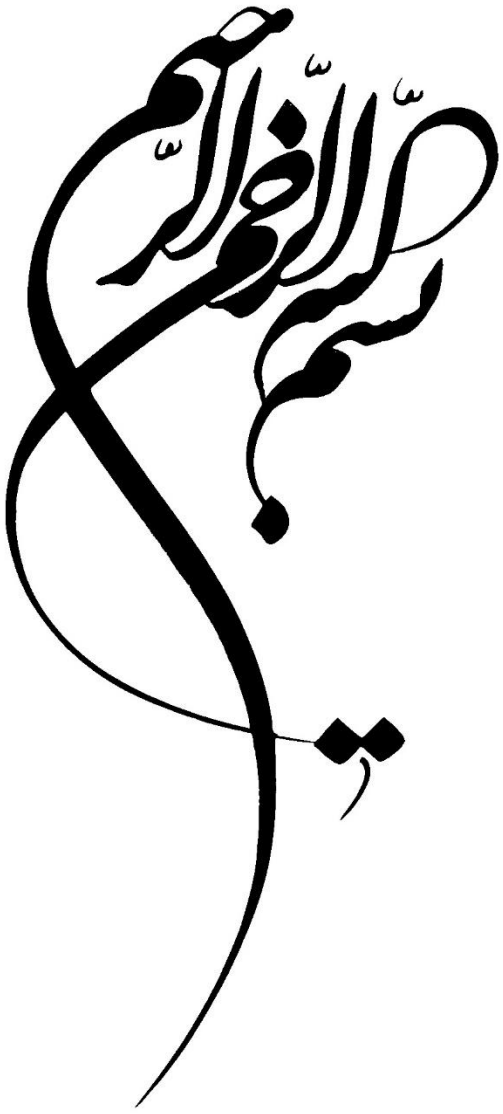

بسم الله الرحمن الرحیم

دانشکده علوم زمین

پایان نامه کارشناسی ارشد هیدروژئولوژی

بررسی تأثیر احداث سد کرج بر سفره آب زیرزمینی دشت شهریار قدیم

نگارنده: سمیرا چراغی

استاد راهنما:

دکتر غلامحسین کرمی

بهمن ۱۳۹۵

تقدیم به:

دست‌های زحمتکش پدرم

محبت‌های بی‌دریغ مادرم

و همسرم به خاطر صبوری، همدلی و تشویق‌هایش

حیات هر چیز زنده‌ای را بر آب قرار دادیم. (سوره انبیاء آیه ۳۰)

تشکر و قدردانی

نخستین سپاس و ستایش از آن خداوندی است که بنده کوچکش را در دریای بیکران اندیشه، قطره‌ای ساخت تا وسعت آن را از دریچه اندیشه‌های ناب آموزگارانی بزرگ به تماشا نشیند. لذا اکنون که در سایه‌سار بنده نوازی‌هایش پایان‌نامه حاضر به انجام رسیده است، برخود لازم می‌دانم تا مراتب سپاس را از بزرگوارانی به جا آورم که اگر دست یاریگرشان نبود، هرگز این پایان‌نامه به انجام نمی‌رسید.

در ابتدا از زحمات و محبت‌های بی‌دریغ پدر، مادر و برادران گرانقدرم و همسر عزیزم که در نهایت صبر و بردباری، همواره محیطی مساعد و آرام را جهت رشد و تحصیلاتم فراهم نمودند، سپاسگزاری می‌نمایم و از زحمات بی‌شائبه استاد راهنمای بزرگوارم، جناب آقای دکتر کرمی که در تهیه و تکمیل این پژوهش همواره از مساعدت‌ها و راهنمایی‌های سودمندشان بهره برده‌ام، کمال تقدیر و تشکر را دارم.

همچنین از زحمات تمامی اساتید دلسوز و محترم گروه زمین‌شناسی دانشکده علوم زمین به ویژه جناب آقایان دکتر جعفری و دکتر باقری که در طول مدت انجام این پایان‌نامه از راهنمایی‌ها و همکاری‌های بی‌دریغ‌شان بهره برده‌ام، نهایت تشکر و قدردانی را دارم.

در پایان از همگی دوستان 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.

سمیرا چراغی

بهمن ۱۳۹۵

تعهدنامه

اینجانب **سمیرا چراغی** دانشجوی دوره کارشناسی ارشد آبشناسی دانشکده علوم زمین دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان‌نامه **بررسی تأثیر احداث سد کرج بر سفره آب زیرزمینی دشت شهریار قدیم** تحت راهنمائی **دکتر غلامحسین کرمی** متعهد می‌شوم.

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است.
- در استفاده ار نتایج پژوهش‌های محققان دیگر مورد استفاده استناد شده است.
- مطالب مندرج در پایان‌نامه 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 می‌باشد و مقالات مستخرج با نام «دانشگاه صنعتی شاهرود» و یا « Shahrood University of Technology » به چاپ خواهد رسید.
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان‌نامه تاثیرگذار بوده‌اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می‌گردد.
- 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 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

امضاء دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، کتاب، برنامه‌های رایانه‌ای، نرم‌افزارها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می‌باشد. 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

شهریار قدیم شامل منطقه‌ای است که از شرق به رودخانه کن، از شمال به ارتفاعات البرز، از غرب به ارتفاعات شمال‌غرب رباط‌کریم و از جنوب به ارتفاعات آراد محدود می‌شود. بررسی داده‌های ۳۰ ساله سطح آب زیرزمینی اندازه‌گیری شده در ۴۲ پیزومتر انتخابی واقع در این محدوده، نشان داد که سطح ایستابی در آبخوان آبرفتی این منطقه، طی سال های ۱۳۶۳ تا ۱۳۹۳، روندی نزولی داشته که منجر به افت حدود ۱۵ متری سطح آبخوان گردیده است. بیشترین میزان افت آب زیرزمینی در شمال دشت (شهرستان‌های شهریار و شهرقدس، که تمرکز باغات و زمین‌های کشاورزی وجود دارد) روی داده است. این افت عمدتاً در نتیجهٔ بهره‌برداری بی‌رویه از آبخوان و به میزان کمتری در اثر کاهش بارندگی طی سال‌های اخیر بوده است. از بین رفتن اثر کشاورزی و توسعه شهرنشینی در بخش جنوبی (به علت مهاجرت جمعیت) باعث شده که برداشت از آب‌های زیرزمینی کمتر و به علت تغذیه دشت از فاضلاب‌های شهری، سطح آب زیرزمینی بالاآمدگی را نیز نشان می‌دهد. در هر حال، بهره‌برداری بی‌رویه از آبخوان و برداشت‌های نامنظم و نقطه‌ای باعث ایجاد بی‌نظمی در روند تغییرات سطح آب پیزومترها شده‌اند. همچنین بررسی داده‌های شیمی آب زیرزمینی در ۲۸ منبع نمونه‌برداری دارای کامل‌ترین آمار و بهترین پراکندگی از مجموع ۴۶ منبع انتخابی نمونه‌برداری واقع در این دشت نشان داد که طی سال‌های ۱۳۸۳ تا ۱۳۹۳، میزان هدایت الکتریکی حدود ۵۰ درصد افزایش یافته است. از نظر مقدار و درصد تغییرات پارامترهای هیدروژئوشیمیایی، آبخوان دشت شهریار قدیم قابل تقسیم به سه بخش شمالی، مرکزی و جنوبی می‌باشد. مقایسه کیفیت آب زیرزمینی در این سه بخش حاکی از مقادیر بالاتر و شدت افزایش بیشتر غلظت یون‌های اصلی و میزان هدایت الکتریکی در بخش جنوبی آبخوان بوده و تخریب کیفیت آب با گذشت زمان می‌باشد.

کلمات کلیدی: دشت شهریار قدیم، احداث سد کرج، سطح آب زیرزمینی، شیمی آب زیرزمینی.

مقالات مستخرج از این پایان‌نامه:

- چراغی س. و کرمی غ. (۱۳۹۵)، " بررسی تغییرات ۳۰ ساله سطح آب زیرزمینی در دشت شهریار قدیم"، چهارمین کنگره بین المللی عمران، معماری و شهرسازی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران .

فهرست مطالب

فصل اول: مقدمه ۱

۱-۱- بیان مسئله ۱

۱-۲- هدف از انجام تحقیق ۲

۱-۳- معرفی دشت شهریار قدیم ۳

۱-۴- آب و هوای منطقه شهریار قدیم ۵

۱-۵- زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه ۹

۱-۵-۱- واحدهای زمین‌شناسی منطقه ۱۰

۱-۵-۲- چینه‌شناسی دشت شهریار قدیم ۱۶

۱-۵-۳- زمین‌شناسی ساختاری دشت شهریار قدیم ۱۸

۱-۶- هیدرولوژی دشت شهریار قدیم ۲۰

۱-۶-۱- رودخانه کرج ۲۰

۱-۶-۲- رودخانه چیتگر ۲۱

۱-۶-۳- رودخانه کن ۲۱

۱-۷- هیدروژئولوژی دشت شهریار قدیم ۲۲

فصل دوم: مروری بر مطالعات گذشته ۲۳

۲-۱- عوامل مؤثر بر کمیت آب‌های زیرزمینی ۲۳

۲-۱-۱- بارندگی ۲۵

۲-۱-۲- برداشت از آب‌های زیرزمینی ۲۶

۲-۱-۳- خشکسالی ۳۰

۲-۱-۴- تأثیر احداث سد بر کمیت آب زیرزمینی ۳۲

۲-۱-۵- نقش توسعه شهری بر کمیت آب زیرزمینی ۳۴

۲-۲- عوامل مؤثر بر کیفیت آب‌های زیرزمینی ۳۵

۲-۲-۱- عوامل طبیعی ۳۶

۲-۲-۲- نقش عوامل غیرطبیعی ۴۰

فصل سوم: روش انجام کار ۴۹

۳-۱- جمع‌آوری آمار و اطلاعات سطح آب زیرزمینی ۵۰

۳-۲- تکمیل و تصحیح آمار سطح آب زیرزمینی ۵۰

۳-۳- ترسیم نقشه زمین‌شناسی منطقه ۵۲

۳-۴- بررسی تغییرات سطح آب زیرزمینی در دشت شهریار قدیم ۵۲

۳-۴-۱- ترسیم نمودارها و نقشه‌های کمی آبخوان ۵۲

۳-۴-۲- ترسیم هیدروگراف واحد برای بخش‌های مختلف دشت ۵۳

۳-۴-۳- پهنه‌بندی دشت به لحاظ افت ۵۳

۳-۵- بررسی تغییرات کیفیت آب زیرزمینی منطقه ۵۴

فصل چهارم: بررسی تأثیر احداث سد کرج بر تغییرات سطح و شیمی آب زیرزمینی دشت شهریار قدیم..... ۵۵

۴-۱- تغییرات سطح آب زیرزمینی ۵۵

۴-۱-۱- بررسی روند کاهش و افزایش سطح آب زیرزمینی ۵۶

۴ -۱-۲- تکمیل و تصحیح آمار سطح آب زیرزمینی..... ۵۸

۴-۲- ارزیابی مقادیر افت در پیزومترهای دشت..... ۶۱

۴-۲-۱- پیزومترهای بخش شمالی..... ۶۴

۴-۲-۲- پیزومترهای بخش مرکزی ۶۵

۴-۲-۳- پیزومترهای بخش جنوبی ۶۵

۴-۲-۴- بررسی میزان افت سطح آب زیرزمینی در هر یک از پیزومترهای انتخابی ۶۷

۴-۲-۵- نقشه‌های هم پتانسیل سطح آب زیرزمینی ۷۰

۴-۲-۶- بررسی نقشه‌های هم افت منطقه ۷۵

۴-۲-۷- بررسی تغییرات عمق آب زیرزمینی دشت ۷۷

۴-۲-۸- هیدروگراف طولانی مدت برای بخش‌های مختلف دشت ۷۸

۴-۳- بررسی تغییرات طولانی مدت شیمی آب زیرزمینی در دشت شهریار قدیم ۸۲

۴-۳-۱- داده‌های هیدروژئوشیمی در دشت شهریار قدیم ۸۳

۴-۳-۲- تکمیل و تصحیح داده‌های هیدروژئوشیمی ۸۵

۴-۳-۳- بررسی تغییرات زمانی هدایت الکتریکی در دشت شهریار قدیم ۸۶

۴-۳-۴- بررسی تغییرات زمانی کیفیت آب زیرزمینی در هریک از بخش‌های دشت شهریار قدیم ۹۴

فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادها ۹۹

۵-۱- میزان افت سطح آب زیرزمینی دشت شهریار قدیم ۹۹

۵-۲- میزان افت سطح آب زیرزمینی در پیزومترهای انتخابی موجود در دشت ۱۰۰

۵-۳- نتایج حاصل از بررسی نقشه‌های هم پتانسیل دشت ۱۰۰

۵-۴- میزان تغییرات عمق آب زیرزمینی در دشت شهریار قدیم ۱۰۰

۵-۵- نوسانات سالانه سطح آب زیرزمینی ۱۰۱

۵-۶-تغییرات زمانی کیفیت آبخوان دشت شهریار قدیم ۱۰۲

۵-۷- روند تغییرات هدایت الکتریکی آبخوان دشت شهریار قدیم ۱۰۲

۵-۸- پیشنهادها ۱۰۳

منابع ۱۰۴

فهرست شکل‌ها

شکل ۱-۱- موقعیت جغرافیایی دشت شهریار قدیم ۴

شکل ۱-۲- نمودار امبروترمیک ایستگاه پرندک ۵

شکل ۱-۳- نمودار امبروترمیک ایستگاه سعیدآباد ۶

شکل ۱-۴- نقشه زمین شناسی منطقه مورد مطالعه ۱۲

شکل ۱-۵- مقطع محلی از نهشته‌های آبرفتی تهران ۱۷

شکل ۳-۱- تصحیح آمار در داده‌های مربوط به پیزومترشمس‌آباد ۵۱

شکل ۴-۱-موقعیت پیزومترهای انتخابی دشت شهریار قدیم ۵۷

شکل ۴-۲- تقسیم بندی منطقه به سه بخش شمالی، مرکزی و جنوبی ۵۹

شکل ۴-۳- مقایسه افت کل در بخش‌های مختلف دشت شهریار قدیم ۶۴

شکل ۴-۴- نمودارهای افت دهه‌های مختلف در بخش شمالی ۶۶

شکل ۴-۵- نمودارهای افت سه دهه در بخش مرکزی ۶۶

شکل ۴-۶- نمودارهای افت سه دهه در بخش جنوبی ۶۶

شکل ۴-۷- نمودار مقایسه افت‌های بخش‌های مختلف در دهه‌های مختلف ۶۷

شکل۴ -۸- میزان افت سطح آب در پیزومترهای موجود در دشت.....۶۸

شکل ۴-۹- هیدروگراف پیزومترهای هفت جوی (37) و کیکاور (30).....۶۹

شکل۴-۱۰- نقشه هم پتانسیل آبخوان دشت شهریار قدیم (سال ۱۳۶۳).....۷۲

شکل۴-۱۱ نقشه هم پتانسیل آبخوان دشت شهریار قدیم (سال ۱۳۹۳).....۷۳

شکل۴-۱۲- نقشه هم افت آبخوان دشت شهریار قدیم (۱۳۸۳-۱۳۹۳).....۷۶

شکل ۴-۱۳- نمودار تغییرات عمق آب در بخش شمالی، مرکزی و جنوبی دشت شهریار قدیم.....۷۷

شکل۴ - ۱۴- هیدروگراف معرف دشت شهریار قدیم.....۷۹

شکل۴-۱۵- هیدروگراف معرف بخش شمالی دشت شهریار قدیم.....۸۰

شکل۴-۱۶- هیدروگراف معرف بخش مرکزی دشت شهریار قدیم.....۸۱

شکل۴-۱۷- هیدروگراف معرف بخش جنوبی دشت شهریار قدیم.....۸۲

شکل ۴-۱۸- محل چاه‌های نمونه برداری کیفی دشت شهریار قدیم.....۸۴

شکل ۴-۱۹- نقشه هدایت الکتریکی آبخوان دشت شهریار در سال ۱۳۸۳.....۸۸

شکل ۴-۲۰- نقشه هدایت الکتریکی آبخوان دشت شهریار در سال ۱۳۹۳.....۸۹

شکل ۴-۲۱- رابطه بین متوسط هدایت الکتریکی و میزان بارش سالانه (بخش شمالی).....۹۱

شکل ۴-۲۲- رابطه بین متوسط هدایت الکتریکی و میزان بارش سالانه (بخش مرکزی).....۹۱

شکل ۴-۲۳- رابطه بین متوسط هدایت الکتریکی و میزان بارش سالانه (بخش جنوبی).....۹۲

شکل ۴- ۲۴- نمودار تغییر زمانی هدایت الکتریکی (بخش شمالی، مرکزی و جنوبی).....۹۳

شکل ۴- ۲۵- هیستوگرام تغییر زمانی هدایت الکتریکی (سال ۱۳۸۳ و ۱۳۹۳).....۹۴

شکل ۴-۲۶- نمودار تغییرات یون سولفات در بخش‌های مختلف دشت شهریار قدیم.....۹۵

شکل ۴-۲۷- نمودار تغییرات یون بی‌کربنات در بخش‌های مختلف دشت شهریار قدیم.....۹۶

شکل ۴-۲۸- نمودار تغییرات یون کلر در بخش‌های مختلف دشت شهریار قدیم.....۹۶

شکل ۴-۲۹-نمودار تغییرات یون سدیم در بخش‌های مختلف دشت شهریار قدیم.....۹۷

شکل ۴-۳۰- نمودار تغییرات یون کلسیم در بخش‌های مختلف دشت شهریار قدیم.....۹۷

شکل ۴-۳۱- نمودار تغییرات یون منیزیم در بخش‌های مختلف دشت شهریار قدیم.....۹۸

فهرست جدول‌ها

جدول ۱-۱- میانگین بارندگی و درجه حرارت در ایستگاه‌های پرندک و سعیدآباد.....۷

جدول ۱-۲- رده بندی اقلیمی دمارتن.....۸

جدول۴-۱- ارتفاع سطح ایستابی در ۴۲ پیزومتر انتخابی موجود در دوره‌های پنج ساله.....۶۰

جدول۴-۲- میزان افت‌های پنج ساله در ۴۲ پیزومتر انتخابی موجود در دشت.....۶۲

جدول۴-۳- مقادیر هدایت الکتریکی چاه‌های عمیق در دشت شهریار قدیم.....۸۷

فصل اول: 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 را تشکیل می‌دهند. 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 منابع آب زیرزمینی 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 بخش کشاورزی و مصارف شهری از منابع زیرزمینی تأمین می‌گردد.

۱-۱- بیان مسئله

با توجه به محدود بودن آب و توزیع غیریکنواخت آن در دنیا، مکان‌های قابل زندگی برای بشر بسیار محدود می‌باشد. امروزه با توجه به این محدودیت‌ها و رشد سریع جمعیت، انسان برای رفع نیاز خود به راهکارهای مختلفی روی آورده است. یکی از این راهکارها ساخت سد و ذخیره‌سازی آب می‌باشد. مهم‌ترین اهداف احداث سد ذخیره‌سازی آب در فصل بارش، مهار سیلاب‌ها، تولید الکتریسیته و گردشگری می‌باشد. در کنار تمام مزیت‌هایی که ساخت سدها به همراه دارند اما نشانه‌هایی هم از تأثیرات منفی ساخت این سازه آبی مهم بر آبخوان‌های پایین‌دست وجود دارد. به این ترتیب که احداث سدها می‌تواند تأثیر قابل توجهی بر کمیت و کیفیت منابع آب زیرزمینی مناطق پایین دست داشته باشد.

سد کرج یا سد امیرکبیر اولین سد چندمنظوره کشور است که در شمال غربی تهران در جاده کرج – چالوس واقع شده است. این سد در سال ۱۳۴۲ ساخته شده است و مساحت حوضه آبگیر آن حدود ۷۶۴ کیلومترمربع می‌باشد. حجم رواناب سالانه تولید شده در این حوضه به طور متوسط حدود ۴۷۲ میلیون مترمکعب می‌باشد. هدف از ساخت این سد کنترل سیلاب‌های بهاره و جلوگیری از خسارت‌های ناشی از سیل، تأمین آب شرب شهر تهران سالانه به میزان ۳۴۰ میلیون مترمکعب، تنظیم آب برای مصارف آبیاری و کشاورزی زمین‌های حومه کرج به میزان ۱۳۰ میلیون مترمکعب در سال و تولید انرژی برق – آبی برای کمک به شبکه سراسری برق به ویژه در ساعات اوج مصرف به میزان سالانه ۹۰ مگاوات ساعت است. از آثار منفی ساخت این سد می‌توان به این مطلب اشاره کرد که به تدریج سهم تغذیه‌ای این رودخانه از مناطق جنوب غرب به سمت شمال شرق کمتر شده و باعث پایین افتادن سطح آب و خشک شدن قنات‌ها و همچنین کاهش کیفیت آب‌های زیرزمینی در منطقه شده است.

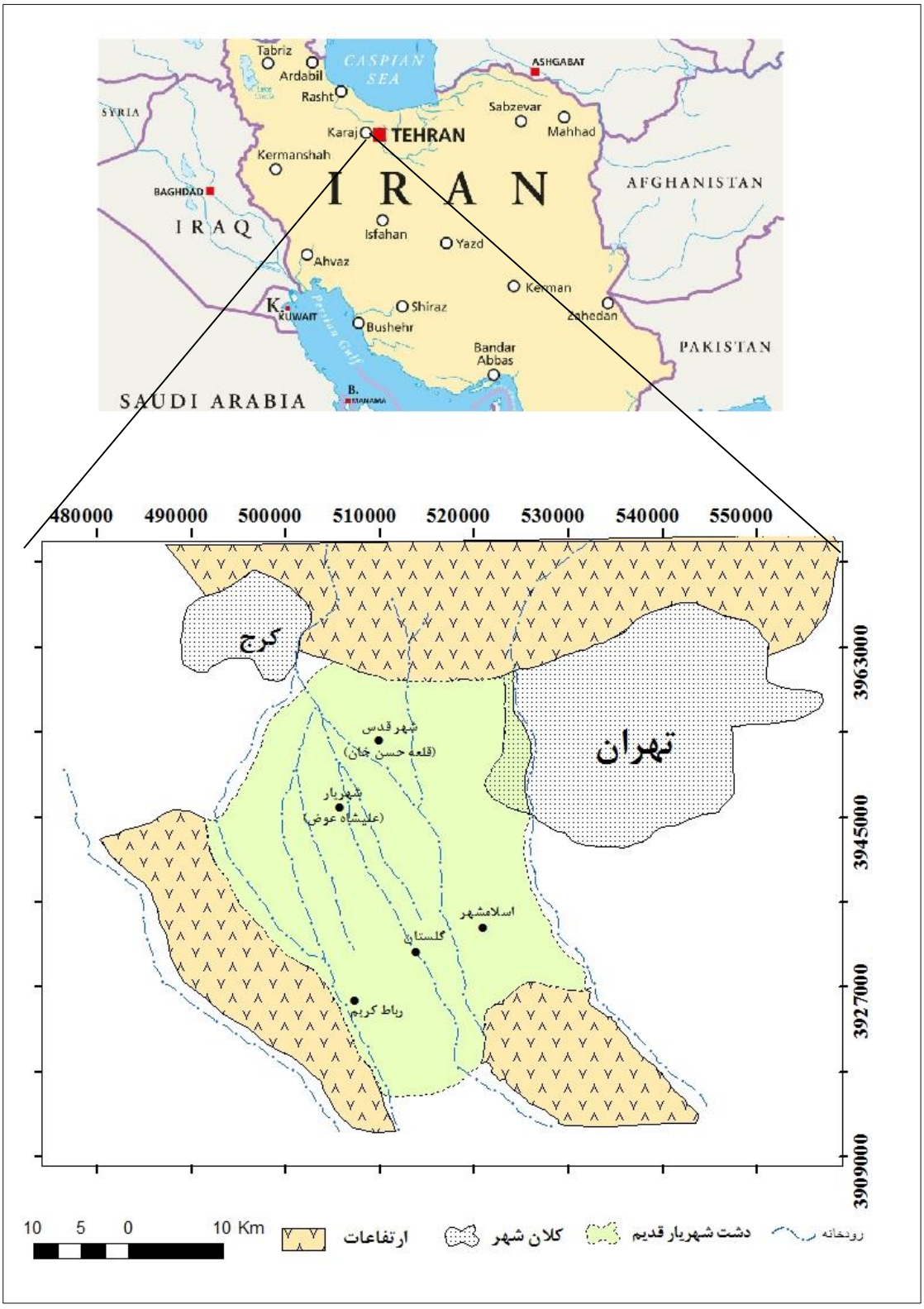
۱-۲- هدف از انجام تحقیق

در کنار تمام مزیت‌هایی که ساخت سدها به همراه دارند اما نشانه‌هایی هم از تأثیرات منفی ساخت این سازه آبی مهم بر آبخوان‌های پایین‌دست وجود دارد. به این ترتیب که احداث سدها می‌تواند تأثیر قابل توجهی بر کمیت و کیفیت منابع آب زیرزمینی مناطق پایین دست داشته باشد. گاهی اوقات در تعریف اهداف سد نیز مغایرت‌هایی با طبیعت مشاهده می‌شود از جمله سد کرج که برای تأمین آب تهران اختصاص دارد، آب حوضه آبریز کرج را به محل دیگری انتقال می‌دهد. لذا اثرات ناگوار آن به صورت افت سطح آب زیرزمینی، کاهش کیفیت آب زیرزمینی و هجوم آب شور به دشت پایین دست کرج خطر نابودی سفره آبی را در پیش دارد و ناحیه سرسبز شهریار و کرج را به بیابان تبدیل می‌کند.

از آنجایی که در خصوص بررسی اثرات احداث سد کرج بر کمیت و کیفیت آبخوان دشت شهریار قدیم تاکنون مطالعه‌ای انجام نشده است هدف اساسی از انجام این تحقیق بررسی وضعیت کمی و کیفی آب‌های زیرزمینی در منطقه شهریار قدیم بعد از بهره‌برداری از سد کرج خواهد بود.

۱-۳- معرفی دشت شهریار قدیم

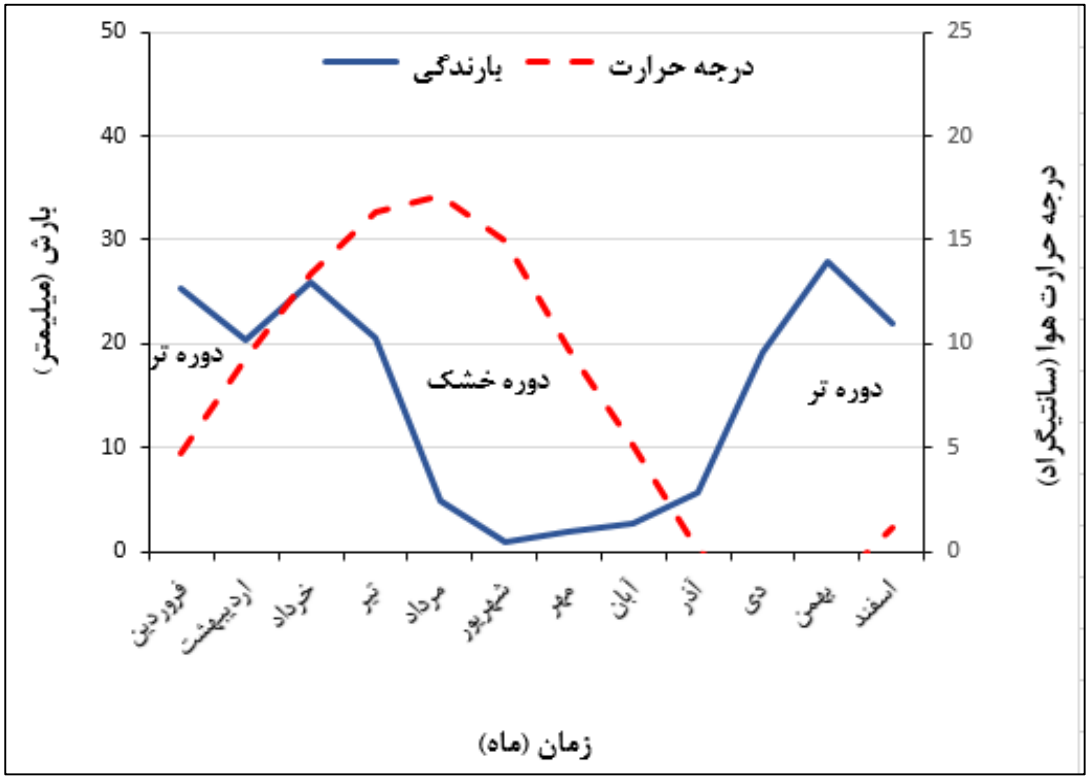
دشت شهریار قدیم با موقعیت جغرافیایی ´۴۷ °۳۵ تا ´۲۵ °۳۵ عرض شمالی و ´۴۶ °۵۰ تا ´۲۶ °۵۱ طول شرقی شامل منطقه‌ای است که از شرق به رودخانه کن، از شمال به ارتفاعات البرز ، از غرب به ارتفاعات شمال‌غرب رباط‌کریم و از جنوب به ارتفاعات آراد محدود می‌شود. شهرهای مهم آن شامل علیشاه‌عوض (شهریار)، اندیشه، شهرقدس، رباط‌کریم، اسلامشهر و گلستان می‌باشد. در گذشته در این منطقه کشاورزی رواج بسیار داشته است و شاخه های رودخانه کرج این دشت را مشروب می‌کرده است. در این منطقه تعداد بسیار زیادی روستا و شهرهای کوچک وجود داشته و مهاجرت به این مناطق بالا بوده است. مساحت محدوده مورد نظر حدود ۱۱۷۰ کیلومترمربع می‌باشد. سدکرج (سد امیرکبیر) در سال ۱۳۴۲ در ۲۸ کیلومتری شمال شرقی شهر کرج دراستان البرز و در مسیر جاده کرج به چالوس به منظور تأمین آب شرب تهران احداث شده است و به تدریج سهم تغذیه‌ای رودخانه کرج از مناطق جنوب غرب به سمت شمال شرق کمتر شده و باعث پایین افتادن سطح آب و خشک شدن قنات‌ها و همچنین کاهش کیفیت آب‌های زیرزمینی در منطقه شده است. راه‌های اصلی در مسیر تهران - کرج ، تهران - ساوه ، تهران - قم می‌باشد و سایر راه‌ها از آن‌ها منشعب می‌شوند. شکل (۱-۱)، موقعیت جغرافیایی دشت شهریار قدیم را نشان می‌دهد.



شکل ۱-۱- موقعیت جغرافیایی دشت شهریار قدیم

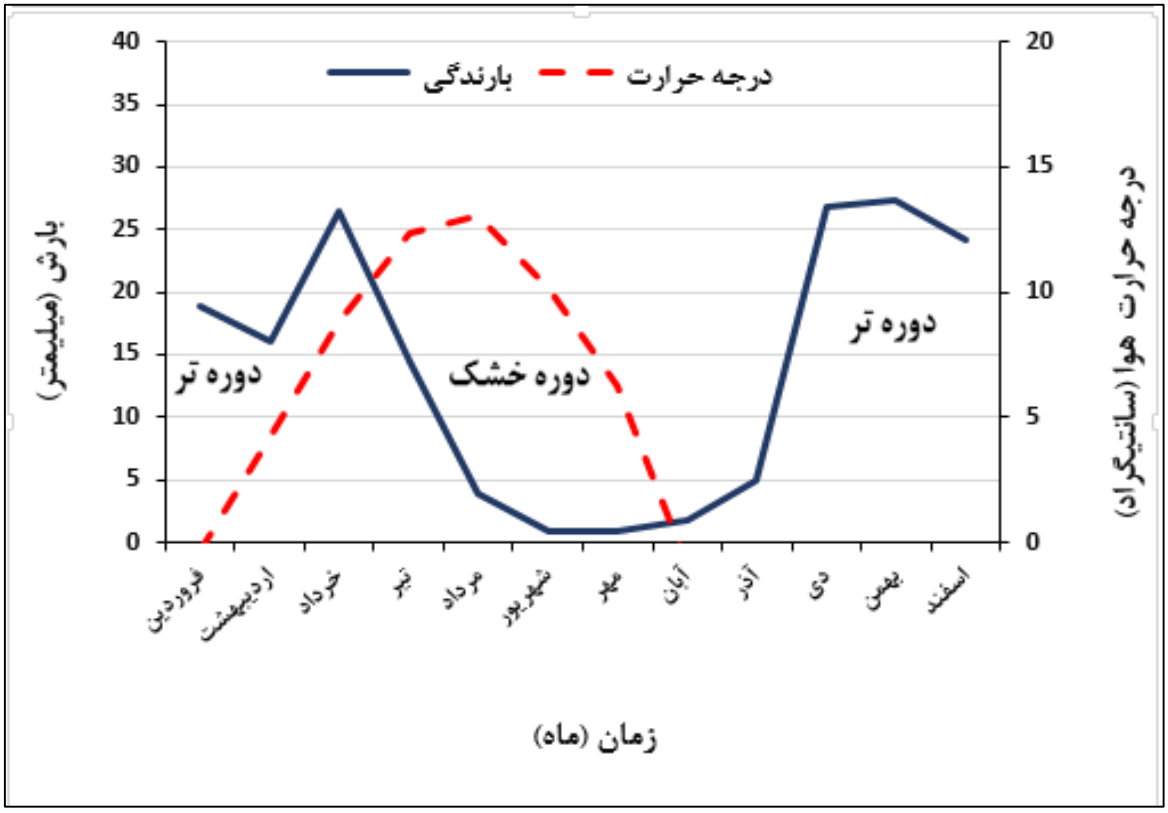
۱-۴- آب و هوای منطقه شهریار قدیم

دشت شهریار قدیم در جنوب دامنه‌های البرز میانی قرار گرفته است و کوه‌های البرز این منطقه را از دریای مازندران جدا می‌سازد به همین جهت دریای مازندران تأثیر کمی روی آب و هوای منطقه دارد. به منظور بررسی آب وهوا و اقلیم منطقه مورد مطالعه از آمار هواشناسی یک دوره ۳۰ ساله (۱۳۶۳تا ۱۳۹۳) ایستگاه‌های سینوپتیک پرندک و سعیدآباد استفاده گردیده است. جدول (۱-۱) میانگین ۳۰ ساله دما و بارندگی دو ایستگاه پرندک و سعیدآباد را برای هر یک از ماه‌های سال نشان می‌دهد. این آمار از سازمان آب منطقه‌ای استان تهران تهیه شده است. با توجه با آمار ارائه شده، نمودار امبروترمیک برای دو ایستگاه پرندک (شکل ۱-۲) و سعیدآباد (شکل ۱-۳) رسم گردید.



