

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشکده علوم زمین

پایان نامه کارشناسی ارشد هیدروژئولوژی

تحلیل افت سطح ایستابی آبخوان قم

نگارنده: اعظم عابدی عباس آبادی

استاد راهنما:

دکتر هادی جعفری

دی ۱۳۹۹

تشکر و قدر دانی

سپاس آفریدگار جان و خرد را که در راه علم و دانش تا به امروز همراه اولم بود و دستم را گرفت تا در این راه با موفقیت گام بردارم، چرا که اگر او نمی خواست، نمی شد

گر چه قلم قاصر است از بیان مطلب، اما بر خود وظیفه می دانم که از زحمات بی دریغ و ارزشمند جناب آقای دکتر هادی جعفری، استاد گرانقدرم که افتخار راهنمایی این پایان نامه را از جانب ایشان داشته کمال تشکر را بنمایم.

در ادامه از کلیه استادان ارجمند در طول دوره تحصیل از جمله آقایان دکتر کرمی، دکتر باقری صمیمانه تشکر و قدردانی نموده و همچنین از کارمندان محترم دانشکده (به ویژه سرکار خانم مهندس فارسی) و کارکنان محترم واحد مطالعات آب منطقه ای قم (به ویژه جناب آقای مهندس کاظمی زاد) و همچنین از جناب آقای مهندس احمد بیگدلی و خانم فاطمه محمدی تشکر می نمایم.

از گنجینه های زندگی، پدر و مادرم که دعای خیرشان همواره نجات بخش من بوده کمال تشکر و سپاس بیکران دارم.

در پایان، از خداوند منان توفیق روز افزون و سلامتی برای ایشان مسئلت می نمایم.

اعظم عابدی عباس آبادی

تقدیم به گنجینه های زندگی

پدر و مادر عزیز و مهربانم

تعهد نامه

اینجانب اعظم عابدی عباس آبادی دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته آب شناسی دانشکده علوم زمین دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه تحلیل افت سطح ایستابی آبخوان قم تحت راهنمایی دکتر هادی جعفری متعهد می شوم.

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

تاریخ

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

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

چکیده

آبخوان (قم-کهک) یک آبخوان آزاد بوده که در شرق و جنوب شهر قم گسترده شده است. براساس مطالعات انجام شده افت سطح ایستابی این آبخوان مهم ناشی از کاهش بارندگی و تخلیه بی‌رویه آبخوان توسط چاه‌های بهره‌برداری می باشد. در راستای بررسی افت سطح ایستابی آبخوان قم داده های ۳۲ حلقه پیزومتر در بازه زمانی ۱۰ ساله (مهر ۸۶ تا شهریور ۹۷) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل از این بررسی نشان دهنده افت ۱۲/۲۹ متر در بازه ده ساله مورد بررسی و نرخ افت سالانه ۱/۱ متر می باشد. مقدار افت در آبخوان قم-کهک از حداقل ۵ متر تا حداکثر ۲۰ متر طی دوره‌ی زمانی مهر ۸۶ لغایت شهریور ۹۷ متغیر است. تحلیل مکانی افت در آبخوان قم-کهک نشان دهنده وجود سه دسته پیزومتر می باشد. پیزومترهای دارای افت کم که میزان افت در آن‌ها از حدود ۲/۸۵ تا ۷/۸۶ متغیر است و نرخ افت سالیانه در این پیزومترها از ۰ تا ۰/۵ متر است. پیزومترهای دارای افت متوسط در تمام دشت پراکنده شده‌اند، افت در آن‌ها از ۷/۸۶ تا ۱۶/۸۵ متغیر است و دارای نرخ افت سالیانه ۰/۵ تا ۱/۵ متر می‌باشند بیشترین مقدار افت در پیزومترها از حدود ۱۶/۸۵ تا ۲۶/۳۴ متر است و نرخ افت سالیانه ۱/۵ تا ۳ متر دارند. این پیزومترها مربوط به مناطق جنوبی آبخوان می‌باشد. بر اساس محاسبات بیلان آب زیرزمینی آبخوان قم-کهک، میزان تغییرات حجم ذخیره آبخوان برابر با ۲۲ میلیون متر مکعب محاسبه گردید، که نشان دهنده کسری مخزن در اثر برداشت های بیشتر از تغذیه آبخوان می باشد. بر اساس مطالعات انجام شده، تغذیه مصنوعی، نفوذ فاضلاب‌های تصفیه شده و مدیریت برداشت از منابع آب زیرزمینی به عنوان راهکاری جهت کاهش افت در این آبخوان ارزشمند پیشنهاد شده است.

کلمات کلیدی: بیلان، نوسان سطح آب زیرزمینی، ات سطح آب زیرزمینی، قم-کهک

فهرست مطالب

فصل اول مقدمه.....	۱
۱-۱- بیان مسئله و هدف از انجام تحقیق.....	۲
۲-۱- موقعیت و مشخصات جغرافیایی محدوده مورد مطالعه.....	۴
۳-۱- آب و هوای منطقه مورد مطالعه.....	۶
۱-۳-۱- دما.....	۶
۲-۳-۱- باران.....	۶
۳-۳-۱- تبخیر.....	۷
۴-۱- هیدرولوژی محدوده مورد مطالعه.....	۷
۵-۱- سیستم رودخانه ای یا منابع آبی در محدوده مطالعاتی قم- کهک.....	۸
۱-۵-۱- تقسیم بندی حوضه و زیر حوضه ای.....	۸
۶-۱- ژئومورفولوژی.....	۹
۷-۱- نفوذ پذیری سازندها و اثر آن ها بر منابع آب.....	۱۰
۱-۷-۱- گروه سنگهای توفی ولکانیکی و توده های نفوذی.....	۱۰
۲-۷-۱- گروه سنگهای رسوبی تبخیری.....	۱۱
۳-۷-۱- گروه نهشته های آبرفتی.....	۱۱
۴-۷-۱- کفه های رسی و پهنه های تخریبی.....	۱۱
۸-۱- زمین شناسی منطقه مورد مطالعه.....	۱۱
۹-۱- چینه شناسی محدوده قم- کهک.....	۱۲
۱-۹-۱- اولیگومیوسن.....	۱۳
۱-۹-۱- سازند قم.....	۱۳
۲-۹-۱- میوسن بالایی.....	۱۵
۱-۹-۲- سازند قرمز بالایی.....	۱۵
۳-۹-۱- رسوبات کواترنری (Quaternary).....	۱۶
۴-۹-۱- پادگانه های قدیم (Qt1).....	۱۷
۵-۹-۱- پادگانه های جدید (Qt2).....	۱۷

۱۸	۱-۹-۶-آبرفت های جوان (Qc).....
۱۸	۱-۹-۷-ته نشست های رودخانه ای (Qa1).....
۱۸	۱-۹-۸-ساختارهای منطقه مورد مطالعه.....
۱۹	۱-۱۰-زمین شناسی ساختمانی و تکتونیک.....
۱۹	۱-۱۰-۱-چینها.....
۲۱	۱-۱۰-۲-گسل ها.....
۲۵	فصل دوم مروری بر مطالعات گذشته.....
۲۶	۲-۱-مقدمه.....
۲۶	۲-۲-عوامل موثر بر افت سطح ایستابی.....
۲۹	۲-۲-۱-برداشت بی رویه از منابع آب زیرزمینی.....
۳۳	۲-۲-۲-تغذیه.....
۳۴	۲-۲-۳-بیان.....
۳۷	فصل سوم روش انجام کار.....
۳۸	۳-۱-مقدمه.....
۳۸	۳-۲-تحلیل داده های هیدروژئولوژیکی.....
۳۸	۳-۳-گروه بندی پیزومترهای حفر شده در آبخوان قم- کهک.....
۳۸	۳-۴-ترسیم نقشه های هم افت و هم عمق آبخوان قم- کهک.....
۳۸	۳-۵-بررسی بیان آب.....
۳۹	۳-۶-تحلیل افت سطح ایستابی آبخوان:.....
۴۱	فصل چهارم تحلیل افت سطح ایستابی قم- کهک.....
۴۲	۴-۱-مقدمه.....
۴۳	۴-۳-شبکه پیزومتری آبخوان قم.....
۴۵	۴-۴-هیدروگراف چاه های مشاهده ای.....
۴۹	۴-۵-نقشه همافت آبخوان قم-کهک.....
۵۲	۴-۶-هیدروگراف معرف آبخوان قم- کهک.....
۵۴	۴-۷-تغییرات مکانی سطح آب زیرزمینی.....
۵۵	۴-۸-نقشه همعمق آبخوان قم-کهک.....

۵۵	۹-۴- ضرایب هیدرودینامیک آبخوان قم- کهک
۵۸	۱۰-۴- بیلان آب زیرزمینی
۵۹	۴-۱۰-۱- جریانهای زیرزمینی ورودی و خروجی به/ از آبخوان
۵۹	۴-۱۰-۱-۱- حجم جریان ورودی آب زیرزمینی به آبخوان
۶۰	۴-۱۰-۱-۲- حجم جریان خروجی آب زیرزمینی از آبخوان
۶۱	۴-۱۰-۲- حجم تغذیهی ناشی از بارش و آب برگشتی
۶۲	۴-۱۰-۳- میزان تبخیر و تعرق از آبخوان
۶۲	۴-۱۰-۴- حجم آب زهکش شده از آبخوان
۶۲	۴-۱۰-۵- تخلیه توسط چاههای بهره‌برداری، قنات و چشمهها
۶۲	۴-۱۰-۶- تغییرات حجم ذخیره آبخوان
۶۳	۴-۱۰-۷- خلاصه بیلان آبخوان آبرفتی قم- کهک
۶۴	۴-۱۱- تحلیل افت سطح ایستابی آبخوان قم- کهک
۶۴	۴-۱۱-۱- تحلیل زمانی افت در آبخوان قم- کهک
۶۵	۴-۱۱-۱- بررسی افت در بازه‌های زمانی مختلف
۶۶	۴-۱۱-۲- تحلیل مکانی افت در آبخوان قم- کهک
۶۷	۴-۱۱-۲- پهنه‌بندی افت در آبخوان قم- کهک
۶۸	۴-۱۲- ارائه راهکار برای بهبود وضعیت آبخوان
۷۱	فصل پنجم نتیجه‌گیری و پیشنهادات
۷۲	۵-۱- نتیجه‌گیری
۷۲	۵-۱-۱- هیدروگراف معرف آبخوان
۷۲	۵-۱-۲- بررسی نقشه هم پتانسیل آبخوان
۷۲	۵-۱-۳- نقشه هم افت آبخوان قم- کهک
۷۳	۵-۱-۴- بررسی ضرایب هیدرودینامیک آبخوان
۷۳	۵-۱-۵- بررسی بیلان دشت
۷۴	۵-۱-۶- تحلیل افت سطح ایستابی آبخوان قم- کهک
۷۵	۵-۲- پیشنهادها

منابع..... ۷۶

پیوست هیدروگراف پیزومترهای آبخوان قم-کهنک..... ۸۱

فهرست نقشه

- شکل شماره ۱-۱ موقعیت و مشخصات جغرافیایی محدوده مورد مطالعه ۵
- شکل ۱-۲ نقشه زمین شناسی محدوده مطالعاتی قم ۱۳
- شکل ۱-۴ محدوده آبخوان قم و منابع آبی موجود در حوضه آبریز ۴۳
- شکل ۲-۴: موقعیت پیزومترهای حفر شده در آبخوان قم- کهک ۴۴
- شکل ۴-۶: گروه بندی پیزومترهای آبخوان قم- کهک ۴۹
- شکل ۴-۷: نقشه همافت سطح ایستابی آبخوان قم - کهک در بازه زمانی مهر ۸۶ الی شهریور ۹۷ ۵۲
- شکل ۴-۸: شبکه تیسن آبخوان قم- کهک ۵۳
- شکل ۴-۹: هیدروگراف معرف آبخوان قم- کهک ۵۳
- شکل ۴-۱۰: نقشه تراز آب زیرزمینی آبخوان قم- کهک (شهریور ۹۷) ۵۴
- شکل ۴-۱۱: نقشه همعمق آبخوان قم- کهک (شهریور ۹۷) ۵۵
- شکل ۴-۱۲: مقادیر قابلیت انتقال (متر مربع بر روز) و آبدهی ویژه بر اساس نتایج چاههای اکتشافی در آبخوان قم- کهک ۵۷
- شکل ۴-۱۳: مقاطع ورودی به آبخوان قم- کهک ۶۰
- شکل ۴-۱۴: هیستوگرام نشان دهنده میزان افت سالیانه از سال ۸۶ تا ۹۶ در آبخوان قم- کهک ۶۵
- شکل ۴-۱۵: نمودار مقادیر افت ده ساله آبخوان در پیزومترهای مختلف ۶۶
- شکل ۴-۱۶: تغییرات مکانی افت در آبخوان قم - کهک در بازه زمانی ۸۶ تا ۹۶ ۶۷
- شکل ۴-۱۷: پهنه بندی افت در آبخوان قم - کهک در بازه زمانی ۸۶ تا ۹۶ ۶۸

