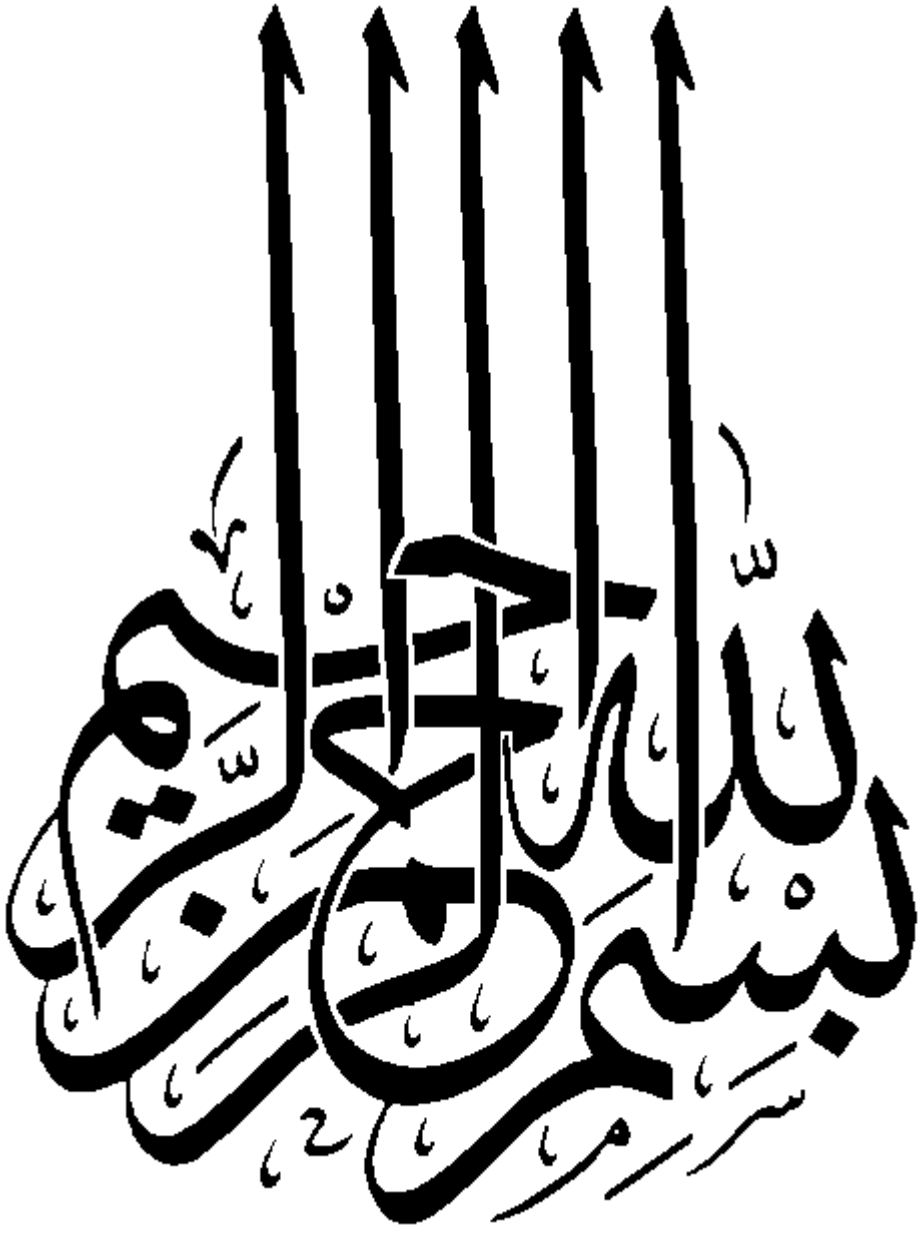

بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده علوم زمین

گروه آبشناسی و زمین‌شناسی زیست محیطی

پایان‌نامه کارشناسی ارشد

عنوان:

بررسی تغییرات۲۰ ساله (۱۳۹۲-۱۳۷۲) سطح و شیمی آب زیرزمینی آبخوان دشت دامغان

محمود امیرحسینی

استاد راهنما:

دکتر غلامعباس کاظمی

زمستان ۱۳۹۳

دانشگاه شاهرود

پیوست شماره ۲

دانشگاه شاهرود

دانشکده : علوم زمین

گروه : آب‌شناسی و زمین‌شناسی زیست محیطی

پایان نامه کارشناسی ارشد آقای **محمود امیرحسینی** به شماره دانشجویی: **۹۱۰۰۹۳۴** تحت عنوان: **بررسی کمی تغییرات ۲۰ ساله (۱۳۹۲-۱۳۷۲) سطح و شیمی آب زیرزمینی در دشت دامغان** در تاریخ **۱۳۹۳/۱۱/۲۸** توسط کمیته تخصصی زیر جهت اخذ مدرک کارشناسی ارشد مورد ارزیابی و با درجه عالی مورد پذیرش قرار گرفت.

اساتید راهنما	امضاء	اساتید مشاور	امضاء
دکتر غلامعباس کاظمی		-	-

اساتید داور	امضاء	نماینده تحصیلات تکمیلی	امضاء
دکتر غلامحسین کرمی		دکتر هادی جعفری	
دکتر رحیم باقری			

دانشگاه شاهرود
۹
مدیریت تحصیلات تکمیلی
فرم شماره (۶)

باسمه تعالی

شماره:
تاریخ: ۱۳۹۳/۱۱/۲۷
ویرایش:

فرم صورت جلسه دفاع از پایان نامه تحصیلی دوره کارشناسی ارشد

با تأییدات خداوند متعال و با استعانت از حضرت ولی عصر (عج) نتیجه ارزیابی جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد آقای محمود امیرحسینی رشته زمین شناسی گرایش آبشناسی تحت عنوان بررسی کمی تغییرات ۲۰ ساله (۱۳۹۲-۱۳۷۲) سطح و شیمی آب زیرزمینی در دشت دامغان که در تاریخ ۱۳۹۳/۱۱/۲۸ با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه شاهرود برگزار گردید به شرح ذیل اعلام می گردد:

قبول (با درجه : عالی امتیاز ۱۹) ☑ دفاع مجدد ☐ مردود ☐

۱ـ عالی (۲۰ ـ ۱۹)
۲ـ بسیار خوب (۱۸/۹۹ ـ ۱۸)
۳ـ خوب (۱۷/۹۹ ـ۱۶)
۴ـ قابل قبول (۱۵/۹۹ ـ ۱۴)
۵- نمره کمتر از ۱۴ غیر قابل قبول

عضو هیأت داوران	نام ونام خانوادگی	مرتبهٔ علمی	امضاء
۱ـ استادراهنما	دکتر غلامعباس کاظمی	استادیار	
۲ـ استاد مشاور	-	-	
۳ـ نماینده شورای تحصیلات تکمیلی	دکتر هادی جعفری	استادیار	
۴ـ استاد ممتحن	دکتر غلامحسین کرمی	دانشیار	
۵ ـ استاد ممتحن	دکتر رحیم باقری	استادیار	

رئیس دانشکده : دکتر پرویز امیدی

امضاء

تقدیم به:

دست‌های زحمتکش پدرم

و

محبت‌های بی‌دریغ مادرم

تشکر و قدردانی

اکنون که با لطف و عنایت الهی، کار نگارش و تدوین این تحقیق به اتمام رسیده است، بر خود لازم می‌دانم تا در ابتدا از زحمات و محبت‌های بی‌دریغ خانواده‌ام که در نهایت صبر و بردباری، همواره محیطی مساعد و آرام را جهت رشد و تحصیلاتم فراهم نمودند، سپاسگزاری نمایم و از زحمات بی شائبه استاد راهنمای بزرگوارم، جناب آقای دکتر کاظمی که در تهیه و تکمیل این پژوهش همواره از مساعدت‌ها و راهنمایی‌های سودمندشان بهره برده‌ام، کمال تقدیر و تشکر را داشته باشم.

همچنین از زحمات تمامی اساتید دلسوز و محترم گروه زمین‌شناسی دانشکده علوم زمین به ویژه جناب آقایان دکتر باقری، دکتر کرمی، دکتر جعفری، دکتر صادقیان، دکتر طاهری و کارشناس گروه سرکار خانم فارسی که در طول مدت انجام این پایان‌نامه از راهنمایی‌ها و همکاری‌های بی دریغشان بهره برده‌ام، نهایت تشکر و قدردانی را دارم.

همچنین از جناب آقایان مهندس خراسانی، ریاست اداره امور منابع آب شهرستان دامغان، مهندس ذاکری کارشناس بخش مطالعات و مهندس احسانی ریاست بخش حراست شرکت آب منطقه‌ای استان سمنان و به ویژه از جناب آقای مهندس شاکری کارشناس اداره امور منابع آب شهرستان دامغان که در امر انجام این پایان‌نامه نهایت همکاری صمیمانه را با اینجانب نموده‌اند، کمال سپاسگزاری را دارم.

در پایان از همگی دوستان و همکلاسی‌های گرامی‌ام که در تمامی مراحل انجام این پایان‌نامه و نیز در طی مدت تحصیلاتم با ایشان، نهایت کمک و همیاری را در حق این جانب نمودند، کمال تشکر و سپاسگزاری را می‌نمایم.

محمود امیرحسینی

تعهد نامه

اینجانب محمود امیرحسینی دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته زمین‌شناسی– آبشناسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شاهرود، نویسنده پایان نامه تحت عنوان بررسی کمی تغییرات ۲۰ ساله (۱۳۹۲-۱۳۷۲) سطح و شیمی آب زیرزمینی در دشت دامغان به راهنمائی دکتر غلامعباس کاظمی 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 شاهرود» و یا « Shahrood University» به چاپ خواهد رسید.
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه ، در مواردی که از موجود زنده (یا بافتهای آنها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری ، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است.

تاریخ ۹۳/۱۲/۳

امضای دانشجو

محمود امیرحسینی

۹

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 شاهرود می باشد. این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود.
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی باشد.

چکیده:

دشت دامغان با مساحتی در حدود ۱۳۷۳ کیلومتر مربع در امتداد محور ارتباطی تهران- مشهد و در حد فاصل روستاهای قوشه در غرب و قادرآباد در شرق شهر دامغان واقع گردیده است. بررسی داده‌های ۲۰ ساله (۱۳۷۲ تا ۱۳۹۲) سطح آب زیرزمینی در ۳۷ پیزومتر دارای کامل‌ترین آمار و بهترین پراکندگی- از مجموع ۶۴ پیزومتر موجود در این دشت- نشان داد که سطح ایستابی طی این مدت، پیوسته دارای روندی نزولی بوده است. این امر منجر به افت ۱۰/۷ متری سطح آب آبخوان از تراز ۱۱۰۰/۴۱ متر در سال ۱۳۷۲ به تراز ۱۰۸۹/۷۱ متر از سطح دریا در سال ۱۳۹۲ و کاهش ۷۳۴/۵ میلیون متر مکعب از ذخیرهٔ آبخوان گردیده است. بیشترین میزان افت آب زیرزمینی در حاشیهٔ شمال شرقی دشت، به میزان ۳۰/۲۸ متر و نیز در مرکز و حاشیهٔ جنوب غربی دشت رخ داده است. این افت عمدتاً در نتیجهٔ بهره‌برداری بی‌رویه از آبخوان و به میزان کمتری در اثر کاهش بارندگی طی سال‌های اخیر بوده است. حداقل میزان افت در دامنه مخروط افکنه شمال دشت، در مسیر ورودی رودخانه چشمه‌علی به دشت دامغان، به میزان ۱/۷۹ متر و نیز درحاشیه ارتفاعات شمال غربی و در منطقه تخلیه در جنوب شرقی دشت رخ داده است. همچنین بررسی داده‌های شیمی آب زیرزمینی در ۴۳ منبع نمونه‌برداری دارای کاملترین آمار و بهترین پراکندگی- از مجموع ۸۵ منبع انتخابی نمونه‌برداری واقع در این دشت- نشان داد که طی سال‌های ۱۳۷۲ تا ۱۳۹۲، میزان هدایت الکتریکی و مجموع یون‌های اصلی آبخوان به ترتیب ۲۳/۰۶ و ۲۵ درصد افزایش یافته در صورتی که مقدار pH آب ۶/۷ درصد کاهش داشته است. افزایش بیش از ۵۰ درصد EC در چاه‌های واقع در حاشیه‌های جنوبی و شرق دشت (خروجی دشت دامغان) و در نتیجهٔ نفوذ شورابه‌های حاصل از کویر چاه‌جام به درون آبخوان روی داده است. نواحی دارای افزایش اندک و یا حتی کاهش هدایت الکتریکی نیز عمدتاً در نیمه غربی دشت واقع گردیده‌اند. البته به دلیل وسعت زیاد دشت دامغان، تنوع زمین-شناسی ارتفاعات محصورکننده آن و تعدد عوامل محلی کنترل کننده کیفیت آب، امکان توجیه تغییرات مکانی و زمانی زیاد EC و سایر پارامترهای هیدروشیمیایی آبخوان به راحتی وجود ندارد. از نظر مقدار و درصد تغییرات پارامترهای هیدروژئوشیمیایی، آبخوان دشت دامغان قابل تقسیم به دو

بخش شمالی و جنوبی می‌باشد که بخش جنوبی در مرز خروجی آبخوان و در مجاورت با کویر واقع شده است. مقایسه کیفیت آب زیرزمینی در این دو بخش حاکی از مقادیر بالاتر و شدت افزایش بیشتر غلظت یون‌های اصلی و میزان هدایت الکتریکی در بخش جنوبی آبخوان بوده و بیانگر تشدید نفوذ آب شور و تخریب کیفیت آب با گذشت زمان می‌باشد. این مطالعات همچنین نشان داد که میزان هدایت الکتریکی سفرهٔ آب زیرزمینی دارای رابطهٔ قابل‌توجه معکوسی با کمیت بارش و ارتفاع سطح ایستابی در دشت می‌باشد.

واژگان کلیدی: دامغان، سطح آب زیرزمینی، شیمی آب زیرزمینی، نفوذ آب شور.

مقالات مستخرج از این پایان‌نامه:

۱- بررسی تغییرات ۲۰ ساله (۱۳۹۲-۱۳۷۲) شیمی آب زیرزمینی در دشت دامغان، هجدهمین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ۱۳۹۳.

۲- بررسی تغییرات ۲۰ ساله (۱۳۹۲-۱۳۷۲) سطح آب زیرزمینی در دشت دامغان، اولین کنفرانس ملی جغرافیا، گردشگری، منابع طبیعی و توسعه پایدار، باغ موزه قصر تهران ۱۳۹۳.

فهرست مطالب

عنوان شماره صفحه

فصل اول: کلیات ۱

۱-۱- مقدمه ۳
۱-۲- بیان مسئله ۳
۱-۳- هدف از انجام تحقیق ۴
۱-۴- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه ۴
۱-۵- آب و هوای منطقه مورد مطالعه ۶
۱-۶- ژئومورفولوژی منطقه ۸

۱-۶-۱- واحدهای مقاوم ۹
۱-۶-۲- واحدهای نیمه مقاوم ۹
۱-۶-۳- رسوبات منفصل کواترنری ۹

۱-۷- زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه ۱۰

۱-۷-۱- چینه شناسی ۱۰

۱-۷-۱-۱- نهشته‌های پالئوزوئیک ۱۳
۱-۷-۱-۲- نهشته‌های مزوزوئیک ۱۸
۱-۷-۱-۳- نهشته‌های سنوزوئیک ۲۲
۱-۷-۱-۴- کواترنری ۲۴

۱-۷-۲- تکتونیک ناحیه‌ای ۲۸

۱-۷-۲-۱- گسل‌ها ۲۹
۱-۷-۲-۲- چین خوردگی‌ها ۳۱
۱-۷-۲-۳- درزه‌ها ۳۲

۱-۸- هیدرولوژی و هیدروژئولوژی منطقه ۳۲

فصل دوم: مروری بر مطالعات گذشته ۳۵

۲-۱- مقدمه ۳۷
۲-۲- عوامل مؤثر بر کمیت آب‌های زیرزمینی ۳۷

۲-۲-۱- تأثیر بارندگی بر کمیت آب‌های زیرزمینی ۳۷
۲-۲-۲- تأثیر خشکسالی بر کمیت آب زیرزمینی..... ۳۸
۲-۲-۳- تأثیر بهره‌برداری بیش از حد بر کمیت آب‌های زیرزمینی ۳۹

۲-۳- عوامل مؤثر بر کیفیت آب زیرزمینی ۴۱

۲-۳-۱- نقش عوامل طبیعی..... ۴۲
۲-۳-۲- عوامل غیر طبیعی مؤثر بر کیفیت آب زیرزمینی ۴۵

فصل سوم: روش انجام کار..... ۵۱

۳-۱- جمع‌آوری آمار و اطلاعات کمی و کیفی سفرهٔ آب زیرزمینی دشت دامغان ۵۳
۳-۲- ترسیم نقشهٔ زمین‌شناسی منطقهٔ مورد مطالعه ۵۴
۳-۳- بررسی تغییرات سطح آب زیرزمینی منطقه..... ۵۴

۳-۳-۱- ترسیم نمودارها و نقشه‌های کمی سفرهٔ آب زیرزمینی ۵۴

۳-۴- بررسی تغییرات کیفیت آب زیرزمینی منطقه..... ۵۵

۳-۴-۱- ترسیم نمودارها و نقشه‌های کیفی سفرهٔ آب زیرزمینی..... ۵۵

فصل چهارم: بررسی تغییرات سطح و شیمی آب زیرزمینی دشت دامغان..... ۵۷

۴-۱- مقدمه..... ۵۹
۴-۲- تغییرات سطح آب زیرزمینی دشت دامغان..... ۵۹

۴-۲-۱- بررسی روند کاهش سطح آب زیرزمینی ۶۰
۴-۲-۲- تکمیل و تصحیح آمار سطح آب زیرزمینی ۶۰
۴-۲-۳- بررسی میزان افت سطح آب زیرزمینی در هر یک از پیزومترهای انتخابی..... ۶۴
۴-۲-۴- بررسی نقشه‌های هم‌پتانسیل منطقه ۶۷
۴-۲-۵- بررسی نقشه‌های هم‌عمق منطقه ۷۱
۴-۲-۶- بررسی نوسانات سالانه سطح آب زیرزمینی ۷۵

۴-۳- تغییرات شیمی آب زیرزمینی دشت دامغان..... ۷۹

۴-۳-۱- بررسی خصوصیات هیدروشیمیایی ۸۱
۴-۳-۲- تکمیل و تصحیح آمار آنالیز شیمیایی..... ۸۱
۴-۳-۳- بررسی تغییرات کیفیت سفرهٔ آب زیرزمینی دشت دامغان..... ۸۳

۴-۳-۴- بررسی تغییرات مکانی و زمانی هدایت الکتریکی سفره آب زیرزمینی.....۸۸
۴-۳-۵- بررسی ارتباط بین کمیت بارش و تغییرات هدایت الکتریکی سفرهٔ آب زیرزمینی ۹۴
۴-۳-۶- بررسی رابطهٔ بین تراز سطح ایستابی و میزان EC آب زیرزمینی ۹۶
۴-۳-۷- بررسی رابطهٔ درصد افزایش EC منابع نمونه‌برداری و EC آن منابع در سال ۱۳۷۲ ....۹۷
۴-۳-۸- بررسی غلظت آنیون‌ها و کاتیون‌های اصلی سفره آب زیرزمینی ۹۸
۴-۳-۹- بررسی اسیدیتهٔ سفرهٔ آب زیرزمینی.....۱۰۱
۴-۳-۱۰- بررسی تغییرات زمانی کیفیت آب زیرزمینی در هر یک از زون‌های دشت دامغان...۱۰۳
۴-۳-۱۱- بررسی تغییرات زمانی غلظت یون‌های اصلی بخش شمالی سفره آب زیرزمینی ۱۰۸
۴-۳-۱۲- بررسی اسیدیتهٔ سفرهٔ آب زیرزمینی در بخش شمالی دشت ۱۱۰
۴-۳-۱۳- بررسی تغییرات زمانی غلظت یون‌های اصلی بخش جنوبی سفره آب زیرزمینی ۱۱۱
۴-۳-۱۴- بررسی اسیدیتهٔ سفرهٔ آب زیرزمینی در بخش جنوبی دشت ۱۱۳

فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادها.....۱۱۵

۵-۱- مطالعه کمیت و نوسانات سطح آب زیرزمینی.....۱۱۷

۵-۱-۱- میزان افت سطح آب زیرزمینی آبخوان دشت دامغان ۱۱۷
۵-۱-۲- میزان افت سطح آب زیرزمینی در پیزومترهای انتخابی موجود در دشت ۱۱۷
۵-۱-۳- نتایج حاصل از بررسی نقشه‌های هم‌پتانسیل منطقه ۱۱۸
۵-۱-۴- نتایج حاصل از بررسی نقشه‌های هم‌عمق منطقه ۱۱۹
۵-۱-۵- نوسانات سالانه سطح آب زیرزمینی ۱۱۹

۵-۲- مطالعه کیفیت و تغییرات شیمی آب زیرزمینی.....۱۲۰

۵-۲-۱- تغییرات زمانی کیفیت سفرهٔ آب زیرزمینی دشت دامغان ۱۲۰
۵-۲-۲- روند تغییرات هدایت الکتریکی آبخوان دشت دامغان ۱۲۱
۵-۲-۳- ارتباط کمیت بارش و تغییرات هدایت الکتریکی سفرهٔ آب زیرزمینی ۱۲۲
۵-۲-۴- رابطهٔ بین تراز سطح ایستابی و میزان EC آب زیرزمینی ۱۲۲
۵-۲-۵- رابطهٔ درصد افزایش EC منابع نمونه‌برداری و EC آن منابع در سال ۱۳۷۲ .....۱۲۲
۵-۲-۶- نتایج حاصل از بررسی تغییرات کیفیت سفره آب زیرزمینی پس از زون‌بندی دشت ..۱۲۳

۵-۳- پیشنهادها.....۱۲۴

منابع.....۱۲۶

فهرست شکل‌ها

شکل ۱-۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه و راه های دسترسی به آن ۵

شکل ۱-۲- نمودار آمبروترمیک منطقه بر پایه میانگین ۲۰ ساله دما و بارندگی آن ۷

شکل ۱-۳- نمایی سه بعدی از ژئومورفولوژی دشت دامغان ۱۰

شکل ۱-۴- نقشه زمین شناسی منطقه مورد مطالعه ۱۱

شکل ۱-۵- رخنمون چشمه علی دامغان در کنتاکت گسلی سازندهای لار و شمشک در ناحیه شورتنگه ۱۸

شکل ۱-۶- سازند شمشک در روستای درروار واقع در ۱۲ کیلومتری شمال غرب قوشه ۲۰

شکل ۱-۷- سرچشمه چهارده که از سازند توفی کرج منشا می گیرد ۲۴

شکل ۱-۸- واحد Q_{t1} در مجاورت روستای صح واقع در ۱۰ کیلومتری شمال غرب قوشه ۲۶

شکل ۱-۹- پهنه های نمکی کویری واقع در جنوب دشت دامغان ۲۸

شکل ۱-۱۰- نمایی سه بعدی از تاقدیس‌های شمال دشت دامغان ۳۱

شکل ۴- ۱- موقعیت پیزومترهای انتخابی آبخوان دشت دامغان ۶۱

شکل ۴-۲- میزان افت سطح آب در پیزومترهای موجود در دشت، طی سال های ۱۳۷۲ تا ۱۳۹۲ ..... ۶۴

شکل ۴-۳- موقعیت چاه های بهره برداری واقع در دشت دامغان ۶۶

شکل ۴-۴- هیدروگراف پیزومترهای مهماندوست (P35) و آب پخش جدید (P17) ۶۷

شکل ۴-۵- نقشه هم پتانسیل آبخوان دشت دامغان- سال ۱۳۷۲ ..... ۶۸

شکل ۴-۶- نقشه هم پتانسیل آبخوان دشت دامغان- سال ۱۳۸۲ ..... ۶۹

شکل ۴-۷- نقشه هم پتانسیل آبخوان دشت دامغان- سال ۱۳۹۲ ..... ۷۰

شکل ۴-۸- نقشه هم عمق آبخوان دشت دامغان- سال ۱۳۷۲ ..... ۷۲

شکل ۴-۹- نقشه هم عمق آبخوان دشت دامغان- سال ۱۳۸۲ ..... ۷۳

شکل ۴-۱۰- نقشه هم عمق آبخوان دشت دامغان- سال ۱۳۹۲ ..... ۷۴

شکل ۴- ۱۱- نمایی از پیزومتر آب پخش جدید و رسوبات سطحی احاطه کننده آن ۷۵

شکل ۴-۱۲- نقشه تیسن ترسیم شده برای محدوده دشت دامغان ۷۶

شکل ۴-۱۳- هیدروگراف معرف، مقدار بارش سالانه و متوسط بارندگی ۲۰ ساله دشت دامغان ۷۸

شکل ۴-۱۴- موقعیت نقاط نمونه برداری آب زیرزمینی در دشت دامغان ۸۲

شکل ۴-۱۵- درصد و مقدار تغییرات در EC آب زیرزمینی منابع نمونه برداری انتخابی ۸۹

شکل ۴-۱۶- نقشه هدایت الکتریکی آبخوان دشت دامغان در سال ۱۳۷۲ ..... ۹۱

شکل ۴-۱۷- نقشه هدایت الکتریکی آبخوان دشت دامغان در سال ۱۳۸۲ ..... ۹۲

شکل ۴-۱۸- نقشه هدایت الکتریکی آبخوان دشت دامغان در سال۱۳۹۲..... ۹۳
شکل ۴-۱۹- رابطه بین متوسط هدایت الکتریکی سفره آب زیرزمینی دشت دامغان و میزان بارش سالانه این دشت..... ۹۵
شکل ۴-۲۰- رابطه بین ارتفاع سطح ایستابی و هدایت الکتریکی سفره آب زیرزمینی دشت دامغان..... ۹۶
شکل ۴-۲۱- رابطه بین درصد افزایش EC منابع نمونه برداری انتخابی و EC آن منابع در سال ۱۳۷۲..... ۹۷
شکل۴-۲۲- نمودار تغییرات غلظت یون های اصلی سفره آب زیرزمینی طی سال های ۱۳۷۲ تا ۱۳۹۲..... ۹۹
شکل ۴-۲۳- نمودار تغییرات pH سفره آب زیرزمینی طی سال های ۱۳۷۲ تا ۱۳۹۲ ..... ۱۰۱
شکل ۴-۲۴- نقشه زون بندی شده آبخوان دشت دامغان..... ۱۰۲
شکل ۴-۲۵- موقعیت نقاط نمونه برداری آب زیرزمینی واقع در هر زون..... ۱۰۳
شکل ۴-۲۶- نمودار مقدار و درصد افزایش پارامترهای هیدروژئوشیمیایی هر یک از زون‌های دشت ۱۰۵
شکل ۴-۲۷- نمودار تغییرات غلظت یون‌های اصلی بخش شمالی سفره آب زیرزمینی طی سال‌های ۱۳۷۲ تا ۱۳۹۲ ..... ۱۰۹
شکل ۴-۲۸- نمودار تغییرات pH در بخش شمالی سفره آب زیرزمینی طی سال‌های ۱۳۷۲ تا ۱۳۹۲..... ۱۱۰
شکل ۴-۲۹- نمودار تغییرات غلظت یون‌های اصلی بخش جنوبی سفره آب زیرزمینی طی سال‌های ۱۳۷۲ تا ۱۳۹۲ ..... ۱۱۱
شکل ۴-۳۰- نمودار تغییرات pH سفره آب زیرزمینی در بخش جنوبی دشت، طی سال‌های ۱۳۷۲ تا ۱۳۹۲ ..... ۱۱۴

فهرست جدول‌ها

جدول ۱-۱- میانگین بارندگی و درجه حرارت منطقه مورد مطالعه، طی سال های ۱۳۷۲ تا ۱۳۹۲..... ۶
جدول ۱-۲- طبقه بندی اقلیم بر اساس ضرایب دمارتن..... ۸
جدول ۴- ۱- ارتفاع سطح ایستابی و مقدار افت تراز آب زیرزمینی در ۳۷ پیزومتر انتخابی موجود در دشت..... ۶۳
جدول ۴-۲- میانگین وزنی تراز آب زیرزمینی دشت دامغان در فروردین و مهرسال‌های ۱۳۷۲ تا ۱۳۹۲ .....۷۷
جدول ۴-۳- مقادیر پارامترهای هیدروژئوشیمیایی منابع آبی انتخابی واقع در دشت، طی سال‌های ۱۳۷۲، ۱۳۸۲ و ۱۳۹۲..... ۸۴
جدول ۴-۴- میانگین و درصد افزایش پارامترهای هیدروژئوشیمیایی زون‌های دشت طی سال‌های ۱۳۷۲، ۱۳۸۲ و ۱۳۹۲..... ۱۲۶

فصل اول:

کلیات

۱-۱- مقدمه

آب زیرزمینی یکی از مهمترین منابع تأمین آب شیرین مورد نیاز انسان است که بعد از یخچال‌ها و یخ پهنه‌ها، بزرگترین ذخیره آب شیرین زمین را تشکیل می‌دهد. منابع آب زیرزمینی در بیشتر نواحی جهان به ویژه در نواحی خشک و نیمه خشک که فاقد آب‌های سطحی کافی و مناسب می‌باشند، غالباً تنها راه تأمین آب برای مصارف مختلف هستند. استفاده از آب‌های زیرزمینی در کشور ما نیز که فاقد منابع آب سطحی فراوان است، از دیرباز رواج بسیار داشته است و امروزه بخش مهمی از آب‌های مورد نیاز کشور به ویژه در حوزهٔ کشاورزی و مصارف شهری از منابع زیرزمینی تأمین می‌گردد. متأسفانه عدم مدیریت صحیح و بهره‌برداری بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی در سال‌های اخیر، سبب افت کمی و کیفی این منابع گردیده است. این مسئله در کنار وقوع خشکسالی‌های شدید و طولانی مدت، کشور ما را از حیث منابع آبی با چالش‌های متعددی رو به رو کرده است به گونه‌ای که افت تراز آب و کاهش کیفیت آب زیرزمینی دشت‌های کشور هم‌اکنون نه یک استثناء بلکه یک امر معمول شده است. لذا امروزه شناخت صحیح و مطالعهٔ دقیق کمی و کیفی منابع آب زیرزمینی و پایش چگونگی تغییرات آن‌ها طی گذر زمان امری ضروری در هر برنامهٔ مدیریت آبخوان می‌باشد.

۱-۲- بیان مسئله

سطح آب زیرزمینی و شیمی آبخوان‌های مختلف با گذشت زمان تحت تأثیر عوامل گوناگون تغییر می‌کند. برخی از این عوامل کیفیت آب آبخوان، برخی کمیت آن و برخی هر دو را تحت تأثیر قرار می‌دهند. از این عوامل می‌توان به اثر لیتولوژی، اثر بارندگی و از همه مهمتر تأثیر برداشت‌های بی‌رویه از آب زیرزمینی بر روی افت سطح آب آبخوان‌ها و تخریب کیفیت آن‌ها اشاره نمود. کاهش بارندگی و برداشت بی‌رویه از سفرهٔ آب زیرزمینی، در سال‌های اخیر باعث بیلان منفی و افت ذخیره در بسیاری از دشت‌های کشور شده و کیفیت سفره‌ها را نیز تهدید می‌کند. این موضوع سبب اعمال محدودیت‌هایی در برداشت از سفره‌های آب زیرزمینی گردیده است. محاسبهٔ مقدار این تغییرات کمی و کیفی شدت یا ضعف محدودیت‌های اعمالی را تعیین می‌کند.

۱-۳- هدف از انجام تحقیق

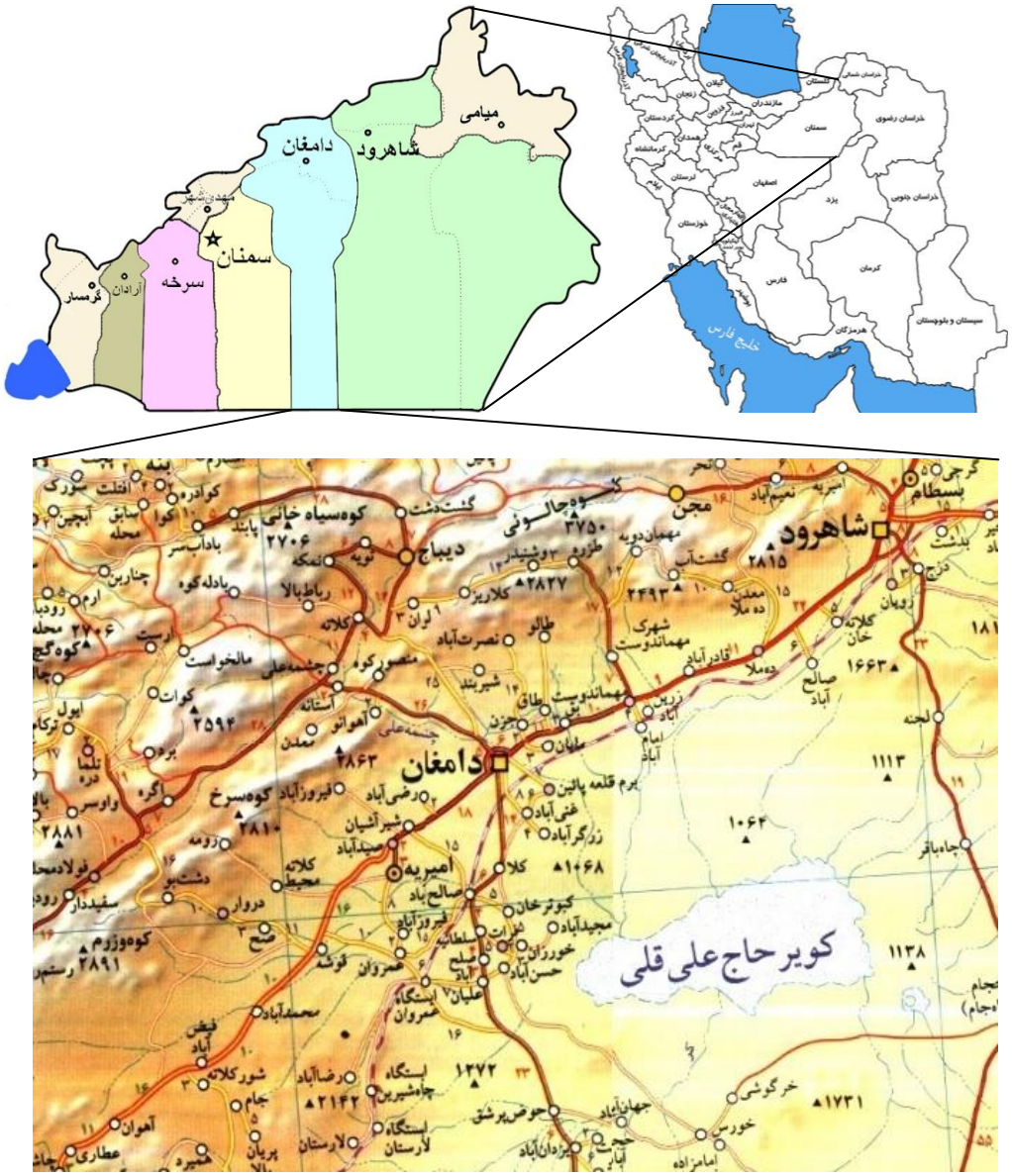
منابع آب زیرزمینی در بیشتر نواحی جهان به ویژه در نواحی خشک و نیمه‌خشک که فاقد آب-های سطحی کافی و مناسب می‌باشد، از اهمیت بالایی برخوردار هستند. شهرستان دامغان نیز به عنوان یکی از مناطق واقع در ناحیه خشک و نیمه‌خشک ایران، عمده نیاز آبی آن از منابع آب زیرزمینی و از طریق چاه‌ها، قنوات و چشمه‌ها تأمین می‌گردد. در سال‌های اخیر، توسعهٔ شهری و به ویژه کشاورزی، رشد جمعیت، ارتقای سطح بهداشت عمومی، بهبود سبک زندگی و افزایش میزان مصرف آب، موجب بهره‌برداری بی‌رویه از سفرهٔ آب زیرزمینی در این شهرستان گردیده است. این مسئله به همراه ظهور و تداوم خشکسالی‌های پی‌درپی و در نتیجه کاهش تغذیه آبخوان، این شهرستان را از حیث منابع آبی با مشکلات و محدودیت‌های عدیده‌ای روبه‌رو کرده و باعث افت کمی و کیفی منابع آب زیرزمینی آن شده است به گونه‌ای که تقاضاهای متعدد برای تغییر محل و کف‌شکنی چاه‌ها در سال‌های اخیر دلالت بر این موضوع دارد (اداره امور منابع آب شهرستان دامغان ۱۳۹۲).

بهره‌برداری صحیح از منابع آب زیرزمینی در هر ناحیه مستلزم شناخت و مطالعه دقیق کمی و کیفی این منابع و نیز پایش چگونگی تغییرات آن‌ها با گذشت زمان می‌باشد. لذا این تحقیق می‌کوشد تا تغییرات زمانی کمی و کیفی منابع آب زیرزمینی دشت دامغان طی سال‌های ۱۳۷۲ تا ۱۳۹۲ را که در نتیجه عوامل گوناگونی ایجاد شده‌اند، مورد بررسی قرار دهد. با مقایسهٔ داده‌های فعلی با داده‌های سال‌های قبل و شناخت روندهای موجود می‌توان وضعیت آیندهٔ آبخوان را پیش‌بینی نمود.

۱-۴- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

شهر دامغان در امتداد محور ارتباطی تهران–مشهد و در فاصله ۱۲۰ کیلومتری شرق سمنان و ۶۰ کیلومتری غرب شاهرود قرار گرفته است. شهرستان دامغان از سمت شمال به رشته کوه‌های البرز جنوبی و از سمت جنوب به دشت کویر مرکزی ایران منتهی می‌شود. مساحت محدوده جغرافیایی این شهرستان در حدود ۱۳۰۰۰ کیلومتر مربع بوده و در برگیرنده سه دشت دامغان، کویر حاج علی‌قلی (کویر چاه‌جام) و دشت یزدان‌آباد (سرکویر) می‌باشد. دشت دامغان با مساحتی در حدود ۱۳۷۳

کیلومتر مربع، در شمال پهنه جغرافیایی این شهرستان و در دامنهٔ جنوب شرقی سلسه جبال البرز مرکزی واقع گردیده است. این دشت از سمت جنوب به کویر حاج علی‌قلی (کویر چاه‌جام) محدود می‌گردد. ارتفاع متوسط این دشت از سطح دریا در حدود ۱۱۷۰ متر می‌باشد. دشت دامغان در زمرهٔ نواحی حاصلخیز استان سمنان بوده و اغلب تجمعات انسانی این شهرستان در قالب شهرها و روستا-های بزرگ در این دشت که از منابع آب سطحی و زیرزمینی و نیز آب و هوای مناسب‌تری بهره‌مند است، متمرکز گردیده‌اند. شکل (۱-۱)، موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه و راه‌های دسترسی به آن را نشان می‌دهد.



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

۱-۵- آب و هوای منطقه مورد مطالعه

با توجه به قرارگیری دشت دامغان در بخش خشک و نیمه‌خشک کشور، این دشت دارای تابستان‌هایی گرم و خشک و زمستان‌هایی سرد و خشک می‌باشد. از ویژگی‌های اقلیمی شاخص این دشت بارش کم، وزش بادهای شدید و اختلاف زیاد درجه حرارت شب و روز است. همچنین آب و هوای این دشت در نقاط مختلف آن بسیار متغیر بوده به گونه‌ای که نواحی کوهستانی شمالی و دامنه ارتفاعات دارای آب و هوایی نسبتاً معتدل و حدود کناره‌های کویر گرم است. به منظور بررسی آب و هوا و اقلیم منطقه مورد مطالعه از آمار هواشناسی یک دوره ۲۰ سالهٔ (۱۳۷۲ تا ۱۳۹۲) ایستگاه سینوپتیک شهر دامغان استفاده گردیده است. جدول (۱-۱)، میانگین ۲۰ ساله دما و بارندگی منطقه مورد مطالعه را برای هر یک از ماه‌های سال نشان می‌دهد. این آمار از اداره هواشناسی شهرستان دامغان تهیه شده است.

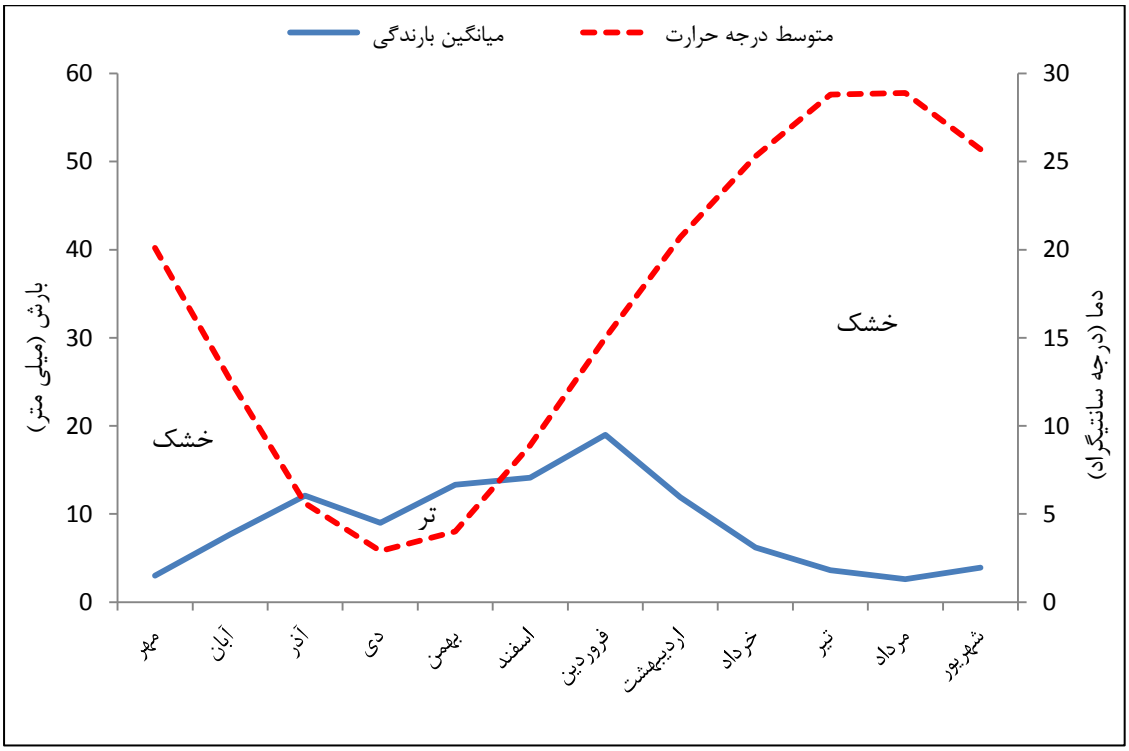
جدول ۱-۱- میانگین بارندگی و درجه حرارت منطقه مورد مطالعه، طی سال‌های ۱۳۷۲ تا ۱۳۹۲

زمان (ماه)	متوسط درجه حرارت (درجه سانتی‌گراد)	میانگین بارندگی (میلیمتر)
فروردین	۱۵	۱۹
اردیبهشت	۲۰/۷	۱۱/۹
خرداد	۲۵/۳	۶/۲
تیر	۲۸/۸	۳/۶
مرداد	۲۸/۹	۲/۶
شهریور	۲۵/۷	۳/۹
مهر	۲۰/۱	۳
آبان	۱۲/۶	۷/۷
آذر	۵/۶	۱۲/۱
دی	۲/۹	۹
بهمن	۴	۱۳/۳
اسفند	۸/۹	۱۴/۱
میانگین سالانه	۱۶/۵	۱۰۶/۴

با توجه به آمار ارائه شده، بیشترین میزان بارش در منطقه مورد مطالعه در فروردین ماه با میانگین ۱۹ میلیمتر و بیشینه دما در مرداد ماه با متوسط ۲۸/۹ درجه سانتیگراد اتفاق می‌افتد.

همچنین کمترین مقدار بارندگی در فصل تابستان و کمترین میزان دما نیز در دی‌ماه با متوسط ۲/۹ درجه سانتیگراد می‌باشد. میانگین بارش سالیانه در دشت دامغان حدود ۱۰۷ میلیمتر و میانگین دمای سالانه ۱۶/۵ درجهٔ سانتی‌گراد می‌باشد. با توجه به توپوگرافی منطقه و شیب دشت دامغان، مقدار بارش سالانه از سمت ارتفاعات شمالی دشت به سمت ناحیه کویری جنوب دشت کاهش و متوسط دما افزایش می‌یابد (اداره هواشناسی شهرستان دامغان ۱۳۹۲).

شکل (۱-۲)، نمودار آمبروترمیک (Embrothermic) منطقه مطالعاتی را نشان می‌دهد. در زمان‌هایی که میانگین بارندگی بالاتر از میانگین دما است، فصل تر و در غیر این صورت فصل خشک اتفاق می‌افتد. لذا نقطهٔ تلاقی منحنی میانگین بارندگی با منحنی میانگین دما، جدا کننده فصل خشک و تر از یکدیگر می‌باشد. بر طبق این نمودار، فصل تر منطقه تقریباً از اواسط آذرماه تا اوایل اسفندماه بوده و بقیه سال، فصل خشک می‌باشد. اگرچه بیشترین میزان بارندگی در فروردین ماه هر سال است ولی به دلیل بالا بودن دمای هوا، این ماه جز فصل خشک سال محسوب می‌شود.



شکل ۱-۲- نمودار آمبروترمیک منطقه بر پایه میانگین ۲۰ ساله دما و بارندگی

به منظور تعیین اقلیم منطقه از روش دمارتن (De Martonne) استفاده شده است. دمارتن با توجه به میانگین دما و بارش سالیانه، ضریبی به نام ضریب خشکی ارائه کرده است که مقدار این ضریب با توجه به جدول ارائه شده (جدول ۱-۲)، اقلیم منطقه را مشخص خواهد کرد. ضریب خشکی دمارتن با استفاده از معادلهٔ رو به رو محاسبه می‌شود:

$$I = \frac{P}{T+10}$$

در این معادله، p میانگین بارندگی سالیانه بر حسب میلیمتر و T میانگین دمای سالیانه بر حسب درجه سانتی‌گراد است. نماد I ضریب خشکی دمارتن نامیده می‌شود که مقدار آن نوع اقلیم منطقه را مشخص می‌کند. مقدار I محاسبه شده از فرمول بالا در حدود ۴ می‌باشد که با توجه به جدول (۱-۲)، نشان دهنده اقلیم خشک منطقه است.

جدول ۱-۲- طبقه‌بندی اقلیم بر اساس ضرایب دمارتن

نام اقلیم	محدوده ضریب خشکی دمارتن (I)
خشک	کوچکتر 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	بزرگتر از ۳۵

۱-۶- ژئومورفولوژی منطقه

محدوده مورد مطالعه از نظر ژئومورفولوژی به دو واحد کاملاً مجزا تقسیم می‌شود. یکی ناحیه کوهستانی واقع در شمال دشت و دیگری قسمت هموار یا دشت که بخش عمده منطقه را در بر می-گیرد و عمدتاً از آبرفت‌های عهدحاضر در قالب مخروط افکنه‌ها و دشت‌های سیلابی پوشیده شده است. این تفاوت ریخت‌شناسی بخش‌های شمالی و جنوبی را به طور عمده‌ای می‌توان به زمین‌ساخت ویژه منطقه نسبت داد، با این توضیح که بر اثر عملکرد گسل شمال دامغان بخش جنوبی گسل در سرتاسر منطقه مورد مطالعه فرو افتاده (دشت دامغان) و بخش شمالی آن به صورت ارتفاعات نمایان

شده است (آقانباتی۱۳۸۳). با توجه به جنس پستی و بلندی‌ها، سه نوع مورفولوژی را نیز می‌توان در ارتفاعات شمالی دشت دامغان تشخیص داد.

۱-۶-۱- واحدهای مقاوم

این واحد ریخت‌شناسی عمدتاً از سنگ‌های آهکی و دولومیتی ضخیم لایه، بعضی از سنگ‌های آذرین و بخش‌هایی از ماسه سنگ‌ها و کنگلومرای ضخیم لایه تشکیل شده است. مورفولوژی این واحد خشن و ناهموار است و به واسطه ستیغ‌ها و دیوارهای بلند و دره‌های U شکل مشخص می‌شود. در این نوع مورفولوژی، وجود سازندهای آهکی مقاوم و ستیغ‌ساز نظیر سازند لار و زیارت با دارا بودن درز و شکاف‌های عمیق در آن‌ها سبب جذب رطوبت و تغذیه مناسب آبخوان از طریق چشمه‌ها شده است.

۱-۶-۲- واحدهای نیمه مقاوم

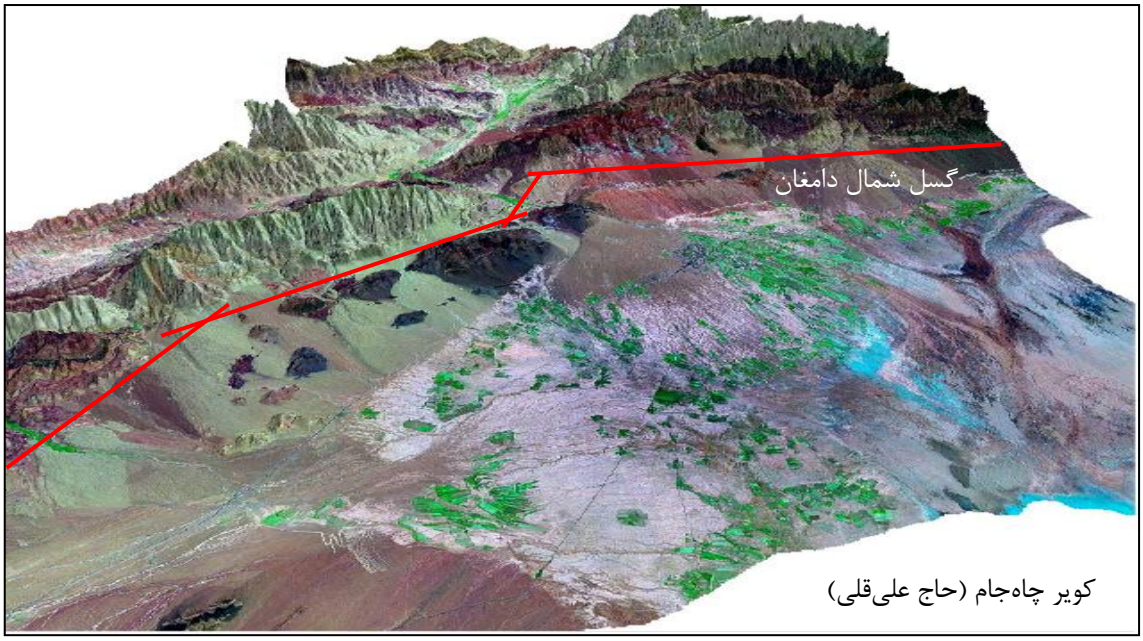
این مورفولوژی شامل واحدهای سنگی با مقاومت متوسط یا کم مانند شیل‌ها، مارن‌ها، سیلسیتون‌ها، توف‌ها و بعضی کنگلومراها و لایه‌های آهک مارنی می‌باشد. این واحدها تشکیل خط القعرها و مناطق برشی[1] را می‌دهند و در تامین بار رسوب آبراهه‌های منتهی به دشت و تشکیل مخروط افکنه‌ها سهم عمده‌ای ایفا می‌کنند.

۱-۶-۳- رسوبات منفصل کواترنری

این رسوبات کف غالب دره‌ها و آبراهه‌ها را می‌پوشانند و در بستر رودخانه‌ها تشکیل پادگانه‌های آبرفتی را می‌دهند. وجود این ساختارهای مورفولوژیکی درشت‌دانه، با بیشترین تراوایی و هدایت هیدرولیکی قائم در ابتدای دشت، با توجه به بالاتر بودن مقدار بارش در این ناحیه، به تغذیه مناسب آبخوان کمک می‌کند. دشت دامغان دارای شیبی ملایم به سمت جنوب بوده و آبراهه‌ها و مسیل‌های منطقه که از ارتفاعات شمالی سرچشمه می‌گیرند، پس از ورود به دشت آبرفتی از ضلع جنوبی

[1] Shear Zones

محدوده به کویر دامغان هدایت می‌شوند. مرتفع‌ترین نقطه این دشت در کوه کرکسی (شمال‌شرقی دشت دامغان)، با ارتفاع ۳۷۰۰ متر و پست‌ترین نقطه آن، در حاشیه شمالی کویر حاج علی‌قلی (در حد خروجی سفره آب زیرزمینی دشت دامغان)، به ارتفاع ۱۰۵۸ متر از سطح دریا می‌باشد. شکل (۱-۳) نمایی کلی از ژئومورفولوژی منطقه را نشان می‌دهد.



