهد اندیس اشباع کلسیت مثبت بوده که بیانگر مهیا بودن شرایط رسوب این کانی‌ها می‌باشد. این موضوع از دلایل کاهش pH نیز بوده که پیش از این به آن اشاره گردید. شاخص اشباع هالیت و ژیپس در این چاه منفی می‌باشد که بیانگر ادامه انحلال آن و بنابراین نقش موثر آن در افزایش املاح آب زیرزمینی می‌باشد.

جدول۴-۴- نسبت‌های یونی و اندیس اشباع نسبت به کانی‌های مختلف برای چاه منتخب آبرفتی

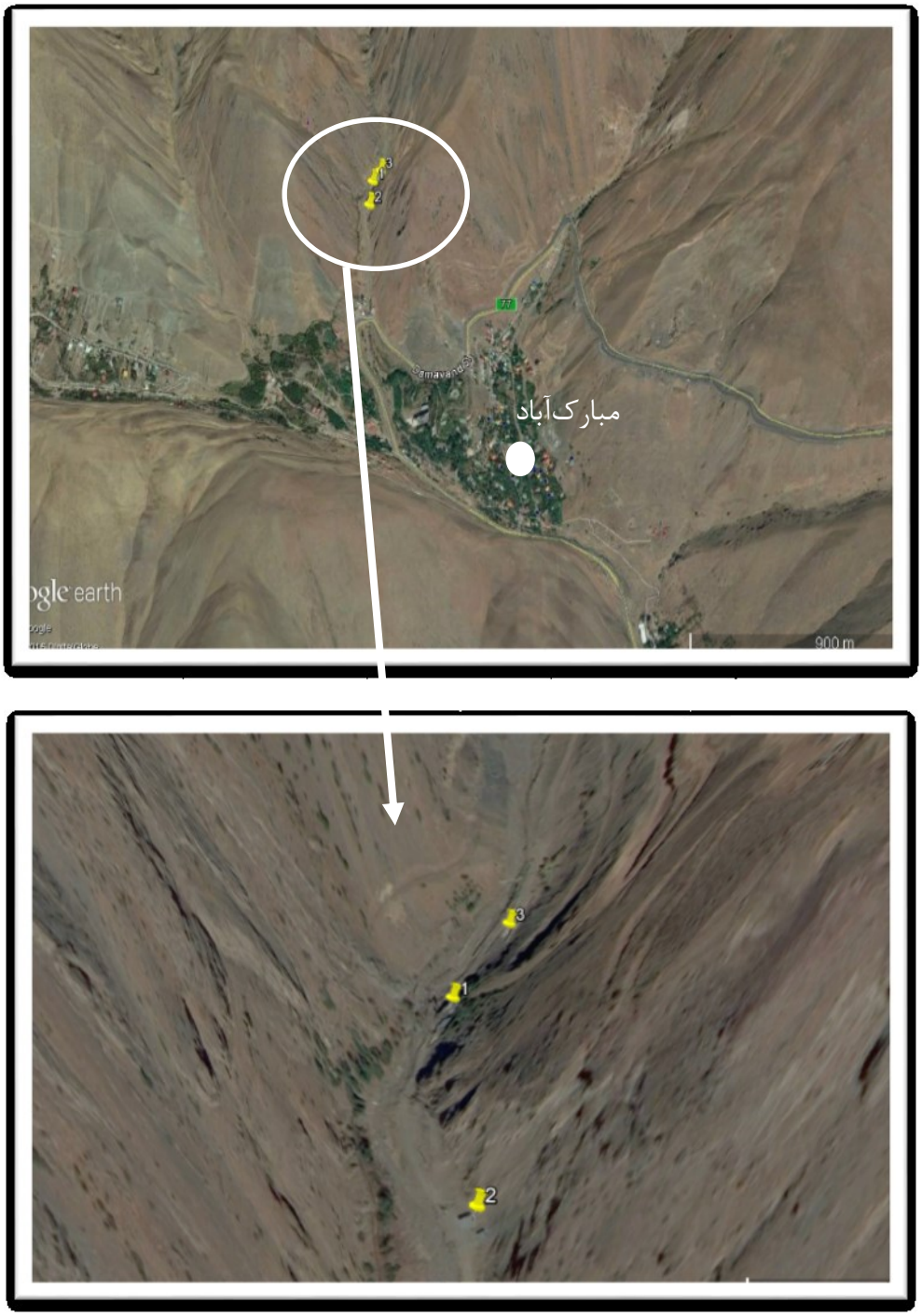
تاریخ نمونه‌برداری	Na/Cl	Na/Na+Cl	اندیس اشباع		
			کلسیت	هالیت	ژیپس
۹۱/۱۰/۴	۱/۹۵	۰/۶۶	-۰/۰۹	-۶/۷۷	-۱
۹۲/۴/۱۵	۱/۰۱	۰/۳۱	+۰/۲۵	-۶/۹۴	-۱/۰۵
۹۲/۹/۶	۱/۷۹	۰/۶۸	+۰/۱۹	-۶/۰۷	-۰/۹۸

۴-۴-۲- ارزیابی تغییرات زمانی منابع آب زیرزمینی سازندی

در این بخش تغییرات زمانی چاه‌های حفاری شده در سازند مورد بررسی قرار گرفته است. سه چاه حفاری شده در سازند مبارک که دارای اندازه‌گیری‌های زمانی پارامتر کیفی می‌باشند به عنوان چاه‌های منتخب برای مطالعات سازندی انتخاب گردیدند. لازم به ذکر است چاه‌های مذکور برای تامین آب شهرستان آبعلی مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرند. موقعیت این سه چاه شرب بر روی آهک مبارک با استفاده از تصویر ماهواره‌ای Google Earth در شکل ۴- ۲۲ نمایش داده شده است.

چاه شماره ۱ به عمق ۲۵۰ متر در آهک مبارک (به سن کربونیفر) در سال ۱۳۷۹ به روش حفاری ضربه‌ای احداث گردیده است. این چاه مجهز به پمپ شناور بوده و تخلیه سالیانه این چاه طبق آمار سال۱۳۸۹حدود ۶۵۷۷۲۰ مترمکعب در سال اندازه‌گیری شده است. چاه شماره ۲ به عمق۱۸۰متر در سال۱۳۸۴حفاری گردیده است. این چاه مجهز به پمپ شناور است تخلیه سالیانه این چاه طبق آمار سال ۱۳۸۹حدود ۴۵۰۳۶۰ مترمکعب در سال اندازه‌گیری شده است. چاه شماره ۳ به عمق ۳۰ متر درآهک مبارک در سال۱۳۹۱ حفاری گردیده است. در شکل ۴-۲۲ موقعیت سه چاه سازندی نسبت به روستای مبارک‌آباد و محل قرارگیری آن‌ها در آهک مبارک نشان داده شده است.

در ادامه خصوصیات کیفی این چاه‌ها مورد بررسی قرار می‌گیرد. آنالیز پارامترهای شیمیایی این سه چاه طی سال‌های آماری۱۳۹۱ تا ۱۳۹۴ در چندین مرحله انجام شده است که نتایج آن به ترتیب درجداول ۴-۵ تا ۴-۷ ارائه شده است.