شکل ۱-۲- نمودار امبروترمیک ایستگاه پرندک

با توجه به نمودارهای نامبرده، 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. برطبق نمودار (۱-۲)، فصل تر منطقه تقریباً از اواسط آذرماه تا اوایل خرداد ماه بوده و بقیه سال، فصل خشک می‌باشد. با توجه به آمار ارائه شده، بیشترین میزان بارش در ایستگاه پرندک در بهمن ماه با میانگین ۲۸ میلیمتر و بیشینه دما در مرداد ماه با متوسط ۱۷ درجه سانتیگراد اتفاق می‌افتد. همچنین کمترین مقدار بارندگی در فصل تابستان و کمترین میزان دما نیز در دی ماه می‌باشد.



شکل ۱-۳- نمودار امبروترمیک ایستگاه سعیدآباد

برطبق نمودار ۱-۳، فصل تر منطقه تقریباً از اواسط آبان ماه تا اوایل خرداد ماه بوده و بقیه سال، فصل خشک می‌باشد. با توجه به آمار ارائه شده، بیشترین میزان بارش در ایستگاه سعیدآباد در بهمن ماه با میانگین ۲۷ میلیمتر و بیشینه دما در مرداد ماه با متوسط ۱۳ درجه سانتیگراد اتفاق می‌افتد.

جدول ۱-۱- میانگین بارندگی و درجه حرارت در ایستگاه‌های پرندک و سعیدآباد

(طی سال های ۱۳۶۳تا ۱۳۹۳)

ایستگاه	**پرندک**		**سعید آباد**	
زمان (ماه)	درجه حرارت	بارندگی	درجه حرارت	بارندگی
فروردین	۴/۷۷	۲۵/۲۹	-۰/۳۲	۱۸/۹۲
اردیبهشت	۹/۲۷	۲۰/۴۲	۴/۲۶	۱۵/۹۷
خرداد	۱۳/۴	۲۵/۹۵	۸/۸۱	۲۶/۳۶
تیر	۱۶/۳۸	۲۰/۵۵	۱۲/۳۱	۱۴/۴۲
مرداد	۱۷/۰۸	۴/۹۸	۱۳/۰۶	۳/۸۹
شهریور	۱۴/۹۴	۰/۹۵	۱۰/۱	۰/۹۷
مهر	۹/۸۳	۱/۹۱	۶/۲۴	۰/۹۲
آبان	۵/۱۶	۲/۷۴	-۰/۹۴	۱/۷۶
آذر	۰/۰۴	۵/۷۵	-۴/۴۶	۴/۸۶
دی	-۲/۱۳	۱۹/۱۷	-۷/۰۱	۲۶/۷۶
بهمن	-۱/۹۵	۲۷/۹۸	-۷/۵۵	۲۷/۳۴
اسفند	۱/۲	۲۲/۰۱	-۴/۶۳	۲۴/۲۳
میانگین سالانه	**۷/۳۶**	**۱۷۷/۷**	**۲/۴۸**	**۱۶۶/۴۵**

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 (جدول۱-۲)، اقلیم منطقه را مشخص خواهد کرد. ضریب خشکی - دمارتن با استفاده از معادله زیر محاسبه می‌شود:

$$I = \frac{\mathrm{P}}{\mathrm{T}+10}$$ معادله (۱-۱)

در این معادله، P میانگین بارندگی سالیانه بر حسب میلیمتر و T میانگین دمای سالیانه برحسب 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 ۱۰/۲۳ می‌باشد که با توجه به جدول (۱-۲) نشان دهنده اقلیم منطقه نیمه‌خشک است.

جدول ۱-۲- رده بندی اقلیمی دمارتن (به نقل از علیزاده۱۳۹۰)

نام اقلیم	محدوده ضریب خشکی دمارتن(I)
خشک	کوچکتر از ۱۰
نیمه خشک	۱۰ تا ۱۹/۹
مدیترانه ای	۲۰تا ۲۳/۹
نیمه مرطوب	۲۴ تا ۲۷/۹
مرطوب	۲۸ تا ۳۴/۹
بسیار مرطوب	بزرگتر از ۳۵

متوسط بارندگی دراز مدت ۳۰ ساله در منطقه مورد مطالعه ۱۷۷/۷میلیمتر و میزان متوسط دما در ایستگاه تبخیرسنجی ۷/۳۶ درجه سانتیگراد می‌باشد.

$$I = \frac{۱۷۷/۷}{۷/۳۶ + ۱۰} = ۱۰/۲۳$$

براساس طبقه بندی دمارتن، دشت در ردیف اقلیم‌های نیمه‌خشک به حساب می آید.

۱-۵- زمین شناسی منطقه مورد مطالعه

دشت شهریار قدیم، در انتهای ضلع جنوبی رشته کوه‌های البرز مرکزی قرار دارد. منطقه البرز قسمتی از کمربند کوهزائی آلپ هیمالیا می‌باشد که از فعال‌ترین کمربندهای لرزه خیزی جهان است. البرز دارای پوسته شدیداً خرد شده بوده ودر دوران‌های مختلف زمین شناسی، شاهد فعالیت کوهزائی عمده بوده است. از لحاظ توپوگرافی این منطقه دارای دو تیپ عمده می باشد:

منطقه دشتی: بخش شرقی دشت شهریار قدیم، تقریباً به صورت هموار و فاقد هر گونه ارتفاع ودارای یک شیب ملایم است. جهت شیب عمدتاً به سمت جنوب می باشد و میزان آن در شمال شرقی و نزدیک مخروط افکنه، حدود ۱۳ در هزار و در اواسط دشت حدود ۶ در هزار و در جنوب غربی نزدیک رودخانه شور ۴ در هزار است. این منطقه به لحاظ دارا بودن سطح صاف و هموار محل کشاورزی بوده است.

منطقه مرتفع: در بخش غربی دشت شهریار قدیم، ارتفاعات دامنه‌های جنوبی البرز در سرتاسر دشت کشیده شده که ناهموار و متشکل از ارتفاعات منفرد است. کوه‌هایی چون کوه جارو با ارتفاع ۲۰۵۰ متر، تخت رستم با ارتفاع ۱۳۷۰ متر، آق‌داغ با ارتفاع ۱۳۹۹ متر و کوه کردها با ارتفاع ۱۷۹۸ متر بر روی این ارتفاعات به آسمان سر کشیده‌اند.

۱-۵-۱- واحدهای زمین شناسی منطقه

بر اساس نقشه زمین شناسی تهران و ساوه با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ واحدهای زمین‌شناسی موجود در محدوده مورد مطالعه به شرح زیر می‌باشند (شکل ۱- ۴):

۱-۵-۱-۱- ائوسن – ائوسن بالائی

واحد E^{tr}

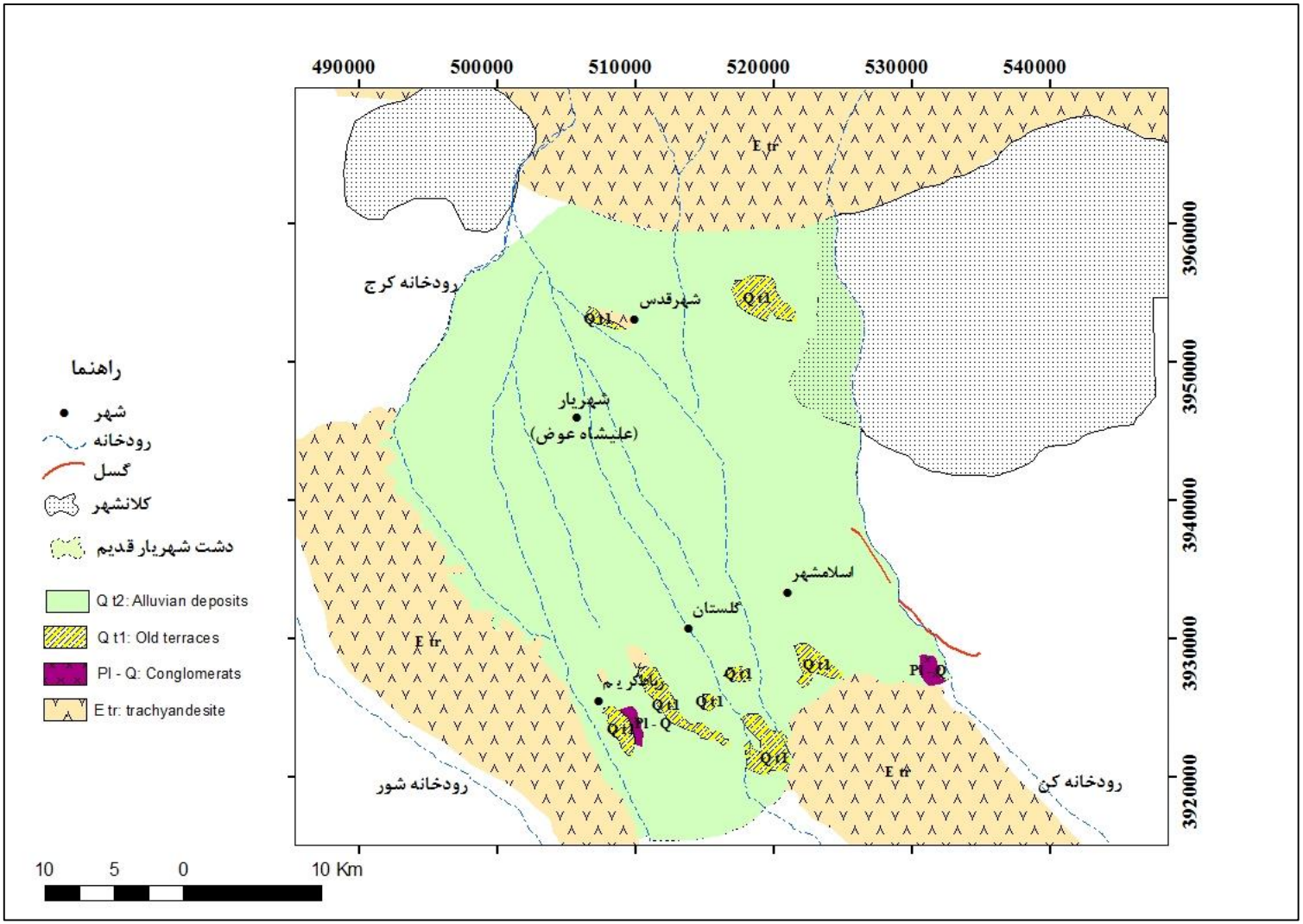
این واحد در حوالی حصارمهتر (در جنوب غربی محدوده)، شمال کوه بی‌بی‌شهربانو و حوالی قلعه حسن‌خان همراه با توف‌های ریولیتی و ایگنمبریت برونزد دارد. سنگ‌ها بیشتر از نوع تراکیت - تراکی آندزیت بوده و درشت بلور پلاژیوکلاز در آنها به چشم می‌خورد. این سنگ‌ها بافت جریانی و دبی ورقه‌ای نشان می‌دهند. سنگ‌های آتشفشانی این واحد در عمق کم، محیط نمناک و اکسیدکننده و قاره‌ای تشکیل یافته و رنگ آن‌ها خاکستری متمایل به بنفش و قرمز است. درشت بلورها از نوع پلاژیوکلاز، پیروکسن و آمفیبول با کناره سوخته بوده و متن سنگ شامل شیشه و میکرولیت با حالت جریانی است.

۱-۵-۱-۲- کواترنری

واحد PL-Q (سازند هزار دره)

سازند هزاردره با آبرفت‌های بخش A از تقسیمات ریبن معادل است (Rieben 1955,1966). این واحد در قسمت‌های شمالی تهران، شمال محدوده‌ی البرز مرکزی برونزد دارد و شامل کنگلومرای همگن دارای قلوه‌سنگ، شن و ریگ است که فضای بین این دانه‌ها را ماسه و سیلت پر کرده است و تشکیل کنگلومرایی را داده که میزان چسبندگی آن به طور نسبی خوب و درصد تخلخل آن بسیار کم است. ویژگی‌های سازند هزار دره به شرح زیر می‌باشد:

ضخامت زیاد (۱۲۰۰m)، سازند همگن، لایه‌بندی منظم که بطور محلی دارای لایه‌ها و عدسی‌هایی از رس و ماسه است، سیمان خوب و سخت شده، اندازه متوسط قلوه‌ها (۲۵ cm-۱۰)، درجه هوازدگی پیشرفته قلوه‌ها، رنگ خاکستری روشن، شیب زیاد لایه‌ها و چین خوردگی آن‌ها، قلوه‌ها نیمه گرد شده،۹۰٪ آن‌ها متشکل از سازند کرج و۱۰٪ از بقیه سنگ‌ها (این نشان دهنده‌ی آن است که در زمان رسوبگذاری واحد یاد شده، کوه‌های البرز در حال بالا آمدن و فرسایش بوده است) (بربریان و همکاران ۱۳۶۴). سازند هزار دره نهشته رودخانه‌های سیلابی بزرگی است که از سوی شمال شرقی دشت تهران و از میان کوه‌های البرز و سه پایه به سوی جنوب و جنوب شرقی تهران همزمان با بالا آمدن کوه البرز جاری بوده‌اند. با توجه به این که رسوبات تبخیری مانند گچ و نمک در این سازند دیده نمی‌شود، به احتمال زیاد رسوبگذاری سازند هزاردره با حرکات تکتونیکی و تغییرات آب و هوایی همزمان بوده است بطوری که در این زمان نسبت به عهدحاضر دارای گرمای کمتر و رطوبت بیشتری بوده است. سن این سازند با توجه به فسیل‌های یافت شده در آن پلیوسن بالایی است. سازند هزار دره در بخش زیرین دارای تخلخل بسیار کم و مقاومت مکانیکی بسیار زیاد است و هر چه به قسمت‌های بالا سازند نزدیک‌تر می‌شویم تخلخل زیادتر و مقاومت مکانیکی کمتر می‌شود. قلوه‌های موجود در بخش بالای هزاردره در سیمانی از سیلت و ماسه سست قرار گرفته‌اند. نیروهای زمین ساختی وارده به رسوب‌های این سازند در راستای شمالی - جنوبی و یا شمال‌شرقی - جنوب غربی باعث چین خوردگی و گسلش آن‌ها گردیده است و پس از فرسایش رسوبات شمال تهران (واحد Bn ریبن) با دگرشیبی آن را پوشانده است.



شکل ۱-۴- نقشه زمین شناسی منطقه مورد مطالعه (برگرفته از نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ تهران و ساوه)

واحد Q^t_1 (سازند کهریزک)

کلیه نهشته‌هایی که بصورت دگرشیب بر روی قلوه‌های سازند A قرار گرفته اند بوسیله‌ی ریبن سازند B نامیده شد. ریبن برش نمونه‌ی این سازند را در شمال کهریزک انتخاب کرد و به همین دلیل عنوان سازند کهریزک نیز به آن اطلاق می‌شود. از آنجائی‌که ویژگی‌های این سازند در برش نمونه با مشخصات آن در سایر قسمت‌ها به خصوص بخش‌های شمالی دشت تهران تفاوت بسیار دارد، لذا بربریان و همکاران (۱۳۶۴) این سازند را در شمال تهران با نام سازند آبرفتی ناهمگن شمال تهران (Bn) و در جنوب تهران با نام سیلت‌های رسی کهریزک (Bs) مورد اشاره قرار می‌دهند که در این گزارش از تقسیم بندی نام برده استفاده می‌شود. امکان تعیین سن دقیق این سازند از طریق شواهد فسیلی و باستان شناسی میسر نشده است (بربریان و همکاران ۱۳۶۴).

واحد Q^t_2 (سازند آبرفتی تهران)

سازند آبرفتی تهران یا آبرفت‌های C (Rieben 1955,1966) شامل آبرفت‌های جوان مخروط افکنه‌ای است که از دامنهٔ جنوبی البرز به سمت جنوب ادامه داشته و بخش هموار دشت تهران به طور عمده بوسیله آن پوشیده شده است. این آبرفت‌ها اغلب از فرسایش و رسوب مجدد سازندهای هزاردره و کهریزک به وجود آمده‌اند. سنگ کف در زیر بخش‌های آبرفتی، سنگ‌های سازند کرج (توف) است. سازند آبرفتی تهران متشکل از نهشته‌های سیلابی و رودخانه‌ای جور نشده با ضخامت حدود ۶۰ متر است و در جنوب تهران دارای شیب تقریبی ۱۰ درجه است. رسوبات آن همگن و متشکل از قلوه سنگ، شن و ریگ در خمیره‌ای از ماسه سیلت می‌باشند. سازند آبرفتی تهران در نزدیکی کوهپایه شکل مخروط افکنه‌ای روشنی دارد و به سمت جنوب تبدیل به لایه‌های سیلتی کم‌شیب می‌شود. این سازند کوهزایی را تحمل نکرده است و نهشته‌ها سخت نشده

و افقی هستند و دارای لایه‌های کنگلومرایی قرمزرنگ و لایه‌های هوازده و لاتریتی می‌باشند. لایه‌های لاتریتی نشان دهنده ایست‌هایی در رسوبگذاری هستند.

سه بخش در آبرفت C قابل تشخیص است: بخش بالایی متشکل از رس و خاک قرمزرنگ که تشکیل دهنده بخش بالایی دشت‌ها و پادگانه‌ها است. بخش میانی متشکل از قلوه‌سنگ‌های گرد می‌باشد. بخش زیرین متشکل از قلوه، شن و ریگ با مقداری رس در بین آن‌ها و با ضخامت حدود ۲۰۰ متر است. این سه بخش در همه جای منطقه دیده نمی‌شود.

به طور کلی رسوبات آبرفتی تهران (C) همگن بوده، به سبب داشتن سیمان سست میان قلوه‌ها نفوذپذیر بوده و از دیدگاه مقاومت مکانیکی دارای مقاومت نسبی بالایی است. در نتیجه رسوبات آبرفتی تهران بهترین انبار آب را بویژه در مخروط افکنه‌های گستره تهران تشکیل می‌دهند. مهم‌ترین مخروط‌افکنه‌های اصلی این سازند عبارتند از:

- مخروط افکنه کرج که در مسیر رودخانه کرج تشکیل شده و یکی از وسیع‌ترین و عمیق‌ترین مخروط افکنه‌های زون تهران است و از نظر منابع آب زیرزمینی بسیار غنی است. چون سنگ‌های حوضه آبگیر این رودخانه بیشتر توف‌های کرج هستند. این مخروط افکنه درشت دانه بوده و رس در آن کمتر وجود دارد. وسعت آن ۲۱۰ کیلومترمربع و ضخامت رسوبات آبرفتی آن حدود ۶۰ متر است.

- مخروط افکنه کن در شمال غرب تهران قرار دارد و یکی از منابع مهم آب‌های زیرزمینی است و قسمت مهمی از آب زیرزمینی تهران در این مخروط افکنه جمع می‌شود. گسترش آن ۱۲۰کیلومترمربع و ضخامت رسوبات ۳۰۰ متر است. نبوی (۱۳۵۵) براساس روش C^{14} سن لایه‌های زیرین آبرفت‌های تهران را حدود۵۰۰۰۰ سال پیش و سن قسمت‌های پایانی آن را حدود ۷۰۰۰ سال پیش به دست آورد.

منطقه شهریار را از نظر ژئومرفولوژی می توان درگروه زمین های آبرفتی قرار داد و به دو دسته مشخص تقسیم نمود:

الف) رسوبات دانه ریز، که در شمال شهریار و اطراف معادن شن و ماسه به ویژه زمانی که بارش زیاد شده و آب در مسیل رودخانه جریان می یابد به وضوح مشاهده می‌شود.

ب) رسوبات دانه درشت، که در مناطق جنوب غرب و بخشی از شرق منطقه مشاهده می‌شود و از جهت کشت و زرع قابل استفاده بوده واز نظر استعداد کشاورزی از مطلوب‌ترین انواع آن می‌باشد.

حوضه آبریز دشت شهریار از دیدگاه زمین شناختی در زون البرز مرکزی قرار دارد. این واحد از شمال به جنوب به چهار بخش تقسیم می‌شود.

۱- البرز مرتفع، متشکل از سنگ‌های پالئوزوئیک، مزوزوئیک و ترسیر که بواسطه فازهای مختلف کوهزایی، چین خوردگی‌های شدیدی در آن‌ها صورت پذیرفته و روی هم رانده شده‌اند. به همین دلیل این بخش از ارتفاع زیادی برخوردار است.

۲-چین‌های حاشیه‌ای، به طور عمده از سنگ‌های آتشفشانی آذرآواری سازند کرج، متعلق به ائوسن تشکیل یافته است.گسل مشا فشم مرز البرز مرتفع و چین‌های حاشیه‌ای محسوب می‌گردد. سنگ‌های بخش چین‌های حاشیه‌ای به آرامی چین خورده و در امتداد راندگی شمال تهران بر روی بخش کوهپایه رانده شده‌اند.

۳- کوهپایه و دشت، این بخش از نهشته‌های آبرفتی تشکیل یافته است. این نهشته‌ها از فرسایش شدید البرز در راستای گسل‌های گوناگون به وجود آمده‌اند. کوهپایه بطور نسبی از نهشته‌های قدیمی (پلیوسن و پلیوپلئیستوسن) تشکیل شده است که از نفوذپذیری متوسطی برخوردار می‌باشند. به سمت جنوب،

نهشته‌های آبرفتی جدید (کواترنر) قرار دارد. این آبرفت‌ها بدلیل نفوذپذیری بالایی که دارند با دربرگرفتن آبخوان‌های گسترده و مهم، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشند.

۴- آنتی البرز، این بخش به تپه ماهورها و کوه‌های کم ارتفاع شرق منطقه مانند ارتفاعات سه پایه گفته می‌شود. قرار دادن این ارتفاعات در بخشی مجزا، به دلیل پیچیدگی مرز جنوبی البرز با ایران مرکزی می‌باشد. در این ناحیه علاوه بر چین خوردگی شدید دوران سنوزوئیک، دو فاز چین خوردگی دیگر در کرتاسه مشخص است که هیچ یک از آن‌ها در البرز شناخته نشده، ولی درایران مرکزی قابل شناسایی است. در واقع بخش آنتی‌البرز نسبت به سایرقسمت‌های البرز چین خورده‌تر است.

۱-۵-۲- چینه‌شناسی دشت شهریار قدیم

این دشت اولین بار توسط Rieben در سال ۱۹۶۶ بررسی شده و به چهار بخش به شرح زیرتقسیم بندی شده است (شکل ۱- ۵):

۱) سازند آبرفتی هزار دره (آبرفت های A)

۲) سازند آبرفتی ناهمگن شمال تهران (آبرفت‌های Bs) و سیلت‌های رسی کهریزک (آبرفت Bn)

۳) سازند آبرفتی تهران (C_3)

۴) آبرفت های کنونی (D_4)

این پژوهشگر سازند آبرفتی هزار دره را از نظرچینه شناسی ادامه رسوبگذاری سازند قرمز بالایی می‌داند که در مناطقی نظیر پارچین و شمال ایوانکی با مرز تدریجی بر روی آن قرار گرفته است. همچنین سازند آبرفتی هزار دره حاصل سیلاب‌های بزرگی دانسته شده که همزمان با برپایی کوه‌های البرز به سوی جنوب و جنوب خاوری تهران جاری بوده‌اند. سازند هزار دره (A) با دگرشیبی توسط سازند آبرفتی ناهمگن (Bn) شمال تهران پوشیده می‌شود. پیش از رسوبگذاری سازند اخیر تنش‌هایی با راستای عمومی جنوب غربی

- شمال شرقی سبب چین خوردگی و گسلش سازند هزاردره گردیده وچین‌های اغلب نامتقارن با راستای شرقی - غربی تا جنوب شرقی - شمال غربی پدید آورده‌اند. فرسایش تکتونیکی و فرسایش شدید سازند هزار دره (A) مصالح تخریبی زیادی فراهم آورده و سبب رسوب گذاری سازند آبرفتی ناهمگن شمال تهران (Bn) با دگرشیبی بر روی آن گردیده است. به علت شیب کم لایه‌های این سازند، احتمالاً پس از رسوبگذاری جنبش‌های تکتونیکی ضعیفی آن را تحت تأثیر قرار داده است. سیلت‌های رسی کهریزک (Bs) که به اعتقاد Rieben در پرتگاه گسلی کهریزک وگسل‌های جنوب ری و شمال ری برونزد دارند، بخش ریز دانه معادل آبرفت‌های Bn تقسیم بندی وی به شمار می‌آیند. آبرفت های C و D بخش های جوان‌تر این تقسیم‌بندی را تشکیل داده و به ترتیب نهشته‌های سطحی پادگانه‌های آبرفتی جوان و بستر رودخانه‌ها ومسیل‌ها را شامل می‌شوند.

شکل ۱-۵- مقطع محلی از نهشته‌های آبرفتی تهران (Rieben1966)

۱-۵-۳- زمین شناسی ساختاری دشت شهریار قدیم

گسل‌های دشت شهریار قدیم به ترتیب فاصله از قسمت مرکزی شهریار عبارت است از:

گسل کهریزک: از شمال سلطان‌آباد در غرب تا کهریزک و سپس شمال شمس‌آباد در شرق امتداد یافته و راستایش شرقی غربی و طولش بیش از ۴۰ کیلومتر است. این گسله دیواره‌ای به ارتفاع ۱-۱۰ متر را در آبرفت‌های جنوب تهران ایجاد کرده است و بخش BS روی آبرفت‌های جوان بخش D (از تقسیمات ریبن) رانده شده است. با وجود دیده نشدن شیب گسل در روی زمین، آرایش هندسی گسل در روی زمین (پیچ وخم‌های زیاد در مسیر خط گسل در روی نگاره هوائی) پیشنهاد می‌نماید که گسل کهریزک، دارای ساز و کار راندگی با شیب به سمت شمال بوده و در راستای آن سیلت‌های رسی کهریزک شمالی، بر روی آبرفت‌های کنونی جنوبی رانده شده است. فاصله این گسل از شهریار حدود ۱۹ کیلومتر است.

گسل جنوب ری: این گسل، به شکل دیواره کوتاه و فرسوده شده‌ای درجنوب تپه باستانی آبادی قلعه نو که به سمت جنوب غربی ادامه دارد، دیده می‌شود. پس از گذشتن از بزرگراه کمربندی تهران، دیواره گسل جنوب ری، در راستای خطی در پای درختان به سوی آبادی سعیدآبادبالا دیده می‌شود. درازای کلی این گسل پیرامون ۱۸/۵ کیلومتر است و ادامه خاوری و باختری آن در زیر رسوبات جوان رودخانه‌ای ودشتی ناپدید می‌گردد. شیب گسل جنوب ری در روی زمین دیده نمی‌شود، ولی آرایش هندسی آن در روی زمین، نمایانگر ساز و کار راندگی با شیب به سمت شمال می‌باشد. این گسله حدود ۲۱ کیلومتر از شهریار فاصله دارد.

گسل شمال ری: این گسل به صورت دیواره فرسوده شده‌ای در نزدیکی آبادی عظیم‌آباد دیده می‌شود. این دیواره به بلندی دو متر با راستای شرقی - غربی و درازای ۱۶/۵ کیلومتر در شمال وشمال باختری

شهرری به چشم می‌خورد. دیواره شامل رس وسیلت است و به سمت آبرفت‌های D باختر تا آبادی صالح‌آباد ادامه می‌یابد.

راندگی داودیه: راندگی داودیه به درازای دست کم ۳ شاید ۵ کیلومتر در شمال تپه‌های عباس آباد و جنوب فرونشست داودیه قرار دارد. شیب این گسل به سمت جنوب بوده و در راستای آن قسمت شمالی تپه‌های عباس آباد بر روی فرونشست داودیه رانده شده است. (پورکرمانی، ۱۳۷۶) این راندگی در فاصله تقریبی ۳۶ کیلومتری شهریار قرار دارد.

گسل آراد: این گسل معکوس دارای طولی حدود ۳۶ کیلومتر است ودر فاصله حدود ۳۸ کیلومتری از شهریار قرار دارد.

گسل رباط کریم: این گسل را بربریان وهمکاران (۱۳۶۴) به طول ۱۰۰ کیلومتر و با روند شمال غربی-جنوب شرقی و با عملکرد فشاری (شیب رو به جنوب غرب) معرفی نموده‌اند. اما طبق بررسی‌های ژئوفیزیکی، مغناطیسی هوایی، طولی به اندازه ۶۰ کیلومتر برای آن تعیین شده است. این گسل معکوس احتمالی از روستای قبچاق شهریار شروع می‌شود.

گسل جنوب جارو: این گسل اصلی که از نوع معکوس است، درجنوب گسل اصلی جارو، در راستای تقریبی غرب به شرق، امتداد دارد و یک شاخه آن به طول تقریبی ۲۵ کیلومتر، از محمدآباد، قمشلو و نزدیکی گمرکان در غرب شهریار می‌گذرد. شاخه دیگر آن به طول ۶/۵ کیلومتر به سمت شمال غرب می‌رود. این گسل در جنوب کوه جارو، به ارتفاع ۲۰۵۰ متر، قرار دارد و از نزدیکی کوه کردها، به ارتفاع ۱۷۹۸ متر و از دهستان اخترآباد می‌گذرد، به فاصله ۲ کیلومتری از این گسل، گسل اصلی جارو به طول تقریبی ۲۳ کیلومتر قرار گرفته که قسمتی از آن در اخترآباد شهریار است.

۱-۶- هیدرولوژی دشت شهریار قدیم

عمده‌ترین عوامل طبیعی تغذیه آبخوان دشت شهریار قدیم در طول تاریخ زمین شناسی، ریزش‌های جوی، جریان رودخانه‌های دائمی و فصلی و سیلاب‌ها بوده که در مخروط افکنه‌ها، بسترهای شن و ماسه‌ای، با نفوذپذیری و ضریب ذخیره بالا، آبخوان را تغذیه می‌کند. علاوه بر عامل طبیعی مذکور در سال‌های اخیر پساب‌های انتقالی به دشت از حوزه‌های مجاور و از طریق چاه‌های جانبی عامل مصنوعی تغذیه آبخوان می‌باشد.

به طور کلی رودخانه‌هایی که به منطقه مورد مطالعه وارد می‌شود به ترتیب از غرب به شرق عبارتند از: کرج، چیتگر و کن. این رودخانه‌ها از ارتفاعات جنوبی البرز سرچشمه می‌گیرند. بخش قابل توجهی از مجموعه جریان‌های یاد شده در طی مسیر از سطح بستر آن‌ها نفوذ نموده، وارد آبخوان می‌گردند (شکل ۱- ۶).

۱-۶-۱- رودخانه کرج

حوضه آبگیر رودخانه کرج از شمال به حوضه آبگیر رودخانه چالوس، هراز، طالقان‌رود و از شرق به حوضه آبگیر کردان محدود می‌شود. رودخانه کرج از شاخه‌های ولایت‌رود (گاجره)، وارنگ رود، سیرا، شهرستانک، مورود، ارنگه، آزادبر، کندوان، کیل، آسارا، سپهسالار و نشترود تشکیل شده است که همگی از ارتفاعات البرز سرچشمه می‌گیرند. سرچشمه ولایت‌رود از کلون بستک (با ارتفاع ۴۱۵۰ متر) و خل‌نو (با ارتفاع ۴۳۷۵ متر) می‌باشد. شاخه سیرا از کوه‌های نازوکهار (با ارتفاع ۴۱۰۸ متر) و رودخانه شهرستانک از دامنه‌های شمالی توچال (با ارتفاع ۳۹۳۰ متر) و شاه‌نشین سرچشمه می‌گیرد.

مساحت حوضه آبگیر رودخانه کرج ۷۶۴ کیلومتر مربع، درازای آبراهه اصلی ۲۴۵ کیلومتر و میانگین سالانه دبی لحظه‌ای آن حدود ۱۲ متر مکعب بر ثانیه می‌باشد. از دهه ۴۰ با ساخت سد امیر کبیر بر روی این رودخانه و اختصاص بخش عمده آب آن برای شرب اهالی تهران؛ به طور نسبی دشت‌های جنوب کرج، جنوب غرب تهران و شهریار به جز در زمان‌های سیلابی از آب این رودخانه محروم شده‌اند.

۱-۶-۲- رودخانه چیتگر

رودخانه چیتگر یا قوریچای (ازگی) از ارتفاعات شمال وردآورد و ازگی سرچشمه گرفته و از شرق وردآورد عبور نموده به دشت شهریار قدیم وارد می‌شود. این رودخانه در دره خود دارای جریان دائمی است. مقدار جریان سالانه این رودخانه در حدود ۲۰ میلیون متر مکعب است که در بستر و مخروط افکنه مسیر خود نفوذ نموده و سفره آب زیرزمینی ناحیه شهریار را تغذیه می‌نماید. مساحت حوضه آبگیر این رودخانه حدود ۶۹ کیلومتر مربع است.

۱-۶-۳- رودخانه کن

رودخانه کن از مهم‌ترین رودخانه‌های منطقه به شمار می‌رود. این رودخانه که در تغذیه سفره آب زیرزمینی غرب و جنوب غربی تهران نقش اساسی را بر عهده دارد از ارتفاعات شمال سولقان سرچشمه می‌گیرد و از دهکده کن عبور نموده در اراضی یافت‌آباد گسترده می‌شود. جریان سالانه رودخانه کن با حوضه آبگیری به وسعت حدود ۲۰۰ کیلومتر مربع برابر با حدود ۷۲ میلیون متر مکعب است. این رودخانه پس از عبور از روستای غار و دره دوتویه به رودخانه جاجرود پیوسته، در جنوب پشاپویه به رودخانه کرج می‌پیوندد.

۱-۷- هیدروژئولوژی دشت شهریار قدیم

تراکم منابع آب زیرزمینی (چاه‌های عمیق و نیمه عمیق، قنات و چشمه‌ها) و نوع بهره‌برداری در نقاط مختلف متفاوت است به طوری‌که بیشترین درصد و تراکم چاه‌های نیمه عمیق در منطقه شمالی دشت، چاه‌های عمیق و قنات‌ها که (بیش‌تر آن‌ها خشک شده‌اند) در غرب و جنوب دشت شهریار حفاری شده است. به تدریج توسعه بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی با حفر روز افزون چاه‌های عمیق و نیمه عمیق بدون توجه دقیق به وضعیت هیدروژئولوژی منطقه، عدم رعایت حریم قنات‌ها و چاه‌ها، گسترش شهرنشینی ودر نهایت عدم مدیریت صحیح در بهره‌برداری از منایع آب زیرزمینی سبب گردید تا این سامانه با ثبات دستخوش تحولات نامطلوبی شود. نتیجه این تحولات ناخوشایند تغییر قابل توجه تراز آب زیرزمینی در پهنه وسیعی از دشت بوده که هر یک به نوبه خود مشکلات فراوانی را در پی داشته است.