فهرست جداول

جدول ۴-۱: مشخصات پیژومترهای حفر شده در آبخوان قم- کهک.....	۴۴
جدول ۴-۲: مقادیر و نرخ افت سطح ایستابی در بازه زمانی مهر ۸۶ الی شهریور ۹۷.....	۵۰
جدول ۴-۲ (ادامه): مقادیر و نرخ افت سطح ایستابی در بازه زمانی مهر ۸۶ الی شهریور ۹۷.....	۵۱
جدول ۴-۳: مقادیر قابلیت انتقال و آبدهی ویژه در چاههای اکتشافی آبخوان قم- کهک.....	۵۶
جدول ۴-۴: مشخصات مقاطع ورودی به آبخوان قم- کهک.....	۶۱
جدول ۴-۵: اجزای بیلان آبخوان قم- کهک.....	۶۳

فصل اول

مقدمه

۱-۱- بیان مسئله و هدف از انجام تحقیق

آب زیرزمینی یکی از منابع مهم تامین آب شرب برای بسیاری از مردم در سراسر جهان به‌ویژه در مناطق خشک بوده و بنابراین مدیریت این منبع ارزشمند بایستی مورد توجه قرار گیرد. هر پدیده‌ای که تغییر در فشار آب زیرزمینی ایجاد کند، سبب تغییر در ارتفاع آب زیرزمینی می‌شود. از جمله این پدیده‌ها می‌توان به تفاوت بین تغذیه و تخلیه آب زیرزمینی، تغییر در جریان رودخانه‌هایی که در ارتباط با آب زیرزمینی هستند، پدیده‌های جزو مد و هواشناسی، شهرسازی، زلزله و بارهای خارجی اشاره نمود (Tadd and Mays, 2005). تجمع چاه‌های بهره‌برداری در یک محدوده سبب فروافتادگی در سطح ایستابی و تمرکز جریان به سمت این چاه‌ها شده و افت سطح ایستابی را به همراه دارد. در مناطق خشک و نیمه خشک به علت فقدان منابع آب سطحی دائمی و کم بودن ریزش‌های جوی و برداشت بیش از اندازه منابع آب زیرزمینی برای مصارف صنعتی و کشاورزی، افت ممتد سطح ایستابی و بنابراین تهی‌شدگی احتمالی آبخوان ایجاد می‌شود. از جمله مطالعات انجام شده در ارتباط با افت سطح آب زیرزمینی می‌توان به مطالعه هوک و همکاران (Hoque et al . 2002) اشاره کرد که به بررسی الگوی سطح آب در شهر بنگلادش پرداخته است. بررسی‌ها نشان می‌دهد برداشت زیاد از آب زیرزمینی به وسیله چاه‌های آب سبب افزایش افت سطح ایستابی از حالت خطی به نمایی شده است. الگوی تغییرات سطح ایستابی در این آبخوان از سال ۱۹۸۰ به بعد به‌طور چشمگیری از الگوی تغییرات استخراج از آب زیرزمینی تبعیت می‌کند. استخراج طولانی‌مدت سبب معکوس شدن گرادیان هیدرولیکی و تغییر جهت جریان آب زیرزمینی به سمت مخروط‌های افت در مرکز شهر شده است. مطالعات چمچمینگ و همکاران (Changming et al . 2001) در دشتهای شمالی چین نشان داد که افزایش تقاضای آب به‌دلیل توسعه سریع شهرسازی و گسترش زمین‌های کشاورزی از تجدیدپذیری طبیعی عرضه آب فراتر رفته است. در نتیجه برداشت زیاد منابع آب و افزایش فاصله بین عرضه و

تقاضای آب سبب افزایش میانگین افت از سال ۱۹۸۳ تا ۱۹۹۳ به حدود ۰/۴۲۵ متر شده است. به طور عمده بیشترین نرخ افت در زیر شهر و به طور شدید در مناطق کشاورزی رخ داده است.

با توجه به سهولت دسترسی به منابع آب زیرزمینی، استحصال بدون برنامه ریزی آنها سبب افت شدید سطح ایستابی در بسیاری از آبخوان های کشور از جمله آبخوان دشت (قم-کهنک) شده است. آثار منفی افت (نظیر کاهش کیفیت، افزایش هزینه بهره برداری، تغییر محل چاه ها و...) در آبخوان کاملاً مشهود بوده و در سالهای اخیر به مسئله ی بزرگ منطقه ای تبدیل شده است. آبخوان قم-کهنک در قسمت غربی دریاچه نمک، در استان قم واقع شده است و دارای مساحتی در حدود ۴۵۶ کیلومتر مربع می باشد. متوسط بارندگی در محدوده مورد مطالعه ۲۱۰ میلیمتر و اقلیم منطقه از نوع خشک سرد است. آبخوان قم از نوع آزاد بوده که توسط ۱۹۴۲ حلقه چاه با میزان برداشت سالانه معادل ۱۶۲ میلیون مترمکعب بهره برداری می گردد. در آبخوان قم نرخ افت سطح آب، سالانه برابر با ۸۰ سانتیمتر در سال اندازه گیری شده است (دفتر مطالعات آب منطقه ای قم، ۱۳۹۷). طی تحقیقات انجام شده افت سطح ایستابی عمدتاً ناشی از برداشت بی رویه آب از طریق چاه های عمیق، نیمه عمیق و دستی می باشد. تاکنون هیچ مطالعه ای در رابطه با تحلیل افت سطح ایستابی آبخوان قم در راستای ارائه راهکارهای متناسب کاهش و کنترل افت انجام نشده است. بنابراین مطالعه و ارزیابی افت سطح آب زیرزمینی در این آبخوان مهم، امری ضروری می باشد. با توجه به هدف تحقیق که مطالعه افت سطح آب زیرزمینی در آبخوان قم و ارائه راهکارهای مناسب برای کاهش و جلوگیری از افت سطح آب زیرزمینی است، روش انجام تحقیق به صورت زیر پیش بینی می گردد:

۱- مطالعات پایه، جمع آوری اطلاعات و داده های لازم: در این بخش داده ها و مطالعات انجام شده در منطقه که با موضوع مرتبط است، جمع آوری شده و مورد استفاده قرار خواهد گرفت.

۲- بررسی خصوصیات هیدروژئولوژیکی آبخوان قم: بررسی هندسه (مرزها) و هیدرولیک آبخوان شامل شناسایی مولفه های ورودی و خروجی آبخوان، ارزیابی آنها و در نهایت تهیه بیلان هیدروژئولوژیکی آبخوان قم

۳- بررسی نوسانات سطح ایستابی آبخوان: ترسیم هیدروگراف پیزومترها و هیدروگراف معرف آبخوان و بررسی دلایل نوسانات سطح ایستابی

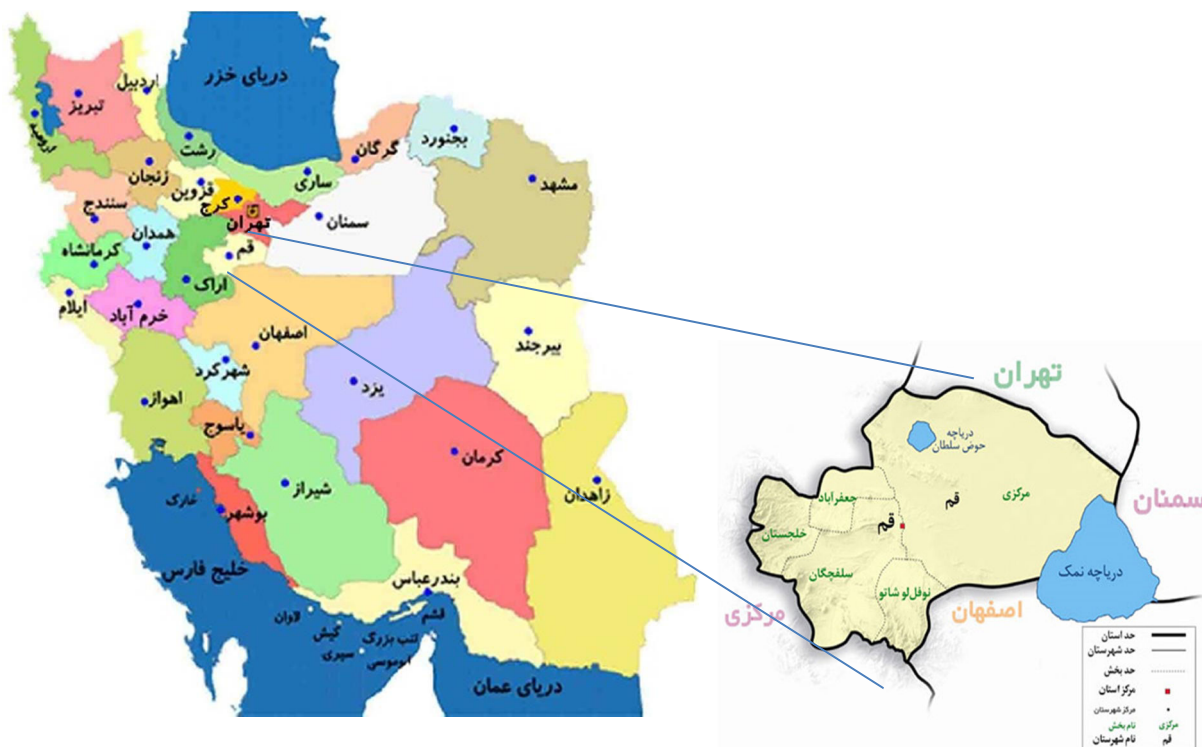
۴- پهنه بندی آبخوان قم به لحاظ افت سطح ایستابی: ترسیم نقشه افت آبخوان در بازه حدود ۱۰ ساله و تعیین مناطق با افت زیاد

۵- ارائه راهکارهای مناسب برای جلوگیری از افت سطح ایستابی در زونهای افت آبخوان: بررسی آبخوان در محدوده های با افت زیاد و ارائه راهکارهای جلوگیری از کاهش حجم ذخیره نظیر کاهش برداشت و افزایش تغذیه

۲-۱- موقعیت و مشخصات جغرافیایی محدوده مورد مطالعه

محدوده مطالعاتی قم-کهنک بخشی از حوضه آبریز ایران مرکزی با وسعت معادل ۱۸۴۲۸۸ کیلومتر مربع بوده که در مرکز ایران و در شرق و جنوب شهر قم بین طولهای جغرافیایی ۵۱۳۲' و ۵۰۴۵' شرقی و عرضهای جغرافیایی ۳۴°۴۲' تا ۳۴°۱۲' شمالی گسترده شده است. این حوضه از شمال به محدوده شریف آباد و علی آباد، از جنوب به کاشان، از شرق به دریاچه نمک و از غرب به سلفچگان محدود می گردد. شهر قم به عنوان بزرگترین مرکز جمعیتی واقع در این محدوده، در ۱۵۰ کیلومتری جنوب شهر تهران قرار گرفته است. وسعت ارتفاعات ۶۴۱ کیلومتر مربع و وسعت دشت ۱۱۷۵ متر مربع می باشد.

شکل شماره یک موقعیت محدوده مورد مطالعه را نشان می دهد . محدوده مورد مطالعه به شکل کاملاً نامنظم گسترده شده است. بیشترین طول آن حدود ۷۰ کیلومتر و متوسط عرض آن نیز بالغ بر ۲۶ کیلومتر می باشد. دسترسی به محدوده مطالعه از طریق جاده آسفalte تهران - قم بعد از طی حدود ۱۲۰ کیلومتر از تهران به شهر قم انجام می پذیرد. مهمترین مرکز تجمع انسانی در محدوده مطالعاتی شهر قم با بیش از ۱۰۰۰۰۰۰ نفر جمعیت می باشد. مهمترین فعالیت مردم در محدوده طرح کشاورزی و کارهای خدماتی است. رودخانه قمرود از بخش شمالی محدوده مورد مطالعه عبور می نماید. رودخانه های کبار (وشنوه)، فردو و کرمچگان (دره باغ) از مهمترین آبراهه های داخل محدوده مورد مطالعه محسوب می گردند.