شکل ۱-۳- نمایی سه بعدی از ژئومورفولوژی دشت دامغان

۱-۷- زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه از نظر تقسیمات واحدهای ساختمانی ایران (اشتوکلین، ۱۹۶۸)، عمدتاً در شرقی‌ترین بخش زون البرز مرکزی و در دامنه جنوبی این رشته کوه و تا حدودی نیز در ایران مرکزی گسترش دارد. زمین‌شناسی محدوده مورد مطالعه را می‌توان به دو بخش زمین‌شناسی ارتفاعات و زمین شناسی دشت تقسیم نمود.

۱-۷-۱- چینه شناسی

در منطقه مورد مطالعه واحدهای رسوبی متنوعی از زمان کامبرین زیرین تا نئوژن و کواترنری گسترش دارند. شکل (۱-۴)، نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

با توجه به اهمیت سازندهای اطراف دشت در برقراری رابطه هیدرولیکی با آبرفت، در این قسمت به بررسی این سازندها پرداخته شده است.

۱-۷-۱-۱- نهشته‌های پالئوزوئیک

بخش اعظم سازندهای این دوران از ماسه‌سنگ، شیل و سیلتستون تشکیل شده که هیچ یک استعداد ایجاد آبخوان را ندارند. بخشی از سازندهای این دوران نیز از آهک‌های نازک لایه تا متوسط لایه تشکیل شده که به دلیل متراکم بودن این آهک‌ها، خردشدگی کم و محدود بودن قابلیت انحلال آن‌ها، تجمع آب در آن‌ها ناچیز بوده و در نتیجه تشکیل آبخوان را نداده‌اند. سازندهای این دوران عبارتند از:

سازند سلطانیه: قدیمی‌ترین چینه‌های منطقه دامغان، متعلق به سازند سلطانیه و به سن کامبرین پیشین هستند که در ناحیه تویه‌دروار، در امتداد جاده دامغان-چشمه علی (نزدیک روستای آهوانو) و در میلا کوه دامغان رخنمون دارند. این سازند متشکل از طبقات دولومیتی متبلور حاوی نودول‌های چرتی و استروماتولیت می‌باشد. در منطقه تویه‌دروار، این سازند توسط توده‌ای نفوذی قطع شده است (لطفی۱۳۹۲).

سازند باروت: این سازند به سن کامبرین پیشین بوده و از تناوب شیل‌های رسی– سیلیتی و ماسه‌ای میکادار با میان لایه‌هایی از دولومیت بلورین و آهک دولومیتی چرت‌دار تشکیل شده است. مساحت رخنمون این سازند در محدوده مورد مطالعه حدود ۹/۸ کیلومترمربع می‌باشد و با توجه به جنس آن به لحاظ هیدروژئولوژی اهمیت چندانی ندارد و بعضاً به علت عدم تراوایی نقش سنگ کف را در مناطق کوهپایه‌ای و کوهستانی ایفا می‌کند.

سازند زاگون: این سازند به سن کامبرین پیشین بوده و در نزدیکی روستای مزرعه، در منطقه تویه-دروار رخنمون دارد. رخنمون‌های سازند زاگون در این منطقه از نظر لیتولوژی شباهت زیادی با رخنمون‌های این واحد سنگ چینه‌ای در درهٔ زاگون (مقطع تیپ این سازند) دارد. به طور کلی رخساره‌های سازند زاگون در سراسر البرز تقریباً ثابت و شامل شیل‌های دانه ریز سیلتی و ماسه سنگ-

های دانه ریز میکادار به رنگ‌های قرمز تیره و ارغوانی می‌باشد. این سازند با مرزی هم شیب و تدریجی بر روی سازند باروت و در زیر سازند لالون دیده می‌شود (لطفی ۱۳۹۲). مساحت رخنمون این سازند در محدوده مورد مطالعه حدود ۱۹/۶ کیلومترمربع می‌باشد و با توجه به جنس آن به لحاظ هیدروژئولوژی اهمیت چندانی ندارد.

سازند لالون: سازند لالون در بین سازند زاگون در پایین و سازند میلا در بالا قرار گرفته است. حد زیرین این سازند با سازند زاگون به صورت هم شیب و تدریجی است. سن سازند لالون با توجه به فسیل‌ها و اثر رد پای تریلوبیت‌های گروه Redlichia اواخر کامبرین پیشین تعیین شده است. این سازند در شمال دامغان از سه واحد سنگی به شرح زیر تشکیل شده است.

۱)- ماسه سنگ‌های آرکوزی با سیمان سیلیسی در پایین که دارای ساختارهای فیزیکی مانند لایه بندی متقاطع[1] و ترک گلی[2] می‌باشند.

۲)- شیل ارغوانی رنگ میانی که ضخامت این واحد سنگی از ۳۰ تا ۷۰ متر در منطقه متغیر است.

۳)- ماسه سنگ‌های کوارتزیتی سفید رنگ فوقانی که ضخامت آن در شمال دامغان به دلیل گسلیدگی قاعده این سازند از ۲۰ تا ۵۰ متر در تغییر است. در اکثر نقاط کوارتزیت رأسی توسط واریزه‌ها پوشیده شده است. این واحد همراه با سازند میلا و لالون در میلاکوه در ناحیه نصرت‌آباد کامل‌ترین رخنمون کامبرین منطقه را تشکیل می‌دهد. این سازند بیانگر شرایط اکسیدان و محیط کم عمق می‌باشد و در محدوده مورد مطالعه با مساحت کلی ۴۹/۷ کیلومترمربع رخنمون دارد. سازند لالون به دلیل دارا بودن ماسه سنگ و شیل از نفوذپذیری کمی برخوردار است و به لحاظ هیدروژئولوژی اهمیت چندانی ندارد و بعضاً به علت عدم تراوایی، نقش سنگ کف را در مناطق کوهپایه‌ای و کوهستانی ایفا می‌کند (مهندسین مشاور طرح آب‌ریز ۱۳۸۸).

سازند میلا: برش الگوی این سازند در دامنه‌های جنوبی میلاکوه واقع در ۵۰ کیلومتری جنوب غربی شهر دامغان و ۲۵ کیلومتری شمال غربی آبادی قوشه قرار دارد. ضخامت این سازند در محل برش الگو

[1] Cross bedding
2 Mud crack

۵۸۵ متر است. سازند میلا شامل ۵ عضو است که بر روی کوارتزیت رأسی سازند لالون قرار گرفته‌اند و با نبود چینه‌ای مهمی به وسیله رسوبات سازند جیرود پوشیده می‌شود. عضوهای این سازند عبارتند از: ۱) ۱۸۹ متر تناوب دولومیت خاکستری و مارن‌های زرد رنگ، ۲) ۸۹ متر سنگ آهک متبلور با لایه-بندی منظم و چند لایه آهک مارنی که در بالای این واحد سنگی قرار گرفته است، ۳) ۸۲ متر سنگ آهک اسپاری خاکستری روشن همراه با چند لایه آهک گلوکونیت‌دار، ۴) این عضو با ضخامت ۹۶ متر از سیلت سنگ، ماسه سنگ، سنگ آهک گلوکونیت‌دار و مارن تشکیل شده است، ۵) این عضو در مجموع از ۱۲۹ متر رسوبات آواری- سیلیسی تشکیل شده است (آقانباتی۱۳۸۳). سازند میلا در شمال دامغان (بادله‌کوه) توسط کنگلومرای قاعده‌ای سازند خوش ییلاق (معادل سازند پادها در ایران مرکزی) با سن دونین پیشین پوشیده می‌شود. همچنین در شرق منطقه به صورت شیل‌های میکادار سبز در زیر سازند جیرود رخنمون دارد. این سازند دارای سن کامبرین میانی- اردویسین زیرین بوده و در محدوده مطالعاتی دارای وسعت ۱۱/۷ کیلومترمربع می‌باشد. این سازند با توجه به جنس آن به لحاظ هیدروژئولوژی اهمیت چندانی ندارد و به علت عدم تراوایی، بعضاً نقش سنگ کف را در مناطق کوهپایه‌ای و کوهستانی ایفا می‌کند.

سازند خوش ییلاق: لیتولوژی این سازند در منطقه مورد مطالعه شامل سنگ آهک، شیل، ماسه سنگ و کنگلومرا می‌باشد. مرز زیرین آن به سازند میلا و مرز بالایی این سازند به صورت تدریجی به آهک‌های ضخیم لایه سازند مبارک ختم می‌شود. این سازند با مساحت ۳/۳ کیلومترمربع در شمال غرب دامغان، رخنمون دارد. این سازند نیز به لحاظ هیدروژئولوژی اهمیت چندانی ندارد.

نهشته‌های دونین – کربنیفر زیرین: با توجه به قرارگیری منطقه مورد مطالعه در مرز زون ساختاری البرز و ایران مرکزی، هر دو رخساره رسوبی این زون‌ها را در نقشه زمین شناسی دامغان می‌توان تشخیص داد. با توجه به نقش گسل بنیادی عطاری به عنوان مرز جداکننده دو پهنه ساختاری-رسوبی البرز و ایران مرکزی (آقانباتی ۱۳۸۵)، لذا سازندهای این دوره در دو ناحیهٔ شمال و جنوب گسل عطاری بررسی شده است.

سازندهای واقع در شمال گسل عطاری:

سازند جیرود: این سازند دارای سن دونین بالایی بوده و آن را معادل سازند خوش ییلاق می‌دانند.

سازند جیرود بر روی سازند میلا قرار داشته و خود به وسیله روانه‌های بازالتی پوشیده می‌شود. این سازند در بخش زیرین شامل رسوبات آواری ماسه سنگی، شیلی، سنگ آهک ماسه‌ای همراه با یک افق فسفاته و در بخش بالایی شامل سنگ آهک‌های سیاه رنگ همراه با شیل‌های مارنی می‌باشد (درویش زاده ۱۳۸۳). سازند جیرود رخنمون‌های زیادی را در منطقه دامغان دارد و دارای فسیل‌های فراوانی از بازوپایان می‌باشد. رخنمون این سازند در محدوده مورد مطالعه دارای مساحت ۱۳۹/۸ کیلومترمربع است.

سازند مبارک: لیتولوژی این سازند بیشتر از سنگ آهک‌های سیاه رنگ دارای براکیوپودهای فراوان با تناوبی از شیل در بخش میانی و بالایی و مارن‌های سیاه رنگ در بخش قاعده‌ای تشکیل شده است. سازند مبارک در برش معدن بالاست (شمال غرب دامغان) به ضخامت حدود ۱۱۵ متر و همچنین در برش کوه لبنسار (شمال دامغان) به ضخامت حدود ۴۹۱ متر از رخنمون‌های درخور توجه کربنیفر زیرین در البرز شرقی به شمار می‌رود و دارای تنوع رخساره‌ای و فسیلی بسیار جالبی می‌باشد (قرائتی ۱۳۹۰).

سازندهای واقع در جنوب گسل عطاری:

سازند پادها: سن سازند پادها به دونین زیرین نسبت داده می‌شود. در محدوده مورد مطالعه این سازند با لیتولوژی ماسه سنگ‌های غالباً آرکوزی با میان لایه‌های نازکی از دولومیت زرد و شیل میکادار مشخص می‌شود که در ناودیس گردکوه به ۲۰ تا ۳۰ متر ماسه سنگ سفید رنگ ختم می‌گردد. گذر بالایی آن با سازند سیبزار تدریجی و هم شیب است. رخنمون آن در محدوده مطالعاتی، در حاشیه شمالی دشت، با روند غربی- شرقی و در حدود ۱۳ کیلومترمربع است (مهندسین مشاور طرح آبریز ۱۳۸۸).

سازند سیبزار: سازند سیبزار به سن دونین میانی بوده و به طور هم شیب بین سازند پادها (در زیر) و سازند بهرام (در بالا) قرار گرفته است. این سازند در منطقه شامل بیش از ۹۰ متر دولومیت زرد رنگ نازک لایه است که گاهاً حاوی باندهای چرتی نیز می‌باشد (قرائتی ۱۳۹۰). رخنمون آن در محدوده مطالعاتی، حدود ۲۵/۴ کیلومترمربع است.

سازند بهرام: این سازند دارای سن دوونین پسین بوده و بر روی سازند سیبزار قرار دارد. در محدوده مورد مطالعه سازند بهرام شامل تناوبی از دولومیت لایه‌ای و آهک به ضخامت ۲۰۰ تا ۲۵۰ متر است. این سازند از دور مانند دولومیت‌های سیبزار به نظر می‌رسد اما به واسطه لایه‌بندی منظم آن از نزدیک قابل تفکیک است. این سازند با توجه به لیتولوژی مناسب و عملکرد فرایندهای تکتونیکی و هوازدگی بر آن، ایجاد آبخوانی کارستی را در منطقه نموده است به طوری که منبع تغذیه برخی از چشمه‌های محدوده نظیر چشمه کلاغ‌آشیان و چشمه آب‌رندان آهک های این سازند می‌باشد. سازند بهرام در محدوده مطالعاتی با مساحت ۲۲/۹ کیلومترمربع گسترش دارد (مهندسین مشاور طرح آبریز ۱۳۸۸).

پرمین

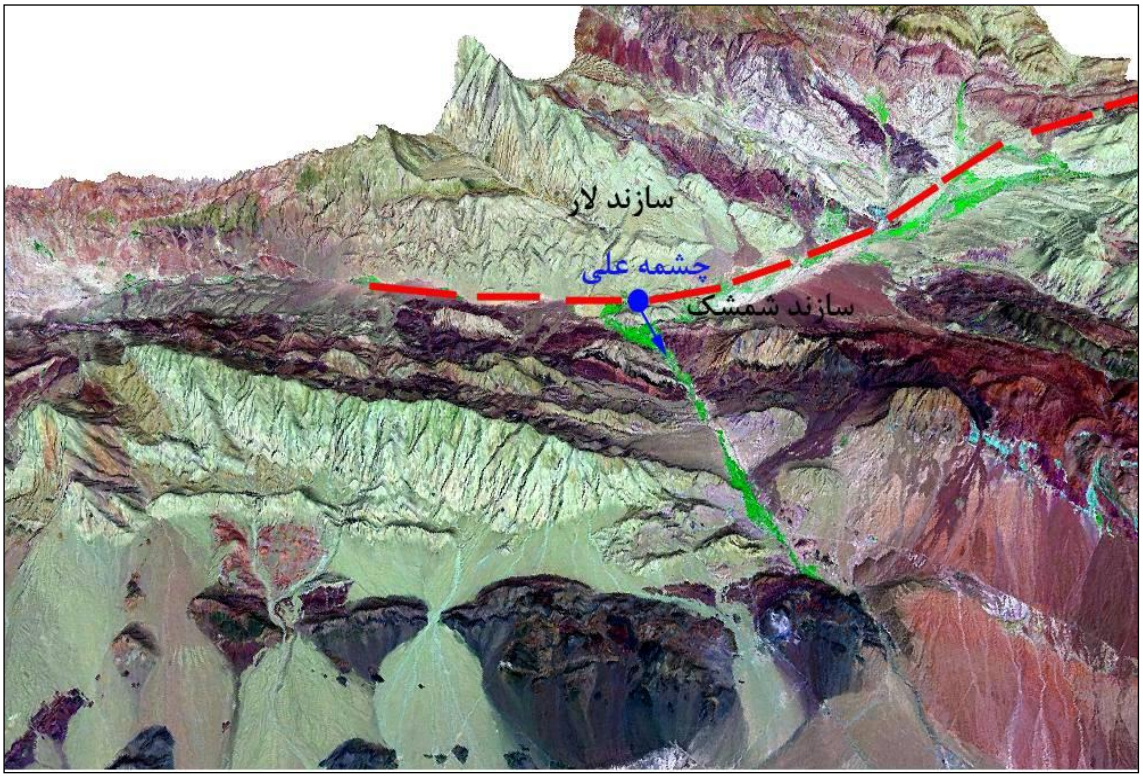
در این دوره سازندهای دورود و روته قرار دارند.

سازند دورود: این سازند حاصل نخستین چرخه رسوبگذاری پرمین البرز است. سازند دورود در محدوده مطالعاتی دامغان متشکل از کوارتزیت، ماسه سنگ و شیل می‌باشد و در کوه چهارلت بصورت دگرشیب بر روی سازندهای هم عرض جیرود با ضخامت حدود ۹۵ متر و با مساحت ۲۹/۸ کیلومترمربع رخنمون دارد. سن این سازند پرمین زیرین گزارش شده است.

سازند روته: همبری زیرین این سازند با ماسه سنگ‌های رأسی سازند دورود به صورت هم شیب بوده و همبری بالایی آن با یک ناپیوستگی هم شیب در زیر سازند الیکا (تریاس زیرین– میانی) قرار دارد. سازند روته به طور کلی از سنگ آهک‌های سیاه رنگ با منشا زیستی تشکیل شده و در بعضی از محل‌ها در قسمت قاعده‌ای دارای عدسی‌هایی از لاتریت می‌باشد. سن سازند روته، پرمین میانی-پسین تعیین شده است. در محدوده مورد مطالعه این سازند شامل آهک‌های سفید بلوری و آهک‌های خاکستری و به وسعت حدود ۱۱/۸ کیلومترمربع است. این سازند حاصل رسوبگذاری سیکل دوم رسوبی پرمین البرز است و معادل سازند جمال در جنوب گسل عطاری و شرق ایران مرکزی می‌باشد (آقانباتی۱۳۸۳).

۱-۷-۱-۲- نهشته‌های مزوزوئیک

در این دوران زمین‌شناسی شرایط مناسبی جهت رسوبگذاری کربنات کلسیم دربسیاری از نقاط ایران فراهم شده است به طوری که تمامی منابع آب کارستی منطقه مورد مطالعه نیز به این دوران مربوط می‌شود. تشکیلات الیکا، لار، آهک‌های کرتاسه بالایی و کرتاسه زیرین از جمله سازندهای کارستی این دوران زمین‌شناسی است که ارتفاعات محدوده مورد مطالعه را تشکیل می‌دهند و از نظر پتانسیل تأمین آب می‌توانند مورد توجه قرار گیرند. این سازندها باعث به وجود آمدن چشمه‌های متعددی در حاشیه شمالی منطقه شده‌اند. سازندهای دلیچای و شمشک با توجه به جنس رسوبات آن که نفوذناپذیر هستند، به عنوان سنگ کف برای سازندهای لار و آهک‌های کرتاسه محسوب می‌گردند. به عنوان مثال، چشمه‌علی نمونه‌ای از این چشمه‌هاست که قرارگیری آهک‌های کارستی لار بر روی سازندهای دلیچای و شمشک و عملکرد گسل منطقه، موجب رخنمون این چشمه درسطح زمین شده است (شکل ۱-۵).



شکل ۱-۵- رخنمون چشمه‌علی دامغان در کنتاکت گسلی سازندهای لار و شمشک در ناحیه شورتنگه

سازند الیکا: سازند الیکا با سن تریاس پیشین- میانی بر روی سازند نسن و با یک ناپیوستگی هم شیب در زیر سازند شمشک قرار دارد. این سازند در منطقه مورد مطالعه متشکل از آهک‌های توده‌ای ورمیکوله است که به سمت بالا به آهک‌های دولومیتی ضخیم لایه و دولومیت تغییر می‌کند. سازند الیکا از نظر مورفولوژی، ایجاد ستیغ‌هایی در منطقه نموده است و در محدوده مطالعاتی دارای وسعتی حدود ۱۱۸ کیلومترمربع می‌باشد. این سازند با توجه به جنس رسوبات آن که شامل آهک و دولومیت توده‌ای می‌باشد، نقش مؤثری در تشکیل آبخوان‌های کارستی در منطقه ایفا می‌کند. سازند الیکا دارای اختصاصات کارستیک از قبیل شکاف‌های طولی عمیق (کارن‌ها)، غارها، حفره‌های بزرگ و مناظر لانه کبوتری با فرسایش خشن می‌باشد ولی نسبت به سازندهای لار و آهک‌های کرتاسه از درجه کارستی شدن کمتری برخوردار است و در آن درزه‌های باز کمتر دیده شده و یا اصلاً وجود ندارد. از عوامل موثر در کارستی شدن این سازند می‌توان به خردشدگی شدید، انحلال پذیری مناسب و نیز دریافت نزولات جوی بیشتر به علت داشتن ارتفاع زیاد و ستیغ‌ساز بودن آن اشاره کرد (مهندسین مشاور طرح آب‌ریز ۱۳۸۸).

سازند شمشک: این سازند با سن رتو- لیاس در محدوده مورد مطالعه از سه بخش تشکیل شده است. ۱) بخش ماسه سنگ زیرین با ضخامت بیش از ۵۰۰ متر که فاقد زغال است، ۲) سری زغال‌دار زیرین با ضخامت حدود ۱۱۰۰ متر مشتمل بر شیل، ماسه سنگ، رس سنگ و دو افق زغالی با ضخامت حدود ۵۰ سانتی‌متر و بالاخره سری زغال‌دار بالایی شامل ماسه سنگ سبز، شیل، میان لایه-های آتشفشانی و با یک لایه بلمنیت‌دار در قسمت قاعده و یک افق زغالی در بالا. این نوع لیتولوژی می‌تواند نقش عامل غیر قابل نفوذ و سنگ کف را برای سازندهای آبدار منطقه به خصوص آهک‌های لار و آهک‌های کرتاسه ایفا کند. این سازند در محدوده مطالعاتی پراکندگی وسیعی دارد و ۴۲۱/۶ کیلومترمربع را به خود اختصاص می‌دهد. این سازند با توجه به وجود شیل‌ها و زغال‌های بین لایه‌ای، بر کیفیت منابع آب و محیط زیست تاثیر منفی دارد (شکل۱-۶). سازند شمشک در تمام نواحی شمالی منطقه به همراه سازندهای کرتاسه فوقانی و به خصوص سازند لار بوده و گسترش اصلی آن بیشتر در نواحی طرزه و کوه لالان می‌باشد.

شکل۱-۶- سازند شمشک در روستای دروار واقع در ۱۲ کیلومتری شمال‌غرب قوشه (مهندسین مشاور طرح آبریز ۱۳۸۸)

سازند دلیچای: این سازند با سن ژوراسیک میانی (باژوسین– آکسفوردین) روی سازند شمشک و زیر سازند لار قرار گرفته است و از آهک‌های مارنی و ماسه‌ای نازک لایه، با لایه‌بندی منظم و با میان لایه-هایی از شیل مارنی تشکیل شده و دارای آمونیت‌های فراوان است. این سازند در منطقه مورد مطالعه با مساحت ۴۳/۷ کیلومترمربع رخنمون دارد و با توجه به جنس رسوبات آن که نفوذناپذیر هستند، همانند سازند شمشک به عنوان سنگ کف برای سازندهای آبدار جوان‌تر از خود محسوب می‌گردد. اغلب چشمه‌های موجود در منطقه مورد مطالعه در محل برخورد سازندهای آبدار لار و آهک‌های کرتاسه با سازندهای فوق ظهور پیدا کرده‌اند که از جمله آن‌ها می‌توان به چشمه‌علی دامغان اشاره کرد (مهندسین مشاور طرح آبریز ۱۳۸۸).

سازند لار: سازند آهکی لار با سن ژوراسیک بالایی (آکسفوردین– کیمرجین) روی سازند دلیچای و زیر ژیپس و ملافیرها یا آهک‌های کرتاسه زیرین قرار می‌گیرد. این سازند بلندترین ارتفاعات منطقهٔ دامغان را تشکیل می‌دهد و به دو بخش قابل تفکیک است. بخش پایینی که از حدود ۱۵۰ تا ۲۰۰ متر لایه‌های آهکی با باندها و گرهک‌های فراوان چرتی تشکیل شده است و بخش بالایی که مشتمل بر ۵۰۰ تا ۶۰۰ متر آهک‌های ضخیم لایه سفید- خاکستری صخره‌ساز با مقدار کمی چرت می‌باشد.

سازند لار در ارتفاعات شمال دامغان با مساحت ۴۱۴/۲ کیلومترمربع گسترش دارد و به علت خرد شدگی زیاد، انحلال مناسب آهک‌ها، وجود درز و شکاف‌های فراوان توسعه یافته و نیز دریافت نزولات جوی بیشتر به علت ستیغ‌ساز بودن و داشتن ارتفاع زیاد، بالاترین درجه کارستی شدن را در بین سازندهای محدوده متحمل شده است و غنی‌ترین منابع آب زیرزمینی را در نواحی کوهستانی منطقه تشکیل می‌دهد. وجود مناظر لانه کبوتری و غار از ویژگی‌های خاص آهک‌های ضخیم لایه این سازند می‌باشد. آهک‌های مذکور با کمک تکتونیک محلی نقش مهمی در ایجاد چشمه‌ها نظیر چشمه‌علی، چشمه قلقل، چشمه نصرت‌آباد و چشمه‌های منطقه چهارده دامغان و یا تغذیه سفره آب زیرزمینی ایفا می‌کند، به گونه‌ای که بخش قابل توجهی از آب مصرفی شهر دامغان و تغذیهٔ سفرهٔ آب زیرزمینی آن، از طریق آب چشمه‌علی تأمین می‌گردد. در منطقه چهارده دامغان نیز از کنتاکت آهک‌های لار با سازند توفی کرج، تعدادی چشمه با دبی نسبتاً مناسب، به وجود آمده است (مهندسین مشاور طرح آبریز ۱۳۸۸).

کرتاسه زیرین

در حد فاصل ژوراسیک با کرتاسه، در نتیجه حرکات تکتونیکی مربوط به سیمرین پسین، دریا از مناطق شمالی و مرکزی ایران دور شده و خشکی‌های وسیع و متعددی با حوضه‌های رسوبگذاری متنوع تشکیل یافته است. بعد از این فاز بخش‌های شمال گسل عطاری و جنوب آن سرنوشت‌های مختلفی را در کرتاسه زیرین و بالایی نشان می‌دهند که در زیر به آن اشاره می‌شود (آقانباتی۱۳۸۳).

سازندهای واقع در جنوب گسل عطاری:

در کوه تک اورس و قارقارو، لایه‌های آهکی خاکستری تیره‌ای دیده می‌شود که عمدتاً شامل آهک و آهک دولومیتی است و از نظر چینه شناسی احتمالاً به رخساره آهک اربیتولن دار بارمین و آپسین که در کرتاسه زیرین در ایران مرکزی گسترش داشته است، مشابهت دارد. این آهک‌ها دارای درز و شکاف‌های فراوان، مناظر لانه کبوتری، غار و حفرات وسیع انحلالی در خود بوده و به عنوان منبع آب زیرزمینی کارستی، در منطقه به شمار می‌آیند. احتمالاً امتداد آهک‌های کرتاسه پایینی در غرب امیرآباد در زیر رسوبات دشت موجب تشکیل لایه‌های آب‌دار درز و شکاف‌دار در این ناحیه گردیده است (مهندسین مشاور طرح آبریز ۱۳۸۸).

سازندهای واقع در شمال گسل عطاری:

کرتاسه فوقانی

پیشروی دریای کرتاسه در البرز (منطقه مورد مطالعه)، در کرتاسه بالایی بعد از فاز استرین و به صورت کنگلومرا و گدازه‌های اسپیلیتی دگرشیب بر روی سازند لار مشخص می‌شود که با عمیق‌تر شدن دریا به رخساره آهک رودیستی (سازند تیزکوه) تبدیل شده است (آقانباتی۱۳۸۳). آهک‌های کرتاسه فوقانی نیز با توجه به خردشدگی شدید، انحلال مناسب آهک‌ها و تأثیر هوازدگی در توسعهٔ درز و شکاف آن‌ها، نقش به‌سزایی را در ایجاد آبخوان‌های کارستی در منطقه ایفا می‌کند. چشمه فیخار و چند چشمه دیگر در منطقه از این آهک‌ها تغذیه می‌شوند (مهندسین مشاور طرح آبریز ۱۳۸۸).

سازند تیزکوه: این سازند در منطقه مورد مطالعه از سنگ آهک‌های ضخیم لایه و توده‌ای تشکیل شده که دارای فسیل‌های رودیست و اربیتولین فراوان می‌باشد. سازند تیزکوه به صورت هم شیب بر روی طبقات آهکی سازند لار و با یک ناپیوستگی دگر شیب در زیر طبقات آواری قرمز رنگ سازند فجن قرار دارد. آهک‌های مذکور دارای درجهٔ خلوص بالایی بوده، لذا میزان انحلال و به تبع آن افزایش حجم درزه‌ها و شکاف‌ها در آن‌ها با شدت بیشتری صورت می‌گیرد. عوامل دیگری نظیر دریافت نزولات جوی بیشتر به دلیل ستیغ‌ساز بودن و نیز برودت هوا به علت داشتن ارتفاع زیاد، همگی سبب انحلال و جذب بیشتر گاز کربنیک در آب‌های نفوذی و جاری در این سازند شده و در نهایت به کمک نیروهای تکتونیکی موجب توسعه درز و شکاف‌ها و به تبع آن ذخیره آب در این سازند گردیده است (مهندسین مشاور طرح آبریز ۱۳۸۸).

۱-۷-۱-۳- نهشته‌های سنوزوئیک

رسوبات این دوران بیشتر از نوع کنگلومرا، ماسه سنگ، مارن و مارن‌های ژیپس‌دار، نمک، توف و توف‌های آندزیتی و کمی آهک و آهک مارنی می‌باشد که با توجه به جنس آن‌ها از لحاظ هیدروژئولوژی اهمیت چندانی ندارند. این رسوبات باعث افزایش املاح آب‌های منطقه و شور شدن

آن‌ها می‌گردند.

سازند فجن: این سازند از نهشته‌های دریایی پالئوسن در منطقه دامغان می‌باشد که در روی سازند تیزکوه به حالت دگرشیبی زاویه‌دار و در زیر سازند زیارت به حالت هم شیب دیده می‌شود. از نظر سنگ شناسی شامل کنگلومرای پلی‌ژنتیک، ماسه سنگ قرمز و مارن‌های ماسه‌ای است و در آن تناوبی از آگلومرا و گدازه‌های آندزیتی دیده می‌شود. سازند فجن در غرب و شمال غرب دامغان، ۴۲/۱ کیلومترمربع رخنمون دارد که به دلیل سیمانی‌شدن و نداشتن درز و شکاف، به لحاظ هیدروژئولوژی فاقد اهمیت می‌باشد.

سازند زیارت: این سازند دارای سن پالئوسن تا ائوسن میانی است. همبری زیرین سازند زیارت با سازند فجن و همبری بالایی آن با توفیت‌های سبز سازند کرج به حالت هم شیب می‌باشد. سازند زیارت در محدوده مورد مطالعه از آهک نومولیتی ماسه‌ای، شیل و مارن به ضخامت بیش از ۱۵۰ متر تشکیل شده و دارای مساحتی حدود ۸/۱ کیلومترمربع می‌باشد. عملکرد فرایندهای انحلالی در آهک-های این سازند در برخی مناطق تشکیل آبخوان کارستی را داده است. چشمه قلقل نیز از حد فاصل سازندهای لار و زیارت سرچشمه می‌گیرد و از نظر کیفی احتمالاً تحت تأثیر هر دو سازند می‌باشد (مهندسین مشاور طرح آبریز ۱۳۸۸).

سازند کرج: این سازند در پی افزایش عمق حوضه رسوبی در اوایل ائوسن میانی و بر اثر فعالیت‌های متناوب ساب وکلانیسم، در دریای ائوسن میانی به وجود آمده است (آقانباتی۱۳۸۳). سازند کرج در محدوده مطالعاتی شامل توف‌های سبز رنگ، شیل توفی، ماسه سنگ و گدازه است که در طول جادهٔ دامغان-روستای چهارده ضخامت زیادی داشته و وسعت آن حدود ۱۸۷/۱ کیلومترمربع است. سازند کرج مهمترین سازند غیر کربناته تراوا در منطقه بوده که تحت عملکرد سیستم گسل‌های موجود به صورت موزائیکی شکسته شده است. این شکستگی‌ها غالباً از گسترش سطحی و عمقی برخوردار می-باشند و موجب تراوایی نسبتاً خوب این توف‌ها شده است (مهندسین مشاور طرح آبریز ۱۳۸۸). (شکل ۱-۷).

شکل۱-۷- سرچشمه چهارده که از سازند توفی کرج منشا می‌گیرد (مهندسین مشاور طرح آبریز۱۳۸۸).

سازند سرخ میوسن: سن این سازند الیگوسن– میوسن می‌باشد. در محدوده مورد مطالعه، این سازند شامل مارن سرخ تا سبز زیتونی است که در غرب دامغان و نیز در امتداد جاده دامغان- شاهرود به صورت تپه‌های ممتدی مشاهده می‌شوند. این سازند به علت عدم تراوایی، نقش سنگ کف را در مناطق کوهپایه‌ای و کوهستانی ایفا می‌کند.

سازند هزار دره: این سازند به سن پلیو- پلئیستوسن بوده و در محدوده مطالعاتی دامغان از حدود ۱۰۰ متر کنگلومرا با سیمان سست و قلوه سنگ‌های خوب گرد شدهٔ دارای لایه‌بندی و شیب حداکثر ۱۰ درجه تشکیل یافته و در تپه‌های جنوب روستای چهارده و شمال شرق دامغان رخنمون دارد (قرائتی۱۳۹۰). این سازند به لحاظ هیدروژئولوژی اهمیت چندانی ندارد.

۱-۷-۱-۴- کواترنری

در اوایل این دوران فاز کوهزایی پاسادنین رخ داد که موجب چین خوردگی سازندهای قدیمی‌تر

و تکامل مورفولوژی فلات ایران شده است. نهشته‌های این دوران بخش وسیعی از کوهپایه‌ها و نیز کف غالب دره ها و آبراهه‌ها را می‌پوشاند و در بستر رودخانه‌ها تشکیل پادگانه‌های آبرفتی را می‌دهند (آقانباتی۱۳۸۳). وجود این رسوبات مخروط افکنه‌ای درشت دانه با بیشترین تراوایی و هدایت هیدرولیکی قائم در ابتدای دشت و با توجه به بالاتر بودن میزان نزولات جوی در این ناحیه، به تغذیه مناسب آبخوان کمک می‌کند. عناصر رسوبات مخروط افکنه‌ای از جهت ارتفاعات به طرف دشت دانه ریزتر می‌گردند. این رسوبات ابتدا با شیب تند و سپس شیب ملایم به دشت‌های آبرفتی کواترنری منتهی می‌شوند که از ته نشست مواد دانه ریز سیلاب‌ها به وجود آمده‌اند و کل دشت دامغان را می-پوشانند. این رسوبات در جاهایی از منطقه که از وضعیت دانه‌بندی مناسبی برخوردار بوده و میزان بارش در مقایسه با میزان تبخیر بیشتر باشد و یا اینکه در ارتباط هیدرولیکی جانبی با سازند های آبدار تراوای مجاور باشند، می‌توانند آبدهی مناسبی داشته باشند. در بسیاری از نقاط وجود تشکیلات دوران سنوزوئیک باعث افزایش املاح این رسوبات و کاهش کیفیت آب موجود در این تشکیلات شده است. تغییر شرایط رسوبگذاری و تناوب آن در طی زمان، موجب تشکیل لایه‌هایی با تراوایی کم و زیاد شده است که در نتیجه آن، آبخوان‌های تحت فشار و آزاد را در دشت دامغان تشکیل داده است (مهندسین مشاور طرح آبریز ۱۳۸۸).

رسوبات دشت دامغان را می‌توان بر مبنای لیتولوژی (اندازه و جنس ذرات)، چینه شناسی (با استفاده از پادگانه‌ها) و ژئومورفولوژی (بادبزن آبرفتی و ...) در دسته‌های زیر تقسیم‌بندی کرد:

نهشته‌های آبرفتی

این رسوبات بیشتر در حواشی دشت و کف مسیل‌ها گسترش دارند و اندازه ذرات آن‌ها رو به شمال افزایش می‌یابد. به علت پایین رفتن سطح اساس فرسایش (چاله دامغان) در طول زمان و ایجاد پادگانه‌های آبرفتی و تغییر در رژیم سیلابی، این امکان وجود داشته است که این نهشته‌ها را به ۳ واحد چینه شناسی مختلف به شرح زیر تفکیک کرد:

واحد Q_{t1}: این واحد در دره تویه– درروار، ضخامتی حدود ۲۵ متر داشته و به عنوان مرتفع‌ترین پهنه رسوبی نواحی پدیمنتی منطقه شناخته می‌شود. ذرات آن فاقد جورشدگی و اندازه آن‌ها در حد قلوه سنگ و حتی بزرگتر می‌باشد و سیمان آن بسیار ضعیف است (شکل۱-۸).

شکل۱-۸- واحد Q_{t1} در مجاورت روستای صح واقع در ۱۰ کیلومتری شمال غرب قوشه

واحد Q_{t2}: این واحد بر روی Qt_1 قرار دارد. اندازه ذرات آن کوچکتر از Qt_1 می‌باشد و از پادگانه‌ها و بادبزن‌های آبرفتی جدیدتر نظیر بادبزن آبرفتی دامغان تشکیل شده است.

واحد Q_{a1}: این واحد آبرفت‌های عهد حاضر را شامل می‌شود و به ۳ بخش قابل تفکیک هستند.

- رسوبات کف کانال مسیل‌ها و رودخانه‌ها که بخش عمده‌ای از این واحد را تشکیل می‌دهد.

- دشت‌های سیلابی درشت دانه که پراکندگی کمی دارند. این آبرفت‌ها دانه درشت بوده و از گردشدگی خوبی برخوردار هستند.

- بادبزن‌های آبرفتی در حال تشکیل که از این نمونه می توان، بادبزن آبرفتی غرب امیر آباد را نام برد. جورشدگی این رسوبات خوب نیست و از نظر رسوب شناسی به فرم نابالغ[1] هستند. این رسوبات با دور شدن از منشأ، به طور بین انگشتی به رخساره‌های رسی و پلایایی تبدیل می‌شوند.

[1] Immature

نهشته‌های سیلابی ریز دانه Q_{sc}

این رسوبات تقریباً کل دشت دامغان را پوشانده و شامل ماسه رسی، رس ماسه‌ای و رس هستند که گاهاً دارای میان لایه‌های درشت دانه‌تر نیز می‌باشند. این رسوبات حاصل رسوبگذاری مواد دانه ریز سیلاب‌ها بعد از نقطهٔ تقاطع بادبزن‌های آبرفتی هستند، از این رو دارای ضخامت زیادی می‌باشند. این سکانس در واقع نواحی با تراوایی زیاد دشت را به نواحی کم تراوای آن مربوط می‌سازد و دارای بیشترین آنیزوتروپی می‌باشد. پیدایش این رسوبات مرهون شیب ملایم جلگه‌ها و کاهش سرعت جریان آب است. تغییر شرایط رسوبگذاری و تناوب آن در طی زمان، موجب تشکیل لایه‌های با تراوایی متفاوت شده و آبخوان‌های تحت فشار و آزاد را در دشت دامغان تشکیل داده است. گاهاً وجود لنزهای رسی در این رسوبات تشکیل سفره‌های معلق را نیز می‌دهد.

نهشته‌های بادرفتی

این رسوبات در منطقه به دو صورت متفاوت وجود دارند.

رسوبات سریر[1]: این رسوبات از دانه‌های ریگ و ماسهٔ درشت با جورشدگی بد یا متوسط تشکیل شده‌اند و ضخامت آن‌ها بسیار ناچیز است. این رسوبات دشت‌های ریگی منطقه را تشکیل می‌دهند.

رسوبات ماسه بادی: گردشدگی این رسوبات خوب و تشکیل تپه‌های ماسه‌ای و پهنه‌های بین آن‌ها را می‌دهند. جنس آن‌ها از ماسه بسیار ریز و به رنگ قهوه‌ای کم رنگ می‌باشند. این تپه‌ها برجستگی-های مخروط مانندی را در غرب چاله دامغان به وجود می‌آورند و تا شرق روستاهای علیان، صلح آباد، حسن آباد، کبوترخان و سلطانیه ادامه دارند (مهندسین مشاور طرح آبریز ۱۳۸۸).

نهشته‌های پلایایی (Q^{mf} و Q^{sf})

این رسوبات بر اثر زهکشی و تبخیر آب‌های زیرزمینی کم عمق این ناحیه و آب‌های سطحی جمع شده در آن به وجود آمده و عبارتند از:

پهنه‌های گلی[2]**:** این نهشته‌ها با واحد Q^{mf} مشخص شده و عمدتاً از رس شوری تشکیل شده‌اند که بر

[1] Serir
[2] Mud Flats

اثر زهکشی آب‌های زیرزمینی و آب‌های سطحی نمناک است و غالباً دارای ترک‌های گلی می‌باشد.

پهنه‌های نمکی[1]: این رسوبات با واحد Q^{sf} مشخص شده و از نمک و سایر تبخیری‌ها تشکیل شده‌اند.

لازم به ذکر است که مرز این دو واحد رسوبی تدریجی می‌باشد. به این ترتیب که از حاشیه پلایا به سمت مرکز، به تعداد لکه‌های سفید نمکی بر روی پهنه‌های گلی افزوده می‌شود تا اینکه در مرکز پلایا، تشکیل پهنه‌های نمکی را می‌دهد (شکل۱-۹).

شکل۱-۹- پهنه‌های نمکی کویری واقع در جنوب دشت دامغان (برگرفته از www.irandeserts.com)

۱-۷-۲- تکتونیک ناحیه‌ای

منطقه مورد مطالعه در غربی‌ترین بخش زون ساختاری البرز شرقی و در دامنه جنوبی این رشته کوه واقع شده است لذا عمده ساختارهای تکتونیکی این منطقه، روندهای البرز شرقی (NE-SW) را دنبال

[1] Salt Flats

می‌کنند. این منطقه از ورقه‌های متعددی که روی همدیگر رانده شده‌اند، به وجود آمده است. شواهد همگی دال بر راندگی از شمال به جنوب می‌باشد. وجود گسل‌های جوان کواترنر نیز مؤید فعالیت جاری نیروهای زمین‌ساختی در منطقه است. چشمه‌های واقع در محدوده مطالعاتی منطبق بر روند کلی گسل‌ها و چین خوردگی‌ها هستند که نشان می‌دهد، چشمه‌ها اغلب از عملکردهای تکتونیکی در سازندهای سخت به وجود آمده‌اند. در برخی مناطق به علت عملکرد گسل‌ها ارتباط هیدرولیکی آبخوان سازند سخت و دشت قطع شده و گسل همانند یک سد هیدرولیکی باعث تغییر ناگهانی تراز آب زیرزمینی در دو سوی خود شده است (مهندسین مشاور طرح آبریز ۱۳۸۸). در این مبحث گسل‌ها، چین‌خوردگی‌ها و درزه و شکاف‌های منطقه بیان می‌شوند:

۱-۷-۲-۱- گسل‌ها

پراکندگی هندسی واحدهای چینه شناسی مختلف، نتیجهٔ فعالیت‌های تکتونیکی حاکم بر منطقه است. از نظر ساختمانی، دشت دامغان یک چاله تکتونیکی با روند شمال شرقی- جنوب غربی بوده و گسل‌های زیادی را شامل می‌شود که نقش تعیین کننده‌ای، در زمین‌ساخت منطقه و نیز در وضعیت هیدروژئولوژیکی دشت مورد مطالعه ایفا می‌کنند. این گسل‌ها عبارتند از :

گسل عطاری: این گسل در ۲۵ کیلومتری شمال جاده تهران- مشهد، در حد فاصل دشت قوشه با ارتفاعات شمالی آن قرار دارد. حد غربی این گسل احتمالاً در دشت آهوان– قوشه با زاویه‌ای به گسل سمنان می‌پیوندد و امتداد شرقی آن در محدوده دشت دامغان یک سیستم گسلی را تشکیل می‌دهد که در زیر رسوبات دشت دامغان پنهان می‌شود و احتمالاً به گسل میامی در حدود ۱۰۰ کیلومتری شرق آن ختم می‌شود. در نقشه زمین شناسی بلوک دامغان، در امتداد این گسل، سنگ‌های دونین زیرین رخنمون دارد، از این رو می‌توان آنرا مرز جدا کننده زون البرز و ایران مرکزی در این ناحیه دانست (آقانباتی۱۳۸۳).

سیستم گسل طزره: این سیستم گسله تقریباً روندی شرقی– غربی دارد و مهمترین گسل آن، گسل طزره است که از نوع تراستی با شیب به سمت شمال می‌باشد. در محدوده شمال دامغان و در سطح

این گسل سازندهای قدیمی‌تر نظیر سازند لالون و نهشته‌های دونین بر روی رسوبات پرمین و ژوراسیک رانده شده‌اند. طول این گسل در حدود ۶۰ کیلومتر می‌باشد.

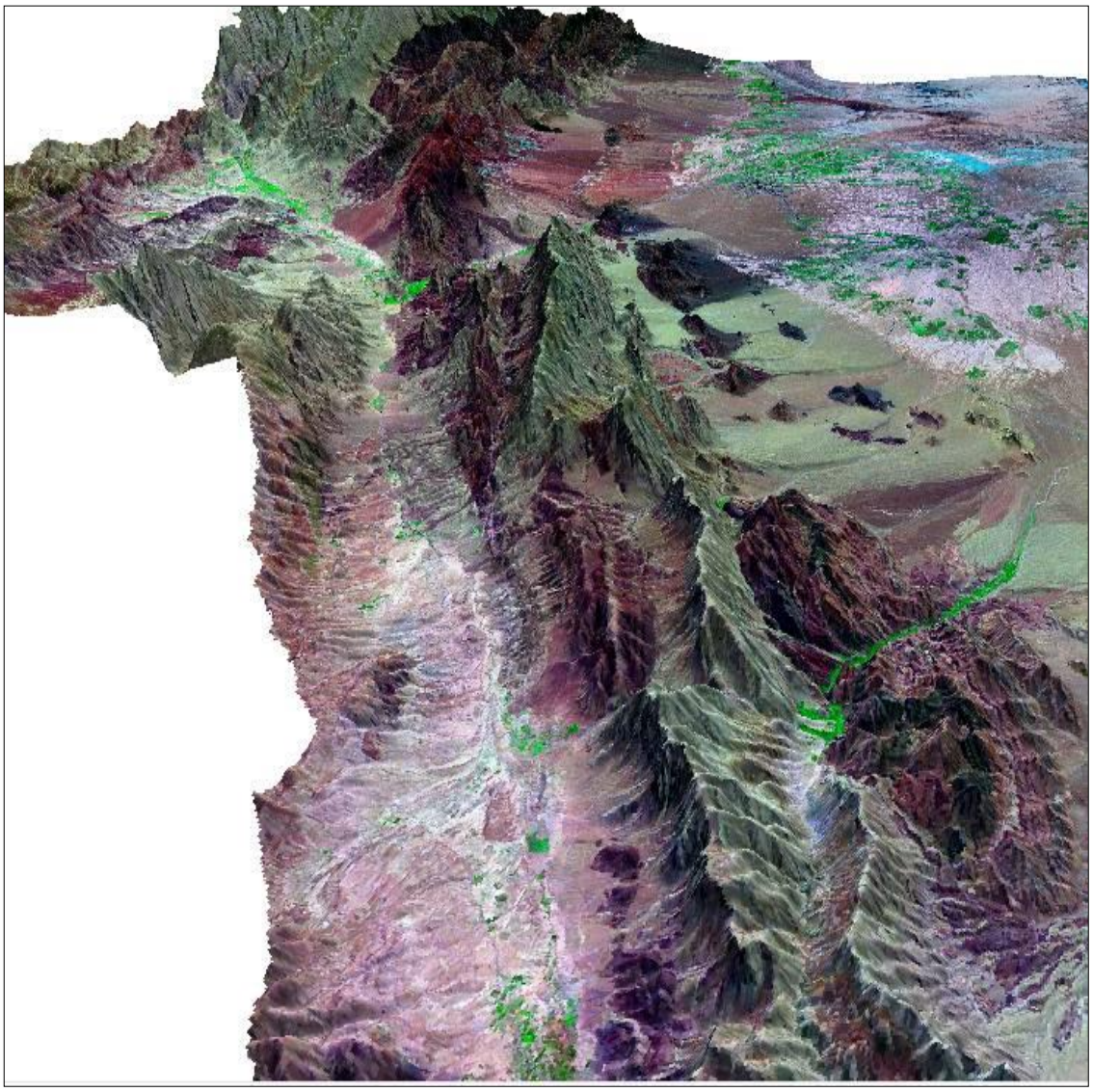
گسل صبور (دامغان): این گسل در شمال دامغان روندی شرقی– غربی داشته و منطبق بر گسل عطاری است اما به سمت شرق از گسل عطاری فاصله می‌گیرد. گسل صبور از نوع راندگی بوده و اثر آن در جاده دامغان- چشمه‌علی در درهٔ رودبار به صورت کنتاکت کنگلومرای پلیو- پلیستوسن با سازند کرج قابل مشاهده است و در طول شرقی آن سازند شمشک در مجاورت کنگلومرای نئوژن قرار می‌گیرد.

گسل شمال دامغان: این گسل با امتداد شرقی– غربی، از ۱۰ کیلومتری شمال شهر دامغان می‌گذرد و به دلیل اینکه نهشته‌های کواترنری را قطع می‌نماید، معرف یک گسل کواترنری است. این گسل دقیقاً در مرز بین دشت و ارتفاعات عمل نموده و مؤید فعالیت امروزهٔ نیروهای زمین‌ساختی در منطقه است. درازای این گسل حدود ۱۰۰ کیلومتر بر آورد می‌شود و از دو بخش شرقی و غربی تشکیل شده است. بخش شرقی (از شمال دامغان تا ده‌ملا) از نوع گسل نرمال به طول ۵۳ کیلومتر می‌باشد که بلوک جنوبی آن پایین افتادگی دارد. بخش غربی (از شمال دامغان تا گردنه آهوان) از نوع گسل راندگی با شیب به سمت جنوب می‌باشد که بلوک شمالی آن پایین افتادگی دارد (بربریان و همکاران ۱۳۷۵). این گسل تقریباً در ۴ کیلومتری جنوب گسل صبور (دامغان) قرار دارد و به سمت شرق در زیر آبرفت‌های جوان جنوب غربی شاهرود پوشیده می‌شود. در اثر عملکرد گسل شمال دامغان مجموعه‌ای از رسوبات دانه ریز به صورت سدی هیدرولیکی در مجاورت رسوبات دانه درشت‌تر مخروط افکنه‌ای قرار گرفته‌اند و باعث قطع شدن ارتباط هیدرولیکی این نواحی با نواحی بالادست و تغییر ناگهانی تراز آب زیرزمینی در دو سوی این گسل شده‌اند. این مسئله موجب کاهش میزان قابلیت انتقال در قسمت‌های میانی دشت شده و در نتیجه میزان تغذیه آب زیرزمینی از بالادست و متعاقباً توان آبدهی آبخوان را کاهش داده است (مهندسین مشاور طرح آب‌ریز ۱۳۸۸).

گسل چشمه‌علی: این گسل دارای امتداد شمال‌شرقی- جنوب‌غربی بوده و سازندهای لار (تراوا) و شمشک (ناتراوا) را در کنار هم قرار داده است و موجب شده تا چشمه‌علی با دبی بالایی ظهور یابد.

۱-۷-۲-۲- چین خوردگی‌ها

چین‌خوردگی‌های موجود در منطقه، عمدتاً دارای روند شمال‌غربی– جنوب‌شرقی می‌باشند (شکل۱-۱۰). این چین خوردگی‌ها نقش مؤثری در ایجاد آبخوان‌های کارستی منطقه داشته‌اند. اهمیت چین‌خوردگی‌ها در ایجاد آبخوان کارستی و پیشرفت کارست‌شدگی به دلیل ایجاد گسل‌ها و شکستگی‌های در فاز چین‌خوردگی و افزایش تخلخل ثانویه و نیز هدایت آب‌های کارستی در مسیرهای جریان موازی با محور چین می‌باشد.