بر پایه آمار و اطلاعات جمع آوری شده، مجموع چاه‌های عمیق و نیمه عمیق محدوده دشت شهریار قدیم در سال ۱۳۴۷، ۱۳۶۲، ۱۳۷۳ به ترتیب ۲۵۹۴، ۴۲۷۲ و ۳۸۰۵ حلقه بوده است. بر اساس آخرین آمار در سال ۱۳۸۳ تعداد کل چاه‌ها شامل چاه‌های عمیق و نیمه عمیق و دستی ۲۶۰۷۶ حلقه می‌باشد. آمارها نشانگر این موضوع هستند که با وجود این که از سال ۱۳۴۷ تا ۱۳۸۳ به تعداد چاه‌ها به میزان بسیار زیادی افزوده شده، میزان تخلیه کاهش یافته است. این مطلب بیانگر کاهش دبی چاه‌ها و قنات‌های منطقه، به دلیل کاهش سطح آب زیرزمینی آبخوان می‌باشد.

فصل دوم: مروری بر مطالعات گذشته در ارتباط با تأثیر احداث سد بر کمیت و کیفیت آبخوان پایین‌دست

مسأله کمبود آب برای کشور ایران که دارای اقلیم خشک و نیمه خشک می‌باشد از دیرباز وجود داشته است. بنابراین، دسترسی به منابع آب زیرزمینی به علت کمبود منابع آب سطحی برای مصارف شرب، کشاورزی و صنعت، حائز اهمیت بوده است. به همین منظور مطالعه و شناخت آب‌های زیرزمینی، که به لحاظ کمی و کیفی برای مصارف مختلف مناسب می‌باشند، ضروری است. سطح آب زیرزمینی و شیمی آبخوان‌های مختلف با گذشت زمان تحت تأثیر عوامل گوناگون تغییر می‌کنند. برخی از این عوامل کیفیت آب آبخوان، برخی کمیت آن و برخی هر دو ویژگی را تحت تأثیر قرار می‌دهند. در ادامه به مطالعاتی که در این زمینه صورت گرفته است، پرداخته می‌شود.

۲-۱- عوامل مؤثر برکمیت آب‌های زیرزمینی

یک پرسش اساسی در بررسی‌های منابع آب این است که اساساً چه مقدار آب در زیر زمین وجود دارد و تغییرات آن در شرایط مختلف به چه میزان است. دانستن این که در آبخوان آب زیرزمینی چه حجمی از آب جریان دارد، نشان می‌دهد که تا چه اندازه می‌توان از آب‌های زیرزمینی برداشت نمود تا در طولانی

مدت آبخوان دچار مشکل نشود. در علم هیدروژئولوژی، پارامترهایی برای بیان حجم و نحوه حرکت آب زیرزمینی از قبیل آبدهی ویژه، هدایت هیدرولیکی، قابلیت انتقال، ضریب ذخیره و ... ارائه شده‌اند که برآورد میزان آن‌ها برای برآوردهای کمی آب لازم است.

برداشت بی‌رویه از آب‌های زیرزمینی، اصطلاحی است که توسط افراد مختلفی برای بیان فشار موجود بر آبخوان‌های زیرزمینی استفاده می‌شود. کاستودیو (Custudio 2002) برداشت بی‌رویه را به این صورت تعریف می‌کند: "برداشت بی‌رویه وضعیتی است که در آن میانگین سالیانه برداشت از آب زیرزمینی، بیشتر یا نزدیک به میزان تغذیه به آبخوان است ". از عواقب برداشت بیش از حد مجاز از آب‌های زیرزمینی، می‌توان به افت مداوم سطح آب‌های زیرزمینی، تخریب کیفیت آب زیرزمینی، افزایش هزینه استخراج آب و صدمه به اکولوژی منطقه نام برد. برای تعیین میزان آب قابل برداشت از آب‌های زیرزمینی، پایش، شناخت خوب از آبخوان و محاسبات دقیق یا مدل‌سازی آبخوان می‌تواند انجام شود. عواملی همچون محیط زیست و فرهنگ اجتماعی نیز علاوه بر مباحث علمی باید در نظر گرفته شوند.

برای تعیین حد مجاز برداشت از آب‌های زیرزمینی، مفهومی تحت عنوان «آبدهی مجاز» توسط مینزر (Meinzer 1920) پیشنهاد شد (به نقل از Custudio 2002). به این ترتیب که ذکر شده است آبدهی مجاز، آبدهی است که اگر به صورت دائمی از آبخوان برداشت شود، تغییر محسوسی در سطح آب زیرزمینی ایجاد نشود.

عوامل تأثیرگذار بر کمیت آب‌های زیرزمینی شامل دو گروه عوامل طبیعی و انسان‌زاد می‌باشند. مهم‌ترین عوامل طبیعی شامل خشکسالی، تغذیه ناشی از بارندگی و نفوذ آب‌های سطحی هستند و مهم‌ترین عوامل ناشی از فعالیت‌های انسانی شامل برداشت بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی یا تغذیه مصنوعی به لایه‌های آبدار می باشند. این عوامل در کنار یکدیگر قرار می‌گیرند و اثر یکدیگر را تشدید می کنند (Devlin and Sophocleus 2005).

۲-۱-۱- بارندگی

میزان بارندگی و تغییرات آن تا حد بسیار زیادی بر کمیت آب موجود در آبخوان تأثیرگذار است. میزان تغذیه واقعی که به درون آبخوان صورت می‌گیرد بستگی به 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 دارد. بنابراین درصدی از بارندگی به تغذیه آبخوان منجر می‌شود که در مناطق مختلف، متفاوت است.

در آبخوان‌های کم عمق (Shallow aquifers) بارش نوسانات سریعی را در سطح آب زیرزمینی ایجاد می‌کند ولی در آبخوان‌های عمیق، این نوسانات 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 سریع و آنی نبوده و نمی‌تواند با زمان بارش منطبق باشد. 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).

در خصوص میزان تأثیر بارندگی بر آب‌های زیرزمینی مطالعات فراوانی صورت پذیرفته و ضرایب و شاخص‌های فراوانی ارائه شده است. این ضرایب می‌تواند برای تعیین میزان نفوذ به زمین (Infiltration) یا نفوذ به درون آبخوان (Recharge) مورد استفاده قرار گیرد. تغذیه واقعی که به درون آبخوان صورت می‌پذیرد به این عوامل بستگی دارد: ۱) میزان و نرخ بارندگی که به صورت رواناب یا تبخیر و تعرق از دست نمی‌رود، ۲) رطوبت اولیه خاک یا همان ضریب اشباع خاک، ۳) عمق سطح ایستابی، ۴) هدایت هیدرولیکی افقی و عمودی منطقه غیراشباع و گرادیان هیدرولیکی آبخوان که تعیین‌کننده نرخ حرکت آب‌های تغذیه شده از

محل تغذیه است، ۵) حضور یا عدم حضور سازه‌های زیرزمینی که خواسته یا ناخواسته می‌تواند موجب تخلیه‌ی آب گردند (Dellar 1998).

کرمی (۱۳۷۵) در مطالعات منطقه توچاه و کلاته‌ری اظهار داشت که بخش وسیعی از پایین دست حوضه آبگیر این ناحیه از ماسه بادی تشکیل شده است. این رسوبات، به علت تراوایی بسیار بالا باعث می‌شوند که بخش اعظم بارندگی در محدوده پایینی بستر حوضه‌های مذکور به داخل زمین نفوذ کند.

در مناطق خشک و نیمه خشک مقدار بارندگی اندک است ولی به دلیل این‌که این بارش اندک تمرکز زمستانه دارد و اغلب طی دو یا سه بارش رخ می‌دهد، تغذیه آبخوان‌ها در مکان‌هایی با تراوایی مناسب به طور قابل توجهی انجام می‌شود. در واقع رخداد بخش اعظم بارندگی در دو یا سه بارش، اثر اندک بودن بارش در نواحی خشک و نیمه خشک را تا اندازه‌ای کمرنگ می‌کند (کرمی۱۳۷۷).

۲-۱-۲- برداشت از آب‌های زیرزمینی

بهره‌برداری بیش از حد از آب‌های زیرزمینی، 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.

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 ۱۹۸۸ به مقدار ۲۲۷۲ میلیون متر مکعب در سال ۲۰۰۲ 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 محدوده بزرگ با افت زیاد در سفره و تخلیهٔ کامل بخش بالایی آبخوان در سرتا سر منطقه به جز نواحی شمال شرقی و جنوب شرقی شهر گردیده است (Hoque *et al.* 2007) .

آرنولد و فریدل (Arnold and Fariedel 2000) با تهیه مدلی برای بررسی تغذیه آبخوانی در ایلینویز ایالات متحده، کاربری زمین، نفوذپذیری خاک و نوع ضخامت رسوبات را عوامل مؤثر بر تغذیه از سطح بیان نمودند. آن‌ها خصوصیات زمین‌شناسی سنگ بستر را نیز از عوامل موثر بر تغذیه آبخوان از بخش زیرین، حائز اهمیت دانستند. تهیه یک مدل توسط سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) که عوامل تأثیر گذار بر تغذیه در آن گذاشته شده بود، و بررسی تأثیر حضور لایه‌های مختلف اطلاعاتی در این مدل، نشان داد که تأثیرگذارترین عامل در تغذیه نوع کاربری زمین بوده است. گسترش بافت شهری از عمده تغییرات منطقه طی دوره بیست ساله بررسی فوق بوده است.

آنورگا و همکارانش (Anoraga *et al.* 2006) نیز با تهیه مدلی برای بررسی تغذیه در آبخوانی در جنوب هند، با ارزیابی و بررسی عوامل موثر بر تغذیه آبخوان، مهم‌ترین عامل را نوع خاک و نفوذپذیری آن ارزیابی کردند. در این منطقه، سطح آب در مناطقی قشر بالای خاک دارای نفوذپذیری بیشتری بوده، بیشتر تحت تاثیر تغذیه قرار گرفته است. کاربری اراضی در این منطقه عمدتاً کشاورزی بوده است. در این مطالعه،

مشخص شد که نرخ تغذیه در محاسبات مربوط به بیلان آب‌های زیرزمینی، میزان کمتری از خروجی‌های زیرزمینی است و این مسئله باعث کاهش سطح ایستابی شده است.

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 (۱۳۸۷-۱۳۷۷ و ۱۳۷۶-۱۳۶۶) استفاده نمودند. نتایج این بررسی نشان داد که سطح آب زیرزمینی در این آبخوان طی۱۰ سال اول به طورمتوسط ۳/۷۶ متر و در۱۰سال دوم ۸/۳۳ متر افت داشته است به گونه‌ای که در مجموع متوسط افت ۲۰ ساله سطح آب زیرزمینی این دشت، برابر با ۱۲/۱ متربوده 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 میزان۳۰ 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 جمعیت و گسترش کشاورزی دانسته‌اند.

بررسی آبخوان دشت هشتگرد طی یک دورهٔ آماری ۲۰ ساله (۱۳۷۰ تا ۱۳۹۰)، 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 دوره 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 (۱۳۸۹ تا ۱۳۷۸)، دریافتند که سطح آب زیرزمینی دشت طی این دوره به طور میانگین حدود ۱۵متر افت داشته است (۱/۲۵ متر درسال). 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.

کاظمی گلیان و همکاران (۱۳۸۲) دشت قوچان - شیروان را با استفاده از هیدروگراف ها، چاه‌ها و پیزومترها مورد مطالعه قرار دادند. آن‌ها خواص هیدروژئولوژیکی دشت را با تقسیم‌بندی دشت به چهار ناحیه و پیزومترهای دشت را با دسته بندی در سه گروه مورد بررسی قرار دادند. در بررسی‌های هیدروژئولوژیکی پس از ناحیه بندی، ناحیه‌ای که از نظر هیدروژئولوژیکی مورد اهمیت بیشتری است مشخص گردید. پیزومترها از نظر رفتار به سه دسته تقسیم شدند: ۱) گروهی که نوسانات سالیانه و چند ساله خوبی را نشان می‌دهند. این پیزومترها در مجاورت رودخانه و در محل تمرکز چاه‌های پمپاژ قرار دارند و بیانگر رفتار واقعی آبخوان آب زیرزمینی و جریان‌های حاکم بر آن می‌باشد. طبق نظر این محققین این دسته از پیزومترها بایستی به عنوان معیار سنجش رفتار آب‌های زیرزمینی قرار گیرند. ۲) دسته‌ای از چاه‌ها که نوسان سالانه بیشتری را نسبت به چندساله نشان می‌دهند. این چاه‌ها یا در مسیر مستقیم جریان آب زیرزمینی قرار دارند یا در مجاورت مرزهای ورودی جریان و تغذیه فصلی قرار دارند. این چاه‌ها می‌توانند برای شناسایی نواحی ورودی جریان و نواحی تحت تاثیر تغذیه در نظر گرفته شوند. ۳) گروهی از چاه‌ها که دارای نوسان سالیانه یا چند ساله نمی‌باشند. این چاه‌ها در مناطق با رسوبات دانه‌ریز و رس فراوان واقع شده اند و ارتباطی با نوسانات سطح ایستابی ندارند. این چاه‌ها معیار رفتار آبخوان در نظر گرفته نمی‌شوند. آن‌ها با رسم نقشه‌های هم‌پتانسیل، روابط هیدرولیکی بین آبخوان و آبخوان‌های مجاور را مشخص کرده و جهت جریان را نیز تعیین کردند.

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 گونه ای که میزان

هدایت الکتریکی آب زیرزمینی (EC)، با یک افزایش ۱۲ درصدی، از۱۷۷۶ میکروموس برسانتی متر در سال۱۳۷۹، به مقدار ۱۹۸۴ میکروموس بر سانتیمتر در سال ۱۳۹۰ رسیده است.

با توجه به مطالب گفته شده، امروزه برداشت بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی عامل اصلی افت سطح آب در بسیاری از دشت‌های کشور و جهان می‌باشد. این مسئله به همراه ظهور و تداوم خشکسالی‌های پی درپی و در نتیجه کاهش نزولات جوی به ویژه در سال‌های اخیر، مناطق بسیاری به خصوص نواحی خشک و نیمه‌خشک که عمده نیاز آبی آن‌ها از ذخایر آب زیرزمینی تأمین می‌گردد را از نظر منابع آبی با مشکلات و محدودیت‌های بی‌شماری رو به‌رو کرده است و باعث افت کمی و کیفی منابع آب زیرزمینی آن‌ها شده است. برداشت بیش از تغذیه، به پایین رفتن دائمی سطح ایستابی منجر خواهد شد. افت دراز مدت سطح ایستابی تنها یک نتیجه نامطلوب نیست بلکه آثار نامطلوب استخراج بیش از حد آب‌های زیرزمینی ممکن است دیر یا زود به صورت پایین رفتن تراز آب زیرزمینی، فرونشست سطح زمین، ترک خوردن خاک، نفوذ آب از مناطق مجاور و سرانجام خالی شدن منبع اب بروز نماید (صداقت،۱۳۸۷). لذا امروزه بهره‌برداری صحیح از منابع آب زیرزمینی و پایش منظم و دقیق چگونگی تغییرات آن‌ها، امری ضروری در هر برنامهٔ مدیریت آبخوان می‌باشد.

۲-۱-۳- خشکسالی

خشکسالی یکی از عوامل بسیار حائز اهمیت در تغییرات کمی منابع آب می‌باشد. خشکسالی از پرهزینه‌ترین بلایای طبیعی و در عین حال از ناشناخته‌ترین آن‌هاست. خشکسالی می‌تواند میزان رطوبت بسیاری از متغیرهای هیدرولوژی، مانند بارندگی، رواناب، رطوبت خاک، آب‌های زیرزمینی و مخازن آب سطحی را تحت تأثیر قرار دهد. این پدیده می‌تواند تا حدود زیادی بر آب‌های زیرزمینی تأثیرگذار باشد (Kao 2010).

خشکسالی دوره‌های موقتی، غیرقابل پیش‌بینی 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 نتایج این پدیده است (علیزاده ۱۳۹۰).

آبخوان‌های آزاد، در مواردی که سطح ایستابی به سطح زمین نزدیک است، نسبت به تغییرات آب و هوایی حساس‌ترند. تأثیر پدیده‌های آب و هوایی نظیر خشکسالی بر روی آب‌های زیرزمینی، بستگی به سیستم آب زیرزمینی، موقعیت جغرافیایی، و میزان تغییرات پدیده های هیدرولوژی دارد (Okkonnen 2009).

در مورد تأثیر تغییرات آب و هوایی، برسطح آب زیرزمینی، واکارو (Vaccaro 2002) حساسیت تغذیه به آب و هوا را در شرایط بروز خشکسالی و قبل از آن، در شمال غرب ایالات متحده مورد بررسی قرار داد. او دریافت که تغییرات تغذیه به آب‌های زیرزمینی، روندی نزولی را در این شرایط داشته است. او وابستگی‌ای را بین داده‌های بارندگی و تغذیه، و همچنین دما و تغذیه به آب‌های زیرزمینی مشاهده نمود. در مطالعات وی به نظر می‌رسد که همبستگی تغذیه با بارندگی بیشتر از میزان آن در مورد دما است. در این منطقه، طی دوران بروز خشکسالی، کشاورزی توسعه یافته است که پس از گسترش کشاورزی، همبستگی پارامترهای فوق بیشتر شده بود؛ وی این امر را به تبخیر و تعرق از گیاهان نسبت داد.کاهش تغذیه طی شرایط تغییرات آب و هوا، به علت افزایش دما در تابستان و کاهش بارندگی‌ها در زمستان بوده است.

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 (R^2 = ۰/۵۳۵). 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 آب‌زیرزمینی 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.

علاوه بر کاهش بارندگی‌ها، گرم شدن کره زمین نیز از طریق افزایش تبخیر باعث کاهش تغذیه به آب‌های زیرزمینی گردیده است. بوروی و همکارانش (Bouraoui *et al.* 1999) با بررسی منطقه‌ای در فرانسه که میزان گازهای گلخانه‌ای و به دنبال آن دمای هوا افزایش یافته بود، عامل اصلی در کاهش تغذیه به آبخوان را، افزایش دما و نقش کاهش بارندگی‌ها را حاشیه‌ای دانستند. افزایش دما عامل اصلی افزایش تبخیر است. همان گونه که در مطالب فوق گفته شد، در مناطقی با اقلیم خشک و نیمه خشک به دلیل بارندگی کم و خشکسالی‌های متوالی، تغذیه آب زیرزمینی بسیار کمتر از گذشته شده و جریان‌های سطحی به صورت فصلی ایجاد می‌شوند. این شرایط موجب شده که نفوذ از طریق جریان‌های سطحی و زیرزمینی بسیار ناچیز شود.

۲-۱-۴- تأثیر احداث سد بر کمیت آب زیرزمینی

آب یکی از نیازهای اصلی بشر برای زندگی می‌باشد. این نیاز انسان را مجبور به زندگی در محلی که آب برای مصارف مختلف در دسترس باشد، نموده است. با توجه به محدود بودن آب و توزیع غیر یکنواخت آن در دنیا، مکان‌های قابل زندگی برای بشر بسیار محدود می‌باشد. امروزه با توجه به این محدودیت‌ها و رشد سریع جمعیت، انسان برای رفع نیاز خود به راهکارهای مختلفی روی آورده است. یکی از این راهکارها ساخت سد مخزنی و ذخیره آب می‌باشد. در کنار تمام مزیت‌هایی که ساخت این سدها به همراه دارند اما نشانه‌هایی هم از تأثیرات منفی ساخت این سدها بر آبخوان‌های پایین دست وجود دارد.

لشکری‌پور و براتیان (۱۳۹۳) مطالعاتی را بر روی آبخوان دشت مشهد به منظور بررسی تأثیر سدسازی بر منابع آب آبخوان انجام داده‌اند. در دشت مشهد سدهای مختلفی ساخته شده است که از میان آن‌ها (بنا بر درجه اهمیت) به بررسی تأثیرات ساخت سه سد ارداک، کارده و طرق بر آبخوان دشت پرداخته شده است. بررسی‌ها نشان می‌دهد که عمق سطح آب زیرزمینی پس از احداث سدها در پیزومتر پایین دست سد ارداک کمتر از ۴ متر، سد طرق ۸ متر و سد کارده کمتر از ۲ متر افت داشته است. در هیدروگراف واحد دشت نیز حدود ۵ متر افت در تراز سطح آب زیرزمینی مشاهده می‌شود. همچنین افزایش سرعت افت سطح آب زیرزمینی به میزان ۰/۵ متر در سال‌های آبگیری سدها مشاهده شده است.

شایق عباس‌آباد و همکاران (۱۳۹۲) برای ارزیابی تأثیر بهره‌برداری از سد قلعه‌چای بر کمیت و کیفیت آب‌های زیرزمینی دشت عجب‌شیر مطالعاتی را انجام دادند. با بررسی‌های انجام شده در این تحقیق مشاهده گردید که تقریباً سطح تراز آب زیرزمینی در بیشتر قسمت‌های دشت، بعد از بهره‌برداری سد قلعه‌چای روند افزایشی داشته است. به این ترتیب که میانگین شیب سطح آب زیرزمینی بعد از بهره‌برداری سد از ۰/۰۴ به ۰/۰۵ افزایش یافته است.

جوادی و همکاران (۱۳۹۰) اثرات احداث سد ساوه بر میزان افت سطح آب زیرزمینی و فرونشست زمین در آبخوان دشت علی‌آباد مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد پس از احداث سد ساوه افت سطح آب زیرزمینی آبخوان در دهه ۸۰ به بیش از ۲ متر رسیده است. همچنین ۶ پیزومتر این آبخوان نیز دارای نشست تا ۶۰ سانتیمتر شده‌اند.

فخاری و همکاران (۱۳۹۲) به بررسی تأثیرات سد دوستی بر آبخوان سرخس پرداختند. با بررسی‌های انجام شده مشخص شد که از زمان احداث این سد میزان افت در بخش شمالی و جنوبی (خصوصاً در بخش شمالی) افزایش یافته است اما در بخش مرکزی دشت میزان بالاآمدگی سطح آب زیرزمینی افزایش یافته است.

نتایج این تحقیقات نشان می‌دهد، احداث سازه‌های آبی نظیر سد (به ویژه سدهای با مخازن بزرگ) تأثیرات نامطلوبی بر منابع آب زیرزمینی پایین دست و افت سطح آب زیرزمینی خواهد گذاشت.

حیدریان در سال ۱۳۸۹ اثرات سد الغدیر ساوه بر تغییرات کمی و کیفی آب‌های زیرزمینی پائین دست را مورد پژوهش قرار داد. مطالعات نشان داد که احداث سد با مانع شدن از ورود آب به دشت ساوه، باعث افت سطح آب زیرزمینی و کاهش کیفیت آن گردیده به طوری که بعد از ساخته شدن سد الغدیر تغییر بارزی در سطح آب زیرزمینی به چشم می‌خورد و تراز آب زیرزمینی از ۲۵/۹۰ متر در سال ۱۳۷۳ (سال بهره‌برداری از سد) به ۵۳/۷۱ متر در سال ۸۸ کاهش یافته و نرخ افت آب به تقریباً ۲ متر در سال افزایش یافته است که نشان دهنده احتمال وقوع فرونشست زمین در دشت ساوه می‌باشد.

۲-۱-۵- نقش توسعه شهری بر کمیت آب زیرزمینی

پدیده‌های هیدرولوژیکی و هیدروژئولوژیکی متفاوتی که برخی طبیعی و برخی ناشی از دخالت بشر می‌باشند، از راه‌های مختلفی بر نوسانات سطح آب زیرزمینی در یک منطقه مؤثرند. (فریز و چری ۱۹۷۹). در سال‌های اخیر با رشد جمعیت و توسعه صنایع، تقاضای آب افزایش یافته و هم اکنون کیفیت و کمیت منابع آب شیرین مورد تهدید است (ماری و مامن پوش ۲۰۰۰). رشد جمعیت و نیاز به برداشت بیش از حد آب از سفره‌های آب زیرزمینی سبب افت سطح آب در مناطق اطراف شهرها، ورود آب مصرفی به فاضلاب شهری و نشت فاضلاب آب حاصله به سفره‌های آب زیرزمینی منجر به بالا آمدن سطح آب در زیر شهرها شده است.

شهرنشینی نفوذ آب را در نواحی پوشیده شده توسط ساختمان‌ها و جاده‌ها کاهش می‌دهد اما در شهرهای فاقد شبکه فاضلاب نفوذ آب از طریق چاه‌های جذبی سبب افزایش نفوذ آب پیش از تغذیه طبیعی قبل از شهرسازی می‌گردد (فاستر و همکاران ۱۹۹۹).

جعفری قریه‌علی در سال ۱۳۸۶ مطالعاتی را در خصوص تأثیر توسعه شهری بر منابع آب زیرزمینی مشهد انجام دادند. نتایج نشان داد که افزایش مصرف آب با توجه به حضور میلیونی زائران در سال و با توجه به سیستم چاه جذبی فاضلاب باعث بالا آمدن سطح آب در زیر شهر نسبت به دشت مشهد و آلودگی سفره آب زیرزمینی شده است. ایجاد شبکه فاضلاب شهری و جلوگیری از نشت لوله‌ها و کنترل ساخت و ساز در شهر در جلوگیری از گسترش این آلودگی مؤثرند. جمع‌آوری آب‌های حاصل از بارندگی و تزریق این آب‌ها در قسمت‌های آلوده سفره آب زیرزمینی در زیر شهر در بهبودی آن مؤثر خواهد بود.

۲-۲- عوامل مؤثر بر کیفیت آب‌های 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 آب‌های زیرزمینی برای مصارف شرب، صنعت و کشاورزی، با توجه به ویژگی‌های بالا تعیین می‌شود. کیفیت آب زیرزمینی نتیجه‌ی کلیه‌ی فرآیندها و واکنش‌هایی است که از زمان تشکیل و تراکم آب در اتمسفر تا زمانی که توسط چاه، قنات یا چشمه از زیرزمین خارج می‌شود، بر روی آن عمل کرده است. این فاصله زمانی ممکن است از کمتر از یک روز تا صدها سال به درازا بکشد (صداقت۱۳۸۶).

به طور کلی، کیفیت آب زیرزمینی و تغییرات آن توسط عوامل زیر تحت تأثیر قرار می‌گیرد (Chan 2001):

۱) فرایندهای طبیعی شامل لیتولوژی، سرعت جریان آب زیرزمینی، مقدار و کیفیت آب تغذیه شده به آبخوان، برهم‌کنش آب زیرزمینی با دیگر آبخوان‌ها، شرایط اکسیداسیون و احیای حاکم برسفره و خصوصیات هیدروژئولوژیکی آبخوان.

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

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.

۲-۲-۱- عوامل طبیعی

پازند و همکاران (Pazand *et al*. 2011) ترکیب شیمیایی طبیعی آب زیرزمینی را حاصل دو فرآیند اصلی دانستند: ۱- نمک‌های اتمسفر که از آئروسل دریایی، گرد و غبار و نمک‌های حاصل از تبخیر آب بارندگی تمرکز یافتند، ۲- واکنش آب زیرزمینی با مواد تشکیل دهنده آبخوان.

عوامل طبیعی تأثیر به سزایی بر روی کیفیت آب زیرزمینی دارند که مهمترین عامل تأثیرگذار بر روی کیفیت منابع آب زیرزمینی، سازندهای زمین شناسی است.

الف – نقش سازندهای زمین شناسی بر کیفیت آب زیرزمینی

آب‌های زیرزمینی، به ناچار در محیط سازندهای زمین‌شناسی حضور دارند. بررسی تأثیرات زمین‌شناسی آبخوان بر آب‌های زیرزمینی بخش مهمی از مطالعات آب‌های زیرزمینی است. سازندهای زمین‌شناسی بسته به شرایط کانی شناسی، فیزیکی و شیمیایی خود، کیفیت و کمیت آب‌های زیرزمینی را تحت تأثیر قرار می‌دهند. به طور کلی با مروری اجمالی بر مطالعات انجام شده در مورد زمین شناسی یک منطقه می‌توان کیفیت آب را، نه به صورت دقیق، ارزیابی نمود. در مطالعات هیدروژئوشیمیایی دشت‌ها فاکتور زمین‌شناسی که عاملی طبیعی به شمار می‌رود از اساسی‌ترین فاکتورهای تأثیرگذار است. پس مطالعه زمین‌شناسی منطقه اهمیت بسزایی دارد.

جوانمرد و همکاران (۱۳۹۳) با بررسی تغییرات مکانی کیفیت آب زیرزمینی دشت مهربان (شرق آذربایجان شرقی) با استفاده از روش‌های آماری و هیدروژئوشیمیایی، عوامل مؤثر بر کیفیت آب زیرزمینی را بررسی کردند. با استفاده از روش آماری سه عامل مؤثر در ترکیب شیمیایی آب شامل ۱- عوارض زمین زاد (نظیر انحلال کانی‌های تبخیری گچی) و انسان زاد (مصرف کودهای شیمیایی) ۲- انحلال هالیت و نفوذ آب‌های کلروره سدیک از رودخانه آجی چای ۳- تغذیه ناشی از بارندگی مشخص شد. همچنین با توجه به روش‌های هیدروژئوشیمیایی، مهمترین عامل مؤثر بر کیفیت آب زیرزمینی در منطقه مورد مطالعه، واکنش بین آب و مواد تشکیل دهنده سفره آبدار دانستند.

مظفری‌زاده و چیت سازان (۱۳۸۶) در بررسی تأثیر سازندهای زمین شناسی بر روی کیفیت منابع آب زیرزمینی دشت گتوند، مهمترین عامل مؤثر بر کیفیت آب زیرزمینی در این منطقه را واکنش بین آب و سازندهای زمین شناسی 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.

رئیسی (۱۳۷۴) در مطالعه دشتی در نزدیکی داراب در استان فارس، کیفیت آب در بخش جنوبی دشت را اندازه‌گیری کرد. آب‌های این بخش هدایت هیدرولیکی در حدود ۵۰۰ میکروموس بر سانتیمتر و تیپ بیکربناته داشته‌اند. وی این امر را به تغذیه آب از ارتفاعات مجاور آن که از سازندهای کربناته آسماری و جهرم تشکیل شده‌اند، نسبت داد. در بخش شمالی دشت بر خلاف بخش جنوبی، هدایت هیدرولیکی در حدود ۴۰۰۰ میکروموس بر سانتی‌متر و تیپ آن کلروره بوده است. علت این امر حضور آب‌های منشأ گرفته از گنبدهای نمکی در مخروط افکنه‌های شمالی دشت تشخیص داده شد.

ب- 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 غیراشباع طی می‌کند تا به سطح ایستابی برسد، روند واکنش آب و سنگ و در نتیجه کیفیت آب زیرزمینی را کنترل می‌کنند (کلانتریان ۱۳۸۸).

کلوتیر و همکارانش (Cloutier *et al*. 2006) با مطالعه جامع منطقه‌ای وسیع در کبک کانادا، با آنالیزهای ایزوتوپی آب آبخوان، عوامل هیدروژئولوژیکی را تعیین کننده اصلی کیفیت آب‌های زیرزمینی دانستند. در این منطقه، تفاوت تغذیه در بخش‌های مختلف باعث ایجاد محدوده‌های کیفیتی متفاوت شده‌اند. مناطقی که تحت تأثیر تغذیه قرار دارند با حضور یون‌های $Ca\text{-}Mg\text{-}HCO_3$ شناسایی می‌شوند و مناطقی که تحت شرایطی هستند که تغذیه به آنها در زمان‌های قبل (احتمالا در زمان پلیوستوسن) صورت پذیرفته است، که با تیپ $Na\text{-}HCO_3$ و $Na\text{-}Cl$ شناسایی می‌شوند. تیپ آب‌های موجود در هر بخش از آبخوان‌ها نشان دهنده‌ی چگونگی تغذیه آن قسمت از آبخوان است.

مکوندی و همکارانش (۱۳۸۸) با بررسی های هیدروژئولوژیکی و هیدروشیمی جهت تعیین کیفیت آب‌زیرزمینی و سطحی در منطقه رامهرمز، به این نتیجه رسیدند که آبخوان‌های متفاوت در دشت رامهرمز کیفیت متفاوتی دارند. رودخانه اعلا با آبخوان آزاد سطحی در ارتباط است و تغذیه کننده آبخوان می‌باشد. آب رودخانه از هدایت الکتریکی بالایی برخوردار است و آبخوان سطحی علاوه بر دانه‌بندی رسوبات تحت تأثیر آب رودخانه قرار گرفته و کیفیت مناسبی ندارد. اما آبخوان‌های محبوس که از رسوبات دانه درشت‌تر تشکیل شده‌اند، کیفیت بهتری دارند.

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).

ج- نقش سایر عوامل طبیعی مؤثر بر کیفیت آب زیرزمینی

علاوه بر سازندهای زمین شناسی و خصوصیات هیدروژئولوژیکی آبخوان، عوامل دیگری نیز می‌توانند در کیفیت آب‌های زیرزمینی تأثیرگذار باشند. از این عوامل می‌توان به سرعت حرکت آب زیرزمینی، مقدار وکیفیت 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).

قندی و اصغری‌مقدم (۱۳۸۴) در بررسی خصوصیات کیفی آبخوان دشت تسوج، دریافتند که تیپ آب در فاصله کوتاهی از محل تغذیه 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.

تبادل آب‌های موجود درررودخانه‌ها و دریاچه‌ها با آب‌های زیرزمینی، بسته با شرایط آنها امری بدیهی است. تأثیر آب‌های سطحی بر آب‌های زیرزمینی می‌تواند در جهت بهبود کیفیت یا مخرب آن باشد (صداقت ۱۳۸۲).

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.

۲-۲-۲- نقش عوامل غیرطبیعی

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. در این بخش به اثرات این فعالیت‌ها بر روی منابع آب زیرزمینی پرداخته می‌شود.

الف- نقش برداشت بی‌رویه آب

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).

به منظور بررسی اثر افت سطح ایستابی در شوری آب زیرزمینی دشت جیرفت، سلطانی و محمدی (۱۳۹۰) با بررسی اثر افت سطح ایستابی در شوری آب زیرزمینی در یک دوره ۸ ساله در دشت جیرفت دریافتند که در برخی از سال‌های آبی شوری افزایش، و در برخی از سال‌ها شوری کاهش پیدا کرده است. اما میزان افت سطح آب زیرزمینی در طول دوره آماری به صورت صعودی افزایش یافته است که علت آن را خشکسالی‌های پی در پی و برداشت بی‌رویه از آب زیرزمینی ذکر کردند.

آباده و همکاران (۱۳۸۵) در منطقه‌ای در حوالی سیرجان احتمال شور شدن آب به دلیل افت سطح آب‌های زیرزمینی را بررسی نمودند. این محققین با آنالیز شیمیایی نمونه‌های برداشت شده از چاه‌ها و ثبت سطح ایستابی در همان نقطه به همبستگی بین داده‌های عمق سطح ایستابی و هدایت الکتریکی در برخی از نقاط پی بردند. آن‌ها شوری آب در این نقاط را به افت سطح ایستابی نسبت دادند.