شکل شماره ۱-۱ موقعیت و مشخصات جغرافیایی محدوده مورد مطالعه

۱-۳- آب و هوای منطقه مورد مطالعه

آمارو اطلاعات صحیح و بی نقص از ارکان اساسی در محاسبه منابع آب می باشد، یکی از اطلاعات مورد استفاده برای این منظور مولفه های آمار هواشناسی است. عوامل و پارامترهای هواشناسی بطور مستقیم یا غیر مستقیم بر نوسانات جریانات سطحی و زیر زمینی دخالت دارند. از این رو جهت پی بردن به توانایی ها و پتانسیل آبی هر منطقه نیاز به بررسی تبادلات آب در یک ناحیه در یک دوره زمانی خاص می باشد، تا بتوان با استفاده از نتایج آن به مقادیر مجاز برداشت از منابع آب، مصرف و همچنین پیشگیری از زیان های ناشی از ازدیاد یا کمبود تغذیه دست یافت که چنین هدفی در صورت محاسبه دقیق بیلان عملی می شود. با استفاده از پارامتر هواشناسی، بیلان آب در ارتفاعات و دشت هر محدوده مطالعاتی محاسبه می گردد و بر اساس آن برنامه ریزی مناسب درخصوص استفاده از منابع آب در محدوده مطالعاتی یا انجام طرح های مناسب امکان پذیر خواهد بود

۱-۳-۱- دما

به منظور محاسبه دمای متوسط ماهانه در ارتفاعات و دشت این محدوده مطالعاتی از توزیع ماهانه دما در ایستگاه سالاریه قم استفاده شد که در ارتفاعات و دشت قم -کهک به ترتیب ۱۷ و ۱۹ درجه سانتی گراد محاسبه گردید.

۱-۳-۲- باران

در محدوده مطالعاتی قم-کهک تعداد ۵ ایستگاه باران سنجی وجود دارد. مقادیر متوسط باران در دشت و ارتفاعات محدوده مطالعاتی قم- کهک به ترتیب ۱۳۰/۳ و ۱۸۶/۶ میلی متر محاسبه گردیده است.

۱-۳-۳- تبخیر

یکی از عوامل مهم در محاسبه بیلان آبی، تبخیر از قسمت های مختلف در محدوده مطالعاتی است. با استفاده از نرم افزار GIS منحنی های هم تبخیر با فواصل ۲۰۰ میلیمتر از یکدیگر رسم شده و میزان سالانه تبخیر از تشت در دشت و ارتفاعات به صورت وزنی محاسبه شده است. پس از تهیه نقشه هم تبخیر محدوده مطالعاتی قم-کهنک در این محدوده منحنی های هم تبخیر ۲۸۰۰، ۳۰۰۰ و ۳۲۰۰ میلیمتر وجود دارد تبخیر متوسط سالانه در دشت و ارتفاعات در محدوده قم-کهنک به ترتیب ۳۰۱۵ و ۲۷۹۸/۳ میلی متر برآورد شده است.

۱-۴- هیدرولوژی محدوده مورد مطالعه

از نظر هیدرولوژی آبخوان دشت قم از نوع آزاد است. به طور کلی از بخش های غرب به شرق آبخوان دشت قم ضخامت آبرفت و اندازه رسوبات کاهش می یابد. آبخوان دشت قم در بخش شمال غرب با آبخوان دشت ساوه هم مرز است که به نظر می رسد با توجه به بالآمدگی سنگ کف این مرز از نوع خط تقسیم آب زیرزمینی (Ground water divide) باشد.

رودخانه قمرود از بخش شمالی محدوده مورد مطالعه عبور می کند و رودخانه کبار(وشنوه) فردو و کرمچگان (دره باغ) از مهمترین آبراهه های داخل محدوده مورد مطالعه محسوب می گردند. محدوده مورد مطالعه در قالب ۲ حوضه و ۴ زیرحوضه و ۸ واحدهیدرولوژیکی تقسیم بندی می شود.

رودخانه اصلی قم، رودخانه قمرود می باشد که پس از افتتاح سد ۱۵ خرداد در سال ۱۳۷۳ عملاً خشک و حتی حدود شش کیلومتر آن در محدوده شهری قم آسفالت و بعضاً تبدیل به کانال، خیابان، پارکینگ و فضای سبز گردیده است. لذا تاثیر محسوسی در وضعیت منحنی های تراز آب زیر زمینی نمی گذارد. این رودخانه از بخش شمالی حوضه مورد مطالعه در یک بازه تقریباً ۱۳ کیلومتری عبور می کند. رودخانه دیگر رودخانه وشنوه یا کبار است که از ارتفاعات جنوبی دشت سرچشمه گرفته و

پخش آب در دشت محدود به خروجی از سد کبار می باشد. این رودخانه از وشنوه به بالا با نام کوار یا کبار شناخته می شود. رودخانه دره باغ رودخانه دیگر این محدوده می باشد. طول این رودخانه از سرچشمه تا محل اتصال با فردو، حدود ۳۰ کیلومتر است. رودخانه فردو در بخش نوفل لوشاتو (کهک) جریان دارد، شاخه‌های اولیه آن از دامنه‌های کوه ۳۲۵۰ متری سحستان سرچشمه می گیرد و ابتدا در جهت شرق به غرب و سپس در راستای شمال به جنوب جریان می یابد. رودخانه فصلی صرم و خور آباد نیز مشابه رودخانه وشنوه از ارتفاعات کهک سرچشمه می گیرد پس از ورود به دشت بخشی از تغذیه آبخوان را به عهده دارد. رودخانه‌های کرمجگان (دره باغ) و فردو و در حد فاصل روستای صرم و خور آباد پس از عبور از اراضی روستاهای فوق الذکر، به سمت دشت قم جاری گشته و در گستره دشت پخش می گردد (شرکت سهامی منطقه ای استان قم ۱۳۹۲)

۱-۵- سیستم رودخانه ای یا منابع آبی در محدوده مطالعاتی قم - کهک

محدوده مطالعاتی قم-کهک از دو حوضه اصلی قمرود و کهک تشکیل یافته است. حوضه قمرود که بخش شمالی محدوده مطالعاتی را شامل می شود و حوضه کهک که در بخش جنوبی محدوده مطالعاتی واقع است که مشتمل بر رودخانه‌های دره باغ، فردو و کبار می باشد

۱-۵-۱- تقسیم بندی حوضه و زیر حوضه ای

با توجه به نحوه پراکنش رودخانه‌ها، آبراهه‌ها، انهار و مسیل‌ها، شبکه هیدروگرافی محدوده مورد مطالعه را می توان در قالب دو حوضه آبریز به نام‌های حوضه آبریز جنوبی یا کهک-کبار و حوضه آبریز شمالی یا دشت قم، شامل زیر حوضه شرق قم و زیر حوضه قمرود میانی مورد بررسی قرار داد که هر یک از حوضه ها به دو زیر حوضه و بعضی از زیر حوضه ها نیز به واحد های هیدرولوژیکی کوچکتر تفکیک گردیده اند.

- حوضه کهک-کبار

رودخانه اصلی بخش محدوده مورد مطالعه از دو زیر حوضه و به عبارتی از دو سری رودخانه های جنوب شرقی (وشنوه، کبار) و رودخانه های جنوب غربی (فردو، دره باغ) تشکیل گردیده است و مجموعاً حوضه جنوبی محدوده مورد مطالعه را با عنوان حوضه کهک-کبار شامل می شود. زیر حوضه کهک از سه رودخانه کرمجگان یا دره باغ (غربی ترین رودخانه محدوده مورد مطالعه) فردو (شرق رودخانه کرمجگان) و رودخانه صرم-خورآباد (پایین دست دو رودخانه کرمجگان و فردو) تشکیل گردیده که هرکدام در قالب یک واحد هیدرولوژیکی قرار می گیرد.

● حوضه دشت قم

این حوضه مجموعاً از دو زیر حوضه تشکیل شده است، زیرحوضه میانی قمرود که محدوده نسبتاً کوچکی از حوضه قمرود را شامل می شود و زیرحوضه شرق قم که پهنه وسیعی از محدوده مورد مطالعه را شامل می شود

۱-۶- ژئومورفولوژی

محدوده طرح از دیدگاه ریخت شناسی دارای چند منظر متفاوت است. یکی بخش کوهستانی و مرتع بوده که خود به دو قسمت تقسیم می شود. یکی مناطق مرتفع ناحیه جنوبی در حوضه کهک می باشد که عمدتاً متشکل از برونزدهای ولکانیک با دامنه های پرشیب و دره های نسبتاً تنگ و مقاوم در برابر فرسایش بوده و دیگری ارتفاعات نواحی شمالی و میانه محدود است که به سبب لیتولوژی خاص خود (فرایند سازندهای تبخیری) متشکل از کوههای کم ارتفاع و فرسایش یافته می باشد.

دومین منظر از نگاه ریخت شناسی پهنه های تپه ماهوری گسترده و نواحی تراسی است که در دامنه ارتفاعات جنوبی و به ویژه در حد فاصل کهک تا خور آباد و نواحی میانی محدوده گسترش چشمگیر دارد

منظر سوم پهنه های مسطح و هموار است که در نیمه شمالی محدوده واقع شده و در اطراف شهر قم و نواحی شرقی آن گسترش دارد و شامل پهنه های وسیع پوشیده از خاک های ریز دانه و رسی است که بعضاً اراضی کشاورزی را شامل می شود. این پهنه ها به مرور به سمت شمال و شرق با افزایش شوری خاک نهایتاً به پهنه های تبخیری ناحیه شرقی در انتهای محدوده می رسد.

همچنین از تپه های ماسه ای (Sand dune) به عنوان یک منظر دیگر از نگاه ریخت شناسی بایستی نام برد که در شمال شرقی محدوده به صورت قطعات پراکنده دیده می شود. شیب کلی آبراهه ها در ناحیه کهک از جنوب به شمال و در نواحی هموار محدوده از شرق به غرب می باشد و نهایتاً پایانه آبراهه ها به کفه تبخیری دریاچه نمک می رسد.

۱-۷-نفوذ پذیری سازندها و اثر آن ها بر منابع آب

سازندهای زمین شناسی موجود در محدوده طرح از نظر نفوذپذیری و تاثیرگذاری آن ها بر منابع آب منطقه با یکدیگر تفاوت فاحش دارند. این تفاوت هم به لحاظ اثرات کمی و هم کیفی قابل بررسی است. بدین منظور کلیه سازندهای موجود در محدوده از نظر فرسایش پذیری و تاثیرگذاری آن ها بر منابع آب به شرح زیر دسته بندی شده اند.

۱-۷-۱-گروه سنگهای توفی ولکانیکی و توده های نفوذی

این مجموعه از نظر مقاومت در برابر فرسایش متوسط، دارای هوازگی سطحی نسبتاً پیشرفته، نفوذپذیری سطحی خوب و نفوذپذیری عمقی کم می باشد. این مجموعه بخش اعظم ریزش های جوی را در خود نفوذ داده و به سبب گسترده گی زیاد و موقعیت رخنمون آن در درون حوضه می توان گفت که عمده ترین مخازن آب زیرزمینی را دارا می باشد. این مجموعه تغذیه کننده قنوات موجود در دره بیدهند، دره فردو و دره وشنوه و دیگر قنوات واقع در حوضه کهک می باشد. در این مجموعه به لحاظ هوازگی سطحی هیچگونه سیستم درز و شکافی قابل شناسایی و اندازه گیری نمی باشد.

۱-۷-۲- گروه سنگهای رسوبی تبخیری

این گروه سازندهای LRF- OMq- URF و نهشته های گنگلومرا-مارنی پلیوسن را شامل می شود. این مجموعه از نظر ذخایر آبی فوق العاده ضعیف بوده و به سبب داشتن عناصر محلول در آب (گچ و نمک) اثرات تخریبی کیفی قابل توجه بر منابع محدود آب دارد. همچنین انباشته های رسوبی ناشی از این گروه از سازند ها نیز فاقد مخازن آب زیرزمینی بوده و کماکان مخرب کیفیت آب می باشد.

۱-۷-۳- گروه نهشته های آبرفتی

این گروه رودخانه ها و مسیل ها (Qal) را شامل می شود. این مجموعه به سبب دانه درشت بودن و شیب توپوگرافی مناسب (بویژه Qtl) تقریباً دریافت کننده کلیه ریزش های جوی بر سطح خود بوده و آبهای نفوذی را به سفره های زیرین منتقل می کند. اغلب چاهها موجود در منطقه در این مجموعه حفر شده اند. هرگونه فعالیت تغذیه و توسعه مخازن آب زیرزمینی در پهنه Qt و Qf قابل اجراست. Qt2 در این مجموعه به سبب دانه ریز بودن فاقد ظرفیت مناسب به عنوان مخزن آب زیرزمینی می باشد.