شکل۱-۱۰- نمایی سه بعدی از تاقدیس‌های شمال دشت دامغان

۱-۷-۲-۳- درزه‌ها

در محدوده مطالعاتی دامغان، درزه‌ها و شکستگی‌ها غالباً روند شمال شرقی– جنوب غربی دارند. (مهندسین مشاور کوبان کاو، ۱۳۶۳). این درز و شکاف‌ها همراه با گسل‌ها و ناپیوستگی‌ها از عوامل اصلی گذر آب‌های سطحی به عمق و تغذیهٔ آبخوان‌های زیرزمینی می‌باشند.

۱-۸- هیدرولوژی و هیدروژئولوژی منطقه

در نواحی خشک، متوسط بارندگی کمتر از ۱۶۰ میلیمتر در سال، درجه حرارت بالا و تبخیر بسیار زیاد است (علیزاده ۱۳۹۱). در این مناطق بارندگی میل به متمرکز شدن در چند بارش شدید دارد که طی آن‌ها بخش عمده‌ای از بارش سالانه صورت می‌گیرد. تحت چنین شرایطی آب‌های سطحی به مدت طولانی نمی‌تواند وجود داشته باشد و رودخانه‌های دائمی وجود ندارند. اقلیم خشک، بارش کم و تبخیر بالا، تغذیه آبخوان را محدود می‌سازد و منجر به یک چرخهٔ هیدرولوژی بطئی و کند می‌شود. با توجه به قرارگیری دشت دامغان در بخش خشک و نیمه‌خشک کشور با بارش اندک (به طور متوسط ۱۰۷ میلیمتر در سال)، این دشت نیز تقریباً فاقد هرگونه منابع آب سطحی می‌باشد. رودخانهٔ چشمه‌علی نیز که مهمترین رودخانهٔ دائمی این شهرستان می‌باشد، در واقع از چشمه‌ای کارستی به همین نام، در ارتفاعات شمالی مشرف به دشت دامغان سرچشمه می‌گیرد و پس از طی مسافتی در حدود ۲۰ کیلومتر و گذر از نواحی کوهستانی شمالی وارد دشت دامغان شده و به سد شهید شاهچراغی می‌ریزد. لذا تقریباً تمام نیاز آبی دشت دامغان از منابع آب زیرزمینی و به صورت چاه، چشمه و قنات تأمین می‌گردد. بر اساس بررسی‌های ژئوفیزیکی (مهندسین مشاور لار ۱۳۷۰) و نیز اطلاعات حاصل از لاگ‌های حفر شده در سطح دشت (مهندسین مشاور طرح آبریز ۱۳۸۸)، در این دشت یک آبخوان آزاد و یک آبخوان تحت فشار شناسایی شده است که سالانه حجم آبی معادل ۱۵۳ میلیون متر مکعب را توسط ۹۴۷ حلقه چاه، ۴ رشته قنات و ۸ چشمه تخلیه می‌کنند. از دیدگاه نوع مصرف بیشترین حجم مصرف آب این دشت در بخش کشاورزی و به میزان ۱۳۹/۱۳ میلیون متر مکعب در سال می‌باشد. از این نکته می‌توان دریافت که ایجاد تغییرات اساسی در الگوی مصرف آب در

بخش کشاورزی، تأثیر بسزایی در کنترل میزان افت آب زیرزمینی در آبخوان خواهد داشت. همچنین حجم کل آب مصرفی در این دشت که به مصرف شرب و بهداشت می رسد برابر با ۱۱/۴۸ میلیون متر مکعب در سال و برای مصارف صنعتی نیز برابر با ۲/۴۹ میلیون متر مکعب در سال می‌باشد.

دشت دامغان عمدتاً از آبرفت‌های عهد حاضر، در قالب مخروط افکنه‌ها و دشت‌های سیلابی پوشیده شده است. این رسوبات ابتدا با شیب تند و سپس با شیب ملایم به نواحی کویری جنوب دشت (کویر چاه جام) منتهی می‌شوند. اندازهٔ این رسوبات از سمت ارتفاعات شمالی به طرف جنوب دشت کاهش می‌یابد. از نظر ساختمانی دشت دامغان یک چاله تکتونیکی است و گسل‌های زیادی در ارتفاعات مجاور آن شناسایی شده‌اند که نقش بسزایی در ایجاد وضعیت هیدروژئولوژیکی دشت ایفا می‌کنند. مهمترین تاثیر آن‌ها جابه‌جایی رسوبات دانه درشت و دانه ریز در سطح دشت و تشکیل آبخوان‌های تحت فشار، معلق و آزاد است. بررسی نتایج حاصل از مطالعات ژئوفیزیکی، مجموعه لاگ-های حفاری و مقاطع دانه‌بندی رسوبات در محدودهٔ مطالعاتی دامغان گویای این واقعیت است که علیرغم وجود رسوبات دانه درشت مخروط افکنه‌ای در لاگهای حفر شده در پای دامنه مخروط افکنه‌ها به سمت قسمت میانی دشت تغییر دانه‌بندی ناگهانی بوده و از الگوی یکنواخت تغییرات تدریجی دانه-بندی در محیط‌های سیلابی تبعیت نمی‌نماید، به طوری که اگر روند عادی تغییر اندازه رسوبات از دانه درشت به دانه ریز که مشخصهٔ محیط‌های سیلابی است در اینجا نیز طی شده بود، بایستی میزان قابلیت انتقال در قسمت‌های میانی دشت بیشتر و در نتیجه توان آبدهی آبخوان نیز بالاتر بود. اما مجموعه‌ای از شرایط رسوبگذاری و تکتونیکی موجب شده تا در این محدوده یک آبخوان آزاد و یک آبخوان تحت فشار توأماً تشکیل شود. آبخوان آزاد در قسمت‌های شمالی دشت که رسوبات درشت دانه سیلابی ته نشست یافته است از پتانسیل بهتری برخوردار است اما در قسمت‌های میانی دشت به علت عملکرد گسل‌ها و فرایندهای رسوبگذاری ترکیبی از رسوبات دانه درشت و دانه ریز بوده و قابلیت انتقال آن کاهش می‌یابد. در اعماق بیشتر ضخامت لایه‌های نفوذ ناپذیر رسی بیشتر شده و تناوب این رسوبات دانه ریز با رسوبات دانه درشت موجب تشکیل آبخوان تحت فشار شده است. (مهندسین مشاور طرح آبریز ۱۳۸۸).

بر اساس نتایج حاصل از بررسی‌های ژئوفیزیکی و آزمون‌های پمپاژ، میزان قابلیت انتقال آبخوان

در مناطق تغذیه دشت در ورودی‌های جنوب غرب و شمال دشت که رسوبات تشکیل دهنده آبخوان از نوع رسوبات مخروط افکنه‌ای درشت دانه می‌باشد، بیشتر است و حداکثر تا ۱۲۰۰ مترمربع در روز می‌رسد. از این مناطق به سمت قسمت‌های میانی دشت با افزایش رسوبات دانه ریز میزان قابلیت انتقال تا ۲۰۰ متر مربع بر روز کاهش می‌یابد. این موضوع نشان دهندهٔ این واقعیت است که قابلیت انتقال وسعت زیادی از دشت ضعیف می‌باشد. میزان آبدهی چاههای بهره‌برداری در قسمت میانی دشت نیز این موضوع را تائید می‌کند، به نحوی که میزان آبدهی بیشتر چاه‌های حفرشده در قسمت میانی دشت حداکثر تا ۱۴ لیتر بر ثانیه است. میزان آبدهی در حاشیه‌های جنوبی دشت که بر میزان رسوبات دانه ریز افزوده می‌شود تا ۱۳۰ متر مکعب بر روز کاهش می‌یابد. همچنین مقدار متوسط ضریب ذخیره دشت نیز ۵ درصد محاسبه شده است (مهندسین مشاور طرح آبریز ۱۳۸۸).

جنس سنگ کف در این دشت از نوع رسی بوده و تغییرات آن از روند خاصی تبعیت نمی‌کند که به نظر می‌رسد به علت شرایط تکتونیکی ویژه‌ای باشد که بر این دشت حاکم بوده است. با استفاده از اطلاعات ژئوفیزیکی، بیشترین عمق سنگ کف در شمال شرق دشت دامغان در مجاورت روستای مهماندوست و به مقدار۳۲۰ متر محاسبه شده است، همچنین در پای مخروط افکنه جنوب غربی دشت و در حاشیه ارتفاعات شمال شهر دامغان عمق سنگ کف حدود ۲۸۰ تا ۲۶۰ متر به دست آمده است. حداقل عمق سنگ کف نیز در حاشیه جنوب شرقی دشت و به مقدار ۱۴۰ متر می‌باشد (مهندسین مشاور طرح آبریز ۱۳۸۸).

فصل دوم:

مروری بر مطالعات گذشته

۲-۱- مقدمه

سطح آب زیرزمینی و شیمی آبخوان‌های مختلف با گذشت زمان تحت تأثیر عوامل گوناگون تغییر می‌کند. برخی از این عوامل کیفیت آب آبخوان، برخی کمیت آن و برخی هر دو ویژگی را تحت تأثیر قرار می‌دهند. شدت اثر هر یک از این عوامل در مناطق مختلف متفاوت است و به خصوصیات منطقه و آبخوان بستگی دارد. اگرچه مناطق مختلف کاملاً شبیه به یکدیگر نیستند ولی بررسی عوامل تأثیر-گذار در یک منطقه می تواند کلید تفسیر شرایط در سایر مناطق نیز باشد. لذا در این فصل به مطالعات انجام شده در نواحی مختلف جهان و ایران در باب عوامل تأثیرگذار بر کمیت و کیفیت آب-های زیرزمینی و بررسی چگونگی تغییرات کمی و کیفی آبخوان‌ها در طی زمان پرداخته خواهد شد.

۲-۲- عوامل مؤثر بر کمیت آب‌های زیرزمینی

عوامل زیادی بر کمیت آب‌های زیرزمینی تأثیرگذار هستند. این عوامل، یا در اثر پدیده‌های طبیعی مانند خشکسالی، تغذیه ناشی از بارندگی و نفوذ آب‌های سطحی و یا ناشی از فعالیت‌های انسانی از قبیل برداشت بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی یا تغذیه مصنوعی به لایه‌های آبدار می‌باشند. در بیشتر موارد، اثر توأم این عوامل کمیت آب‌های زیرزمینی را در یک منطقه تعیین می‌کند.

۲-۲-۱- تأثیر بارندگی بر کمیت آب‌های زیرزمینی

میزان بارندگی و تغییرات آن تا حد بسیار زیادی بر کمیت آب موجود در آبخوان تأثیرگذار است. مقدار بارندگی در یک منطقه، مهمترین عامل تعیین کننده در وجود یا عدم وجود منابع آب سطحی و زیرزمینی در آن منطقه است. معمولاً تمام آب ناشی از بارندگی به تغذیه آبخوان زیرزمینی منجر نمی‌شود، بلکه میزان تغذیه واقعی که به درون آبخوان صورت می‌گیرد به عواملی از قبیل مقدار نفوذ آب به درون زمین، میزان رطوبت اولیه خاک یا ضریب اشباع خاک، عمق سطح ایستابی و هدایت هیدرولیکی افقی و عمودی منطقه غیراشباع بستگی دارد.

بارش در آبخوان‌های نزدیک به سطح زمین، نوسانات سریعی را در سطح آب زیرزمینی ایجاد

می‌کند ولی در آبخوان‌های عمیق، این نوسانات سریع و آنی نبوده و نمی‌تواند با زمان بارش منطبق باشد و این به خاطر طولانی بودن زمان رسیدن آب حاصل از بارندگی به سطح آب زیرزمینی در نتیجهٔ عمق زیاد آبخوان و نیز از دست رفتن مقداری از آب نفوذی در طول این مسیر می‌باشد. وقتی که مقدار رطوبت سازندهای بالای لایه آبدار کمتر از مقدار نگهداشت ویژه آن‌ها باشد، سطح آب زیرزمینی به تغذیهٔ ناشی از بارش جواب نخواهد داد تا اینکه مقداری از آب نفوذ کرده جذب خاک شود تا کمبود رطوبتی خاک را برطرف سازد و هنگامی که رطوبت خاک از نگهداشت ویژه آن بیشتر شد، آب می‌تواند به سطح ایستابی آب زیرزمینی نفوذ کند (اصغری مقدم ۱۳۸۹).

۲-۲-۲- تأثیر خشکسالی بر کمیت آب زیرزمینی

خشکسالی یکی از عوامل بسیار حائز اهمیت در تغییرات کمی منابع آب می‌باشد. خشکسالی دوره‌ای موقتی، غیرقابل پیش بینی و به اندازه کافی بادوام است که در آن، بارش نزولات جوی در منطقه مورد نظر از میانگین دراز مدت آن برای منطقه کمتر است. به عبارت دیگر، خشکسالی وضعیتی از کمبود بارندگی و افزایش دماست که ممکن است در هر وضعیت اقلیمی رخ دهد. لذا این پدیده علاوه بر مناطق با بارندگی کم، در مناطق مرطوب نیز می‌تواند روی دهد. کاهش جریانات سطحی، افت سطح آب زیرزمینی و کاهش رطوبت خاک از تبعات این پدیده است (علیزاده ۱۳۹۰).

نادریان‌فر و همکاران (۱۳۸۹) در بررسی تأثیر شرایط اقلیمی بر تغییرات سطح آب زیرزمینی در حوضهٔ آبریز نیشابور نشان دادند که نتایج حاصل از همبستگی پیرسون بین بارندگی و سطح آب زیرزمینی فاقد روند در تأخیرهای مختلف، بیشترین همبستگی را در تأخیر ۱۰ ماه دارد (۰/۵۳۵ $=R^2$). یعنی اثر بارندگی ۱۰ ماه بعد در تغییر سطح آب زیرزمینی نمود پیدا می‌کند. آن‌ها همچنین برای یافتن اثرات خشکسالی و ترسالی بر روی سطح آب زیرزمینی از شاخص SPI استفاده کردند. نتایج این بررسی نشان داد که SPI با مقیاس زمانی بلند مدت ۴۲ ماهه از همبستگی بیشتری با سطح آب زیرزمینی برخوردار است ($R^2=$ ۰/۵۱۹). این بدین معنی است که خشکسالی‌های اقلیمی در کوتاه مدت بر روی سطح آب زیرزمینی اثری ندارد اما در بلند مدت باعث افت سطح آب زیرزمینی می‌شود.

۲-۲-۳- تأثیر بهره‌برداری بیش از حد بر کمیت آب‌های زیرزمینی

بهره‌برداری بیش از حد، وضعیتی است که در آن میانگین سالانه برداشت از آب زیرزمینی، بیشتر از میانگین تغذیهٔ سالانه به آبخوان است. به عبارت دیگر، برداشت بیش از حد مجاز از آب‌های زیرزمینی را بهره‌برداری بیش از حد می‌گویند. بهره‌برداری مجاز، مقدار آبی است که می‌توان به طور دائمی، تحت شرایطی ویژه و بدون ایجاد نتایج نامطلوب از یک حوضه آب زیرزمینی استخراج کرد. از عواقب برداشت بی‌رویه از آب‌های زیرزمینی می‌توان، افت مداوم سطح آب زیرزمینی، تخریب کیفیت آب زیرزمینی، افزایش هزینه استخراج آب، صدمه به محیط زیست و فرونشست زمین را نام برد (Young 1970).

رودریگرز (Rodriguez 2012) در بررسی آبخوان منطقه مورسیا (Murcia)، واقع در نواحی نیمه‌خشک جنوب شرق اسپانیا، دریافت که سطح ایستابی در این آبخوان به علت بهره‌برداری بی‌رویه از سفرهٔ آب زیرزمینی، سالانه دارای افتی شدید، در حدود ۵ متر می‌باشد. این امر منجر به کاهش ذخیرهٔ آبخوان، خشک شدن برخی از چاه‌ها و چشمه‌ها، افزایش هزینهٔ پمپاژ به دلیل افزایش عمق آب زیرزمینی و تغییر تیپ آب زیرزمینی از سدیم- بیکربنات به سدیم کلرید در این ناحیه گردیده است.

رین و فارست (Rayne and Forest 2012) در تحقیقی به بررسی روندهای زمانی تراز آب زیرزمینی در ۶۷ چاه پایشی دارای آمار ثبت سطح آب، واقع در بریتیش کلمبیا (کانادا) پرداختند. نتایج این بررسی نشان داد که ۳۴/۳ درصد از این ۶۷ چاه‌های پایشی، روندهای تراز آب زیرزمینی کاهشی، ۶ درصد روندهای افزایشی و ۵۹/۶ درصد از آن‌ها فاقد تغییرات زمانی قابل ملاحظه‌ای در تراز آب زیرزمینی می‌باشند.

مطالعه و بررسی آبخوان شهر داکا واقع در کشور بنگلادش نشان داد که میزان برداشت از سفرهٔ آب زیرزمینی در این شهر از ۴۱ میلیون متر مکعب در سال 1988 به مقدار ۲۲۷۲ میلیون متر مکعب در سال 2002 بالغ گردیده است که این مقدار ۱۵ درصد از ذخیرهٔ سفره آب زیرزمینی را شامل می‌شود. این امر سبب افت شدید سطح آب زیرزمینی، گسترش دو مخروط بزرگ افت در سفره و تخلیهٔ کامل بخش بالایی آبخوان در سرتاسر منطقه به جز نواحی شمال شرقی و جنوب شرقی شهر

گردیده است (Hoque *et al* 2007).

در ایران اکبری و همکاران (۱۳۸۸) به منظور بررسی افت سطح آب زیرزمینی آبخوان دشت مشهد از آمار مربوط به ۷۰ چاه مشاهده‌ای، در طی دو دورهٔ ۱۰ ساله (۸۷-۱۳۷۷ و ۷۶-۱۳۶۶) استفاده نمودند. نتایج این بررسی نشان داد که سطح آب زیرزمینی در این آبخوان طی ۱۰ سال اول به طور متوسط ۳/۷۶ متر و در ۱۰ سال دوم ۸/۳۳ متر افت داشته است به گونه‌ای که در مجموع متوسط افت ۲۰ سالهٔ سطح آب زیرزمینی این دشت، برابر با ۱۲/۱ متر بوده است (۰/۶ متر در سال). در این بررسی همچنین مشخص شد که بیشترین مقدار افت سطح آب زیرزمینی در بخش‌های مرکزی و غربی آبخوان، به دلیل تمرکز چاه‌های بهره‌برداری با دبی‌های بالا در این منطقه و به میزان ۳۰ متر بوده است. این محققین مهمترین عوامل افت سطح آب زیرزمینی دشت مشهد را پدیدهٔ خشکسالی، افزایش تعداد چاه‌های بهره‌برداری و برداشت بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی به دلیل افزایش جمعت و گسترش کشاورزی دانسته‌اند.

بررسی آبخوان دشت هشتگرد طی یک دورهٔ آماری ۲۰ ساله (۱۳۹۰ تا ۱۳۷۰)، وجود یک روند کاهشی در سطح ایستابی این آبخوان به مقدار متوسط ۰/۶۶ متر در سال را نشان داد، به گونه‌ای که سطح ایستابی در طی این دوره، به میزان ۱۳/۲۶ متر افت داشته است. همچنین مقدار متوسط کاهش ذخیره آبخوان برای این دورهٔ ۲۰ ساله، ۳۷۵/۴ میلیون متر مکعب محاسبه گردید (میردشتوان ۱۳۹۱).

خدایی و همکاران (۱۳۹۰) در بررسی میزان افت سطح ایستابی آبخوان دشت کبودرآهنگ طی یک دورهٔ ۱۱ ساله (۱۳۸۹تا ۱۳۷۸)، دریافتند که سطح آب زیرزمینی دشت طی این دوره به طور میانگین حدود ۱۵ متر افت داشته است (۱/۲۵ متر در سال). بیشترین میزان افت سطح آب زیرزمینی (به میزان بیش از ۴۰ متر) در نواحی مرکزی دشت اتفاق افتاده که دلیل اصلی آن بهره‌برداری بی‌رویه از سفرهٔ آب زیرزمینی در این ناحیه و تا حدودی نیز کاهش بارندگی بوده است.

حیدریان و همکاران (۱۳۹۱) در تحقیقی به بررسی تأثیر برداشت بی‌رویه بر روی منابع آب زیرزمینی دشت ورامین پرداختند. این مطالعات نشان داد که میزان برداشت از سفرهٔ آب زیرزمینی در این دشت از سال ۱۳۴۱ تا سال ۱۳۹۰ (طی مدت ۴۹ سال)، ۳/۶۶ برابر شده است. این امر منجر به

افت سطح ایستابی به میزان ۳۴/۰۴ متر در این دشت گردیده و خشک شدن ۲۶۰ رشته قنات، کاهش آبدهی چاه‌ها، وقوع پدیده فرونشست زمین و افزایش میزان شوری آب زیرزمینی را در پی داشته است به گونه‌ای که میزان هدایت الکتریکی آب زیرزمینی (EC)، با یک افزایش ۱۲ درصدی، از ۱۷۷۶ میکروموس بر سانتی‌متر در سال ۱۳۷۹، به مقدار ۱۹۸۴ میکروموس بر سانتی‌متر در سال ۱۳۹۰ رسیده است.

امروزه برداشت بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی عامل اصلی افت سطح آب در بسیاری از دشت-های کشور می‌باشد. این مسئله به همراه ظهور و تداوم خشکسالی‌های پی‌درپی و در نتیجه کاهش نزولات جوی به ویژه در سال های اخیر، مناطق بسیاری به خصوص نواحی خشک و نیمه‌خشک که عمده نیاز آبی آن‌ها از ذخایر آب زیرزمینی تامین می‌گردد را از حیث منابع آبی با مشکلات و محدودیت‌های عدیده‌ای رو به‌رو کرده است و باعث افت کمی و کیفی منابع آب زیرزمینی آن‌ها شده است. لذا امروزه بهره‌برداری صحیح از منابع آب زیرزمینی و پایش منظم و دقیق چگونگی تغییرات آن‌ها، امری ضروری در هر برنامهٔ مدیریت آبخوان می‌باشد.

۲-۳- عوامل مؤثر بر کیفیت آب زیرزمینی

کیفیت آب زیرزمینی به ویژگی‌های شیمیایی (نوع و غلظت مواد محلول)، فیزیکی (رنگ، بو، مزه، دما و ...) و بیولوژیکی (باکتری‌ها و ویروس‌های موجود) آن بستگی دارد. قابل استفاده بودن آب-های زیرزمینی برای مصارف شرب، صنعت و کشاورزی، با توجه به این ویژگی‌ها تعیین می‌شود. کیفیت آب زیرزمینی نتیجهٔ کلیهٔ فرایندها و واکنش‌هایی است که از زمان تشکیل و تراکم آب در اتمسفر تا زمانی که توسط چاه، قنات یا چشمه از زیر زمین خارج می‌شود، بر روی آن عمل کرده است. این فاصله زمانی ممکن است از کمتر از یک روز تا صدها سال به درازا بکشد (صداقت ۱۳۸۶).
به طور کلی، کیفیت آب زیرزمینی و تغییرات آن توسط عوامل زیر تحت تأثیر قرار می‌گیرد:
(۱) فرایندهای طبیعی شامل لیتولوژی، سرعت جریان آب زیرزمینی، مقدار و کیفیت آب تغذیه شده به آبخوان، بر هم کنش آب زیرزمینی با دیگر آبخوان‌ها، شرایط اکسیداسیون و احیای حاکم بر

سفره و خصوصیات هیدروژئولوژیکی آبخوان.

(۲) فعالیت‌های انسانی از جمله کشاورزی، صنعت، توسعه شهری، تخلیه فاضلاب‌ها و بهره‌برداری بیش از حد از سفره آب زیرزمینی (Chan, 2001).

این عوامل با یکدیگر و در بعضی موارد به تنهایی، به عنوان عامل اصلی تأثیرگذار بر کیفیت آب زیرزمینی عمل می‌کنند. میزان اثر هر یک از این عوامل بسته به شرایط آبخوان می‌تواند بسیار متفاوت باشد.

۲-۳-۱- نقش عوامل طبیعی

عوامل طبیعی نقش بسیار مهمی در تعیین کیفیت آب زیرزمینی ایفا می‌کنند. مهمترین عامل طبیعی مؤثر بر کیفیت آب زیرزمینی، لیتولوژی یا جنس مواد تشکیل دهنده آبخوان است. از سایر این عوامل می‌توان به خصوصیات هیدروژئولوژیکی آبخوان، مقدار و کیفیت آب تغذیه شده به سفره، تبخیر از سطح ایستابی، شرایط اکسیداسیون و احیای حاکم بر سفره و بر هم کنش آب زیرزمینی با دیگر آبخوان‌ها اشاره نمود.

الف) اثر لیتولوژی بر کیفیت آب زیرزمینی

آب باران به طور طبیعی، دارای مواد محلول ناچیزی است (۱۰ تا ۲۰ میلی‌گرم در لیتر)، اما در طی تماس با رسوبات و سازندهای زمین‌شناسی مختلف، با کانی‌های موجود در آن‌ها وارد واکنش می‌شود و تا رسیدن به حالت تعادل به انحلال خود ادامه می‌دهد (اصغری مقدم ۱۳۸۹). در حالت طبیعی، نوع و غلظت مواد محلول موجود در آب‌های زیرزمینی بستگی به لیتولوژی یا جنس مواد تشکیل دهنده آبخوان و مدت زمان حرکت آب در آبخوان (Travel Time) دارد. به دلیل دامنه گستردهٔ سرعت جریان آب‌های زیرزمینی و ترکیب شیمیایی سازندها، دامنهٔ گسترده‌ای از ترکیبات در آب‌های زیرزمینی وجود دارد (Dellar 2006).

آب موجود در سنگ‌های آذرین و دگرگونی به علت قابلیت انحلال نسبتاً کم این سنگ‌ها، حاوی مواد محلول ناچیزی می‌باشند. سنگ‌های رسوبی نسبت به سنگ‌های آذرین و دگرگونی انحلال پذیرترند. این خاصیت به همراه فراوانی بیشتر سنگ‌های رسوبی در سطح زمین موجب شده که

قسمت اعظم مواد محلول آب‌های زیرزمینی از سنگ‌های رسوبی حاصل شود. سنگ‌های تبخیری مانند سنگ گچ و سنگ نمک انحلال پذیری بالایی دارند و موجب شوری آب زیرزمینی می‌شوند (صداقت ۱۳۸۶).

کیفیت آب زیرزمینی در آبرفت‌ها بستگی به نفوذپذیری آن‌ها دارد به گونه‌ای که در آبرفت‌های دانه‌درشت با نفوذپذیری بالا، مقدار مواد محلول کم و در آبرفت‌های دانه‌ریز (مارن‌ها و رس‌ها)، با نفوذپذیری کم و سطح تماس بالا و یا رسوبات با جورشدگی ضعیف، مقدار مواد محلول زیاد است. بیشتر رسوبات آبرفتی از تجمع کانی‌های متفاوتی تشکیل یافته‌اند که ممکن است منشأ آذرین، دگرگونی و یا رسوبی داشته باشند. کیفیت آب زیرزمینی در این رسوبات بر اساس نوع و مقدار کانی‌ها و انحلال پذیری آن‌ها تغییر خواهد کرد (اصغری مقدم ۱۳۸۹).

میزان حلالیت مواد مختلف در آب، بستگی به جنس مواد، مدت زمان تماس آب با محیط پیرامون خویش و عوامل دیگری از قبیل وجود گاز کربنیک و اکسیژن دارد. اگر مواد تشکیل دهندهٔ آبخوان قابلیت انحلال خوبی داشته باشند و زمان ماندگاری آب در آبخوان نیز بالا باشد، میزان مواد محلول موجود در آب به طور چشمگیری افزایش می‌یابد. فراوان‌ترین کاتیون‌های موجود در آب زیرزمینی، سدیم و کلسیم و فراوان‌ترین آنیون‌ها، بیکربنات و سولفات می‌باشند. معمولاً میزان یون کلر در آب زیرزمینی کم است ولی ممکن است در اثر نشت یا تماس با آب‌های فسیل، نفوذ آب دریا و یا وجود لایه‌های تبخیری، میزان این یون افزایش یابد. تقریباً تمام سختی آب ناشی از یون‌های کلسیم و منیزیم محلول می‌باشد. در مناطقی که سنگ‌های آهکی وجود دارد، یون‌های کلسیم و کربنات در اثر انحلال سنگ آهک و دولومیت به آب زیرزمینی اضافه می‌شوند.

مظفری‌زاده و چیت‌سازان (۱۳۸۶) در بررسی تأثیر سازندهای زمین‌شناسی بر روی کیفیت منابع آب زیرزمینی دشت گتوند، مهمترین عامل مؤثر بر کیفیت آب زیرزمینی در این منطقه را واکنش بین آب و سازندهای زمین‌شناسی دانسته‌اند به گونه‌ای که سازندهای ژیپس و هالیت‌دار (به ویژه سازند گچساران) در قسمت‌های شمالی دشت باعث تغییر تدریجی تیپ آب به تیپ سولفاته در این قسمت‌ها می‌شوند. رسوبات دانه‌ریز ناشی از سازندهای مارن‌دار مانند بخش لهبری نیز باعث ایجاد واکنش‌های تعویض یونی و افزایش یون‌های محلول در آب می‌گردند.

بررسی‌های ایزوتوپی و هیدروژئوشیمیایی آبخوان آبرفتی دشت جناح (Janah) واقع در جنوب ایران نشان داد که در نتیجهٔ انحلال دیاپیرهای نمکی و سنگ‌های تبخیری، وجود چشمه‌های ژئوترمال و نفوذ آب شور رودخانه به سفرهٔ آب زیرزمینی، تیپ آب زیرزمینی در این آبخوان از نوع کلرور سدیک بوده و کیفیت آب شدیداً در نتیجه شوری تخریب شده است (Zarei *et al.* 2014).

ب) اثر سرعت حرکت آب زیرزمینی بر کیفیت آن

سرعت حرکت آب در زیر زمین بر میزان انحلال مواد تشکیل دهنده آبخوان تأثیر زیادی دارد، به گونه‌ای که هر چه سرعت حرکت آب در آبخوان کمتر و مقدار مسافتی که آب درون آبخوان طی می‌کند بیشتر باشد، مدت زمان تماس آب با مواد تشکیل دهندهٔ آبخوان بیشتر بوده و در نتیجه میزان انحلال مواد توسط آب زیادتر است. به همین جهت در یک حوضه آب زیرزمینی، مقدار نمک‌های محلول از محل تغذیه به طرف محل تخلیه به تدریج افزوده می‌شود. ترکیب شیمیایی آب زیرزمینی در آبخوان‌هایی که دارای هدایت هیدرولیکی پایین بوده و سرعت حرکت آب زیرزمینی در آن‌ها کم است، به شدت به ترکیب کانی‌شناسی آبخوان بستگی دارد به گونه‌ای که پس از مدتی، تعادل شیمیایی بین آب و آبخوان برقرار می‌شود (Langemuir 1971).

قندی و اصغری‌مقدم (۱۳۸۴) در بررسی خصوصیات کیفی آبخوان دشت تسوج، دریافتند که تیپ آب در فاصله کوتاهی از محل تغذیهٔ این آبخوان به صورت کلرور سدیک در می‌آید. آن‌ها علت این امر را وجود رسوبات دانه‌ریز در منطقه و سرعت کم جریان آب زیرزمینی در این رسوبات دانسته‌اند که سبب افزایش زمان ماندگاری آب در آبخوان و در نتیجه افزایش غلظت املاح موجود در آب شده است.

ج) نقش خصوصیات هیدروژئولوژیکی آبخوان در کیفیت آب زیرزمینی

منظور از ویژگی‌هایی هیدروژئولوژیکی آبخوان، خصوصیاتی نظیر ضرایب هیدرودینامیکی آبخوان، عمق سطح ایستابی، نوع آبخوان، عمق آبخوان و ... می‌باشد. این خصوصیات با تأثیرگذاری بر روی سرعت جریان آب زیرزمینی، زمان ماندگاری آب در آبخوان و مقدار مسافتی که آب در زون غیر-اشباع طی می‌کند تا به سطح ایستابی برسد، روند واکنش آب و سنگ و در نتیجه کیفیت آب زیرزمینی را کنترل می‌کنند (کلانتریان ۱۳۸۸).

بررسی کیفیت شیمیایی آب زیرزمینی در آبخوان آبرفتی دشت زیدون نشان داد که شرایط هیدروژئولوژیکی حاکم بر سفره مهمترین عامل تعیین کنندهٔ کیفیت آب در این آبخوان می‌باشد به گونه‌ای که غلظت یون‌های کلر و سدیم در سفرهٔ آزاد و آبرفتی موجود در مناطق جنوبی این دشت به دلیل زمان ماندگاری کوتاه آب زیرزمینی در آن، کم می‌باشد در صورتی که در سفرهٔ محبوس و عمیق‌تر واقع در بخش مرکزی دشت به دلیل وجود یک لایهٔ محبوس کننده و حرکت کند آب در آن، تکامل هیدروژئوشیمیایی آب ضمن نفوذ عمقی آب باران رخ می‌دهد و در نتیجه غلظت یون‌های سدیم و کلر در آب افزایش پیدا می‌کند. انحلال هالیت و تبادل یونی کانی‌های رسی موجود در رسوبات نیز از جمله عوامل دیگری است که منجر به افزایش یون کلر در آب زیرزمینی این منطقه می‌شود (کلانتری و زارعی ۱۳۸۳).

د) سایر عوامل طبیعی مؤثر بر کیفیت آب زیرزمینی

علاوه بر لیتولوژی، سرعت حرکت آب زیرزمینی و خصوصیات هیدروژئولوژیکی آبخوان، عوامل دیگری نیز می‌توانند در کیفیت آب‌های زیرزمینی تأثیرگذار باشند. از این عوامل می‌توان به، مقدار و کیفیت آب تغذیه شده به سفرهٔ آب زیرزمینی (ناشی از بارندگی و نفوذ آب‌های سطحی)، شرایط اکسیداسیون و احیای حاکم بر سفره، برهم کنش آب زیرزمینی با آب دیگر آبخوان‌ها و تبخیر از سطح ایستابی اشاره نمود (ولایتی ۱۳۸۶). شریف‌زاده و همکاران (۱۳۸۷) با مطالعه منشأ شوری آب زیرزمینی دشت آبدانان در استان بوشهر دریافتند که تغذیهٔ این آبخوان با آب‌های سطحی که از ارتفاعات شمالی و شمال شرقی تاقدیس نمک عبور می‌کنند و نیز تبخیر از سطح آب زیرزمینی سبب ایجاد دو تیپ عمدهٔ سولفاته-کلسیک و کلروره- سدیک در آب‌های زیرزمینی این دشت گردیده است.

۲-۳-۲-عوامل غیر طبیعی مؤثر بر کیفیت آب زیرزمینی

همان‌طور که گفته شد، فعالیت‌های انسانی از قبیل کشاورزی، صنعت، توسعه شهری، تخلیه فاضلاب‌ها در محیط طبیعی، بهره‌برداری بیش از حد از منابع آب زیرزمینی و آلودگی‌های جوی نیز می‌توانند بر کیفیت آب‌های سطحی و زیرزمینی مؤثر باشند. در مناطق دارای تراکم جمعیتی بالا و با توسعه کشاورزی، صنعتی و شهری که زندگی افراد به میزان قابل توجهی به آب‌های زیرزمینی وابسته

است، این تأثیر می‌تواند بسیار قابل توجه باشد.

الف) اثر بهره‌برداری بیش از حد از منابع آب زیرزمینی بر روی کیفیت آن

کیفیت آب استخراجی یکی از عوامل تعیین کننده در میزان بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی می‌باشد. برداشت بی‌رویه از ذخایر آب زیرزمینی سبب افزایش درجه شوری و تخریب کیفیت این منابع با گذشت زمان می‌گردد. شور شدن آب زیرزمینی در حال تبدیل شدن به یک مشکل بسیار جدی در سرتاسر جهان می‌باشد، به گونه‌ای که مسئله افزایش شوری به عنوان رایج‌ترین نوع آلودگی آب‌های زیرزمینی در نظر گرفته می‌شود. افزایش درجه شوری آب زیرزمینی باعث از دست رفتن کیفیت آن برای مقاصد مختلف شده و نهایتاً سبب غیر قابل استفاده شدن و از دست رفتن این منابع می‌گردد (Glynn and Plummer 2005).

اژدری و کاظمی (Ajdary and Kazemi 2014) به منظور بررسی روند تغییرات خصوصیات کمی و کیفی آبخوان دشت شاهرود طی یک دورهٔ ۱۶ ساله (1993-2009) از داده‌های سطح آب ثبت شده برای ۲۹ پیزومتر و داده‌های شیمی آب آنالیز شده برای ۳۱ حلقه چاه انتخابی موجود در دشت استفاده کردند. نتایج حاصل از بررسی آن‌ها نشان داد که به علت برداشت بی‌رویه از سفرهٔ آب زیرزمینی و کاهش بارندگی در این دشت، تراز آب زیرزمینی بین سال‌های ۱۹۹۳ تا ۲۰۰۹ (طی مدت ۱۶ سال)، ۱۱/۴ متر افت کرده است که این مقدار افت معادل کاهش ۲۱۶ میلیون متر مکعب آب از ذخیرهٔ آبخوان می‌باشد. در این بررسی همچنین مشخص شد که شوری آب زیرزمینی در سال‌های مختلف متفاوت می‌باشد ولی در کل دارای یک روند خفیف افزایشی بوده است. به گونه‌ای که در طی این دوره، هدایت الکتریکی ۲۴ درصد، یون‌های اصلی آب زیرزمینی ۴/۱۲ درصد و pH، ۹/۹ درصد افزایش یافته است.

ال‌بیهری و لاچمار (El-Bihery and Lachmar 1994)، اثر پمپاژ بیش از حد بر روی کیفیت آب زیرزمینی آبخوانی در دلتای مصر را مورد بررسی قرار دادند. در این بررسی مشخص شد که سطح پیزومتری در این آبخوان از سال 1981 به بعد، سالانه به طور متوسط، ۰/۵ متر افت کرده است. میزان کل مواد جامد محلول (TDS) نیز از سال 1962 به بعد، به طور متوسط سالانه ppm ۱۵۰۰ افزایش یافته است. در این بررسی همچنین مشخص گردید که افزایش شوری آب زیرزمینی در بخش‌های

شمالی منطقهٔ مورد مطالعه بیشتر از سایر نقاط بوده به گونه‌ای که کشاورزی در این ناحیه را به کشت محصولات سازش‌پذیر با میزان شوری آب محدود کرده است.

مطالعهٔ کیفیت آب زیرزمینی در حوضهٔ پمپاژی واقع در کشور لیبی طی سال‌های 1976 تا 1993 نشان داد که در این ناحیه به دلیل بهره‌برداری بی‌رویه از سفرهٔ آب زیرزمینی، آب دریا به درون آبخوان نفوذ کرده و سبب افزایش شدید غلظت یون‌های اصلی و شوری آب زیرزمینی گردیده است، به گونه‌ای که محتوای کل مواد جامد محلول (TDS) آب از محدودهٔ ۲۶۵ تا ۶۷۵ میلی‌گرم در لیتر در سال ۱۹۷۶ به مقدار ۱۰۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر در سال ۱۹۹۳ رسیده است (El-Baruni 1995).

زهتابیان و همکاران (۱۳۸۱) با بررسی روند تغییرات کمی وکیفی آبخوان دشت قم طی یک دورهٔ ۱۲ ساله (۱۳۶۷تا۱۳۷۹) دریافتند که به علت برداشت بی‌رویه از سفرهٔ آب زیرزمینی و نیز کمبود جریانات سطحی با کیفیت مناسب در نتیجهٔ خشکسالی، این دشت با افت سطح آب زیرزمینی به میزان ۱۳/۱ متر و نیز افزایش ۴۰ درصدی شوری طی این دوره مواجه شده است به گونه ای که میزان هدایت الکتریکی آب زیرزمینی (EC)، از ۴۳۴۱ میکروموس بر سانتی‌متر در سال ۱۳۶۷ به مقدار ۶۰۸۱ میکروموس بر سانتی‌متر در سال ۱۳۷۹ افزایش یافته است. مقدار باقیماندهٔ خشک (TDS) آب زیرزمینی نیز طی این دوره، به طور متوسط سالانه ۶۲ میلی‌گرم در لیتر افزایش داشته است.

روند تغییرات کمی و کیفی منابع آب زیرزمینی دشت یزد- اردکان طی دهۀ ۸۸-۱۳۷۹ توسط اکرامی و همکاران (۱۳۹۰) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این مطالعه نشان داد که به علت برداشت بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی و نیز بروز خشکسالی‌های پی‌درپی و کاهش بارندگی، سطح ایستابی در این دشت سالانه در حدود ۰/۵ متر افت داشته است. همچنین نتایج حاصل از آنالیز نمونه‌های آب زیرزمینی برداشت شده از ۵۰ حلقه چاه انتخابی در دشت نشان داد که روند تغییرات اکثر پارامترهای کیفی آب زیرزمینی از جمله هدایت الکتریکی، غلظت یون‌های کلسیم، منیزیم، کلر، بیکربنات و pH در طول این دهه افزایشی بوده است به گونه ای که مقدار EC آب زیرزمینی با افزایش حدود ۴ درصدی، از ۵۲۴۸ میکروموس بر سانتی‌متر در سال ۱۳۷۹ به مقدار ۵۴۴۸ میکروموس بر سانتی‌متر در سال ۱۳۸۸ بالغ گردیده است و میزان یون کلر با افزایش ۴۶ درصدی، از ۳۱/۸۸ میلی اکی‌والان در

لیتر به ۴۶/۷۲ میلی اکی‌والان در لیتر رسیده است.

ترابی (۱۳۷۸) در بررسی روند شور شدن آب‌های زیرزمینی شمال دشت کاشان نشان داد که تراز آب زیرزمینی در این دشت طی یک دورهٔ ۳۲ ساله (۱۳۴۴ تا ۱۳۷۶) حدود ۱۶ متر افت داشته است. در طی همین مدت، میزان هدایت الکتریکی آب زیرزمینی نیز با یک افزایش حدود ۶۰ درصدی، از ۴۳۵۰ میکروموس بر سانتی‌متر به ۶۹۳۰ میکروموس بر سانتی‌متر بالغ گردیده است. لذا وی برداشت بی‌رویه از سفرهٔ آب زیرزمینی در این دشت را علت اصلی افزایش شوری آب دانسته است.

در بررسی روند تغییرات کمی و کیفی آبخوان دشت چترود طی سال‌های ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۱ مشخص شد که به دلیل برداشت بی‌رویه از سفرهٔ آب زیرزمینی و نیز وقوع خشکسالی‌های بلند مدت، سطح ایستابی در این دشت سالانه به طور متوسط ۲/۲۶ متر افت داشته است. این امر موجب کاهش آبدهی چاه‌ها و خشک شدن بسیاری از قنوات گردیده و افزایش EC آب زیرزمینی را، از ۲۳۴۰ میکروموس بر سانتی‌متر در سال ۱۳۸۵، به ۲۴۸۹ میکروموس بر سانتی‌متر در سال ۱۳۹۱، به دنبال داشته است (ارشادی و نوری ۱۳۹۱).

بررسی آبخوان دشت مشهد طی سال‌های ۱۳۶۳ تا ۱۳۸۵ (به مدت ۲۲ سال) مشخص کرد که متوسط سالانهٔ افت سطح آب زیرزمینی در این دشت به دلیل اضافه برداشت‌های مستمر، بیش از یک متر در سال می‌باشد به گونه‌ای که سطح آب زیرزمینی در طی این مدت به میزان ۴۲/۵ متر افت داشته است. این امر پیامدهای متعددی از قبیل کاهش آبدهی چاه‌ها، نشست زمین و افزایش املاح آب زیرزمینی را به دنبال داشته است به گونه‌ای که مقدار هدایت الکتریکی آب زیرزمینی در ۱۶ حلقه چاه انتخابی واقع در محدودهٔ دشت، به ازای هر متر افت سطح آب زیرزمینی از ۲۶ تا ۹۵ میکروموس بر سانتی‌متر افزایش یافته است. به عنوان نمونه مقدار EC آب زیرزمینی در نزدیکی شهر چناران با یک افزایش ۳۳ درصدی از ۷۵۰ میکروموس بر سانتی‌متر در سال ۱۳۶۳، به مقدار ۱۰۰۰ میکروموس بر سانتی‌متر در سال ۱۳۸۵ رسیده است (ولایتی ۱۳۸۹).

ب) اثر فاضلاب‌های شهری، صنعتی و پساب‌های کشاورزی بر کیفیت آب زیرزمینی

آب‌های زیرزمینی در اثر نفوذ آلاینده‌ها از سطح به اعماق زمین آلوده می‌شوند. عواملی نظیر عمق سطح ایستابی، عمق چاه بهره‌برداری، مقدار و سرعت حرکت آلاینده‌ها، میزان نفوذپذیری آبخوان

و ضخامت زون غیراشباع، همگی در شدت آلودگی آب‌های زیرزمینی مؤثر می‌باشند، زیرا هر چه منطقه تهویه دارای ضخامت بیشتر و نفوذپذیری کمتری باشد و نیز مقدار و سرعت حرکت آلاینده‌ها نیز کم باشد، زمین می‌تواند بسیاری از آلودگی‌ها را تصفیه کند.

نوع کاربری زمین تأثیر زیادی بر روی کیفیت آب زیرزمینی دارد. فعالیت‌های صنعتی به علت تنوع زیادی که دارند، می توانند تأثیرهای متفاوتی بر آب‌های زیرزمینی داشته باشند که در هر منطقه بسته به شرایط، باید مورد بررسی قرار گیرند.

نیترات آلاینده رایج آب‌های زیرزمینی در نواحی شهری می‌باشد که مکرراً ایجاد می‌شود. محیط شهری اغلب دارای حجم بالای سیستم‌های فاضلاب خانگی و زباله‌های شهری است که تولید ازت می‌کنند. ازت در خاک تبدیل به نیترات می‌شود که در آب زیرزمینی متحرک است و می‌تواند برای انسان مضر باشد (چیت سازان ۱۳۸۰).

کشاورزی مدرن نیز به دلیل استفاده از آفت کش‌ها، علف کش‌ها و کودهای متنوع شیمیایی و حیوانی می‌تواند کیفیت آب‌های زیرزمینی را برای مقاصد خاص غیرقابل استفاده نماید. برخی از این مواد ممکن است سریعاً تجزیه گردند ولی دسته‌ای از آن‌ها که عموماً کودها هستند، باعث افزایش یون نیترات در آب‌های زیرزمینی می‌شوند. یون نیترات از معمولترین آلاینده‌های آب‌های زیرزمینی محسوب می‌گردد. غلظت‌های بالای نیترات در آب‌های زیرزمینی معمولاً در ارتباط با استفادهٔ زیاد از کودهای شیمیایی و حیوانی، تمرکز دامداری‌ها در منطقه، سطوح ایستابی کم عمق، زون غیراشباع نفوذپذیر و چاه‌های بهره‌برداری کم عمق می‌باشد.

با بررسی تأثیر توسعهٔ مناطق مسکونی بر کیفیت آب زیرزمینی در ناحیهٔ دیترویت (Detroit) میشیگان مشخص شد که آب‌های کم عمق این منطقه در نتیجهٔ نشت آب آلوده از چاه‌ها و شبکهٔ فاضلاب به درون سفرهٔ آب زیرزمینی، مصرف بیش از اندازهٔ کودها در چمنزارهای شهر و نیز نفوذ آب-های آلوده‌ای که به صورت رواناب بر روی سطوح غیر قابل نفوذ شهری جریان دارند و حاوی نمک به کار رفته برای آب کردن یخ جاده‌ها و پسماندهای سوخت‌های فسیلی‌اند، دارای مقادیر بالایی یون نیترات، کلر و املاح محلول می‌باشند. این در حالی است که در جهت افزایش عمق، کیفیت آب زیرزمینی بهتر می‌شود (Thomas 2000).

متأسفانه در سال‌های اخیر به دلیل رشد جمعیت، توسعه شهری و صنعتی، گسترش کشاورزی و دامپروری و بهره‌برداری بیش از حد از منابع آب زیرزمینی، نقش فعالیت‌های انسانی در ایجاد آلودگی‌های منابع آب سطحی و زیرزمینی و نیز تخریب کیفیت و شور شدن این منابع افزایش چشمگیری یافته است.

فصل سوم:

روش انجام کار

در این فصل به بیان روش و مراحل بررسی تغییرات کمی و کیفی آبخوان دشت دامغان پرداخته می‌شود. به طور کلی فعالیت‌های صورت گرفته برای انجام این تحقیق به شرح زیر می‌باشد:

- جمع آوری آمار و اطلاعات ۲۰ سالهٔ (۱۳۹۲-۱۳۷۲) سطح و شیمی آب زیرزمینی در پیزومترها و چاه‌های انتخابی تعیین شده توسط شرکت آب منطقه‌ای استان سمنان جهت پایش وضعیت سفرهٔ آب زیرزمینی دشت دامغان.
- ترسیم نقشهٔ زمین‌شناسی منطقه با استفاده از نقشه‌های ۱۰۰،۰۰۰ :۱ دامغان، شاهرود و بلوک معبد.
- انجام چند بازدید صحرایی به منظور شناخت بهتر منطقه و شرایط حاکم بر آن و نیز اندازه‌گیری هدایت الکتریکی، pH و سطح آب زیرزمینی در تعدادی از چاه‌ها و پیزومترهای انتخابی موجود در دشت برای حصول اطمینان از صحت آمارهای ارائه شده از جانب شرکت آب منطقه‌ای.
- بررسی خصوصیات هیدروژئولوژیکی و هیدروژئوشیمیایی آبخوان و روند تغییرات آن طی سال‌های ۱۳۷۲ تا ۱۳۹۲.
- ترسیم نمودارها و نقشه‌های مربوطه.

۳-۱- جمع‌آوری آمار و اطلاعات کمی و کیفی سفرهٔ آب زیرزمینی دشت دامغان

به منظور بررسی تغییرات کمی و کیفی سفرهٔ آب زیرزمینی دشت دامغان، نیاز به آمار و اطلاعات ۲۰ سالهٔ سطح و شیمی آب زیرزمینی (۱۳۹۲-۱۳۷۲) در تعدادی از پیزومترها و چاه‌های آب تعیین شده به عنوان نمایندهٔ کل سفرهٔ آب زیرزمینی دشت دامغان بود. این آمار و اطلاعات از ادارهٔ امور منابع آب شهرستان دامغان و شرکت آب منطقه‌ای استان سمنان تهیه گردید. با توجه به طولانی بودن دورهٔ آماری، بخش زیادی از این اطلاعات (خصوصاً داده‌های مربوط به دههٔ اول آماری)، طی چند هفته کار دفتری از بایگانی سازمان آب منطقه‌ای به صورت دستی برداشت و سپس جهت انجام محاسبات بعدی وارد نرم افزار اکسل گردید. همچنین به منظور تعیین مشخصات آب و هوایی منطقه که شامل متوسط درجهٔ حرارت، تبخیر و میزان بارندگی سالانه می‌باشد، از آمار ایستگاه‌های

هواشناسی موجود در منطقه که توسط ادارهٔ هواشناسی شهرستان دامغان اندازه‌گیری شده بود، استفاده گردید.

۳-۲-ترسیم نقشهٔ زمین‌شناسی منطقهٔ مورد مطالعه

با توجه به گستردگی زیاد منطقهٔ مطالعاتی (۱۳۷۳ km^2)، در ترسیم نقشهٔ زمین‌شناسی آن از نقشه‌های ۱۰۰،۰۰۰: ۱ دامغان، شاهرود و بلوک معبد (تهیه شده توسط سازمان زمین‌شناسی کشور) استفاده گردید. همچنین به منظور دقت بیشتر در پردازش داده‌ها، تطبیق نقشهٔ زمین‌شناسی منطقهٔ مورد مطالعه با تصاویر ماهواره‌ای لندست و نرم‌افزار Google Earth نیز انجام شد. این لایه‌های اطلاعاتی، سرانجام توسط نرم‌افزار Arc GIS 9.3 دورسنجی و پردازش شده و بر پایهٔ آن نقشهٔ زمین شناسی منطقهٔ مورد مطالعه با موزائیک کردن سه نقشهٔ ۱۰۰،۰۰۰: ۱ دامغان، شاهرود و بلوک معبد در محیط نرم‌افزار Arc GIS ترسیم گردید.