شکل۴-۲۲- موقعیت چاه‌های حفر شده درسازند مبارک به عنوان نماینده منابع آب سازندی

جدول ۴-۵- نتایج آنالیز شیمیایی نمونه‌های برداشت شده ازچاه شماره ۱ در سازند مبارک

پارامتر / تاریخ	Ca (meq/l)	Mg (meq/l)	Na (meq/l)	HCO3 (meq/l)	Cl (meq/l)	SO4 (meq/l)	EC µmhos/cm	pH	T.D.S mg/l	تیپ آب
۹۱/۱۰/۱	۱۱۳	۲۳	۸	۳۲۶/۶	۱۰	۱۲۰	۷۳۰	۷/۴	۴۵۲/۸	Ca-HCO3
۹۱/۱۱/۱	۱۱۸	۲۷	۱۲	۳۶۸	۱۰	۱۰۸	۷۸۰	۷/۱	۴۷۲/۴	Ca-HCO_3
۹۲/۲/۲۳	۶۷/۲	۱۸/۲	۳	۲۲۹	۷/۸	۵۰	۴۷۰	۷/۶	۲۷۵/۴	Ca-HCO_3
۹۲/۵/۲۹	۸۰	۳۳/۶	۷	۳۱۳/۸	۹/۸	۹۰	۶۶۰	۷/۶	۴۰۱/۲	Ca-HCO_3
۹۲/۱۱/۲۰	۱۴۴	۳۳/۶	۷	۴۳۷/۵	۱۱/۷	۱۲۰	۹۷۰	۷/۳	۵۴۴	Ca-HCO_3
۹۳/۵/۱۳	۸۴/۷	۱۶/۳	۱۷	۳۰۱	۷/۷	۶۶	۶۲۱	۷/۴	۲۴۵/۳	Ca-HCO_3
۹۳/۹/۱۷	۱۵۵/۲	۳۸/۴	۱۵	۴۶۳	۱۳	۱۴۲	۱۰۰۰	۷/۱	۶۱۰	Ca-HCO_3
۹۳/۱۰/۶	۱۶۴/۷	۳۹/۴	۱۱	۴۶۳	۱۲	۱۵۶	۱۰۰۰	۷/۱	۶۲۷	Ca-HCO_3
۹۴/۶/۲۱	۱۱۹/۷	۳۲/۶	۱۲/۵	۳۷۰	۱۶	۱۱۸	۸۲۰	۷/۵	۴۹۸	Ca-HCO3

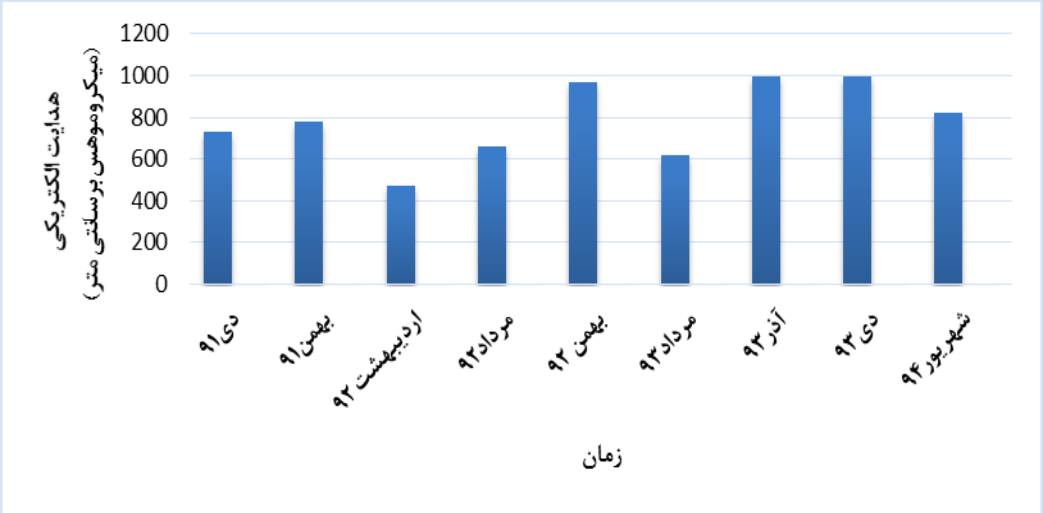
جدول۴-۶- نتایج آنالیز شیمیایی نمونه‌های برداشت شده ازچاه شماره ۲ در سازند مبارک

پارامتر / تاریخ	Ca (meq/l)	Mg (meq/l)	Na (meq/l)	HCO3 (meq/l)	Cl (meq/l)	SO4 (meq/l)	EC µmhos/cm	pH	T.D.S mg/l	تیپ آب
۹۱/۱۰/۱	۶۴	۳۳	۶	۲۹۲/۵	۱۰	۶۲	۵۴۰	۷/۷	۳۳۱	Ca-HCO3
۹۳/۹/۱۷	۷۹/۲	۳۸/۴	۹	۳۵۱/۹	۸	۶۳	۶۵۲	۷/۲	۳۸۴	Ca-HCO3
۹۳/۱۰/۶	۷۷/۶	۳۴/۶	۸	۳۲۴	۸	۶۴	۶۳۹	۶/۹	۳۶۶	Ca-HCO3

جدول ۴-۷- نتایج آنالیز شیمیایی نمونه‌های برداشت شده ازچاه شماره ۳ در سازند مبارک

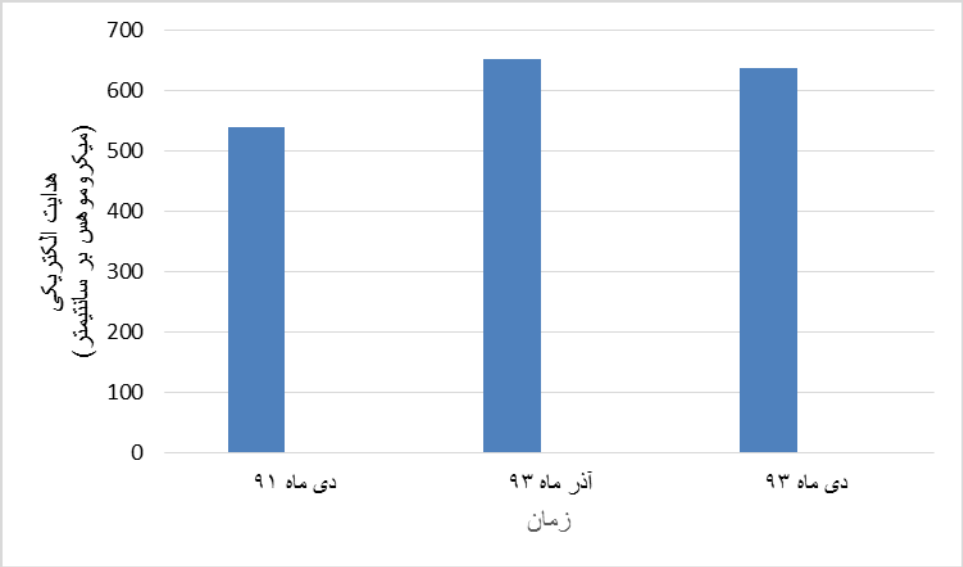
پارامتر / تاریخ	Ca (meq/l)	Mg (meq/l)	Na (meq/l)	HCO3 (meq/l)	Cl (meq/l)	SO4 (meq/l)	EC µmhos/cm	pH	T.D.S mg/l	تیپ آب
۹۳/۵/۱۲	۳۹/۲	۱۷/۳	۶	۱۶۲	۷۶/۵	۴۰	۳۴۶	۷/۸	۱۴۸/۹	Ca-HCO3
۹۳/۱۰/۶	۳۹/۶	۲۱/۱	۵	۱۶۲	۸	۵۱	۳۴۹	۷/۶	۲۲۱/۶	Ca-HCO3
۹۴/۶/۲۱	۵۱/۷	۱۷/۳	۴/۸	۱۸۰/۶	۶	۵۰	۳۹۹	۷/۹	۱۹۹/۹	Ca-HCO_3

هدایت الکتریکی چاه شماره ۱ در طول دوره نمونه برداری در بازه ۴۷۰ تا ۱۰۰۰ میکرو موهس بر سانتی‌متر نوسان داشته است (شکل۴-۲۳). بیش‌ترین مقدار این پارامتر در دی ماه ۱۳۹۳ اندازه‌گیری شده است. تغییرات زمانی این پارامتر، نوسانات نسبتاً منظمی را نشان می‌دهد. به این صورت که در بهار کاهش مقادیر، در تابستان با کمی افزایش و در اواخر پاییز به مقدار حداکثر خود می‌رسند. با توجه به ارتفاع زیاد منطقه مورد مطالعه و غالب بودن بارش برف در حوضه آبگیر چاه‌ها به نظر می‌رسد ذوب برف در فصل بهار دلیل کاهش هدایت الکتریکی در این چاه‌ها در نیمه اول سال بوده است.