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- نقش فاضلاب‌های شهری، صنعتی و پساب‌های کشاورزی

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

سابراهمانیام و یاداياه (Subrahmanyam and Yadaiah 2001) تحقیقی را در مورد تأثیر فعالیت‌های صنعتی بر کیفیت آب‌های زیرزمینی در منطقه از هندوستان انجام دادند. آن‌ها کیفیت آب‌های زیرزمینی و سطحی را در این منطقه توسعه یافته از نظر صنعتی، از نظر یون‌های اصلی مورد بررسی قرار دادند. در این منطقه، پساب‌های صنعتی درون رودخانه دائمی منطقه ریخته می‌شوند و به دلیل پمپاژ مداوم چاه‌های منطقه، آب‌های سطحی به درون آبخوان‌های آب زیرزمینی نفوذ می‌کنند. آب‌های زیرزمینی دارای قلیائیت و سختی کل بالایی به دلیل حضور یون‌های کلسیم، منیزیم و بیکربنات هستند، که منشأ اصلی آن‌ها به فعالیت‌های صنعتی نسبت داده شد. این محققین بیان کردند که مقدار بالای یون‌های سدیم، کلر و نیترات بالای آب‌های زیرزمینی موجود در منطقه نیز می‌توانند ناشی از پساب‌های این گونه فعالیت‌ها باشد (به نقل از Hem 1975). آن‌ها با نمونه‌گیری از اعماق مختلف آب‌های زیرزمینی و مقایسه کیفیت آب در اعماق مختلف دریافتند که وضعیت وخیم آلودگی صنعتی در آب‌های زیرزمینی در قشر بالای لایه آبدار است.

با بررسی تأثیر توسعهٔ مناطق مسکونی بر کیفیت آب زیرزمینی در ناحیهٔ دیترویت (Detroit) میشیگان مشخص شد که آب‌های کم‌عمق 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 آب‌های 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 می شود (Thomas 2000).

چاو و همکاران (Chae *et al*. 2003) با بررسی کیفیت آب‌زیرزمینی در یک ناحیه کشاورزی در کره به این نتیجه رسیدند که آب زیرزمینی در این منطقه به شدت توسط نیترات، آهن و منگنز آلوده شده است. ۴۵ درصد از نمونه‌های آب زیرزمینی غلظت نیترات بیشتر از استاندارد DWL کره (۴۴/۳ میلی‌گرم بر لیتر) را نشان می‌دهند و ۳۲ درصد از آن‌ها غلطت نیترات بیشتر از ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر را دارند و ۴۷ درصد از کل نمونه‌ها سطوح آهن و منگنز بالاتر از مقدار DWL داشتند.

همان گونه که در مطالب بالا بیان شد عوامل مؤثر بر کیفیت آب زیرزمینی شامل عوامل طبیعی و غیرطبیعی می‌باشد که هر کدام از این عوامل به تنهایی یا با همدیگر بر کیفیت آب زیرزمینی مؤثر می‌باشند که شدت آن با توجه به خصوصیات آبخوان در مناطق مختلف متفاوت است. 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.

ج- تأثیر احداث سد بر کیفیت آب زیرزمینی

چوپانی و همکاران (۱۳۹۲) به منظور ارزیابی اثرگذاری احداث سد بر آب‌های زیرزمینی، سد لاورفین درشمال بندرعباس را مورد بررسی قرار دادند. جهت بررسی‌های کیفی در محدوده دشت، نمونه برداری در فصل خشک و تر از چاه‌های انتخابی با پراکنش مناسب در سطح دشت انجام گرفت و نقشه های هم افت

و میانگین EC دشت لاور ترسیم گردید. نتایج بدست آمده حاکی از این است که روند نزولی سطح آب زیرزمینی، پس از احداث سد تغییر یافته و با جبران کسری مخزن، سفره تقریباً به تعادل رسیده است. تحلیل نتایج کیفی نیز حاکی از تأثیرگذاری مثبت سد بر بهبود کیفیت آب زیرزمینی دشت لاور است. به طوری که روند تغییرات EC در محدوده بیلان تحت تأثیر سد، از مقادیر ۵۲۰۰ و ۷۲۰۰ به ترتیب در قسمت‌های جنوب شرق و غرب دشت در سال ۸۳، به مقادیر ۳۵۰۰ و ۵۵۰۰ در سال ۸۹ کاهش یافته است. تحلیل نتایج کیفی نیز حاکی از تأثیرگذاری مثبت سد بر بهبود کیفیت آب زیرزمینی دشت لاور است. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که با توجه به خشکسالی‌های موجود و کاهش بارندگی‌ها، این سد در تغذیه سفره آب زیرزمینی و بهبود کمیت و کیفیت آن مؤثر بوده و امکان تثبیت سطح آب در یک تراز نرمال و حفظ کیفیت آبخوان را فراهم نموده است.

شایق عباس‌آباد و همکاران (۱۳۹۲) بیان داشت که ارزیابی کیفی منابع آب دشت‌عجب شیر با توجه به اینکه کیفیت آب‌های زیرزمینی رابطه مستقیمی با کمیت منابع آب دارد در قسمت‌های بالایی دشت هدایت الکتریکی آب‌های زیرزمینی تغییر محسوسی نسبت به سال‌های قبل از بهره‌برداری سد نداشته است در صورتی‌که در قسمت‌های انتهایی دشت هدایت الکتریکی آب‌های زیرزمینی نسبت به قبل از بهره برداری سد افزایش چشمگیری داشته است. به این ترتیب که قبل از بهره‌برداری سد هدایت الکتریکی در پایین دشت حدود ۴۲۰۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر بوده و بعد از بهره‌برداری سد به حدود ۴۸۰۰ میکروزیمنس بر سانتیمتر افزایش یافته است. همچنین هدایت الکتریکی چشمه‌ها و قنات‌ها نیز بعد از بهره‌برداری سد نسبت به قبل از بهره‌برداری افزایش داشته است.

کلانتری (۱۳۸۸) جهت مشخص نمودن تأثیر سد کرخه روی کیفیت آبخوان اوان، نتایج آنالیز نمونه‌های سال ۷۳ با سال ۸۶ مقایسه شده است و تغییرات کیفی از لحاظ مکانی و زمانی مورد بررسی قرار گرفته است. کیفیت آب زیرزمینی در بخش شمالی بسیار مطلوب است اما در بخش های مرکزی و جنوبی مجموع

املاح آب زیرزمینی افزایش می‌یابد و کیفیت آب نامطلوب می‌گردد. مجموع املاح در دوره آماری بعد از احداث سد نسبت به دوره قبل از احداث سد افزایش یافته است. در دوره آماری قبل از احداث سد، آب زیرزمینی نسبت به کانی‌های کلسیت و دولومیت در نواحی شمالی و شمال غرب دشت در حالت تحت اشباع و در قسمت‌های میانی و جنوبی دشت، اشباع هستند. در حالی که در دوره آماری بعد از احداث سد، نمونه‌ها نسبت به کانی‌های کلسیت و دولومیت اشباع و فوق اشباع هستند.

جوادی و همکاران (۱۳۹۰) اثرات احداث سد ساوه بر کیفیت آب زیرزمینی در آبخوان دشت علی‌آباد را مورد بررسی قرار دادند. یکی از اثرات افت سطح آب زیرزمینی کاهش میزان کیفیت آب می باشد و نقشه‌های ترسیم شده برای این منطقه نشان داد که در سال‌های اخیر میزان شوری حتی در بخش مرکزی نیز با وجود بالا آمدگی آب افزایش پیدا کرده است.

د- نقش توسعه شهری بر کیفیت آب زیرزمینی

گسترش شهرنشینی پیامدهای مختلفی را به دنبال داردکه از جمله آن‌ها می‌توان به مصرف بیش‌تر منابع آب، آلودگی آب و هوا، تخریب محیط زیست و تغییر در اقلیم شهری اشاره نمود. در حال حاضر رشد شهرها، مخصوصاً در کشورهای در حال توسعه، منجر به شهرنشینی همراه با ضایعات زیست محیطی به ویژه آلودگی آب و کاهش کیفیت آن می‌شود.

موریس و همکاران (۱۹۹۴) مطالعاتی را در مورد تأثیر شهرسازی بر روی کیفیت آب زیرزمینی انجام دادند. این مطالعات بر روی سه شهر با نام‌های سانتاکروز در بولیوی و هات‌یای در تایلند و مریدا در مکزیک انجام گرفت. این سه شهر دارای سه نوع آب و هوای متفاوت می‌باشند. شهر سانتاکروز بر روی دشت واقع شده بود و همه‌ی آب مصرفی از سفره‌های نیمه تحت فشار عمیق بدست می‌آمد، آب‌های زیرزمینی در عمق

بیشتر از ۱۰۰ متر از کیفیت عالی برخوردار بودند. اما در عمق‌های کمتر از ۴۵ متر، غلظت کلراید (۴۰ – ۱۰) میلی‌گرم بر لیتر می‌رسید. غلظت بالا به سیستم فاضلابی غیربهداشتی برمی‌گردد. همچنین افزایش تغذیه در این شهر به حدود ۱۷۰ درصد مشاهده گردید، که باعث بالا آمدن سطح آب شده است. شهر هات‌یای تایلند جمعیتی در حدود ۱۴۰۰۰۰ از لحاظ تجاری و صنعتی توسعه سریع داشته و دارای تراکم جمعیت بالائی می‌باشد. شهر بر روی رسوبات آبرفتی ساحلی واقع شده است، و نیترات در آب زیرزمینی بالا می‌باشد. غلظت‌های بالای آمونیوم، کلراید و سولفات در سفره تحت فشار زیر شهر وجود دارد. غلظت کلراید بالا احتمالاً به خاطر نفوذ آب شور دریا بوده است ولی غلظت نیترات بالا آلودگی توسط فاضلاب را بیان می‌کرد. شهر مریدا در مکزیک با جمعیت ۵۲۵۰۰۰ دارای سفره آهکی کارستی می‌باشد و تحت تأثیر شدید آلوده کننده‌ها و باکتریولوژیک‌ها قرار دارد و آلودگی آب در عمق کمتر از ۹۰ متر دیده می‌شود.

گوانسه کارام (۱۹۸۳) در شهر دومنان‌جافنا سریلانکا که از آب زیرزمینی سفره کارستی بهره می‌گرفت و جمعیتی در حدود ۱۵۰۰۰۰ نفر داشت، غلظت بالای نیترات را به سیستم غیربهداشتی فاضلاب نسبت دادند.

خزائی (۱۳۷۹) تأثیر گسترش شهری بر کیفیت آب زیرزمینی زاهدان که تنها منبع تأمین آب برای مصارف مختلف شهر است را بررسی نموده است. نتایج این بررسی نشان می‌دهد که غلظت فسفر در آب زیرزمینی سفره زاهدان از ۰/۰۲ به ۰/۱ میلی‌گرم در لیتر در محدوده شهری متغیر است. به طور کلی، گسترش برنامه‌ریزی نشده شهر زاهدان به طور نگران کننده‌ای موجب آلودگی آب زیرزمینی گردیده است.

لشکری‌پور و غفوری (۱۳۸۱) با بررسی وضعیت نیترات در آب‌های زیرزمینی مشهد به این نتیجه رسیدند که در سال‌های اخیر غلظت نیترات در چاه‌های آب حفر شده در سفره آب زیرزمینی مشهد افزایش یافته و در برخی نقاط به بیش از ۵۰ میلی‌گرم در لیتر رسیده است. این افزایش عمدتاً مربوط به نشت فاضلاب‌های

خانگی به داخل آب‌های زیرزمینی می‌باشد. علاوه بر این، در چاه‌هایی که در حاشیه آن‌ها فعالیت کشاورزی صورت می‌گیرد نیز میزان غلظت زیاد بوده که منبع آلودگی آن‌ها کودهای شیمیایی بوده است.

در تحقیقاتی که مهندسان مشاور کاوآب در سال ۱۳۷۳ در خصوص کیفیت آب‌های زیرزمینی مناطق مختلف انجام دادند دریافتند که در برخی شهرها از جمله تهران، مشهد، ساری و رشت غلظت نیترات در برخی چاه‌های آب اشامیدنی قابل ملاحظه می‌باشد و از حد مجاز عبور کرده به طوری که دامنه تغییرات آن در محدوده صفر تا ۱۸۵ میلی‌گرم در لیتر بر حسب یون نیترات در نوسان است. علت این امر را دفع فاضلاب‌های خانگی و صنعتی، دفع غیراصولی مواد زاید جامد و مصرف کود شیمیایی ازت‌دار می‌دانند (لطیف ۱۳۸۱).

فصل سوم: روش انجام کار

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

- جمع‌آوری آمار و اطلاعات هواشناسی، زمین‌شناسی، هیدرولوژی و داده‌های سطح آب زیرزمینی مربوط به پیزومترها جهت پایش وضعیت آبخوان در دشت شهریار قدیم.
- ترسیم نقشه پایه زمین‌شناسی منطقه و نقشه حوضه آبگیر سدکرج با استفاده از نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ تهران و ساوه.
- انجام چند بازدید صحرایی به منظور شناخت بهتر منطقه و شرایط حاکم بر آن و نیز اندازه‌گیری هدایت الکتریکی و سطح آب زیرزمینی در تعدادی از چاه‌ها و پیزومترهای انتخابی موجود در دشت برای حصول اطمینان از صحت آمار ارائه شده از طرف شرکت آب منطقه‌ای.
- تکمیل و تصحیح داده‌ها و انتخاب دوره ۳۰ ساله (۱۳۹۳-۱۳۶۳) .
- بررسی خصوصیات هیدروژئولوژیکی دشت و روند تغییرات آن طی سال‌های ۱۳۶۳ تا ۱۳۹۳.
- بررسی خصوصیات هیدروژئوشیمیایی آبخوان و روند تغییرات آن طی سال‌های ۱۳۸۳ تا ۱۳۹۳.
- ترسیم نمودارها و نقشه‌های مربوطه.

۳-۱- جمع‌آوری آمار و اطلاعات سطح آب زیرزمینی

اولین گام در بررسی‌های یک آبخوان، جمع‌آوری اطلاعات موجود در مورد آن است. داده‌های موجود مربوط به خصوصیات کمی و کیفی آبخوان، که از پیزومترها و چاه‌های موجود در آبخوان برداشت می‌شوند، برای برآورد تغییرات در بازه‌های زمانی مختلف ضروری هستند.

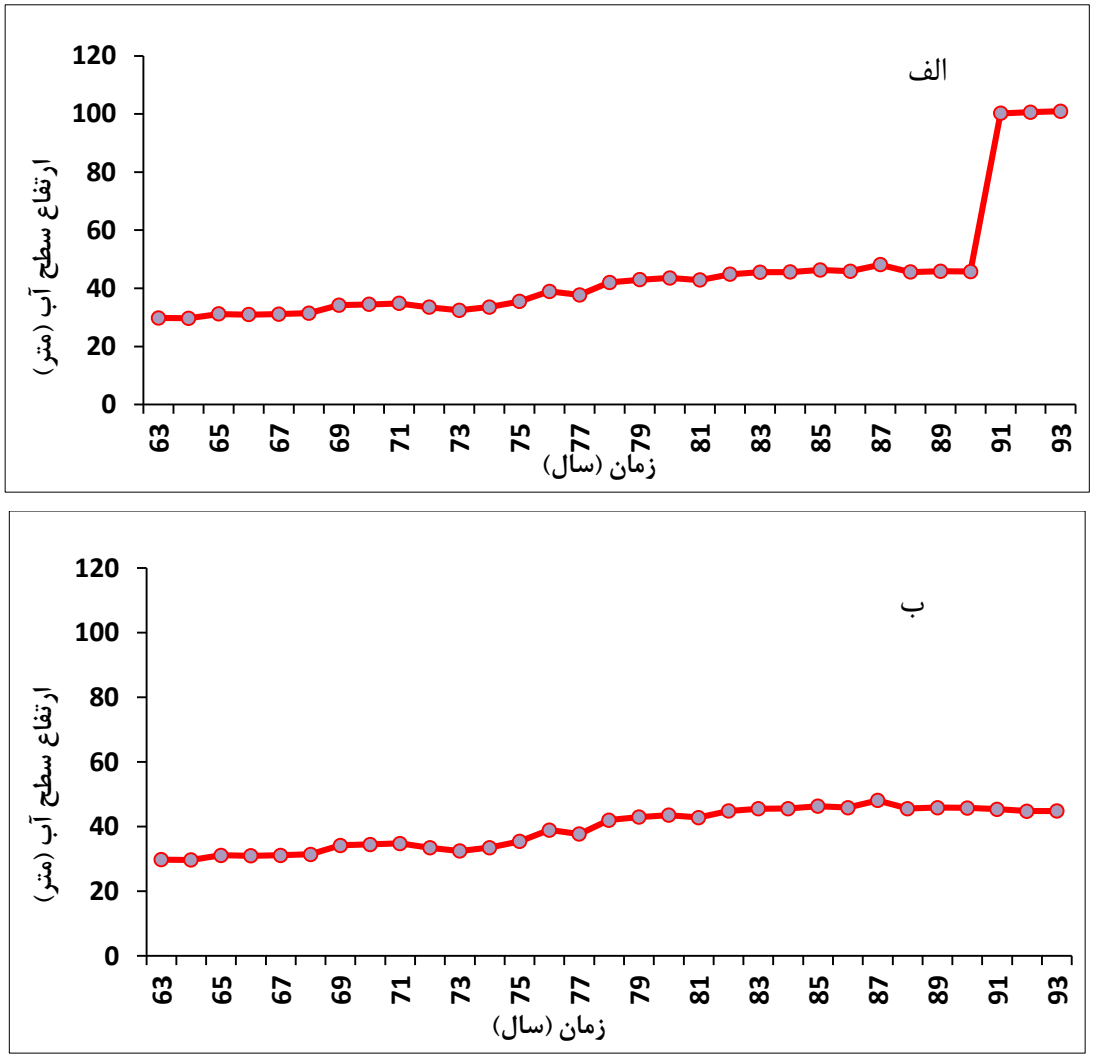
به منظور بررسی تغییرات کمی آبخوان آب زیرزمینی دشت شهریار قدیم، نیاز به آمار و اطلاعات ۳۰ سالهٔ سطح آب زیرزمینی (۱۳۹۳-۱۳۶۳) در تعدادی از پیزومترهای تعیین شده به عنوان نمایندهٔ کل آبخوان بود. این آمار و اطلاعات از شرکت آب منطقه‌ای استان تهران تهیه گردید. با توجه به طولانی بودن دورهٔ آماری، بخش زیادی از این اطلاعات (خصوصاً داده‌های مربوط به دههٔ اول آماری)، طی چند هفته کار دفتری از بایگانی سازمان آب منطقه‌ای و امور آب به صورت دستی برداشت و سپس جهت انجام محاسبات بعدی وارد نرم‌افزار اکسل گردید. همچنین به منظور تعیین مشخصات آب و هوایی منطقه که شامل متوسط درجهٔ حرارت و میزان بارندگی سالانه می‌باشد، از آمار ایستگاه‌های هواشناسی موجود در منطقه که توسط ادارهٔ هواشناسی اندازه‌گیری شده بود، استفاده گردید.

۳-۲- تکمیل و تصحیح آمار سطح آب زیرزمینی

به دلیل طولانی بودن دوره‌ی 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 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 تصحیح و تکمیل گردد. بازسازی آمار در مواردی که پیزومتر یک تا سه ماه فاقد آمار بود، با توجه به روند تغییرات سطح آب در پیزومتر مربوطه، عدد مربوط به سطح آب زیرزمینی برآورد 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. روند سطح آب در برخی پیزومترها به صورت ناگهانی تغییر می‌کرد که در برخی موارد علت آن تغییر مکان چاه‌ها و در نتیجه تغییر ارتفاع سطح آب از سطح زمین بود. با همسان‌سازی این ارتفاع، داده‌ها به صورت یکنواخت مرتب شدند (شکل ۳-۱).



شکل۳-۱- تصحیح آمار در داده‌های مربوط به پیزومترشمس‌آباد شکل الف) قبل از تصحیح، شکل ب) بعد از تصحیح

۳-۳-ترسیم نقشه زمین‌شناسی منطقه

با توجه به گستردگی زیاد منطقهٔ مطالعه، در ترسیم نقشهٔ زمین‌شناسی آن از نقشه‌های ۱:۲۵۰۰۰۰ تهران و ساوه (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 و نرم‌افزار Google Earth نیز انجام شد. این لایه‌های اطلاعاتی، سرانجام توسط نرم‌افزار Arc GIS 10.2 دورسنجی و پردازش شده و بر پایهٔ آن نقشهٔ زمین‌شناسی منطقهٔ مورد مطالعه با موزائیک کردن دو نقشهٔ در محیط نرم‌افزار Arc GIS ترسیم گردید.

۳-۴- بررسی تغییرات سطح آب زیرزمینی در دشت شهریار قدیم

جهت بررسی روند تغییرات سطح و میزان افت تراز آب زیرزمینی دشت شهریار قدیم طی دوره‌ی مورد مطالعه، از داده‌های ۳۰ ساله‌ی سطح آب زیرزمینی (۱۳۹۳-۱۳۶۳) در ۴۲ پیزومتر دارای کامل‌ترین آمار و بهترین پراکندگی در منطقه‌ی مورد مطالعه استفاده گردیده که اندازه‌گیری سطح آب در این پیزومترها به صورت ماهیانه صورت گرفته است.

۳-۴-۱- ترسیم نمودارها و نقشه‌های کمی آبخوان

به منظور مقایسهٔ سریع و آسان و نیز تفسیر دقیق‌تر تغییرات کمی و جهت عمومی جریان آب‌زیرزمینی، نقشه‌های هم‌پتانسیل سطح ایستابی منطقهٔ مورد مطالعه، با استفاده از نرم افزار Arc GIS 10.2 برای سال ۱۳۹۳ ترسیم گردیده و با نقشهٔ هم‌پتانسیل و هم‌عمق آب زیرزمینی ترسیم شده برای سال اول آماری (سال

۱۳۶۳) مقایسه شده است. همچنین میزان افت سطح آب زیرزمینی طی این دورهٔ ۳۰ ساله به صورت نقشه هم‌افت ترسیم گردید.

برای هر یک از پیزومترهای انتخابی موجود در دشت میزان افت محاسبه شده و پس از دسته‌بندی این پیزومترها به ۳ گروه در بخش شمالی، بخش مرکزی و بخش جنوبی نمودار تغییرات هر یک از بخش‌ها رسم شد. همچنین هیدروگراف پیزومترهای دارای بیشترین و کمترین میزان تغییرات سطح آب طی این دورهٔ ۳۰ ساله، جهت مقایسه بر روی یک دستگاه محورهای مختصات نمایش داده شده است.

۳-۴-۲- ترسیم هیدروگراف واحد برای بخش‌های مختلف دشت

هیدروگراف واحد دشت به منظور بررسی تغییرات سطح آب زیرزمینی در نقاط مختلف دشت، ترسیم شد. به منظور تهیه هیدروگراف واحد و بررسی نوسانات سالانه‌ی سطح آب زیرزمینی دشت شهریار طی سال‌های ۱۳۶۳ تا ۱۳۹۳، از میانگین وزنی سطح آب زیرزمینی در اسفند ماه هر سال در پیزومترهای موجود در منطقه‌ی مورد مطالعه استفاده شد. در نهایت با استفاده از آمار و اطلاعات حاصله، هیدروگراف واحد دشت طی سال‌های ۱۳۶۳ تا ۱۳۹۳ ترسیم گردید. سرانجام برای بررسی روند تغییرات زمانی سطح آب زیرزمینی در بخش‌های مختلف، هیدروگراف ۳۰ سالهٔ هر یک از بخش‌های شمالی، مرکزی و جنوبی طی سال های ۱۳۶۳ تا ۱۳۹۳ ترسیم گردیده است.

۳-۴-۳- پهنه‌بندی دشت به لحاظ افت

افت سطح آب زیرزمینی در تمامی بخش‌های آبخوان به یک اندازه نیست. بلکه با توجه به وضعیت هیدروژئولوژیکی آبخوان که اغلب در نقاط مختلف متفاوت است، سطح آب زیرزمینی نیز در نقاط مختلف، به مقدار متفاوتی افت می‌کند. برای بررسی افت سطح آب زیرزمینی در دشت شهریار و نیز بررسی علل

این تغییرات، اختلاف تراز آب را بین سال‌های ۱۳۶۳ و ۱۳۹۳ برای هر پیزومتر محاسبه کرده و بر اساس نتایج حاصله، دشت به سه بخش (بخش شمالی با بیشترین مقدار افت، بخش مرکزی با افت متوسط و بخش جنوبی با افت کم) تقسیم گردید.

۳-۵- بررسی تغییرات کیفیت آب زیرزمینی منطقه

جهت بررسی خصوصیات هیدروژئوشیمیایی آبخوان آب زیرزمینی و روند تغییرات آن با گذشت زمان، از داده‌های ۱۱ سالهٔ شیمی آب زیرزمینی (۱۳۸۳ تا ۱۳۹۳)، شامل اندازه‌گیری‌های مربوط به هدایت الکتریکی و غلظت آنیون‌ها و کاتیون‌های اصلی موجود در آب از قبیل سولفات، کلر، بیکربنات، سدیم، منیزیم و کلسیم در ۲۸ چاه انتخابی تعیین شده توسط شرکت آب منطقه‌ای استان تهران به منظور بررسی وضعیت کیفی آبخوان دشت شهریار قدیم استفاده گردید.

به منظور مقایسهٔ سریع و آسان و نیز تفسیر دقیق‌تر تغییرات کیفیت آبخوان دشت شهریار، نقشه‌های هدایت الکتریکی منطقهٔ مورد مطالعه، برای سال ۱۳۹۳ به روش دستی و با استفاده از نرم‌افزار Arc GIS 10.3 ترسیم گردید و با نقشهٔ هدایت الکتریکی ترسیم شده برای سال اول آماری (سال ۱۳۸۳) مقایسه گردید. همچنین مقدار و درصد افزایش هدایت الکتریکی آب هر یک از منابع انتخابی طی این دورهٔ ۱۰ ساله، محاسبه شده است. در ادامه، مقدار هدایت الکتریکی و غلظت آنیون‌ها و کاتیون‌های اصلی موجود در آبخوان، برای سال‌های ۱۳۸۳ و ۱۳۹۳ محاسبه گردیده است. در نهایت، به منظور بررسی چگونگی تغییرات زمانی مقادیر آنیون‌ها و کاتیون‌های اصلی آبخوان، نمودار مقادیر این پارامترها طی دورهٔ مورد مطالعه ترسیم گردیده است. این نمودارها همچنین پس از زون بندی آبخوان دشت شهریار به سه بخش شمالی، مرکزی و بخش جنوبی، برای هر بخش به طور مجزا ترسیم شده است.

فصل چهارم: بررسی تأثیر احداث سد کرج بر تغییرات سطح و شیمی آب زیرزمینی دشت شهریار قدیم

مطالعه کمی و کیفی منابع آب زیرزمینی و بررسی 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. دشت شهریار قدیم و شهرستان‌های اطراف آن نیز به عنوان یکی از مناطق واقع در ناحیه نیمه‌خشک ایران با منابع آب سطحی ناچیز، در سال‌های اخیر به دلیل احداث سد کرج در بالا دست، توسعه شهرنشینی، مهاجرت بالای جمعیت به این منطقه و برداشت‌های بی‌رویه از آبخوان 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 شهریار قدیم طی سال‌های ۱۳۶۳ تا ۱۳۹۳، به منظور تعیین وضعیت کنونی آبخوان و تأثیر احداث سد کرج (از طریق مقایسه داده‌های فعلی با داده‌های سال‌های قبل)، پرداخته می‌شود.

۴-۱- تغییرات سطح آب زیرزمینی

بررسی کمی منابع آب زیرزمینی و چگونگی تغییرات آن طی گذر زمان یکی از مهم‌ترین جنبه‌های مطالعهٔ

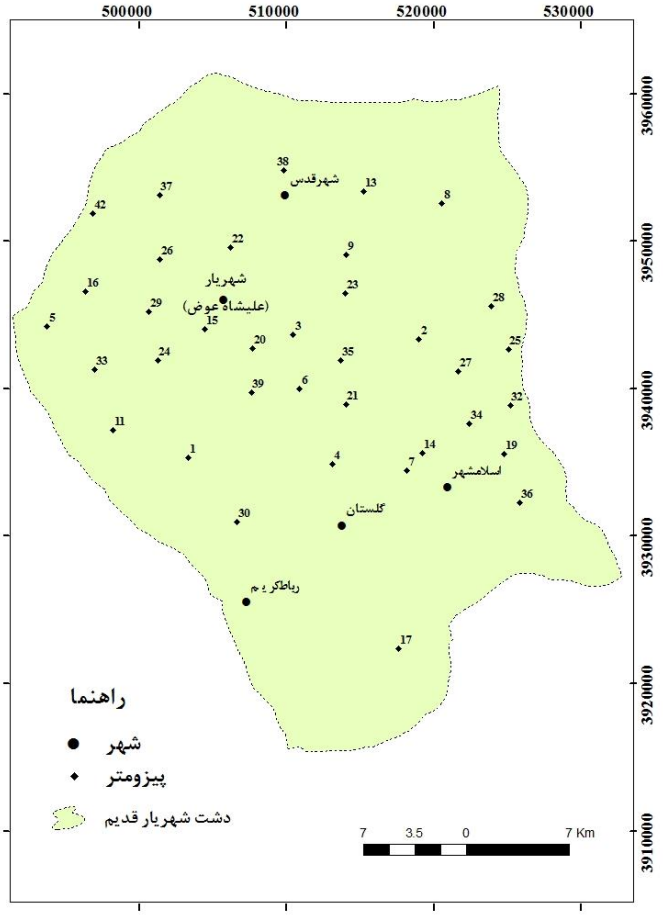
آب‌های زیرزمینی در تمامی دشت‌هاست که امکان مدیریت صحیح، جهت بهره‌برداری پایدار و حفظ این منابع حیاتی را فراهم می‌آورد. این بررسی‌ها معمولاً از طریق نقشه‌ها و نمودارهایی که به این منظور تهیه می‌شوند، صورت می‌پذیرد و از آن جمله می‌توان به نقشه‌های هم‌پتانسیل، هم‌افت و هم‌عمق آب زیرزمینی که شرایط آبخوان را در قالب خطوط هم‌ارزش بیان می‌کنند 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 آن‌ها ترسیم گردد، نشان‌دهندهٔ چگونگی پاسخ آبخوان به بارندگی های سالانه، می‌باشند. برای بررسی هیدروژئولوژی دشت، از آمار ۳۰ ساله پیزومترهای دشت شهریار قدیم، به علت کامل‌تر بودن نسبت به دوره‌های قبل، استفاده شده است.

۴-۱-۱- بررسی روند کاهش و افزایش سطح آب زیرزمینی

چاه‌های پیزومتری جهت بررسی نوسانات سطح آب زیرزمینی و تهیه نقشه‌های تراز آب زیرزمینی مورد استفاده قرار می‌گیرند. از تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل از پیزومترها می‌توان اطلاعاتی در خصوص جهت جریان و شیب هیدرولیکی آب زیرزمینی، نحوه تبادل آبهای سطحی و زیرزمینی، مرزهای هیدرولیکی، تأثیر 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 شهریار قدیم طی دورهٔ مورد مطالعه، از آمار و اطلاعات ۳۰ سالهٔ سطح آب زیرزمینی (۱۳۶۳ تا ۱۳۹۳) در پیزومترهای واقع در دشت استفاده گردیده است. تعداد پیزومترهای تعیین شده توسط شرکت آب منطقه‌ای استان تهران به منظور

بررسی وضعیت تغییرات سطح سفرهٔ آب زیرزمینی دشت شهریار قدیم، ۹۶ حلقه 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 ۴۲ پیزومتر دارای کامل‌ترین آمار و بهترین پراکندگی در محدودهٔ مورد مطالعه به عنوان نماینده‌ای برای کل سفرهٔ آب زیرزمینی دشت شهریار قدیم، انتخاب گردیده و جهت پایش وضعیت تغییرات سطح آب آبخوان دشت شهریار استفاده شده است. لازم به ذکر است که اندازه‌گیری سطح آب در این پیزومترها به صورت ماهیانه صورت گرفته است. شکل (۴-۱)، موقعیت پیزومترهای انتخابی واقع در محدودهٔ مورد مطالعه را نشان می‌دهد.



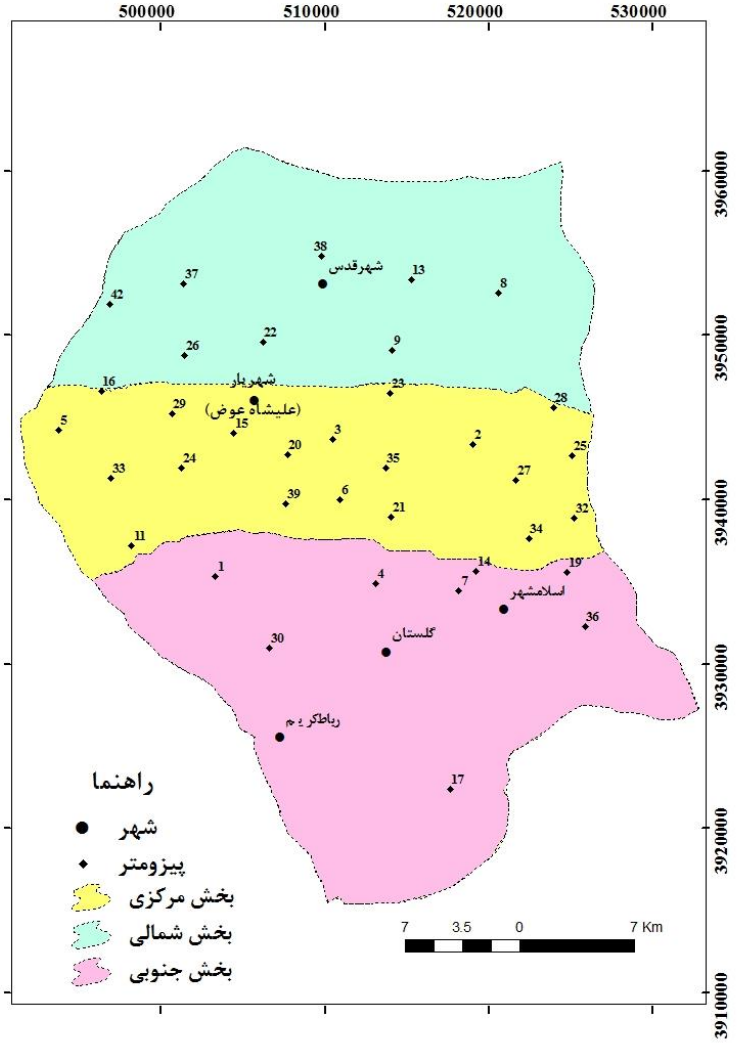
شکل ۴-۱-موقعیت پیزومترهای انتخابی دشت شهریار قدیم

۴-۱-۲- 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 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، 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.