۳-۳- بررسی تغییرات سطح آب زیرزمینی منطقه

جهت بررسی روند تغییرات سطح و میزان افت تراز آب زیرزمینی دشت دامغان طی دورهٔ مورد مطالعه، از داده‌های ۲۰ سالهٔ سطح آب زیرزمینی (۱۳۹۲-۱۳۷۲) در ۳۷ پیزومتر دارای کامل‌ترین آمار و بهترین پراکندگی در منطقهٔ مورد مطالعه استفاده گردیده که اندازه‌گیری سطح آب در این پیزومترها به صورت ماهیانه صورت گرفته است.

۳-۳-۱- ترسیم نمودارها و نقشه‌های کمی سفرهٔ آب زیرزمینی

به منظور مقایسهٔ سریع و آسان و نیز تفسیر دقیق‌تر تغییرات کمی و جهت عمومی جریان آب زیرزمینی، نقشه‌های هم‌پتانسیل و هم‌عمق سطح ایستابی منطقهٔ مورد مطالعه، پس از تقسیم دورهٔ مطالعاتی به دو دورهٔ ۱۰ ساله (۱۳۷۲ تا ۱۳۸۲ و ۱۳۸۲ تا ۱۳۹۲)، برای سال‌های ۱۳۸۲ و ۱۳۹۲ با استفاده از نرم افزار Arc GIS 9.3 ترسیم گردیده و با نقشهٔ هم‌پتانسیل و هم‌عمق آب زیرزمینی

ترسیم شده برای سال اول آماری (سال ۱۳۷۲) مقایسه شده است. همچنین میزان افت سطح آب زیرزمینی طی این دورهٔ ۲۰ ساله برای هر یک از پیزومترهای انتخابی موجود در دشت محاسبه شده و پس از دسته‌بندی این پیزومترها به سه گروه پیزومترهای با افت بالا، پیزومترهای با افت متوسط و پیزومترهای با افت پایین، هر گروه با رنگی مشخص در محدودهٔ مورد مطالعه پلات گردیده‌اند. سپس هیدروگراف پیزومترهای دارای بیشترین و کمترین میزان تغییرات سطح آب طی این دورهٔ ۲۰ ساله، جهت مقایسه بر روی یک دستگاه محورهای مختصات نمایش داده شده است.

سرانجام برای بررسی روند تغییرات زمانی سطح آب زیرزمینی منطقهٔ مورد مطالعه، هیدروگراف ۲۰ سالهٔ دشت طی سال های ۱۳۷۲ تا ۱۳۹۲ با استفاده از آمار مربوط به ۳۷ پیزومتر انتخابی موجود در دشت ترسیم گردیده است. همچنین به منظور بررسی ارتباط بین تغییرات سطح آب زیرزمینی دشت با بارندگی، مقدار بارندگی سالانه نیز طی این دورهٔ ۲۰ ساله بر روی هیدروگراف نمایش داده شده است.

۳-۴- بررسی تغییرات کیفیت آب زیرزمینی منطقه

جهت بررسی خصوصیات هیدروژئوشیمیایی سفرهٔ آب زیرزمینی و روند تغییرات آن با گذشت زمان، از داده های ۲۰ سالهٔ شیمی آب زیرزمینی (۱۳۹۲-۱۳۷۲)، شامل اندازه گیری های مربوط به هدایت الکتریکی (EC)، اسیدیته (pH) و غلظت آنیون‌ها و کاتیون‌های اصلی موجود در آب از قبیل سولفات، کلر، بیکربنات، سدیم، منیزیم و کلسیم در ۴۳ چاه انتخابی تعیین شده توسط شرکت آب منطقه‌ای استان سمنان به منظور پایش وضعیت کیفی سفرهٔ آب زیرزمینی دشت دامغان استفاده گردید.

۳-۴-۱- ترسیم نمودارها و نقشه‌های کیفی سفرهٔ آب زیرزمینی

به منظور مقایسهٔ سریع و آسان و نیز تفسیر دقیق‌تر تغییرات کیفیت سفرهٔ آب زیرزمینی دشت دامغان، نقشه‌های هدایت الکتریکی منطقهٔ مورد مطالعه پس از تقسیم دورهٔ مطالعاتی به دو دورهٔ ۱۰

ساله (۱۳۷۲ تا ۱۳۸۲ و ۱۳۸۲ تا ۱۳۹۲)، برای سال‌های ۱۳۸۲ و ۱۳۹۲ با استفاده از نرم‌افزار Arc GIS 9.3 ترسیم گردید و با نقشهٔ هدایت الکتریکی ترسیم شده برای سال اول آماری (سال ۱۳۷۲) مقایسه گردید. همچنین مقدار و درصد افزایش هدایت الکتریکی آب هر یک از منابع انتخابی طی این دورهٔ ۲۰ ساله، محاسبه شده و در محدودهٔ مورد مطالعه پلات گردیده است. در ادامه، مقدار هدایت الکتریکی (EC)، اسیدیته (pH) و غلظت آنیون‌ها و کاتیون‌های اصلی موجود در سفرهٔ آب زیرزمینی از قبیل سولفات، کلر، بیکربنات، سدیم، منیزیم و کلسیم، برای سال‌های ۱۳۷۲، ۱۳۸۲ و ۱۳۹۲، با میانگین‌گیری از مقادیر هر کدام از این پارامترها در ۴۳ منبع انتخابی موجود در دشت به دست آمده و درصد افزایش هر کدام از این پارامترها در سفرهٔ آب زیرزمینی طی دورهٔ مورد مطالعه محاسبه گردیده است. همچنین به منظور تعیین رابطهٔ بین درصد افزایش EC منابع نمونه‌برداری انتخابی طی سال‌های ۱۳۷۲ تا ۱۳۹۲ و EC آن منابع در سال ۱۳۷۲، نمودار مربوطه ترسیم گردیده است. در ادامه نیز، به منظور تعیین ارتباط بین میانگین سالانهٔ هدایت الکتریکی سفرهٔ آب زیرزمینی دشت دامغان با متوسط بارندگی سالانه و نیز ارتفاع سطح ایستابی طی سال‌های ۱۳۷۲ تا ۱۳۹۲در این دشت، نمودارهای مربوطه ترسیم گردیده است. در نهایت به منظور بررسی چگونگی تغییرات زمانی اسیدیته (pH) و مقادیر آنیون‌ها و کاتیون‌های اصلی سفرهٔ آب زیرزمینی، نمودار مقادیر این پارامترها طی دورهٔ مورد مطالعه ترسیم گردیده است. این نمودارها همچنین پس از زون بندی آبخوان دشت دامغان به دو زون شمالی (زون A) و زون جنوبی (زون پیشروی آب شور کویر یا زون B)، برای هر زون به طور مجزا ترسیم شده است.

فصل چهارم:

بررسی تغییرات سطح و شیمی آب زیرزمینی دشت دامغان

۴-۱- مقدمه

مطالعه کمی و کیفی منابع آب زیرزمینی و پایش دقیق روند تغییرات آن‌ها طی گذر زمان، به ویژه در مناطقی که با محدودیت منابع آبی روبه‌رو هستند، امری ضروری جهت مدیریت صحیح و بهره‌برداری پایدار این منابع محسوب می‌گردد. شهرستان دامغان نیز به عنوان یکی از مناطق واقع در ناحیه خشک و نیمه‌خشک ایران با منابع آب سطحی ناچیز، در سال‌های اخیر به دلیل برداشت‌های بی‌رویه از سفره آب زیرزمینی و نیز وقوع و تداوم خشکسالی‌های پی‌درپی با افت سطح ایستابی و افزایش شوری آب زیرزمینی مواجه گردیده است. در این فصل به بررسی تغییرات کمی و کیفی منابع آب زیرزمینی دشت دامغان طی سال‌های ۱۳۷۲ تا ۱۳۹۲، به منظور تعیین وضعیت کنونی آبخوان (از طریق مقایسه داده‌های فعلی با داده‌های سال‌های قبل) و پیش بینی وضعیت آینده آن (با توجه به روندهای موجود)، پرداخته می‌شود.

۴-۲- تغییرات سطح آب زیرزمینی دشت دامغان

بررسی کمی منابع آب زیرزمینی و پایش چگونگی تغییرات آن طی گذر زمان یکی از مهمترین جنبه‌های مطالعهٔ آب‌های زیرزمینی در تمامی دشت‌هاست که امکان مدیریت صحیح، جهت بهره-برداری پایدار و حفظ این منابع حیاتی را فراهم می‌آورد. این بررسی‌ها معمولاً از طریق نقشه‌ها و نمودارهایی که به این منظور تهیه می‌شوند، صورت می‌پذیرد و از آن جمله می‌توان به نقشه‌های هم-پتانسیل، هم‌افت و هم عمق آب زیرزمینی که شرایط آبخوان را در قالب خطوط هم‌ارزش بیان می-کنند و نیز هیدروگراف‌ها اشاره نمود. هیدروگراف‌ها برای بررسی کمی آبخوان مناسب‌ترند زیرا دوره‌ای طولانی مدت از پایش تراز آب در آبخوان را شامل می‌شوند و هنگامی که میزان بارندگی نیز روی آن-ها ترسیم گردد، نشان دهندهٔ چگونگی پاسخ آبخوان به بارندگی که عمده‌ترین دلیل تغییر سطح ایستابی محسوب می‌شود، می‌باشند.

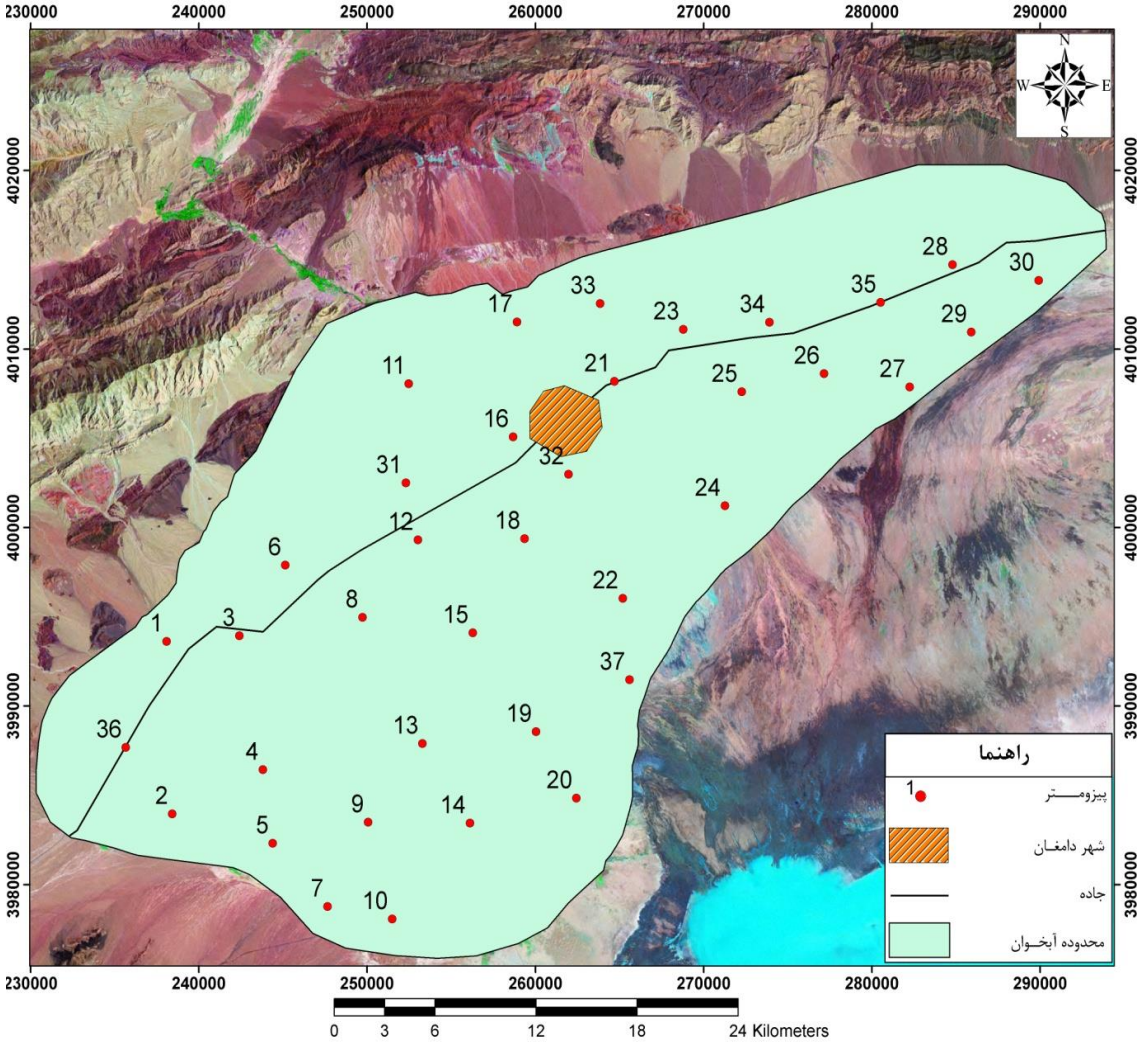
۴-۲-۱- بررسی روند کاهش سطح آب زیرزمینی

چاه‌های پیزومتری جهت پایش نوسانات سطح آب زیرزمینی و تهیه نقشه‌های تراز آب زیرزمینی مورد استفاده قرار می‌گیرند و از تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل از آن‌ها می‌توان اطلاعاتی در خصوص جهت جریان و شیب هیدرولیکی آب زیرزمینی، نحوه تبادل آب‌های سطحی و زیرزمینی، مرزهای هیدرولیکی، تاثیر سازندهای زمین شناسی پیرامون دشت بر سیستم آب زیرزمینی، منابع تغذیه و راه‌های تخلیه آب زیرزمینی و مقدار آن‌ها، و ... به دست آورد. از این رو بررسی موقعیت، پراکنش و تعداد چاه‌های مشاهده‌ای، دقت آمار و اطلاعات آن‌ها و نحوه پاسخ آن‌ها به تنش‌های هیدرولوژیکی، در مطالعات منابع آب زیرزمینی ضروری می‌باشد.

به منظور بررسی روند تغییرات سطح و میزان افت تراز آب زیرزمینی دشت دامغان طی دورهٔ مورد مطالعه، از آمار و اطلاعات ۲۰ سالهٔ سطح آب زیرزمینی (۱۳۹۲-۱۳۷۲) در پیزومترهای واقع در دشت استفاده گردیده است. تعداد پیزومترهای تعیین شده توسط شرکت آب منطقه‌ای استان سمنان به منظور پایش وضعیت تغییرات سطح سفرهٔ آب زیرزمینی دشت دامغان، ۶۴ پیزومتر می‌باشد که با توجه به طولانی بودن دورهٔ آماری و عدم اندازه‌گیری همه سالهٔ سطح آب در کل این پیزومترها به دلایل مختلف، در نهایت پس از بررسی‌های دقیق و به منظور کاهش میزان خطا، تعداد ۳۷ پیزومتر دارای کامل‌ترین آمار و بهترین پراکندگی در محدودهٔ مورد مطالعه (به عنوان نماینده‌ای برای کل سفرهٔ آب زیرزمینی دشت دامغان)، انتخاب گردیده و جهت پایش وضعیت تغییرات سطح سفرهٔ آب زیرزمینی دشت دامغان استفاده شده است. لازم به ذکر است که اندازه گیری سطح آب در این پیزومترها به صورت ماهیانه صورت می‌گرفته است. شکل (۴-۱)، موقعیت پیزومترهای انتخابی واقع در محدودهٔ مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

۴-۲-۲- تکمیل و تصحیح آمار سطح آب زیرزمینی

به دلیل طولانی بودن دورهٔ آماری و نبود آمار سطح آب در برخی از ماه‌ها به دلایل مختلف، تعدادی از پیزومترها در ماه‌های متوالی فاقد آمار بوده‌اند. از آن‌جایی که نبود یک مقدار حداقل و یا



شکل۴- ۱- موقعیت پیزومترهای انتخابی آبخوان دشت دامغان

حداکثر در تعدادی داده، تأثیر زیادی روی میانگین حسابی آن داده‌ها خواهد گذاشت و کار را با خطای بیشتری همراه خواهد کرد، لذا تصمیم گرفته شد تا به جای در نظر نگرفتن آن داده، عدد مربوط به آن، با توجه به روند تغییرات سطح آب در پیزومتر پیش‌بینی گردد که بازسازی آمار در این موارد به دو طریق صورت گرفته است. در مواردی که پیزومتر یک تا سه ماه فاقد آمار بود، از طریق رسم هیدروگراف و با توجه به روند تغییرات عمق آب در پیزومتر مربوطه و یا با استفاده از دستور Forecast نرم‌افزار اکسل، عدد مربوط به عمق آب زیرزمینی تخمین زده شده است. در مواردی که پیزومتر بیش از سه ماه فاقد آمار بود از طریق برقراری رابطه همبستگی با پیزومترهایی که رفتار مشابه داشتند، آمار مربوطه بازسازی شده است. در نهایت برای بررسی دقت آمار و شناسایی خطاهای

احتمالی، هیدروگراف تمامی پیزومترها ترسیم گردید. همچنین جهت بررسی صحت و دقت آمارهای ارائه شده از جانب شرکت آب منطقه‌ای، طی چند روز کار صحرایی در دی ماه سال ۱۳۹۳، اقدام به اندازه‌گیری تراز آب در تعدادی از پیزومترهای انتخابی واقع در نقاط مختلف دشت شده و سپس این اندازه‌گیری‌ها با آمارهای مورد استفاده مقایسه و در صورت نیاز اصلاحات لازم صورت گرفته است.

به منظور مقایسهٔ سریع و آسان و نیز تفسیر دقیق‌تر روند تغییرات سطح ایستابی آبخوان دشت دامغان، دورهٔ مطالعاتی به دو دورهٔ ۱۰ ساله (۱۳۷۲ تا ۱۳۸۲ و ۱۳۸۲ تا ۱۳۹۲) تقسیم گردیده است. آنگاه مقدار متوسط سالانهٔ تراز آب زیرزمینی در هر پیزومتر، برای سال های ۱۳۸۲ و ۱۳۹۲ با میانگین‌گیری از مقادیر ماهانهٔ اندازه‌گیری شده طی این سال ها محاسبه گردیده است. سپس اعداد به دست آمده با مقادیر متوسط تراز آب زیرزمینی آن پیزومترها در سال اول آماری (سال ۱۳۷۲) مقایسه شده است. همچنین میزان افت سطح آب برای هر یک از پیزومترها، طی سال‌های ۱۳۷۲ تا ۱۳۸۲ (۱۰ سال اول آماری)، ۱۳۸۲ تا ۱۳۹۲ (۱۰ سال دوم آماری) و ۱۳۷۲ تا ۱۳۹۲ (کل دورهٔ ۲۰ ساله)، با تفاضل مقادیر سطح آب آن‌ها در این سال‌ها محاسبه گردیده است. سرانجام جهت بررسی روند تغییرات سطح آب زیرزمینی کل دشت، پس از پلی‌گون بندی منطقهٔ مورد مطالعه، میانگین وزنی تراز آب زیرزمینی دشت با استفاده از داده‌های مربوط به ۳۷ پیزومتر انتخابی در محدودهٔ مورد مطالعه، برای سال‌های ۱۳۷۲، ۱۳۸۲ و۱۳۹۲ محاسبه شده و میزان افت تراز آب زیرزمینی برای دوره‌های مشابه ذکر شده در بالا تعیین گردیده است. نتایج این محاسبات در جدول (۴-۱) ارائه شده است. بر طبق جدول ۴-۱، سطح ایستابی طی این دورهٔ ۲۰ ساله به میزان ۱۰/۳ متر افت داشته است، به گونه-ای که تراز آب زیرزمینی از مقدار ۱۱۰۰/۳۲ متر از سطح دریا در سال ۱۳۷۲ به ۱۰۹۰/۰۲ متر از سطح دریا در پایان سال ۱۳۹۲ رسیده است. به عبارت دیگر، متوسط افت سالانهٔ سطح آب زیرزمینی دشت طی این دوره به میزان ۵۱/۵ سانتی متر بوده است. میزان افت سطح آب زیرزمینی طی ۱۰ سال اول آماری (۱۳۷۲ تا ۱۳۸۲) برابر با ۴/۹۶ متر و در ۱۰ سال دوم (۱۳۸۲ تا ۱۳۹۲) برابر ۵/۳۴ متر بوده است. این امر حاکی از آن است که روند کاهش سطح آب زیرزمینی در ۱۰ سال دوم اندکی بیشتر از ۱۰ سال اول آماری بوده است که می‌تواند ناشی از افزایش برداشت از آبخوان و یا کاهش بارندگی طی این دوره باشد.

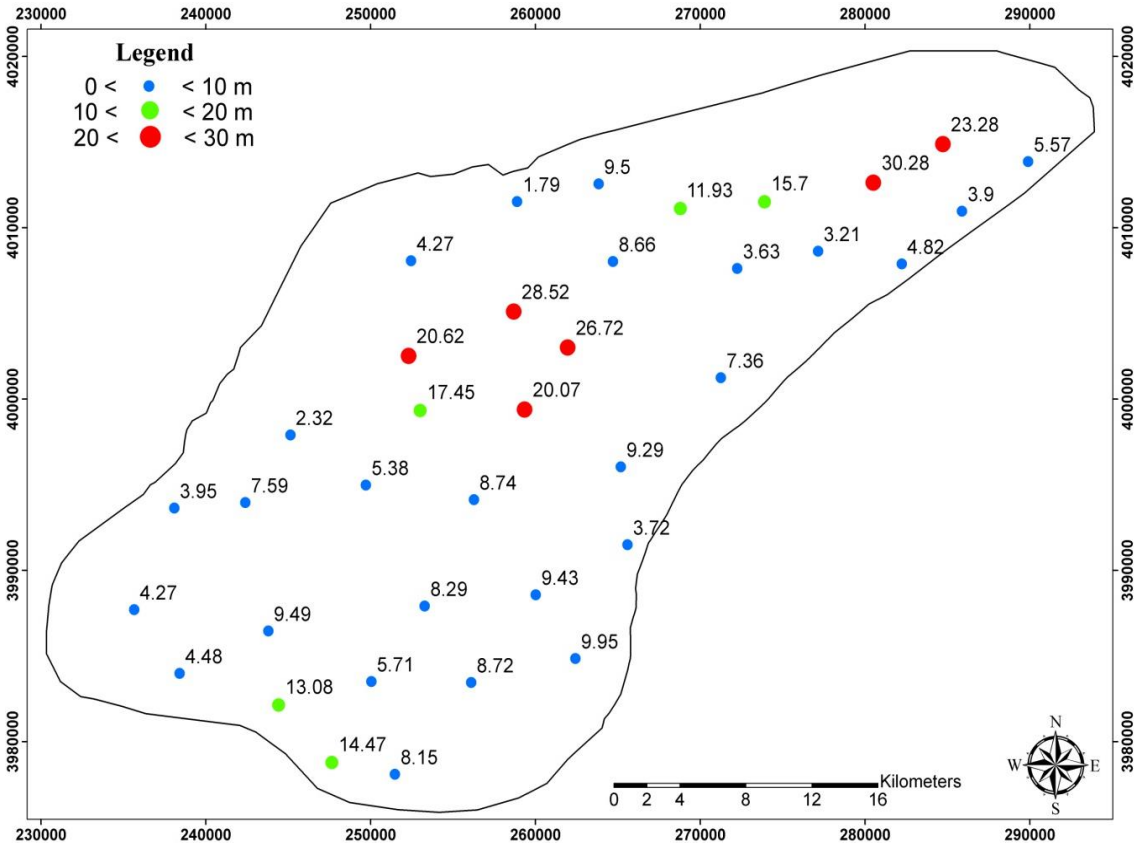
جدول ۴- ۱- ارتفاع سطح ایستابی و مقدار افت تراز آب زیرزمینی در ۳۷ پیزومتر انتخابی موجود در دشت

شماره	نام پیزومتر	سطح ایستابی (m)			افت (m)		
		1372	1382	1392	1372-1382	1382-1392	1372-1392
1	شمال قوشه به صیدآباد	1155.74	1155.27	1151.79	-0.47	-3.48	-3.95
2	جاده امروان به قوشه	1170.45	1168.73	1165.98	-1.72	-2.75	-4.48
3	صید آباد	1145.75	1143.23	1138.16	-2.52	-5.07	-7.59
4	امروان به امیر آباد	1122.12	1117.47	1112.63	-4.65	-4.83	-9.49
5	امروان	1115.18	1108.90	1102.10	-6.28	-6.80	-13.08
6	بخش آباد	1140.99	1138.74	1138.68	-2.25	-0.06	-2.32
7	ایستگاه امروان	1109.80	1102.23	1095.32	-7.56	-6.91	-14.47
8	ابراهیم آباد	1110.68	1108.68	1105.31	-2.00	-3.38	-5.38
9	جاده شریفیه	1103.18	1100.94	1097.47	-2.24	-3.47	-5.71
10	جاده علیان به امروان	1099.01	1095.00	1090.86	-4.01	-4.14	-8.15
11	جاده چشمه علی	1135.13	1134.32	1130.86	-0.81	-3.46	-4.27
12	شرق قاسم آباد	1095.00	1089.43	1077.55	-5.58	-11.88	-17.45
13	کشکو	1083.74	1078.39	1075.45	-5.35	-2.94	-8.29
14	سلطانیه	1069.41	1064.84	1060.68	-4.57	-4.16	-8.72
15	حسن آبادو	1087.92	1085.47	1079.19	-2.46	-6.28	-8.74
16	کمربندی دامغان*	1085.41	1070.29	1056.89	-15.12	-13.40	-28.52
17	آب پخش جدید	1167.90	1167.79	1166.11	-0.11	-1.68	-1.79
18	جاده باقر آباد	1088.80	1079.91	1068.72	-8.89	-11.19	-20.07
19	شمال شریف آباد	1058.26	1053.16	1048.83	-5.10	-4.33	-9.43
20	مجید آباد	1052.97	1046.87	1043.01	-6.10	-3.85	-9.95
21	شرق دامغان کنارجاده	1100.39	1095.18	1091.72	-5.21	-3.45	-8.66
22	بها آباد	1068.68	1065.12	1059.39	-3.56	-5.74	-9.29
23	شمال غرب بق	1096.05	1088.78	1084.12	-7.27	-4.66	-11.93
24	موسی آباد	1069.23	1065.66	1061.88	-3.57	-3.78	-7.36
25	حسین آباد علی نقی	1086.12	1084.00	1082.49	-2.12	-1.51	-3.63
26	شمال غرب جعفرآباد	1086.09	1086.00	1082.88	-0.09	-3.12	-3.21
27	جنوب حمزه خان	1072.66	1070.70	1067.84	-1.95	-2.86	-4.82
28	شمال غرب تعیم آباد	1072.80	1061.14	1049.52	-11.66	-11.63	-23.28
29	ایستگاه زرین	1078.90	1076.86	1075.00	-2.04	-1.86	-3.90
30	جنوب شرقی قادرآباد	1085.74	1082.33	1080.16	-3.41	-2.17	-5.57
31	شمال قدرت آباد*	1089.72	1078.87	1069.10	-10.85	-9.77	-20.62
32	تپه حصار*	1082.12	1067.98	1055.40	-14.14	-12.58	-26.72
33	شمال غرب ابوالبق	1098.96	1094.30	1089.46	-4.67	-4.84	-9.50
34	تپه کل مومن*	1075.06	1065.86	1059.36	-9.20	-6.50	-15.70
35	مهماندوست	1069.20	1055.00	1038.92	-14.20	-16.08	-30.28
36	غرب ابزارمهدی	1170.54	1169.02	1166.27	-1.52	-2.75	-4.27
37	جنوب عبدیا	1055.98	1054.79	1052.26	-1.19	-2.53	-3.72
	میانگین وزنی دشت	1100.32	1095.36	1090.02	-4.96	-5.34	-10.30

* پیزومترهای خشک شده

۴-۲-۳- بررسی میزان افت سطح آب زیرزمینی در هر یک از پیزومترهای انتخابی

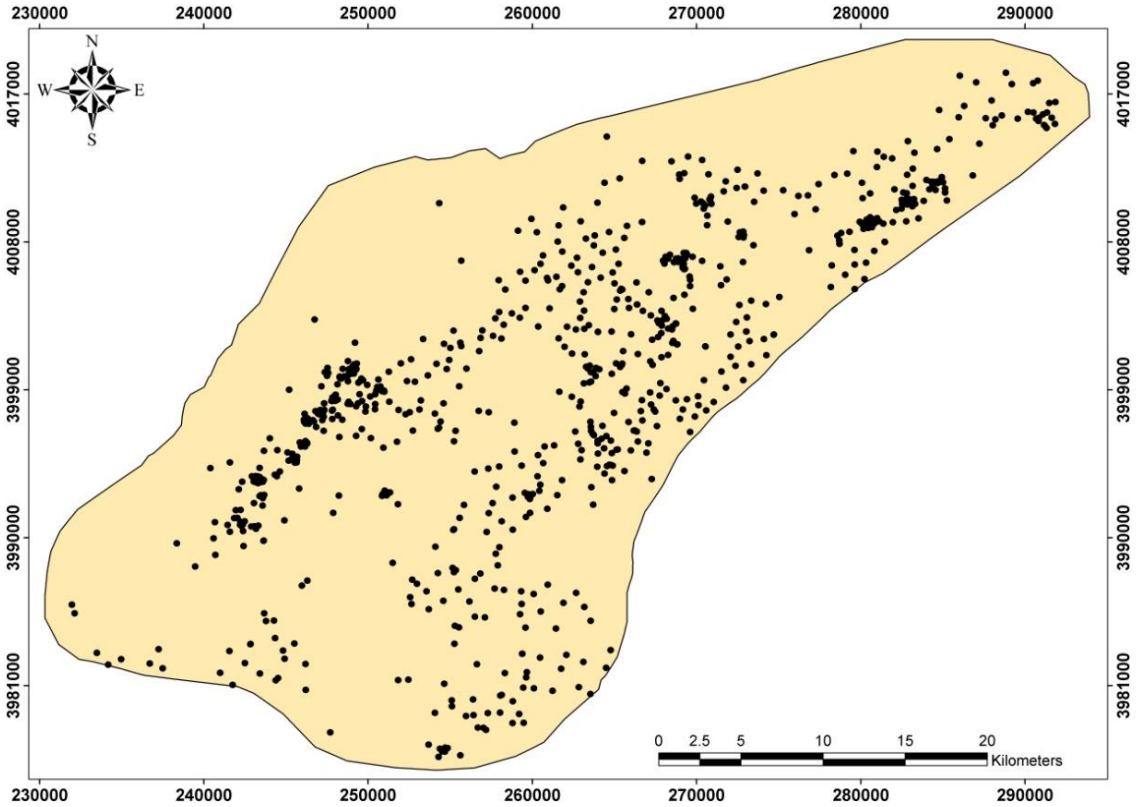
نوسانات سطح ایستابی در اثر تنش‌های وارده بر سیستم آب زیرزمینی صورت می‌گیرد. به عبارت دیگر این نوسانات نشانگر میزان تأثیر منابع تغذیه و تخلیه بر سیستم آب زیرزمینی می‌باشد. بنابراین هر قدر میزان این تنش‌ها بیشتر باشد، دامنه نوسانات نیز بیشتر خواهد بود. در مواردی که میزان تغذیه و تخلیه از سفرهٔ آب زیرزمینی با هم در تعادل نباشند، نتیجه این عدم تعادل، در افزایش یا کاهش ذخیره آبخوان منعکس می‌گردد. شناسایی و تعیین میزان نوسانات دراز مدت و کوتاه مدت آب زیرزمینی در طرح‌های توسعه و مدیریت منابع آب ضروری است. شکل (۴-۲)، میزان افت سطح آب زیرزمینی را طی سال‌های ۱۳۷۲ تا ۱۳۹۲ در هر یک از پیزومترهای انتخابی واقع در دشت دامغان نشان می‌دهد.



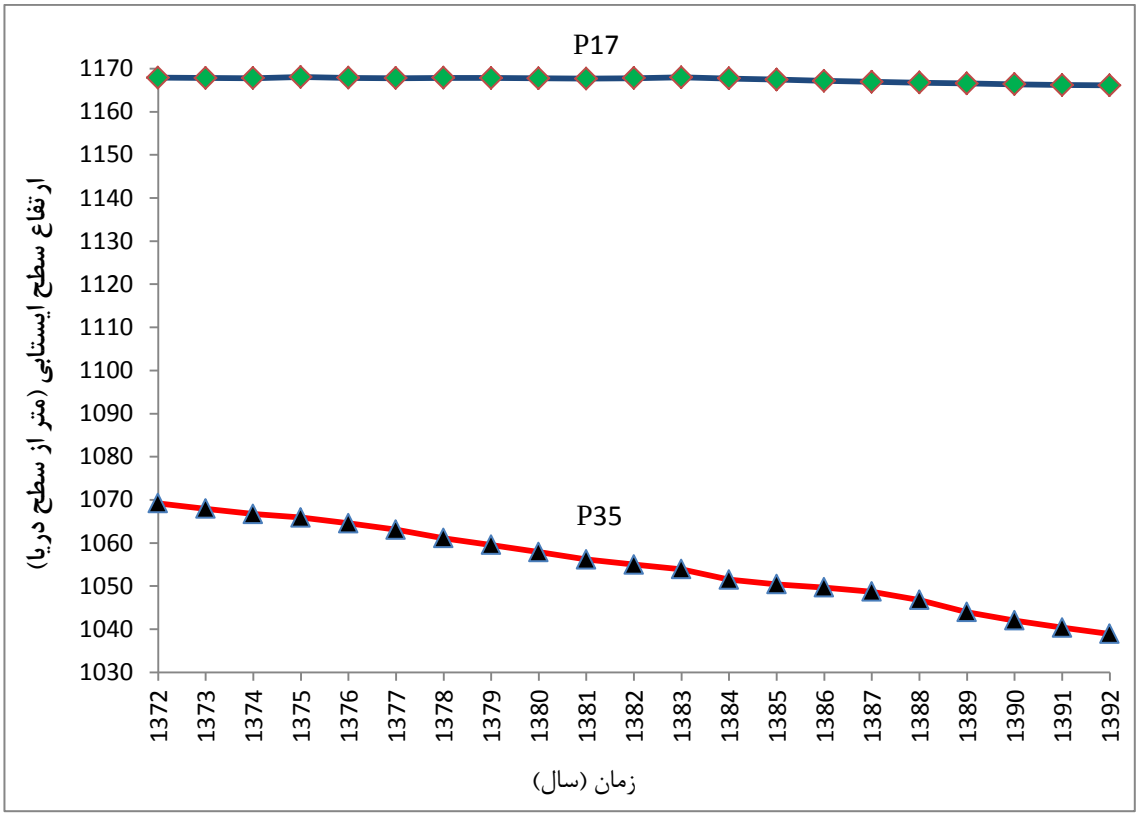
شکل ۴-۲- میزان افت سطح آب در پیزومترهای موجود در دشت، طی سال های ۱۳۷۲ تا ۱۳۹۲

با توجه به شکل ۴-۲، میزان افت تراز آب زیرزمینی در پیزومترهای واقع در دشت دامغان، از ۱/۷۹ تا ۳۰/۲۸ متر در تغییر است به گونه ای که ۶ پیزومتر دارای افت بین ۲۰ تا ۳۰ متر، ۵ پیزومتر دارای افتی بین ۱۰ تا ۲۰ متر و ۲۶ پیزومتر نیز دارای افتی کمتر از ۱۰ متر می‌باشند. این بدین معنی است که بخش بزرگی از آبخوان، میزان افت کمتری داشته است. بیشترین میزان افت آب زیرزمینی (افت بالاتر از ۱۰ متر) در غرب شهر دامغان (مرکز دشت) و حاشیه‌های جنوب غربی و شمال شرقی دشت دیده می‌شود که طی بازدیدهای صورت گرفته از منطقه، علت اصلی افت بالای آب در این نواحی برداشت زیاد از سفرهٔ آب زیرزمینی تشخیص داده شد. اگرچه برخی از شرایط محلی از قبیل نزدیکی پیزومترهای شمارهٔ ۵، ۷ و ۳۱ به ارتفاعات (قرارگیری در مرز ورودی آبخوان)، وجود چندین چاه بهره‌برداری در مجاورت پیزومترهای شمارهٔ ۵ و ۷، و نیز تأثیر گسل‌های احتمالی بر لایه‌های رسوبی و جریان آب زیرزمینی در محل پیزومتر شمارهٔ ۱۶ (مهندسین مشاور طرح آبریز) در افت بالای آب این پیزومترها دخیل دانسته شدند. همچنین ضمن بازدیدی که از چند پیزومتر با افت کم نیز به عمل آمد، علل افت پایین سطح آب زیرزمینی در این پیزومترها بررسی شد. به عنوان مثال وجود زمین‌های کشاورزی در مجاورت پیزومتر بخش‌آباد (پیزومتر شمارهٔ ۶) و نیز تغذیهٔ بالای آبخوان از سوی ارتفاعات آهکی شمالی منطقه سبب افت کم آب در این پیزومتر گردیده است. یکی دیگر از دلایل افت بالای آب زیرزمینی در حاشیهٔ شمال شرقی دشت، عبور گسل شمال دامغان از این ناحیه می‌باشد، به گونه‌ای که در اثر عملکرد این گسل، مجموعه‌ای از رسوبات دانه‌ریز به صورت سدی هیدرولیکی در مجاورت رسوبات دانه درشت‌تر مخروط افکنه‌ای قرار گرفته‌اند و باعث قطع شدن ارتباط هیدرولیکی این ناحیه با نواحی بالادست و لذا کاهش میزان تغذیه آبخوان و نیز تغییر ناگهانی تراز آب زیرزمینی در دو سوی این گسل شده است (مهندسین مشاور طرح آب‌ریز ۱۳۸۸). این مسئله به همراه برداشت زیاد آب زیرزمینی جهت مصارف کشاورزی در این منطقه سبب افت بالای سطح ایستابی گردیده است به گونه‌ای که پیزومتر مهماندوست (پیزومتر شمارهٔ ۳۵) واقع در این منطقه، با افت ۳۰/۲۸ متر، بالاترین میزان افت سطح ایستابی را در میان پیزومترهای موجود در دشت به خود اختصاص داده است. حداقل میزان افت آب زیرزمینی (افت کمتر از ۱۰ متر) نیز در حاشیهٔ ارتفاعات شمال غربی و شمالی دشت و همچنین در منطقه تخلیه در حواشی جنوبی دشت مشاهده می‌شود به

طوری که پیزومتر آب پخش جدید (پیزومتر شمارۀ ۱۷) در دامنه مخروطه افکنه شمال دشت، با افت ۱/۷۹ متر، کمترین مقدار افت سطح آب زیرزمینی را در بین پیزومترهای موجود در دشت داشته است. این امر به دلیل شرایط هیدرولوژیکی ویژه‌ای است که در اثر عملکرد گسل شمال دامغان به وجود آمده است. در اثر عملکرد گسل در محل قرارگیری این پیزومتر، رسوبات احاطه کننده دشت دانه‌ریز بوده و در نتیجه میزان تغذیه و تخلیه از منابع آب زیرزمینی در این قسمت از دشت اندک است. این مسئله به همراه نبود اراضی کشاورزی در این بخش از دشت و در نتیجه عدم برداشت حجم بالایی از آب سفرۀ زیرزمینی موجب شده تا در طول ۲۰ سال گذشته تغییرات تراز آب این پیزومتر اندک باشد. شکل (۴-۳) موقعیت چاه‌های بهره‌برداری واقع در دشت دامغان و شکل (۴-۴) هیدروگراف پیزومتر مهماندوست (پیزومتر شمارۀ ۳۵) و پیزومتر آب پخش جدید (پیزومتر شمارۀ ۱۷) را که به ترتیب دارای بالاترین (۳۰/۲۸ متر) و پایین‌ترین (۱/۷۹ متر) میزان افت در بین پیزومترهای موجود در دشت می‌باشند، نشان می‌دهد.



شکل ۴-۳- موقعیت چاه های بهره برداری واقع در دشت دامغان



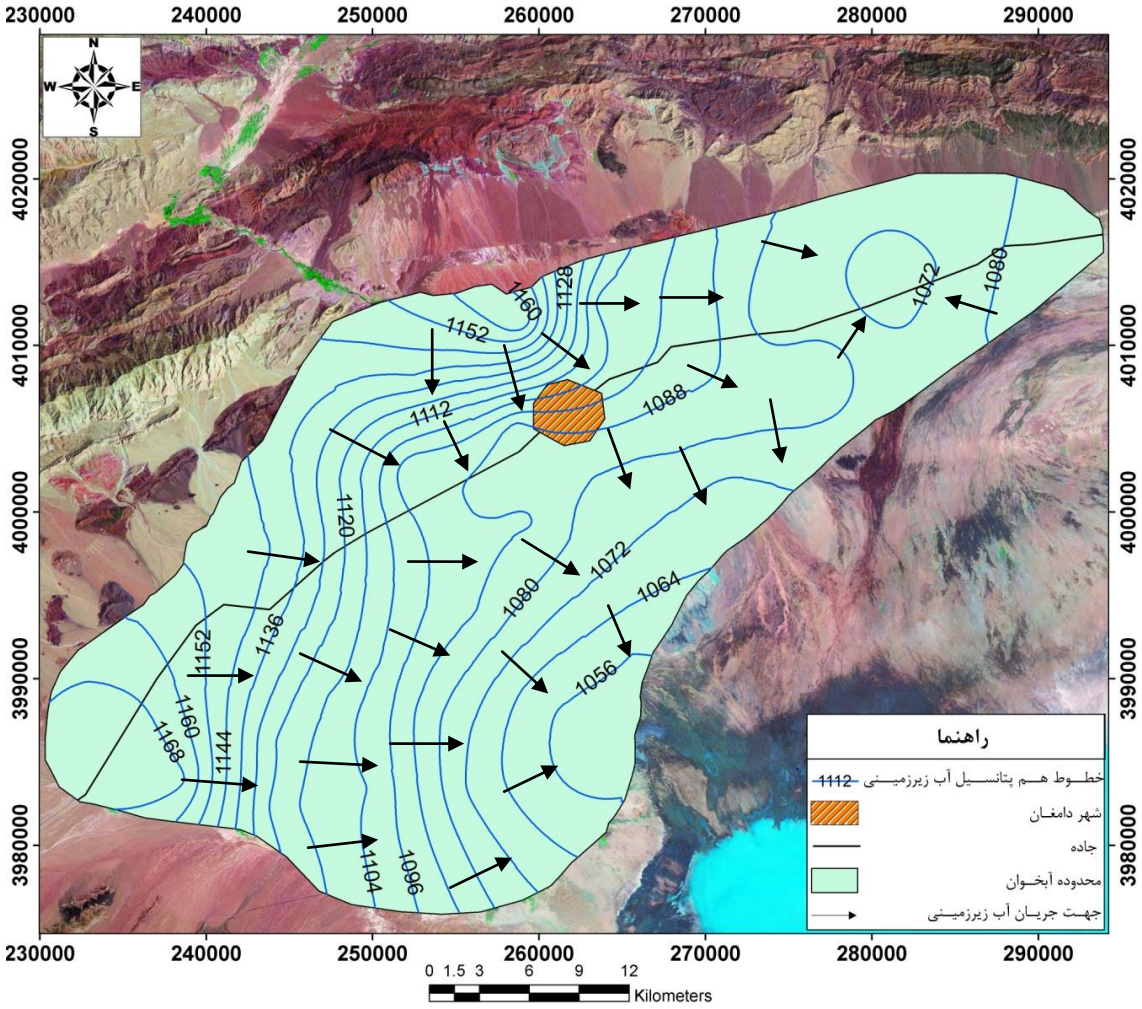
شکل ۴-۴- هیدروگراف پیزومترهای مهماندوست (P35) و آب‌پخش جدید (P17)

۴-۲-۴- بررسی نقشه‌های هم‌پتانسیل منطقه

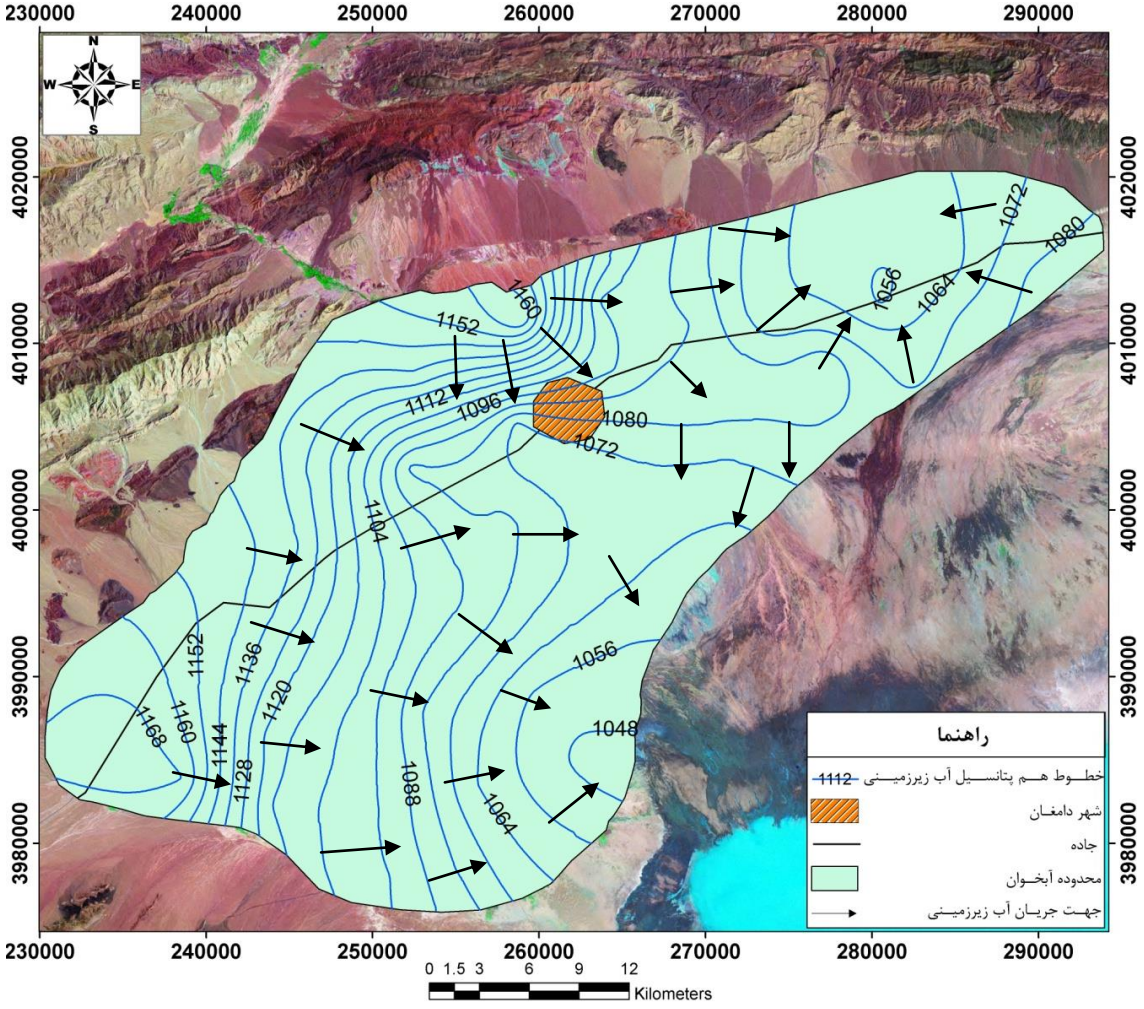
نقشه‌های هم‌پتانسیل سطح ایستابی به منظور تعیین جهت عمومی جریان آب زیرزمینی، شیب هیدرولیکی، مناطق تغذیه و تخلیه آب زیرزمینی و نیز وضعیت تبادل آب زیرزمینی با منابع آب سطحی و تشکیلات زمین‌شناسی پیرامون دشت ترسیم می‌گردد. امکان تشخیص گسل‌ها و تغییرات تراوایی سفرهٔ آب زیرزمینی نیز از دیگر کاربردهای این گونه نقشه‌ها می‌باشد. این نقشه‌ها همچنین از جهت بررسی وضعیت تغییرات کمی آبخوان اهمیت زیادی دارند.

به منظور مقایسهٔ سریع و آسان و نیز تفسیر دقیق‌تر وضعیت تغییرات سطح ایستابی و جهت عمومی جریان آب زیرزمینی، نقشه‌های هم‌پتانسیل منطقهٔ مورد مطالعه پس از تقسیم دورهٔ مطالعاتی به دو دورهٔ ۱۰ ساله (۱۳۷۲ تا ۱۳۸۲ و ۱۳۸۲ تا ۱۳۹۲)، برای سال‌های ۱۳۸۲ و ۱۳۹۲ ترسیم شده است و با نقشهٔ هم‌پتانسیل آب زیرزمینی ترسیم شده برای سال اول آماری (سال ۱۳۷۲) مقایسه

گردیده است. داده‌های مورد استفاده برای رسم این نقشه‌ها در جدول (۴-۱) آمده است. تراز آب زیرزمینی در هر یک از چاه‌های پیزومتری با استفاده از عمق آب زیرزمینی اندازه گیری شده در این چاه‌ها و ارتفاع نقاط نشانهٔ آن‌ها و تعیین اختلاف این دو به دست آمده است. لازم به ذکر است که عمق پیزومترهای حفرشده در دشت تا حدی است که تنها در آبخوان آزاد بالایی نفوذ نموده‌اند، لذا نقشه‌های هم‌پتانسیل آب زیرزمینی تنها برای آبخوان آزاد دشت دامغان رسم شده است. شکل‌های (۴-۵)، (۴-۶) و (۴-۷) به ترتیب نقشه‌های هم‌پتانسیل آب زیرزمینی دشت دامغان را در سال‌های ۱۳۷۲، ۱۳۸۲ و ۱۳۹۲ نشان می‌دهند.

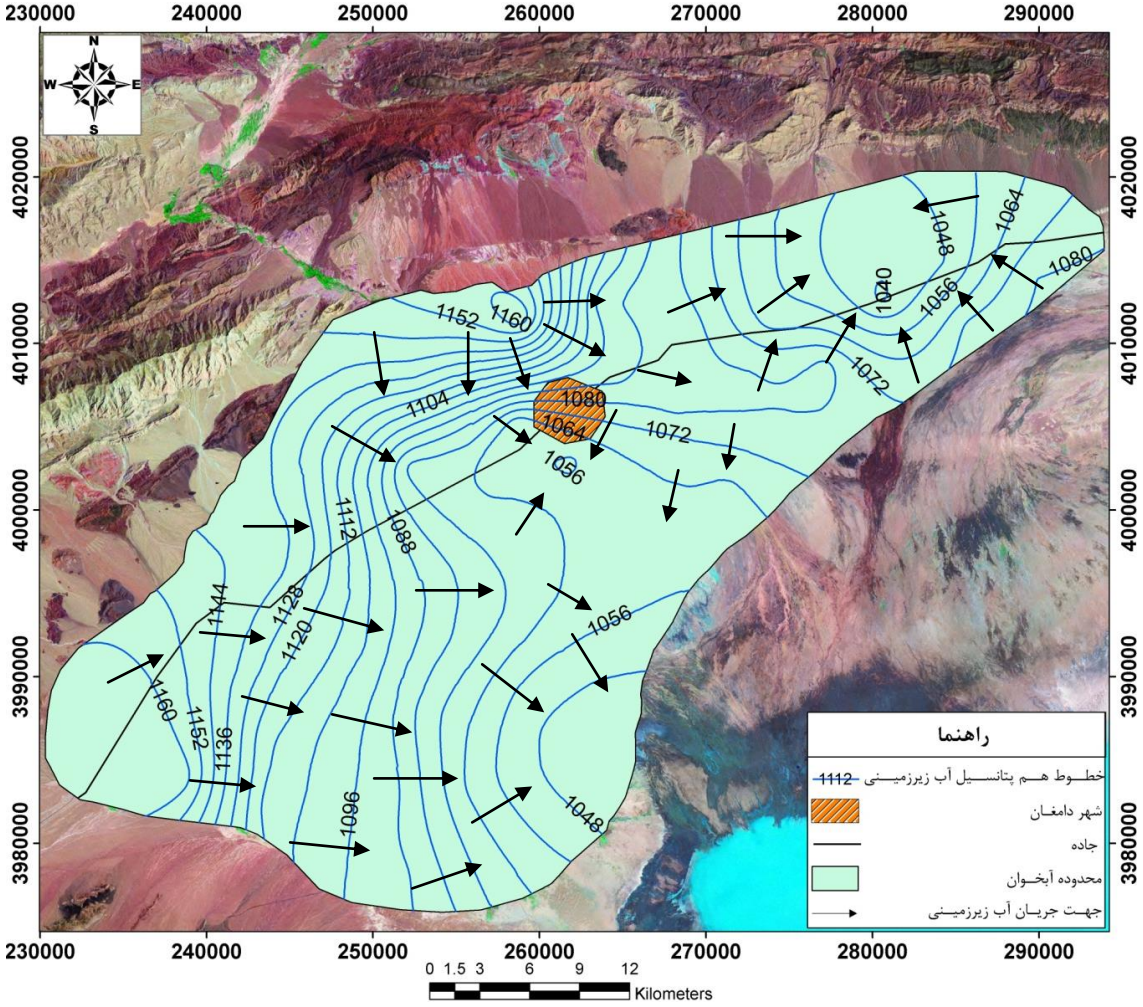


شکل ۴-۵- نقشه هم‌پتانسیل آبخوان دشت دامغان- سال ۱۳۷۲



شکل ۴-۶- نقشه هم‌پتانسیل آبخوان دشت دامغان- سال ۱۳۸۲

با توجه به نقشه‌های مذکور، بالاترین تراز آب زیرزمینی منطبق بر نواحی غربی و شمالی دشت می‌باشد. لذا مخروط افکنه‌های این مناطق (به ویژه مسیر رودخانهٔ چشمه‌علی در بخش شمالی دشت) نقشی اساسی در تغذیهٔ آبخوان ایفا می‌کنند. جهت کلی جریان آب زیرزمینی در آبخوان دشت دامغان، هم‌روند با جریانات سطحی این دشت و از شمال، شمال‌غربی و غرب دشت به سمت جنوب و جنوب شرقی دشت می‌باشد به گونه‌ای که کاهش تراز آب زیرزمینی در بخش جنوب‌شرقی دشت نشان می دهد که منطقهٔ تخلیهٔ آب زیرزمینی منطبق بر این ناحیه از دشت بوده و با کاهش شیب توپوگرافی تخلیه آب زیرزمینی به پهنه‌های گلی کواترنر صورت می‌گیرد. در قسمت شمال‌شرقی دشت دامغان برخلاف روند طبیعی شیب توپوگرافی، تراز آب زیرزمینی کاهش یافته و برگشت آب مشاهده می‌شود.