۱-۷-۴- کفه های رسی و پهنه های تخریبی

دیگر نهشته های رسوبی درون محدوده متشکل از کفه های رسی، پهنه های تبخیری و نمکزارها به لحاظ دانه ریز بودن و عدم زهکشی طبیعی فاقد هرگونه ذخیره آبی زیرزمینی بوده و یا در صورت وجود یک ذخیره آبی حداقل از کیفیت بسیار نامناسب برخوردار می باشد. ضمناً هیچگونه پتانسیل توسعه برای آن ها متصور نمی باشد.

۱-۸- زمین شناسی منطقه مورد مطالعه

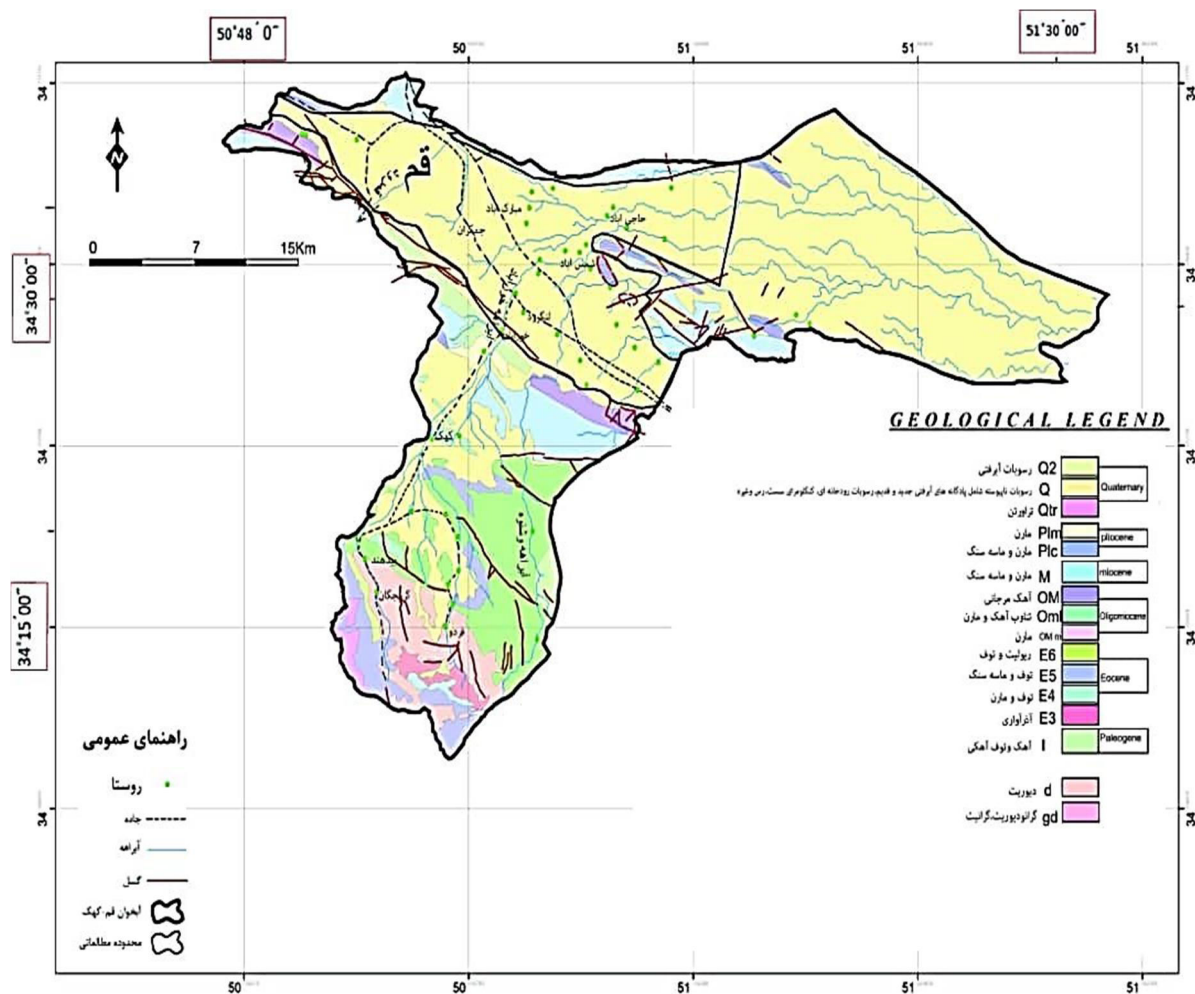
محدوده مورد مطالعه از دیدگاه زمین شناسی جزء منطقه کمربند آذرین واقع در پهنه ایران مرکزی است. این کمربند از جنوب به مرز ایران مرکزی با پهنه اسفندقه - مریوان در امتداد گسل توزلو و از

شمال به فرونشست های زمین ساختی ایران مرکزی محدود است و منطقه ای چین خورده با ساختار تکتونیکی نسبتاً پیچیده و دارای رخنمون های رسوبی و آذرین می باشد. از نظر چینه بندی، قدیمی ترین رخساره های محدوده مورد مطالعه مرتبط به ائوسن از دوران سوم می باشد.

محدوده مطالعاتی قم ارتفاع متوسط ۱۲۴۶ متر از سطح دریا دارد. گسترش دشت تقریباً به صورت شمال غربی - جنوب شرقی می باشد که در میان ارتفاعات سارند قم و سازند سرخ بالایی محدود شده است. به این ترتیب که در حاشیه شمالی دشت، عضو مارن های قرمز رنگ سازند سرخ بالایی با روند تقریباً شمال غربی - جنوب شرقی، ارتفاعات نفوذ ناپذیری را تشکیل داده اند و حاشیه غربی و جنوبی دشت نیز به ارتفاعات متشکل از آهک و ماسه سنگ قم محدود گردیده است. به طور کلی در این منطقه از جنوب به شمال از قدمت رخساره ها کاسته شده و از قدیم به جدید رخنمون دارند.

۱-۹-چینه شناسی محدوده قم-کهنک

محدوده مطالعاتی قم -کهنک از نظر زمین شناسی ساختاری در زون ایران مرکزی واقع شده است. در این محدوده کلیه نهشته ها چه ولکانیک و چه رسوبی به ترسیر و کواترنر تعلق دارند، که از آن میان سازند قم (الیگو-میوسن) در چینه شناسی ایران جایگاه ویژه ای داشته و به عنوان یک سازند شاخص و معرف شناخته شده است. (شکل شماره ۲-۱)



شکل ۱-۲ نقشه زمین شناسی محدوده مطالعاتی قم

از جمله رخساره های دشت های قم شامل سازند قم، سازند قرمز بالایی و نهشته های کواترنری می باشد (شکل ۱-۲) که به تفصیل در ادامه مورد بحث قرار گرفته است.

۱-۹-۱- اولیگومیوسن

۱-۱-۹-۱- سازند قم

مجموعه رخساره های خشکی - دریا کم عمق الیگومیوسن در زون ایران مرکزی اکثراً سازند قم گفته می شود که شامل رسوبات کنگلومرای پایه، ماسه سنگ، مارن ماسه ای قرمز، شیل، آهک مارنی با

تداخل ورقه های مارنی، آهک ماسه ای، آهک رسی، سیلتی خاکستری و مارن ماسه ای همراه با توده های گچی می باشد

سن این رخساره از chattian تا Burdigalian مربوط به میوسین زیرین و معادل زمانی سازند آسماری در منطقه زاگرس می باشد. رخساره های این سازند که به حالت دگرشیب بر روی رسوبات زیرین خود قرار گرفته، دارای تغییرات جانبی قابل توجهی می باشد. این سازند در حاشیه جنوب دشت دیده می شود. تغییرات بین اکثر واحد های سنگی این سازند تدریجی است و کلاً به سه واحد تقسیم می گردد؛

- واحد زیرین

این واحد بیشترین ضخامت را دارا است و با یک افق آهک ماسه ای آغاز می شود و همراه با این لایه ها از ماسه سنگ آركوزی و آهکی و سپس طبقات مارن ماسه ای با تداخل ماسه سنگ و به مقدار کم سنگ های آتشفشانی اکثراً آندزیتی و بعد تناوبی از لایه های آهک و مارن و به طور جانبی در برخی نقاط به آهک مرجانی تبدیل می گردد. در ردیف های شیل و سیلتستون، رگه های سنگ آهک متورق بودار و ماسه سنگ و مارن گچ دار وجود دارد که معرف رخساره دریایی - کولابی - خشکی است.

- واحد میانی

در قاعده شامل سنگ آهک های بریوزوا دار و Oolitic و سپس مارن سبز رنگ ندولدار و سپس رسوبات تبخیری ژئپسی می باشد

- واحد بالایی

شامل لایه های مارن سبز و خاکستری همراه با عدسی های گچی و آهکی ریفی که به طور جانبی و به صورت بین لایه ای به مارن تبدیل می شود و سپس ردیف های ماسه سنگی و آهک ماسه ای می باشد.

۱-۹-۲- میوسن بالایی

۱-۹-۲-۱- سازند قرمز بالایی

رسوبات این سازند معرف حوضه های کولابی - تبخیری و به صورت طبقات قرمز (Red beds) و به طور هم شیب و پیوسته بر روی رسوبات سازند قم قرار دارد. این رخساره نیز به سه بخش (Member) تقسیم می شود.

• بخش زیرین

این بخش از کنگلومرای قرمز و رنگ های ماسه سنگ و مارن قرمز ارغوانی و مارن ماسه ای قرمز و خاکستری و سبز همراه با لایه های رسی - مارنی مملو از گریستال های گچ و نمک و ردیف های ماسه سنگی و شیل و سیلتستون تشکیل شده است

طبقات کنگلومرا دارای تناوبی از لایه های ماسه سنگی است و دارای لایه بندی ضخیم تا Massive می باشد. این کنگلومرا حاوی سیمانی از جنس ماسه دانه ریز و سیلت و رس قرمز رنگ به هم جوش خورده و سخت شده بود و به حالت Transitional به تناوبی از طبقات ماسه سنگ های دانه ریز و مارن های گچ دار قرمز تبدیل می گردد که در بین آنها و در برخی نقاط لایه های Mudston نیز وجود دارد.

• بخش میانی

- شامل طبقات کنگلومرا قرمز - قهوه ای و تناوبی از مارن و شیل های رنگارنگ کم و بیش گچی و حاوی چند افق ماسه سنگ رسی می باشد، مارن ها به رنگ کرم قهوه ای تا قهوه ای کمرنگ و دارای لایه بندی نامنظمی هستند. ماسه سنگ ها دانه ریز تا متوسط و دارای لایه بندی نازک خطی Lamination می باشد. رنگ آنها قهوه ای کمرنگ بوده و بر اثر هوازدگی استحکام ضعیفی دارند.

• بخش بالایی

این بخش شامل طبقات کنگلومرای قلوه سنگی دانه درشت خاکستری و لایه های مارن صورتی تا خاکستری روشن همراه با ورقه های نازک گچ و تداخلی از ماسه سنگ های دانه ریز است. رخساره قرمز بالایی در زیر با سازند قم دارای کنتاکت Transitional بوده ولی در حد فوقانی به واسطه عملکرد متفاوت نیروهای تکتونیکی همزمان با رسوب گذاری به طور دگرشیب تا هم شیب با کنگلومرای پلیوسن قرار دارد. سن این سازند میوسن میانی تا پلیوسن و هم ارز سنی گچساران از گروه فارس در جنوب غربی ایران است. در این محدوده رخساره قرمز بالایی با پراکندگی نسبتاً زیاد در حواشی دشت قم دیده می شود.

۱-۹-۳- رسوبات کواترنری (Quaternary)

در پایان دوره سوم و آغاز کواترنر، در مراحل پایانی کوهزایی چرخه آلپی و پس از فاز شدید، فرسایش آغاز گردیده که اثرات آن طبقات ضخیم کنگلومرایی و تراس های قدیمی است. در طول دوره کواترنر به تدریج از شدت فرسایش کاسته شده، ولی روند آن تا به امروز همچنان ادامه داشته و چهره کنونی مناطق مختلف کره زمین را بوجود آورده است. رسوبات دوره کواترنر از نظر ضخامت نسبت به رسوبات سایر دوران بسیار کم ولی از نظر پراکندگی و گسترش بسیار وسیع می باشد. این رسوبات تقریباً نیمه متراکم و یا سست می باشند و عوامل آب و هوایی، فیزیکی و شیمیایی در تخریب و تحول آنها بسیار موثرند.