به منظور مقایسهٔ سریع و آسان و نیز تفسیر دقیق‌تر روند تغییرات سطح ایستابی آبخوان دشت شهریار قدیم، دورهٔ مطالعاتی به سه دورهٔ ۱۰ ساله (۱۳۶۳ تا ۱۳۷۳، ۱۳۷۳ تا ۱۳۸۳، ۱۳۸۳ تا۱۳۹۳) تقسیم گردیده است. آن‌گاه مقدار متوسط سالانهٔ تراز آب زیرزمینی در هر پیزومتر، برای هر دوره میانگین‌گیری از مقادیر ماهانهٔ اندازه‌گیری شده طی این سال‌ها محاسبه گردیده است. سپس اعداد به دست آمده با مقادیر متوسط تراز آب زیرزمینی آن پیزومترها در سال اول آماری (۱۳۶۳) مقایسه شده است. همچنین میزان افت سطح آب برای هر یک از پیزومترها، طی سال‌های هر یک از دوره‌ها و همچنین کل دوره ۳۰ ساله با تفاضل مقادیر سطح آب آن‌ها در این سال‌ها محاسبه گردیده است. سرانجام جهت بررسی تغییرات سطح آب کل دشت، منطقه مورد مطالعه به سه منطقه (بخش شمالی، بخش مرکزی و بخش جنوبی) تقسیم گردید و میزان

افت‌های دوره‌های ۱۰ساله به تفکیک در هر کدام از این مناطق جداگانه رسم گردید و در نهایت افت در این مناطق محاسبه و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.



شکل ۴-۲- تقسیم بندی منطقه به سه بخش شمالی، مرکزی و جنوبی

بر طبق جدول ۱-۴، سطح ایستابی طی این دوره ۳۰ ساله به میزان ۱۷/۲۷ متر افت داشته است، به‌گونه‌ای که تراز آب زیرزمینی از مقدار ۱۰۷۸/۵۴ متر از سطح دریا در سال ۱۳۶۳ به ۱۰۵۹/۲۳ متر از سطح دریا

در پایان سال ۱۳۹۳ رسیده است. به‌عبارت دیگر، متوسط افت سالانه سطح آب زیرزمینی در این دشت طی این دوره به میزان ۶۴/۳۸ سانتیمتر بوده است. میزان افت سالانه سطح آب زیرزمینی طی ۵ سال اول آماری (۱۳۶۳ تا ۱۳۶۸) برابر با ۴/۹۷ متر و در ۵ سال دوم (۱۳۶۸ تا ۱۳۷۳) برابر ۱/۵۳ و در ۵ سال سوم (۱۳۷۳ تا ۱۳۷۸) برابر ۴/۹۳، در ۵ سال چهارم (۱۳۷۸ تا ۱۳۸۳) برابر ۲/۵۵، در ۵ سال پنجم (۱۳۸۳ تا ۱۳۸۸) برابر۴/۰۷، در ۵ سال ششم (۱۳۸۸ تا ۱۳۹۳) برابر ۱/۲۳ بوده است.

جدول۴-۱- ارتفاع سطح ایستابی در ۴۲ پیزومتر انتخابی موجود در دوره‌های پنج ساله

نام پیزومتر	شماره پیزومتر	سال						
		1363	1368	1373	1378	1383	1388	1393
یقه	1	1066.74	1066.635	1068.48	1069.69	1070.29	1068.95	1068.83
احمدآباد مستوفی	2	1074.39	1071.39	1070.59	1066.12	1069.04	1068.49	1069.77
بالابان	3	1086.33	1072.29	1077.59	1078.57	1070.32	1075.99	1073.29
احمدآباد جانسپار	4	1071.27	1043.92	1054.03	1056.02	1075.88	1082.79	1085.63
اسفندآباد	5	1081.9	1078.11	1084.58	1085.26	1086.59	1087.03	1086.39
اسکمان	6	1065.71	1060.49	1059.8	1055.36	1054.75	1052.35	1053.45
بهمن آباد	7	1061.87	1058.99	1058.32	1055.22	1049.68	1059.66	1068.85
پارس فیلم	8	1151.22	1151.13	1151.21	1153.47	1152.24	1151.91	1151.29
پرنان	9	1104.07	1094.26	1084.68	1079.92	1077.62	1054.95	1055.65
پلائین	10	1043.71	1045.12	1044.48	1042.67	1045.05	1039.55	1039.94
ترپاق تپه	11	1073.18	1068.49	1057.77	1051.4	1054.42	1042.9	1043.28
جعفرآباد جنگل	12	1048.02	1045.02	1045.14	1043.56	1038.32	1037.12	1036.83
چیتگر	13	1125.42	1118.86	1120.15	1111.85	1111.89	1098.99	1097.33
چیچکلو	14	1044.17	1037.26	1040.5	1043.83	1044.52	1041.51	1049.11
حصارزیرک	15	1110.26	1110.89	1112.35	1111.29	1117.98	1111.5	1112.34
حصارک غفاری	16	1101.32	1098.94	1094.85	1064.35	1055.53	1065.66	1066.29
حکیم آباد	17	953.49	936.29	939.52	934.94	931.69	923.54	922.67
خلازیر	18	1069.25	1069.05	1071	1067.65	1068.45	1067.23	1065.32
ده عباس	19	1053.89	1053.55	1051.18	1048.24	1048.11	1044.16	1043.45
دینارآباد	20	1086.52	1081.62	1079.95	1077.92	1077.53	1076.53	1075.75
دهشاد	21	1054.01	1052.66	1060.92	1047.71	1031.14	1005.04	985.77
رضی آباد	22	1106.18	1097.76	1066.76	1066.26	1062.49	1050.96	1042.89

ادامه جدول ۴-۱

نام پیزومتر	شماره پیزومتر	سال						
		1363	1368	1373	1378	1383	1388	1393
سعیدآباد جدید	23	1067.36	1067.54	1078.02	1075.82	1065.73	1078.46	1080.17
شفیع آباد	24	1108.62	1109.26	1109	1108.57	1110.12	1109.08	1060.53
شمس اباد	25	1079.39	1077.84	1077.36	1066.8	1064.63	1064.76	1063.68
شهرک اندیشه	26	1095.49	1090.01	1080.74	1063.47	1044.84	1041.85	1038.8
علی آباد مختارخانی	27	1074.27	1071.74	1069.44	1069.76	1071.25	1068.9	1069.09
فرمان آباد	28	1082.23	1075.57	1068.76	1058.89	1045.92	1035.3	1030.52
کردزار	29	1092.84	1088.19	1077.45	1076.19	1075.28	1041.96	1037.05
کیکاور	30	1037.94	1035.4	1038.8	1040.35	1041	1042.04	1047.73
کریم آباد	31	1008.67	1006.52	1006.02	1004.34	1004.38	1004.72	1001.5
گلدسته	32	1062.31	1058.63	1055.56	1053.44	1050.88	1051.91	1057.49
مهرچین	33	1119	1116.45	1116.3	1115.61	1119.27	1115.25	1116.94
موسی آباد	34	1059.65	1058.81	1062	1049.04	1041.09	1038.38	1042.78
نصیرآباد	35	1078.14	1074.6	1076.45	1074.68	1075.08	1069.55	1073.37
نظام آباد	36	1013.4	1014.36	1014.65	1018.2	1017.08	1016.07	1016.13
هفت جوی	37	1168.65	1142.64	1134.8	1109.61	1089.03	1076.67	1077.21
نفت پارس	38	1168.21	1166.96	1168.25	1163.53	1168.73	1164.5	1168.05
ویره	39	1065.6	1061.13	1059.39	1058.93	1060.3	1062.84	1061.54
یافت آباد	40	1090.6	1083.06	1073.46	1058.88	1049.92	1037.55	1037.81
یوسف اباد	41	1054.97	1043.99	1039.61	1038.24	1038.03	1036.95	1039.18
مارلیک	42	1138.7	1134.57	1125.58	1102.43	1084.69	1076.13	1074
میانگین		**1078.547**	**1073.571**	**1072.035**	**1067.097**	**1064.542**	**1060.469**	**1059.231**

۴-۲- ارزیابی مقادیر افت در پیزومترهای دشت

هر یک از پیزومترهای انتخابی موجود در محدوده‌ی مورد مطالعه، دارای افت مشخصی هستند. مقادیر افت‌های پنج ساله در ۴۲ پیزومتر انتخابی موجود در دشت شهریار قدیم در جدول ۴-۲ آورده شده است. با توجه به تقسیم‌بندی دشت به سه بخش شمالی، مرکزی و جنوبی می‌توان پیزومترها را دسته‌بندی کرد.

با توجه به طولانی بودن دوره‌ی آماری، برای بررسی بهتر این امر، سه دهه (۱۳۶۳ تا ۱۳۷۳، ۱۳۷۳ تا ۱۳۸۳، ۱۳۸۳ تا ۱۳۹۳) در نظر گرفته شد و برای هر دهه و با توجه به اطلاعات سطح آب در پیزومترها، یک افت میانگین بدست آمده است (شکل ۴-۳).

جدول۴-۲- میزان افت‌های پنج ساله در ۴۲ پیزومتر انتخابی موجود در دشت

نام پیزومتر	شماره پیزومتر	مقدار افت (متر) در دوره‌های پنج ساله مختلف						
		63-68	68-73	73-78	78-83	83-88	88-93	63-93
یقه	1	-0.105	1.845	1.21	0.6	-1.34	-0.12	2.09
احمدآباد مستوفی	2	-3	-0.8	-4.47	2.92	-0.55	1.28	-4.62
بالابان	3	-14.04	5.3	0.98	-8.25	5.67	-2.7	-13.04
احمدآباد جانسپار	4	-27.35	10.11	1.99	19.86	6.91	2.84	14.36
اسفندآباد	5	-3.79	6.47	0.68	1.33	0.44	-0.64	4.49
اسکمان	6	-5.22	-0.69	-4.44	-0.61	-2.4	1.1	-12.26
بهمن آباد	7	-2.88	-0.67	-3.1	-5.54	9.98	9.19	6.98
پارس فیلم	8	-0.09	0.08	2.26	-1.23	-0.33	-0.62	0.07
پرنان	9	-9.81	-9.58	-4.76	-2.3	-22.67	0.7	-48.42
پلائین	10	1.41	-0.64	-1.81	2.38	-5.5	0.39	-3.77
ترپاق تپه	11	-4.69	-10.72	-6.37	3.02	-11.52	0.38	-29.9
جعفرآباد جنگل	12	-3	0.12	-1.58	-5.24	-1.2	-0.29	-11.19
چیتگر	13	-6.56	1.29	-8.3	0.04	-12.9	-1.66	-28.09
چیچکلو	14	-6.91	3.24	3.33	0.69	-3.01	7.6	4.94
حصارزیرک	15	0.63	1.46	-1.06	6.69	-6.48	0.84	2.08
حصارک غفاری	16	-2.38	-4.09	-30.5	-8.82	10.13	0.63	-35.03
حکیم آباد	17	-17.2	3.23	-4.58	-3.25	-8.15	-0.87	-30.82
خلازیر	18	-0.2	1.95	-3.35	0.8	-1.22	-1.91	-3.93
ده عباس	19	-0.34	-2.37	-2.94	-0.13	-3.95	-0.71	-10.44
دینارآباد	20	-4.9	-1.67	-2.03	-0.39	-1	-0.78	-10.77
دهشاد	21	-1.35	8.26	-13.21	-16.57	-26.1	-19.27	-68.24
رضی آباد	22	-8.42	-31	-0.5	-3.77	-11.53	-8.07	-63.29

ادامه جدول ۴-۲

نام پیزومتر	شماره پیزومتر	مقدار افت (متر) در دوره‌های پنج ساله مختلف					
		63-68	68-73	73-78	78-83	83-88	88-93	63-93
سعیدآباد جدید	23	0.18	10.48	-2.2	-10.09	12.73	1.71	12.81
شفیع آباد	24	0.64	-0.26	-0.43	1.55	-1.04	-48.55	-48.09
شمس اباد	25	-1.55	-0.48	-10.56	-2.17	0.13	-1.08	-15.71
شهرک اندیشه	26	-5.48	-9.27	-17.27	-18.63	-2.99	-3.05	-56.69
علی آباد مختارخانی	27	-2.53	-2.3	0.32	1.49	-2.35	0.19	-5.18
فرمان آباد	28	-6.66	-6.81	-9.87	-12.97	-10.62	-4.78	-51.71
کردزار	29	-4.65	-10.74	-1.26	-0.91	-33.32	-4.91	-55.79
کیکاور	30	-2.54	3.4	1.55	0.65	1.04	5.69	9.79
کریم آباد	31	-2.15	-0.5	-1.68	0.04	0.34	-3.22	-7.17
گلدسته	32	-3.68	-3.07	-2.12	-2.56	1.03	5.58	-4.82
مهرچین	33	-2.55	-0.15	-0.69	3.66	-4.02	1.69	-2.06
موسی آباد	34	-0.84	3.19	-12.96	-7.95	-2.71	4.4	-16.87
نصیرآباد	35	-3.54	1.85	-1.77	0.4	-5.53	3.82	-4.77
نظام آباد	36	0.96	0.29	3.55	-1.12	-1.01	0.06	2.73
هفت جوی	37	-26.01	-7.84	-25.19	-20.58	-12.36	0.54	-91.44
نفت پارس	38	-1.25	1.29	-4.72	5.2	-4.23	3.55	-0.16
ویره	39	-4.47	-1.74	-0.46	1.37	2.54	-1.3	-4.06
یافت آباد	40	-7.54	-9.6	-14.58	-8.96	-12.37	0.26	-52.79
یوسف اباد	41	-10.98	-4.38	-1.37	-0.21	-1.08	2.23	-15.79
مارلیک	42	-4.13	-8.99	-23.15	-17.74	-8.56	-2.13	-64.7

کاهش میزان تغذیه آبخوان و نیز احداث سد کرج در بالا دست این دشت به همراه افزایش جمعیت و برداشت زیاد آب زیرزمینی در این منطقه، سبب افت بالای سطح ایستابی گردیده است. شکل۴-۳ مقایسه افت کل طی دوره مورد مطالعه ۳۰ ساله را در بخش‌های مختلف دشت شهریار قدیم نشان می‌دهد.

همانطور که ملاحظه می‌شود بیشترین میزان افت طی ۳۰ سال گذشته در بخش شمالی می‌باشد که دلیل این مطلب احداث سد در بالا دست و کاهش حجم تغذیه‌ای آبخوان از رودخانه کرج از یک طرف و همچنین

کیفیت بالای آبها و برداشت زیاد از این بخش و انتقال آن برای مصارف شرب به سایر بخش‌ها می‌باشد. در بخش مرکزی به دلیل رواج داشتن کشاورزی میزان افت قابل توجه می‌باشد و بخش جنوبی به دلیل افزایش جمعیت و مهاجرت زیاد، افزایش فاضلاب‌های خانگی و صنعتی، غیرفعال بودن فعالیت‌های کشاورزی دارای میزان افت کمتری در دشت می‌باشد.

شکل۴-۳- مقایسه افت کل در یک دوره ۳۰ ساله در سه بخش شمالی، مرکزی و جنوبی دشت شهریار قدیم

۴-۲-۱- پیزومترهای بخش شمالی

این پیزومترها دارای میزان افت زیادی می‌باشند. در ده ساله اول با میانگین‌گیری از سطح آب زیرزمینی در پیزومترها این نتیجه بدست آمد که سطح آب زیرزمینی افت زیادی در حدود ۱۲/۵ متر داشته است. میانگین افت در ده ساله دوم، ۱۷/۶۲ متر بوده است که افت زیاد در این دوره احتمالاً به دلیل فعال بودن بخش‌های کشاورزی و همچنین ساخت و ساز وسیع‌تر برای احداث شهر جدید اندیشه و انتقال آب به دیگر

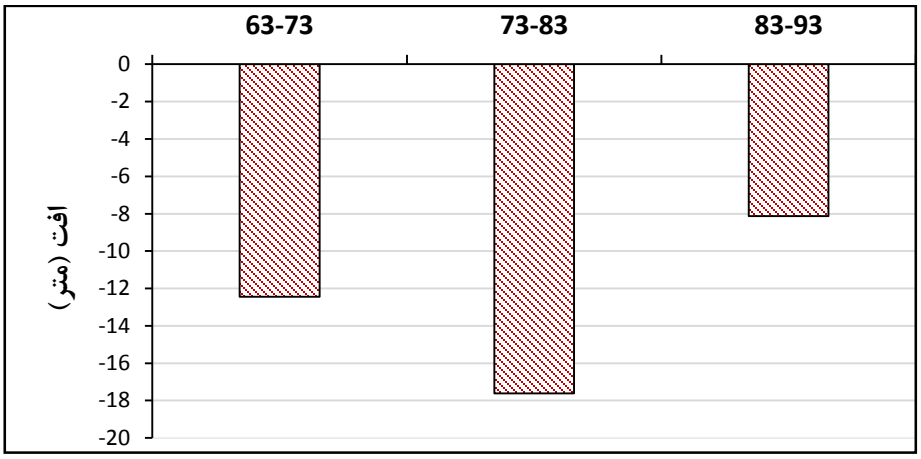
بخش‌ها به دلیل کیفیت بالای آب می‌باشد. همچنین در ده ساله سوم، افت میانگین دشت بیشتر از ۵ متر می‌باشد، در این دوره به دلیل بالا بودن افت در سال‌های قبل محدودیت‌های برداشت اعمال شده و همچنین ساخت وسازهای شهر جدید اندیشه کمتر شده است علاوه بر این کشاورزی بسیار ناچیز شده است (شکل ۴-۴).

۴-۲-۲- پیزومترهای بخش مرکزی

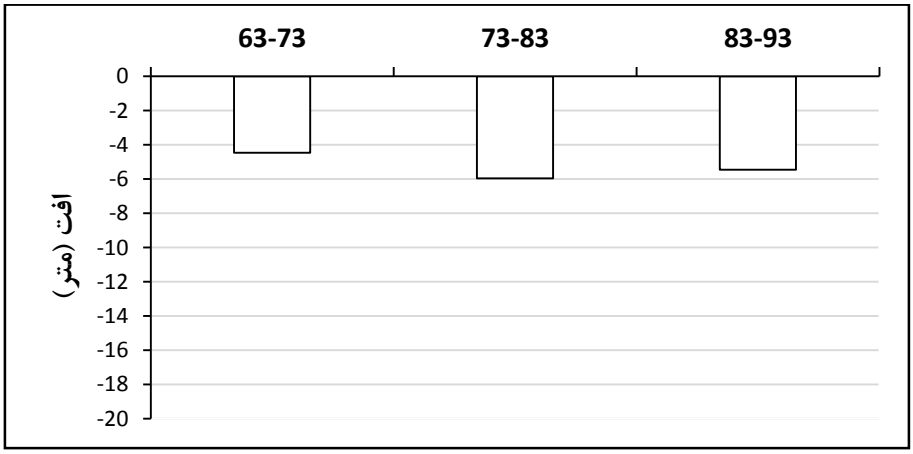
این پیزومترها دارای میزان افت متوسط می‌باشد. در ده ساله اول با میانگین‌گیری از سطح آب زیرزمینی در پیزومترها این نتیجه بدست آمد که سطح آب زیرزمینی افتی در حدود ۴/۵ متر داشته است. میانگین افت در ده ساله دوم، حدود ۶ متر بوده است. همچنین در ده ساله سوم، افت میانگین دشت دارای افتی بیشتر از ۸ متر می‌باشد. در بخش مرکزی فعالیت‌های کشاورزی بسیار قابل توجه است و باغات زیادی فعال می‌باشد (شکل ۴-۵).

۴-۲-۳- پیزومترهای بخش جنوبی

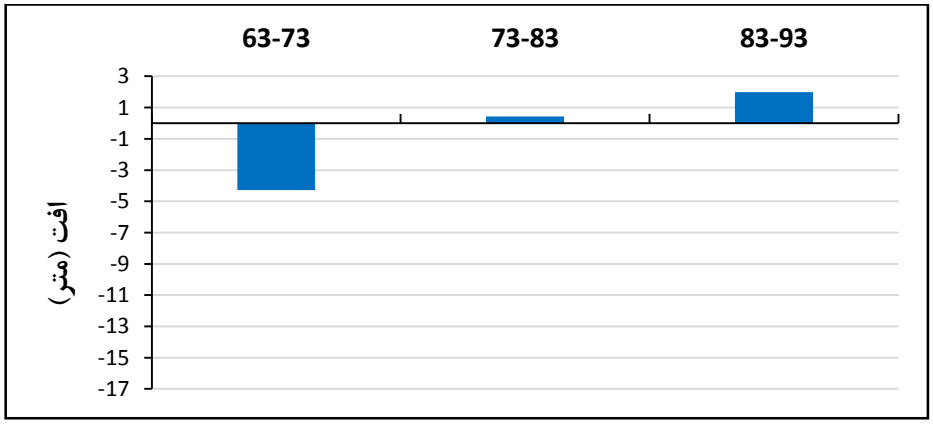
این پیزومترها دارای میزان افت کم می‌باشد. در ده ساله اول با میانگین‌گیری از سطح آب زیرزمینی در پیزومترها این نتیجه بدست آمد که سطح آب زیرزمینی افتی در حدود ۴ متر داشته است. میانگین افت در ده ساله دوم، حدود صفر بوده است. همچنین در ده ساله سوم، دشت دارای افتی نبوده و در واقع حدود ۱/۹ متر سطح آب بیشتر شده است. در بخش جنوبی به دلیل توسعه شهری و افزایش جمعیت کشاورزی بسیار ناچیز می‌باشد. همچنین به دلیل پایین بودن کیفیت آب برای مصارف شرب انتقال آب از بخش‌های دیگر به این منطقه را داریم (شکل ۴-۶).



شکل ۴-۴- نمودارهای افت دهه‌های مختلف در بخش شمالی

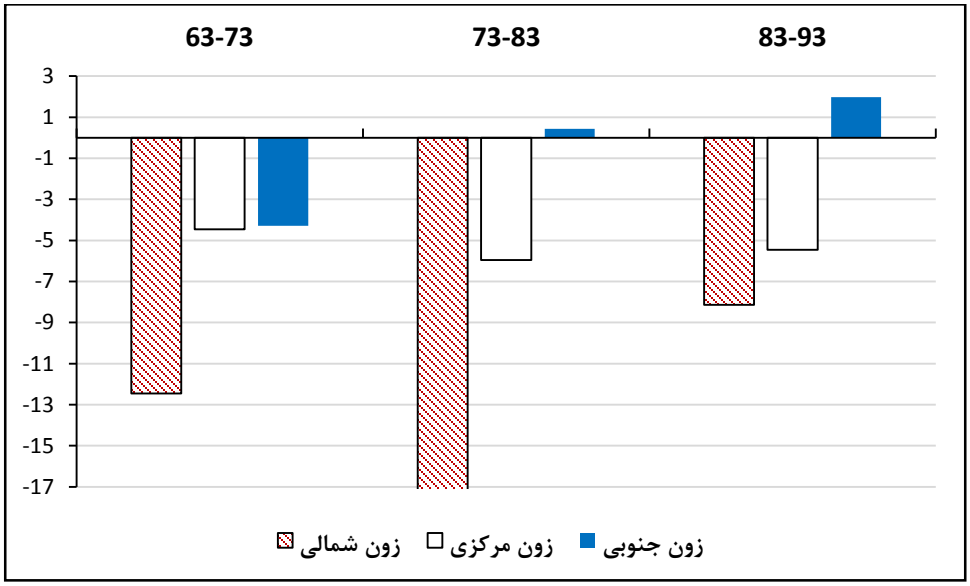


شکل۴-۵- نمودارهای افت سه دهه در بخش مرکزی



شکل۴-۶- نمودارهای افت سه دهه در بخش جنوبی

هیستوگرام‌های افت در سه زون برای مقایسه ترسیم گردید (شکل ۴-۷). بیشترین میزان افت طی ۳۰ سال گذشته در زون شمالی می‌باشد که به دلیل احداث سد در بالا دست و کاهش تدریجی سهم تغذیه‌ای رودخانه کرج از مناطق جنوب غرب به سمت شمال شرق آبخوان، پایین افتادن سطح آب و خشک شدن قناتها در منطقه و همچنین رواج داشتن کشاورزی می‌باشد. زون جنوبی به دلیل افزایش جمعیت و مهاجرت زیاد، افزایش فاضلاب‌های خانگی و صنعتی، غیرفعال بودن فعالیت‌های کشاورزی دارای میزان افت کمتری در دشت می‌باشد.

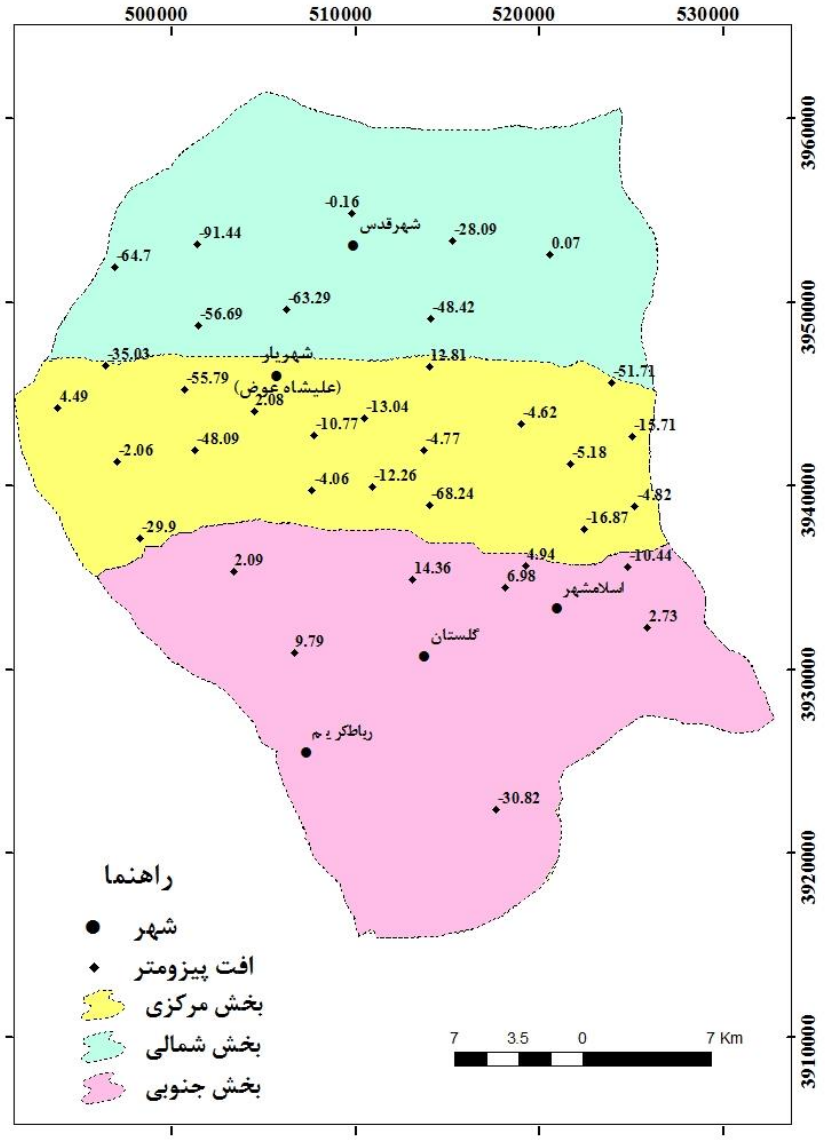


۴-۷- نمودار مقایسه افت‌های بخش‌های مختلف در دهه‌های مختلف

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

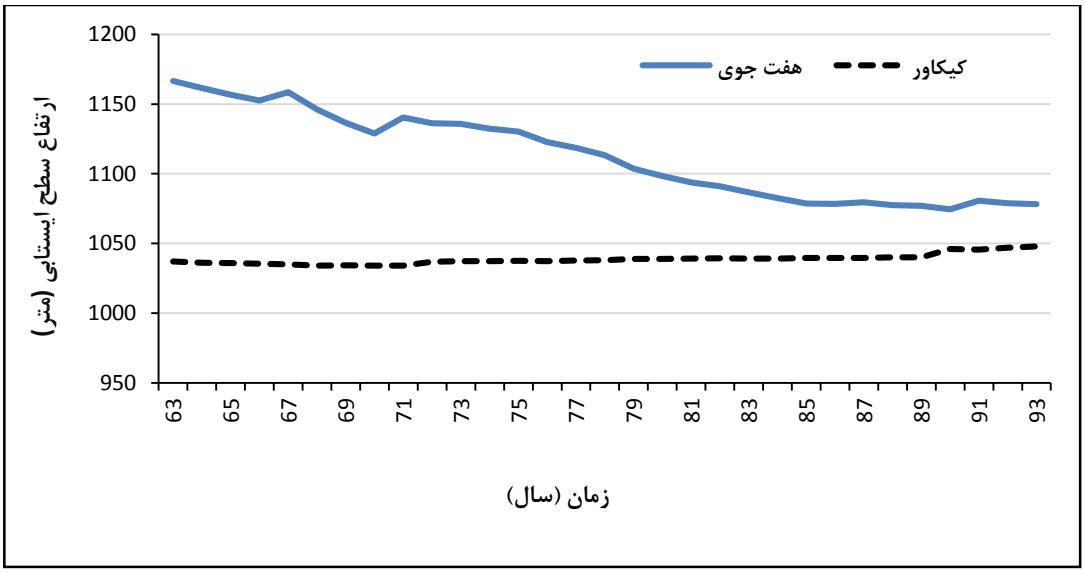
نوسانات سطح ایستابی در اثر تنش‌های وارده بر سیستم آب زیرزمینی صورت می‌گیرد. به عبارت دیگر این نوسانات نشانگر میزان تأثیر منابع تغذیه و تخلیه بر سیستم آب زیرزمینی می‌باشد. بنابراین، هر قدر میزان این تنش‌ها بیشتر باشد، دامنه نوسانات نیز بیشتر خواهد بود. در مواردی که میزان تغذیه و تخلیه از سفرهٔ

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 (۴-۸)، میزان افت سطح آب زیرزمینی را طی سال‌های ۱۳۶۳ تا ۱۳۹۳ در هر یک از پیزومترهای انتخابی واقع در دشت شهریار قدیم نشان می‌دهد.



شکل۴ -۸- میزان افت سطح آب در پیزومترهای موجود در دشت، طی سال های ۱۳۶۳ تا ۱۳۹۳

همانطور که از شکل ۴-۸ مشاهده می‌شود، میزان افت تراز آب زیرزمینی در پیزومترهای واقع در دشت تا ۶۸/۲۲ متر طی ۳۰ سال می‌رسد. بیشترین میزان افت آب زیرزمینی در بخش شمالی (افت بالاتر از ۳۵ متر) در محدوده شهرقدس می‌باشد که به علت بالا بودن کیفیت آب و برداشت بیش از حد آب زیرزمینی، در این نواحی رخ داده است. همچنین آب رودخانه کرج مهم‌ترین عامل تغذیه دشت شهریار بوده است، از آنجایی که بعد از احداث سد اثرات کاهش تغذیه دشت شهریار ابتدا از دورترین نقاط (یعنی بخش جنوبی) شروع شده است و در این بخش فعالیت کشاورزی به شدت کاهش یافته است و به همین دلیل افت سطح آب‌زیرزمینی در بخش جنوبی نسبتاً کم است.



شکل ۴-۹- هیدروگراف پیزومترهای هفت جوی (37) و کیکاور (30)

کاهش میزان تغذیه آبخوان و نیز احداث سد کرج در بالا دست این دشت به همراه برداشت زیاد آب زیرزمینی جهت مصارف کشاورزی در این منطقه، سبب افت بالای سطح ایستابی گردیده است به گونه‌ای که پیزومتر هفت‌جوی (پیزومتر شمارهٔ۳۷) واقع در این منطقه، ۶۸/۲۴ 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 از۲ متر) نیز در حاشیه جنوبی و مرکز دشت مشاهده می‌شود. به طوری که پیزومتر کیکاور (پیزومتر شمارهٔ ۳۰)، با افت مثبت ۹/۷۹ متر، کمترین مقدار افت سطح آب زیرزمینی و در واقع بیشترین میزان افزایش سطح آب را در بین پیزومترهای موجود در دشت داشته است. نبود اراضی کشاورزی در این بخش از دشت و در نتیجه عدم برداشت حجم بالایی از آب سفرهٔ زیرزمینی موجب شده تا در طول ۳۰ سال گذشته تغییرات تراز آب این پیزومتر اندک باشد. شکل (۴-۹) هیدروگراف پیزومتر هفت جوی (پیزومتر شمارهٔ ۳۷) و پیزومتر کیکاور (پیزومتر شمارهٔ۳۰) را که به ترتیب دارای بالاترین و کمترین میزان افت در بین پیزومترهای موجود در دشت می‌باشند، نشان می‌دهد.