شکل ۴-۷- نقشه هم‌پتانسیل آبخوان دشت دامغان- سال ۱۳۹۲

چنانچه در ادامه ملاحظه خواهد شد، بررسی نقشه‌های تغییرات هدایت الکتریکی آب زیرزمینی نیز حاکی از بالا بودن میزان هدایت الکتریکی در این قسمت از دشت بوده و نشان دهندهٔ برگشت جبهه آب شور از سمت کویر و پهنه‌های گلی انتهایی دشت، به طرف مناطق مرتفع‌تر (برخلاف روند طبیعی) می‌باشد که در نتیجهٔ برداشت بی‌رویه از سفرهٔ آب زیرزمینی در این ناحیه به وجود آمده است. به‌طورکلی تغییرات گرادیان هیدرولیکی در دشت دامغان یکنواخت نیست. بیشترین میزان گرادیان هیدرولیکی در مناطق شمالی دشت و در منطقهٔ تغذیهٔ واقع در پای مخروط افکنهٔ آبرفتی غرب دشت می‌باشد و به سمت قسمت میانی و انتهایی دشت گرادیان هیدرولیکی کاهش یافته است.

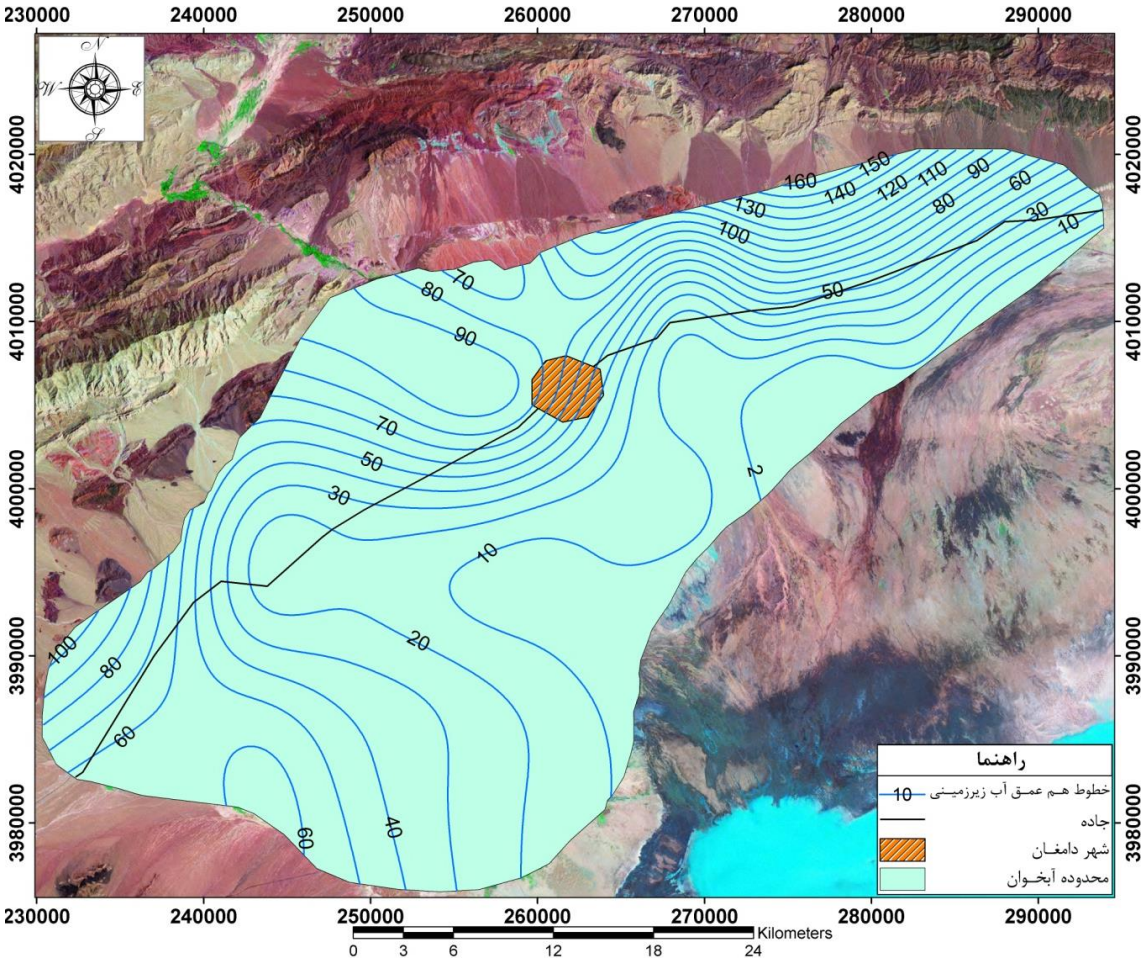
مقایسه نقشه‌های هم‌پتانسیل سال‌های ۱۳۸۲ و ۱۳۹۲ با نقشهٔ هم‌پتانسیل سطح ایستابی در

سال ۱۳۷۲، نشان می‌دهد که خطوط بیشینهٔ تراز آب زیرزمینی طی این دورهٔ ۲۰ ساله، پیوسته به سمت مناطق تغذیهٔ آبخوان عقب‌نشینی داشته است به گونه‌ای که خطوط کنتور آب زیرزمینی در سال ۱۳۹۲، نسبت به سال ۱۳۷۲ در حدود ۸ متر جابه جا شده‌اند. میزان این عقب‌نشینی در بخش مرکزی دشت در حدود ۲۴ متر است که ناشی از برداشت زیاد آب زیرزمینی در این مناطق می‌باشد. در بخش شمال شرقی دشت، عدم تغذیهٔ مناسب آبخوان از سمت ارتفاعات شمالی منطقه و نیز بهره-برداری بی‌رویه از سفرهٔ آب زیرزمینی طی این دورهٔ ۲۰ ساله سبب کاهش قابل توجه تراز سطح ایستابی نسبت به سال ۱۳۷۲ گردیده به گونه‌ای که برگشت آب شور را از سمت مناطق کویری جنوبی به دنبال داشته است. همچنین مقایسهٔ نقشه‌های مزبور حاکی از آن است که جهت جریان آب زیرزمینی از منطقهٔ تغذیه به منطقهٔ تخلیه در سایر نقاط طی ۲۰ سال گذشته تقریباً مشابه بوده و تغییر چشمگیری نداشته است.

۴-۲-۵- بررسی نقشه‌های هم‌عمق منطقه

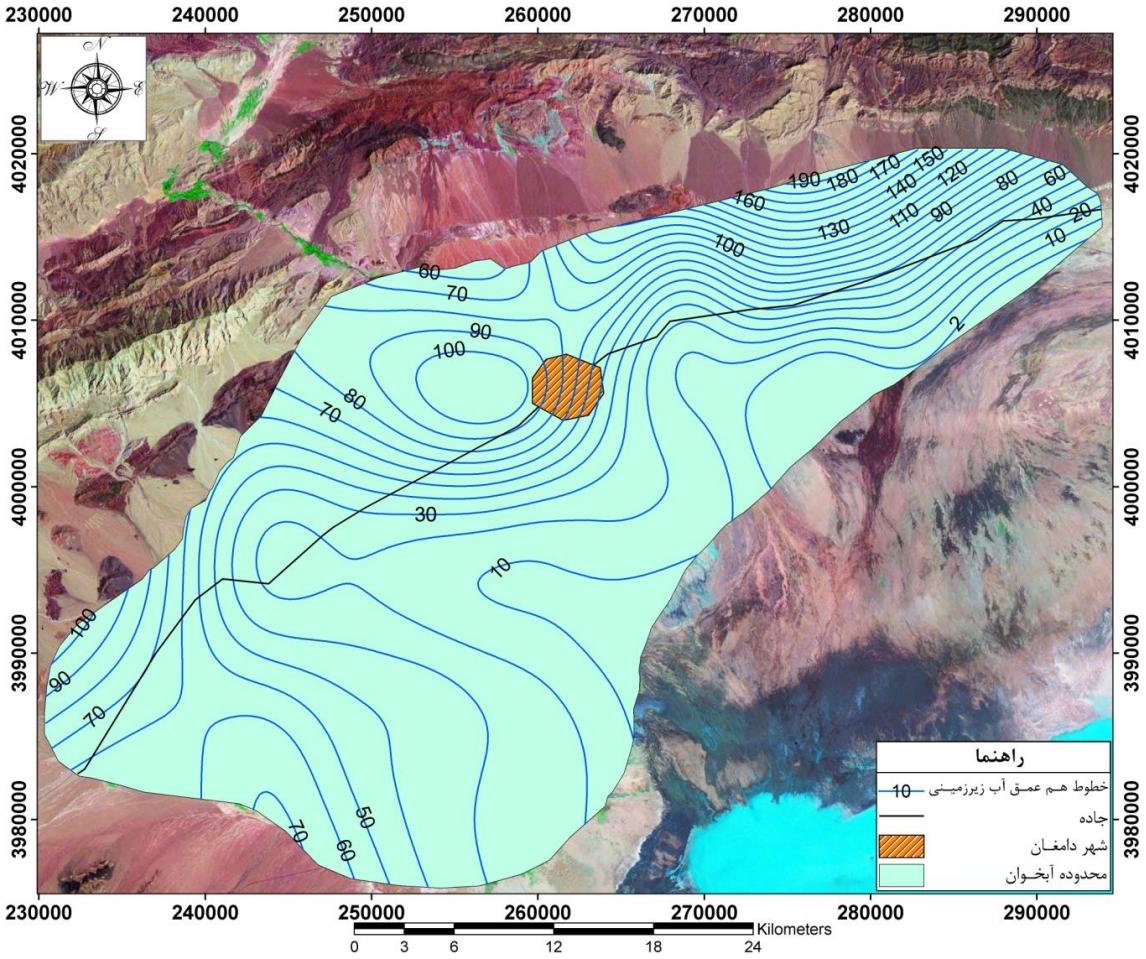
نقشه‌های هم‌عمق آب زیرزمینی جهت توسعه بهره‌برداری و حفاری چاه‌ها، مطالعات طرح‌های تغذیهٔ مصنوعی، محاسبه تبخیر از سطح آب زیرزمینی، بررسی کیفیت آب و شناسایی عوامل شوری و فرونشست زمین بسیار مهم می‌باشند. عوامل متعددی از جمله میزان تغذیه و تخلیه، توپوگرافی سطح زمین، موانع هیدرولیکی و ... در کنترل عمق آب زیرزمینی موثر هستند.

به منظور بررسی تغییرات ۲۰ سالهٔ عمق آب زیرزمینی در دشت دامغان، ابتدا دورهٔ مطالعاتی به دو دورهٔ ۱۰ ساله (۱۳۷۲ تا ۱۳۸۲ و ۱۳۸۲ تا ۱۳۹۲) تقسیم شده است. سپس نقشه‌های هم عمق منطقه با استفاده از روش درون‌یابی Spline در نرم‌افزار ARC GIS، برای سال‌های ۱۳۸۲ و ۱۳۹۲ ترسیم شده و با نقشهٔ هم عمق آب زیرزمینی رسم شده برای سال اول آماری (سال ۱۳۷۲) مقایسه گردیده است. شکل‌های (۴-۸)، (۴-۹) و (۴-۱۰) به ترتیب نقشه‌های هم عمق آب زیرزمینی دشت دامغان را در سال‌های ۱۳۷۲، ۱۳۸۲ و ۱۳۹۲ نشان می‌دهند.



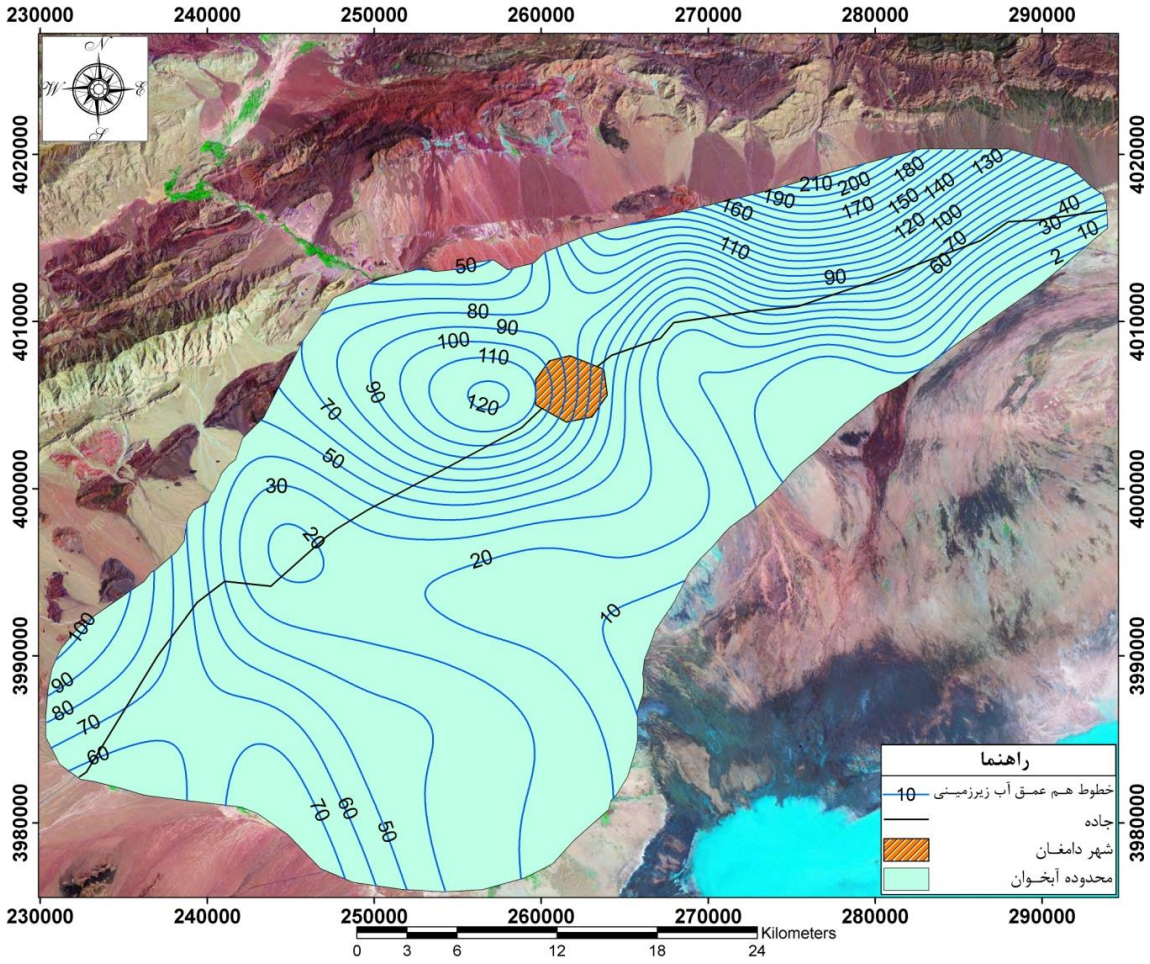
شکل ۴-۸- نقشه هم‌عمق آبخوان دشت دامغان- سال ۱۳۷۲

مقایسه نقشه‌های هم‌عمق سال‌های ۱۳۸۲ و ۱۳۹۲ با نقشهٔ هم‌عمق سطح ایستابی در سال ۱۳۷۲، نشان دهندهٔ روند مشابه تغییرات عمق آب زیرزمینی در این نقشه‌هاست، به گونه‌ای که میزان عمق آب زیرزمینی در دامنهٔ مخروط افکنه‌های شمال شرقی، شمالی و شمال غربی دشت، بیشترین مقدار بوده و به سمت قسمت‌های مرکزی و جنوبی دشت، دائماً از عمق آب زیرزمینی کاسته می‌گردد تا اینکه در خروجی جنوب شرقی دشت، به کمترین مقدار می رسد. در این ناحیه آب زیرزمینی در نزدیکی سطح زمین قرار می‌گیرد و بعضاً به سطح زمین تراوش کرده و در اثر تبخیر سبب شکل‌گیری کفه‌های نمکی می‌گردد. این امر احتمالاً مربوط به شیب سطح زمین و توپوگرافی دشت می‌باشد که با کاهش ارتفاع، به پهنهٔ گلی کواترنر و کویر چاه‌جام (کویر حاج علی‌قلی) ختم می‌گردد. مقایسهٔ نقشه-



شکل ۴-۹- نقشه هم‌عمق آبخوان دشت دامغان- سال ۱۳۸۲

های هم‌عمق سال‌های ۱۳۸۲ و ۱۳۹۲ با نقشهٔ هم‌عمق سطح ایستابی در سال ۱۳۷۲، همچنین حاکی از روند افزایشی عمق دسترسی به آب زیرزمینی در کل دشت با گذشت زمان می‌باشد به گونه‌ای که میانگین وزنی عمق آب زیرزمینی در کل دشت در سال ۱۳۷۲ برابر با ۳۸/۳ متر، در سال ۱۳۸۲ برابر با ۴۳/۳ و در سال ۱۳۹۲ برابر با ۴۸/۶ متر می‌باشد که بیانگر افزایش حدوداً ۵ متری عمق دسترسی به آب زیرزمینی به ازای هر دورهٔ ۱۰ ساله است. همان‌طور که قبلاً نیز گفته شد، افزایش بیش از اندازهٔ عمق آب زیرزمینی در بخش شمال شرقی دشت احتمالاً در اثر عملکرد گسل شمال دامغان می‌باشد، به گونه‌ای که در اثر عملکرد این گسل مجموعه‌ای از رسوبات دانه‌ریز به صورت سدی هیدرولیکی در مجاورت رسوبات دانه درشت‌تر مخروط افکنه‌ای قرار گرفته‌اند و باعث قطع شدن



شکل ۴-۱۰- نقشه هم‌عمق آبخوان دشت دامغان- سال ۱۳۹۲

ارتباط هیدرولیکی این ناحیه با نواحی بالادست و کاهش میزان تغذیه آبخوان شده است (مهندسین مشاور طرح آب ریز ۱۳۸۸). این مسئله به همراه برداشت زیاد آب زیرزمینی جهت مصارف کشاورزی در این منطقه، سبب افزایش عمق سطح ایستابی گردیده است. همچنین تشدید روند بهره‌برداری از سفرهٔ آب زیرزمینی طی سال‌های ۱۳۷۲ تا ۱۳۹۲ در بخش مرکزی دشت سبب افزایش غیر طبیعی عمق آب زیرزمینی در این قسمت گردیده است. این امر به صورت منحنی‌های بسته‌ای در نقشه‌های هم‌عمق سال‌های ۱۳۸۲ و ۱۳۹۲ به وضوح قابل مشاهده است و حاکی از روند افزایشی عمق دسترسی به آب زیرزمینی با گذشت زمان می‌باشد. با توجه به نقشه‌های هم‌عمق آب زیرزمینی، در قسمت شمالی دشت یک آنومالی قابل توجه وجود دارد. عمق آب زیرزمینی در محدودهٔ پیزومتر آب پخش جدید (شکل۴-۱۱)، با وجود اینکه نسبت به پیزومترهای پائین دست در منطقهٔ مرتفع‌تری حفر

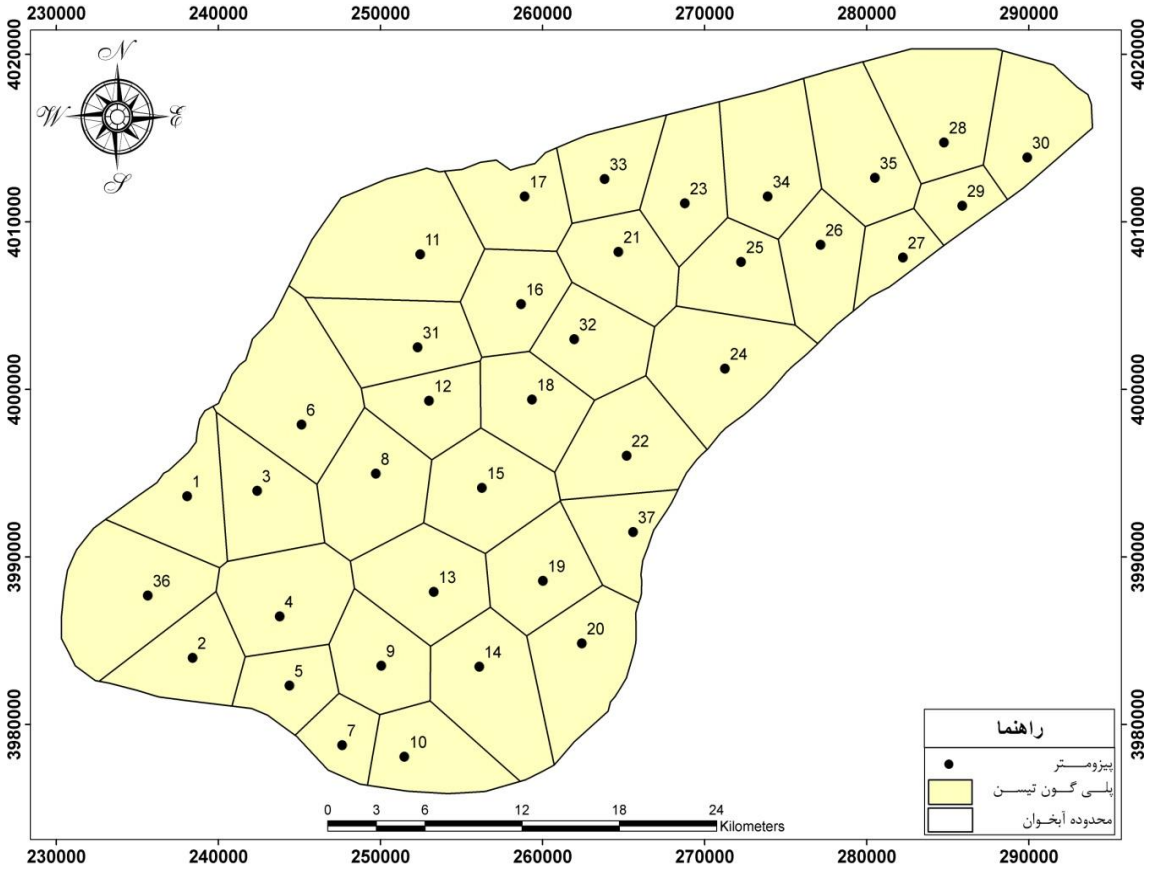
شده کمتر است و از شیب توپوگرافی تبعیت نمی‌کند. این امر احتمالاً به علت عملکرد گسل شمال دامغان و گسل‌های احتمالی متقاطعی است که در این قسمت از دشت بر لایه‌های رسوبی و جریان آب زیرزمینی اثر گذاشته و شرایط هیدرولوژیکی ویژه‌ای را به وجود آورده است (مهندسین مشاور طرح آب ریز ۱۳۸۸).

شکل ۴- ۱۱- نمایی از پیزومتر آب‌پخش جدید و رسوبات سطحی احاطه کننده آن

۴-۲-۶- بررسی نوسانات سالانه سطح آب زیرزمینی

به منظور بررسی نوسانات سالانهٔ سطح آب زیرزمینی و تغییرات ذخیرهٔ آبخوان دشت دامغان طی سال‌های ۱۳۷۲ تا ۱۳۹۲، از میانگین وزنی سطح آب زیرزمینی در فروردین ماه (پایان فصل مرطوب) و مهر ماه (پایان فصل خشک) هر سال در ۳۷ پیزومتر انتخابی موجود در منطقهٔ مورد

مطالعه (به عنوان نماینده‌ای برای کل سفرهٔ آب زیرزمینی دشت دامغان) استفاده گردیده است. شکل (۴-۱۲) نقشهٔ تیسن پیزومترهای انتخابی واقع در محدودهٔ مورد مطالعه و جدول (۴-۲) میانگین وزنی تراز آب زیرزمینی دشت را در فروردین ماه و مهر ماه سال‌های ۱۳۷۲ تا ۱۳۹۲ نشان می‌دهند.

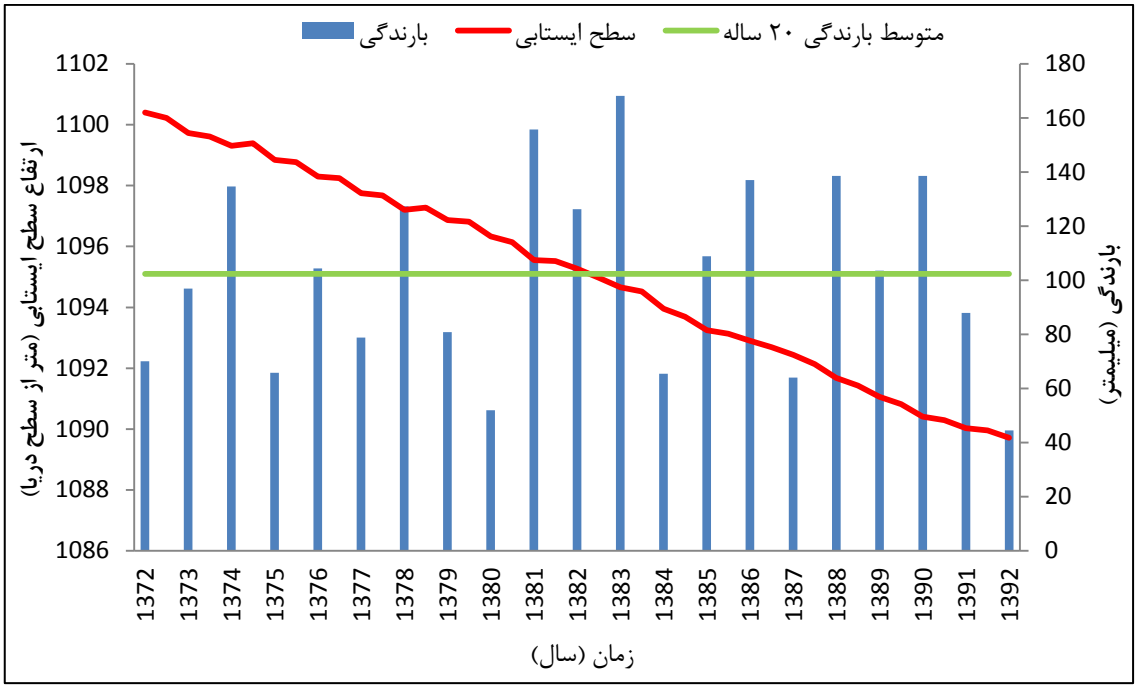


شکل ۴-۱۲- نقشه شبکه تیسن ترسیم شده برای محدوده دشت دامغان

سرانجام با استفاده از آمار و اطلاعات جدول ۴-۲، هیدروگراف معرف دشت دامغان طی سال-های ۱۳۷۲ تا ۱۳۹۲ ترسیم گردیده است. همچنین به منظور بررسی ارتباط بین تغییرات سطح آب زیرزمینی دشت با بارندگی، مقدار بارندگی سالانه نیز طی این دورهٔ ۲۰ ساله بر روی هیدروگراف نمایش داده شده است (شکل۴-۱۳).

جدول ۴-۲- میانگین وزنی تراز آب زیرزمینی دشت دامغان در فروردین و مهرسال‌های ۱۳۷۲ تا ۱۳۹۲

تاریخ	متوسط ارتفاع سطح ایستابی آبخوان (متراز سطح دریا)
مهر ۱۳۷۲	1100.41
فروردین ۱۳۷۳	1100.22
مهر ۱۳۷۳	1099.73
فروردین ۱۳۷۴	1099.61
مهر ۱۳۷۴	1099.30
فروردین ۱۳۷۵	1099.39
مهر ۱۳۷۵	1098.84
فروردین ۱۳۷۶	1098.77
مهر ۱۳۷۶	1098.30
فروردین ۱۳۷۷	1098.24
مهر ۱۳۷۷	1097.75
فروردین ۱۳۷۸	1097.68
مهر ۱۳۷۸	1097.20
فروردین ۱۳۷۹	1097.27
مهر ۱۳۷۹	1096.86
فروردین ۱۳۸۰	1096.81
مهر ۱۳۸۰	1096.33
فروردین ۱۳۸۱	1096.14
مهر ۱۳۸۱	1095.56
فروردین ۱۳۸۲	1095.52
مهر ۱۳۸۲	1095.27
فروردین ۱۳۸۳	1094.98
مهر ۱۳۸۳	1094.65
فروردین ۱۳۸۴	1094.52
مهر ۱۳۸۴	1093.95
فروردین ۱۳۸۵	1093.69
مهر ۱۳۸۵	1093.25
فروردین ۱۳۸۶	1093.13
مهر ۱۳۸۶	1092.90
فروردین ۱۳۸۷	1092.69
مهر ۱۳۸۷	1092.44
فروردین ۱۳۸۸	1092.13
مهر ۱۳۸۸	1091.68
فروردین ۱۳۸۹	1091.42
مهر ۱۳۸۹	1091.06
فروردین ۱۳۹۰	1090.82
مهر ۱۳۹۰	1090.40
فروردین ۱۳۹۱	1090.29
مهر ۱۳۹۱	1090.03
فروردین ۱۳۹۲	1089.95
مهر ۱۳۹۲	1089.71



شکل۴-۱۳- هیدروگراف معرف، مقدار بارش سالانه و متوسط بارندگی ۲۰ ساله دشت دامغان

همان‌طور که از هیدروگراف واحد دشت دامغان مشاهده می‌شود، سطح ایستابی در این دشت از سال ۱۳۷۲ تا سال ۱۳۹۲، پیوسته روندی نزولی داشته است به گونه‌ای که در طی این مدت سطح آب زیرزمینی با ۱۰/۷ متر افت، از تراز ۱۱۰۰/۴۱ متر از سطح دریا در مهر ماه سال ۱۳۷۲، به تراز ۱۰۸۹/۷۱ متر از سطح دریا در مهر ماه سال ۱۳۹۲ رسیده است. به عبارت دیگر متوسط افت سالانهٔ سطح آب زیرزمینی در دشت طی این مدت برابر با ۵۳/۵ سانتی متر بوده است. میزان کاهش ذخیرهٔ سفرهٔ آب زیرزمینی نیز در طی این مدت با توجه به مساحت آبخوان ($1373\ km^2$) و ضریب ذخیرهٔ آن (۰/۰۵) که از لاگ‌های ژئوفیزیکی و داده‌های آزمایش پمپاژ به دست آمده است، برابر با $۷۳۴۵۵۵۰۰۰m^3$ می‌باشد. این افت عمدتاً در نتیجهٔ بهره‌برداری بیش از حد از سفرهٔ آب زیرزمینی و به میزان کمتر، کاهش بارندگی طی این سال‌ها می‌باشد به گونه‌ای که کمبود بارندگی و بهره‌برداری بی‌رویه از سفرهٔ آب زیرزمینی سبب شده تا شاخه صعودی و نزولی هیدروگراف با هم متقارن نبوده و هیدروگراف دارای روند کلی رو به کاهش باشد.

با توجه به هیدروگراف واحد آبخوان، این هیدروگراف در هر سال دارای یک روند صعودی و یک روند نزولی است. حداکثر تراز متوسط آب زیرزمینی دشت دامغان در فروردین ماه و حداقل تراز

متوسط آب زیرزمینی آن در مهر ماه مشاهده می‌گردد. بدین ترتیب که میزان تغذیهٔ سفرهٔ آب زیرزمینی از مهر ماه افزایش یافته، هیدروگراف واحد آبخوان سیر صعودی به خود می‌گیرد. این روند پیوسته ادامه می‌یابد تا این که در فروردین ماه به حداکثر مقدار خود می‌رسد. از دلایل عمده افزایش تراز آب زیرزمینی می‌توان به افزایش میزان بارندگی و تعطیلی چاه‌های کشاورزی در دورهٔ مرطوب اشاره کرد. از فروردین ماه تا مهر ماه به دلیل کاهش نزولات جوی، افزایش برداشت از آبخوان و افزایش تبخیر از سطح ایستابی، تراز آب زیرزمینی دوباره کاهش می‌یابد و هیدروگراف سیر نزولی به خود می‌گیرد. این روند به وضوح و به طور تقریباً منظم در ۱۲ سال اول آماری مشاهده می‌گردد. اما در سال‌های بعد میزان نوسانات فصلی در تراز آب زیرزمینی به میزان قابل توجهی کاهش یافته است که این پدیده می‌تواند به واسطه تضعیف اثرات تغذیهٔ ناشی از بارش در نتیجهٔ عمیق‌تر شدن سطح ایستابی صورت گرفته باشد.

همان‌طور که از هیدروگراف واحد دشت دامغان مشاهده می‌شود، سطح ایستابی در این دشت از سال ۱۳۷۲ تا سال ۱۳۹۲، پیوسته روندی نزولی داشته است و هیچ رابطهٔ قابل توجهی بین میزان بارندگی و تراز سطح ایستابی در دشت وجود ندارد به گونه‌ای که روند رو به کاهش سطح ایستابی عمدتاً توسط بهره‌برداری بیش از حد از سفرهٔ آب زیرزمینی کنترل می‌شود و تغییرات در میزان بارندگی، اثری چندانی بر این روند نگذاشته است. این امر می‌تواند ناشی از بارش سالانهٔ ناچیز و متعاقباً تغذیهٔ اندک سفرهٔ آب زیرزمینی، بالا بودن میزان تبخیر منطقه به دلیل قرارگیری در ناحیهٔ خشک و نیمه‌خشک کشور، عدم توازن شدید بین میزان بهره‌برداری از آبخوان و مقدار تغذیه به آن و یا به دلیل تضعیف اثر تغذیهٔ ناشی از بارش در نتیجهٔ عمیق‌تر شدن سطح ایستابی باشد به گونه‌ای که بارندگی دیگر قادر به معکوس کردن روند رو به پایین تراز آب زیرزمینی و یا حتی متوقف کردن آن نمی‌باشد. جلوگیری از این روند نیازمند اقدامات مدیریتی مناسب است.

۴-۳- تغییرات شیمی آب زیرزمینی دشت دامغان

بررسی کیفیت منابع آب زیرزمینی و پایش چگونگی تغییرات آن طی گذر زمان چه از لحاظ

آلودگی و چه از نظر تغییراتی که به طور طبیعی در آب در حال جریان در محیط آبخوان ایجاد می-شود، یکی دیگر از جنبه‌های مهم مطالعهٔ آب‌های زیرزمینی در تمامی دشت‌هاست که امکان مدیریت صحیح، بهره‌برداری پایدار و حفظ این منابع حیاتی ارزشمند را فراهم می‌آورد و می تواند اطلاعات مفیدی را در جهت شناخت پویایی، تکامل و آلودگی آب‌های زیرزمینی منطقه فراهم سازد. کیفیت آب‌های زیرزمینی همواره تحت تأثیر فرآیندهای طبیعی و فعالیت‌های انسانی از قبیل لیتولوژی، واکنش‌های اکسایش و احیاء در محیط آبخوان، میزان بهره‌برداری از سفرهٔ آب زیرزمینی، اختلاط آب-ها، نشت فاضلاب‌ها و آلودگی‌ها، توپوگرافی منطقه، فرایندهای بیولوژیکی، مقدار و ترکیب آب‌های تغذیه شونده، پارامترهای اقلیمی و خصوصیات هیدروژئولوژیکی سفره آب زیرزمینی قرار داشته است. امروزه گسترش روزافزون فعالیت‌های انسانی که همواره بدون در نظر گرفتن ملاحظات زیست محیطی نیز می‌باشد، موجبات بهره برداری بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی و آلودگی آن‌ها را فراهم آورده است. از آنجایی که آلودگی آب‌های زیرزمینی به صورت پویا بوده و روش‌های بهبود آن دشوار و پرهزینه است، لذا حفاظت از این منابع ارزشمند و پیشگیری از آلودگی آن‌ها یک امر مهم و حیاتی تلقی می-گردد. این موضوع به ویژه در نواحی خشک و نیمه‌خشک، که فاقد منابع آب زیرزمینی و سطحی غنی و با کیفیت مناسب می‌باشند از اهمیت بالایی برخوردار است.

با بررسی تغییرات مقادیر و نوع مواد محلول موجود در آب‌های زیرزمینی، در طی مسیر جریان می‌توان به بسیاری از خصوصیات آبخوان و تأثیرات عواملی که به نوعی با آب زیرزمینی در ارتباط هستند، پی‌برد. بنابراین مطالعات هیدروژئوشیمی به عنوان ابزاری مناسب، تعیین‌کنندهٔ تاثیر فرآیند های مختلف بر ترکیب شیمیایی آب زیرزمینی بوده و اطلاعات مفیدی را در رابطه با جنس سازندهای منطقه و مواد متشکله آبخوان، مسیر جریان آب زیرزمینی، تأثیر سنگ کف، نواحی تغذیه و تخلیه آبخوان، نواحی تبخیر از آب زیرزمینی، چگونگی ارتباط هیدروژئولوژیکی آب‌های سطحی و زیرزمینی و کیفیت آب از نظر شرب، کشاورزی و صنعت در اختیار متخصصین آب زیرزمینی قرار می‌دهد.

با شناخت فرایندهای هیدروشیمیایی حاکم بر آبخوان یک منطقه می‌توان بینشی در مورد تغییرات غلظت اجزاء محلول در آب‌های زیرزمینی در طی مسیر جریان به دست آورد و روند تغییرات زمانی و مکانی آن‌ها را بهتر توصیف نمود. این امر امکان مدیریت کیفی هر چه بهتر منابع آب را فراهم

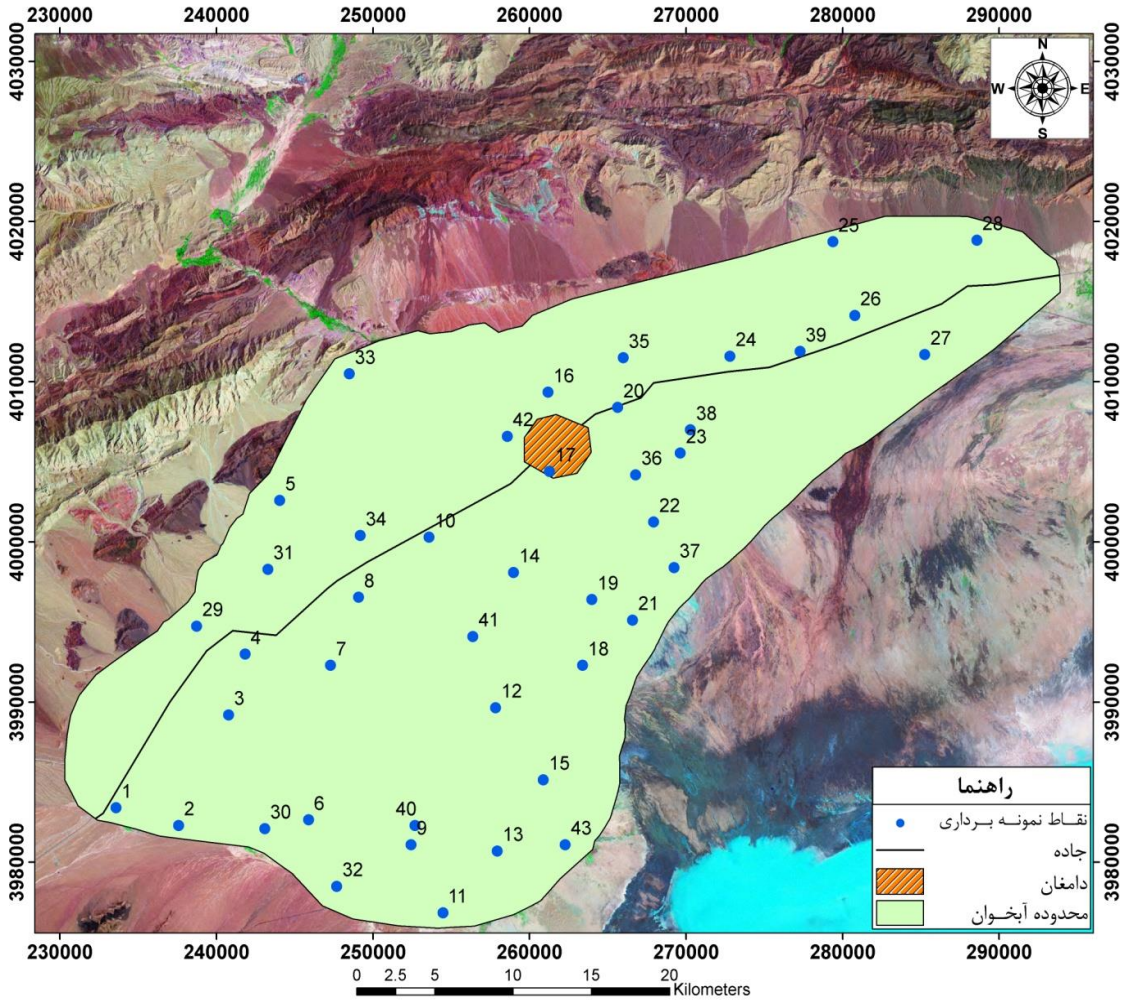
خواهد آورد.

۴-۳-۱- بررسی خصوصیات هیدروشیمیایی

به منظور بررسی خصوصیات کیفی آبخوان دشت دامغان و روند تغییرات آن با گذشت زمان، از آمار و اطلاعات ۲۰ سالهٔ شیمی آب زیرزمینی (۱۳۹۲-۱۳۷۲)، شامل اندازه‌گیری‌های مربوط به هدایت الکتریکی (EC)، اسیدیته (pH) و غلظت آنیون‌ها و کاتیون‌های اصلی موجود در آب زیزمینی از قبیل سولفات، کلر، بیکربنات، سدیم، منیزیم و کلسیم استفاده گردیده است. تعداد منابع نمونه‌برداری آب زیرزمینی تعیین شده توسط شرکت آب منطقه‌ای استان سمنان به منظور پایش وضعیت کیفی سفرهٔ آب زیرزمینی دشت دامغان، ۸۵ منبع و شامل چاه‌های عمیق و نیمه‌عمیق، چشمه و قنات می-باشد. از آنجایی که دورهٔ آماری طولانی بوده، لذا داده‌های آنالیز شیمیایی همه سالهٔ این منابع آبی به دلایلی از قبیل خاموش بودن، خرابی و یا خشک شدن چاه، مسدود بودن راه در زمان نمونه‌برداری و ... وجود نداشته است. به همین خاطر پس از بررسی‌های دقیق و به منظور کاهش میزان خطای کار، تعداد ۴۳ منبع آبی دارای کامل‌ترین آمار (با حداکثر ۳ سال عدم اندازه‌گیری در طی این دورهٔ ۲۰ ساله) و بهترین پراکندگی در محدودهٔ مورد مطالعه انتخاب گردیده و جهت پایش وضعیت کیفی سفرهٔ آب زیرزمینی دشت دامغان استفاده شده است. شکل (۴-۱۴) موقعیت چاه‌های انتخابی واقع در محدودهٔ مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

۴-۳-۲- تکمیل و تصحیح آمار آنالیز شیمیایی

با توجه به طولانی بودن دورهٔ آماری و نبود امکان نمونه‌برداری در برخی از سال‌ها به دلایل مختلف، لذا تعدادی از این منابع انتخابی در سال هایی فاقد آمار بودند (حداکثر ۳ سال) و از آنجایی که نبود یک مقدار حداقل و یا حداکثر در تعدادی داده، تأثیر زیادی را بر روی میانگین حسابی آن داده‌ها خواهد گذاشت و کار را با خطای بیشتری همراه خواهد کرد، لذا تصمیم گرفته شد تا به جای در نظر نگرفتن آن داده، مقدار آن، با توجه به روند تغییرات پارامتر مورد نظر در منبع نمونه‌برداری مربوطه پیش‌بینی گردد که بازسازی آمار در این موارد به دو طریق صورت گرفته است. در مواردی که



شکل ۴-۱۴- موقعیت نقاط نمونه‌برداری آب زیرزمینی در دشت دامغان

چاه در سال‌هایی غیر متوالی فاقد آمار بود، از طریق رسم نمودار تغییرات پارامتر موردنظر طی دورهٔ مطالعه، مقدار آن پارامتر، با توجه به روند تغییرات آن تخمین زده شده است و در مواردی که چاه در دو یا سه سال متوالی فاقد آمار بود، از طریق برقراری رابطه همبستگی با چاه‌های مجاور که رفتاری مشابه داشتند، آمار مربوطه بازسازی شده است. همچنین در بررسی نتایج آنالیز شیمیایی برخی از منابع نمونه‌برداری، مقادیری غیر عادی مشاهده گردید که خارج از روند تغییرات پارامتر مربوطه بوده و احتمالاً ناشی از خطای انسانی و یا دستگاهی می‌باشد. به عنوان مثال، میزان هدایت الکتریکی ثبت شده برای چاه رضی‌آباد (چاه شمارهٔ ۳۴) در سال ۱۳۷۵، ۷۵۷۰ میکروموس بر سانتی‌متر بود و این درحالی است که میزان هدایت الکتریکی اندازه‌گیری شده برای این چاه در سال ۱۳۷۳ و ۱۳۷۴ به ترتیب برابر با ۱۸۴۰ و ۱۸۲۹ و در سال‌های ۱۳۷۶ و ۱۳۷۷ نیز به ترتیب برابر با ۱۶۲۰ و ۱۵۷۵

میکروموس بر سانتی‌متر می‌باشد و بالاترین میزان EC اندازه گیری شده برای این چاه نیز برابر با ۲۰۵۰ میکروموس بر سانتیمتر و در سال ۱۳۹۲ بوده است. لذا در این موارد نیز پس از شناسایی و بررسی، اقدام به اصلاح داده‌های پرت گردیده است. مثلاً در چاه رضی‌آباد با توجه به روند نزولی میزان هدایت الکتریکی، عدد ۱۷۲۰ جایگزین دادهٔ پرت گردیده است. در نهایت پس از تصحیح خطاهای اندازه‌گیری و بازسازی آمار، جهت بررسی میزان صحت نتایج آنالیزهای آزمایشگاهی و داده‌های بازسازی و تصحیح شده، اقدام به محاسبه خطای آزمایش تمامی داده‌ها گردیده است (رابطه ۴-۱).

$$\mathrm{Error}(\%) = (\Sigma\mathrm{Cations} - \Sigma\mathrm{Anions})/(\Sigma\mathrm{All\ ions}/2)$$

مقدار قابل قبول خطای واکنش طبق نظر (Hounslow,1995) و (Schwartz and Zhang,2002) برابر ۶ درصد می‌باشد امّا محققان دیگری همچون میزر (Mazor,1992) مقدار ۱۰ درصد را پیشنهاد نموده اند. پس از بررسی میزان خطای واکنش آمارهای موجود، مشخص گردید که میزان این خطا در آنالیز های شیمیایی موجود تماماً زیر ۶ درصد بوده و بنابراین نتایج آنالیزهای مذکور صحیح و قابل استناد می‌باشد. همچنین به منظور بررسی صحت و دقت آمارهای تهیه شده توسط شرکت آب منطقه‌ای استان سمنان، طی چند روز کار صحرایی در دی ماه سال ۱۳۹۳، میزان هدایت الکتریکی و pH آب زیرزمینی در تعدادی از این چاه‌های انتخابی واقع در دشت اندازه‌گیری گردیده است و با آمارهای ارائه شده از جانب شرکت آب منطقه‌ای مقایسه شده و در صورت نیاز اصلاحات لازم صورت گرفته است.

۴-۳-۳- بررسی تغییرات کیفیت سفرهٔ آب زیرزمینی دشت دامغان

جهت بررسی تغییرات زمانی کیفیت سفرهٔ آب زیرزمینی دشت دامغان، مقادیر متوسط سالانهٔ یون های اصلی، هدایت الکتریکی و pH آب زیرزمینی در هر کدام از منابع انتخابی واقع در دشت برای سال‌های اول آماری (۱۳۷۲)، میانی (۱۳۸۲) و انتهایی (۱۳۹۲) محاسبه شده است. همچنین میانگین هر کدام از این پارامترها در کل منابع انتخابی موجود در دشت برای سال‌های ۱۳۷۲، ۱۳۸۲ و ۱۳۹۲ به دست آمده و به عنوان مقدار متوسط آن پارامتر در سفره آب زیرزمینی دشت دامغان طی این سال-ها در نظر گرفته شده است. در نهایت درصد تغییرات مقادیر این پارامترها در سفرهٔ آب زیرزمینی طی این دورهٔ ۲۰ ساله نیز محاسبه گردیده است. نتایج این محاسبات در جدول (۴-۳) ارائه شده است.