رسوبات کواترنر در انواع ته نشست های آبرفتی به گونه های پادگانه های قدیم و جدیدتر، مخروط افکنه ها، واریزه ها، پیدمونت ها، دشت و دشتک ها، بستر روده ها و مسیل ها، کفه های تبخیری و کویری و محیط های کرانه ای-کولابی-مردابی و غیره وجود دارند. ته نشست های کواترنری که در محدوده مورد بررسی یافت می شود شامل :

۱-۹-۴-پادگانه های قدیم (Qt1)

این تراس ها شامل ته نشست های غیرهمگن (Heterogenous) شبه کنگلومرایبی است که از قلوه سنگ و ریگ و شن و ماسه در خمیره ای از ماسه ریزدانه یا سیلت و رس کمی قرمز رنگ تشکیل شده است. دانه های سنگی آن اکثراً از جنس آذرین و توف و ماسه و آهک در اندازه های مختلف است و از لحاظ گردشگری و جورشدگی ضعیف می باشد. در واقع این رسوبات را می توان نوعی فانگلومرای ورقه ای (Fanglomerate Sheeted) به حساب آورد که متشکل از سیلرفت ها و مخروطافکنه های قدیمی است. لایه بندی آن نیز نزدیک به افقی یا افقی است. سن این رسوبات کواترنر پیشین و معادل سری B در جنوب البرز مرکزی است.

پادگانه های آبرفتی قدیمی در محدوده مورد بررسی بیشتر در ورودی دشت ها و پای ارتفاعات شمال و جنوب دشت در چند افق با اختلاف ارتفاع مشاهده می گردد. این ته نشست ها به واسطه تراکم نسبی که دارند، حدوداً غیرقابل نفوذ می باشند و به جز در بخش های فرسوده و شکسته شده آنها، آبهای نفوذی جریانی ندارند.

۱-۹-۵-پادگانه های جدید (Qt2)

در سطوح پایین تر از تراس های آبرفت قدیمی، ته نشست های نیمه متراکم و یا سست و ناهمگنی وجود دارد که دارای مخلوطی از سنگ های دانه درشت تا ریز در خمیره ای بیشتر رسی-سیلتی می باشد. این رسوبات تا اندازه ای نفوذپذیر بوده و قسمت های فوقانی این ته نشست نیز به یک لایه خاک سطحی تبدیل شده است. گسترش این واحد به علت فرسایش شدید، کمتر باقی مانده و بیشتر به وسیله سیلاب ها به کفه های هموار دشت ها انتقال داده شده است. بر روی سطوح هموارتر این واحد در پای ارتفاعات کشاورزی می شود. این پادگانه در محدوده مورد بررسی در نواحی گسترده ای از جنوب، غرب، شمال و شرق محدوده مشاهده می گردد.

۱-۹-۶-آبرفت های جوان (Qc)

کفه دشت را رسوبات حاصل از فرسایش ارتفاعات و تراس های اطراف ک به وسیله رواناب حمل شده بوجود آورده است. این رسوبات در ورودی دشت دانه درشت و هتروژن و شامل قلوه سنگ و ریگ و شن و ماسه و رس ناپیوسته و سخت نشده می باشند و به تدریج به طرف معابر خروجی و انتهای دشت رسوبات دانه ریزتر و شامل رس و سیلت همراه با املاح تبخیری می باشند. بیشترین فعالیت کشاورزی و تراکم روستاها بر روی پهنه دشت است و در ضخامت نشست های این واحد متناسب با وضعیت دانه بندی آنها که دارای جورشدگی و گردشدگی مناسبی باشند، در یک یا چندین افق سفره های آب زیرزمینی که اصلی ترین منابع تامین آب مورد نیاز است، به وجود آمده و مورد بهره برداری قرار می گیرند.

۱-۹-۷-ته نشست های رودخانه ای (QaI)

در بستر رودخانه ها و مسیل های دایر به واسطه وجود رواناب دائمی و فصلی به صورت مداوم مواد فرسایشی حمل و رسوبگذاری می شود. این ته نشست ها حاوی دانه های قلوه سنگ ریز و درشت، ریگ، شن، رس و سیلت به صورت گسسته و یا با پیوستگی بسیار سست می باشند. نحوه فرسایش و رسوبگذاری بستگی به شدت و ضعف و مدت زمان سیلابی داشته و اکثراً به حالت بین انگشتی (Interfingering) می باشند. در بستر رودخانه های فصلی در زمان غیر سیلابی و به ظاهر خشک، جریان آبی به صورت زیر سطحی در زیر رسوبات سطحی وجود دارد.

۱-۹-۸-ساختارهای منطقه مورد مطالعه

از نظر زمین ساخت محدوده مورد مطالعه جزئی از ایالات ساختاری واقع در شمال ایران مرکزی و جنوب البرز است که پدیده های زمین شناسی و روندهای ساختاری حاکم از آنها تبعیت می نمایند. در این جنبش ها و چین خوردگی های بزرگی همراه با فعایت های شدید آتشفشانی رخ داده و فشارهای

زیادی را متحمل گردیده است. قدیمی ترین جنبش های تکتونیکی مربوط به زمان ترشیری است که موجب بروز ناپیوستگی های زیادی در منطقه شده است.

در این منطقه روندهای ساختاری اساساً شمال غرب-جنوب شرق است و گسله های متعددی با روندهای ساختاری سبب تفکیک منطقه به زون های مختلف گردیده است. شاخه های گسلش نیز در ارتباط با این روند منتهی در جهت شمال - جنوبی بوجود آمده و موجب دگرریختی در بخش های شمال شرقی گردیده است. عناصر ساختاری که در محدوده مورد مطالعه وجود دارند، (شکل شماره ۲) عبارتند از چین ها، گسل ها، درزها و ساختمان های حاصل از فعالیت های ماگمایی که در بخش های مختلف منطقه موجب شکل دادن به ریخت زمین گشته اند. عناصر ساختاری در این منطقه در واقع کنترل کننده شکل ظاهری زمین بوده و همچنین فرایندهای فرسایش و زمین ریخت شناسی را نیز تحت تاثیر قرار داده اند. به طور که عوامل طبیعی فرساینده نظیر آبهای جاری اغلب در مسیرهایی که توسط این عناصر عارض شده اند، روان هستند. لذا شناخت این عناصر ساختاری دارای اهمیت خاصی است.

ساختارهای ایجاد شده در منطقه به واسطه عملکرد جنبش های فشاری-برشی فاز آلپین پایانی، شامل ساختارهایی با روند تقریبی شمال باختری-جنوب خاوری (مانند گسل شادقلی، گسل قم، گسل قیزقلعه، گسل و تاقدیس خضر) و ساختارهایی با روند خاوری-باختری (مانند گسل گنداب، ناودیس قیزقلعه) می باشد.

۱۰-۱- زمین شناسی ساختانی و تکتونیک

۱۰-۱-۱-چینها

از عناصر ساختاری در واحد های رسوبی چین ها می باشند. در حوضه دریاچه نمک اغلب ساختمان های زمین شناسی اعم از تاقدیس ها و ناودیس ها در اثر شدت چین خوردگی برگشته و نامتقارن هستند و یا در اثر فعالیت های شدید آتشفشانی و نفوذ توده های آذرین پیوستگی و امتداد خود را از دست داده

اند. بخش جنوبی محدوده و حواشی دشت قم از یک سری چین های کوچک، با محورهای شمال غربی و جنوب شرقی شکل گرفته و به صورت تپه ماهوری هستند و عمدتاً از سازندهای میوسن تشکیل شده اند. این ساختمان ها بخشی از حوضه رسوبی قم است (پور کرمانی و همکاران ۱۳۷۸)

- تاقدیس لنگرود: این تاقدیس در جنوب ناودیس قیز قلعه گسترش دارد و به بخش بزرگتر یال شمالی آن توسط گسل امتداد لغز راست گرد بریده شده است. به گمان نوگل (۱۳۶۴) این چین های استوانه ای محور آن کمی خمیدگی دارد و زاویه دماغه باختری آن ۲۷ درجه به سمت باختر است.
- تاقدیس خضر: این تاقدیس، در جنوب قم و در بخش میانی محدوده مورد مطالعه گسترش دارد. این تاقدیس از نوع برگشته، با شیب سطح محوری به سمت جنوب می باشد که به نظر نوگل سادات (۱۳۶۴) امتداد آن ۱۳۰-۱۲۵ N است. یال برگشته شمالی آن در امتداد گسل طولی خضر خرد شده و بقایای آن به صورت فلس های تکتونیکی چندین کیلومتر رخنمون دارد. یال جنوبی این تاقدیس نیز شیبی در حدود ۷۰ تا ۹۰ درجه به سمت جنوب دارد که به تدریج به سوی کوه نراقی به لایه های برگشته با شیب بسیار تند متمایل می شود. هسته این تاقدیس را سازند قرمز زیرین تشکیل می دهد که در یال شمالی بر اثر فعالیت گسل خضر از بین رفته است. مسجد خضر نبی نیز بر روی بخش های به جا مانده از یال شمالی بنا شده است.
- تاقدیس سراج: در ناحیه ساختمانی آران- بیدگل تاقدیس نسبتاً بزرگی به نام تاقدیس سراج در نواحی شمالی دیده می شود که با محوری در راستای شمال غرب - جنوب شرق و شیب به سمت جنوب شرق حاوی برونزدهایی از سازند قرمز بالایی و کنگلومرا پلیوسن است.

- ناودیس یزدان: این ناودیس در شمال تاقدیس کمرکوه جای دارد. محور آن پیچشی است و به سمت شمال و جنوب تحدب دارد. دارای راستای خاوری-باختری است و در جنوب دو چاه و خاورکوه میل توسط گسل قطع می شود. یال جنوبی ناودیس دو چاه حدود ۵۵ درجه شیب به سمت شمال دارد و یال شمالی آن به سوی گسل دو چاه با شیب تند تا برگشته تغییر می کند.
- ناودیس قیز قلعه: ناودیس قیز قلعه با راستای خاوری-باختری در جنوب تاقدیس خضر و به موازات آن گسترش دارد. یال شمالی آن توسط چین جناعی دو برادر فشرده شده و تغییر شکل حاصل نموده است و یال جنوبی آن توسط گسل امتداد لغز راست گرد بریده شده است.

۱-۱۰-۲- گسل ها

ساختارهای ایجاد شده در منطقه به واسطه عملکرد جنبش های فشاری-برشی فاز آلپین پایانی، شامل ساختارهایی با روند تقریبی شمال باختر-جنوب خاوری (مانند گسل شادقلی، گسل قم، گسل قیزقلعه، گسل و تاقدیس خضر) و ساختارهایی با روند خاوری-باختری (مانند گسل گنداب، ناودیس قیزقلعه) می باشند. (پورکرمانی و همکاران ۱۳۷۸)

- گسل دو چاه: این گسل طولی راستای خاوری-باختری دارد و تحدب آن به سمت شمال است. شیب گسل در نقاط اندازه گیری شده ۵۵ تا ۸۰ به سمت شمال است و طول آن ۱۷KM است که توسط آن سازند قم بر روی سازند قرمز بالایی رانده شده است
- گسل یزدان: این گسل از نوع امتداد لغز راست گرد است و توسط آن سطح محوری ناودیس یزدان در جنوب قشلاق دو چاه جابجا شده است. گمان می رود توان جابجایی این گسل به سمت باختر بتدریج کاهش یابد و به صفر برسد.

- گسل کمرکوه: این گسل طولی از نوع معکوس است و راستای آن خاوری- باختری است، شیب گسل 50° تا 60° به سمت شمال می باشد و توسط آن آهک پایانی سازند قم بر روی واحد M سازند قرمز بالایی رانده شده است.
- گسل ایداقچی: این گسل امتداد لغز راست گرد است. میانگین جهت شیب آن $214/60$ درجه است. بر روی آینه گسلی سه اثر جابجایی با جهت شیب $117/10$ ، $145/50$ ، $192/78$ قابل تشخیص است. بواسطه حرکت این گسل بخش خاوری تاقدیس کمرکوه به سمت جنوب خاوری جابجا شده است.
- گسل شادقلی: این گسل به موازات گسل ایداقچی و با حرکت برشی راست گرد است و در حقیقت دنباله گسل خضر و در باختر شهر قم است.
- گسل خضر: گسلی است معکوس با حرکت برشی راستگرد با امتداد میانگین $N126$ و با شیب به سمت جنوب که در طول تاقدیس خضر ادامه داشته و موجب خرد شدن یال شمالی بصورت فلسهای تکتونیکی شده است. گسل خضر، یک گسل راندگی به طول 10 کیلومتر، با حرکت برشی با شیب 75 درجه به N از نوع راستگرد می باشد. روند آزمون آن $N 130$ با شیب 75 درجه به سمت جنوب باختر می باشد که در طول تاقدیس خضر ادامه داشته و موجب خرد شدن یال شمالی آن به صورت فلس های تکتونیکی و جابجایی افق در حدود 80 متر شده است. اطراف این گسل ساخت و سازهایی (شهرک قدس) نیز در حال انجام می باشد. (پورکرمانی و همکاران)

- گسل قیز قلعه: این گسل امتداد لغز راستگرد با راستای تقریبی خاوری- باختری است. شیب آن ۶۷ به سمت جنوب بوده است و چنین می نماید که مانند گسل خضر از نوع معکوس با حرکت مایل نیز باشد. جابجایی امتداد این گسل حدود ۱KM است.