۴-۲-۵- نقشه هم پتانسیل سطح آب زیرزمینی

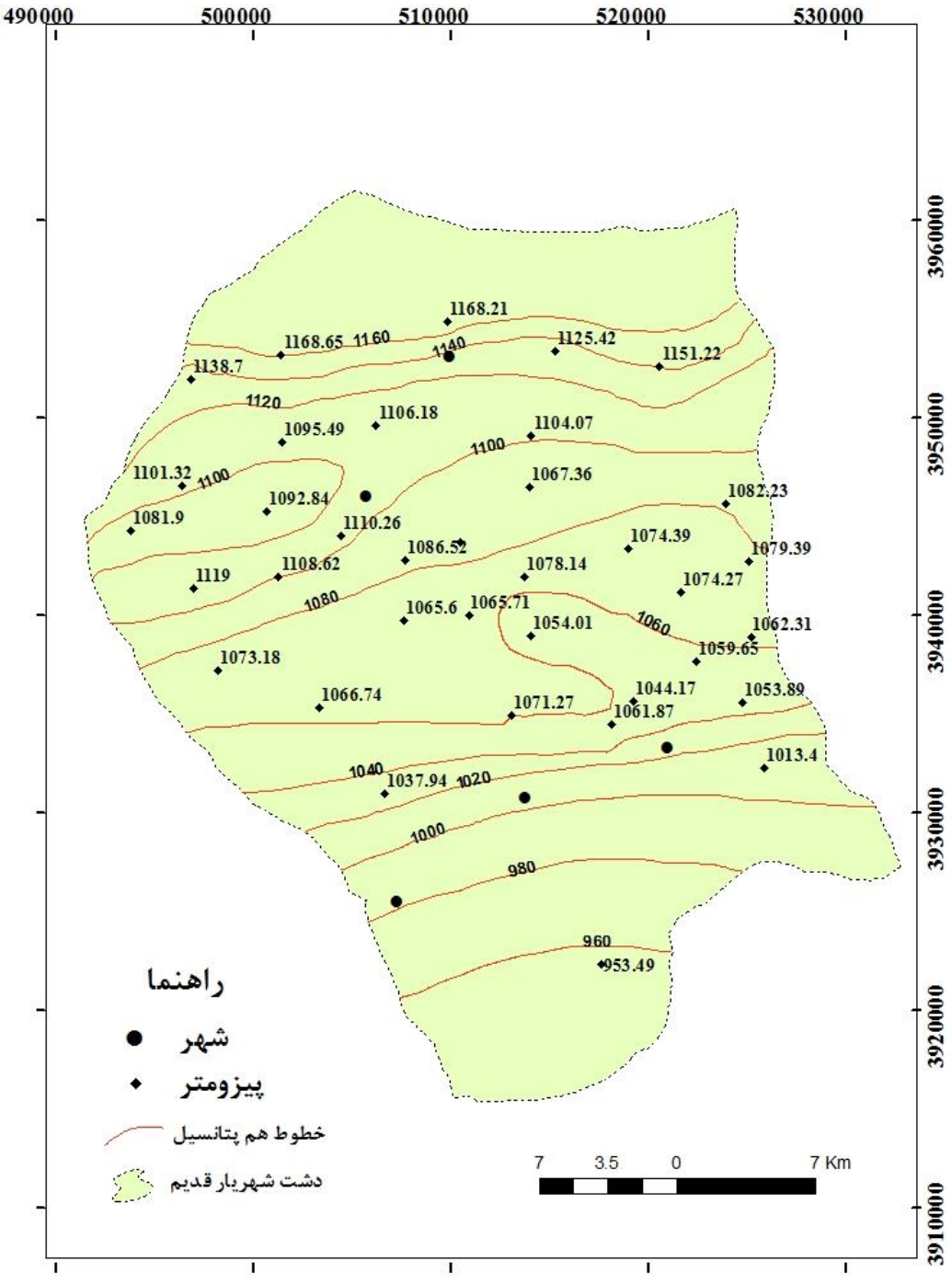
بررسی کمی منابع آب زیرزمینی و تغییرات آن طی گذر زمان یکی از مهم‌ترین جنبه‌های مطالعهٔ آب‌های زیرزمینی در تمامی دشت‌ها است که امکان مدیریت صحیح، جهت بهره‌برداری پایدار و حفظ این منابع حیاتی را فراهم می‌آورد. این بررسی‌ها معمولاً از طریق نقشه‌ها و نمودارهایی که به این منظور تهیه می‌شوند، صورت می‌پذیرد و از آن جمله می‌توان به نقشه‌های هم‌پتانسیل آب زیرزمینی، که شرایط بار هیدرولیکی آبخوان را در قالب خطوط هم‌ارزش بیان می‌کنند، اشاره نمود. 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 به لحاظ 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 برای سال ۱۳۹۳ ترسیم شده است و با نقشهٔ هم‌پتانسیل آب زیرزمینی ترسیم شده برای سال اول آماری (سال ۱۳۶۳) مقایسه گردیده است. داده‌های مورد استفاده برای رسم این نقشه‌ها در جدول (۱-۴) آمده است. تراز آب زیرزمینی در هر یک از چاه‌های پیزومتری با استفاده از عمق آب زیرزمینی اندازه‌گیری شده در این چاه‌ها و ارتفاع نقاط نشانهٔ آن‌ها و تعیین اختلاف این دو به دست آمده است.

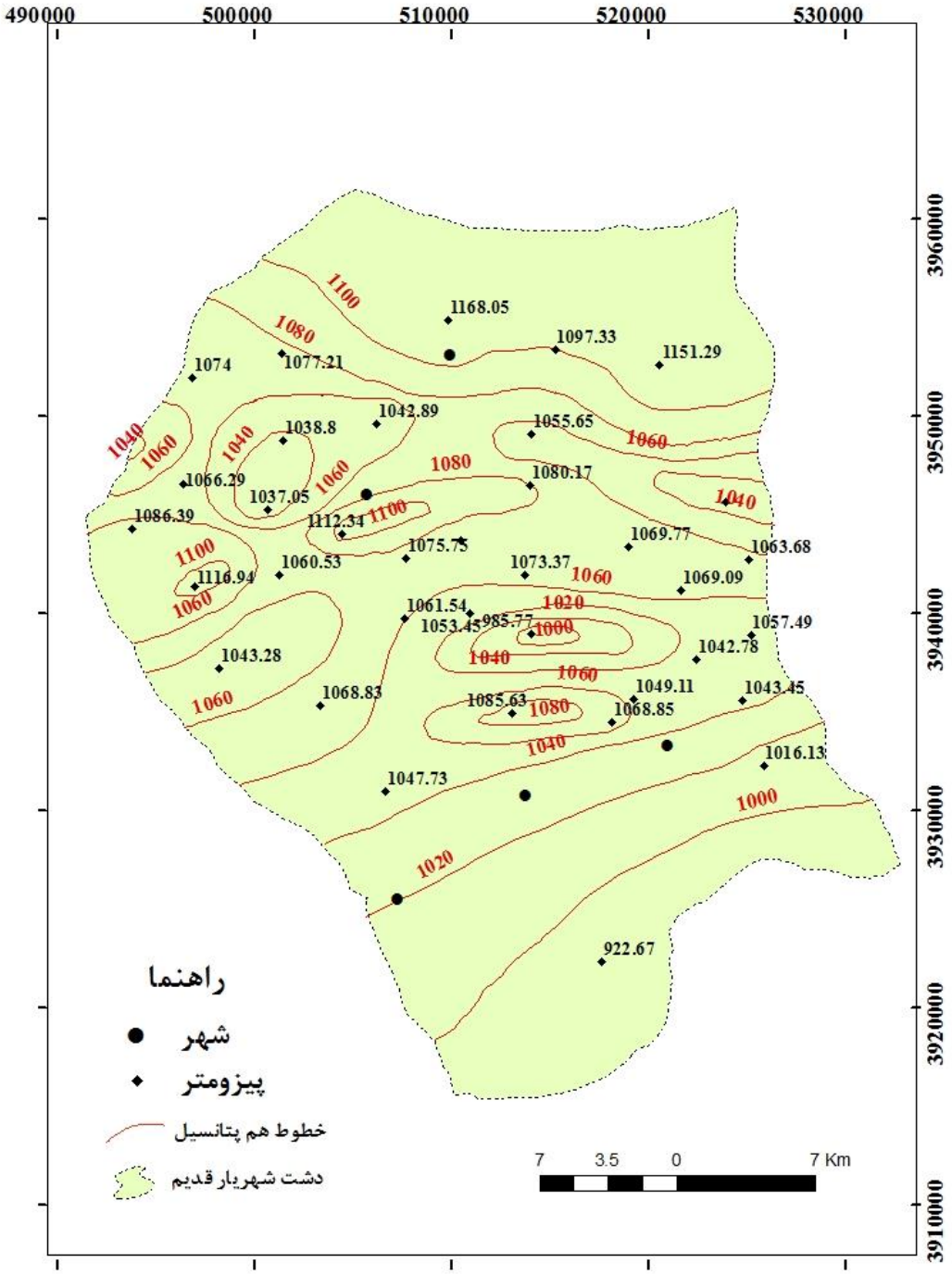
شکل‌های (۴-۱۰) و (۴-۱۱) به ترتیب نقشه‌های هم‌پتانسیل آب زیرزمینی دشت شهریار را در سال‌های ۱۳۶۳ و ۱۳۹۳ نشان می‌دهند.

با توجه به نقشه‌های مذکور، بالاترین تراز آب زیرزمینی منطبق بر نواحی غربی و شمالی دشت می‌باشد. لذا مسیر رودخانهٔ کرج در بخش شمالی دشت نقشی اساسی در تغذیهٔ آبخوان ایفا می‌کنند. جهت کلی جریان آب زیرزمینی در آبخوان دشت شهریار قدیم، 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 می‌دهد که منطقهٔ تخلیهٔ آب زیرزمینی منطبق بر این ناحیه از دشت بوده و با کاهش شیب توپوگرافی تخلیه آب زیرزمینی صورت می‌گیرد.

به طورکلی تغییرات گرادیان هیدرولیکی در دشت شهریار قدیم 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.



شکل۴-۱۰- نقشه هم پتانسیل آبخوان دشت شهریار قدیم (سال ۱۳۶۳)



شکل۴-۱۱ نقشه هم پتانسیل آبخوان دشت شهریار قدیم (سال ۱۳۹۳)

با بررسی منحنی‌های تراز آب زیرزمینی در سال ۱۳۹۳ مشاهده می‌شود که منحنی‌های تراز طی ۳۰ سال تغییر یافته و بالاآمدگی سطح آب و فرورفتگی در قسمت‌های مختلف مشاهده می‌شود. در اکثر پیزومترهای واقع شده در دشت پایین افتادن سطح ایستابی آب وجود دارد. برداشت از چاه‌های موجود، اثرات احداث سد و کاهش میزان تغذیه به سفره آب زیرزمینی، از علل اصلی افت شدید آب به طور مستمر می‌باشند.

در قسمت‌هایی از نقشه هم‌پتانسیل سال ۱۳۹۳ بالا آمدگی سطح آب مشاهده می‌شود. این قسمت‌ها تأثیر شهرسازی را به خوبی نشان می‌دهد و به احتمال زیاد آلودگی آبخوان را در پی دارد. بررسی نقشه‌های هم‌پتانسیل و تغییرات قابل توجه در شکل خطوط هم‌پتانسیل تأییدکننده این است که در سال ۱۳۹۳ به دلیل برداشت‌های نقطه‌ای، ناهمگنی در خطوط هم پتانسیل دیده می‌شود. در واقع اثر سدسازی در بالادست دشت شهریار قدیم، شهرسازی و افزایش جمعیت و برداشت‌های نقطه‌ای باعث ایجاد بی‌نظمی و ناهمگنی در خطوط هم پتانسیل سال‌های اخیر شده است.

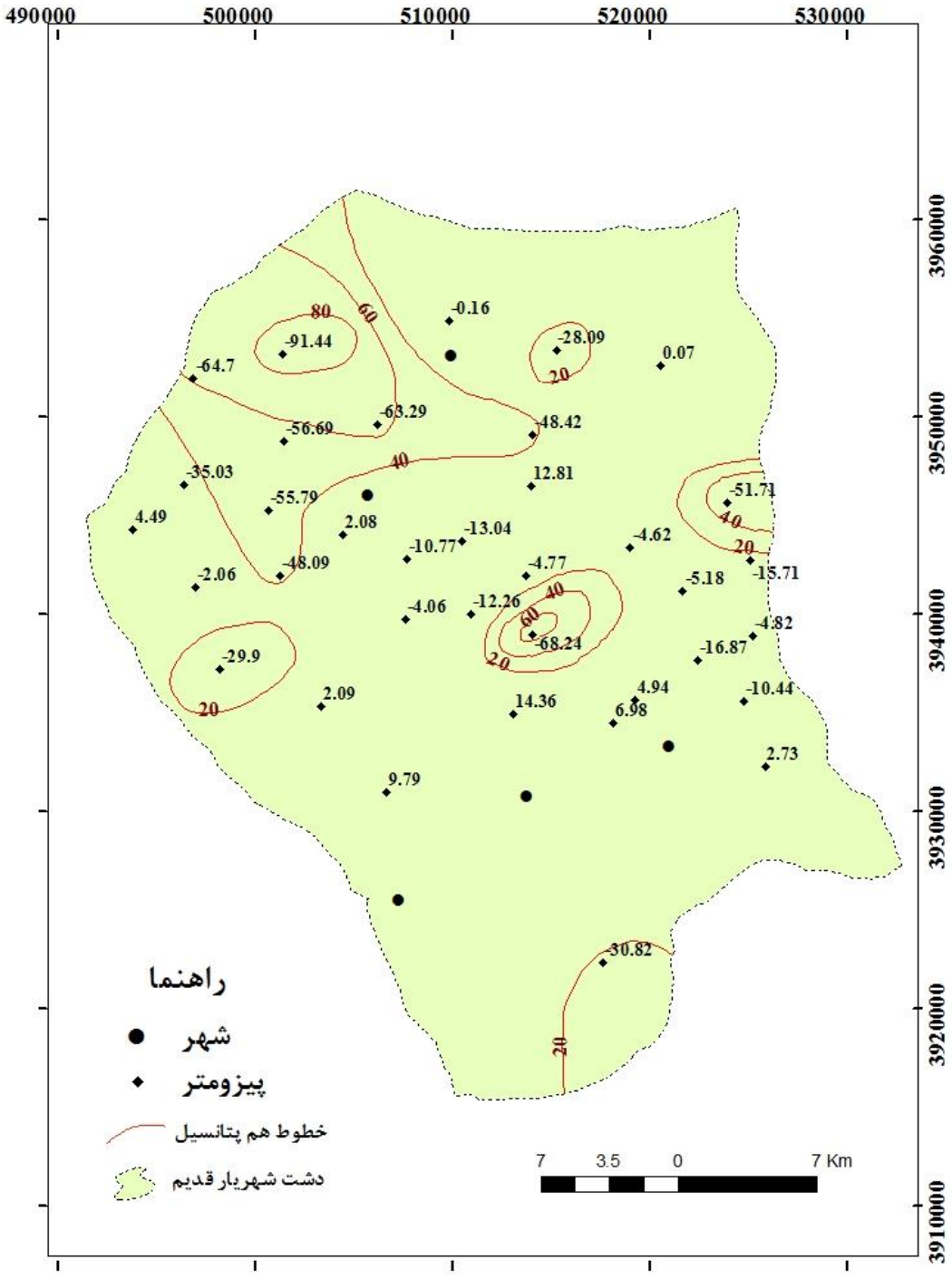
اثر احداث سد، رشد جمعیت و نیاز به برداشت بیشتر آب از سفره‌های آب زیرزمینی سبب افت سطح آب در مناطق اطراف شهرها و ورود آب مصرفی به فاضلاب شهری و نشت آن به آبخوان سبب بالا آمدن سطح آب در زیر شهرها شده است.

بالا آمدن سطح آب در مناطق شهری سبب آلوده شدن هر چه بیشتر آبخوان، کاهش مقاومت زمین، ایجاد مشکل برای سازه‌های زیرزمینی نظیر قطار شهری و افزایش خطر روانگرایی خاک در شرایط خاص می‌گردد، افت آب زیرزمینی نیز منجر به فرونشست زمین خواهد شد (جعفری قریه‌علی ۱۳۸۶).

۴-۲-۶- بررسی نقشه‌های هم‌افت منطقه

جهت بررسی تغییرات بلند مدت سطح آب زیرزمینی در آبخوان، نقشه‌های هم افت مورد مطالعه قرار می‌گیرد. این نقشه‌ها که با استناد از نقشه‌های هم پتانسیل تهیه می‌گردند، با هدف بررسی تغییرات سطح ایستابی در یک دوره خاص تهیه می‌شوند. جهت ترسیم نقشه هم افت در دشت شهریار قدیم از داده‌های اسفند ۱۳۶۳ و ۱۳۹۳ استفاده گردیده است (شکل ۴-۱۲).

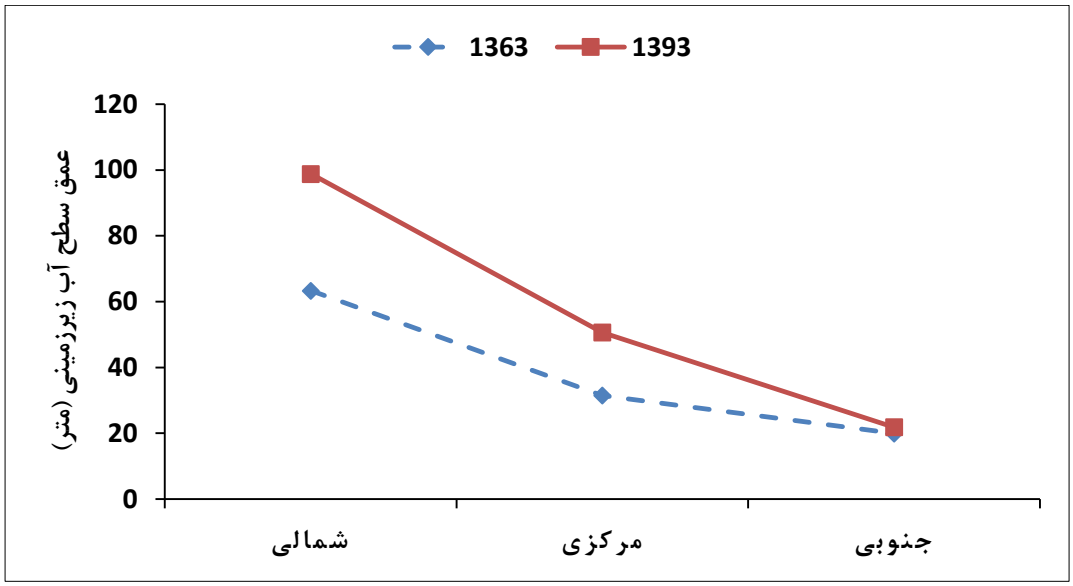
بررسی این نقشه حاکی از افت سطح ایستابی به مقادیر مختلف در نقاط مختلف دشت است. همان‌طور که در نقشه دیده می‌شود، بیشترین افت در بخش شمالی دشت اتفاق افتاده که خط هم افت ۸۰ متر را دارا می‌باشد. افت سطح آب زیرزمینی به سمت بخش جنوبی کاهش یافته و نکته قابل توجه این است که در بخش جنوبی دشت به نزدیکی صفر می‌رسد. افت زیاد در بخش شمالی دشت، می‌تواند به برداشت زیاد و با احداث سد کم شدن آب ورودی در این قسمت مربوط باشد. در واقع در قسمت‌های شمالی دشت شهریار قدیم کیفیت آب مناسب می‌باشد و برداشت برای مصارف شرب و انتقال به بخش‌های دیگر در این قسمت موجب افت شدید سطح ایستابی آب شده است. در قسمت‌های مرکزی فعالیت‌های کشاورزی همچنان رونق دارد و به دلیل برداشت‌های نقطه‌ای ناهمگنی در خطوط مشاهده می‌شود. با حرکت به سمت جنوب، همان‌طور که در نقشه نیز مشاهده می‌گردد، توسعه شهرنشینی و به دنبال آن افزایش جمعیت و کاهش کشاورزی میزان افت کاهش می‌یابد و حتی در برخی نقاط بالاآمدگی سطح آب مشاهده می‌گردد.



شکل۴-۱۲- نقشه هم افت آبخوان دشت شهریار قدیم (۱۳۸۳-۱۳۹۳)

۴-۲-۷- بررسی تغییرات عمق آب زیرزمینی دشت

عوامل متعددی از جمله میزان تغذیه و تخلیه، توپوگرافی سطح زمین، موانع هیدرولیکی و ... در کنترل عمق آب زیرزمینی مؤثر هستند. شکل ۴-۱۳ عمق دسترسی به آب زیرزمینی در بخش‌های مختلف دشت شهریار قدیم را طی سال‌های ۱۳۶۳ و ۱۳۹۳ نشان می‌دهد. مقایسه این دو نمودار نشان‌دهندهٔ روند مشابه تغییرات عمق آب زیرزمینی در این بخش‌هاست، به گونه‌ای که میزان عمق آب زیرزمینی در شمال و شمال‌غربی دشت، بیشترین مقدار بوده و به سمت قسمت‌های مرکزی و جنوبی دشت، دائماً از عمق آب زیرزمینی کاسته می‌گردد.



شکل ۴-۱۳- نمودار تغییرات عمق آب در بخش شمالی، مرکزی و جنوبی دشت شهریار قدیم

با مشاهده نقشه‌ها و نمودارها مشخص شد که با گذشت زمان عمق آب زیرزمینی افزایش یافته است. در سال ۱۳۶۳ بیشترین میزان عمق آب زیرزمینی حدود ۶۰ متر می‌باشد که این میزان در سال ۱۳۹۳ به بالاتر از ۱۰۰ متر رسیده است که این می‌تواند به دلیل احداث سد کرج در بالا دست دشت و همچنین

افزایش تعداد چاه‌های بهره‌برداری باشد. در قسمت‌های مختلف دشت تغییرات عمق آب یکسان نبوده و به علت برداشت‌های نقطه‌ای، ناهمگنی مشاهده می‌شود.

با مقایسه بخش‌های مختلف در دشت شهریار قدیم، مشاهده گردید که میزان تغییرات افت در بخش شمالی طی ۳۰ سال بیشتر از بخش‌های مرکزی و جنوبی است که احتمالاً به دلیل بهره‌برداری بیش از حد از چاه‌ها می‌باشد. همچنین در بخش جنوبی به علت توسعه شهری و از رونق افتادن کشاورزی عمق آب در در حالت کلی تغییر محسوسی نداشته است.

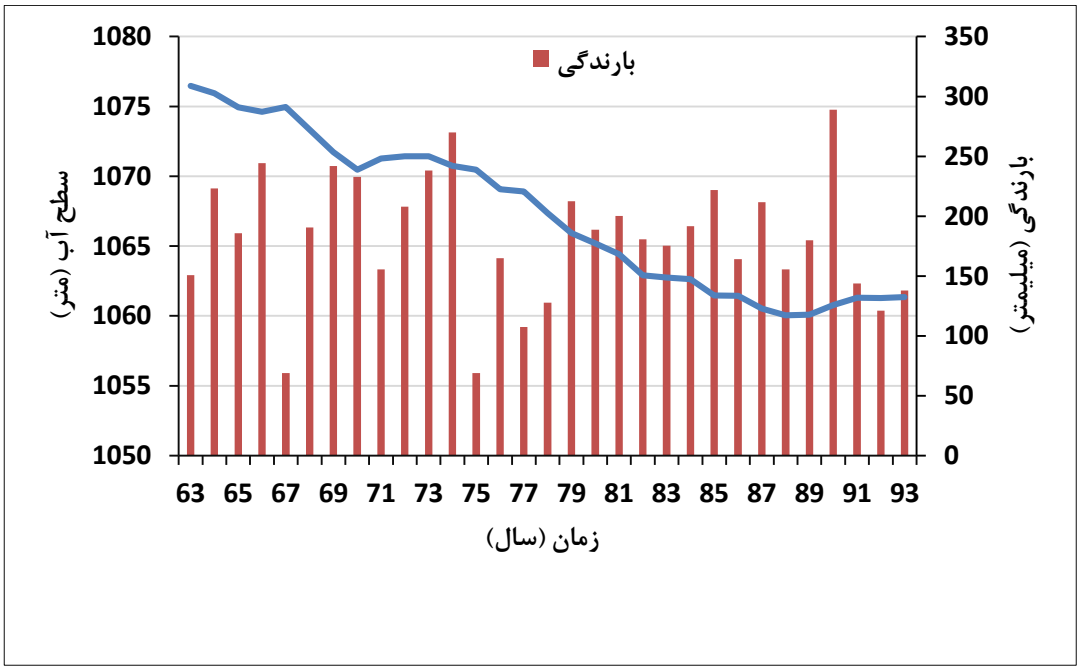
۴-۲-۸- هیدروگراف طولانی مدت برای بخش‌های مختلف دشت

از آنجایی که تغییرات سطح آب زیرزمینی تحت تأثیر عوامل مختلف می‌باشد، شکل هیدروگراف برای پیزومترهای مختلف یکسان نیست. برای رفع این مشکل تهیه هیدروگراف واحد یا متوسط که معرف لایه آبدار باشد اجتناب‌ناپذیر است. منظور از هیدروگراف واحد هیدروگرافی است که به کمک کلیه هیدروگراف‌های پیزومترهای منطقه تهیه می‌شود. هیدروگراف‌ها برای بررسی کمی آبخوان مناسب‌ترند، زیرا دوره‌ای طولانی مدت از پایش تراز آب در آبخوان را نمایش می‌دهد. هنگامی‌که میزان بارندگی نیز روی آنها ترسیم گردد، نشان‌دهنده چگونگی پاسخ آبخوان به بارندگی که یکی از دلایل تغییر سطح ایستابی محسوب می‌شود، می‌باشند.

به منظور تهیه هیدروگراف واحد و بررسی نوسانات سالانه‌ی سطح آب زیرزمینی دشت شهریار قدیم طی سال‌های ۱۳۶۳ تا ۱۳۹۳، از میانگین وزنی سطح آب زیرزمینی در اسفند ماه هر سال در پیزومترهای موجود در منطقه‌ی مورد مطالعه استفاده گردیده است. در نهایت، با استفاده از آمار و اطلاعات حاصله، هیدروگراف واحد دشت شهریار قدیم طی سال‌های ۱۳۶۳ تا ۱۳۹۳ ترسیم گردیده است (شکل ۴-۱۴).

در دشت شهریار قدیم با توجه به شکل هیدروگراف‌ها به نظر می‌رسد رابطه مستقیمی بین بارندگی و سطح آب وجود نداشته باشد. هیدروگراف دشت، که میانگینی از تمامی داده‌های سطح ایستابی است تهیه شده است.

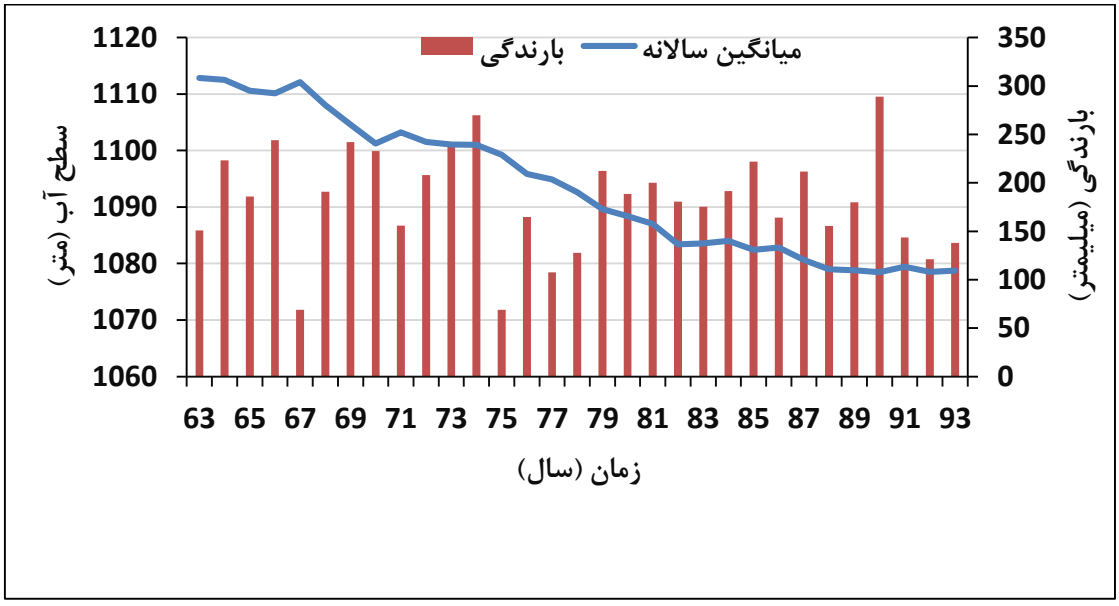
با توجه به هیدروگراف واحد دشت، سطح ایستابی در این دشت از سال ۱۳۶۳ تا سال ۱۳۹۳ ، پیوسته روندی نزولی داشته است. سطح ایستابی از ۱۰۷۶/۴۷ متر سطح دریا در سال ۱۳۶۳، به تراز ۱۰۶۱/۳۴ متر رسیده است. به گونه‌ای که در طی این مدت، سطح آب زیرزمینی حدود ۱۵ متر طی ۳۰ سال افت داشته است. به عبارت دیگر متوسط افت سالانه سطح آب زیرزمینی، ۰/۵ متر بوده است. این افت عمدتاً در نتیجه احداث سد در بالا دست دشت، بهره‌برداری بیش از حد از سفره آب زیرزمینی و به میزان کمتر، کاهش بارندگی طی این سال‌ها می‌باشد. به گونه‌ای که کمبود بارندگی و بهره‌برداری بی‌رویه از آبخوان سبب شده تا شاخص صعودی ونزولی هیدروگراف با هم متقارن نبوده و هیدروگراف دارای روند کلی رو به کاهش باشد.



شکل۴ - ۱۴- هیدروگراف معرف دشت شهریار قدیم

همانطور که از هیدروگراف واحد دشت شهریارقدیم مشاهده می‌شود، تا حدودی رابطه قابل توجهی بین میزان بارندگی و تراز آب زیرزمینی در دشت وجود دارد، به گونه‌ای که روند رو به کاهش سطح ایستابی توسط بهره‌برداری بی‌رویه از آبخوان و برداشت‌های نامنظم و نقطه‌ای ایجاد شده است و باعث ایجاد بی‌نظمی در روند تغییرات سطح آب پیزومترها شده‌اند. جلوگیری از این روند، نیازمند اقدامات مدیریتی مناسب است.

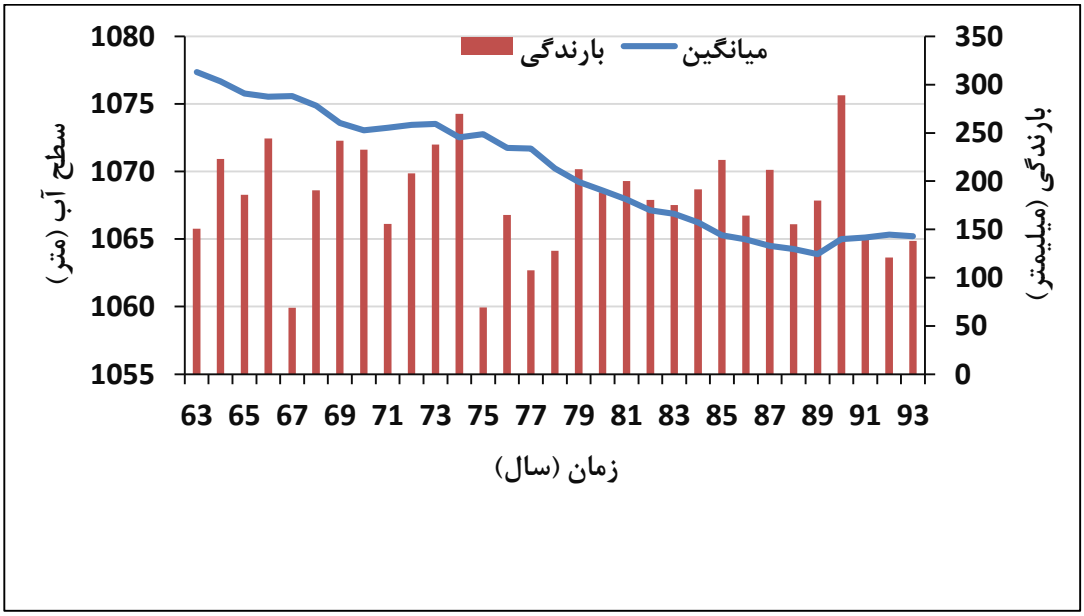
با توجه به اینکه وسعت دشت زیاد است و امکان خطا در رسم هیدروگراف وجود دارد، برای بررسی بهتر و دقیق‌تر این موضوع، دشت به سه زون تقسیم و سپس هیدروگراف واحد مانند قبل برای هر قسمت به صورت مجزا رسم گردیده شده است. محدوده اول بخش شمالی دشت می‌باشد که افت در آن قابل توجه است و تغییرات بارندگی روی این بخش تأثیر بیشتری داشته است. در بخش مرکزی افت متوسط و در بخش جنوبی به دلایلی که قبلاً ذکر گردید، تغییرات کمتری نشان می‌دهد. هیدروگراف این سه محدوده در شکل‌های (۴-۱۵)، (۴-۱۶) و (۴-۱۷) نشان داده شده است.



شکل۴-۱۵- هیدروگراف معرف بخش شمالی دشت شهریار قدیم

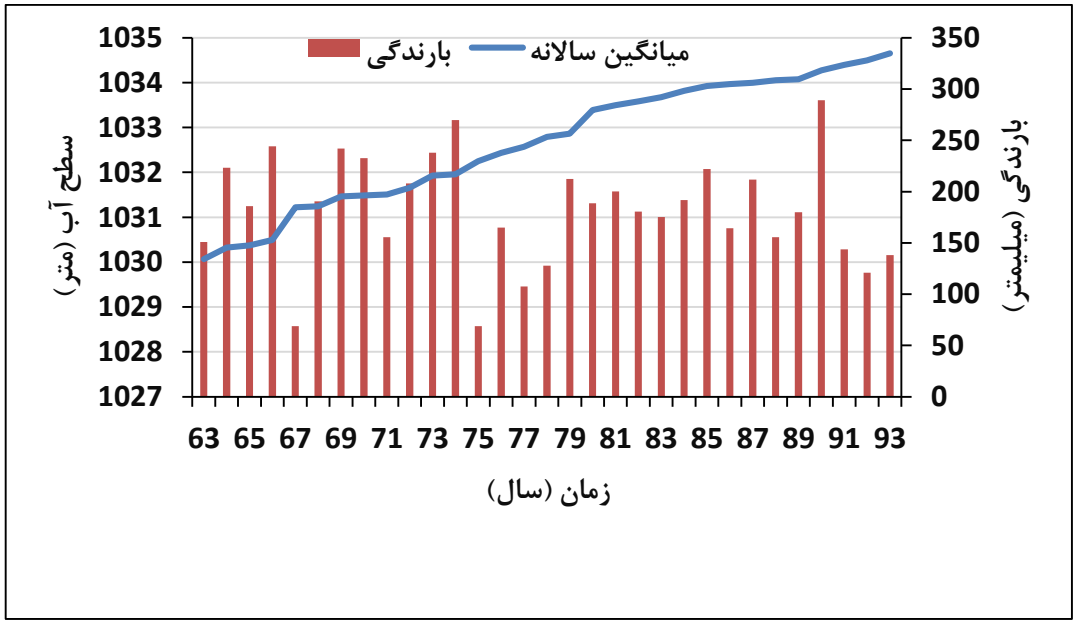
اولین هیدروگراف مربوط به بخش شمالی دشت می‌باشد که دارای افت زیاد است (شکل ۴-۱۴). در این بخش سطح آب طی ۳۰ سال با چند نوسان روند نزولی داشته و از تراز ۱۱۱۲/۸۲ متر در اسفند ماه سال ۱۳۶۳ به تراز ۱۰۷۸/۷۲رسیده است. کاهش ۳۴ متری سطح آب در این بخش را می‌توان به احداث سد کرج و بهره‌برداری بیش از حد در این محدوده نسبت داد. البته قطعاً این افت بالا دلایل دیگری از قبیل حفر چاه‌های عمیق در این بخش، بیشتر بودن مناطق کشاورزی و به تبع آن نیاز به برداشت آب بیشتر و دلایلی از این نظیر دارد.

هیدروگراف دوم (شکل ۴-۱۵) مربوط به بخش مرکزی دشت می‌باشد. الگوی تغییرات سطح ایستابی در دو محدوده شمالی و مرکزی تقریبا مشابه هم و مشابه هیدروگراف معرف دشت است ولی شدت این تغییرات متفاوت است. بدین صورت که سطح آب در سال ۱۳۶۳ از مقدار ۱۰۷۷/۳۵ به ۱۰۶۵/۲۱ متر در سال ۱۳۹۳ رسیده است. روند نزولی طی این ۳۰ سال موجب افتی حدود ۱۲ مترشده است که عمده‌ترین دلیل این افت برداشت بیش از حد از چاه‌های بهره‌برداری بوده است.