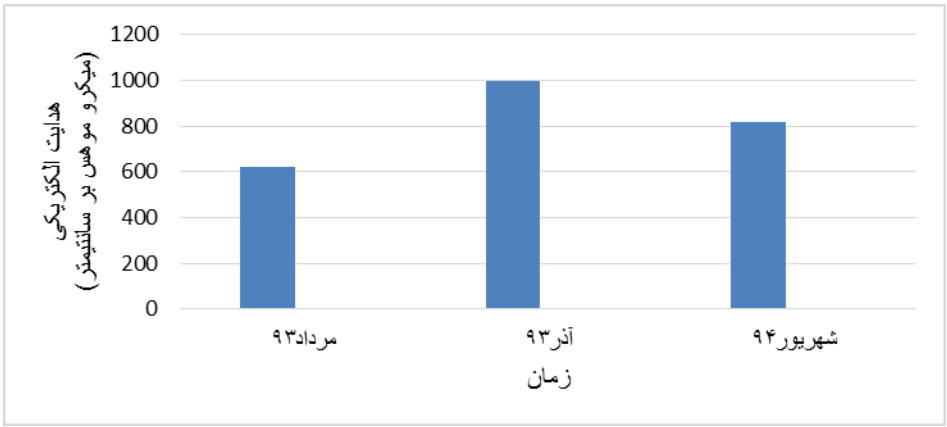
شکل ۴-۲۳- نوسانات هدایت الکتریکی در طول دوره آماری در چاه شماره ۱حفر شده در سازند مبارک

در مجموع بررسی زمانی تغییرات هدایت الکتریکی در این چاه بیانگر روند افزایش هدایت الکتریکی با زمان می‌باشد. در شکل ۴-۲۴ نوسانات پارامتر هدایت الکتریکی چاه شماره۲ در طول دوره‌های آماری نشان داده شده است. طبق نمودار، هدایت الکتریکی در این چاه با افزایش همراه بوده است.



شکل۴-۲۴- نمودار نوسان هدایت الکتریکی در چاه شماره ۲

هدایت الکتریکی در چاه شماره ۲ در طول سه دوره نمونه برداری در بازه ۵۴۰ تا ۶۵۲ میکرو موهس بر سانتی‌متر نوسان داشته است. چاه شماره ۲ هدایت الکتریکی پایین‌تری را نسبت به چاه شماره ۱ نشان می‌دهد. باید یاد آور شد که میزان بهره‌برداری از این چاه نسبت به چاه شماره ۱ مقدار کمتری بوده است. درشکل ۴-۲۵ نوسان هدایت الکتریکی چاه شماره ۳ حفاری شده در سازند مبارک در طول سه دوره نمونه‌برداری بررسی شده است.



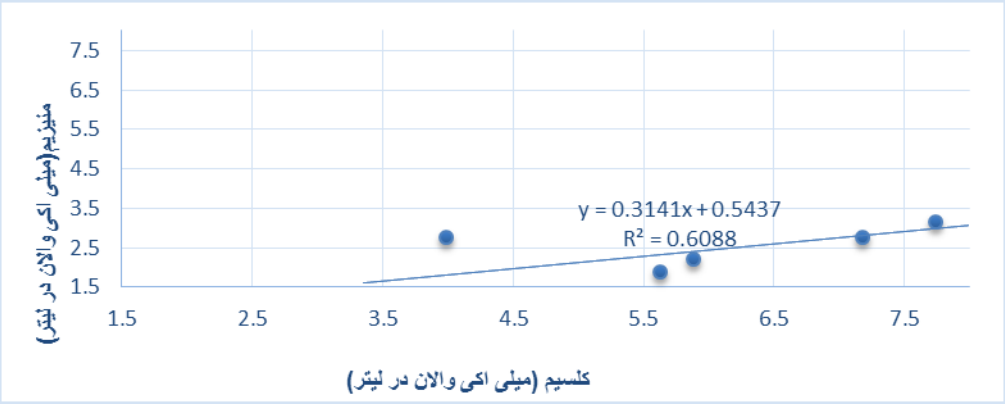
شکل ۴-۲۵- تغییرات هدایت الکتریکی در چاه شماره ۳ حفر شده در سازند مبارک

هدایت الکتریکی در چاه شماره ۳ نسبت به چاه شماره ۱ و ۲ مقدار کمتری را نشان می‌دهد و در بازه ۳۴۶ تا ۳۹۹ قرار دارد. الگوی نوسان هدایت الکتریکی در چاه شماره ۳ با الگوی چاه شماره ۱ مشابه بوده است، به این ترتیب که در فصل خشک (مرداد ۹۳ و شهریور ۹۴) کاهش و در فصل تر افزایش نشان می‌دهد.

با توجه به آمار، هدایت الکتریکی در چاه شماره ۱ از دو چاه دیگر بیشتر بوده است. با توجه بـه اینکـه هر سه چاه در آهک‌های مبارک حفاری شده‌اند اختلاف در عمق حفاری و میزان بهره‌برداری بیشتر از این چاه می تواند عاملی موثر بر افزایش این پارامتر در چاه شماره ۱ نسبت به دو چاه دیگر باشد.

متوسط pH در چاه شماره ۱ برابر ۷/۳۴ می‌باشد. بررسی تغییرات زمانی pH با توجه به جدول۴-۵ نشان دهنده کاهش نسبی مقادیر آن با افزایش هدایت الکتریکی بوده است که دلیل این موضوع قبلاً بیان شده است. در چاه شماره ۲ متوسط پارامتر pH ۷/۲۸ و در چاه شماره ۳ متوسط pH ۷/۷۴ اندازه‌گیری شده است. با توجه به جداول ۴-۵ تا ۴-۷، در هر سه چاه کاتیون کلسیم و آنیون بی‌کربنات یون‌های اصلی می‌باشند که با توجه به زمین‌شناسی منطقه، لیتولوژی آهکی و حضور واحدهای کربناته در محل حفر هر سه چاه، این موضوع قابل توجیه می‌باشد.

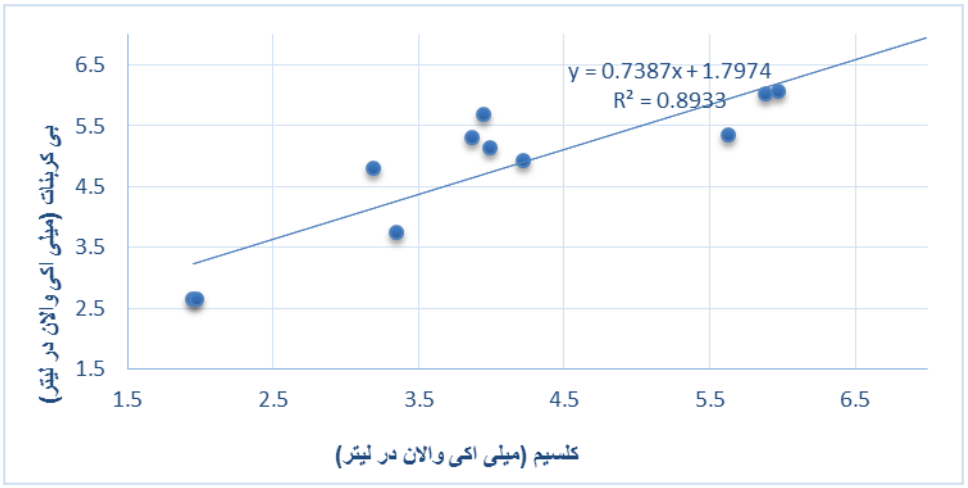
ارزیابی روابط بین یون‌های کلسیم، منیزیم، سدیم و بی‌کربنات و توجه به ضرایب همبستگی این یون-ها، اطلاعاتی درباره فرآیندهای حـاکم بـر رفتـار یـون‌هـا را نشـان مـی‌دهـد (Haunslow, 2009). در شکل۴-۲۶ تا ۴-۲۸ روابط و همبستگی بین یون‌های مختلف نمایش داده شده است.