جدول ۴-۳- مقادیر پارامترهای هیدروژئوشیمیایی منابع آبی انتخابی واقع در دشت، طی سال‌های ۱۳۷۲، ۱۳۸۲ و ۱۳۹۲. (غلظت‌ها بر حسب meq/L)

شماره	محل چاه	EC (µS/cm)			Ca^{2+}			Mg^{2+}			Na^{+}		
		1372	1382	1392	1372	1382	1392	1372	1382	1392	1372	1382	1392
1	ابزارمهدی	2140	2120	2280	4.8	2.6	4.6	4.4	2.4	6.5	11	16.8	10.8
2	قوشه	2260	2470	2620	4	7	5.1	4.9	3	3.8	12.8	14.9	15.8
3	امیر آباد	1460	1579	1547	3.4	4.4	4.7	1.4	1.6	3.8	8.2	9.9	6.2
4	عیش آباد	1370	1420	1445	2.9	2.4	2.3	3	3	3.7	8	9	7.8
5	حاجی آباد	1710	1826	1945	2.8	3.6	3.3	2.4	2.4	2.8	9.4	12.9	12.5
6	عبدالله اباد	1634	1610	1620	4.4	6	2.6	1.2	2.4	3.6	9.8	8.7	9.8
7	باقر آباد	1550	1652	1681	2.7	2.3	2.6	2.8	4.5	4.2	10.5	10	8.7
8	حسین آباد	1710	1880	1824	3	4.8	2.6	5.9	4.2	5.4	11	10.2	10.9
9	مقیم آباد	2520	2100	1678	5.6	4.4	2.7	6.8	4.4	3.7	13.8	14.3	10.9
10	غرب دامغان	2100	1918	1997	6.8	3.2	4.5	1.3	2.8	4.9	12.4	14.9	10
11	علیان	3100	3600	5060	4.8	11	6.8	4	6	11.8	21.4	20.2	29.8
12	سید آباد	2100	2090	2010	3.2	3.6	2.6	3.9	6.4	4.9	15.5	10.6	11.6
13	قاسم آباد	1995	2010	1677	4.2	7.6	2.6	4.2	2	4.8	11.2	11.3	7.9
14	باقر آباد	1870	1749	2070	5.3	6.4	3.6	3.3	2.4	5.3	11	10.3	10.7
15	کبوتر خان	3080	2720	2640	7	5.4	8.2	5.1	8.5	4.1	17.3	13.5	15.2
16	اراضی ابریشم	1710	2150	2340	5.1	7.6	5.6	2.9	3.5	6.4	10.4	12	11.6
17	ورکیان	1865	2070	2340	4.4	10	4.7	5.2	3.6	6	9.2	9.2	13
18	عبدیا	1870	1898	1895	3.2	4.9	2.1	3.2	4	4	13.5	10	11.4
19	محمد آباد	2060	2290	2270	3.9	5.3	4.3	3.8	6.8	5.5	12.8	11.1	13
20	مایان	2830	3420	3600	7.1	15	11.9	6.7	10.1	11.4	14.1	11	15.8
21	عبدالله اباد	3710	3360	2790	6.3	8.1	3.9	7.5	14	7.8	20.5	17.1	19.5
22	عباسان	1899	3800	3920	6.1	15.1	5.2	2	6	11.3	9.9	17	25
23	وامرزان	2000	2240	2820	3.2	6.4	6.9	7.2	10.4	10.3	10	5.5	13

ادامه جدول ۴-۳

شماره	محل چاه	EC (µS/cm)			Ca^{2+}			Mg^{2+}			Na^{+}		
		1372	1382	1392	1372	1382	1392	1372	1382	1392	1372	1382	1392
24	طاق	4105	4610	4850	9.6	19.3	17.2	8.4	7.2	16.6	23	18	26.1
25	امام آباد	3000	2400	2200	12	14.4	8	15	8.8	9.9	5	5.9	4.2
26	زرین آباد	2930	3630	5230	11.9	15	26.6	9.1	10	18.4	9.2	13.6	15
27	ایستگاه زرین	4670	11280	12260	18.2	68	26	29	16.1	64.3	21.7	45	69.5
28	نعیم آباد	6370	7120	8650	11	12	8	9	10	15.7	32	52.5	69.1
29	بخش آباد	310	245	300	0.9	0.4	0.4	0.9	0.3	0.4	0.5	2	2.2
30	امروان	1730	2050	2240	2.7	4.4	4.5	3.8	4.8	4.1	10.2	10.4	12.6
31	ابراهیم آباد	1250	1476	1460	3.6	3	2.7	2.8	2.6	2.7	7.5	8.6	8
32	ایستگاه امروان	2180	2220	2440	3	4.6	5	4.4	3.8	4.7	13.2	13.6	9.1
33	آب رندان	475	522	500	2	1.7	2	1.5	1.9	1.8	0.4	0.8	1.3
34	رضی آباد	1800	1835	2050	3.9	4.6	4.1	3.4	4.2	2.8	11	10.3	11.5
35	بق	2400	3270	3500	9.5	11.5	7.1	9.5	9.2	9.9	11.2	14.1	13.2
36	برم	2070	2220	1990	8	7.2	6.8	3.1	8.8	3.8	10.5	6.7	7.8
37	امین آباد	2200	4590	3950	3.8	15	6	4.5	9.9	13.5	15.5	21	21.6
38	جاده وامرزان	3480	2620	2870	10.1	8.3	6	14	4.8	7.1	20	21.3	14.9
39	جعفر آباد	2590	3270	3875	6	13	10.5	6.5	15	11.2	10	4.9	17.6
40	شریفیه	2490	2570	2600	5.6	5	5.2	2.2	4.4	5.5	15.8	15.7	12.3
41	حسن آباد	2360	2250	2185	4.1	4.9	4.1	4.5	4.2	4.1	13.5	14.4	13.5
42	دانشگاه آزاد	2450	2435	2525	3.5	7.6	5.1	4.3	3.3	3.8	14	14	11.5
43	مسیح آباد	1960	2400	2540	7.8	6	7.1	6	8	4.2	10.3	10.8	13
	میانگین	2311	2674	2844	5.61	8.67	6.18	5.47	5.85	7.92	12.5	13.6	15.2
	درصد افزایش			23.06			10.16			44.79			21.6

ادامه جدول ۴-۳

شماره	محل چاه	HCO_3^-			Cl^-			SO_4^{2-}			pH		
		1372	1382	1392	1372	1382	1392	1372	1382	1392	1372	1382	1392
1	ابزارمهدی	2.2	1.3	2.9	15.5	15.9	13.6	3.1	4.3	4.13	8.2	8	7.4
2	قوشه	2.9	1.2	2.3	14	15	14.7	4.7	8.4	7.9	8.2	8.4	7.8
3	امیر آباد	2.5	4	2.8	8.1	10.1	10.1	3	2.8	1.9	8.5	8	7.8
4	عیش آباد	2.2	2.6	4	7.5	10	7.6	2.9	2.2	3.6	8.5	8	7.4
5	حاجی آباد	2.8	1.5	2.3	12.7	15	12.5	0.6	2.6	3.3	8.3	8.2	7.7
6	عبدالله اباد	2.3	1.4	3.2	9.5	8.9	9.3	2.3	6.4	3.6	8.1	8.2	7.3
7	باقر آباد	3.3	1.6	3.1	8.9	8.5	9.3	2.4	6.2	4.2	7.9	8.4	7.5
8	حسین آباد	3.8	3.4	4.6	10.1	10.5	9.4	4.2	4.9	3.7	8	8.3	7.1
9	مقیم آباد	2.5	1.8	3.2	13.5	12.9	9.3	11.5	7.9	5	7.7	8.5	7.3
10	غرب دامغان	4.4	2.9	5.7	17.5	13	12.4	0.5	4.3	3.4	8	8.2	7.4
11	علیان	2.4	1.9	2.5	9.5	26.5	36.9	20.4	11.9	14	7.7	8.4	7.3
12	سید آباد	3.1	2.2	3	14.1	14.9	12.9	4.5	3.8	4.2	7.8	8.6	7.4
13	قاسم آباد	2.3	2	2.5	9.5	12.5	9.2	7.2	6.5	5.5	7.9	8.4	7.5
14	باقر آباد	4.7	3.2	3.1	12	12	12.8	3.7	3	3	7.9	8.2	7.3
15	کبوتر خان	2.4	2.2	2	17	19.5	19.5	7.5	6.2	5.3	7.8	8.2	7.7
16	اراضی ابریشم	5.1	6.5	3.1	8.5	15	8.9	5.5	2.4	11.2	7.9	7.7	7.6
17	ورکیان	4.7	4.4	6	6.5	15.1	13.7	7.5	2.7	3.4	7.6	8.1	7.4
18	عبدیا	4.4	4	4.9	11.7	13	11.4	4.6	1.3	2.9	8.4	8.3	7.4
19	محمد آباد	4.6	4.4	5	12.9	18	15.5	4.3	2.4	3.2	7.8	8.1	7.5
20	مایان	3.4	4.8	4.2	12.2	21.2	16.8	12.8	13.8	19.1	8.1	7.9	7.3
21	عبدالله اباد	4.7	5.1	5.1	16	18.7	15.8	10.5	11.6	7.9	8	8.3	7.4
22	عباسان	2.8	5.5	5.5	9.1	27.5	25.2	7.8	9.1	13.2	8.2	8	7.4
23	وامرزان	4.3	6	7.7	11.2	13	12	3.05	2.6	7.4	8.5	8.6	7.1

ادامه جدول ۴-۳

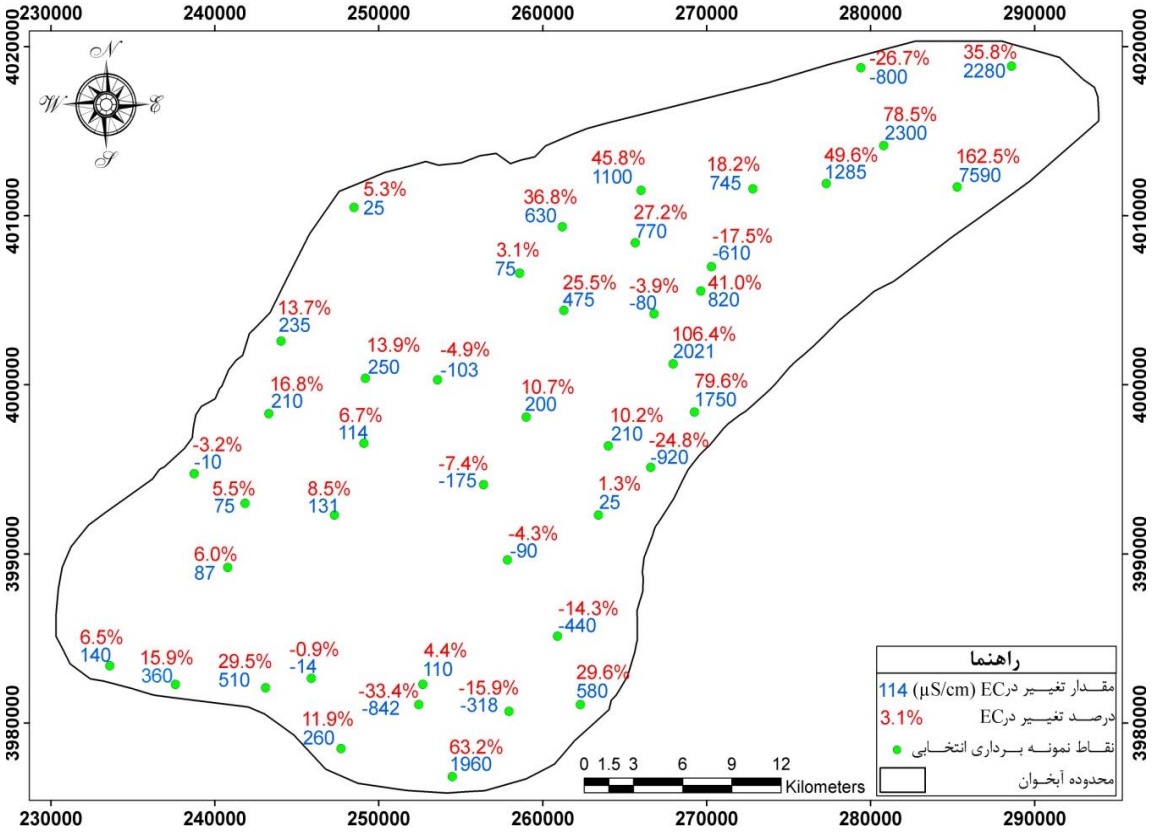
شماره	محل چاه	HCO_3^-			Cl^-			SO_4^{2-}			pH		
		1372	1382	1392	1372	1382	1392	1372	1382	1392	1372	1382	1392
24	طاق	6	14	15.9	19.9	18.9	17.5	14.9	16.2	25.7	7.8	7	6.6
25	امام آباد	5.5	9	3.8	11	8.9	5.9	12.5	11.6	12.2	8	7.5	7.5
26	زرین آباد	2.7	5.5	13.2	15	20	25.3	14.2	12.7	23	7.9	7.4	6.6
27	ایستگاه زرین	3.9	4.1	6	42.5	85.1	79.5	29.7	35.9	72.9	7.6	8	7.3
28	نعیم آباد	4.8	2.7	4.2	37.5	60	75.6	8.2	10.5	14.2	8	8.2	7.7
29	بخش آباد	0.9	1.3	1.6	0.3	0.2	0.4	1.2	1	1	7.9	8.6	8.2
30	امروان	2.3	2.8	2.2	11.5	13.5	13	3.5	3.5	4.7	8	7.9	8
31	ابراهیم آباد	3.3	3.1	2.7	6.5	8	8.8	3.5	3.7	3	8.6	8.1	7.8
32	ایستگاه امروان	2.6	3	3	10.5	10.9	12.8	7.2	8.5	5.5	8	8.1	7.7
33	آب رندان	2.3	2.3	2.6	0.6	1.3	1.3	0.8	1.2	1.2	8	8.1	7.7
34	رضی آباد	5	4.2	2.8	11.1	10	11.3	4.1	3.1	5.5	8.3	8	7.9
35	بق	5.2	6.2	4.2	10	11.7	10.5	13.2	14.3	13.8	8	7.9	7.1
36	برم	4	6	4.2	10.5	12.5	12.5	6.2	3.7	4	8.1	7.6	7.3
37	امین آباد	2.8	5.1	6.9	17	32.5	24.5	5.1	8.1	13.09	8.1	7.9	7.2
38	جاده وامرزان	7.8	6.5	4.7	24.5	13.5	14	8.6	11.2	8.5	8.1	7.9	7.2
39	جعفر آباد	5	8	7	11.3	13.8	17	6	11.8	11.3	8	7.5	8
40	شریفیه	4.1	2.3	2.7	12	14	13.2	10	9.2	7.5	8.1	8	7.7
41	حسن آباد	4.1	2.9	3.6	15.3	14.5	15	5	3.9	5	8.4	8.2	7.7
42	دانشگاه آزاد	3.8	5.4	3.5	15.2	16	15.5	3.3	3.7	3.5	7.7	7.8	7.7
43	مسیح آباد	1.9	1.5	2.4	14.1	17.5	12.5	6	7.1	7.5	7.9	8.5	8
	میانگین	3.62	3.95	4.32	13.1	17	16.4	6.92	7.17	8.93	8.03	8.07	7.49
	درصد افزایش			19.3			25.2			29			-6.72

بر طبق جدول ۴-۳، میزان EC سفرهٔ آب زیرزمینی با ۲۳/۰۶ درصد افزایش، از مقدار ۲۳۱۱ میکروموس بر سانتی‌متر در سال ۱۳۷۲ به ۲۸۴۴ میکروموس بر سانتی‌متر در سال ۱۳۹۲ رسیده است (۵۳۳ واحد افزایش). این در حالی است که طی همین مدت، میزان pH سفرهٔ آب زیرزمینی با ۶/۷ درصد کاهش، از مقدار ۸/۰۳ به ۷/۴۹ رسیده است. به عبارت دیگر، سفرهٔ آب زیرزمینی به سمت اسیدی‌تر شدن گرایش داشته است. این امر می‌تواند ناشی از افزایش بسیار ناچیز غلظت یون کلسیم و در مقابل، افزایش بالای غلظت سولفات آب زیرزمینی بوده باشد. در بین آنیون‌ها یون سولفات با ۲۹ درصد افزایش و یون بیکربنات با ۱۹/۳ درصد، به ترتیب بالاترین و کمترین میزان افزایش را به خود اختصاص داده‌اند. در میان کاتیون‌ها نیز یون منیزیم با ۴۴/۷۹ درصد، بیشترین و یون کلسیم نیز با ۱۰/۱۶ درصد، کمترین میزان افزایش را نشان می‌دهند. همچنین متوسط افزایش برای مجموع کاتیون‌های سفرهٔ آب زیرزمینی در طی این مدت برابر با ۲۵/۵۲ درصد و برای مجموع آنیون‌ها برابر با ۲۴/۵ درصد می‌باشد. متوسط افزایش برای مجموع آنیون‌ها و کاتیون‌های سفرهٔ آب زیرزمینی در طی این مدت نیز برابر با ۲۵ درصد بوده است. با دقت در نتایج جداول بالا همچنین مشاهده می‌شود که میزان هدایت الکتریکی، pH و غلظت یون‌های کلسیم و کلر سفرهٔ آب زیرزمینی در ده سال اول دورهٔ آماری بیشترین نرخ افزایش و غلظت یون‌های بیکربنات، سولفات، سدیم و منیزیم سفرهٔ آب زیرزمینی، در ده سال دوم دورهٔ آماری بیشترین نرخ افزایش را داشته است. این در حالی است که، میزان pH و غلظت یون‌های کلسیم و کلر سفرهٔ آب زیرزمینی در ده سال دوم دورهٔ آماری روندی کاهشی را داشته‌اند.

۴-۳-۴- بررسی تغییرات مکانی و زمانی هدایت الکتریکی سفره آب زیرزمینی

هدایت الکتریکی آب زیرزمینی یکی از مهمترین شاخص‌های کیفی آب زیرزمینی است که به سادگی با دستگاه EC-Meter قابل اندازه‌گیری می‌باشد. این پارامتر نشان دهندهٔ مقدار املاح موجود در آب است به‌طوری‌که با افزایش میزان املاح موجود در آب، EC آن نیز افزایش می‌یابد. عوامل بسیاری بر روی قابلیت هدایت الکتریکی آب زیرزمینی تأثیر گذار می‌باشند که از آن جمله می‌توان به لیتولوژی آبخوان، مدت زمان اقامت آب در آبخوان، سرعت حرکت آب در زیر زمین، میزان نزولات

جوی و تغذیهٔ آبخوان، میزان بهره‌برداری از سفرهٔ آب زیرزمینی، ورود فاضلاب‌ها و آلودگی‌ها به آبخوان و نفوذ آب‌های شور به درون سفرهٔ آب زیرزمینی را نام برد. شکل (۴-۱۵) مقدار و درصد افزایش هدایت الکتریکی هر یک از منابع انتخابی واقع در محدودهٔ مورد مطالعه را، طی این دورهٔ ۲۰ ساله، نشان می‌دهد.



شکل ۴-۱۵- درصد و مقدار تغییرات در EC آب زیرزمینی منابع نمونه‌برداری انتخابی

همان‌طور که از شکل ۴-۱۵ مشاهده می‌شود، بیشترین میزان افزایش در EC آب زیرزمینی (بیش از ۵۰ درصد افزایش)، در چاه‌های واقع در حواشی جنوبی و شرق دشت (خروجی دشت دامغان) روی داده است به گونه‌ای که چاه شمارهٔ ۲۷ (چاه ایستگاه زرین‌آباد)، با بالاترین میزان افزایش در EC آب زیرزمینی (۱۶۲/۵درصد افزایش) در این ناحیه واقع گردیده است. طی بازدیدهای صورت گرفته از منطقه، افزایش بالای هدایت الکتریکی آب زیرزمینی در این ناحیه از دشت ناشی از برگشت شورابه-

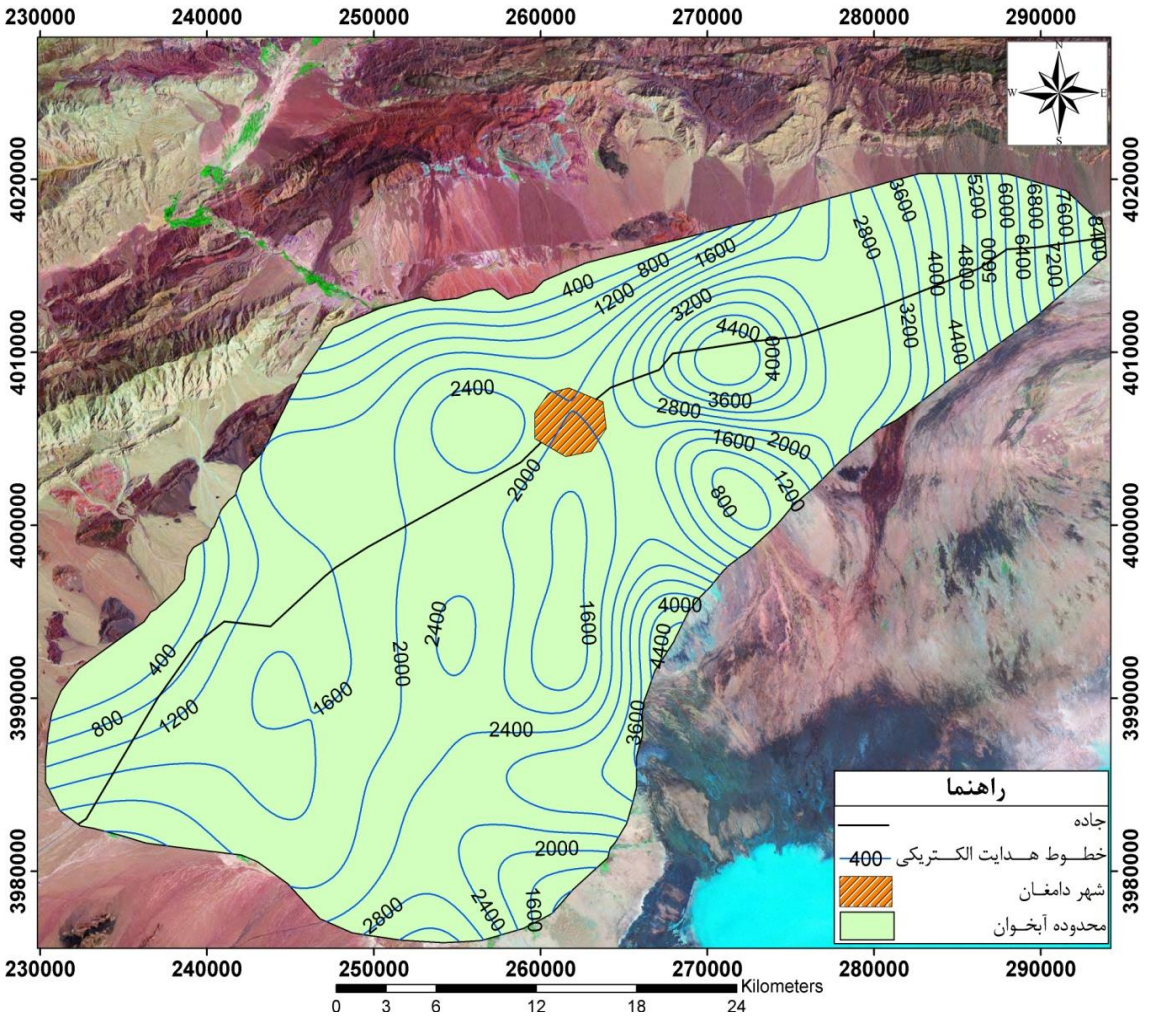
های کویر چاه‌جام به سمت آبخوان تشخیص داده شد که در نتیجهٔ بهره‌برداری بی‌رویه از سفرهٔ آب زیرزمینی در این ناحیه رخ داده است. همچنین مناطق با افزایش متوسط در هدایت الکتریکی (افزایش بین ۲۰ تا ۵۰ درصد) درنیمهٔ شرقی دشت واقع گردیده‌اند. احتمالاً وجود رسوبات رسی و ریزدانه در محل چاه‌های این منطقه در اثر عملکرد گسل شمال دامغان، عدم تغذیهٔ مناسب آبخوان از سوی ارتفاعات شمالی و نیز بهره‌برداری بیش از حد سفرهٔ آب زیرزمینی در این بخش از دشت، موجب بالا آمدگی (Upconing) آب‌های شور از بخش‌های عمیق‌تر آبخوان شده است (مهندسین مشاور طرح آبریز ۱۳۸۸).

نواحی دارای افزایش اندک و یا کاهش هدایت الکتریکی نیز عمدتاً در نیمهٔ غربی دشت واقع شده‌اند. تغذیه مناسب آبخوان از سوی ارتفاعات آهکی شمالی منطقه و به ویژه از طریق ورودی رودخانه‌های چشمه علی و تویه- دروار باعث کاهش شوری آب زیرزمینی در این قسمت از دشت گردیده است. همچنین در شکل ۴-۱۵ آنومالی‌های قابل‌توجهی نیز مشاهده می‌شود. به عنوان مثال، میزان هدایت الکتریکی آب زیرزمینی در چاه‌های شمارهٔ ۳۶ و ۳۸، برخلاف چاه‌های مجاور روندی کاهشی را نسبت به سال ۱۳۷۲ نشان داده و دارای درصد افزایش منفی می‌باشد که طی بازدیدهای صورت گرفته و بررسی شرایط منطقه، علت این امر قرارگیری چاه‌های مذکور در مسیر جریان خروجی آب زیرزمینی شهر دامغان و لذا بهبود کیفیت سفرهٔ آب زیرزمینی در نتیجهٔ آب تغذیه شده به آبخوان در محل شهر تشخیص داده شد. لازم به ذکر است که آب شرب شهر دامغان حاصل اختلاط چندین منبع آب سطحی و زیرزمینی با یکدیگر می‌باشد که در مجموع دارای کیفیت بهتری نسبت به آب سفرهٔ زیرزمینی در نواحی جنوبی شهر است.

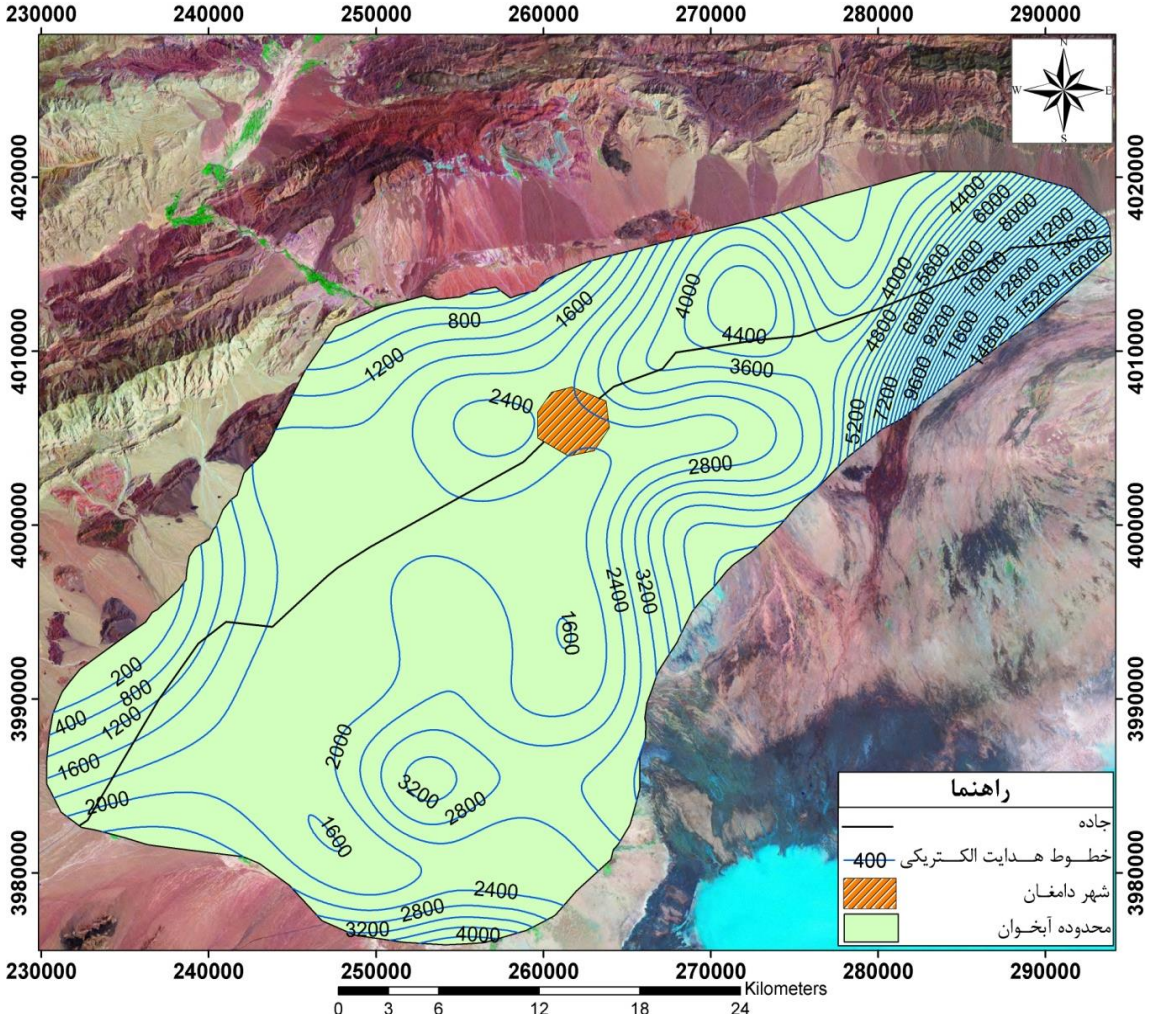
در بازدید به عمل آمده از منطقهٔ جنوب غرب دشت نیز علت افزایش هدایت الکتریکی چاه‌های شمارهٔ ۲، ۳۰ و ۳۲ نسبت به چاه‌های مجاور، افت نسبتاً بالای آب زیرزمینی در این ناحیه و نیز تغذیهٔ آبخوان از ارتفاعات ژیپسی- مارنی جنوب غرب منطقه (سازند قرمز بالایی) تشخیص داده شد. لازم به ذکر است که گستردگی زیاد آبخوان دشت دامغان (۱۳۷۳ km^2) در مقایسه با آبخوان‌های دیگر (شاهرود ۴۷۲ km^2، میامی ۵۴۴ km^2، بسطام ۲۰۱ km^2 و مجن ۱۴۰ km^2) سبب گردیده تا میزان هدایت الکتریکی سفرهٔ آب زیرزمینی در مناطق مختلف آن تابع شرایط و عوامل گوناگون محلی باشد

به گونه‌ای که تفسیر جزئی‌تر دلایل ناهنجاری‌های هدایت الکتریکی آبخوان را دشوار نموده است.

به منظور بررسی و مقایسه تغییرات مکانی و زمانی هدایت الکتریکی آبخوان دشت دامغان و نیز تفسیر بهتر و دقیق‌تر آن، نقشه‌های هدایت الکتریکی منطقهٔ مورد مطالعه پس از تقسیم دورهٔ مطالعاتی به دو دورهٔ ۱۰ ساله (۱۳۷۲ تا ۱۳۸۲ و ۱۳۸۲ تا ۱۳۹۲)، برای سال‌های ۱۳۸۲ و ۱۳۹۲ ترسیم گردیده و با نقشهٔ هدایت الکتریکی ترسیم شده برای سال اول آماری (سال ۱۳۷۲) مقایسه شده است. شکل‌های (۴-۱۶)، (۴-۱۷) و (۴-۱۸) به ترتیب نقشه‌های هدایت الکتریکی سفرهٔ آب زیرزمینی دشت دامغان را در سال‌های ۱۳۷۲، ۱۳۸۲ و ۱۳۹۲ نشان می‌دهند.

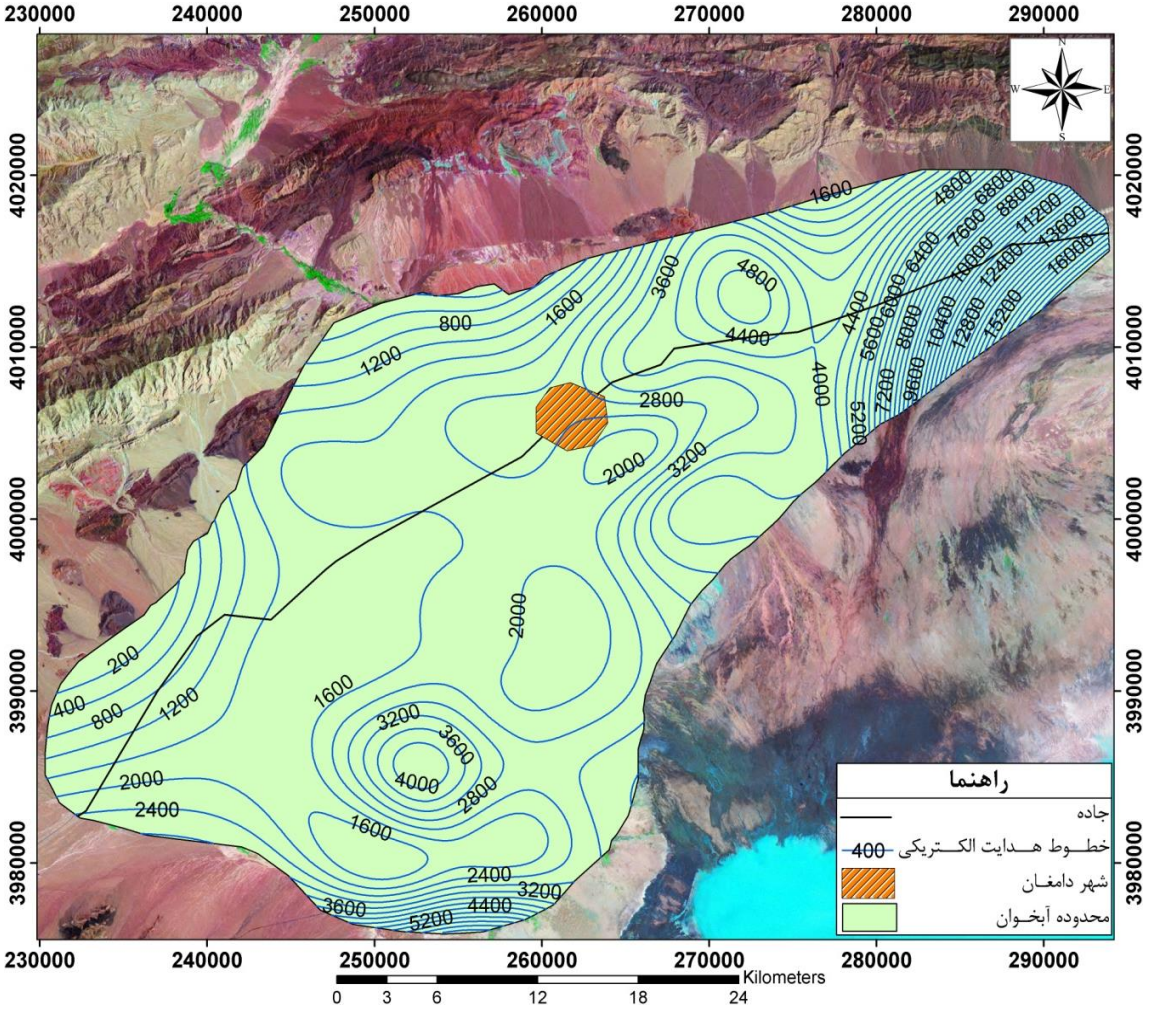


شکل ۴-۱۶- نقشه هدایت الکتریکی آبخوان دشت دامغان در سال۱۳۷۲



شکل ۴-۱۷- نقشه هدایت الکتریکی آبخوان دشت دامغان در سال ۱۳۸۲

بررسی روند عمومی منحنی‌های هم‌ارزش هدایت الکتریکی در هر سه نقشه نشان دهندهٔ افزایش شوری آب زیرزمینی در جهت جریان می‌باشد، به گونه‌ای که میزان هدایت الکتریکی آب زیرزمینی از شمال و غرب آبخوان به سمت شرق، جنوب شرقی و جنوب آن (از سمت ارتفاعات به سمت خروجی دشت) افزایش یافته و منحنی‌های با بیشترین مقدار EC مربوط به این نواحی می-باشند. این فرآیند تحت تأثیر جبهه‌های تغذیه‌ای شمالی و غربی، کاهش قطر ذرات به سمت شرق و جنوب، افزایش زمان ماندگاری آب در آبخوان و لذا فرصت کافی جهت حل کردن املاح بیشتر، اثرات کیفی پساب‌های برگشتی از مناطق مسکونی و اراضی کشاورزی به سیستم آب زیرزمینی و نزدیک شدن به محل خروجی آبخوان می‌باشد.



شکل ۴-۱۸- نقشه هدایت الکتریکی آبخوان دشت دامغان در سال۱۳۹۲

مقایسهٔ نقشه‌های هدایت الکتریکی سال‌های ۱۳۷۲، ۱۳۸۲ و ۱۳۹۲، همچنین نشان دهندهٔ افزایش میزان EC سفرهٔ آب زیرزمینی با گذشت زمان می‌باشد. همان‌طور که از نقشه‌های بالا مشاهده می‌شود، افزایش هدایت الکتریکی آب زیرزمینی در همه جا از روند یکسانی برخوردار نیست و در برخی نقاط از قسمت‌های میانی دشت، EC آب زیرزمینی افزایش قابل توجهی نشان می‌دهد و به صورت منحنی‌های بسته‌ای در می‌آید. مقایسهٔ این نقاط با نقشه‌های هم‌پتانسیل سطح ایستابی حاکی از انطباق نسبی این مناطق با نواحی دارای افت بالای آب زیرزمینی می‌باشد و این احتمال را به وجود می‌آورد که افزایش هدایت الکتریکی آب زیرزمینی در این مناطق می‌تواند ناشی از بهره‌برداری بی‌رویه از سفرهٔ آب زیرزمینی باشد. همچنین برداشت بی‌رویه از سفرهٔ آب زیرزمینی در قسمت‌های جنوبی

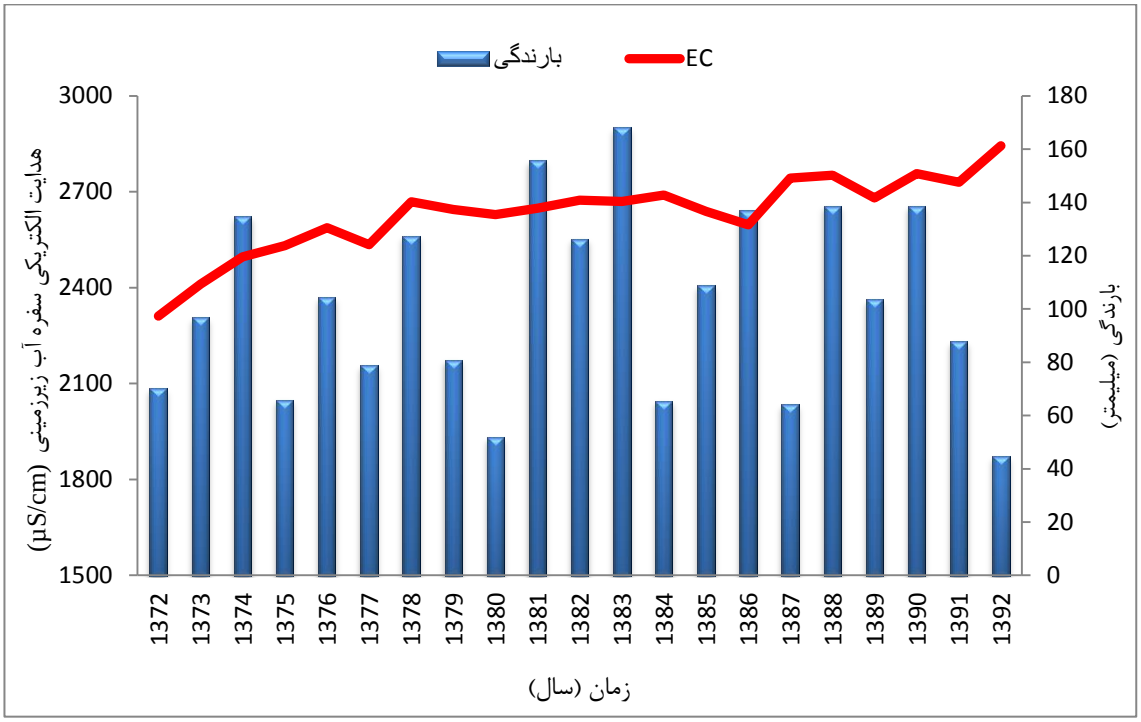
دشت سبب بر هم خوردن سیستم طبیعی جریان آب زیرزمینی، برگشت شورابه‌های حاصل از کویر چاه‌جام به سمت آبخوان و افزایش شدید EC آب شده است. این امر به صورت منحنی‌هایی متراکم در نقشهٔ سال‌های ۱۳۸۲ و ۱۳۹۲ به وضوح قابل مشاهده است و بیانگر افزایش بسیار زیاد هدایت الکتریکی آب زیرزمینی در فواصل کوتاه می‌باشد. مقایسهٔ نقشه‌های فوق همچنین حاکی از تشدید این روند با گذشت زمان بوده است. لازم به ذکر است که نقشه‌های تراز سطح ایستابی نیز این موضوع را تأیید می‌کنند. دلیل دیگری که می‌تواند سبب تخریب کیفیت آب زیرزمینی در قسمت‌های جنوبی و شرقی آبخوان شده باشد، گسترش آبرفت‌های رسی و رس‌های ماسه‌ای در این ناحیه و حتی در نزدیکی ارتفاعات شمال شرقی دشت می‌باشد، به گونه‌ای که در فاصلهٔ چند کیلومتری از شمال شرق شهر دامغان به سمت شرق، تفاوت بارزی در لیتولوژی چاه‌های انتخابی مشهود است، به طوری که لیتولوژی از حالت رسوبات کاملاً درشت دانه در شمال شهر دامغان به رسوبات رسی و ریزدانه در چاه عمیق بق (چاه شمارهٔ ۳۵) تغییر می‌کند. این تغییر بارز لیتولوژی سبب شده تا زمان تمرکز آب در تماس با رسوبات بیشتر شده و در نتیجه میزان شوری آن بالا رود (مهندسین مشاور طرح آبریز ۱۳۸۸).

لازم به ذکر است که جبهه تغذیه‌کنندهٔ شمالی آبخوان دارای کیفیت بهتری نسبت به جبهه غربی می‌باشد. این امر احتمالاً تحت تأثیر انحلال نهشته‌های تبخیری سازند قرمز بالایی در محل تغذیهٔ غربی دشت می‌باشد به گونه‌ای که منحنی‌های هم هدایت الکتریکی در قسمت غرب آبخوان از رقم ۲۴۰۰ شروع می‌شود سپس با حرکت به سمت قسمت‌های مرکزی آبخوان تحت تأثیر جبهه تغذیهٔ شمالی از میزان EC آب زیرزمینی کاسته شده و تا منحنی۱۶۰۰ نزول پیدا می‌کند و در ادامه با حرکت به سمت خروجی آبخوان بر میزان هدایت الکتریکی آب زیرزمینی افزوده می‌شود.

۴-۳-۵- بررسی ارتباط بین کمیت بارش و تغییرات هدایت الکتریکی سفرهٔ آب زیرزمینی

جهت بررسی رابطهٔ بین کمیت بارش و تغییرات هدایت الکتریکی سفرهٔ آب زیرزمینی دشت دامغان، از داده‌های بارندگی سالانهٔ این دشت و همچنین میانگین هدایت الکتریکی آب زیرزمینی در تمام منابع نمونه‌برداری انتخابی (به عنوان نماینده‌ای برای هدایت الکتریکی کل آبخوان) طی سال‌های

۱۳۷۲ تا ۱۳۹۲ استفاده گردیده است. شکل (۴-۱۹) نمودار رابطهٔ بین کمیت بارش و میزان هدایت الکتریکی آبخوان دشت دامغان را طی دورهٔ مورد مطالعه نشان می‌دهد.

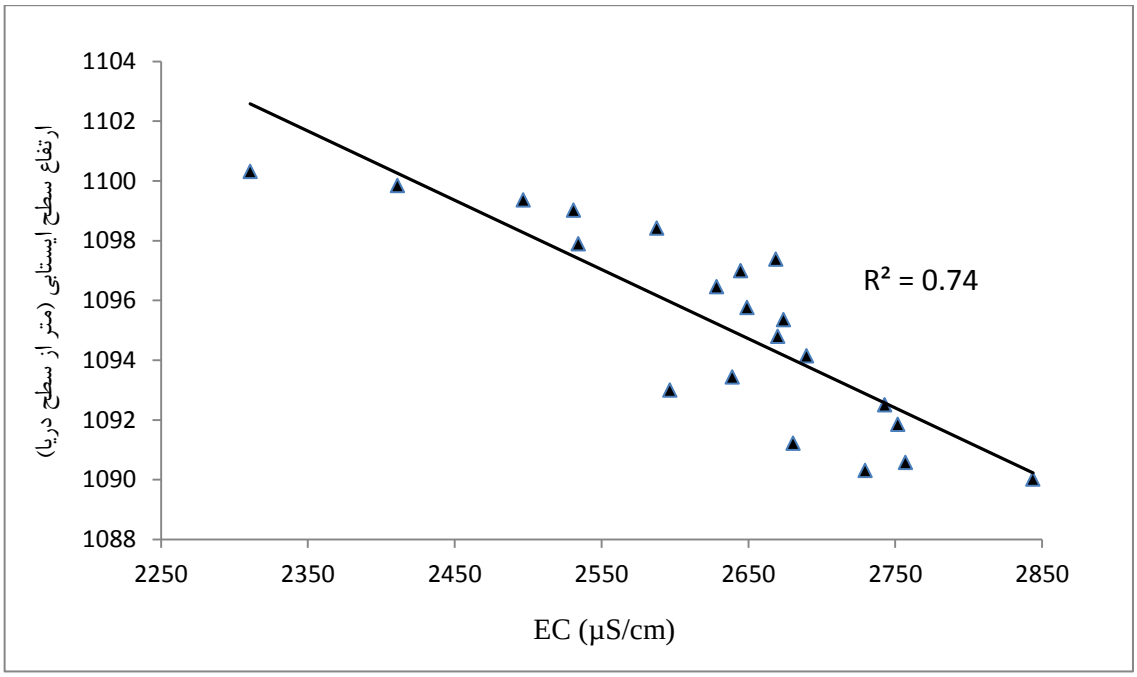


شکل ۴-۱۹- رابطه بین متوسط هدایت الکتریکی سفره آب زیرزمینی دشت دامغان و میزان بارش سالانه این دشت

همان‌طور که از شکل ۴-۱۹ مشاهده می‌شود، در اکثر موارد میزان هدایت الکتریکی سفرهٔ آب زیرزمینی دارای رابطه‌ای معکوس با کمیت بارش در دشت می‌باشد به گونه‌ای که با افزایش مقدار بارندگی در یک سال، میزان EC سفرهٔ آب زیرزمینی نیز بعد از آن رو به کاهش گذارده و یا شیب افزایش آن کمتر شده است. البته همان گونه که در بخش قبل نیز گفته شد، میزان برداشت از سفرهٔ آب زیرزمینی طی سال‌های مختلف نیز بر روی تغییرات هدایت الکتریکی آبخوان و نفوذ شورابه‌های نواحی کویری جنوبی و یا بالا آمدگی (Upconing) آب‌های شور از بخش‌های عمیق‌تر آبخوان نقش بسزایی داشته و می تواند رابطه بین کمیت بارش و میزان EC سفرهٔ آب زیرزمینی را تحت تأثیر قرار دهد.

۴-۳-۶- بررسی رابطهٔ بین تراز سطح ایستابی و میزان EC آب زیرزمینی

به منظور بررسی رابطهٔ بین تراز سطح ایستابی و میزان هدایت الکتریکی سفرهٔ آب زیرزمینی دشت دامغان، از میانگین داده‌های متوسط تراز آب زیرزمینی سالانه در ۳۷ پیزومتر انتخابی موجود در دشت (به عنوان نماینده‌ای برای سطح ایستابی کل آبخوان) و همچنین میانگین هدایت الکتریکی آب زیرزمینی در تمام منابع نمونه‌برداری انتخابی (به عنوان نماینده‌ای برای هدایت الکتریکی آبخوان) طی سال‌های ۱۳۷۲ تا ۱۳۹۲ استفاده گردیده است. شکل (۴-۲۰) نمودار رابطهٔ بین تراز سطح ایستابی و میزان هدایت الکتریکی سفرهٔ آب زیرزمینی دشت دامغان را طی دورهٔ مورد مطالعه نشان می‌دهد.



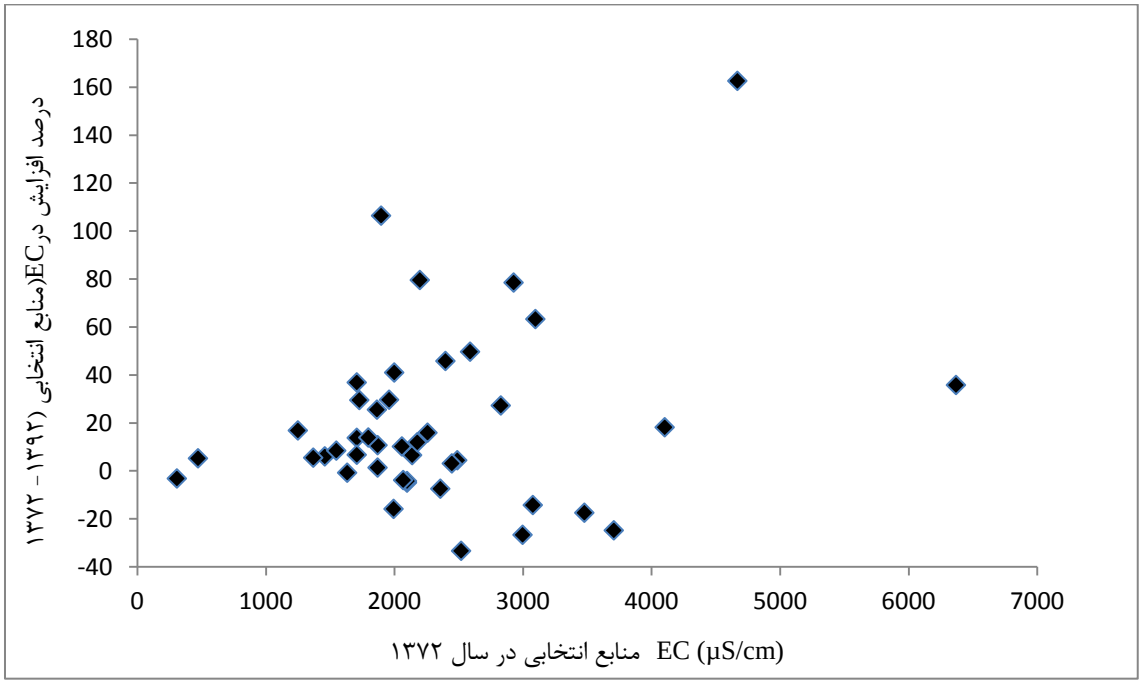
شکل ۴-۲۰- رابطه بین ارتفاع سطح ایستابی و هدایت الکتریکی سفره آب زیرزمینی دشت دامغان

بر طبق شکل ۴-۲۰، هدایت الکتریکی سفرهٔ آب زیرزمینی دارای رابطه ای معکوس به میزان R^2=0.74 با ارتفاع سطح ایستابی در دشت می‌باشد. این موضوع بیانگر این است که در اکثر موارد با کاهش تراز آب زیرزمینی، میزان EC سفرهٔ آب زیرزمینی افزایش یافته است. افزایش عمق سطح ایستابی سبب ضخیم‌تر شدن زون غیراشباع شده و متعاقباً موجب افزایش مسافت لازم جهت رسیدن

آب تغذیه شده به سطح ایستابی می‌گردد. این امر زمان موجود برای واکنش آب با مواد تشکیل دهندهٔ آبخوان را افزایش داده و سبب بالا رفتن EC آب می‌گردد. همچنین هنگامی که عمق سطح ایستابی افزایش پیدا می‌کند هوا جانشین آب خارج شده در زون غیراشباع جدید می‌گردد که این افزایش در مقدار اکسیژن موجود می‌تواند سبب تسهیل در واکنش‌های شیمیایی بین آب و مواد سفره گردیده و EC آب زیرزمینی را افزایش دهد. این عوامل به همراه مواردی که در قبل به آن اشاره شد، می‌تواند سبب افزایش هدایت الکتریکی سفرهٔ آب زیرزمینی در نتیجهٔ کاهش تراز سطح ایستابی گردیده باشد.

۴-۳-۷- بررسی رابطهٔ درصد افزایش EC منابع نمونه‌برداری و EC آن منابع در سال ۱۳۷۲

برای این منظور، ابتدا درصد افزایش EC آب زیرزمینی همهٔ منابع نمونه‌برداری موجود در دشت طی سال‌های ۱۳۷۲ تا ۱۳۹۲ محاسبه گردیده آنگاه نمودار درصد افزایش هدایت الکتریکی آب زیرزمینی هر کدام از این منابع در مقابل میزان EC آن منبع در سال ۱۳۷۲ ترسیم گردیده است (شکل۴-۲۱).