شکل۴-۱۶- هیدروگراف معرف بخش مرکزی دشت شهریار قدیم

شکل (۴-۱۶) مربوط به بخش جنوبی آبخوان، قسمتی از دشت که دارای افت ناچیز بود، رسم گردید. در هیدروگراف سوم طی سال‌های ۱۳۶۳ تا ۱۳۹۳ سطح آب روند صعودی داشته به طوری که سطح ایستابی در سال ۱۳۹۳ حدود ۴ افزایش می‌یابد و به بالاترین تراز در این هیدروگراف یعنی ۱۰۳۴/۶۵ متر میرسد.



شکل۴-۱۷- هیدروگراف معرف بخش جنوبی دشت شهریار قدیم

۴-۳- بررسی تغییرات طولانی مدت شیمی آب زیرزمینی در دشت شهریار قدیم

بررسی کیفیت منابع آب زیرزمینی و بررسی چگونگی تغییرات آن طی گذر یکی از جنبه‌های مهم مطالعه آب‌های زیرزمینی در تمامی دشت‌ها است. کیفیت آب‌های زیرزمینی همواره تحت تأثیر فرآیندهای طبیعی و فعالیت‌های انسانی از قبیل لیتولوژی، واکنش‌های اکسایش و احیاء در محیط آبخوان، میزان بهره‌برداری از آبخوان، اختلاط آب‌ها، نشت فاضلاب‌ها و آلودگی‌ها، توپوگرافی منطقه، فرایندهای بیولوژیکی، مقدار و

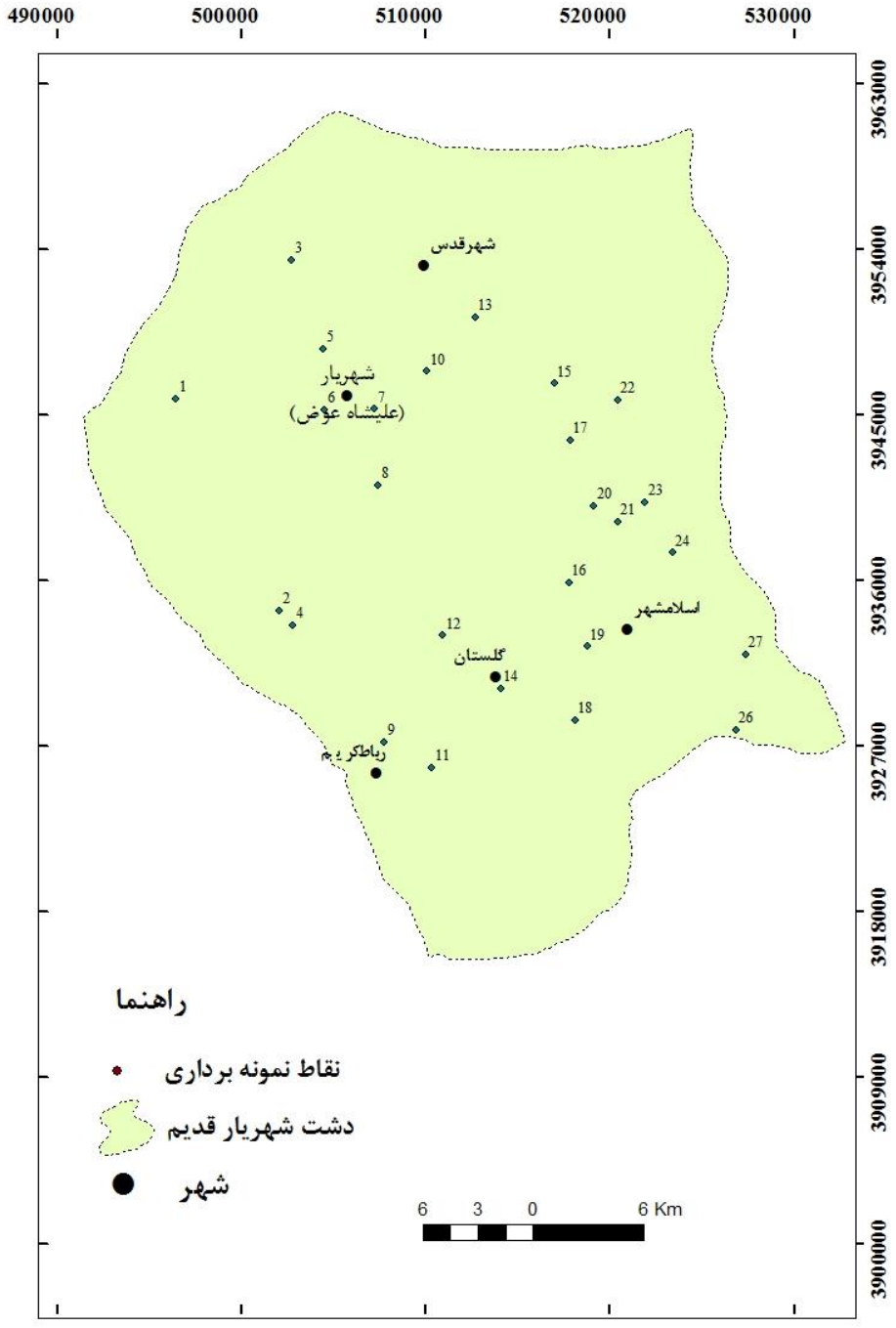
ترکیب آب‌های تغذیه شونده، پارامترهای اقلیمی و خصوصیات هیدروژئولوژیکی سفره آب زیرزمینی قرار داشته است.

امروزه گسترش روزافزون فعالیت‌های انسانی که همواره بدون در نظر گرفتن ملاحظات زیست محیطی نیز می‌باشد، موجبات بهره‌برداری بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی و آلودگی آن‌ها را فراهم آورده است. با عنایت به مقادیر مواد محلول موجود در آب‌های زیرزمینی و تغییرات آن‌ها، 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، تعیین‌کننده تأثیر فرآیندهای مختلف بر ترکیب شیمیایی آب زیرزمینی بوده است.

۴-۳-۱- داده‌های هیدروژئوشیمی در دشت شهریار قدیم

به منظور بررسی خصوصیات کیفی آبخوان دشت شهریار قدیم و روند تغییرات آن با گذشت زمان، از آمار و اطلاعات ۱۱ سالهٔ شیمی آب زیرزمینی (۱۳۸۳ تا ۱۳۹۳)، شامل اندازه‌گیری‌های مربوط به هدایت‌الکتریکی و غلظت آنیون‌ها و کاتیون‌های اصلی موجود در آب زیزمینی شامل سولفات، کلر، بیکربنات، سدیم، منیزیم و کلسیم استفاده گردیده است. تعداد منابع نمونه‌برداری آب زیرزمینی تعیین شده توسط شرکت آب منطقه‌ای استان تهران به منظور بررسی وضعیت کیفی سفرهٔ آب زیرزمینی دشت شهریار، شامل ۴۶ چاه عمیق می‌باشد. از آنجایی که دورهٔ آماری طولانی بوده، لذا داده‌های آنالیز شیمیایی همه سالهٔ این چاه‌ها 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 ۲۸ چاه دارای کامل‌ترین آمار و بهترین پراکندگی در محدودهٔ مورد مطالعه انتخاب گردیده و جهت

پایش وضعیت کیفی سفرهٔ آب زیرزمینی دشت شهریار قدیم استفاده شده است. شکل (۴-۱۸) موقعیت چاه‌های انتخابی واقع در محدودهٔ مورد مطالعه را نشان می‌دهد.



شکل ۴-۱۸- محل چاه‌های نمونه برداری کیفی دشت شهریار قدیم

۴-۳-۳- بررسی تغییرات زمانی هدایت الکتریکی در دشت شهریار قدیم

هدایت الکتریکی آب زیرزمینی یکی از مهم‌ترین شاخص‌های کیفی آب زیرزمینی است که به سادگی با دستگاه EC-Meter قابل اندازه گیری می‌باشد. این پارامتر نشان دهندهٔ مقدار املاح موجود در آب است به طوری که با افزایش میزان املاح موجود در آب، هدایت الکتریکی آن نیز افزایش می‌یابد. عوامل بسیاری بر روی قابلیت هدایت الکتریکی آب زیرزمینی تأثیرگذار 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.

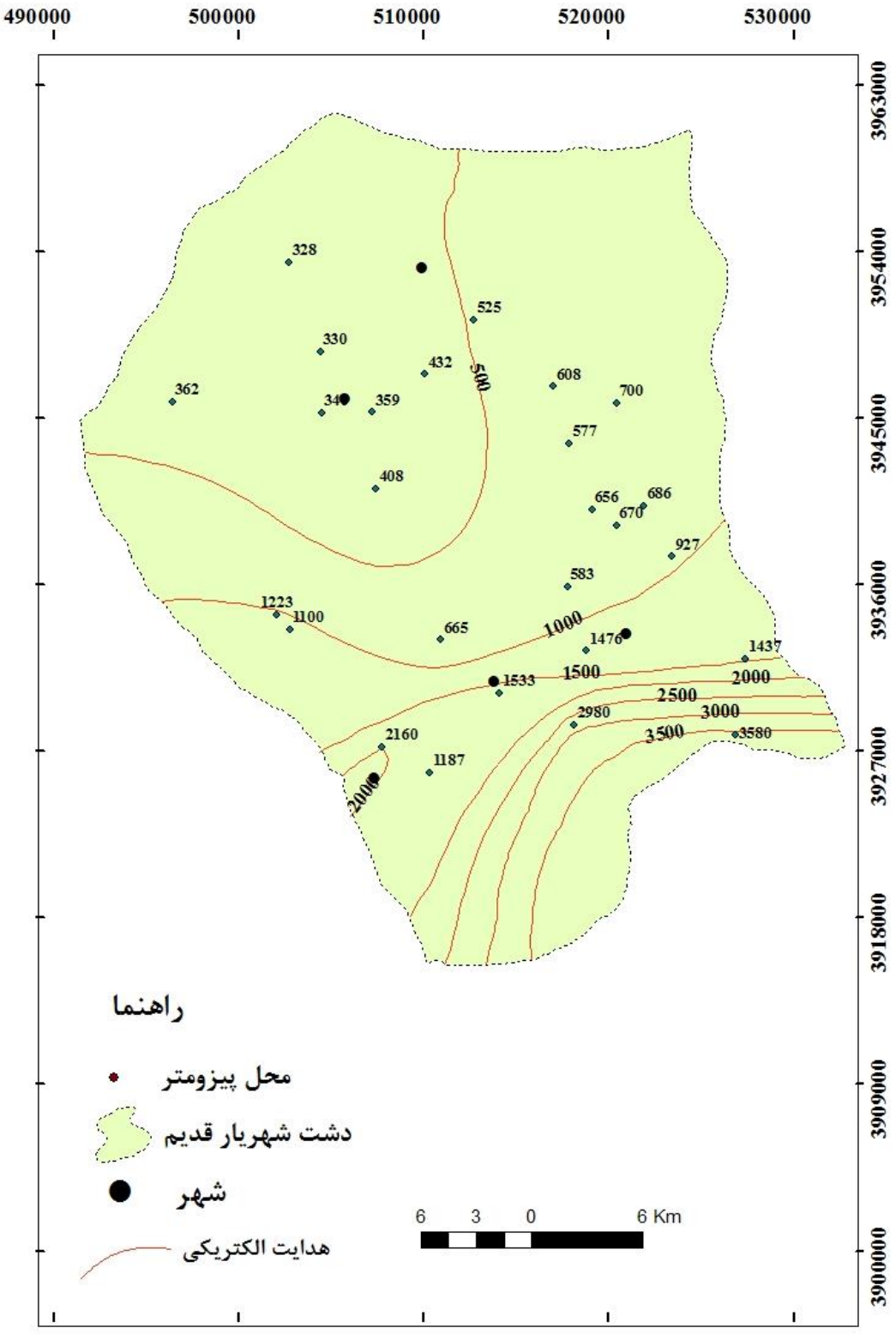
مقادیر هدایت الکتریکی در ۲۸ چاه عمیق در یک دوره آماری ۱۱ ساله (۱۳۸۳ تا ۱۳۹۳)، تعیین شده توسط شرکت آب منطقه‌ای استان تهران به منظور بررسی وضعیت کیفی سفرهٔ آب زیرزمینی دشت شهریار قدیم انتخاب شده است. جدول (۴-۳) مقادیر هدایت الکتریکی چاه‌های عمیق در دشت شهریار قدیم را نشان می‌دهد. همانطور که ملاحظه می‌شود مقادیر هدایت الکتریکی در این چاه‌ها از حدود ۳۰۰ تا بیشتر از ۴۰۰۰ میکروموس بر سانتیمتر متغیر است.

الف – بررسی نقشه هدایت الکتریکی در دشت شهریار قدیم

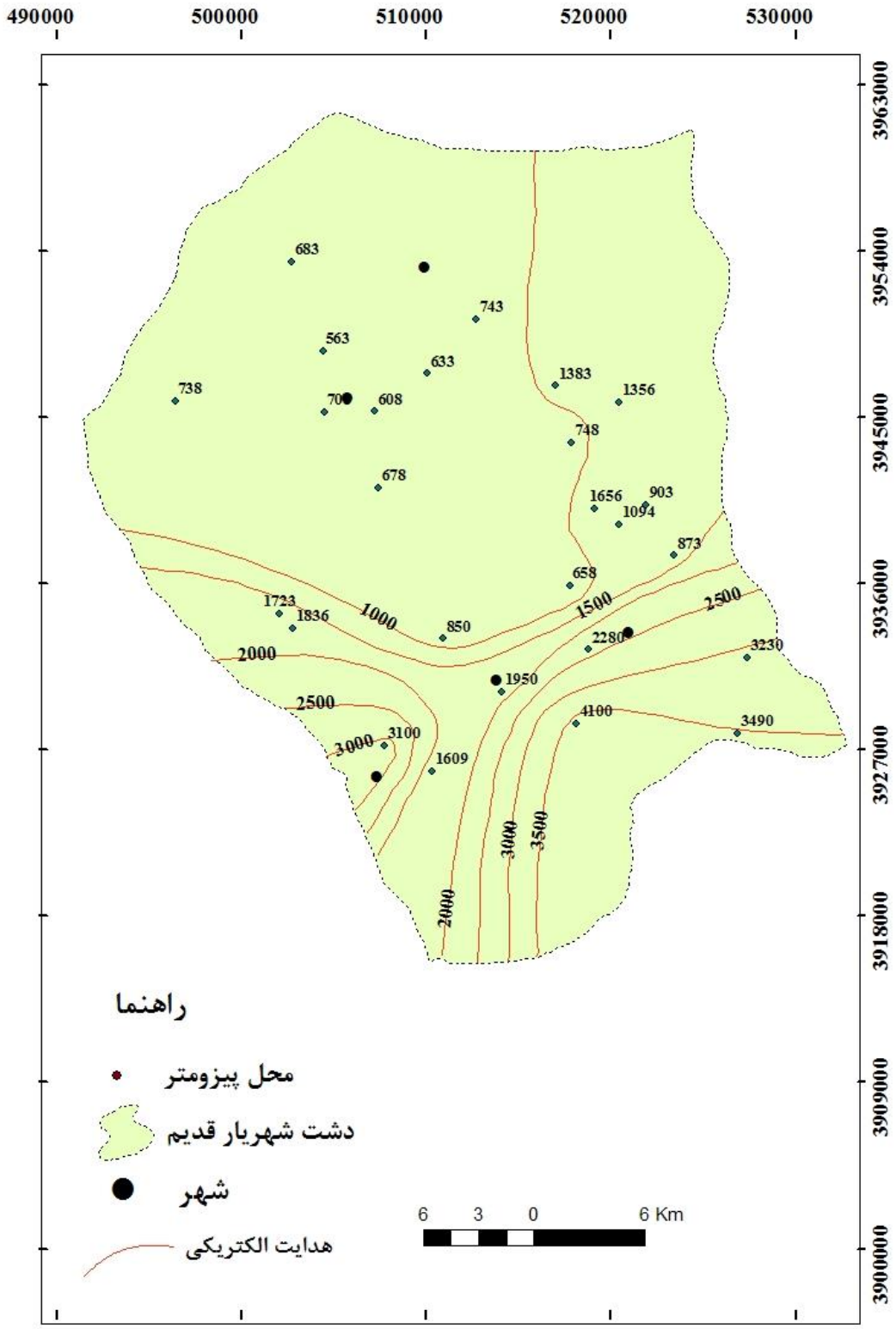
به منظور بررسی و مقایسه تغییرات مکانی و زمانی هدایت الکتریکی آبخوان دشت شهریار قدیم و نیز تفسیر بهتر و دقیق‌تر آن، نقشه‌های هدایت الکتریکی دشت شهریار قدیم، برای سال‌های ۱۳۸۳ و ۱۳۹۳ ترسیم و با یکدیگر مقایسه شده است. شکل‌های (۴-۱۹ و ۴-۲۰) به ترتیب نقشه‌های هدایت الکتریکی سفرهٔ آب زیرزمینی دشت شهریار قدیم را در سال‌های۱۳۸۳ و ۱۳۹۳ نشان می‌دهند.

جدول۴-۳- مقادیر هدایت الکتریکی چاه‌های عمیق در دشت شهریار قدیم

نام پیزومتر	شماره پیزومتر	مختصات جغرافیایی		هدایت الکتریکی (میکروموس بر سانتیمتر)									
		x	y	1383	1384	1385	1386	1387	1388	1389	1390	1391	1392	1393
لم آباد	1	496394	3945870	362	410	338	426	430	557	526	537	576	665	738
انجم آباد ۱	2	502055	3934337	1223	1116	1098	1131	1224	1216	1277	1517	1579	1400	1723
هفت جوی	3	502739	3953390	328	365	332	296	347	362	546	354	408	478	683
انجم آباد	4	502759	3933559	1100	1039	985	1482	1474	1082	1318	1497	1700	1923	1836
علیشاه عوض	5	504396	3948564	330	340	350	337	398	396	453	439	597	768	563
ابراهیم اباد	6	504464	3945277	340	382	379	509	492	488	490	416	550	443	708
رضی آبادپایین شهریار	7	507200	3945290	359	382	448	442	385	512	580	426	596	693	608
کهنز	8	507420	3941180	408	398	475	382	467	488	377	574	546	628	678
کارخانه گرجی شهریار	9	507710	3927200	2160	2160	2080	2180	1968	2190	1892	1867	2130	2900	3100
باباسلمان ج شهریار	10	510070	3947350	432	486	503	778	571	377	410	386	469	558	633
رباط کریم نوده	11	510336	3925833	1187	1162	1178	1197	1190	1128	983	162	1575	1623	1609
آدران اورین	12	510935	3933005	665	691	703	780	756	798	689	734	835	848	850
پرنان ـ شهریار	13	512700	3950280	525	558	518	580	556	598	489	534	635	748	743
قلعه میرشرکت ده وده	14	514085	3930104	1533	1604	1900	1582	1574	1484	1673	1453	1535	1920	1950
سعیدآباد	15	517000	3946680	608	619	470	701	695	661	684	734	950	1143	1383
چیچکلو	16	517768	3935856	583	551	477	509	490	558	547	412	574	670	658
حسن آبادخالصه	17	517857	3943620	577	660	560	599	530	623	505	621	634	838	748
صالح آبادگلستان	18	518128	3928389	2980	3130	3430	3680	4020	3450	3750	4340	3690	4360	4100
سالور -جاده اسلامشهر	19	518784	3932394	1476	1456	1522	1545	1472	1546	1237	1680	1991	2280	2280
رضی آبادحریری	20	519136	3940052	656	657	715	677	722	820	966	889	1630	1609	1656
نصیرآباداسلامشهر	21	520416	3939175	670	740	710	653	624	797	715	833	1076	1073	1094
ازاضی فیروز بهرام	22	520417	3945797	700	955	796	1022	918	920	895	1094	1364	1379	1356
علی آبادمختارخانی	23	521903	3940245	686	748	808	723	654	668	604	611	770	923	903
بهرام آبادانتظامی	24	523414	3937487	927	661	943	761	630	718	589	668	913	1008	873
شاطره سینجر گاز	25	526805	3938383	1256	1140	1411	1343	1247	1182	1444	1329	1423	1480	1608
جمبورک	26	526856	3927852	3580	3530	3410	2950	2670	2800	3060	2840	3070	2780	3490
کاشانک	27	527347	3931953	1437	1508	1252	1372	1820	1610	1727	1429	1993	3020	3230
یافت آباد	28	526749	3946434	798	711	936	870	964	892	1109	1081	1191	1318	1459



شکل ۴-۱۹- نقشه هدایت الکتریکی آبخوان دشت شهریار در سال ۱۳۸۳



شکل ۴-۲۰- نقشه هدایت الکتریکی آبخوان دشت شهریار در سال ۱۳۹۳

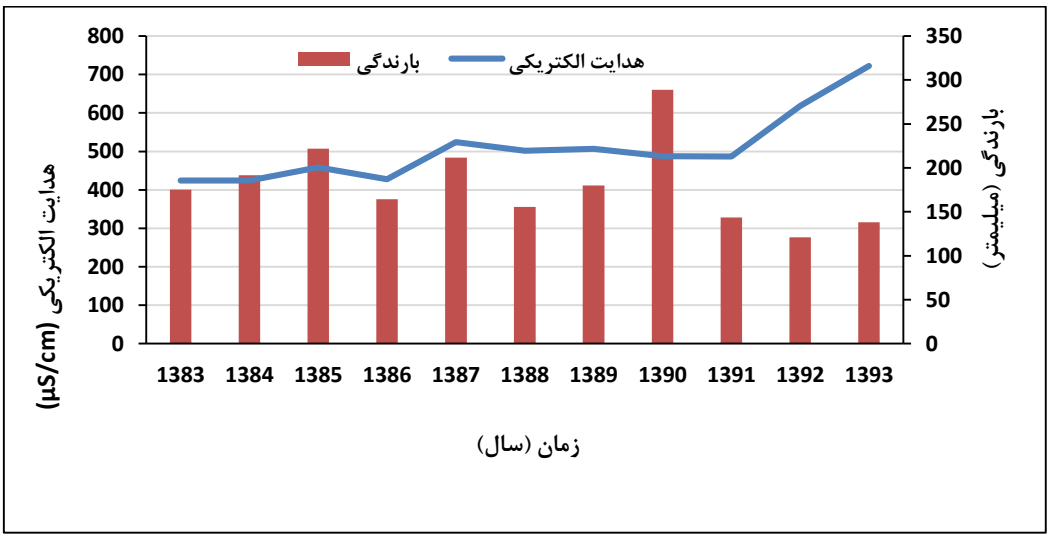
بررسی روند عمومی منحنی‌های هم‌ارزش هدایت الکتریکی در هر دو نقشه نشان‌دهندهٔ این است که افزایش شوری آب زیرزمینی کم و بیش با جهت جریان مطابقت دارد، به گونه‌ای که میزان هدایت الکتریکی آب زیرزمینی از شمال و غرب آبخوان به سمت شرق، جنوب شرقی و جنوب آن افزایش یافته و منحنی‌های با بیشترین مقدار هدایت الکتریکی مربوط به این نواحی می‌باشند. این فرآیند عمدتاً تحت تأثیر افزایش زمان تماس آب با مواد تشکیل دهنده‌ی آبخوان و هم چنین ریز دانه شدن رسوبات و احتمالاً وجود نهشته‌های تبخیری در رسوبات مناطق جنوب و جنوب شرق می‌باشد.

مقایسهٔ نقشه‌های هدایت الکتریکی سال‌های ۱۳۸۳ و ۱۳۹۳ نشان‌دهنده افزایش میزان هدایت الکتریکی آبخوان 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 زون جنوبی دشت، 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 وجود تشکیلات مخرب باشد.

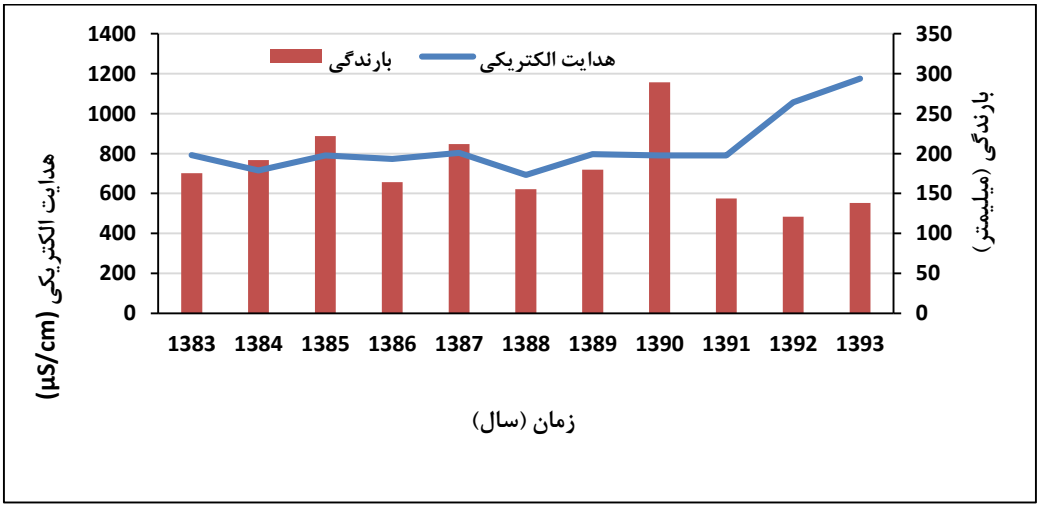
ب - بررسی تغییرات هدایت الکتریکی با مقدار بارش در دشت شهریار قدیم

جهت بررسی رابطهٔ بین کمیت بارش و تغییرات هدایت الکتریکی آبخوان دشت شهریار، از داده‌های بارندگی سالانهٔ این دشت و همچنین میانگین هدایت الکتریکی آب زیرزمینی در ۲۸ منبع نمونه‌برداری انتخابی (به عنوان نماینده‌ای برای هدایت الکتریکی کل آبخوان) طی سال‌های ۱۳۸۳ تا ۱۳۹۳ استفاده گردیده است. شکل‌های (۴-۲۱)، (۴-۲۲) و (۴-۲۳) نمودارهای رابطهٔ بین کمیت بارش و میزان هدایت الکتریکی در سه بخش شمالی، مرکزی و جنوبی آبخوان دشت شهریار را طی دورهٔ مورد مطالعه نشان می‌دهد.

با توجه به نمودار بخش شمالی، میزان هدایت الکتریکی آبخوان دارای رابطه مستقیم با کمیت بارش در دشت می‌باشد به گونه‌ای که بارندگی کمتر موجب تغذیه کمتر و در نتیجه شوری آب بیشتر می‌شود و شاید مهم‌تر از آن به دلیل پایین آمدن سطح آب و استخراج از بخش عمیق‌تر آبخوان، زمان ماندگاری در سفره بیشتر بوده است و املاح محلول آن‌ها بیشتر شده است و در نتیجه هدایت الکتریکی آب بیشتر شده است.

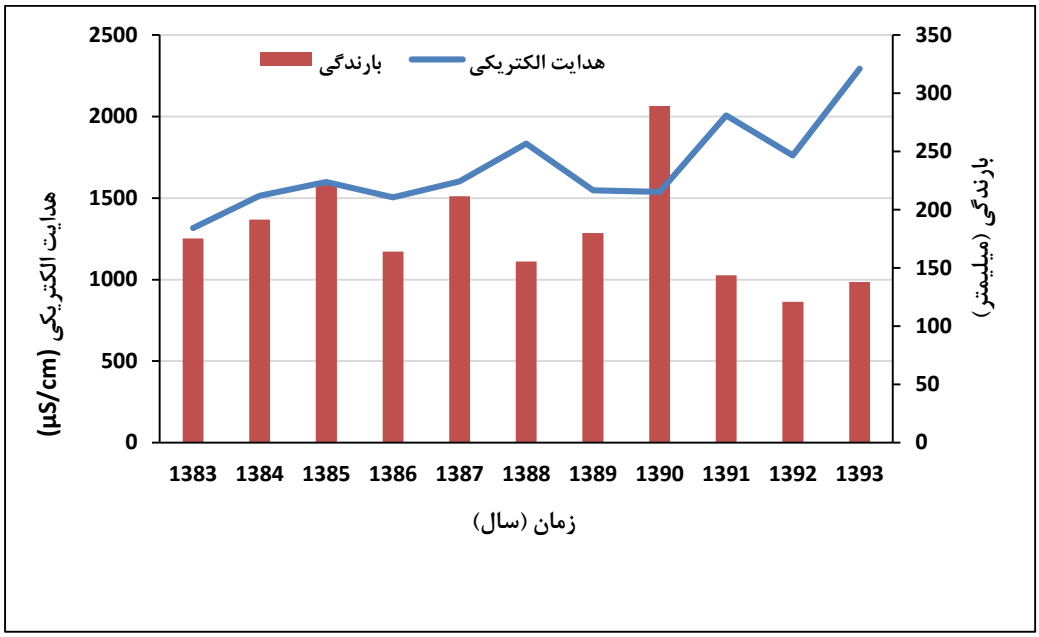


شکل ۴-۲۱- رابطه بین متوسط هدایت الکتریکی و میزان بارش سالانه (بخش شمالی)



شکل ۴-۲۲- رابطه بین متوسط هدایت الکتریکی و میزان بارش سالانه (بخش مرکزی)

بخش مرکزی دشت تقریباً هم‌روند با بخش شمالی بوده و با برداشت از اعماق بیشتر، املاح محلول در آب زیرزمینی بیشتر شده و در نهایت میزان هدایت الکتریکی نیز افزایش یافته است.



شکل ۴-۲۳- رابطه بین متوسط هدایت الکتریکی و میزان بارش سالانه (بخش جنوبی)

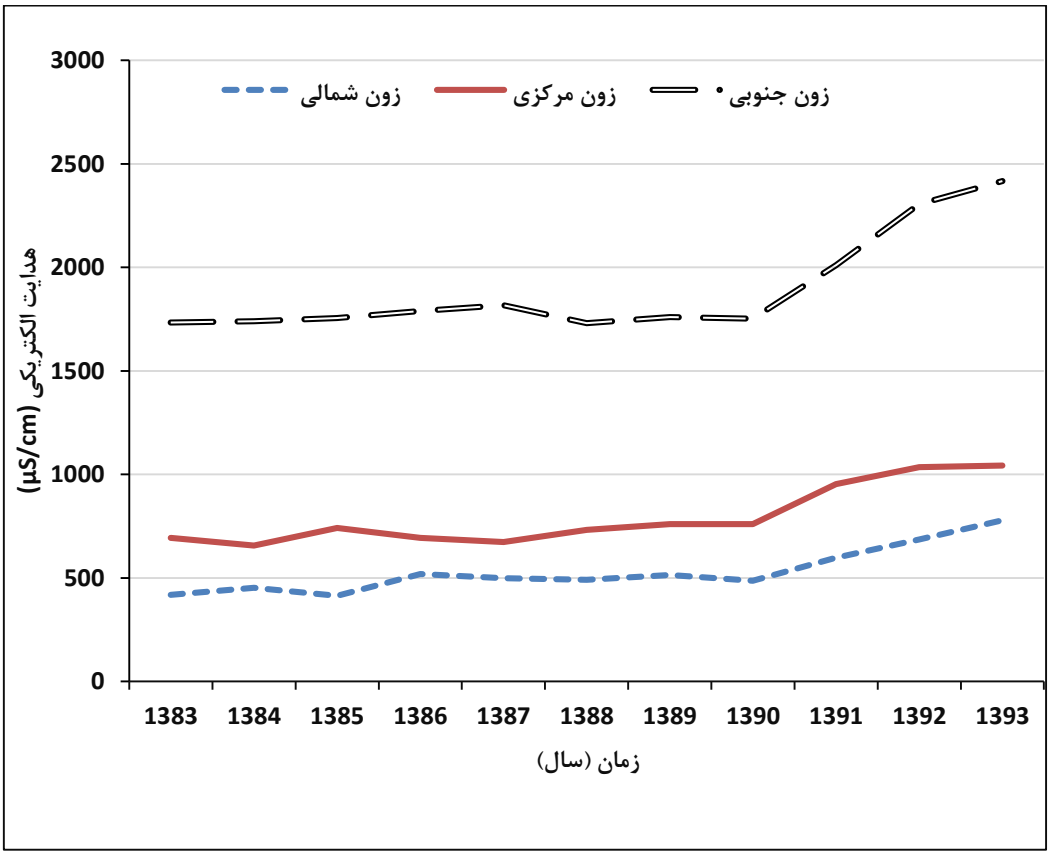
در بخش جنوبی دشت شهریار قدیم میزان بهره‌برداری از آبخوان نسبت به دو بخش شمالی و مرکزی کمتر بوده است و در واقع می‌توان گفت که احتمالاً به دلیل کاهش بارندگی تا حدودی در میزان هدایت الکتریکی افزایش ایجاد شده است.

ج – بررسی تغییرات زمانی هدایت الکتریکی

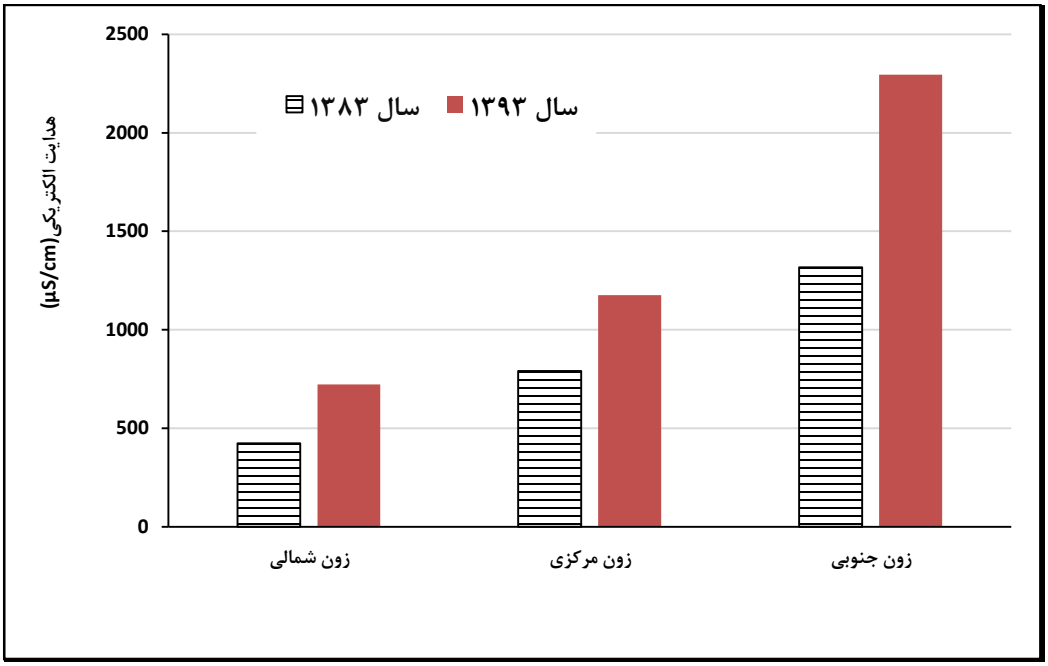
با توجه به مقایسه مقدار پارامترهای هیدروژئوشیمیایی سفره آب زیرزمینی در بخش‌های شمالی، مرکزی و جنوبی آبخوان دشت شهریار قدیم گویای تفاوت بسیار زیاد کیفیت آب زیرزمینی در این مناطق می‌باشد. نمودار تغییرات زمانی هدایت الکتریکی در سه بخش شمالی، مرکزی و جنوبی دشت در سه نمودار ترسیم

شده است (شکل ۴-۲۴). میزان هدایت الکتریکی بخش شمالی سفره آب زیرزمینی طی دوره مورد مطالعه از مقدار ۴۲۴ به ۷۲۲ میکروموس بر سانتیمتر افزایش داشته که گویای افزایشی بسیار بالا در میزان هدایت الکتریکی این بخش از آبخوان می‌باشد.