شکل ۴-۲۶- رابطه بین کلسیم و منیزیم در چاه‌های حفر شده در سازند مبارک

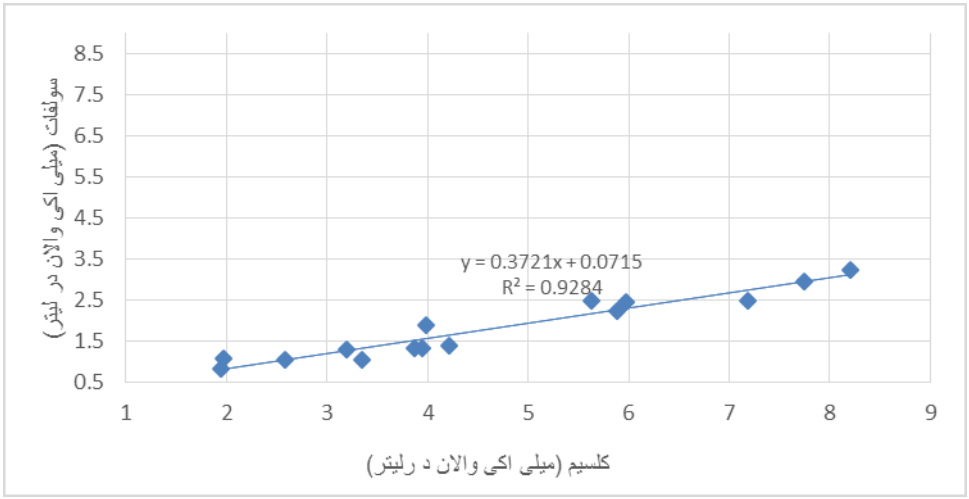
با توجه به همبستگی مثبت بین کلسیم و منیزیم (شکل ۴-۲۵)، مشترک بودن منشا این دو یون نتیجه می‌شود که به احتمال زیاد وابسته به جنس سازندهای زمین شناسی رخنمون یافته است.

برای یافتن منشاء احتمالی کلسیم، می‌توان نمودار غلظت کلسیم را در برابر غلظت بی‌کربنات (شکل۴-۲۷) و سولفات (شکل ۴-۲۸) رسم کرد و با توجه به ضرایب همبستگی منشاء یون‌ها را تشخیص داد.



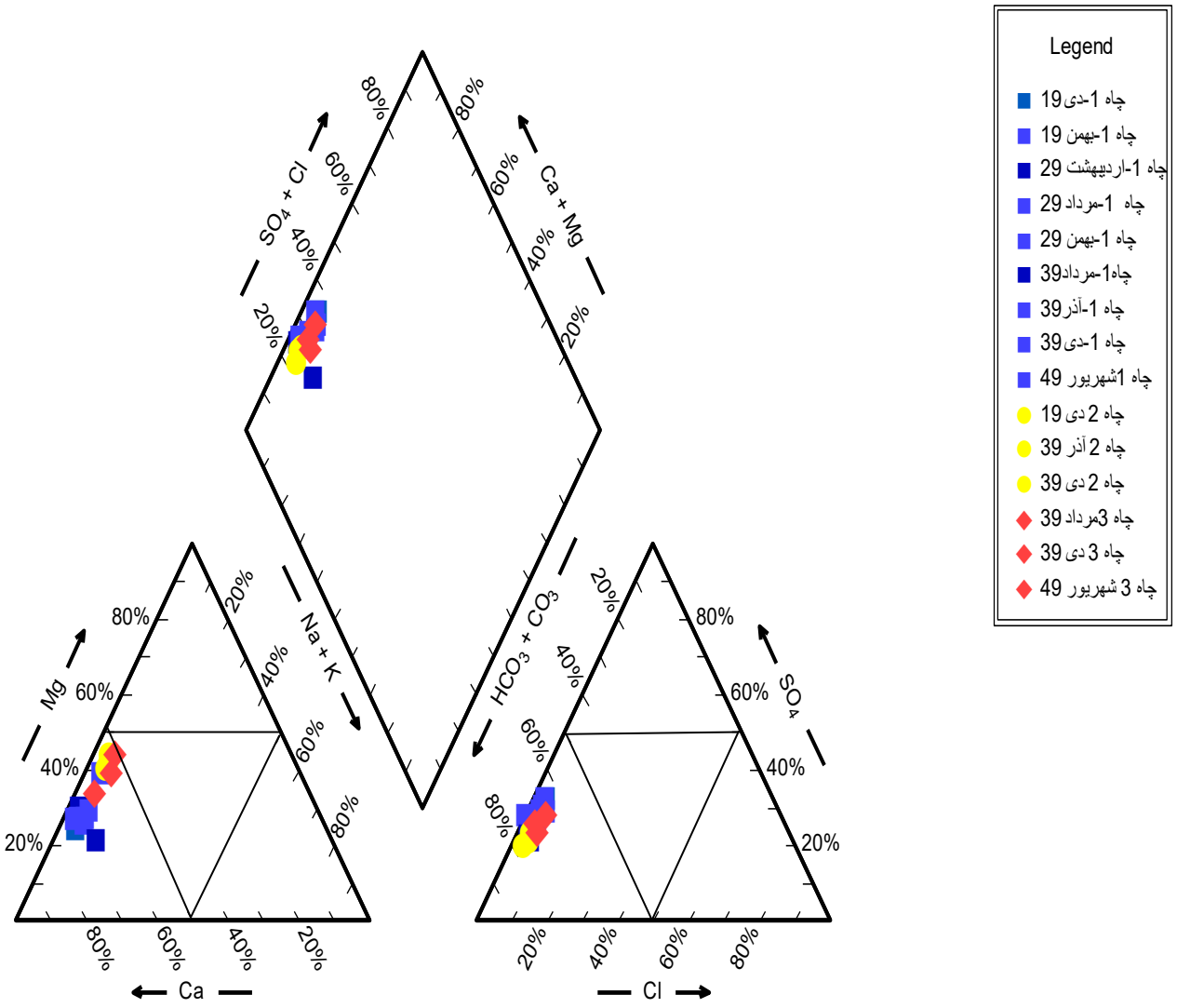
شکل ۴-۲۷- رابطه بین کلسیم و بی‌کربنات در چاه‌های حفر شده در سازند مبارک

با توجه به همبستگی مثبت و خوب کلسیم با بی‌کربنات و سولفات می‌توان منشاء ژیپس و کربنات را برای کلسیم در نظر گرفت.