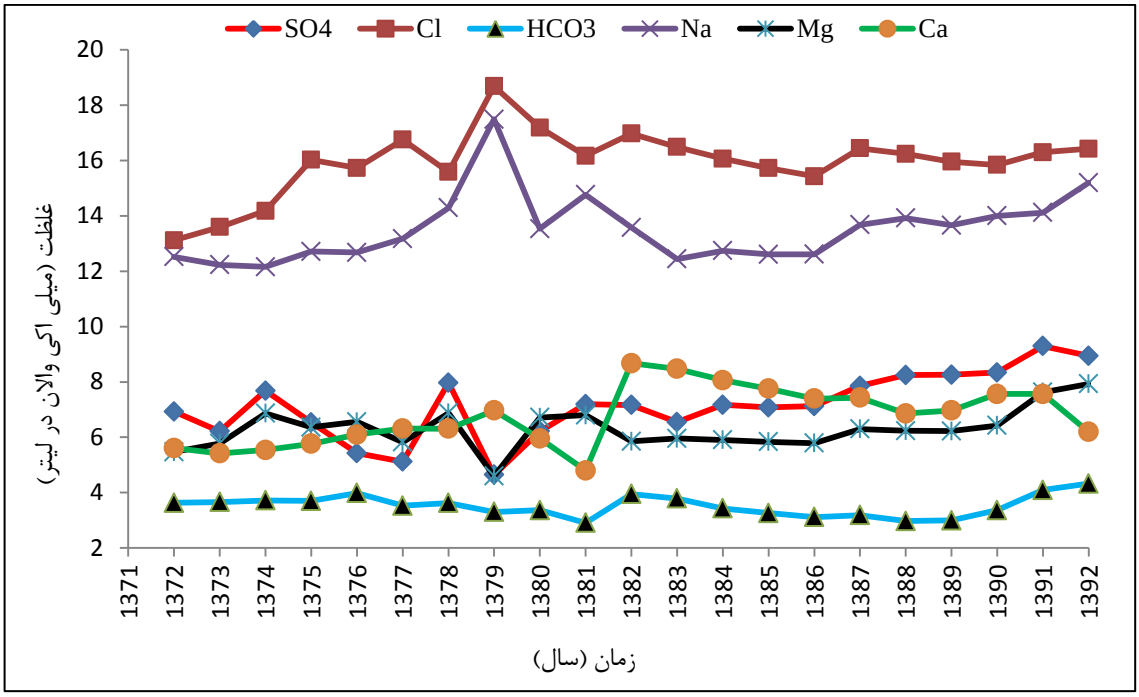


شکل ۴-۲۱- رابطه بین درصد افزایش EC منابع نمونه‌برداری انتخابی طی سال‌های۱۳۷۲ تا ۱۳۹۲ و EC آن منابع در سال۱۳۷۲

با دقت در نمودار ۴-۲۱ درمی‌یابیم که بیشتر منابع انتخابی دارای کمتر از ۴۰ درصد افزایش در میزان هدایت الکتریکی می‌باشند. همچنین میزان EC آب زیرزمینی در ۱۲ منبع نمونه‌برداری نسبت به سال ۱۳۷۲ دارای کاهش بوده است. این در حالی است که میزان هدایت الکتریکی آب زیرزمینی در دو نقطه بیش از ۱۰۰ درصد و در ۷ نقطه بیش از ۴۰ درصد افزایش داشته است. همان گونه که قبلاً نیز بیان شد، همهٔ این چاه‌ها در حواشی جنوبی و شرق دشت (خروجی دشت دامغان) واقع گردیده‌اند، به گونه‌ای که چاه شمارهٔ ۲۷ (چاه ایستگاه زرین‌آباد) با بالاترین میزان افزایش در EC (۱۶۲/۵درصد افزایش) و چاه شمارهٔ ۲۲ (چاه روستای عباسان) با ۱۰۶ درصد افزایش در میزان هدایت الکتریکی در این ناحیه واقع گردیده‌اند. افزایش بالای هدایت الکتریکی آب زیرزمینی در این ناحیه از دشت احتمالاً ناشی از هجوم شورابه‌های کویر چاه جام به سمت آبخوان می‌باشد که در نتیجهٔ بهره-برداری بی‌رویه از سفرهٔ آب زیرزمینی در این ناحیه رخ داده است. نواحی دارای افزایش اندک و یا کاهش هدایت الکتریکی نیز عمدتاً در نیمهٔ غربی دشت واقع گردیده‌اند. تغذیه مناسب آبخوان از سوی ارتفاعات آهکی شمالی منطقه و به ویژه از طریق ورودی رودخانه‌های چشمه‌علی و تویه- درروار باعث کاهش شوری آب زیرزمینی در این قسمت از دشت گردیده است. این تفاوت چشمگیر در تغییرات هدایت الکتریکی منابع نمونه‌برداری آب زیرزمینی گویای شرایط متفاوت حاکم بر آبخوان دشت دامغان می‌باشد.

۴-۳-۸- بررسی غلظت آنیون‌ها و کاتیون‌های اصلی سفره آب زیرزمینی

یون‌های مختلف با توجه به خصوصیاتی که دارند می‌توانند در درک ما از هیدروژئوشیمی یک آبخوان نقش اساسی داشته باشند. به منظور بررسی و مقایسهٔ چگونگی تغییرات مقادیر آنیون‌ها و کاتیون‌های اصلی سفرهٔ آب زیرزمینی طی دورهٔ مطالعاتی، از مقادیر متوسط سالانهٔ هر کدام از این یون‌ها در ۴۳ نقطهٔ نمونه برداری انتخابی واقع در دشت طی سال‌های ۱۳۷۲ تا ۱۳۹۲ میانگین‌گیری شده است (به عنوان نماینده‌ای برای مقدار یون مورد نظر در سفرهٔ آب زیرزمینی طی آن سال) سپس نمودار تغییرات مقادیر این یون ها طی دورهٔ مورد مطالعه ترسیم گردیده است (شکل۴-۲۲).



شکل۴-۲۲- نمودار تغییرات غلظت یون‌های اصلی سفره آب زیرزمینی طی سال‌های ۱۳۷۲ تا ۱۳۹۲

با بررسی نمودار بالا مشخص می‌شود که یون‌های کلر و سدیم بیشترین و یون بیکربنات کمترین مقادیر را در بین آنیون‌ها و کاتیون‌های اصلی سفرهٔ آب زیرزمینی به خود اختصاص داده‌اند. وجود آبهای با کلرید و سولفات بالا و غلظت اندک بی کربنات، دلالت بر تکامل آب‌های زیرزمینی در منطقه دارد. با توجه به شرایط محیطی خشک و نیمه‌خشک دشت دامغان و میزان تبخیر بالا، حضور کویر چاه‌جام در جنوب منطقه و وجود مقادیر بالای یون‌های سدیم و کلر و غنی‌شدگی همزمان آن‌ها در آب‌های زیرزمینی این ناحیه، لذا به نظر می‌رسد که کیفیت شیمیایی آب‌های زیرزمینی آبخوان محدوده مورد مطالعه، بیشتر تحت تاثیر انحلال رسوبات گچی و نمکی (ژیپس و هالیت) یا تغلیظ حاصل از عامل تبخیر- تهنشینی و نفوذ شورابه‌های حاصل به سفرهٔ آب زیرزمینی قرار دارد به گونه‌ای که گسترش نهشته‌های تبخیری می‌تواند تأمین کنندهٔ یون‌های سولفات، سدیم و کلر در آب‌های منطقه باشد. کم بودن غلظت یون بیکربنات در سفرهٔ آب زیرزمینی نیز می‌تواند نشان دهندهٔ پایین بودن میزان تغذیهٔ آبخوان باشد. بنابراین خطر شوری در آبخوان دشت دامغان بسیار جدی بوده و برای جلوگیری از بالارفتن بیش از حد مقدار شوری در این آبخوان باید تمهیدات ویژه‌ای اندیشیده شود.

بالا بودن مقدار سولفات آب‌های آبخوان نیز می‌تواند ناشی از انحلال سولفات‌ها، سولفیدها و یا

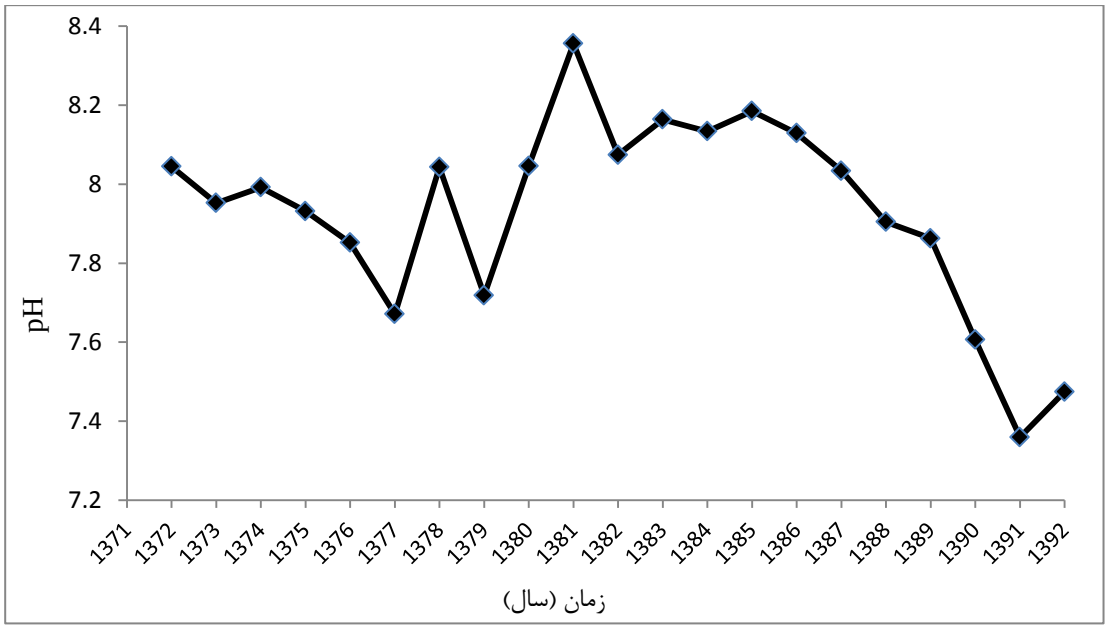
ژیبس باشد. علاوه بر این، از عوامل دیگری که سبب افزایش غلظت سولفات در آب‌های زیرزمینی می‌گردد می‌توان به آلودگی به وسیلهٔ فاضلاب‌های شهری و کشاورزی و نیز غالب بودن کاتیون‌های تک ظرفیتی ($Na^+ + K^+$) جذب شده بر سطح کانی‌های رسی اشاره نمود. زیرا وجود کاتیون‌های تک ظرفیتی که منشأ آن‌ها می‌تواند عامل انحلال و تبخیر و تعرق باشد باعث می‌شود، تا میزان جذب سولفات بر روی سطح رس‌ها کاهش یافته و میزان آبشویی آن به آب‌های زیرزمینی افزایش یابد. لذا دلیل فوق و انحلال ژیبس از علل اصلی افزایش سولفات در آب‌های زیرزمینی این ناحیه می‌باشند.

با دقت در نمودار ۴-۲۲ همچنین درمی‌یابیم که غلظت یون کلسیم در سفرهٔ آب زیرزمینی از سال ۱۳۸۲ به بعد، پیوسته روندی نزولی داشته است. یکی از عواملی که می‌تواند سبب کاهش قابلیت انحلال کلسیت و ته‌نشینی آن شده باشد، اثر یون مشترک می‌باشد. بدین ترتیب که با انحلال ژیپس و افزایش غلظت یون‌های کلسیم و سولفات، آب زیرزمینی نسبت به ژیپس به حالت تعادل نزدیک خواهند شد. قابلیت انحلال کلسیت در اثر حل شدن ژیپس و تأثیر یون مشترک Ca^{2+} کاهش یافته و سبب ته‌نشینی بیشتر کلسیت می‌گردد زیرا قابلیت انحلال ژیپس از کلسیت بیشتر می‌باشد. در نتیجهٔ رسوب کلسیت، از غلظت یون‌های کلسیت و بیکربنات محلول کاسته شده و سبب غنی‌شدگی در غلظت یون‌های سدیم، پتاسیم، کلر و سولفات آب‌های زیرزمینی می‌گردد. غلظت یون کلسیم از سال ۱۳۹۱ با شیب بیشتری کاهش پیدا کرده است که علت این امر نیز می‌تواند کاهش بارندگی طی سال‌های اخیر و لذا کاهش حلالیت CO_2 در آب تغذیه شونده باشد که با افزایش دما و کاهش انحلال رسوبات کربناته همراه است.

لازم به ذکر است که، میزان تغییرات یون‌ها در ده سال اول دورهٔ مورد مطالعه (۱۳۷۲ تا ۱۳۸۲) خیلی بیشتر از ده سال دوم (۱۳۸۲ تا ۱۳۹۲) می‌باشد. این امر احتمالاً نشان دهندهٔ تأثیر پذیری کیفیت منابع آب زیرزمینی توأماً از مقدار بارش و میزان برداشت از آبخوان طی دههٔ اول آماری و تأثیر پذیری آن تنها از میزان برداشت از سفرهٔ آب زیرزمینی طی دههٔ دوم آماری می‌باشد که به دلیل تضعیف اثر تغذیهٔ ناشی از بارش در نتیجهٔ عمیق‌تر شدن سطح ایستابی و یا افزایش میزان بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی در مقایسه با میزان تغذیهٔ آن رخ داده است. همچنین کمترین تغییرات در میزان املاح آب‌های زیرزمینی متعلق به آنیون بیکربنات می‌باشد.

۴-۳-۹- بررسی اسیدیتهٔ سفرهٔ آب زیرزمینی

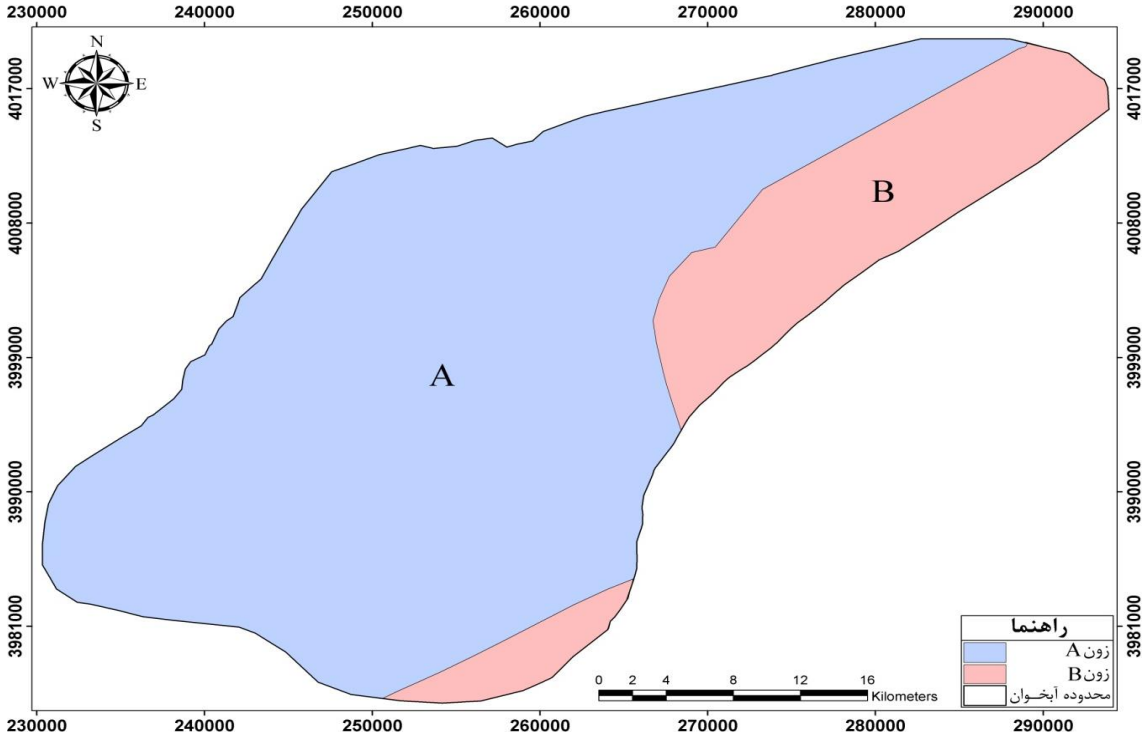
اسیدیته (pH) نشانگر مقدار یون هیدروژن موجود در آب می‌باشد. این پارامتر از مهمترین خواص فیزیکوشیمیایی آب بوده که می‌تواند بر روی انحلال مواد و فعالیت‌های بیولوژیکی آن اثر بگذارد. از این رو، بررسی چگونگی تغییرات زمانی آن در سفرهٔ آب زیرزمینی می‌تواند سبب شناخت علل تغییرات شیمی آب زیرزمینی و درک بهتر سیستم هیدروژئوشیمی منطقه گردد. مقدار اسیدیتهٔ آب به عواملی مانند میزان دی‌اکسیدکربن محلول در آب، مقدار آنیون‌های کربنات و بیکربنات و همچنین درجه حرارت آب وابسته است به صورتی که با افزایش درجه حرارت و مقدار دی‌اکسید کربن محلول در آب، مقدار اسیدیته کاهش و با افزایش میزان کربنات و بیکربنات، مقدار آن افزایش می‌یابد. شکل (۴-۲۳) نمودار تغییرات pH سفرهٔ آب زیرزمینی را طی دورهٔ مورد مطالعه نشان می‌دهد.



شکل ۴-۲۳- نمودار تغییرات pH سفره آب زیرزمینی طی سال‌های ۱۳۷۲ تا ۱۳۹۲

با توجه به نمودار ۴-۲۳ مشاهده می‌شود که میزان تغییرات pH سفرهٔ آب زیرزمینی نیز همانند سایر یون‌ها، در ده سال اول دورهٔ آماری (۱۳۷۲ تا ۱۳۸۲) خیلی بیشتر از ده سال دوم (۱۳۸۲ تا ۱۳۹۲) می‌باشد به طوری که مقدار pH آبخوان در ده سال دوم همانند غلظت یون کلسیم و برخلاف غلظت یون سولفات، پیوسته روندی نزولی داشته است که این روند از سال ۱۳۹۱ رو به افزایش گذارده است.

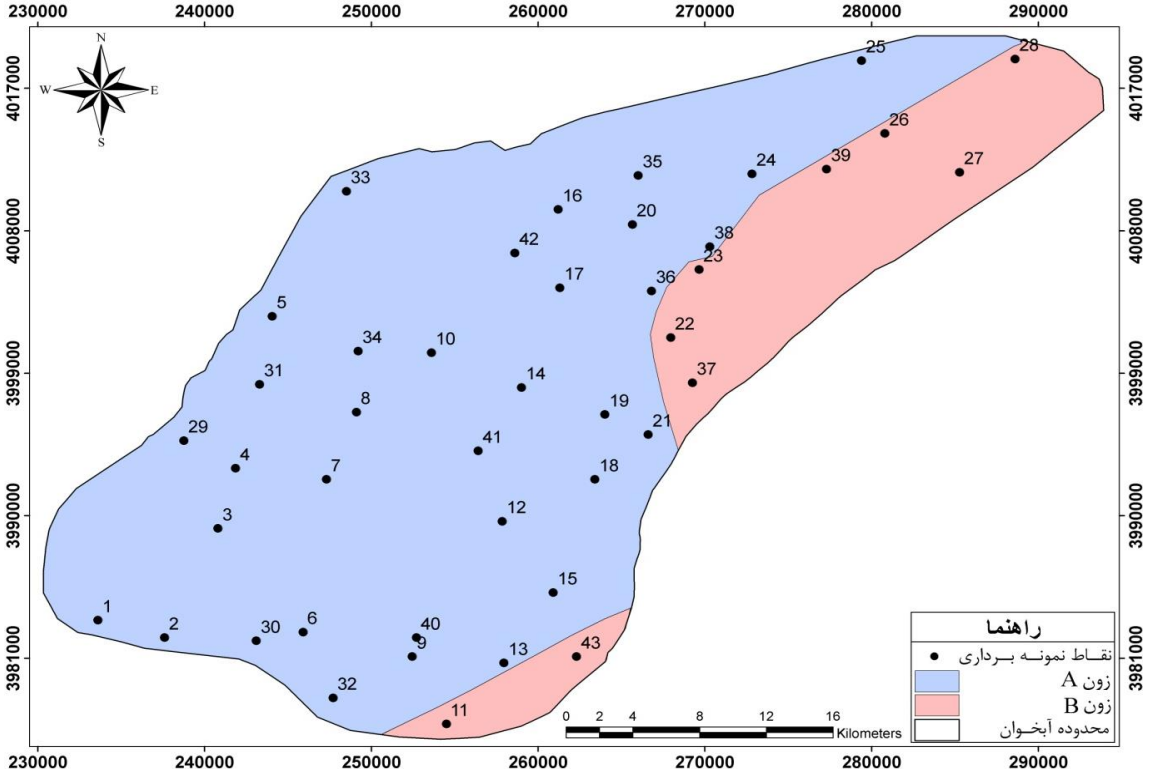
همان‌طور که تا این‌جا مشخص شد، میزان تغییرات و مقدار پارامترهای هیدروژئوشیمیایی سفرهٔ آب زیرزمینی دشت دامغان در مناطق شمالی و جنوبی این دشت دارای تفاوت چشمگیری می‌باشد که گویای شرایط متفاوت حاکم بر این نواحی آبخوان است به گونه‌ای که در نظر گرفتن کل دشت به عنوان یک سیستم واحد، برای درک چگونگی تغییرات زمانی هیدروژئوشیمایی این آبخوان ممکن است، گمراه کننده بوده و نتیجهٔ کار را با خطای بیشتری همراه کند. لذا پس از بررسی منابع و اعمال نظرهای کارشناسی و به منظور کم کردن از خطای کار و نمایش واقعی‌تر چگونگی این تغییرات در بخش‌های مختلف آبخوان، تصمیم گرفته شد تا مطالعات هیدروژئوشیمی سفرهٔ آب زیرزمینی پس از زون‌بندی آبخوان، برای هر زون به طور مجزا نیز انجام گیرد. بر این اساس اقدام به زون‌بندی آبخوان موردنظر بر پایهٔ میزان تغییرات EC، موقعیت چاه‌های بهره‌برداری (قرارگیری در محل خروجی آبخوان و همجواری با کویر) و نقشه های هدایت الکتریکی آب زیرزمینی گردیده است (شکل۴-۲۴).



شکل ۴-۲۴- نقشه زون‌بندی شده آبخوان دشت دامغان

بر طبق شکل ۴-۲۴، آبخوان دشت دامغان به دو بخش شمالی (زون A)، با افزایش اندک و یا کاهش مقدار هدایت الکتریکی آب زیرزمینی طی دورهٔ مطالعاتی و بخش جنوبی (منطقهٔ پیشروی آب

شور کویر یا زون B)، با میزان افزایش قابل توجه در EC آب زیرزمینی تقسیم شده است. شکل (۴-۲۵) موقعیت نقاط نمونه‌برداری آب زیرزمینی واقع در هر زون را نشان می‌دهد.



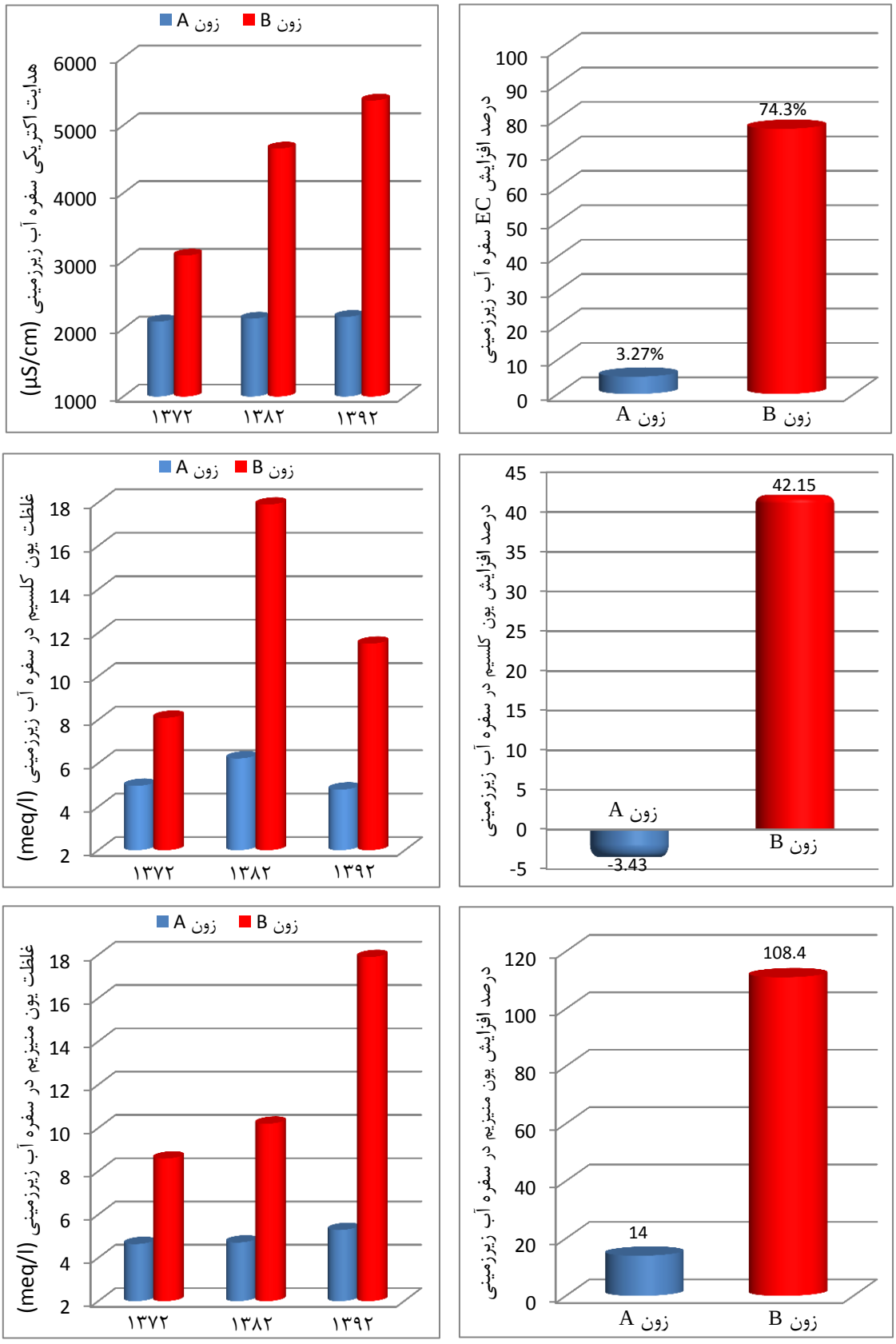
شکل ۴-۲۵- موقعیت نقاط نمونه‌برداری آب زیرزمینی واقع در هر زون

۴-۳-۱۰- بررسی تغییرات زمانی کیفیت آب زیرزمینی در هر یک از زون‌های دشت دامغان

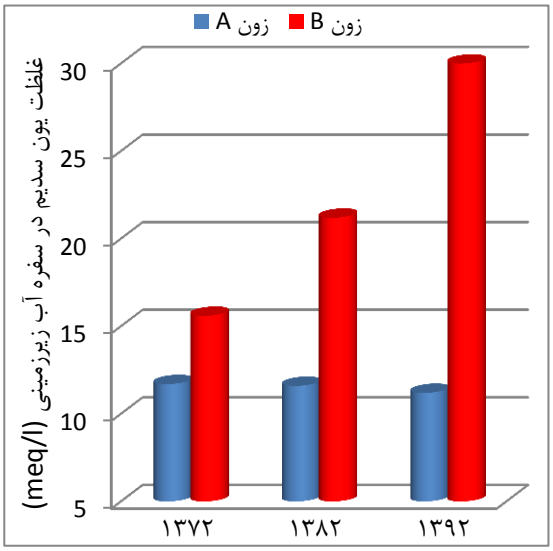
برای بررسی تغییرات زمانی کیفیت آب زیرزمینی در هر یک از زون‌های مشخص شده، ابتدا میانگین مقادیر متوسط سالانهٔ یون‌های اصلی، هدایت الکتریکی و pH آب زیرزمینی در کل منابع انتخابی واقع در هر یک از این زون‌ها برای سال‌های ۱۳۷۲، ۱۳۸۲ و ۱۳۹۲ به دست آمده (با توجه به شکل ۴-۲۵ و مقادیر جدول ۴-۳) و به عنوان مقدار متوسط آن پارامتر در سفرهٔ آب زیرزمینی زون موردنظر طی این سال‌ها در نظر گرفته شده است. سپس درصد تغییرات مقادیر این پارامترها درسفرهٔ آب زیرزمینی هر زون، طی این دورهٔ ۲۰ ساله محاسبه گردیده است. نتایج این محاسبات در جدول (۴-۴) ارائه شده است. همچنین به منظور مقایسه بهتر وضعیت این تغییرات در سفره آب زیرزمینی هر یک از زون‌های شمالی و جنوبی دشت دامغان، نمودارهای مربوطه ترسیم گردیده است (شکل۴-۲۶).

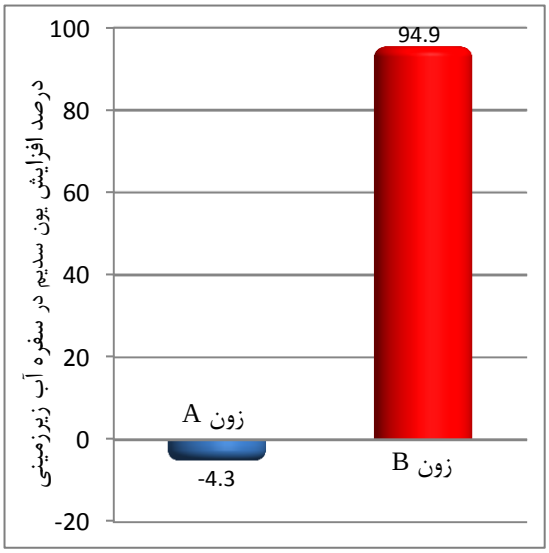
شکل۴-۴- میانگین و درصد افزایش پارامترهای هیدروژئوشیمیایی سفره آب زیرزمینی هر یک از زون‌های دشت طی سال‌های ۱۳۷۲، ۱۳۸۲ و ۱۳۹۲ (غلظت‌ها بر حسب meq/L).

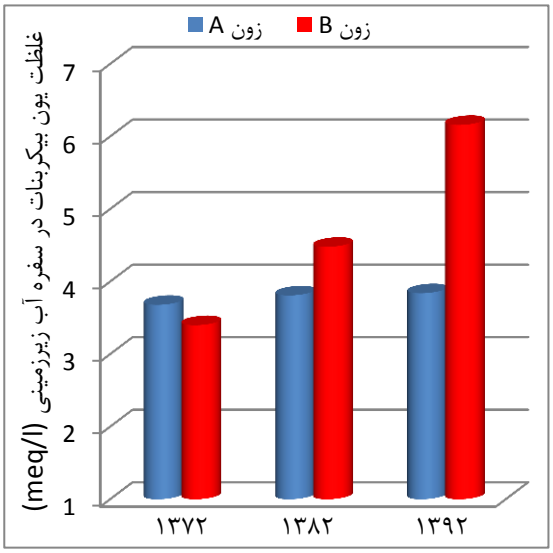
پارامتر هیدروژئوشیمیایی	سال	زون A		زون B	
		میانگین	درصد افزایش	میانگین	درصد افزایش
EC (µS/cm)	1372	2107	3.27	3080	74.3
	1382	2149		4659	
	1392	2176		5367	
Ca^{2+}	1372	4.96	-3.43	8.09	42.15
	1382	6.22		17.9	
	1392	4.79		11.5	
Mg^{2+}	1372	4.64	14	8.59	108.4
	1382	4.71		10.2	
	1392	5.29		17.9	
Na^{+}	1372	11.7	-4.3	15.6	94.9
	1382	11.6		21.2	
	1392	11.2		30.4	
HCO^{3-}	1372	3.68	4.34	3.4	81.2
	1382	3.81		4.48	
	1392	3.84		6.16	
Cl^{-}	1372	11.67	-0.08	18.58	84.5
	1382	12.8		32.9	
	1392	11.66		34.28	
SO_4^{2-}	1372	5.8	5.17	11.2	75
	1382	5.84		12.2	
	1392	6.1		19.6	
pH	1372	8.05	-6.7	7.99	-7.4
	1382	8.08		8.06	
	1392	7.51		7.4	

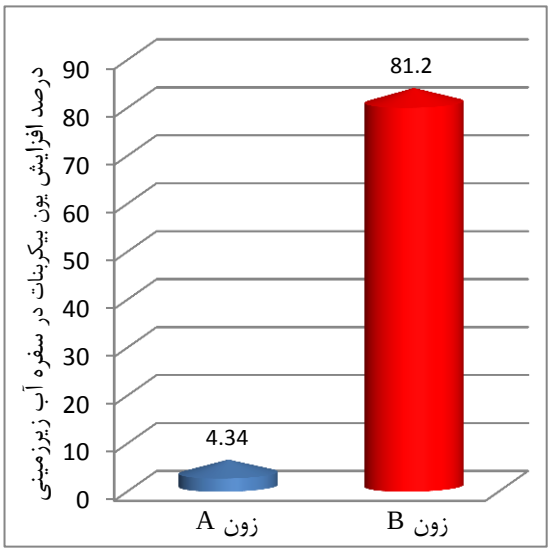


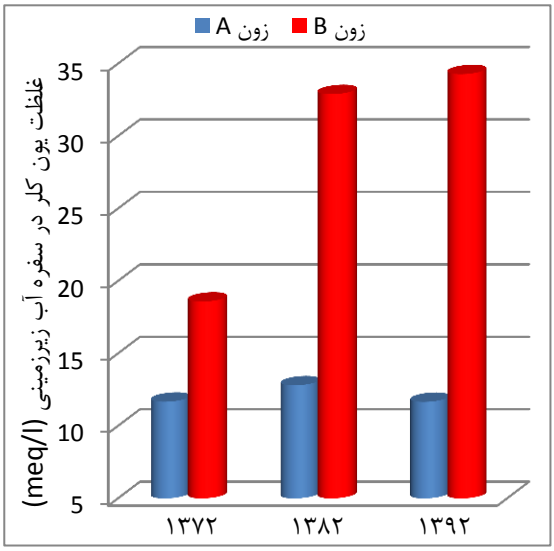
شکل۴-۲۶- نمودار مقدار و درصد افزایش پارامترهای هیدروژئوشیمیایی هر یک از زون‌های دشت

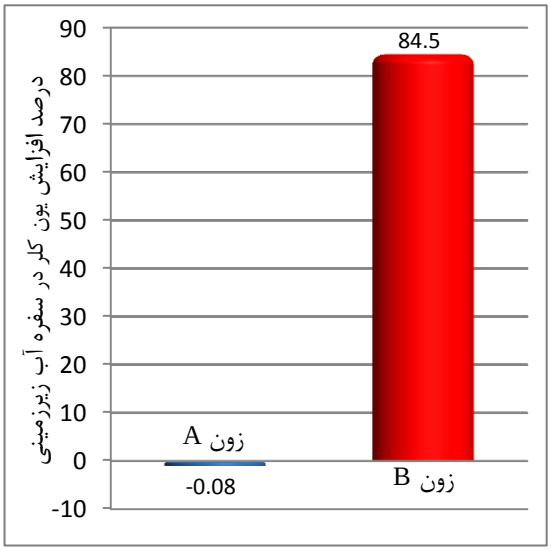




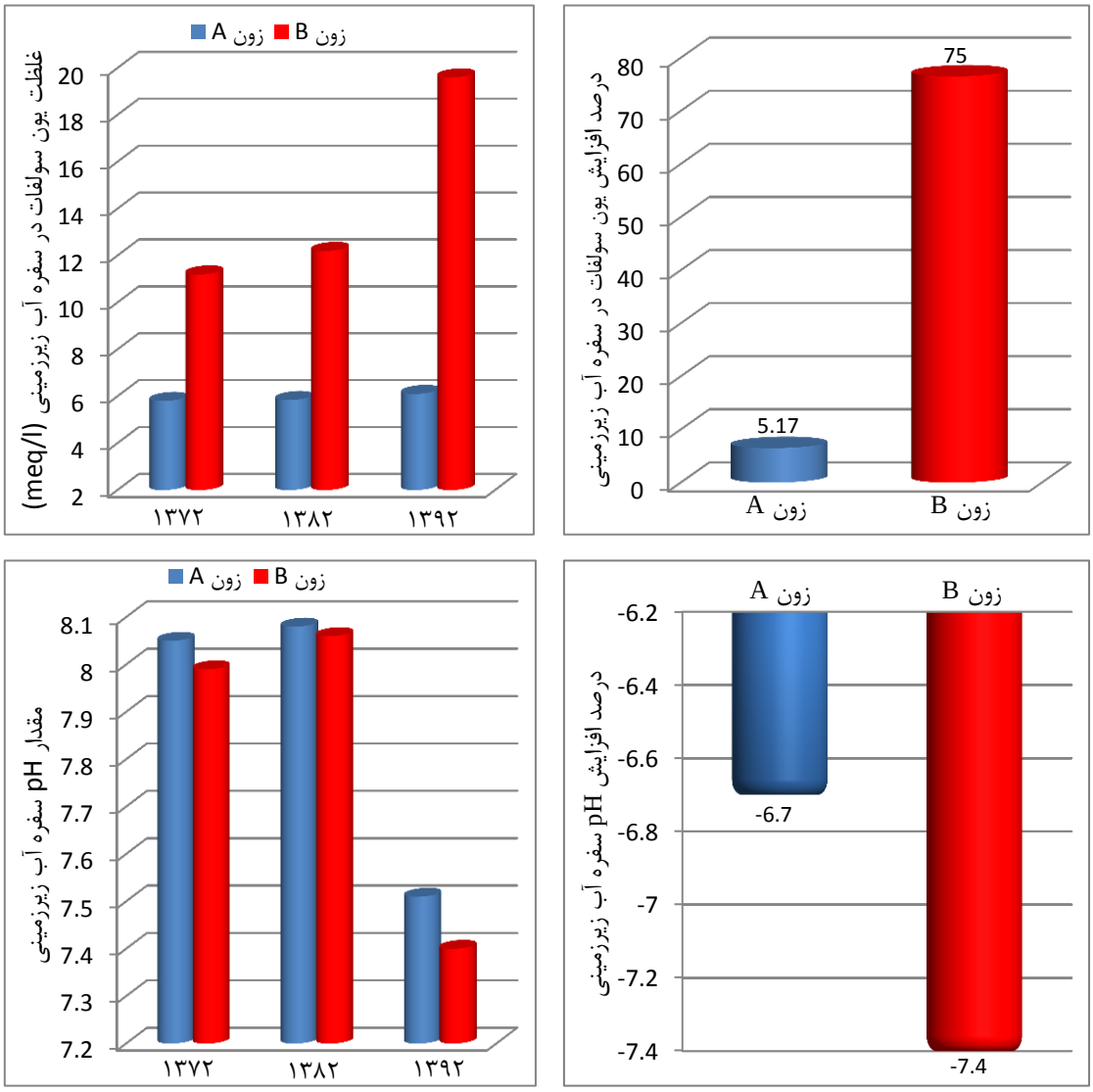








ادامه شکل۴-۲۶- نمودار مقدار و درصد افزایش پارامترهای هیدروژئوشیمیایی هر یک از زون‌های دشت



ادامه شکل۴-۲۶- نمودار مقدار و درصد افزایش پارامترهای هیدروژئوشیمیایی هر یک از زون‌های دشت

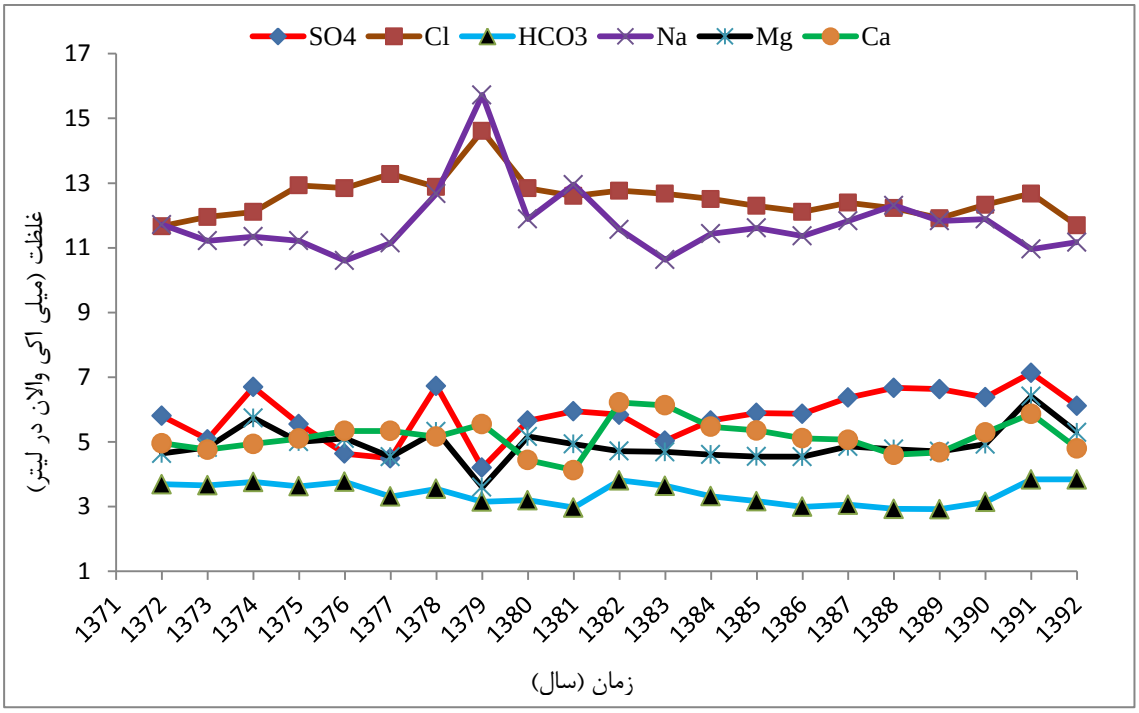
با توجه به جدول ۴-۴ و شکل ۴-۲۶، مقایسه درصد تغییرات و مقدار پارامترهای هیدروژئوشیمیایی سفره آب زیرزمینی در بخش‌های شمالی و جنوبی آبخوان دشت دامغان گویای تفاوت بسیار زیاد کیفیت آب زیرزمینی در این مناطق می‌باشد به گونه‌ای که میزان هدایت الکتریکی در بخش شمالی آبخوان (زون A) با افزایشی ناچیز، از مقدار ۲۱۰۷ میکروموس بر سانتی‌متر در سال ۱۳۷۲ به ۲۱۷۶ میکروموس بر سانتی‌متر در سال ۱۳۹۲ رسیده است (۳/۲۷ درصد افزایش). این در حالی است که طی همین مدت، میزان EC بخش جنوبی سفرهٔ آب زیرزمینی (زون B)، ۷۴/۳ درصد افزایش داشته که گویای افزایشی بسیار بالا در میزان هدایت الکتریکی این بخش از آبخوان می‌باشد

(۲۲۸۷ واحد افزایش). در بخش جنوبی آبخوان یون کلر با ۸۴/۵ درصد و یون منیزیم با ۱۰۸/۴ درصد و در قسمت شمالی آن یون سولفات با ۵/۱۷ درصد و یون منیزیم با ۱۴ درصد، به ترتیب بیشترین میزان افزایش را در بین آنیون‌ها و کاتیون‌های اصلی سفرهٔ آب زیرزمینی به خود اختصاص داده‌اند. همچنین متوسط افزایش برای مجموع یون‌های اصلی سفرهٔ آب زیرزمینی در زون A برابر با ۲/۶ درصد و در زون B برابر با ۸۱ درصد بوده است که بیانگر تخریب شدید کیفیت آب زیرزمینی در قسمت جنوبی دشت می‌باشد. در بخش شمالی آبخوان، میزان کلسیم سفرهٔ آب زیرزمینی ۳/۴۳ درصد، مقدار سدیم آن ۴/۳ درصد و مقدار کلر آبخوان ۰/۰۸ درصد کاهش داشته و بیانگر بهبود شرایط کیفی سفرهٔ آب زیرزمینی از لحاظ غلظت این یون‌ها در آب می‌باشد. تغذیه مناسب این بخش آبخوان از سوی ارتفاعات آهکی شمالی منطقه و به ویژه از طریق ورودی رودخانه‌های چشمه‌علی و تویه-دروار، میزان نزولات جوی بیشتر، شستشوی املاح موجود در رسوبات سفره آب زیرزمینی طی گذر زمان، فاصله از محل خروجی آبخوان و همچنین وجود رسوبات دانه درشت مخروطه افکنه‌ای و سیلابی که سبب افزایش سرعت حرکت آب در زیر زمین و در نتیجه کاهش زمان تماس آب با رسوبات می‌گردد، از جمله عواملی هستند که سبب بهبود شرایط کیفی آبخوان در این قسمت از دشت گردیده‌اند. همچنین کاهش میزان pH سفرهٔ آب زیرزمینی در هر دو بخش دشت نشان از گرایش آبخوان به سمت اسیدی شدن دارد که این امر می‌تواند ناشی از افزایش غلظت یون سولفات و کاهش غلظت کلسیم سفرهٔ آب زیرزمینی در بخش شمالی دشت (زون A) و افزایش بالای غلظت سولفات آب زیرزمینی در بخش جنوبی آن (زون B) باشد. این در حالی است که میزان pH و غلظت کلسیم سفرهٔ آب زیرزمینی در ده سال اول دورهٔ آماری روندی افزایشی را داشته‌اند.

۴-۳-۱۱- بررسی تغییرات زمانی غلظت یون‌های اصلی بخش شمالی سفره آب زیرزمینی

به منظور بررسی و مقایسهٔ تغییرات زمانی مقادیر آنیون‌ها و کاتیون‌های اصلی سفرهٔ آب زیرزمینی در بخش شمالی آبخوان دشت دامغان (زون A)، از مقادیر متوسط سالانهٔ هر کدام از این یون‌ها در کل منابع نمونه‌برداری واقع در این زون طی سال‌های ۱۳۷۲ تا ۱۳۹۲ میانگین‌گیری شده است (به عنوان نماینده‌ای برای مقدار متوسط یون مورد نظر در این بخش از سفرهٔ آب زیرزمینی)

سپس نمودار تغییرات مقادیر این یون‌ها طی دورهٔ مورد مطالعه ترسیم گردیده است (شکل۴-۲۷).



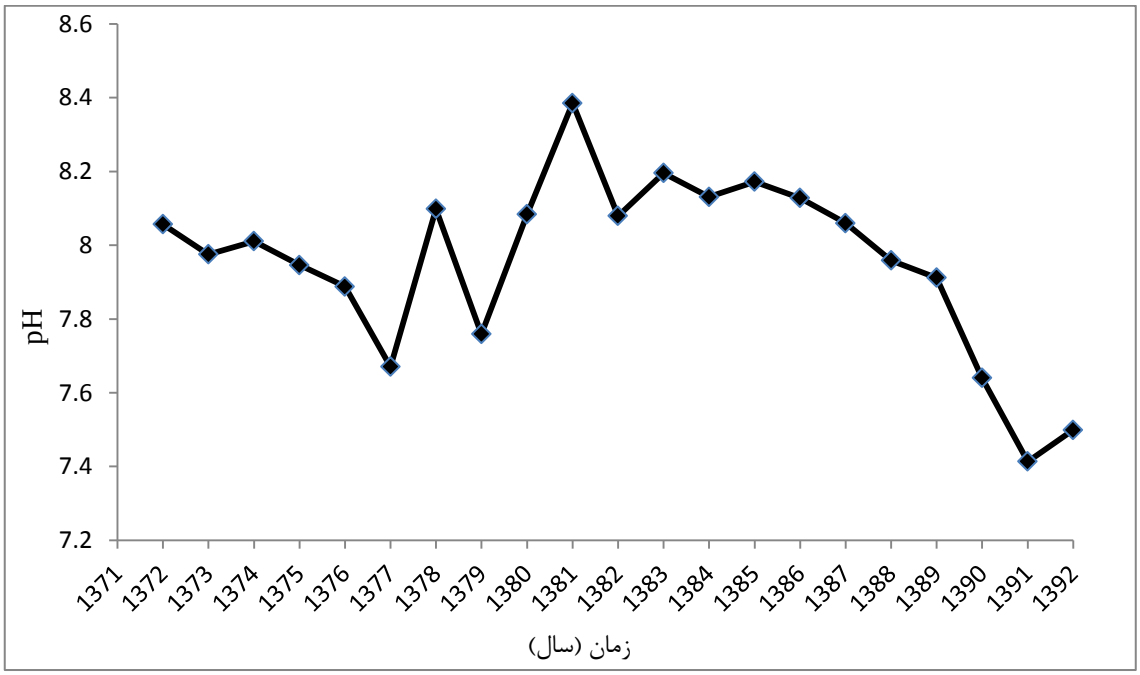
شکل ۴-۲۷- نمودار تغییرات غلظت یون‌های اصلی بخش شمالی سفره آب زیرزمینی طی سال‌های ۱۳۷۲ تا ۱۳۹۲

همان‌طور که از شکل ۴-۲۶ مشاهده می شود، یون‌های کلر و سدیم بیشترین و یون بیکربنات کمترین مقادیر را در بین کاتیون‌ها و آنیون‌های اصلی سفرهٔ آب زیرزمینی به خود اختصاص داده‌اند. با توجه به شرایط محیطی خشک و نیمه‌خشک دشت دامغان و میزان تبخیر بالای آن و نیز وجود مقادیر زیاد یون‌های سدیم و کلر و غنی‌شدگی همزمان آن‌ها در آب‌های زیرزمینی این ناحیه، لذا به نظر می-رسد که کیفیت شیمیایی آب‌های زیرزمینی در این بخش از آبخوان، بیشتر تحت تاثیر انحلال رسوبات گچی و نمکی (ژیپس و هالیت) یا تغلیظ حاصل از عمل تبخیر- تهنشینی قرار دارد، به گونه‌ای که گسترش نهشته‌های تبخیری می‌تواند تأمین کننده یون‌های سولفات، سدیم و کلر در آب‌های زیرزمینی این منطقه باشد. کم بودن غلظت یون بیکربنات در سفرهٔ آب زیرزمینی نیز می‌تواند نشان دهندهٔ پایین بودن میزان تغذیهٔ آبخوان باشد. بالا بودن مقدار سولفات آب‌های آبخوان نیز می‌تواند ناشی از انحلال سولفات‌ها، سولفیدها و یا ژیپس باشد. علاوه بر این، از عوامل احتمالی دیگری که سبب افزایش غلظت سولفات در آب‌های زیرزمینی این بخش از دشت می‌گردد، می‌توان به آلودگی به

وسیلهٔ فاضلاب‌های شهری و کشاورزی و نیز غالب بودن کاتیون‌های تک ظرفیتی ($Na^+ +K^+$) جذب شده بر سطح کانی‌های رسی اشاره نمود. زیرا وجود کاتیون‌های تک ظرفیتی که منشأ آن‌ها می‌تواند عامل انحلال و تبخیر و تعرق باشد باعث می‌گردد تا میزان جذب سولفات بر روی سطح رس‌ها کاهش یافته و میزان آبشویی سولفات به سمت آب‌های زیرزمینی افزایش یابد. همچنین افزایش ناگهانی کلسیم و بیکربنات سفره آب زیرزمینی طی سال‌های ۱۳۸۱ تا ۱۳۸۲ می‌تواند ناشی از افزایش قابل توجه بارندگی طی این سال‌ها و در نتیجه تغذیه بیشتر سفره آب زیرزمینی باشد که با افزایش حلالیت CO_2 در آب تغذیه شونده و لذا افزایش انحلال سنگ‌ها و رسوبات کربناته همراه بوده است.

۴-۳-۱۲- بررسی اسیدیتهٔ سفرهٔ آب زیرزمینی در بخش شمالی دشت

جهت بررسی تغییرات زمانی pH سفرهٔ آب زیرزمینی در بخش شمالی آبخوان (زون A)، از مقادیر متوسط سالانهٔ این پارامتر در کل منابع نمونه‌برداری واقع در این زون طی سال‌های ۱۳۷۲ تا ۱۳۹۲ میانگین گیری شده است (به عنوان مقدار متوسط pH سفرهٔ آب زیرزمینی در این بخش از آبخوان). سپس نمودار تغییرات این پارامتر طی دورهٔ مورد مطالعه ترسیم گردیده است (شکل۴-۲۸).