بخش مرکزی دشت هم‌روند با بخش شمالی بوده و از میزان ۶۹۲ میکروموس بر سانتیمتر در سال ۱۳۸۳ به ۱۰۴۲ میکروموس بر سانتیمتر در سال ۱۳۹۳ رسیده است. میزان هدایت الکتریکی در بخش جنوبی آبخوان با افزایشی، از مقدار ۱۳۱۷ میکروموس بر سانتیمتر در سال ۱۳۸۳ به ۲۲۹۴ میکروموس بر سانتیمتر در سال ۱۳۹۳ رسیده است.



شکل ۴- ۲۴- نمودار تغییر زمانی هدایت الکتریکی (بخش شمالی، مرکزی و جنوبی)



شکل ۴- ۲۵- هیستوگرام تغییر زمانی هدایت الکتریکی (سال ۱۳۸۳ و ۱۳۹۳)

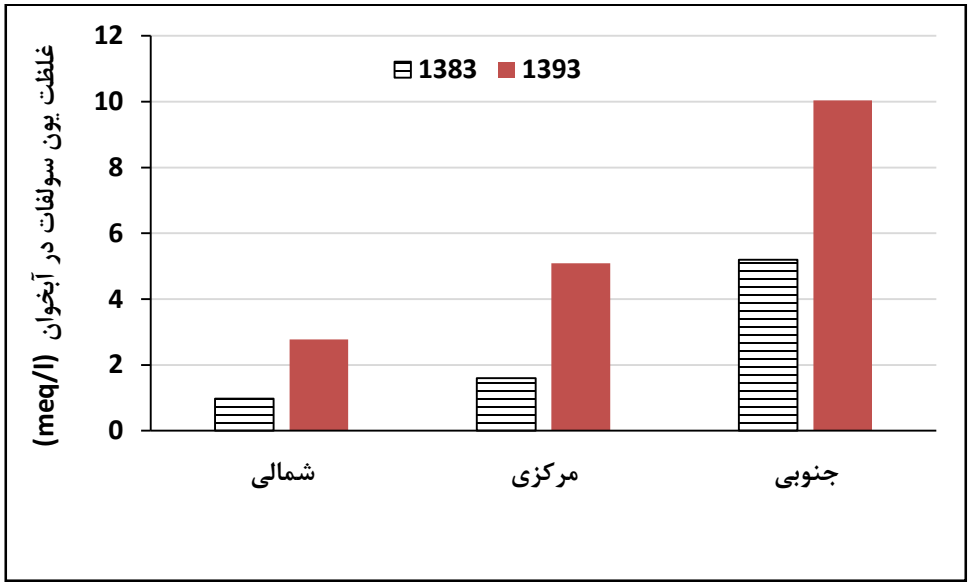
۴-۳-۴- بررسی تغییرات زمانی کیفیت آب زیرزمینی در هر یک از بخش‌های دشت شهریار قدیم

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 وکاتیون‌های اصلی در آبخوان دشت شهریار قدیم طی دورهٔ مطالعاتی، از مقادیر متوسط سالانهٔ هر کدام از این یون‌ها در ۲۸ نقطهٔ نمونه برداری انتخابی واقع در دشت طی سال‌های ۱۳۸۳ تا ۱۳۹۳ میانگین‌گیری شده است (به عنوان نماینده‌ای برای مقدار یون مورد نظر در آبخوان طی آن سال).

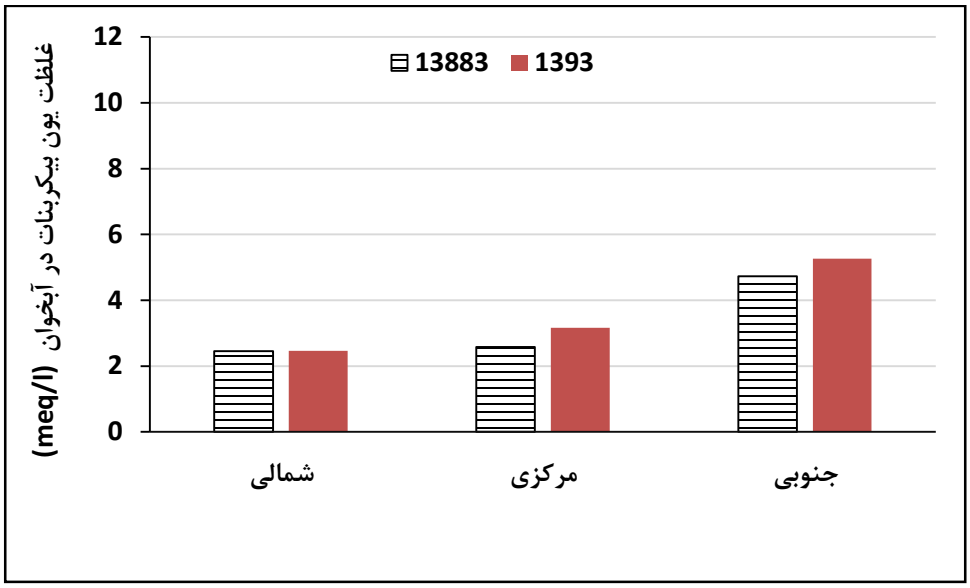
همانطور که تا اینجا مشخص شد، میزان تغییرات و مقدار پارامترهای هیدروژئوشیمیایی دشت شهریار در مناطق شمالی و جنوبی این دشت دارای تفاوت چشمگیری می‌باشد که گویای شرایط متفاوت حاکم بر این

نواحی آبخوان است به گونه‌ای که در نظر گرفتن کل دشت به عنوان یک سیستم واحد، برای درک چگونگی تغییرات زمانی هیدروژئوشیمیایی 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 دشت پس از تقسیم‌بندی آبخوان به سه بخش شمالی، مرکزی و جنوبی، برای هر بخش به طور مجزا انجام گیرد.

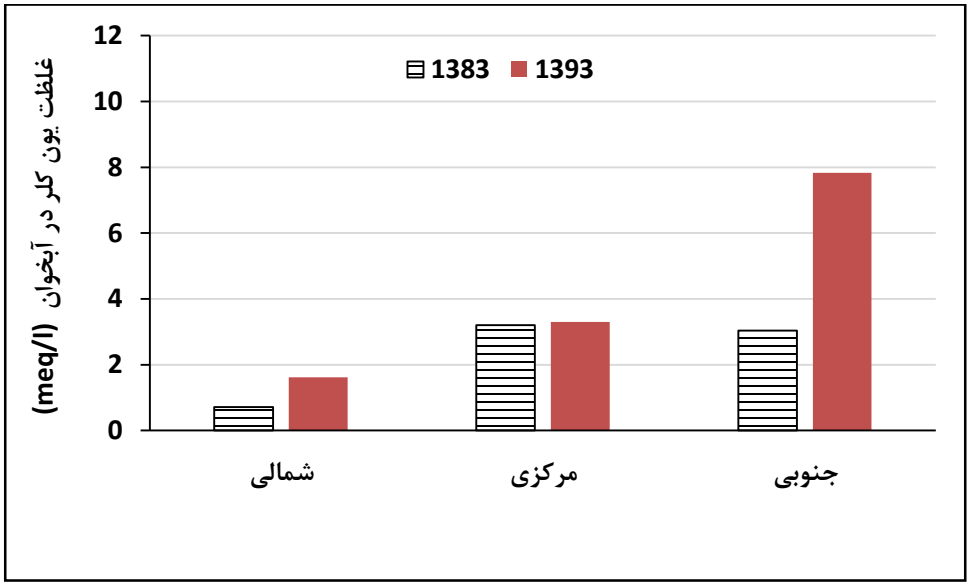
با توجه به شکل ۴-۲۵، مقایسه مقدار پارامترهای هیدروژئوشیمیایی آبخوان در بخش‌های شمالی، مرکزی و جنوبی دشت شهریار قدیم گویای تفاوت بسیار زیاد کیفیت آب زیرزمینی در این مناطق می‌باشد. میزان کلر و سدیم به دلیل انحلال هالیت بالاتر رفته است، همچنین به علت انحلال نمک‌های سولفاته میزان کلسیم، منیزیم و سولفات افزایش یافته است. بی‌کربنات تغییر آنچنانی نکرده است که نشان می‌دهد که سایر آنیون‌ها (سولفات و کلر) زیاد شده‌اند.



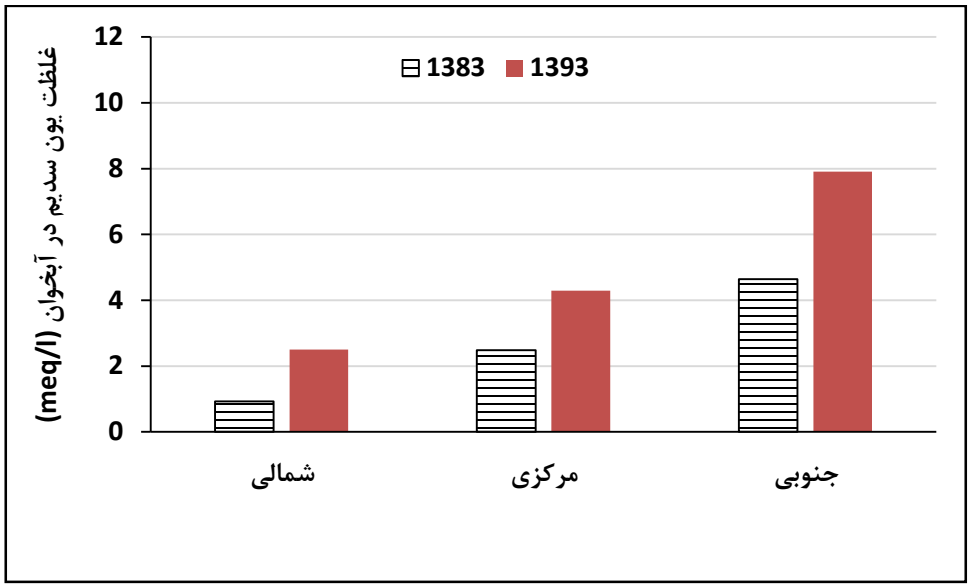
شکل ۴-۲۶- نمودار تغییرات یون سولفات در بخش‌های مختلف دشت شهریار قدیم



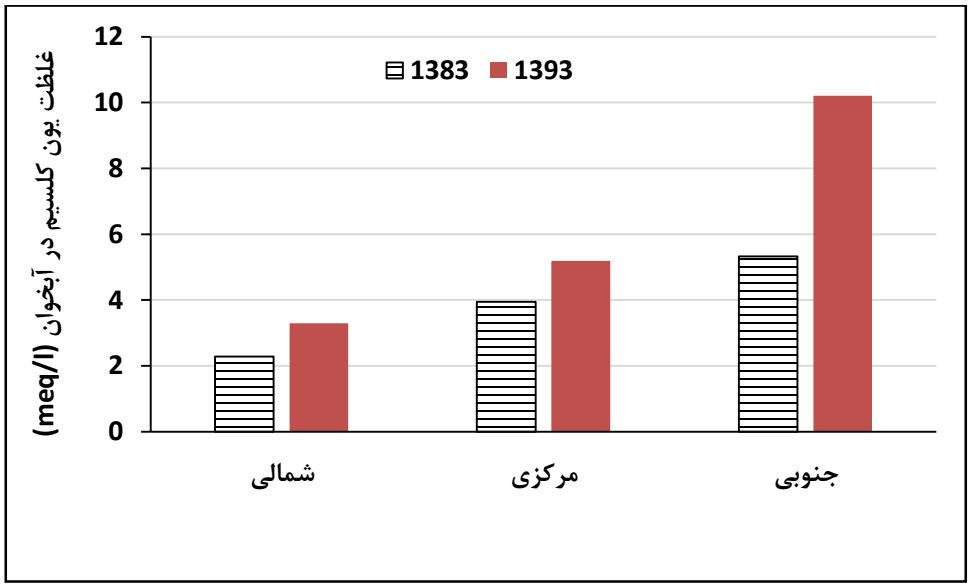
شکل ۴-۲۷- نمودار تغییرات یون بی‌کربنات در بخش‌های مختلف دشت شهریار قدیم



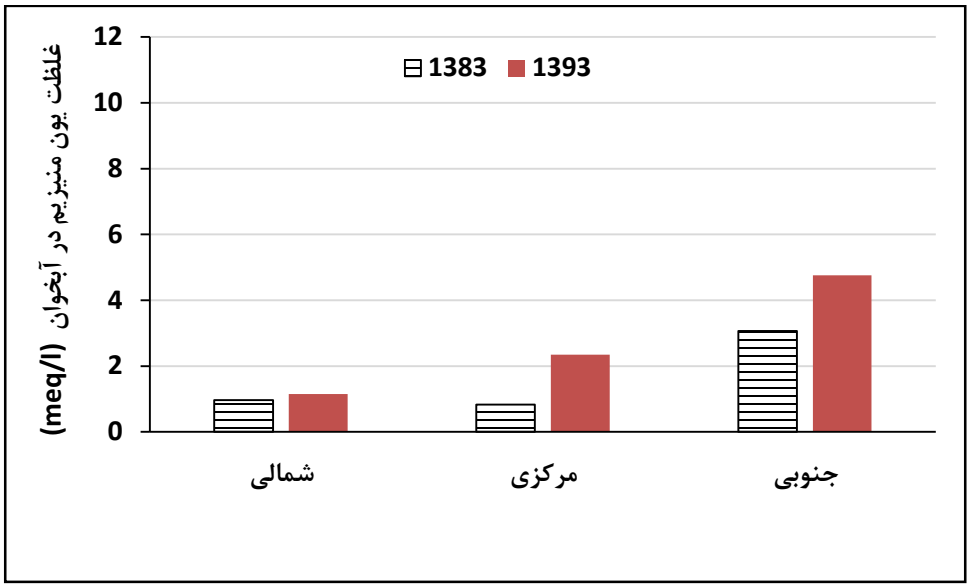
شکل ۴-۲۸- نمودار تغییرات یون کلر در بخش‌های مختلف دشت شهریار قدیم



شکل ۴-۲۹- نمودار تغییرات یون سدیم در بخش‌های مختلف دشت شهریار قدیم



شکل ۴-۳۰- نمودار تغییرات یون کلسیم در بخش‌های مختلف دشت شهریار قدیم



شکل ۴-۳۱- نمودار تغییرات یون منیزیم در بخش‌های مختلف دشت شهریار قدیم

فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادها

این فصل می‌کوشد تا به طور مختصر به بیان نتایج حاصل از مطالعهٔ تغییرات کمی و کیفی آبخوان دشت شهریار قدیم طی سال‌های ۱۳۶۳ تا ۱۳۹۳ بپردازد. همچنین پیشنهادها و راهکارهایی را جهت بررسی دقیق‌تر این منابع آبی ارائه نماید.

۵-۱-میزان افت سطح آب زیرزمینی دشت شهریار قدیم

سطح ایستابی آب زیرزمینی در آبخوان دشت شهریار قدیم طی این دورهٔ ۳۰ ساله حدود ۱۵متر افت داشته است، به عبارت دیگر متوسط افت سالانهٔ سطح ایستابی در دشت برابر با ۰/۵ متر بوده است. این افت عمدتاً در نتیجهٔ بهره‌برداری بی‌رویه از آبخوان، احداث سد کرج در بالا دست دشت و به میزان کمتر، به دلیل کاهش بارندگی طی این سال‌ها می‌باشد. میزان افت سطح آب زیرزمینی طی ۱۰ سال اول در بخش شمالی۱۲ متر، بخش مرکزی و جنوبی حدود ۴ متر بوده است. این روند در۱۰ سال دوم در بخش شمالی۱۷متر، بخش مرکزی ۵ متر و در بخش جنوبی تقریباً به صفر رسیده بوده است. در ۱۰سال آخر میزان افت در بخش شمالی ۵ متر، بخش مرکزی ۸ متر و در بخش جنوبی یک متر افزایش داشته است.

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

میزان افت تراز آب زیرزمینی در پیزومترهای واقع در دشت شهریار قدیم از ۴۲ پیزومتر متغیر است به گونه‌ای که ۱۳ پیزومتر دارای افت بالاتر از ۳۰ متر و ۲۹ پیزومتر دارای افتی کمتر از ۳۰ متر می‌باشند. همچنین بیشترین میزان افت آب زیرزمینی (افت بالاتر از ۳۰متر) در شهرهای شهریار و شهرقدس (بخش شمالی دشت) می‌باشد که به علت برداشت بیش از حد آب زیرزمینی جهت مصارف کشاورزی در این نواحی رخ داده است. حداقل میزان افت آب زیرزمینی (افت کمتر از ۱۴ متر) نیز در زون جنوبی دشت مشاهده می‌شود.

۵-۳- نتایج حاصل از بررسی نقشه‌های هم‌پتانسیل دشت

بررسی نقشه‌های هم‌پتانسیل سال‌های ۱۳۶۳ و ۱۳۹۳ آبخوان دشت شهریار قدیم 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. همچنین بالاترین تراز آب زیرزمینی منطبق بر نواحی غربی و شمالی دشت می‌باشد. تغییرات قابل توجه در شکل خطوط هم‌پتانسیل تأییدکننده این است که در سال ۱۳۹۳ به دلیل برداشت‌های نقطه‌ای، ناهمگنی در خطوط هم پتانسیل دیده می‌شود. در واقع اثر سدسازی در بالادست دشت شهریار قدیم، شهرسازی و افزایش جمعیت و برداشت‌های نقطه‌ای باعث ایجاد بی‌نظمی و ناهمگنی در خطوط هم پتانسیل سال‌های اخیر شده است.

۵-۴- میزان تغییرات عمق آب زیرزمینی در دشت شهریار قدیم

مقایسه نقشه‌ی هم‌عمق سال ۱۳۸۳ با نقشهٔ هم‌عمق سطح ایستابی در سال۱۳۹۳ نشان داد که تغییرات عمق آب زیرزمینی طی این ۳۰ سال بسیار زیاد بوده است به طوری‌که عمق دسترسی به آب در بخش شمالی دشت در سال ۱۳۸۳ حدود ۶۰ متر بوده که این عمق به میزان ۹۸ متر در سال ۱۳۹۳ رسیده است.

در بخش مرکزی دشت عمق ۳۰ متر در سال ۱۳۸۳ به میزان ۵۰ متر در سال ۱۳۹۳ رسیده است. همچنین عمق دسترسی به آبخوان در بخش جنوبی در سال ۱۳۸۳ حدود ۱۹ متر بوده که این مقدار به ۲۱ متر در سال ۱۳۹۳ رسیده است.

۵-۵- نوسانات سالانه سطح آب زیرزمینی

با توجه به هیدروگراف واحد دشت، سطح ایستابی در این دشت از سال ۱۳۶۳ تا سال ۱۳۹۳ ، پیوسته روندی نزولی داشته است. سطح ایستابی از ۱۰۷۶/۴۷ متر سطح دریا در سال ۱۳۶۳، به تراز ۱۰۶۱/۳۴ متر رسیده است. به گونه‌ای که در طی این مدت، سطح آب زیرزمینی حدود ۱۵ متر طی۳۰ سال افت داشته است. به عبارت دیگر متوسط افت سالانه سطح آب زیرزمینی، ۰/۵ متر بوده است. این افت عمدتاً در نتیجه بهره‌برداری بیش از حد از سفره آب زیرزمینی و احداث سد کرج طی این سال‌ها می‌باشد. به گونه‌ای که کمبود بارندگی و بهره‌برداری بی‌رویه از آبخوان سبب شده تا شاخص صعودی و نزولی هیدروگراف با هم متقارن نبوده و هیدروگراف دارای روند کلی رو به کاهش باشد. بیشترین میزان افت آب زیرزمینی (افت بالاتر از ۳۰ متر) در غرب محدوده (شهرشهریار) و حاشیه‌های شمال غربی دشت (شهرقدس) می‌باشد که به علت برداشت بیش از حد آب زیرزمینی و رواج داشتن کشاورزی، در این نواحی رخ داده است. کاهش میزان تغذیه آبخوان و نیز احداث سد کرج در بالا دست این دشت 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 ۱۴ متر) نیز در حاشیه جنوبی و مرکزی دشت مشاهده می‌شود.

نتایج حاصل از این بررسی، همچنین نشان داد که، تا حدودی رابطه قابل توجهی بین میزان بارندگی و ترازآب زیرزمینی در دشت وجود دارد، به گونه‌ای که روند رو به کاهش سطح ایستابی توسط کاهش میزان

بارندگی کنترل شده و تغییرات در میزان بارندگی بر این روند اثر گذاشته است. همچنین بهره‌برداری بی‌رویه ازآبخوان وبرداشت‌های نامنظم و نقطه‌ای باعث ایجاد بی‌نظمی در روند تغییرات سطح آب پیزومترها شده‌اند.

۵-۶- تغییرات زمانی کیفیت آبخوان دشت شهریار قدیم

بررسی‌های صورت گرفته در این خصوص نشان داد که میانگین هدایت الکتریکی آبخوان از مقدار ۹۹۵/۹ میکروموس بر سانتیمتر در سال ۱۳۶۳ به ۱۴۷۴ میکروموس بر سانتیمتر در سال ۱۳۹۳ رسیده است (۴۷۷ واحد افزایش). بیش‌ترین میزان افزایش در هدایت الکتریکی آب زیرزمینی (افزایش بیش از ۷۰ درصد) در چاه‌های واقع در زون جنوبی دشت روی داده است. افزایش بالای هدایت الکتریکی آب زیرزمینی در این ناحیه از دشت احتمالاً ناشی از افزایش جمعیت و توسعه شهرنشینی و در نتیجه آن از رونق افتادن کشاورزی و احتمالاً تغذیه توسط فاضلاب‌های شهری و صنعتی می‌باشد. نواحی دارای افزایش اندک نیز عمدتاً در زون مرکزی دشت واقع گردیده‌اند.

۵-۷- روند تغییرات هدایت الکتریکی آبخوان دشت شهریار قدیم

بررسی روند عمومی منحنی‌های هم‌ارزش هدایت الکتریکی آب زیرزمینی در هر دو نقشه ۱۳۸۳ و ۱۳۹۳ نشان داد که شوری آب زیرزمینی در جهت جریان یعنی از شمال غرب آبخوان به سمت شرق، جنوب شرقی و جنوب آن افزایش یافته است. این فرآیند تحت تأثیر توسعه شهرنشینی و اثرات کیفی پساب‌های برگشتی از مناطق مسکونی و اراضی کشاورزی به سیستم آب زیرزمینی و نزدیک شدن به محل خروجی آبخوان می‌باشد. مقایسه این نقشه‌ها همچنین نشان داد که میزان هدایت الکتریکی آبخوان با گذشت زمان افزایش یافته است.

۵-۸- پیشنهادها

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

- توجه خاص به بخش شمالی که علیرغم فقدان فعالیت‌های کشاورزی گسترده، میزان افت زیاد است.
- پیشنهاد می‌شود که در بخش شمالی برداشت از آب‌های زیرزمینی کمتر شود تا از بروز پدیده‌های خطرناکی مانند نشست زمین جلوگیری شود.
- در بخش مرکزی دشت شهریار قدیم برای جلوگیری از افت بیشتر سطح آب‌های زیرزمینی در بخش کشاورزی مدیریت مصرف آب بیشتر شود.
- در بخش جنوبی با توجه به وجود چاه‌های جذبی (مسئله جمع‌آوری فاضلاب در دست اجرا قرار دارد.) این اقدام می‌تواند در آینده موجب تغذیه کمتر و افت بیشتر آبخوان شود. بنابراین، بایستی اثرات چنین طرح‌هاییبر سطح آب‌های زیرزمینی مد نظر قرار داده شود.

منابع

- اسناد و گزارشات شرکت آب منطقه ای استان تهران امور منابع آب شهرستان شهریار ، (۱۳۹۲).
- اسناد و گزارشات شرکت آب منطقه ای استان تهران امور منابع آب شهرستان رباط‌کریم ، (۱۳۹۲).
- اصغری‌مقدم الف، (۱۳۸۹) **" اصول شناخت آب‌های زیرزمینی"** انتشارات دانشگاه تبریز، ۱۵۲
- اطلس راههای ایران، (۱۳۸۲) مؤسسه جغرافیایی کارتوگرافی و گیتاشناسی.
- آقانباتی ع، (۱۳۸۳) **"زمین شناسی ایران"** سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور،۷۰۷ ص.
- اکبری م، جرگه م ر، مدنی سادات ح، (۱۳۸۸) "بررسی افت سطح آب‌های زیرزمینی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی(GIS) (مطالعه موردی: آبخوان دشت مشهد)" **مجلهٔ پژوهش‌های حفاظت آب و خاک**، جلد شانزدهم، شمارهٔ چهارم، ص ۶۳-۷۸.
- 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.
- جعفری قریه‌علی، ع. (۱۳۸۶)، "تأثیر شهرسازی بر روی کمیت و کیفیت آب زیرزمینی شهر مشهد"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی شاهرود، ۱۱۸ ص.
- جوشش، ج. (۱۳۷۴)، "بررسی اثرات اجرای طرح‌های آب و فاضلاب بر کیفیت آب زیرزمینی شهر مشهد"، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۰۷ ص.
- 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.

- 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.
- خزائی، ا. (۱۳۸۰)، تأثیر گسترش شهری برکیفیت آب زیرزمینی زاهدان، مجله آب و فاضلاب شماره ۳۸، ص ۳۱-۳۸.
- صداقت م ، (۱۳۸۶) "**زمین و منابع آب** " انتشارات دانشگاه پیام نور، ۳۶۸ ص.
- علیزاده الف،(۱۳۹۰) "**اصول هیدرولوژی کاربردی**" انتشارات آستان قدس رضوی، ۹۱۱ ص.
- قندی الف، اصغری مقدم الف، (۱۳۸۴) "بررسی عوامل مؤثر بر کیفیت آب زیرزمینی دشت تسوج " مجموعه مقالات نهمین همایش انجمن زمین شناسی ایران.
- کرمی غ. (۱۳۷۵)، "بررسی سیلاب‌ها ومنابع آب زیرزمینی در منطقه بیابانی احمدآباد خارتوران"، دومین همایش ملی بیابان‌زایی و روش‌های مختلف بیابان‌زایی، ص ۳۷۵-۳۸۰، کرمان.
- کرمی غ. (۱۳۷۷)، "گزارش تحقیقاتی بررسی منابع آب زیرزمینی در منطقه بیابانی خارتوران، شاهرود"، شرکت خدمات مهندسی جهاد، ۱۷۵ص.
- کلانتریان س ف، (۱۳۸۸) "بررسی خصوصیات هیدروژئولوژیکی و هیدروژئوشیمیایی سفرهٔ آب زیرزمینی تنکابن" پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شاهرود، ۱۳۷ ص.
- کلانتریان س.ف. (۱۳۸۸)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، "بررسی خصوصیات هیدروژئولوژیکی و هیدروژئوشیمیایی سفره آب زیرزمینی تنکابن"، دانشکده علوم زمین، دانشگاه صنعتی شاهرود.
- گزارش سیمای منابع آب، وزارت نیرو، شرکت منابع آب منطقه‌ای تهران، سال آبی ۹۳-۱۳۹۲.
- لشکری‌پور غ.ر. غفوری م .کاظمی گلیان ر .و دم‌شناس م، (۱۳۸۹) " نشست زمین در اثر افت سطح آب‌های زیرزمینی در دشت نیشابور " کنفرانس زمینشناسی مهندسی و محیط زیست ایران.

- لطیف، م. (۱۳۸۱)، "بررسی آلودگی نیترات و منشأیابی آن در آب‌های زیرزمینی دشت مشهد"، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی اصفهان، ۱۳۷ص.
- 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.
- میردشتوان م، (۱۳۹۱) "مدیریت پایدار منابع آب زیرزمینی دشت هشتگرد " اولین کنفرانس ملی راهکارهای دستیابی به توسعه پایدار.
- 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 ۲۲-۳۷.
- نقشه زمین شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ تهران، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- نقشه زمین شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ ساوه، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- 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، ص ۳۷-۲۱.

- Chae G. T., Kim K., Yun S. T., Kim K. H., Kim S. O., Choi B. Y., and Rhee C. W. (2004). Hydrogeochemistry of alluvial groundwaters in an agricultural area: an implication for groundwater contamination susceptibility‖. **Chemosphere**, 55(3), pp. 369-378.
- 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.

- Cloutier, V. Leofebvre, R. Savard, M-M. Bourque, E. and Therrien, R., (2006) "Hydrogeochemistry and ground water origin of the Basses- Laurentides sedimentary rock aquifer system, St.Lawrence lowlands Quebec, Canada"**Hydrogeology Jornal**, Volume 14, Issue 4, pp.573-590.
- Cloutier, V., Lefebvre, R., Savard, M. M., Bourque, E. d., & Therrien, R. (2006). Hydrogeochemistry and groundwater origin of the Basses-Laurentides sedimentary rock aquifer system, St. Lawrence Lowlands, Qu´ ebec, Canada. **Hydrogeology journal** , 573–590.
- Custodio, E. (2002). Aquifer overexploitation: what does it mean? **Hydrogeology Journal**, Vol. 0 , 254–277.
- Dellar, J. (1998). **The handbook of groundwater engineering**. West Lafayette, Indiana: CRC Press LLC.
- Devlin J. F., and Sophocleous M. (2005). ―The persistence of the water budget myth and its relationship to sustainability‖. **Hydrogeology Journal**, 13(4), pp. 549-554.
- Fetter, C.W., (1994). "**Applied Hydrogeology**".
- Foster, S.S.D., Morris, B.L., and Chilton, P.J., (1999). "Ground water in urban development: A Review of linkage and concerns", **IAHS publication**, no.259.
- Freez, R., and Cherry,J.,(1979). **"Groundmater"** Prentice Hall, New York.,
- Glynn P.D and Plummer L.N, (2005) "Geochemistry and the understanding of groundwater systems" **Hydrogeology Journal**, Volume 13, Issue 1, pp 263-287.
- Guansekaram T., (1983). "Grounwater contamination and case studies in Jaffna peninsuia", sri Lanka IGS-WRB Workshop on Groundwater resours, Colombo.
- Hem, J. D. (1985). Study and interpretation of the chemical characteristics of natural water.U.S. Geological survey water-supply no.2254. 272 p.
- 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.
- Kao, S.-C., & Govindaraju, R. S. (2010). A copula-based joint deficit index for droughts. **Journal of Hydrology** No.380 , 121–134.

- Karami G. H., Bakhshi M., wlA Hosseini H. (2009). ―Evaluating groundwater resources in Shahrood region‖. In Proceedings of International Conference on Water Resources, Shahrood, Iran, pp. 24-32.
- Morris B L., Lawrence A.R., and Stuart M.E., (1994). "The impact of urbanization on ground water quality (Project Summary Report)", BGS Technical Report WC/94/56.
- Murry-Rust, H.R., and Mamanpoush, A.R., (2000). "Analysis of inflows into Chadegan Reservoir", IAERI-IWMINResearch Report (in press).
- Okkonen, J., Jyrkama, M., & Kløve, B. (2009). A conceptual approach for assessing the impact of climate change on groundwater and related surface waters in cold regions (Finland). **Hydrogeology Journal,** Published Online: 06 October 2009 .
- Pazand K., Hezarkhani A., Ghanbari Y., wlA Aghavali N. (2011). ―Groundwater geochemistry in the Meshkinshahr basin of Ardabil province in Iran‖. **Environmental Earth Sciences**, 65(3), ll. 871-879.
- Rieben , H. , ١٩٥٥ , The geology of the Tehran plain , Amer , Jour.,Sci. , p ٦١٧-٦٣٩
- 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.
- Subrahmanyam, K., & Yadaiah, P. (2001). Assessment of the impact of industrial effluents on water quality in Patancheru and environs, Medak district, Andhra Pradesh, India. **Hydrogeology Journal**, *Vol. 9* , 297–312.
- Vaccaro, J. (2002). Sensitivity of groundwater recharge estimates to climate variability and change, Columbia Plateau, Washington. **Journal of Geophysic Reasearches** *No. 97 (D3)* , 2827–2833.
- 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.

Abstract

Old Shahryar is a region where is limited to the Kan River in the east, Tehran-Karaj highway in the north, Robat Karim Highlands in the northwest and Arad Highlands in the south. 30-years investigations of groundwater level data measured at 42 selective piezometers located in this area, show that groundwater table levels in alluvial aquifer of this area, during 1984 to 2014 had a downward trend which resulted in the loss of approximately 15 meters of aquifer level. The highest drop of groundwater occurred in the northern plains (Shahryar and Shahre-Ghods counties, where high percent of gardens and farmland exist). This drop is mainly the result of excessive utilization of the aquifer and to a lesser extent in recent years has been the result of reduced rainfall. The loss of agricultural and urban development effects in central and southern parts (due to population migration) caused the groundwater pumping being less and due to feeding of plains by wastewaters, the groundwater levels also indicate uplift. However, the indiscriminate exploitation of groundwater and irregular and spot usage resulted in irregularities in changes in the trend of piezometers water levels. In addition to the survey of the groundwater chemistry data at 28 sampling sources with the most complete statistics and best dispersion total of 46 selective sampling sources located in this plain showed that during 2004 to 2014, the electrical conductivity is increased about 50 percent. The amount and percentage changes of hydrogeochemical parameters, the aquifer of old Shahryar plain can be divided into three sections including north, central and south. Comparison of the groundwater quality in these three sections indicates higher amounts and further increase of the major ions concentration and the level of electrical conductivity in the southern part of the aquifer and water quality degradation over time.

Keywords: Old Shahryar plain, Karaj dam construction, groundwater level, groundwater chemistry.

Faculty of Earth Sciences

M.Sc. Thesis in Hydrogeology

Evaluating the effect of construction of Karaj Dam on aquifer in Old Shahriar Plain

By: Samira Cheraghi

Supervisor:

Dr. Gh. Karami

February 2017