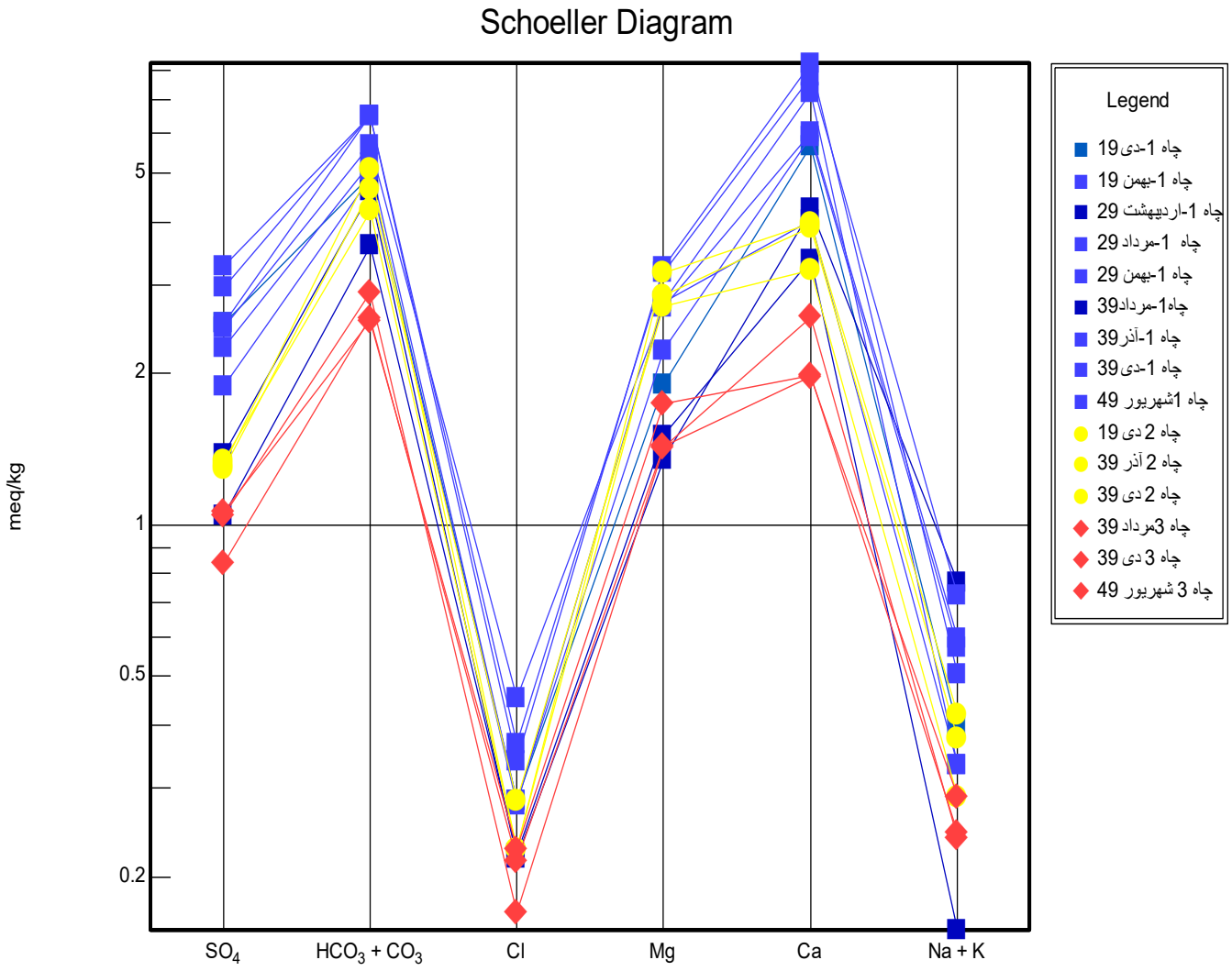
شکل ۴-۲۸- رابطه بین کلسیم و سولفات در چاه‌های حفر شده در سازند مبارک

روند کیفی و رخساره‌های هیدروشیمیایی سه چاه سازندی با کمک نرم افزار AqQA و رسم نمودارهای استیف و پایپر و شولر مورد بررسی قرار گرفته است. با استفاده از نمودارها، رخساره شیمیایی آب هر سه چاه در همه دوره‌های نمونه‌برداری بی‌کربناته کلسیک تشخیص داده شد. در شکل ۴-۲۹ نمودار پایپر برای سه چاه رسم گردیده است. با توجه به نمودار، هر سه چاه در همه نمونه‌ها در یک منطقه قرار می‌گیرند. در این منطقه سختی کربناته از ۵۰ درصد تجاوز می‌کند، به عبارت دیگر قلیایی‌های خاکی و اسیدهای ضعیف غلبه دارند.



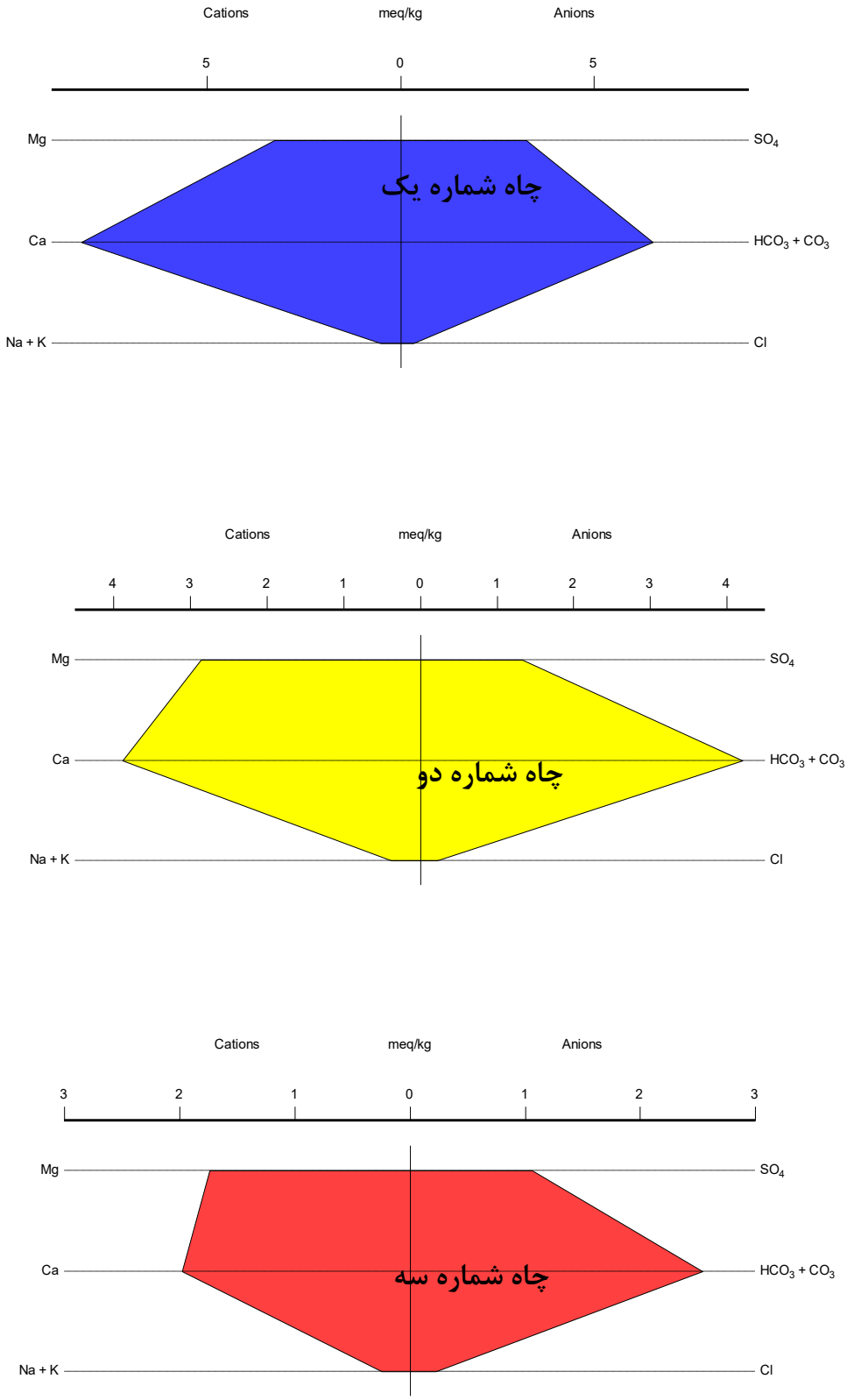
شکل ۴-۲۹- نمودار پایپر برای سه چاه حفر شده در سازند مبارک

در شکل ۴-۳۰ نمودار شولر برای کلیه آنالیزها در سه چاه حفر شده در سازند مبارک رسم گردید. مشاهده می‌شود که تغییرات غلظت یون‌ها در هر سه چاه با یکدیگر موازی هستند و تغییرات مشابهی را نشان می‌دهند. این موضوع بیانگر منشأ یکسان آن‌ها بوده که با توجه به نزدیکی آن‌ها قابل توجیه می‌باشد.



شکل ۴-۳۰- نمودار شولر برای سه چاه حفر شده در سازند مبارک

برای رسم نمودار استیف از نمونه‌برداری‌های دی ماه ۹۳ که هر سه چاه در این تاریخ دارای داده‌های آنالیز شده بودند، استفاده گردید (شکل ۴-۳۱).



شکل ۴-۳۱- نمودار استیف سه چاه حفر شده درسازند مبارک

با مقایسه نمودار استیف آب سه چاه شرب، ملاحظه می‌شود که به لحاظ الگوهای ایجاد شده در نمودار استیف، هر سه چاه تا حد زیادی الگوی مشابهی را نشان می‌دهند. در هر سه چاه یون‌های بی‌کربناته و کلسیم غلبه نسبی دارند.