- گسل های فرعی: این گسل ها در بیشتر جاها، از نوع امتداد لغز راست گرد و یا چپ گردند و بطور معمول عمود تا نزدیک به عمود نسبت به محور چین خوردگی اصلی دیده می شود. به نظر نوگل سادات (۱۳۶۴) گسل های عرضی در نزدیکی های قشلاق دوچاه نتیجه تکامل و جابجایی ثانویه درزه های عرضی است که دارای حرکت چرخشی عمود بر سطح گسلها است و گسترش و عمقی ندارد. در تاقدیس باختری البرز یک سری گسل های امتداد لغز چپ گرد و بندرت راست گرد وجود دارند که ممکن است باعث چرخش گنبد نمکی کوه نمک در هنگام بالا آمدن آن باشد.

فصل دوم

مروری بر مطالعات گذشته

۲-۱- مقدمه

شناخت منابع آب یکی از موضوعات مهم برای برنامه ریزی های حفاظت و توسعه بهره برداری از آن بوده و استفاده بهینه و پایدار از آب تنها در سایه شناخت جامع و همه جانبه منابع و مصارف و وضعیت بیلان آب در حوزه های آبریز کشور می باشد. به دلیل رشد جمعیت، گسترش شهرنشینی و توسعه بخش های کشاورزی و صنعت پیوسته با افزایش تقاضای آب مواجه هستیم. تداوم افزایش میزان تقاضا برای آب، باعث افزایش تقاضا در برابر عرضه آب شده و خواهد شد. افزایش تقاضا توجه جدی به مبانی برنامه ریزی اقتصادی منابع آب، تخصیص بهینه آب را اجتناب ناپذیر نموده و مدیریت تقاضای آب را ضروری می نماید. از محوری ترین اهداف تلفیق مطالعات و بیلان آب، مشخص شدن حجم آب موجود در محدوده های مطالعاتی و بررسی امکانات موجود در راستای نیل به توسعه بهره برداری از این منابع و تخصیص آب به بخش های گوناگون نظیر کشاورزی، شرب، صنعت و غیره می باشد. در این فصل مطالعات پیشین در مورد عوامل موثر در افت سطح ایستابی، برداشت بی رویه از منابع آب زیرزمینی، کاهش تغذیه و... که در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفته، ارائه می شود

۲-۲- عوامل موثر بر افت سطح ایستابی

عمق سطح ایستابی به عواملی مختلفی از جمله میزان بارندگی، نوع آب وهوا، میزان بهره برداری از آب های زیرزمینی، دوری و نزدیکی به ساحل، میزان نفوذ پذیری خاک و تغذیه مصنوعی سفره آب زیر زمینی بستگی دارد (Omidvar, 2014) عوامل گوناگونی می تواند فرونشست زمین را در پی داشته باشند که از آن جمله می توان جابهجایی زمین، بهره برداری بی رویه از آب های زیرزمینی، احداث سدهای بزرگ و فرایندهای تکتونیکی را نام برد.

با این وجود مهم ترین علت فرونشست منطقه ای سطح زمین در حوضه های رسوبی مناطق خشک و نیمه خشک، تراکم سفره های آب زیرزمینی و بهره برداری بیش از حد از آن ها است. (Pacheco et al., 2006)

فرونشست عبارت است از فرو ریزش و یا نشست سطح زمین که به علت های متفاوتی در مقیاس بزرگ روی می دهد. به طور معمول این اصطلاح به حرکت قائم رو به پایین سطح زمین که می تواند با بردار اندک افقی همراه باشد، گفته می شود. عوامل متعددی باعث این پدیده می شوند از جمله: انحلال، آب شدگی یخ ها و تراکم نهشته ها، حرکت آرام زمین و خروج گدازه و یا عملیات انسانی نظیر معدن کاری یا برداشت آب زیرزمینی و نفت، برداشت و استخراج مواد معدنی، ریزش سازه های زیرزمینی مانند تونل ها و یا ایجاد حفرات در اثر انحلال، مراحل شکل گیری فروچاله ریزشی در یک لایه آهکی در طول زمان، فعالیت های تکتونیکی و ... می تواند باعث ایجاد فرونشست زمین شود. از آسیب های ناشی از فرونشست زمین می توان به عواملی از جمله: تغییر ناهمسان در ارتفاع و شیب رودخانه ها و آبراهه ها و سازه های انتقال آب، برداشت بی رویه از منابع آب زیرزمینی، کاهش برگشت ناپذیر تمام یا بخشی از مخزن آب زیرزمینی در نتیجه از بین رفتن یا کاهش تخلخل مفید نهشته ها، پیشروی امواج در مناطق پست ساحلی، شکست و یا بیرون زدگی لوله جدار چاه ها در نتیجه تنشهای تراکمی ناشی از تراکم آبخوان ها، ایجاد اختلال در بهره برداری از منابع آب زیرزمینی و ماسه دهی چاه ها، کاهش میزان نفوذپذیری سطحی و پیرو آن گسترش پهنه های بیابانی و تغییر در توپوگرافی و توسعه دشت سیلابی می باشد. در بین عوامل موثر در ایجاد فرونشست، بنظر می رسد که برداشت بیش از حد مجاز از منابع آب زیرزمینی، ضخامت لایه رسوبی و ویژگیهای مهندسی رسوبات، عوامل اصلی فرونشست در بیشتر دشت های ایران هستند. از بررسی نوسانات سطح آب چاه ها می توان اطلاعاتی در خصوص جهت جریان و شیب هیدرولیکی آب زیرزمینی و مقدار افت در طی دوره زمانی، نحوه تبادل آب های سطحی و زیرزمینی، تاثیر سازند های زمین شناسی پیرامون دشت بر سیستم آب زیرزمینی، منابع تغذیه (چشمه) و تخلیه آب زیرزمینی و .. به دست آورد. از این جهت تعداد و

پراکندگی چاه‌های مشاهده‌ای در دقت مطالعات افت منابع آب زیرزمینی ضروری می باشد. استخراج آب از چاه‌های بهره برداری منجر به افت سطح آب زیرزمینی می شود، اما آنچه منجر به افت سطح آب زیرزمینی در مقیاس ناحیه ای و در نتیجه ایجاد فرونشست ناحیه ای می شود تجمع تعداد زیاد چاه های آب بهره برداری در یک منطقه می باشد. به عبارت دیگر تنها یک چاه نمی تواند نقش بسزایی در افت سطح آب زیرزمینی در مقیاس وسیع باشد هرچه تعداد چاه های بهره برداری در یک منطقه بیشتر، مقدار افت آب زیرزمینی بیشتر خواهد بود و در نتیجه فرونشست در مقیاس وسیع رخ می دهد.

باقری و کاظمی (۱۳۸۵) با شبیه سازی هیدرولیک جریان آب زیرزمینی، به بررسی نوسانات سطح آب و فرونشست زمین در اثر افت سطح آب زیرزمینی در دشت رفسنجان پرداخته اند برداشت بیش از حد باعث افت سطح آب به اندازه ۱۷ متر شده است که ایجاد ترک در ساختمان ها، شکاف در زمین های کشاورزی و شکسته شدن لوله جدار چاه ها را در پی داشته است.

برداشت بی رویه از آب های زیرزمینی در بسیاری از نقاط جهان سبب افت شدید سطح را نشان می دهد. استفاده بیش از حد از منابع آب زیرزمینی منجر به حدود شش میلیارد متر مکعب بیلان منفی سالانه آب زیرزمینی کشور شده است. (علیزاده ۱۳۹۱). این بیلان منفی وضعیت بسیاری از دشت های ایران را به شکل بحرانی درآورده است. خشکسالی های اخیر نیز دلیلی بر این وضعیت اسفناک است اما دلیل اصلی این وضعیت برداشت بی روه و حساب نشده از منابع آب زیرزمینی است. تحقیقات نشان می دهد از مجموع ۶۰۹ آبخوان موجود در ایران ۳۰۰ آبخوان در شرایط بحرانی و ۴۰ آبخوان در شرف ممنوعیت قرار دارد. (قبادی ۱۳۹۲). افت سطح آب زیرزمینی و بیلان منفی سفره ها، در بیشتر دشت های ایران گزارش شده که از جمله آن ها می توان دشت رفسنجان (ابراهیمی لویه، ۱۳۸۷)، زرنده (ساره) (ابراهیمی و همکاران، ۱۳۷۸)، زنجان (عبدی و همکاران، ۱۳۷۹) دشت تویسرکان همدان (اژدری و همکاران، ۱۳۹۵)، دشت ارومیه (صمدی و همکاران، ۱۳۹۴)، دشت یزد - اردکان (اکرامی و همکاران، ۱۳۹۰)، مشهد (اکبری و همکاران، ۱۳۸۸) کاشمر (لشکری پور و همکاران، ۱۳۸۵)، فریمان -

ترتیب جام (لشکری پور و همکاران، ۱۳۸۷)، کرمان، رفسنجان، جیرفت، وزرند (شاهی دشت، ۱۳۸۷) و فیروزآباد (فتحی و همکاران، ۱۳۸۹)، دشت جهرم (جمشیدی، ۱۳۹۱)، دشت میناب (چوپانی و دمی زاده، ۱۳۹۳)، دشت مه ولایت (کریمی و حداد، ۱۳۹۴)، نازدشت رودان (غلام دخت بندری و همکاران، ۱۳۹۵) اشاره نمود. بنابراین وضعیت موجود ایجاب می کند که هر چه بیشتر در مورد وضعیت آبخوان های کشور مطالعه و بررسی صورت گیرد، از طرفی با پیش بینی دقیق نوسانات سطح آب زیرزمینی می توان از آن در برنامه ریزی تامین آب قابل اعتماد و نیز در مدیریت منابع آب استفاده نمود برای تصمیم گیری بهتر و برنامه ریزی صحیح تر در مورد مدیریت و روش بهره برداری از این گونه دشت ها در یک دوره طولانی مدت مورد بررسی قرار گرفته و راهکارهای مدیریتی کاملی ارائه شود.

۲-۱-۲- برداشت بی رویه از منابع آب زیرزمینی

مطالعه روند تغییرات منابع آب زیرزمینی طی گذر زمان، به ویژه در مناطقی که با محدودیت منابع آبی روبه رو هستند، امری ضروری جهت مدیریت صحیح و بهره برداری پایدار این منابع محسوب می شود.

آب زیرزمینی یکی از مهمترین منابع تامین آب مورد نیاز بشر است. منابع آب زیرزمینی در مناطقی که با کمبود بارندگی و منابع آب سطحی مواجه هستند به شدت مورد استفاده و بهره برداری قرار می گیرند برداشت بی رویه از منابع آب زیرزمینی، آسیب های شدید ناشی از آلودگی و کاهش کیفیت آبخوان پیشروی آب شور و... را به همراه دارد. (Stollenwerka et al)

تخریب کیفی آبخوان و افزایش شوری آن را می توان یکی از جدی ترین آسیب های برداشت بی رویه منابع آب زیرزمینی دانست. این معضل در منطق خشک و نیمه خشک که با کمبود منابع آب شیرین مواجه بوده و اغلب آب زیرزمینی تنها منبع تامین آب شیرین منطقه است، چالشی اساسی است. (Singh & Sherif 2002)

یکی از جنبه های بسیار مهم کمیابی آب و افت سطح آب زیرزمینی، تاثیر گذاری غیر قابل اجتناب آن بر وضعیت کشاورزی و به طور کلی اقتصاد کشاورزی مناطق است. مساله ای که به صورت دو سوپه به دلیل مسایل کمی و کیفی آب، در حال تشدید پیامدهای کمیابی آب در کشور است. در این زمینه تحقیقات و مطالعات مختلف و در عین حال نسبتا اندکی، صورت گرفته است که بتواند این پیامدها را کمی سازی نماید. نخستین تحقیقات در مورد عوارض اقتصادی کمیابی آب، در تگزاس انجام شده است. (Terrell & Johnson, 1999)

کاهش میزان تغذیه آبخوان و افزایش جمعیت و برداشت زیاد آب زیرزمینی باعث افت بالای سطح ایستابی گردیده است (امید توسلی و همکاران ۱۳۹۸).