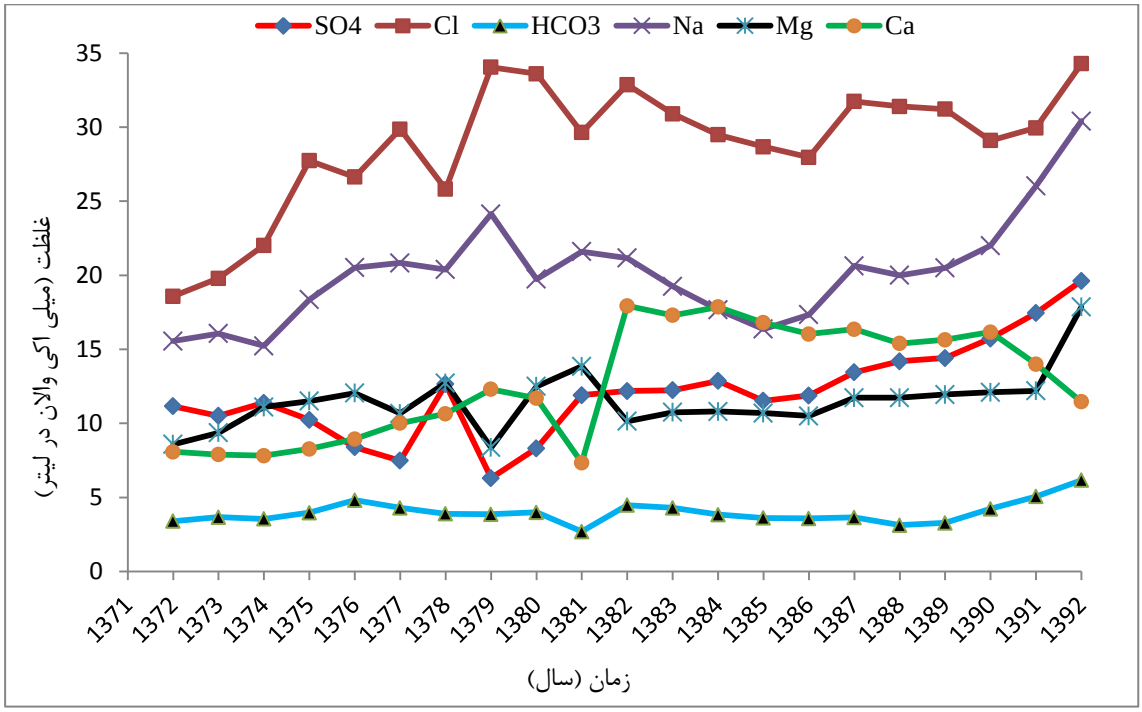


شکل ۴-۲۸- نمودار تغییرات pH در بخش شمالی سفره آب زیرزمینی طی سال‌های ۱۳۷۲ تا ۱۳۹۲

با توجه به نمودار ۴-۲۷ می‌توان مشاهده نمود که، میزان تغییرات pH سفرهٔ آب زیرزمینی نیز همانند سایر یون‌ها، در ده سال اول دورهٔ آماری (۱۳۷۲ تا ۱۳۸۲) خیلی بیشتر از ده سال دوم (۱۳۸۲ تا ۱۳۹۲) می‌باشد، به گونه‌ای که میزان این پارامتر در ده سال دوم آماری در مقایسه با دههٔ اول، پیوسته روندی نزولی داشته که این روند از سال ۱۳۹۱ رو به افزایش گذارده است.

۴-۳-۱۳- بررسی تغییرات زمانی غلظت یون‌های اصلی بخش جنوبی سفره آب زیرزمینی

برای بررسی و مقایسهٔ تغییرات زمانی مقادیر آنیون‌ها و کاتیون‌های اصلی سفرهٔ آب زیرزمینی در بخش جنوبی آبخوان دشت دامغان (زون B)، از مقادیر متوسط سالانهٔ هر کدام از این یون‌ها در کل منابع نمونه‌برداری واقع در این زون طی سال‌های ۱۳۷۲ تا ۱۳۹۲ میانگین‌گیری شده است (به عنوان نماینده‌ای برای مقدار متوسط یون مورد نظر در این بخش از سفرهٔ آب زیرزمینی). سپس نمودار تغییرات مقادیر این یون‌ها طی دورهٔ مورد مطالعه ترسیم گردیده است (شکل۴-۲۹).



شکل ۴-۲۹- نمودار تغییرات غلظت یون‌های اصلی بخش جنوبی سفره آب زیرزمینی طی سال‌های ۱۳۷۲ تا ۱۳۹۲

با بررسی نمودار ترسیم شده مشخص می‌شود که، در این بخش از دشت نیز یون‌های کلر و

سدیم بیشترین و یون بیکربنات کمترین مقادیر را در بین کاتیون‌ها و آنیون‌های اصلی سفرهٔ آب زیرزمینی به خود اختصاص داده‌اند. با توجه به غلظت بالای یون‌های اصلی موجود در سفره آب زیرزمینی این ناحیه در مقایسه با بخش شمالی آبخوان، حضور کویر چاه‌جام در جنوب منطقه و وجود نهشته‌های گستردهٔ تبخیری در آن و نیز حضور مقادیر بالای یون‌های سدیم و کلر و غنی‌شدگی همزمان آن‌ها در آب‌های زیرزمینی این ناحیه، لذا به نظر می‌رسد که کیفیت شیمیایی آب‌های زیرزمینی در این بخش از دشت بیشتر تحت تاثیر برگشت و پیشروی شورابه‌های کویر چاه‌جام به سمت آبخوان می‌باشد که در نتیجهٔ بهره‌برداری بی‌رویه از سفرهٔ آب زیرزمینی و بر هم خوردن سیستم طبیعی جریان آب زیرزمینی رخ داده است به گونه‌ای که نفوذ شورابه‌های ناشی از نهشته‌های تبخیری کویری به سفرهٔ آب زیرزمینی می‌تواند تأمین کننده میزان بالای یون‌های سولفات، سدیم و کلر در آب‌های زیرزمینی منطقه باشد. همچنین از سایر عواملی که سبب تخریب کیفیت آب زیرزمینی و افزایش مقادیر املاح موجود در آب این ناحیه شده است، می‌توان به کاهش قطر ذرات به سمت شرق و جنوب، افزایش زمان ماندگاری آب در رسوبات و لذا فرصت کافی جهت حل کردن املاح بیشتر، شدت واکنش جانشینی یون‌های آب با یون‌های موجود در سطح کانی‌های رسی، عمق کم آب زیرزمینی در این قسمت از دشت و تبخیر شدید از سطح ایستابی، اثرات کیفی پساب‌های برگشتی از مناطق مسکونی و اراضی کشاورزی به سیستم آب زیرزمینی و نزدیک شدن به محل خروجی آبخوان اشاره نمود. کمتر بودن غلظت یون سدیم نسبت به غلظت یون کلر در سفره آب زیرزمینی این قسمت از دشت نیز می‌تواند ناشی از واکنش تبادل یونی معکوس آب زیرزمینی با کانی‌های رسی باشد که در نتیجه گسترش نهشته‌های ریز دانه رسی در این بخش از آبخوان صورت گرفته و سبب کاهش مقدار سدیم در مقایسه با میزان کلر و افزایش مقادیر کلسیم و منیزیم آب گردیده است.

کم بودن غلظت یون بیکربنات در سفرهٔ آب زیرزمینی نیز می‌تواند نشان دهندهٔ پایین بودن میزان تغذیهٔ این بخش از آبخوان باشد. بنابراین خطر شوری آب زیرزمینی و پیشروی آن به سایر مناطق آبخوان بسیار جدی بوده و برای جلوگیری از بالارفتن بیش از حد میزان شوری در این قسمت از آبخوان نیز باید تمعهیدات ویژه‌ای اندیشیده شود. همچنین با دقت در نمودار بالا درمی‌یابیم که غلظت یون کلسیم در سفرهٔ آب زیرزمینی از سال ۱۳۸۲ به بعد، روندی نزولی داشته است. یکی از

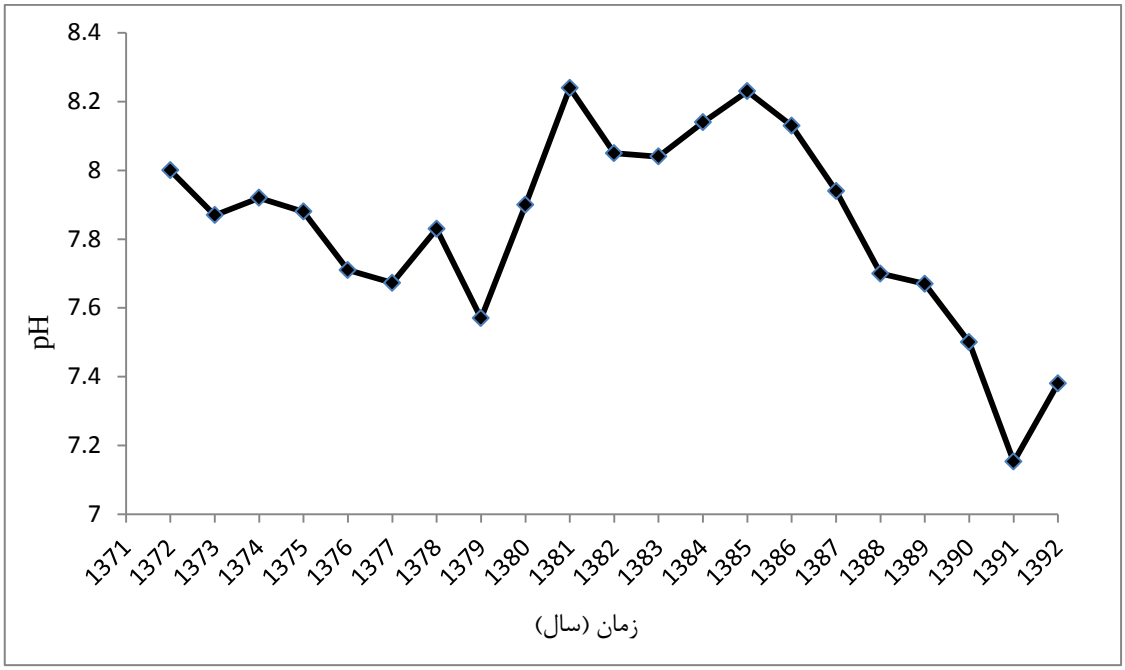
عواملی که می‌تواند سبب کاهش قابلیت حل شدن کلسیت و ته‌نشینی آن شده باشد، اثر یون مشترک است. بدین ترتیب که با انحلال ژیپس و افزایش غلظت یون‌های کلسیم و سولفات ناشی از آن، قابلیت انحلال کلسیت در اثر حل شدن ژیپس و تأثیر یون مشترک Ca^{2+} کاهش یافته و سبب ته‌نشینی بیشتر کلسیت می‌گردد زیرا قابلیت انحلال ژیپس از کلسیت بیشتر می‌باشد. در نتیجه رسوب کلسیت از غلظت یون‌های کلسیم و بیکربنات محلول کاسته شده و سبب غنی‌شدگی در غلظت یون‌های سدیم، پتاسیم، کلر و سولفات آب‌های زیرزمینی می‌گردد. همچنین غلظت یون کلسیم از سال ۱۳۹۱ با شیب بیشتری کاهش پیدا کرده است که علت این امر نیز می‌تواند کاهش بارندگی طی سال‌های اخیر و لذا کاهش حلالیت CO_2 در آب تغذیه شونده باشد که با افزایش دما و pH آب همراه است. لازم به ذکر است که میزان تغییرات یون‌ها در ده سال اول دورهٔ مورد مطالعه (۱۳۷۲ تا ۱۳۸۲) خیلی بیشتر از ده سال دوم (۱۳۸۲ تا ۱۳۹۲) می‌باشد. همچنین کمترین تغییرات در میزان املاح آب‌های زیرزمینی متعلق به آنیون بی‌کربنات است.

۴-۳-۱۴- بررسی اسیدیتهٔ سفرهٔ آب زیرزمینی در بخش جنوبی دشت

به منظور بررسی تغییرات زمانی pH سفرهٔ آب زیرزمینی در بخش جنوبی آبخوان دشت دامغان (زون B)، از مقادیر متوسط سالانهٔ این پارامتر در کل منابع نمونه‌برداری واقع در این زون طی سال های ۱۳۷۲ تا ۱۳۹۲ میانگین‌گیری شده است (به عنوان نماینده‌ای برای مقدار متوسط pH سفرهٔ آب زیرزمینی در این بخش از آبخوان). سپس نمودار تغییرات این پارامتر طی دورهٔ مورد مطالعه ترسیم گردیده است (شکل۴-۳۰).

مقایسهٔ نمودار تغییرات pH سفرهٔ آب زیرزمینی در بخش جنوبی و شمالی دشت دامغان حاکی از اسیدی‌تر بودن سفره آب زیرزمینی در بخش جنوبی آبخوان و نیز روند تغییرات تقریباً یکسان این پارامتر در این دو زون می‌باشد.

همان‌طور که مشاهده گردید، مقایسهٔ درصد تغییرات و مقدار پارامترهای هیدروژئوشیمیایی در بخش شمالی و جنوبی آبخوان دشت دامغان گویای تفاوت بسیار زیاد کیفیت آب زیرزمینی در این مناطق می‌باشد به گونه‌ای که هر چه از سمت مناطق شمالی دشت به سمت نواحی جنوبی آن



شکل ۴-۳۰- نمودار تغییرات pH سفره آب زیرزمینی در بخش جنوبی دشت، طی سال‌های ۱۳۷۲ تا ۱۳۹۲

(خروجی دشت دامغان) حرکت کنیم بر میزان املاح موجود در آب زیرزمینی افزوده شده و از مقدار pH آن کاسته می‌گردد. در بخش شمالی آبخوان (زون A)، تغذیه مناسب از سوی ارتفاعات آهکی شمالی منطقه و به ویژه از طریق ورودی رودخانه‌های چشمه‌علی و تویه‌دروار، میزان نزولات جوی بیشتر، شستشوی املاح موجود در رسوبات سفره آب زیرزمینی طی گذر زمان، فاصله از محل خروجی آبخوان و همچنین وجود رسوبات دانه درشت مخروط افکنه‌ای و سیلابی که سبب افزایش قابلیت انتقال و کاهش زمان تماس آب با رسوبات می‌گردد، همگی باعث ایجاد تغییرات ناچیز و بعضاً بهبود شرایط کیفی آب زیرزمینی در این قسمت از دشت گردیده‌اند. در مقابل، بخش جنوبی آبخوان (زون B)، به دلیل قرار گرفتن در حاشیهٔ نمکزار و پیشروی شورابه‌های ناشی از آن که در نتیجهٔ بهره‌برداری بی‌رویه از سفرهٔ آب زیرزمینی و بر هم خوردن سیستم طبیعی جریان آب زیرزمینی در این ناحیه رخ داده است و نیز به دلیل گسترش نهشته‌های ریز دانهٔ رسی و همچنین اثرات کیفی پساب‌های برگشتی از مناطق مسکونی و اراضی کشاورزی به سیستم آب زیرزمینی و نیز نزدیک شدن به محل خروجی آبخوان و در نتیجه تأثیر زمان ماندگاری آب در راستای جهت جریان، با تخریب شدید کیفیت آب زیرزمینی و افزایش بالای املاح موجود در آب مواجه گردیده است.

فصل پنجم:

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

این فصل می‌کوشد تا به طور مختصر به بیان نتایج حاصل از مطالعهٔ تغییرات کمی و کیفی آبخوان دشت دامغان طی سال‌های ۱۳۷۲ تا ۱۳۹۲ بپردازد. همچنین پیشنهادها و راهکارهایی را جهت پایش دقیق‌تر این منابع آبی، به منظور حفظ و صیانت از آن‌ها ارائه نماید.

۵-۱- مطالعه کمیت و نوسانات سطح آب زیرزمینی

نتایج حاصل از این بررسی به صورت مختصر در زیر ارائه می‌گردد:

۵-۱-۱- میزان افت سطح آب زیرزمینی آبخوان دشت دامغان

سطح ایستابی آب زیرزمینی در آبخوان دشت دامغان طی این دورهٔ ۲۰ ساله به میزان ۱۰/۳ متر افت داشته است، به عبارت دیگر متوسط افت سالانهٔ سطح ایستابی در دشت برابر با ۵۱/۵ سانتی متر بوده است. این افت عمدتاً در نتیجهٔ بهره‌برداری بی‌رویه از آبخوان و به میزان کمتر، به دلیل کاهش بارندگی طی این سال‌ها می‌باشد. میزان افت سطح آب زیرزمینی طی ۱۰ سال اول (۱۳۷۲ تا ۱۳۸۲) برابر با ۴/۹۶ متر و در ۱۰ سال دوم (۱۳۸۲ تا ۱۳۹۲) برابر ۵/۳۴ متر بوده است. این امر حاکی از آن است که در ۱۰ سال دوم شیب کاهش سطح ایستابی اندکی بیشتر از ۱۰ سال اول بوده است که می‌تواند ناشی از افزایش برداشت از سفرهٔ آب زیرزمینی و یا کاهش بارندگی باشد.

۵-۱-۲- میزان افت سطح آب زیرزمینی در پیزومترهای انتخابی موجود در دشت

میزان افت تراز آب زیرزمینی در پیزومترهای واقع در دشت دامغان از ۱/۷۹ تا ۳۰/۲۸ متر در تغییر است به گونه‌ای که ۶ پیزومتر دارای افت بین ۲۰ تا ۳۰ متر، ۵ پیزومتر دارای افتی بین ۱۰ تا ۲۰ متر و ۲۶ پیزومتر نیز دارای افتی کمتر از ۱۰ متر می‌باشند. همچنین بیشترین میزان افت آب زیرزمینی (افت بالاتر از ۱۰ متر) در غرب شهر دامغان (مرکز دشت) و نیز در حاشیه‌های جنوب غربی و شمال شرقی دشت می‌باشد که به علت برداشت بیش از حد آب زیرزمینی در این نواحی رخ داده است. یکی دیگر از دلایل افت بالای آب زیرزمینی در حاشیهٔ شمال شرقی دشت، عبور گسل شمال

دامغان از این ناحیه می‌باشد. در اثر عملکرد این گسل، مجموعه‌ای از رسوبات دانه‌ریز به صورت سدی هیدرولیکی در مجاورت رسوبات دانه درشت تر مخروط افکنه‌ای قرار گرفته‌اند و باعث قطع شدن ارتباط هیدرولیکی این ناحیه با نواحی بالادست و کاهش میزان تغذیه آبخوان و نیز تغییر ناگهانی تراز آب زیرزمینی در دو سوی این گسل شده است. این مسئله به همراه برداشت زیاد آب زیرزمینی جهت مصارف کشاورزی در این منطقه سبب افت بالای سطح ایستابی گردیده است. حداقل میزان افت آب زیرزمینی (افت کمتر از ۱۰ متر) نیز در حاشیه ارتفاعات شمال غربی و شمالی دشت و همچنین در منطقه تخلیه در حواشی جنوبی دشت مشاهده می‌شود.

۵-۱-۳-نتایج حاصل از بررسی نقشه‌های هم‌پتانسیل منطقه

بررسی نقشه‌های هم‌پتانسیل سال‌های ۱۳۷۲، ۱۳۸۲ و ۱۳۹۲ آبخوان دشت دامغان نشان داد که جهت کلی جریان آب زیرزمینی در این دشت هم‌روند با جریانات سطحی آن و از شمال، شمال غربی و غرب دشت به سمت جنوب و جنوب شرقی دشت می‌باشد به گونه‌ای که با کاهش شیب توپوگرافی، تخلیه آب زیرزمینی به پهنه‌های گلی کواترنر صورت می‌گیرد. در قسمت شمال شرقی دشت دامغان، برخلاف روند طبیعی شیب توپوگرافی، تراز آب زیرزمینی کاهش یافته و برگشت جبهه آب شور از سمت کویر و پهنه‌های گلی انتهایی دشت به طرف مناطق مرتفع‌تر مشاهده می‌شود. این مسئله در نتیجهٔ برداشت بیش از اندازهٔ آب زیرزمینی و نیز عدم تغذیهٔ مناسب آبخوان از سمت ارتفاعات شمالی این ناحیه به وجود آمده است. همچنین بالاترین تراز آب زیرزمینی منطبق بر نواحی غربی و شمالی دشت می‌باشد. لذا مخروط افکنه‌های این مناطق (به ویژه مسیر رودخانهٔ چشمه‌علی در بخش شمالی دشت) نقشی اساسی در تغذیهٔ آبخوان ایفا می‌کنند.

مقایسه نقشه‌های هم‌پتانسیل سال‌های ۱۳۸۲ و ۱۳۹۲ با نقشهٔ هم‌پتانسیل سطح ایستابی در سال ۱۳۷۲، همچنین نشان داد که خطوط تراز آب زیرزمینی بیشینه طی این دورهٔ ۲۰ ساله پیوسته به سمت مناطق تغذیهٔ آبخوان عقب‌نشینی داشته است، به گونه‌ای که خطوط کنتور آب زیرزمینی در سال ۱۳۹۲ نسبت به سال ۱۳۷۲ در حدود ۸ متر جابه جا شده‌اند. میزان این عقب‌نشینی در بخش مرکزی دشت در حدود ۲۴ متر است که ناشی از برداشت زیاد آب زیرزمینی در این منطقه می‌باشد.

۵-۱-۴- نتایج حاصل از بررسی نقشه‌های هم‌عمق منطقه

مقایسه نقشه‌های هم‌عمق سال‌های ۱۳۸۲ و ۱۳۹۲ با نقشهٔ هم‌عمق سطح ایستابی در سال ۱۳۷۲ نشان داد که روند تغییرات عمق آب زیرزمینی در همه نقشه‌ها مشابه است به نحوی که میزان عمق آب زیرزمینی در دامنهٔ مخروط افکنه‌های شمال شرقی، شمالی و شمال غربی دشت، بیشترین مقدار بوده و به سمت قسمت‌های مرکزی و جنوبی دشت، دائماً از عمق آب زیرزمینی کاسته می‌گردد تا اینکه در خروجی جنوب شرقی دشت به کمترین مقدار می‌رسد. این امر احتمالاً مربوط به شیب سطح زمین و توپوگرافی دشت می‌باشد که با کاهش ارتفاع به پهنهٔ گلی کواترنر و کویر چاه‌جام (کویر حاج علی‌قلی) ختم می‌گردد. مقایسه نقشه‌های هم‌عمق سال‌های ۱۳۸۲ و ۱۳۹۲ با نقشهٔ هم‌عمق سطح ایستابی در سال ۱۳۷۲، همچنین حاکی از روند افزایشی عمق دسترسی به آب زیرزمینی در کل دشت با گذشت زمان می‌باشد. میانگین وزنی عمق آب زیرزمینی دشت در سال ۱۳۷۲ برابر با ۳۸/۳ متر، در سال ۱۳۸۲ برابر با ۴۳/۳ و در سال ۱۳۹۲ برابر با ۴۸/۶ متر می‌باشد که بیانگر افزایش حدوداً ۵ متری عمق دسترسی به آب زیرزمینی به ازای هر دورهٔ ۱۰ ساله است.

۵-۱-۵- نوسانات سالانه سطح آب زیرزمینی

بررسی هیدروگراف معرف آبخوان دشت دامغان نشان داد که سطح ایستابی در این دشت، از سال ۱۳۷۲ تا سال ۱۳۹۲، پیوسته روندی نزولی داشته است به گونه‌ای که در طی این مدت سطح آب زیرزمینی با ۱۰/۷ متر افت، از تراز ۱۱۰۰/۴۱ متر از سطح دریا در مهر ماه سال ۱۳۷۲ به تراز ۱۰۸۹/۷۱ متر از سطح دریا در مهر ماه سال ۱۳۹۲ رسیده است. بالاترین تراز آب زیرزمینی دشت دامغان در فروردین ماه و حداقل آن نیز در مهر ماه هر سال مشاهده می‌گردد. بررسی هیدروگراف معرف آبخوان همچنین نشان داد که، هیچ رابطهٔ قابل توجهی بین میزان بارندگی و تراز سطح ایستابی در دشت وجود ندارد به گونه‌ای که روند رو به کاهش سطح ایستابی عمدتاً توسط بهره برداری بیش از حد از سفرهٔ آب زیرزمینی کنترل می‌شود و تغییرات در میزان بارندگی اثری چندانی در روند رو به پایین سطح ایستابی نگذاشته است. این امر می‌تواند ناشی از بارش سالانهٔ ناچیز و متعاقباً تغذیهٔ اندک

سفرهٔ آب زیرزمینی، تبخیر بالا، عدم توازن شدید بین میزان بهره‌برداری از آبخوان و مقدار تغذیهٔ آن و یا به دلیل تضعیف اثر تغذیهٔ ناشی از بارش در نتیجهٔ عمیق‌تر شدن سطح ایستابی باشد به گونه‌ای که بارندگی دیگر قادر به معکوس کردن روند رو به پایین تراز آب و یا حتی متوقف کردن آن نمی‌باشد.

۵-۲- مطالعه کیفیت و تغییرات شیمی آب زیرزمینی

نتایج حاصل از این بررسی به صورت مختصر در زیر ارائه می‌گردد:

۵-۲-۱- تغییرات زمانی کیفیت سفرهٔ آب زیرزمینی دشت دامغان

بررسی‌های صورت گرفته در این خصوص نشان داد که میانگین EC سفرهٔ آب زیرزمینی با ۲۳/۰۶ درصد افزایش، از مقدار ۲۳۱۱ میکروموس بر سانتی‌متر در سال ۱۳۷۲ به ۲۸۴۴ میکروموس بر سانتی‌متر در سال ۱۳۹۲ بالغ گردیده است (۵۳۳ واحد افزایش). بیشترین میزان افزایش در EC آب زیرزمینی (افزایش بیش از ۵۰ درصد) در چاه‌های واقع در حواشی جنوبی و شرق دشت (خروجی دشت دامغان) روی داده است. افزایش بالای هدایت الکتریکی آب زیرزمینی در این ناحیه از دشت احتمالاً ناشی از برگشت شورابه‌های کویر چاه‌جام به سمت آبخوان می‌باشد که در نتیجهٔ بهره‌برداری بی‌رویه از سفرهٔ آب زیرزمینی رخ داده است. همچنین مناطق با افزایش متوسط در هدایت الکتریکی (افزایش بین ۲۰ تا ۵۰ درصد) درنیمهٔ شرقی دشت واقع گردیده‌اند. احتمالاً وجود رسوبات ریزدانهٔ رسی در محل چاه‌های این منطقه در اثر عملکرد گسل شمال دامغان، عدم تغذیهٔ مناسب آبخوان از سوی ارتفاعات شمالی و نیز بهره‌برداری بیش از حد سفرهٔ آب زیرزمینی در این بخش از دشت، موجب بالا آمدگی (Upconing) آب‌های شور از بخش‌های عمیق‌تر آبخوان شده است. نواحی دارای افزایش اندک و یا کاهش هدایت الکتریکی نیز عمدتاً در نیمهٔ غربی دشت واقع گردیده‌اند. تغذیه مناسب آبخوان از سوی ارتفاعات آهکی شمالی منطقه و به ویژه از طریق ورودی رودخانه‌های چشمه‌علی و تویه- دروار باعث کاهش شوری آب زیرزمینی در این قسمت از دشت گردیده است.

میزان pH سفرهٔ آب زیرزمینی نیز در طی همین مدت با ۶/۷ درصد کاهش، از مقدار ۸/۰۳ به

۷/۴۹ رسیده است. به عبارت دیگر، سفرهٔ آب زیرزمینی به سمت اسیدی‌تر شدن گرایش داشته که این امر می‌تواند ناشی از کاهش غلظت کلسیم و افزایش غلظت سولفات آب بوده باشد. در بین آنیون‌ها یون سولفات با ۲۹ درصد افزایش و یون بیکربنات با ۱۹/۳ درصد افزایش، به ترتیب بالاترین و کمترین میزان افزایش را به خود اختصاص داده‌اند. در میان کاتیون‌ها نیز منیزیم با ۴۴/۷۹ درصد، بیشترین و کلسیم با ۱۰/۱۶ درصد، کمترین میزان افزایش را نشان می‌دهند. همچنین متوسط افزایش برای مجموع کاتیون‌های سفرهٔ آب زیرزمینی در طی این مدت برابر با ۲۵/۵۲ درصد و برای مجموع آنیون-ها برابر با ۲۴/۵ درصد می‌باشد. متوسط افزایش برای مجموع آنیون‌ها و کاتیون‌های سفرهٔ آب زیرزمینی نیز در طی این مدت برابر با ۲۵ درصد بوده است.

از لحاظ مقداری نیز یون‌های کلر و سدیم بیشترین و یون بیکربنات کمترین مقادیر را در بین کاتیون‌ها و آنیون‌های اصلی سفرهٔ آب زیرزمینی به خود اختصاص داده‌اند. این مسئله بیانگر میزان تغذیهٔ ناچیز آبخوان و شرایط محیطی خشک و نیمه‌خشک حاکم بر این دشت می‌باشد.

۵-۲-۲- روند تغییرات هدایت الکتریکی آبخوان دشت دامغان

بررسی روند عمومی منحنی‌های هم‌ارزش هدایت الکتریکی آب زیرزمینی در هر سه نقشهٔ سال‌های ۱۳۷۲، ۱۳۸۲ و ۱۳۹۲ نشان داد که شوری آب زیرزمینی در جهت جریان یعنی از شمال و غرب آبخوان به سمت شرق، جنوب شرقی و جنوب آن (از سمت ارتفاعات به سمت خروجی دشت) افزایش یافته است. این فرآیند تحت تأثیر جبهه‌های تغذیه‌ای شمالی و غربی، کاهش قطر ذرات به سمت شرق و جنوب و افزایش زمان ماندگاری آب در رسوبات و لذا فرصت کافی جهت حل کردن املاح بیشتر، اثرات کیفی پساب‌های برگشتی از مناطق مسکونی و اراضی کشاورزی به سیستم آب زیرزمینی و نزدیک شدن به محل خروجی آبخوان می‌باشد.

مقایسهٔ این نقشه‌ها همچنین نشان داد که میزان EC سفرهٔ آب زیرزمینی با گذشت زمان افزایش یافته و این افزایش در همه جا از روند یکسانی برخوردار نیست به گونه‌ای که در قسمت‌های جنوبی دشت، برداشت زیاد از سفره سبب بر هم خوردن سیستم طبیعی جریان آب و برگشت شورابه-های حاصل از کویر چاه‌جام به سمت آبخوان شده و افزایش شدید EC آب زیرزمینی را در پی داشته

است. مقایسهٔ نقشه‌های فوق همچنین حاکی از تشدید این روند با گذشت زمان می‌باشد. دلیل دیگری که می‌تواند سبب بد شدن کیفیت آب زیرزمینی در قسمت‌های جنوبی و شرقی آبخوان شده باشد، گسترش آبرفت‌های رسی و رس‌های ماسه‌ای در این ناحیه و حتی در نزدیکی ارتفاعات شمال شرقی دشت می‌باشد. در فاصلهٔ چند کیلومتری از شمال شرق شهر دامغان به سمت شرق، تفاوت بارزی در لیتولوژی چاه‌های انتخابی مشهود است به طوری که لیتولوژی از حالت رسوبات کاملاً درشت دانه در شمال شهر دامغان به رسوبات رسی و ریزدانه در چاه عمیق بق (چاه شمارهٔ ۳۵) تغییر می‌کند. این تفاوت بارز لیتولوژی سبب شده تا زمان تمرکز آب در تماس با رسوبات بیشتر شده و در نتیجه میزان شوری آن بالا رود.

۵-۲-۳- ارتباط کمیت بارش و تغییرات هدایت الکتریکی سفرهٔ آب زیرزمینی

در این بررسی مشخص شد که در اکثر موارد هدایت الکتریکی سفرهٔ آب زیرزمینی دارای رابطه‌ای معکوس با کمیت بارش در دشت می‌باشد به گونه‌ای که با افزایش مقدار بارندگی در یک سال، میزان EC سفرهٔ آب زیرزمینی نیز بعد از آن رو به کاهش گذارده و یا شیب افزایش آن کمتر شده است.

۵-۲-۴- رابطهٔ بین تراز سطح ایستابی و میزان EC آب زیرزمینی

نتایج حاصل از این بررسی نشان داد که هدایت الکتریکی سفرهٔ آب زیرزمینی دارای رابطه‌ای معکوس به میزان $R^2=0.74$ با ارتفاع سطح ایستابی در دشت می‌باشد. این موضوع بیانگر این است که در اکثر موارد با افزایش عمق سطح ایستابی میزان EC سفرهٔ آب زیرزمینی افزایش و با کاهش عمق سطح ایستابی میزان هدایت الکتریکی آبخوان کاهش یافته است.

۵-۲-۵- رابطهٔ درصد افزایش EC منابع نمونه‌برداری و EC آن منابع در سال ۱۳۷۲

در این بررسی مشخص شد که بیشتر منابع انتخابی موجود در دشت، کمتر از ۴۰ درصد

افزایش در میزان هدایت الکتریکی را داشته‌اند. همچنین میزان EC آب زیرزمینی در ۱۲ منبع نمونه برداری نسبت به سال ۱۳۷۲ دارای کاهش بوده است. این در حالی است که میزان هدایت الکتریکی در دو نقطه بیش از ۱۰۰ درصد و در ۷ نقطه بیش از ۴۰ درصد افزایش داشته است. همهٔ این چاه‌ها در حواشی جنوبی و شرق دشت (خروجی دشت دامغان) واقع شده‌اند.

۵-۲-۶- نتایج حاصل از بررسی تغییرات کیفیت سفرهٔ آب زیرزمینی پس از زون‌بندی دشت

بررسی تغییرات زمانی مقادیر هدایت الکتریکی و غلظت آنیون‌ها و کاتیون‌های اصلی سفرهٔ آب زیرزمینی طی دورهٔ مورد مطالعه نشانگر افزایش ناچیز و بعضاً کاهش مقدار برخی از این پارامترها در بخش شمالی آبخوان (زون A) و نیز افزایش شدید مقدار آن‌ها در بخش جنوبی آبخوان (زون B) می‌باشد که گویای تفاوت بارز کیفیت آب زیرزمینی در این دو بخش از آبخوان است، به گونه‌ای که هر چه از سمت مناطق شمالی دشت به سمت نواحی جنوبی آن (خروجی دشت دامغان) حرکت کنیم بر میزان املاح موجود در آب زیرزمینی افزوده شده و از مقدار pH آن کاسته می‌گردد. در بخش شمالی آبخوان (زون A)، میزان نزولات جوی بیشتر، تغذیه مناسب از سوی ارتفاعات آهکی شمالی منطقه و به ویژه از طریق ورودی رودخانه‌های چشمه‌علی و تویه‌درواز، شستشوی املاح موجود در رسوبات سفره آب زیرزمینی طی گذر زمان، فاصله از محل خروجی آبخوان و همچنین وجود رسوبات دانه درشت مخروطه افکنه‌ای و سیلابی که سبب افزایش سرعت حرکت آب در زیر زمین و در نتیجه کاهش زمان تماس آب با رسوبات می‌گرد، همگی سبب بهبود شرایط کیفی آب زیرزمینی شده است، درحالی که بخش جنوبی آبخوان (زون B)، به دلیل قرار گرفتن در حاشیهٔ نمکزار و پیشروی شورابه‌های ناشی از آن که در نتیجهٔ بهره‌برداری بی‌رویه از سفرهٔ آب زیرزمینی در این ناحیه رخ داده است، و نیز به دلیل گسترش نهشته‌های ریز دانهٔ رسی، عمق کم آب زیرزمینی در این قسمت از دشت و تبخیر شدید از سطح ایستابی، اثرات کیفی پساب‌های برگشتی از مناطق مسکونی و اراضی کشاورزی به سیستم آب زیرزمینی و نزدیکی به محل خروجی آبخوان و در نتیجه تأثیر زمان ماندگاری آب در راستای جهت جریان، با تخریب شدید کیفیت آب زیرزمینی و افزایش بالای املاح موجود در آب مواجه گردیده است. همچنین با توجه به بالا بودن مقادیر یون‌های کلر و سدیم نسبت به سایر یون‌ها

در هر دو بخش از سفره آب زیرزمینی و غنی‌شدگی همزمان آن‌ها در آب‌های زیرزمینی کل دشت، لذا به نظر می‌رسد که کیفیت شیمیایی آب‌های زیرزمینی دشت دامغان، بیشتر تحت تاثیر انحلال رسوبات گچی و نمکی (ژیپس و هالیت) یا تغلیظ حاصل از عامل تبخیر- تەنشینی و نفوذ شورابه‌های حاصل به سفرهٔ آب زیرزمینی قرار دارد، به گونه‌ای که گسترش نهشته‌های تبخیری می‌تواند تأمین کننده یون‌های سولفات، سدیم و کلر در آب‌های زیرزمینی این دشت باشد. کاهش میزان pH سفرهٔ آب زیرزمینی طی همین مدت در هر دو بخش از آبخوان نیز نشان از گرایش سفرهٔ آب زیرزمینی به سمت اسیدی‌تر شدن داشته که این امر می‌تواند ناشی از کاهش غلظت یون کلسیم و افزایش غلظت سولفات سفرهٔ آب زیرزمینی به ویژه در طی دورهٔ دوم آماری (۱۳۸۲ تا ۱۳۹۲) بوده باشد.

در این بررسی همچنین مشخص شد که میزان تغییرات pH و غلظت یون‌های اصلی سفرهٔ آب زیرزمینی در ده سال اول دورهٔ مورد مطالعه (۱۳۷۲ تا ۱۳۸۲) خیلی بیشتر از ده سال دوم (۱۳۸۲ تا ۱۳۹۲) می‌باشد که این امر احتمالاً نشان دهندهٔ تأثیر پذیری کیفیت سفرهٔ آب زیرزمینی توأماً از مقدار بارش و میزان برداشت از آبخوان طی دههٔ اول آماری و تأثیر پذیری آن تنها از میزان برداشت از سفرهٔ آب زیرزمینی طی دههٔ دوم آماری می‌باشد که به دلیل تضعیف اثر تغذیهٔ ناشی از بارش در نتیجهٔ عمیق‌تر شدن سطح ایستابی و یا افزایش میزان بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی در مقایسه با میزان تغذیهٔ آن رخ داده است.

۵-۳- پیشنهادها

به منظور بررسی دقیق‌تر تغییرات کمی وکیفی آبخوان و شناسایی جامع‌تر آن، پیشنهادهای زیر ارائه می‌گردد:

۱- ایجاد شبکهٔ کامل‌تری از چاه‌های مشاهده‌ای و چاه‌های نمونه‌برداری به تعداد کافی و با پراکندگی مناسب‌تر در دشت و پایش منظم و دقیق تغییرات سطح و شیمی سفرهٔ آب زیرزمینی.

۲- ایجاد یک بانک آماری کامل از کل بخش‌های آبخوان، جهت نظارت بر روند تغییرات کمی و کیفی سفرهٔ آب زیرزمینی در نقاط مختلف آن.

۳- تهیهٔ گزارش‌های ادواری (مثلاً پنج ساله) در رابطه با تغییرات کمی و کیفی آبخوان.

۴- با توجه به ناهمگنی زیاد سفرهٔ آب زیرزمینی و پیچیدگی‌های ساختاری آن در بخش شرقی دشت، باید مطالعات جامع‌تری پیرامون محیط رسوبی، ویژگی‌های تکتونیکی، هیدروژئولوژیکی و هیدروژئوشیمیایی سفرهٔ آب زیرزمینی در این ناحیه صورت گیرد.

۵- غلظت یون‌های نیترات و فسفات نیز در سفرهٔ آب زیرزمینی اندازه‌گیری شده و روند تغییرات زمانی مقادیر آن‌ها مورد بررسی قرار گیرد تا میزان آلودگی ناشی از فعالیت‌های کشاورزی و دامپروری و نیز فاضلاب‌های خانگی در تغییر کیفیت آب زیرزمینی منطقه مورد شناسایی قرار گیرد.

۶- بهترین و مؤثرترین راه جهت جلوگیری از پیشروی بیشتر شورابه‌های کویری در بخش جنوبی آبخوان، کاهش برداشت از سفرهٔ آب زیرزمینی در این ناحیه می‌باشد.

منابع

۱. ارشادی الف، حکیم نوری م، (۱۳۹۱) "بررسی نتایج آنالیز شیمیایی و رابطهٔ آن با تغییرات سطح سفرهٔ آب زیرزمینی دشت چترود در چاه های آب شرب شرکت آب و فاضلاب روستایی کرمان" همایش ملی مهندسی آب و فاضلاب.

۲. اسناد و گزارشات شرکت آب منطقه ای استان سمنان- امور منابع آب شهرستان دامغان، (۱۳۹۲).

۳. اصغری‌مقدم الف، (۱۳۸۹) "**اصول شناخت آب‌های زیرزمینی**" انتشارات دانشگاه تبریز، ۳۵۰ ص.

۴. اطلس راه‌های ایران، (۱۳۸۲) مؤسسه جغرافیایی کارتوگرافی و گیتاشناسی.

۵. آقانباتی ع، (۱۳۸۳) "**زمین شناسی ایران**" سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۷۰۷ ص.

۶. اکبری م، جرگه م ر، مدنی سادات ح، (۱۳۸۸) "بررسی افت سطح آب های زیرزمینی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) (مطالعه موردی: آبخوان دشت مشهد)" **مجلهٔ پژوهش های حفاظت آب و خاک**، جلد شانزدهم، شمارهٔ چهارم، ص ۷۸-۶۳.

۷. اکرامی م، شریفی ذ، ملکی نژاد ح، اختصاصی م ر، (۱۳۹۰) "بررسی روند تغییرات کیفی و کمی دشت یزد-اردکان طی دهه ۸۸-۱۳۷۹" **دو ماهنامه طلوع بهداشت**، سال دهم، شماره ۳-۴، ص ۹۱-۸۲.

۸. بساکی م، (۱۳۸۹) "بررسی کمی و کیفی منابع آب زیرزمینی در منطقهٔ کردکوی" پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شاهرود، ۱۰۳ ص.

۹. ترابی ع، (۱۳۷۸) "بررسی روند شور شدن آب های زیرزمینی شمال دشت کاشان" **مجله بیابان**، جلد چهارم، شمارهٔ ۲، ص ۲۲-۱.

۱۰. جاویدی م، (۱۳۹۰) "بررسی کمی و کیفی آب های زیرزمینی دشت سعادت شهر در استان فارس" پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شاهرود، ۹۳ ص.

۱۱. حیدریان م ح، کابلی ع، فاتح دیزجی ع، (۱۳۹۱) "اثرات محیطی برداشت بی رویه از منابع آب

زیرزمینی در دشت ورامین" مجموعه مقالات شانزدهمین همایش انجمن زمین شناسی ایران.
۱۲. خدایی ب، نخعی م، مهدلو ترکمانی س، (۱۳۹۰) "بررسی سطح افت آب زیرزمینی در آبخوان دشت کبودرآهنگ در محیط GIS" مجموعه مقالات سی امین گردهمایی علوم زمین.
۱۳. درویش زاده ع، (۱۳۸۳) "**زمین شناسی ایران**" انتشارات امیرکبیر، ۴۳۴ ص.
۱۴. زهتابیان غ ر، خلیل‌پور الف، جعفری م، (۱۳۸۱) "تخریب آبخوانه در اثر بهره‌برداری بی‌رویه از آب های زیرزمینی (مطالعهٔ موردی دشت قنوات قم)" **مجله بیابان**، جلد ۷، شمارهٔ ۲، ص ۱۱۹-۹۹.
۱۵. شریف‌زاده ب، محمدی ض، زارع م، (۱۳۸۷) "بررسی فرایندهای تأثیرگذار بر آب‌های زیرزمینی دشت آبدانان بوشهر" مجموعه مقالات دوازدهمین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران، ص ۲۵۰-۲۴۳.
۱۶. صداقت م، (۱۳۸۶) "**زمین و منابع آب**" انتشارات دانشگاه پیام نور، ۳۶۸ ص.
۱۷. علیزاده الف، (۱۳۹۰) "**اصول هیدرولوژی کاربردی**" انتشارات آستان قدس رضوی، ۹۱۱ ص.
۱۸. قرائتی الف، (۱۳۹۰) "چینه‌نگاری زیستی، شیمیایی و بوم‌شناسی دیرینهٔ سازند زیارت در منطقه کلاته (شمال دامغان)" پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم زمین، دانشگاه دامغان، ۸۲ ص.
۱۹. قندی الف، اصغری مقدم الف، (۱۳۸۴) "بررسی عوامل مؤثر بر کیفیت آب زیرزمینی دشت تسوج" مجموعه مقالات نهمین همایش انجمن زمین شناسی ایران.
۲۰. کلانتری ن، زارعی ح، (۱۳۸۳) "بررسی کیفیت شیمیایی آب زیرزمینی در آبخوان آبرفتی دشت زیدون" مجموعه مقالات هشتمین همایش انجمن زمین شناسی ایران، ص۵۴۳-۵۳۳.
۲۱. کلانتریان س ف، (۱۳۸۸) "بررسی خصوصیات هیدروژئولوژیکی و هیدروژئوشیمیایی سفرهٔ آب زیرزمینی تنکابن" پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شاهرود، ۱۳۷ ص.
۲۲. لطفی ز، (۱۳۹۲) "مطالعه زمین‌شناسی، کانی شناسی و ژئوشیمیایی کانه‌زایی آهن در تویه‌دروار دامغان" پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم زمین، دانشگاه دامغان، ۱۴۶ ص.
۲۳. مظفری زاده ج، چیت سازان م، (۱۳۸۶) "بررسی تأثیر سازندهای زمین شناسی بر روی کیفیت منابع آب زیرزمینی دشت گتوند" اولین همایش زمین شناسی زیست محیطی و پزشکی.

۲۴. مهندسین مشاور طرح‌آبریز، (۱۳۸۸) "گزارش هیدروژئولوژی دشت دامغان" شرکت آب منطقه‌ای استان سمنان.

۲۵. مهندسین مشاور لار، (۱۳۷۰) "طرح مطالعات سد آستانه دامغان" شرکت آب منطقه‌ای استان سمنان.

۲۶. میردشتوان م، (۱۳۹۱) "مدیریت پایدار منابع آب زیرزمینی دشت هشتگرد" اولین کنفرانس ملی راهکارهای دستیابی به توسعه پایدار.

۲۷. نادریان‌فر م، انصاری ح، ضیائی ع ن، داوری ک، (۱۳۸۹) "بررسی روند تغییرات نوسانات سطح آب زیرزمینی درحوضه آبریز نیشابور تحت شرایط اقلیمی مختلف" **فصلنامهٔ علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب**، سال اول، شماره ۳، ص ۳۷-۲۲.

۲۸. نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰،۰۰۰ دامغان، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

۲۹. نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰،۰۰۰ شاهرود، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

۳۰. نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰،۰۰۰ معبد، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

۳۱. ولایتی س، (۱۳۸۹) "بررسی اثرات و پیامدهای استخراج بیش از حد آب زیرزمینی از آبخوان دشت مشهد با تأکید بر تغییرات EC آب" **مجله جغرافیا و توسعهٔ ناحیه‌ای**، شمارهٔ پانزدهم، سال هشتم، ص۳۷-۲۱.

۳۲. ولایتی س، (۱۳۸۶) **"هیدروژئولوژی سازندهای نرم و سخت"** انتشارات جهاد دانشگاهی، مشهد، ۲۵۴ ص.

1. Ajdary Kh and Kazemi G.A, (2014) "Quantifying changes in groundwater level and chemistry in Shahrood, northeastern Iran" **Hydrogeology Journal**, Volume 22, Issue 2, pp 469-480.
2. Chan H.J, (2001) "Effect of landuse and urbanization on hydrochemistry and contamination of groundwater from Taejon area, Korea" **Journal of Hydrology**, Volume 253, Issue 1-4 , pp 194-210.
3. Delleur J.W, (2006) "**The handbook of groundwater engineering**" CRC Press, LLC, second Edition,1320 pages.
4. El-Baruni S.S, (1995) "Deterioration of quality of groundwater from Suani Wellfield, Tripoli, Libya 1976–93" **Hydrogeology Journal**, Volume 3, Issue 2, pp

58-64.

5. El-Bihery M.A and Lachmar T.E, (1994) "Groundwater quality degradation as a result of overpumping in the delta Wadi EI-Arish area, Sinai Peninsula, Egypt" **Environmental Geology**, Volume 24, Issue 4, pp 293-305.
6. Glynn P.D and Plummer L.N, (2005) "Geochemistry and the understanding of groundwater systems" **Hydrogeology Journal**, Volume 13, Issue 1, pp 263-287.
7. Hoque M.A, Hoque M.M, and Ahmed K.M, (2007) "Declining groundwater level and aquifer dewatering in Dhaka Metropolitan area, Bangladesh: Causes and quantification" **Hydrogeology Journal**, Volume 15, Issue 8 , pp 1523-1534.
8. Hounslow A, (1995) "**Water quality data: analysis and interpretation**" CRC Press, LLC, 416 pages.
9. Langemuir D, (1971) "The geochemistry of some carbonate groundwaters in central Pennsylvania" **Geochimica et Cosmochimica Acta**, Volume 35, Issue 10, PP 1023-1045.
10. Mazor E, (1992) "**Applied Chemical and Isotopic Groundwater Hydrology**" Halsted Press, 274 pages.
11. Paul F.H, (2004) "**Principles of Hydrogeology**" Third Edition, CRC Press, LLC, 248 pages.
12. Rayne S, and Forest K, (2012) "Historical temporal trends in groundwater levels from British Columbia, Canada" Available at http://dx.doi.org/10.1038/npre. 2012.6844.1.
13. Rodriguez-Estrella T, (2012) "The problems of overexploitation of aquifers in semi-arid areas: the Murcia Region and the Segura Basin (south-east Spain) case" **Hydrology and Earth System Sciences Discussions**, Volume 9, pp 5729–5756.
14. Schwartz F.W, and Zhang H, (2002) "**Fundamentals of Groundwater**" Wiley Press, 592 pages.
15. Thomas M.A, (2000) "The effect of residential development on groundwater quality near Detroit, Michigan" **Journal of American Water Resources Association**, Volume 36, Issue 5 , pp 1023-1038.
16. Young R.A, (1970) "Safe yield of aquifer: An economic reformulation" **Journal of Irrigation Drainage Division, American Society of Civil Engrs**, Volume 96, No. IR-4, pp 377-385.
17. Zarei M, Sedehi F, and Raeisi E, (2014) **"**Hydrogeochemical characterization of major factors affecting the quality of groundwater in southern Iran, Janah Plain" **Chemie der Erde–Geochemistry**, Available online 28 April 2014.

Abstract:
Damghan plain with an area of approximately 1373 km^2 is located along the Tehran-Mashad highway, between Goosheh village in the west and Qaderabad village in the east of Damghan city. Analysis of 20 years (1994-2014) water level data measured in 37 piezometers, selected from a total number of 64 piezometers on the basis of completeness of data sets- showed that the water table during this period has been steadily declining. This has led to a drop of 10.7 meters in the groundwater level from 1100.41 in 1994 to 1089.71 meters above sea level in 2014, and reduction of 734.5 million cubic meters in aquifer storage. The largest decline in the groundwater levels has occurred in northeastern corner of the plain, up to 30.28 meters and also in the central and southwestern corner of the plain. Water level drop is mainly caused by over exploitation of aquifer and to a lesser extent due to decreasing rainfall quantity in recent years. The minimum amount of drop (1.79 meters) occurred in the alluvial fan in north of the plain, at the inlet of the Cheshmeh Ali river to the Damghan plain, and also in the north-west and in discharge area in the south-east of the plain. Analysis of groundwater chemistry data in 43 selected water sampling points with the most complete data and the best distribution –from a total of 85 selected water sampling points in this plain- showed that during the years 1994 to 2014, the amount of electrical conductivity and total main ions of the aquifer has increased by 23.6 and 25 percent, respectively, while the pH of water has fallen by 7.6 percent. More than 50 percent increase in the EC has occurred in the wells which are located in the southern fringes and east of the plain (the outlet of Damghan Plain) due to saltwater intrusion from Chah Jam Kavir into the aquifer. Areas with a slight increase or even decrease in electrical conductivity are mainly located in the western half of the plain. However, due to the large area of the Damghan Plain, geological variety of the surrounding mountains and a number of local factors which control the water quality, it is not easy to determine the cause of spatial and temporal variations in the EC and other hydrochemical parameters of the aquifer. In terms of the amount and percentage changes in the hydrochemical parameters, Damghan Plain aquifer can be divided into two parts, the northern part and the southern part; the southern part is located in the outlet of the aquifer and adjacent to the Kavir. Comparison between groundwater quality in two parts indicates higher ion concentration and electrical conductivity values for southern part of the aquifer revealing intensification of the salt water intrusion and water quality degradation over time. This study also showed that the electrical conductivity of the aquifer has a significant inverse relationship with the quantity of rainfall and the elevation of the water table in the plain.

Keywords: Damghan, groundwater level, groundwater chemistry, salt water intrusion.

University of Shahrood
Faculty of Earth science

Hydrogeology and Environmental Geology Group

MSc. Thesis

Quantifying 20 years (1994-2014) changes in the water level and chemistry of groundwater in Damghan plain

By:
Mahmood Amirhosseini

Supervisor:
Dr. Gholam Abbas Kazemi

February 2015