شاخص‌های اشباع کلسیت، هالیت و ژیپس در سه چاه سازندی برای آخرین مرحله نمونه‌برداری محاسبه و در جدول ۴-۸ ارائه شده است. شاخص‌های کلسیت در هر سه چاه مثبت بوده و دلیل آن به صورت مستقیم یا غیرمستقیم به آهک‌های شمال منطقه (محل حفر چاه‌ها) مربوط می‌شود.

جدول۴-۸-محاسبه اندیس اشباع در سه چاه حفر شده در سازند مبارک

منابع آبی سازندی	اندیس اشباع		
	ژیپس	هالیت	کلسیت
چاه شماره ۱-۹۴/۶/۲۱	-۱/۴۳	-۸/۳۰	+۰/۶۲
چاه شماره ۲-۹۳/۹/۱۷	-۱/۸۳	-۸/۷۳	+۰/۲۱
چاه شماره ۳-۹۴/۶/۲۱	-۲/۰۹	-۸/۹۶	+۰/۰۷

در مجموع بررسی تغییرات زمانی پارامترهای کیفی در منابع آب زیرزمینی آبرفتی و سازندی (آهکی) نشان می‌دهد که در اغلب موارد به علت بارش غالب برف در منطقه و اضافه شدن آب‌های با هدایت الکتریکی پایین‌تر در فصول گرم، هدایت الکتریکی در فصل بهار وتابستان مقادیر کمتری را نسبت به فصل پاییز و زمستان نشان می‌دهد. بنابراین بر خلاف آنچه که درمورد این منطقه تصور می‌شود که عاملی در زمستان سبب بدتر شدن کیفیت منابع آب زیرزمینی می‌گردد. باید این نکته را مد نظر قرار داد که رقیق شدن آب‌های زیرزمینی در فصل بهار و تابستان در اثر ذوب برف دلیل بهتر شدن کیفیت آب در مقایسه با فصل پاییز و زمستان می‌باشد. به عبارت دیگر در فصول بهار و تابستان کیفیت در مقایسه با فصول دیگر بهتر می‌گردد.

فصل پنجم

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در این بخش نتایج حاصل از مطالعات کمی و کیفی منابع آب زیرزمینی در منطقه مبارک‌آباد به‌طـور خلاصه ارائه می‌شود و در نهایت پیشنهادهایی جهت مطالعات آینده در منطقه ارائه می‌شود.

۵-۱- نتیجه‌گیری

مهم‌ترین نتایج حاصل از تحقیق به شرح زیر می‌باشند.

۱- ارزیابی تغییرات مکانی پارامترهای کمی و کیفی منابع آبی حفاری شده در آبرفت نشان می‌دهد هدایت الکتریکی آب زیرزمینی در چاه‌های حفر شده در نواحی جنوبی منطقه، مقدار بیشتری را نسبت به سایر نواحی نشان می‌دهد. هم‌چنین چاه‌های با تخلیه سالیانه بیش از مقدار میانگین و مقدار کمتر pH نیز در این منطقه مشاهده می‌گردد.

۲- ارزیابی تغییرات مکانی پارامترهای کیفی منابع آبی حفاری شده در سازند نیز نشان داد، چاه‌های موجود در نواحی جنوبی منطقه، با افزایش هدایت الکتریکی و کاهش pH همراه بوده است. افزایش هدایت الکتریکی درچاه‌های حفاری شده در سازند و آبرفت در مناطق جنوبی را می‌توان به دوری از مناطق تغذیه و مجاورت با گسل رورانده مشا-فشم دانست. به نظر می-رسد این گسل ضمن ایجاد مانع بر مسیر جریان و کاهش سرعت جریان و افزایش سطح تماس آب با مواد زمین‌شناسی، افزایش املاح آب زیرزمینی را در پی داشته باشد. هم‌چنین جابجایی در امتداد مسیر این گسل نیز می‌تواند بالا آمدن واحدهای مخرب کیفیت نظیر شمشک که در بخش‌های جنوبی محدوده مورد مطالعه رخنمون دارد را سبب شده و بنابراین کاهش کیفیت منابع آب زیرزمینی در چاه‌های نزدیک به زون گسلی را در پی داشته است.

۳- کاهش pH در منابع آب زیرزمینی آبرفتی در بخش جنوبی منطقه مورد مطالعه به افزایش هدایت الکتریکی و مهیا شدن شرایط رسوب کلسیت (با توجه به اندیس اشباع مثبت آن) مرتبط دانسته شده است.

۴- پدیده تبادل کاتیونی از دلایل فزونی سدیم بر کلسیم در منابع آب آبرفتی بوده که با توجه به تائید احتمال گسل مشا-فشم در کاهش سرعت جریان آب زیرزمینی محتمل می‌باشد.

۵- بررسی تغییرات زمانی پارامترهای کیفی در منابع آبرفتی نشان می‌دهد که هدایت الکتریکی به‌صورت کلی در نیمه اول سال مقادیر کمتری را نسبت به نیمه دوم سال نشان می‌دهد. علت این امر غالب بودن بارش برف در منطقه به سبب ارتفاع زیاد آن می‌باشد. آب ناشی از ذوب برف با گرم شدن هوا به منابع آب زیرزمینی وارد می‌شود و این امر علت کاهش املاح در فصل خشک می‌باشد.

۶- بررسی تغییرات زمانی پارامترهای کیفی در چاه‌های سازندی (آهکی) نیز نوسانات فصلی را نشان می‌دهد که مشابه منابع آبرفتی، ذوب برف و اضافه شدن آب‌های جدید از دلایل کاهش هدایت الکتریکی و املاح در فصول بهارو تابستان دراین چاه‌ها می‌باشد.

۷- بررسی تغییرات زمانی هدایت الکتریکی در منابع آب زیرزمینی آبرفتی و آهکی افزایش این پارامتر با گذشت زمان را نشان می‌دهد. افزایش برداشت از منابع آب زیرزمینی و خشکسالی از دلایل این افزایش می‌باشد.

۸- تیپ غالب آب در منابع آب زیرزمینی آبرفتی و آهکی بی‌کربناته-کلسیک بوده که با توجه به لیتولوژی غالب آهک در منطقه تغذیه منابع آب زیرزمینی قابل توجیه می‌باشد. رابطه مثبت کلسیم و بی‌کربنات نقش سازندهای آهکی درکیفیت منابع آب زیرزمینی در منطقه مورد مطالعه تایید می‌نماید.

۵-۲- پیشنهادها

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

- ✓ نصب پیزومتر در منطقه جهت پایش سطح ایستابی و کنترل مقدار افت در منطقه
- ✓ اندازه‌گیری منظم غلظت یون‌های اصلی برای تمامی ایستگاه‌های منتخب با فواصل زمانی ماهیانه جهت بررسی دقیق‌تر نوسانات

- ✓ بررسی کمی و کیفی منابع آبی واقع در زون گسلی مشا- فشم در مناطق همجوار و بررسی بیشتر تاثیر این گسل بر روند کیفی منابع آبی منطقه
- ✓ کنترل میزان بهره‌برداری از منابع به عنوان یکی از عوامل موثر بر کیفیت آب

منابع

۱. آدینه ح.ر. یمانی م. و انصاری‌لاری ا، (۱۳۸۹) «تاثیر ویژگی‌های ژئومورفولوژی و تغییرات بارش بر آب‌های زیرزمینی دشت گزیر. مورد مطالعه شهرستان بندر لنگه» نشریه جغرافیای طبیعی زمستان ۸۹ دوره سه، شماره ده، ص۳۰-۱۵.

۲. اشجاری ج. و رئیسی ع، (۱۳۸۶) «عوامل کنترل کننده آلودگی چشمه‌های کارستی منطقه فارس با استفاده از روش آنالیز تمایز» پنجمین همایش زمین شناسی مهندسی و محیط زیست ایران، تهران، انجمن زمین شناسی مهندسی ایران، پژوهشکده سوانح طبیعی.