یکی از مسائلی که در اثر برداشت بی رویه آب زیرزمینی اتفاق می افتد فرونشست زمین است که باعث ایجاد شکاف های عمیق در سطح زمین، کج شدن لوله های چاه، خرابی ساختمان ها و لوله زایی چاه ها می شود. دلیل اساسی این پدیده در اغلب پهنه های کشور، افت سطح ایستابی بوده که ناشی از کمبود بارندگی به دلیل تغییرات اقلیمی و برداشت بی رویه از آب های زیرزمینی است. نتایج تحقیق نشان می دهد که میزان تغییرات سطح آب و عمق حفاری گمانه ها بر میزان فرونشست زمین موثر بوده و با کاهش میزان برگشت آب به سفره آب زیرزمینی، میزان فرونشست تا ۵۵٪ افزایش یافته و همچنین با افزایش درصد تغییرات برداشت آب، میزان فرونشست نیز در حدود ۴۰٪ بیشتر شده است. آبهای زیر زمینی در سالهای اخیر به دلیل برداشت های بی رویه از آبخوان و نیز وقوع و تداوم خشکسالی های پی در پی با افت سطح ایستابی و افزایش شوری آب زیر زمینی مواجه گردیده است. کاستودیو (custudio 2002) برداشت بی رویه را به صورت زیر تعریف کرده است " برداشت بی رویه وضعیتی است که در آن میانگین سالیانه برداشت از آب زیرزمینی، بیشتر یا نزدیک به میزان تغذیه به آبخوان است."

برداشت بی‌رویه آب زیرزمینی باعث افت سطح ایستایی و خسارات جبران ناپذیری به اکولوژی، اقتصاد، محیط‌زیست و کیفیت آب زیرزمینی وارد می‌کند که با مدیریت صحیح در بهره برداری آب زیرزمینی می‌توان از این خسارات جلوگیری کرد. عوامل موثر در تغییرات آب زیرزمینی شامل تغذیه مصنوعی، پمپاژ یا بهره برداری بی‌رویه، توسعه شهری، تغییرات اقلیمی و تغذیه از طریق بارندگی و نفوذ از طریق آب های سطحی می‌باشد. (Devlin+sophocleus2005).

موسوی مداح و همکاران (۱۳۸۹) بر اساس داده‌های چاه‌های دشت مشهد نشان دادند برداشت بی‌رویه باعث افت ۶۰ متری در طی ۴۰ سال و نشست زمین شده است. آثار نشست به صورت شکاف‌هایی در سطح زمین ظاهر شده که مشکلاتی را برای کشاورزان ایجاد کرده است. از دیگر مطالعات انجام شده در این زمینه می‌توان به مطالعاتی که توسط لشکری پور و همکاران (۱۳۸۵) در دشت کاشمر انجام شد اشاره نمود که به برداشت بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی و پدیده فرونشست اشاره دارد.

از اثرات منفی اقتصادی برداشت بی‌رویه می‌توان به حذف مزایای اقتصادی استفاده از منابع آب زیرزمینی زمانی که سطح آب کاهش می‌یابد، افزایش هزینه های مربوط به چاه های عمیق تر و سطوح عمیق تر پمپاژ و نقض حقابه‌های پمپاژ با توجه به بهره برداری ناپایدار از منابع آب زیرزمینی را اشاره کرد. (Brown et al.1999)

جاودانیان و احمدی دارانی(۱۳۹۵) با بررسی میزان برداشت از منابع آب زیرزمینی و وضعیت فرونشست شهر دامنه اصفهان نشان دادند که افت سطح آب زیرزمینی، اثری مستقیم بر ایجاد و گسترش فرونشست در محدوده این شهر داشته و بیشترین میزان بهره برداری از آبخوان های منطقه به مصارف کشاورزی اختصاص دارد. همچنین سطح آب زیرزمینی در منطقه مورد مطالعه در بازه سال های ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۳ به طور متوسط به میزان ۲۰ متر افت داشته است. امروزه این موضوع به اثبات رسیده که برداشت بیش از حد آب زیرزمینی با ایجاد افت مداوم آب زیرزمینی و از دست رفتن یه منبع مهم آب، ممکن است موجب نشست اراضی و وارد آمدن خسارت به ساختمان های موجود در

منطقه شود. برنامه ریزی دقیق و نگرش اصولی به منابع محدود و تجدید ناپذیر آب زیرزمینی در ایران موجب افت شدید سطح آب زیرزمینی در بسیاری از دشت های کشور و ایجاد فرونشست در آن ها شده است. یکی از عوامل اصلی افت سطح آب زیرزمینی در منطقه مورد مطالعه را می توان عدم استفاده درست منابع آب در مصارف کشاورزی دانست؛ زیرا دامنه و نواحی اطراف آن یکی از قطب ها کشاورزی استان اصفهان به شمار می آیند. بر این مبنا می توان نگرشی نو به الگوی کشت منطقه و اصلاح روش های مدیریت منابع آب را یکی از راهکارهای دراز مدت کاهش افت سطح آب زیرزمینی به شمار آورد. بخ عنوان راهکاری دیگر می توان جلوگیری از ادامه یفعالیات چاه های غیرمجاز را پیشنهاد داد. در صورتی که نزول سطح آب زیرزمینی کاهش نیابد، برای همیشه شاهد از دست رفتن بخش عظیمی از منابع آب و برهم خوردن ساختار سفره ی آب زیرزمینی و پیامدهای نامطلوب و جبران ناپذیر فرونشست در منطقه خواهیم بود.

میراحمدی و طالب بیدختی (۱۳۹۵) طرح تغذیه مصنوعی منابع آبهای زیرزمینی دشت شهریار واقع در جنوب غرب تهران را به عنوان راهکاری برای جلوگیری از فرونشست زمین، بررسی و مطالعه نموده و نشان دادند که با توجه به برداشت بیش از حد مجاز منابع آب زیرزمینی در این دشت که باعث افت سطح آبهای زیرزمینی و فرونشست زمین شده، تغذیه مصنوعی میتواند به عنوان راه حل موثری کاربرد داشته باشد.

شاهرخ شجری و همکاران (۱۳۹۵) استفاده بی رویه از منابع آب زیرزمینی در بسیاری از استان های کشور به ویژه استان فارس سبب شده که سطح آب زیرزمینی در بسیاری از دشت های استان فارس با استمرار افت مواجه گردیده و کیفیت آب برداشتی نیز کاهش یافته و در نتیجه این دشت ها در وضعیت بحرانی قرار گیرند. بر اساس آمار وزارت نیرو متوسط سهم برداشت از منابع آب زیرزمینی نسبت به کل منابع آبی در کل کشور برابر با ۵۵ درصد و این سهم در استان فارس برابر با ۷۵ درصد می باشد. در نتیجه می توان گفت که ابعاد مسئله در استان فارس در مقایسه با سایر نقاط کشور گسترده تر می باشد. در این میان وضعیت منابع آبی در برخی از دشت ها از جمله دشت داراب سبب گردیده که این

گونه دشت ها از سوی سازمان آب منطقه ای در گروه ممنوعه قرار گرفته و علاوه بر اینکه حفر چاه های جدید ممنوع گردد، برای برداشت از چاه آبی موجود نیز محدودیت هایی ایجاد شود. با توجه به اینکه پایین رفتن سفره آب زیرزمینی به ویژه در دشت های ممنوعه و بحرانی دارای اثرات گسترده ای می باشد و در بررسی های انجام شده بیشتر به اثرات زیست محیطی مسئله توجه و به آثار اقتصادی و اجتماعی آن کمتر پرداخته شده است

۲-۲-۲- تغذیه

میزان تغذیه آب های زیرزمینی در نقاط مختلف به دلیل ویژگی های متفاوت خاک شناسی، پوشش گیاهی، زمین شناسی، شدت بارندگی و شیب زمین متفاوت می باشد.

کمیت تغذیه یک پیش نیاز مهم برای مدیریت موثر منابع آب زیرزمینی بوده و برآورد آن برای تعیین برداشت پایدار از منابع آب زیرزمینی مورد نیاز است (Obuobie et al.2021)

تغذیه واقعی که به درون آبخوان صورت می پذیرد به عوامل زیر بستگی دارد:

۱- میزان و نرخ بارندگی که به صورت رواناب یا تبخیر و تعرق از دست نمی رود 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 تعیین کننده نرخ حرکت آب های تغذیه شده از محل تغذیه است ۵- حضور یا عدم حضور سازه های زیرزمینی که خواسته یا ناخواسته می تواند موجب تخلیه آب گردند (Dellar1998)

متراکم شدن بافت خاک باعث کاهش نفوذپذیری در هنگام وقوع بارندگی می شود، که این پدیده علاوه بر پایداری زمین و ساختمان های موجود، موجب غیراستفاده شدن آبخوان در بارندگی های بعدی شده و برای همیشه منطقه را از بهره برداری آب های زیرزمینی بی نصیب می سازد. (Tisell2013)

Q_{off} جریان زیرزمینی خروجی، Q_{on} جریان زیرزمینی ورودی، Q_{bf} زهکشی از آب زیرزمینی، R : تبخیر و تعرق از آب زیرزمینی: تغذیه ناشی از بارش و مصارف کشاورزی به آب زیرزمینی، و ΔQ تغییرات به وجود آمده در ذخیره آب زیرزمینی می‌باشد.

آب های زیرزمینی به عنوان یه منبع مهم تامین آب شیرین جایگاه ویژه ای در مطالعات منابع آب دارد، به طوری که بررسی نوسانات سطح آب زیرزمینی و بیلان آن برای برنامه ریزی بهره براری یک ضرورت اساسی به نظر می رسد. مدل آب های زیرزمینی می تواند به عنوان یک ابزار ارزشمند در مدیریت منابع آب زیرزمینی از جمله MODFLOW برای تعیین بیلان آب و بررسی تراز سطح ایستابی مفید خواهد بود. (Omescu al. 2005). در ارتباط با بررسی تغییرات سطح ایستابی و بیلان آب زیرزمینی در منابع داخلی و خارجی تحقیقات متعددی صورت گرفته است که در ادامه به آن ها اشاره می شود. در تحقیق دیگری که به وسیله Shirafkan, Jafari (۲۰۱۳) صورت گرفت به بررسی بیلان آبی دشت بهاباد استان یزد پرداخته شد. نتایج این تحقیق نشان داد که میزان افت سطح ایستابی دشت در قسمت های شمالی ۶۰ سانتی متر و در قسمت های جنوبی ۴۰ سانتی متر در سال ۱۳۸۷ بوده است. طی تحقیقاتی که به وسیله Taie Semiromi و همکاران (۲۰۱۲) صورت گرفت به بررسی اثر تغذیه مصنوعی پرداخته شد. نتایج نشان داد که تغذیه سیلاب به طور مصنوعی تنها در سال های اولیه بر کاهش افت سطح آب زیرزمینی موثر بوده، در سال های بعدی در اثر برداشت بی رویه چاه تاثیر جندانی نداشته است.

در تحقیقی که Nikbakht و همکاران (۲۰۱۲) بر روی بیلان آبی دشت عجب شیر آذربایجان انجام دادند به این نتیجه رسیدند که تبدیل سامانه آبیاری سنتی به سامانه تحت فشار باعث افزایش سطح ایستابی دشت تا ارتفاع ۸۸ سانتی متری خواهد شد. طی تحقیقی که به وسیله Ahmad و Ashraf Mohammadi Qaleney (۲۰۱۲) صورت گرفت با استفاده از مدل سازی آب زیرزمینی و با کمک ابزارهای تصمیم گیری در منطقه چاچ در حوضه ایندوس پاکستان به این نتیجه رسیدند که عوامل تغییر اقلیم و بهره برداری زیاد از منابع زیرزمینی اثرات طولانی مدتی روی سامانه آب زیرزمینی در منطقه مورد مطالعه میگذارند. در پژوهشی که Qushei (۲۰۱۰) بر روی بیلان آبی دشت دامغان

سمنان انجام داد به این نتیجه رسید که سطح آب دشت در طی ۱۴ سال حدود ۳۴ متر افت داشته است و همچنان ممنوعیت استفاده از آب زیرزمینی در این دشت باد رعایت شود.

فصل سوم

روش انجام کار

۱-۳- مقدمه

اندازه‌گیری سطح آب در پیزومترهای حفر شده در آبخوان قم-کهنک توسط شرکت آب منطقه‌ای قم صورت می‌گیرد. در این تحقیق از آمار و اطلاعات اخذ شده از این شرکت و گزارش‌های آماری و بیلان آب زیرزمینی دشت قم استفاده شده است.