۳. افضلی آ. و شاهدی ک،(۱۳۹۳) «بررسی تغییرات کمی و کیفی آب زیرزمینی دشت آمل-بابل» **پژوهشنامه مدیریت حوضه آبخیز**، سال پنجم، شماره ده، پاییز و زمستان ۹۳

۴. بهاروند س. احمدی خلجی ا. ادیب ا. و یوسفی راد م،(۱۳۸۶) «نقش سازندهای مختلف زمین-شناسی بر کیفیت آب‌های زیرزمینی شمال شهر خرم‌آباد» سومین همایش زمین‌شناسی کاربردی و محیط زیست

۵. پورکرمانی م. ناصری ح.ر. و ارجی ا، (۱۳۸۷) «تاثیر ساختاری گنبد نمکی قلعه گچی بر شوری آب‌های زیرزمینی دشت داریون» مجله علوم پایه دانشگاه آزاد اسلامی، شماره ۶۹، پاییز ۸۷، ص ۱۴۱-۱۵۹.

۶. حاج سید علیخانی ن. بنی اسدی م. و علیزاده م، (۱۳۸۴) «بررسی تاثیر میزان نفوذ روزانه بندهای تغذیه ای در افزایش آبدهی منابع آبی پایین‌دست» کنفرانس بین‌المللی قنات، کرمان، دانشگاه باهنر کرمان، جهاد دانشگاهی استان کرمان.

۷. حجازی پرتوی ک. شمس نیا ا. و شهیدی ن، (۱۳۸۹) «ارزیابی تاثیر خشکسالی های اخیر بر تغییرات کمی و کیفی منابع آب زیرزمینی دشت مرودشت» دومین همایش ملی کشاورزی و توسعه پایدار (فرصت‌ها و چالش‌های پیش رو)، شیراز، دانشگاه آزاد اسلامی شیراز

۸. حسن زاده ر. عباس نژاد ا. و حمزه م.ع، «ارزیابی آلودگی آب‌های زیرزمینی محدوده شهر کرمان» **مجله محیط‌شناسی**، سال ۳۶ ، شماره ۵۶، ص ۱۱۰- ۱۰۱.

۹. حقیقت ر، (۱۳۸۴) «چگونگی وضعیت آلودگی منابع آب در منطقه رامسر» **مجله پژوهشی دانشکده پزشکی دانشگاه شهید بهشتی**،دوره ۲۰، شماره ۴.

۱۰. خزاعی ا. و حبیب‌نژادروشن م، (۱۳۸۰) بررسی ترکیبات ازت در آب زیرزمینی سفره زاهدان،منطقه خشک در جنوب شرق ایران» **مجله بیابان**، جلد ۶، شماره۲، ص۱۵۰-۱۴۱.

۱۱. خسروی دهکردی ا. افیونی م. و موسوی ف. «بررسی غلظت نیترات آب‌های زیرزمینی حاشیه زاینده رود در استان اصفهان» **مجله محیط‌شناسی**، ، شماره ۳۶، ص ۴۰- ۳۳.

۱۲. خسروی سوادجانی ر. کرمی غ.ح و طاهری ع، (۱۳۹۰) « بررسی هیدروژئوشیمیایی منطقه کارستی تنگ آهن سمیرم»، چهارمین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران، تهران، دانشگاه صنعتی امیرکبیر

۱۳. درویش‌زاده علی، (۱۳۷۱) زمین‌شناسی ایران. نشر دانش امروز.

۱۴. رستمی زرین آبادی ا. فرقانی گ. و کرمی غ. ح، (۱۳۹۰) «ارزیابی خصوصیات هیدروژئوشیمیایی آب‌های زیرزمینی دشت رومشگان لرستان، ایران» سی امین گردهمایی علوم زمین، تهران، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

۱۵. رضایی م. رئیسی ع. و زارع م، (۱۳۷۷)، «بررسی علل کاهش کیفیت آب چشمه های کارستی تاقدیس رحمت»، دومین همایش انجمن زمین شناسی ایران، مشهد.

۱۶. رقیمی م. رحیمی ع. قره‌محمدلو م. شاهپسندزاده م. و خادمی س.م، (۱۳۸۷) «تاثیر عوامل زمین-شناسی درکیفیت شیمیایی منابع تامین آب آشامیدنی گرگان» **مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی**،جلد پانزدهم، شماره اول، صفحات ۱۹۲-۱۸۱.

۱۷. رهنما ه. قنبرپور م.ر. حبیب‌نژادروشن م. و دادرسی سبزوار ا، (۱۳۹۱) « بررسی وضعیت کمی و کیفی منابع آب زیرزمینی مورد شناسی: دشت جوین، استان خراسان رضوی» **مجله جغرافیا و آمایش شهری-منطقه‌ای**، تابستان ۹۱، دوره۲، شماره۳، ص ۴۵-۳۱

۱۸. زارع‌زاده مهریزی ش. مهدوی م. و محسنی ساروی م، (۱۳۹۰) «مقایسه کیفیت آب چاه‌ها و قنوات دشت یزد-اردکان و بررسی روند تغییرات کیفیت آنها»، اولین همایش منطقه‌ای توسعه منابع آب، ابرکوه، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ابرکوه.

۱۹. زهتابیان غ.ر. احمدی ح، (۱۳۸۴) و «بررسی عوامل شوری آب و خاک در منطقه برم دامغان» **مجله بیابان**، جلد ۱۰، شماره ۲.

۲۰. زهتابیان غ.ر سرابیان ل،(۱۳۸۳) و «بررسی علل شور شدن آب و خاک در دشت گنبد-آلاگل» **مجله بیابان**، دوره ۹، شماره ۲.

۲۱. شمعانیان غ.ح. رقیمی م. یخکشی ا. احمدی م.ح. یارمحمدی م. و دهقان ح، (۱۳۸۴) "هیدروژئوشیمی منابع آب زیرزمینی در حوزه آبریز گرگانرود- قره‌سو، استان گلستان" مجموعه مقالات نهمین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران، دانشگاه تربیت معلم تهران.

۲۲. صداقت م، (۱۳۷۲). «زمین و منابع آب» انتشارات دانشگاه پیام نور.

۲۳. عبداللهی‌فام م.و. و کلانتری ن، (۱۳۸۲) «بررسی کیفیت آب زیرزمینی دشت زویرچری و خران» چکیده مقالات بیست و دومین گردهمایی علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشورصفحه ۷۵۴-۷۵۳

۲۴. علیزاده، ا(۱۳۹۱) .اصول هیدرولوژی کاربردی .انتشارات دانشگاه امام رضا.(صفحه ۲۷۸)

۲۵. عنابستانی ع.ا. و قربانی م، (۱۳۹۰) «آلاینده‌های کشاورزی و ایجاد نواحی بحرانی در محدوده تامین منابع آب شهر سبزوار» **مجله پژوهش آب و خاک**، جلد هجدهم، شماره چهارم.

۲۶. فیضی ع. و منصوری م، (۱۳۸۴) «بررسی کمی و کیفی آلاینده های زیست محیطی نیروگاه شازند» بیستمین کنفرانس بین المللی برق، تهران، شرکت توانیر، پژوهشگاه نیرو.

۲۷. قاسمی ع. زارع‌ابیانه ح. شهسوار ا.م. و یعقوبی‌کیکله ب، (۱۳۸۹) «بررسی تغییرات کمی و کیفی آب زیرزمینی دشت همدان-بهار» **نشریه گیاه و زیست بوم**، پاییز ۸۹، دوره۶ف شماره ۲۳،ص۱۲۷-۱۰۹.

۲۸. قناعتیان ،ح (۱۳۹۱) پایان نامه ارشد، «ارزیابی کیفی آبخوان مجن با تکیه بر آلودگی‌های ناشی از کشاورزی»، دانشکده علوم زمین، دانشگاه صنعتی شاهرود.

۲۹. قوامی ع. مشیرپناهی م. رشاد منش ن. و ملکی ا، (۱۳۸۴) « بررسی اثرات شیرابه زباله بر کیفیت منابع آب‌های زیرزمینی در محل دفن زباله شهر سنندج» هشتمین همایش ملی بهداشت محیط، وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی تهران.

۳۰. قیصری م.م. هودجی م. نجفی پ. و عبدالهی آ، (۱۳۸۶) «بررسی آلودگی نیتراتی آب زیرزمینی ناحیه جنوب شرق استان اصفهان» **مجله محیط شناسی،** سال سی و سوم، شماره چهل و دوم، ص ۵۰-۴۳.

۳۱. کلانتری ن. خانبازی‌سبوکی س. و زارعی م، (۱۳۹۲) «ارزیابی کیفیت منابع آب زیرزمینی دشت قم برای تامین آب شرب مورد نیاز با استفاده از AHP» پنجمین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران، تهران، انجمن علوم و مهندسی منابع آب ایران، دانشگاه شهید بهشتی.

۳۲. لطیف م. موسوی ف. افیونی.م و ولایتی س، (۱۳۸۴) «بررسی آلودگی نیترات و منشاءیابی آن در آب‌های زیرزمینی دشت مشهد» » **نشریه علوم کشاورزی و منابع طبیعی،** خرداد و تیر ۱۳۸۴، دوره۱۲، شماره ۲، ص۳۲-۲۱.

۳۳. لشکری پور غ.ر. غفوری م. سویزری ز. و پیوندی ز، (۱۳۸۴) «افت سطح آب زیرزمینی و نشست زمین در دشت مشهد» **مجموعه مقالات نهمین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران،** دانشگاه تربیت معلم تهران.

۳۴. لشکری‌پور غ.ر. غفوری م. کاظمی گلیان ر. و دم‌شناس م، (۱۳۸۹) «نشست زمین در اثر افت سطح آب‌های زیرزمینی در دشت نیشابور» کنفرانس زمین‌شناسی مهندسی و محیط زیست ایران.

۳۵. محمدی ا. و کاظمی غ.ع، (۱۳۹۲) «تاثیر سازندهای زمین‌شناسی بر کیفیت آبخوان دشت شوقان خراسان شمالی» **مجله علوم زمین،** زمستان ۹۲، سال۲۳،شماره ۹۰، ص۶۲-۵۵.

۳۶. محمدی فتیده م. (۱۳۸۲) «شناخت منابع آب‌های زیرزمینی دشت فومنات و مطالعات تغییرات کیفی آنها » **مجله علوم پزشکی ایران** دوره ۳۴، شماره ۱۰، ص ۹۰-۷۷.

۳۷. مرات م، (۱۳۹۰) «بررسی اولیه تأثیر عناصر سنگین (یون‌های فلزی) آلودگی‌های صنایع فولاد روی آب‌های زیرزمینی دشت یزد – اردکان، دومین کنفرانس ملی پژوهش‌های کاربردی منابع آب ایران، زنجان، شرکت آب منطقه‌ای زنجان.

۳۸. مقدم فردویی ر. و فتاحی م.م، (۱۳۸۶) «بررسی روند تغییرات کمی و کیفی منابع آب حوضه آبخیز استان قم» چهارمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران مدیریت حوزه‌های آبخیز.

۳۹. میرغفاری ن. و شریعتمداری ح. (۱۳۸۶) «توزیع فلوراید در آب‌های زیرزمینی، خاک و تعدادی از گیاهان زراعی منطقه اصفهان» **نشریه علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی**، سال یازدهم، شماره ۴۱، ص.۵۰-۴۳

۴۰. ناصری ح.ر. و سرور ع، (۱۳۸۴) «نقش گسل خزر بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آب‌های زیرزمینی مطالعه موردی: محدوده ساری-گرگان » مجموعه مقالات نهمین همایش انجمن زمین-شناسی ایران دانشگاه تربیت معلم تهران، ص ۱۰۱- ۹۲.

۴۱. ناصری ح.ر. و علیجانی ف. «بررسی منابع آلاینده‌های آب‌های زیرزمینی دشت ایذه، شمال شرق خوزستان» **نشریه علوم محیطی**، تابستان ۸۶، دوره ۴، شماره ۴، ص ۴۶- ۳۳.

1. Appelo C.A.J. and Postma D.,"Geochemistry, Groundwater and pollution ", 2 edition.

2. Bexfield L.M., (2008), "Scale change of Pesticide in GroundWater of the United States 1993-2003" **Journal of Invironmental Quality.**

3. Bhatt k., (1997), "Occurrence and Distribution NITRATE and Pesticides in Bowdle aquifer, south Dakota", Arizona Department of Environmental Quality, Division of Waste programs.

4. Bonton A. Rouleau A. Bouchard c. Rouleau A., (2010), "Assessment of groundwater quality and its varations in the capture zone of a pumping well in an agricultural area. Agricultural Water Management", Volume 97, Issue 6, June 2010, pages 824-834.

5. Cheristensen R. Cossu & stegmann R., (1992), “Improving the technical barrier for landfill”, proceeding sardine 95 fifth International land fill sympossum.

6. Fitts C. R., (2001),” Groundwater Science”, London: Academic Press.

7. Ford D.C and Williams P.W., (1989), “Karst geomorphology and hydrology”, London, Unwin Hyman .

8. Freeze, R. A. & Cherry J. A., (1979), “Groundwater Englewood Cliffs”, NJ: Prentice-Hall, Inc.

9. Hanzlik & Rene.,(2008), “chemistry of mineral waters inrelation tomthe composition of surrounding rocks”

10. Hounslow, A.W., (1995), "Water quality data analysis and interpretation", Lewis publishers, CKC press, LLC.

11. Iqbal M., (2000), Effect of heterogeneity in subsurface geologic materials on solute transport under field conditions: a case study from northeastern of Iowa, USA. Hydrogeology journal Vol. 8, pp. 257-270

12. Jalili M., (2009), “Geochemistry characterization of groundwater in an agricultural area of razan, Hamadan, Iran” Environ Geol 56. P1479-1488.

13. Navarro A. Carbonell M., (2007), “Evaluational groundwater Contamination beneath an urban environment: the Basos river basin (Barcelona, Spain) 259-69

14. Poland J. F., (1981), “The occurrence and control of land subsidence due to groundwater withdrawal with special reference to the San Joaquin and Santa Clara Valleys”, California, PhD Dissetation, Stanford University, Palo Alto, California.

15. Todd D. K and Mays, L.W., (2005), “Ground water Hydrology”, Third Edition, john wiley and sons, New York.

16. White W., (1988), “Geomorpholoy and Hydrology of Karst Terrains”, Oxford University Press, New York.

17. Zaporozec A., (2002), “Groundwater Contamination inventory: a methodological guide”, *IHP-VI* series on Groundwater No.2 UNESCO, Paris.

Abstract

Mobarakabad is located in Haraz road which connects Tehran to the Northern provinces, between Abali and Mosha villages. In this area water for drinking and agricultural uses is supplied from wells in karstic and alluvial formations. Spatial study of the water resources in these formations showed that electrical conductivity of groundwater is increased in southern parts. This was assessed to be related to the increase of distance from recharge area and proximity to the Mosha-Fasham Thrust Fault. Water resources with pH values less than annual average are also located in this part. This is probably related to the increase of electrical conductivity which enhances calcite precipitation. Study of the groundwater chemistry of the wells drilled in alluvium and karstic formations indicates temporal enhancement of electrical conductivity due to the increase in discharge and recent droughts. Electrical conductivity is decreased at the first half of the year (dry season) probably due to the snow melting which adds more water and improves groundwater quality. The dominant type of groundwater in Mobarkabad aquifer (alluvial and karstic) is Ca^{2+}-HCO_3^- in relation to the presence of limestone at the recharge zone. Positive correlation between calcium and bicarbonate also confirms the role of limestones in quality of the groundwater in this region.

Keywords: Qualitative and quantitative study, Mosha-Fasham Fault, Mobarkabad, Damavand

Shahrood University of Technology

Faculty of Earth science

Hydrogeology and Environmental Geology Group

Study of quantity and quality of groundwater in MobarakAbad area, Damavand

Maryam Keshavarzian

Supervisor:

Dr. Hadi Jafari

Advisor :

Dr. Rahim Bagheri

February 2016