۳-۲- تحلیل داده‌های هیدروژئولوژیکی

به‌منظور بررسی کمی آبخوان قم-کهنک از داده‌های اندازه‌گیری شده سطح آب زیرزمینی در ۳۲ حلقه پیزومتر، استفاده گردید. این اندازه‌گیری‌ها به صورت ماهیانه توسط شرکت آب منطقه‌ای قم صورت می‌پذیرد.

۳-۳- گروه‌بندی پیزومترهای حفر شده در آبخوان قم-کهنک

به منظور بررسی روند افت سطح آب در پیزومترها، پیزومترهای آبخوان قم-کهنک بر اساس میزان افت سطح آب در آنها گروه‌بندی شد.

۳-۴- ترسیم نقشه‌های هم‌افت و هم‌عمق آبخوان قم-کهنک

به‌منظور بررسی نحوه‌ی تغییرات افت در محدوده‌ی آبخوان قم-کهنک، نقشه‌های هم‌افت و هم‌عمق سطح آب آبخوان با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS10 ترسیم و مورد تفسیر قرار گرفت.

۳-۵- بررسی بیلان آب

معادله بیلان شامل توازن ورودی‌ها و خروجی‌ها در سیستم آب زیرزمینی می‌باشد که جهت محاسبه تغییرات ذخیره، طبق معادله‌ی (۳-۱) محاسبه می‌گردد.

$$Q_{on} + Q + Q_{off} - Q - Q_{bf} = \Delta Q \quad (۳-۱)$$

$\dot{Q}_{off}$ جریان زیرزمینی خروجی، $\dot{Q}_{on}$ جریان زیرزمینی ورودی، $\dot{Q}^{bf}$ زهکشی از آب زیرزمینی،
 $\dot{Q}$ تبخیر و تعرق از آب زیرزمینی R : تغذیه ناشی از بارش و مصارف کشاورزی به آب زیرزمینی،
 و ΔQ تغییرات به وجود آمده در ذخیره آب زیرزمینی می‌باشد.

تغییرات در ذخیره آبخوان با استفاده از معادله (۲-۳) محاسبه شده است.

$$\Delta Q = Q \times \Delta y \times \Delta Q \quad (3-2)$$

A مساحت آبخوان (km^2)، S_y آبدهی ویژه، ΔQ اختلاف ارتفاع سطح آب (m) و ΔQ تغییرات حجم
 ذخیره (MCM/y) می‌باشد.

در این تحقیق بیلان آبخوان قم-کهرک جهت بررسی و تحلیل افت سطح ایستابی محاسبه شده است.

۳-۶- تحلیل افت سطح ایستابی آبخوان:

تغییرات زمانی و مکانی افت در بخش‌های مختلف آبخوان بررسی شد، و ضمن پهنه بندی افت آبخوان،
 راهکارهای مناسب جهت کاهش افت سطح آب زیرزمینی پیشنهاد شده است

فصل چهارم

تحلیل افت سطح ایستابی قم-

کهک

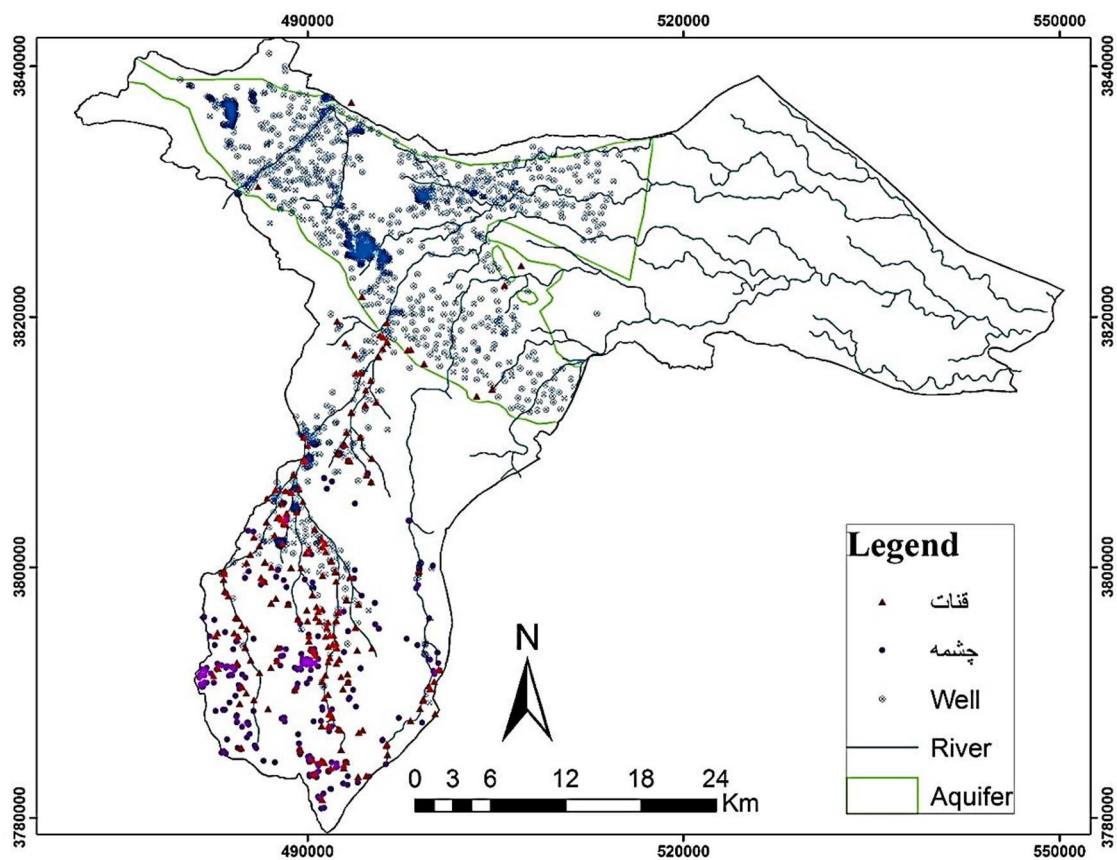
۴-۱- مقدمه

حوضه آبریز قم - کهک در استان قم، دارای آبخوان آزادی است که جهت مصارف مختلف کشاورزی و صنعت مورد استفاده قرار می‌گیرد. نیاز این بخش‌ها به آب زیرزمینی به دلیل نبود منابع آب سطحی مناسب در منطقه وابستگی زیادی به منابع آب زیرزمینی ایجاد نموده است، از این رو شناخت و بررسی کمی منابع آب زیرزمینی برای تداوم حیات آنها تا نسل‌های آینده در چنین منطقه خشک بسیار ضروری می‌باشد. در این فصل به بررسی افت سطح ایستابی آبخوان قم پرداخته می‌شود.

۴-۲- هیدروژئولوژی آبخوان قم - کهک

با توجه به گزارش های آب منطقه ای وسعت محدوده مطالعاتی قم $878/76$ کیلومترمربع می باشد که ۵۰ درصد از آن را آبخوان قم با وسعت $478/1$ کیلومتر مربع شامل می شود. منابع آبی محدوده مطالعاتی قم-کهک در دو بخش ارتفاعات و دشت تقسیم بندی می شود که سهم ارتفاعات شامل ۶۹ دهنه چشمه با تخلیه سالانه $3/58$ میلیون متر مکعب، 443 حلقه چاه با تخلیه سالانه ۶ میلیون متر مکعب و ۴۳ رشته قنات با تخلیه سالانه $12/87$ میلیون متر مکعب و سهم دشت قم 1907 حلقه چاه با تخلیه سالانه $291/02$ میلیون متر مکعب، ۲۶۹ دهنه چشمه با تخلیه سالانه $3/58$ میلیون متر مکعب و ۲۰۳ رشته قنات با تخلیه سالانه $641/81$ میلیون متر مکعب می باشد.

در شکل ۴-۱ محدوده آبخوان قم و منابع آبی موجود در حوضه آبریز دشت قم ارائه شده است.



شکل ۴-۱ محدوده آبخوان قم و منابع آبی موجود در حوضه آبریز

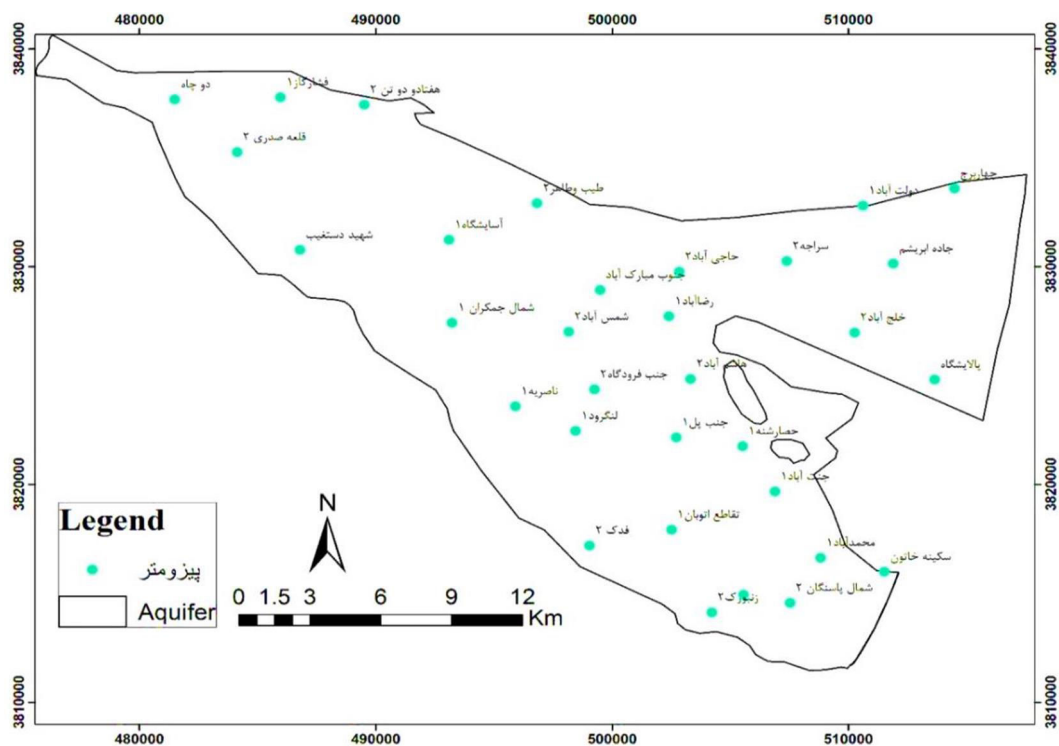
۴-۳- شبکه پیزومتری آبخوان قم

جهت بررسی نحوه تغییرات سطح ایستابی در نقاط مختلف آبخوان قم - کهک، از آمار بلند مدت سطح ایستابی ۳۲ حلقه پیزومتر حفر شده در آبخوان، استفاده شده است. محدوده آماری پیزومترهای مورد بررسی، از سال ۱۳۸۶ تا سال ۱۳۹۷ می باشد. مشخصات پیزومترها در جدول (۴-۱) و موقعیت آنها

در شکل (۴-۲) نشان داده شده است

جدول ۴-۱: مشخصات پیزومترهای حفر شده در آبخوان قم-کهک

ردیف	نام پیزومتر	utm x	utm y	ارتفاع نقطه نشانه	ردیف	نام پیزومتر	utm x	utm y	ارتفاع نقطه نشانه
1	قلعه صدری	484149	3835255	938	17	ناصریه	495917	3823587	903.7
2	فشارگاز	485982	3837776	919.26	18	لنگرود	498469	3822461	907.95
3	هفتادو دو تن	489525	3837444	927	19	جنب پل	502729	3822161	888.57
4	شهید دستغیب	486810	3830770	946.09	20	حصارشنه	505534	3821751	879.32
5	آسایشگاه	493106	3831231	913.44	21	فدک	499055	3817195	964
6	طیب و طاهر	496840	3832920	904.13	22	جنت آباد	506905	3819676	877.98
7	حاجی آباد	502850	3829765	877.85	23	سکینه خاتون	511536	3815985	866.65
8	سراجیه	507403	3830254	863.48	24	اکتشافی پاستنگان	505572	3814936	908
9	دولت آباد	510627	3832805	851.23	25	شمال پاستنگان	507548	3814564	903
10	شمال جمکران	493243	3827424	912	26	تقاطع اتوبان	502524	3817925	923.52
11	جنوب مبارک آباد	499504	3828923	891.13	27	محمدآباد	508839	3816629	877.95
12	شمس آباد	498177	3827014	894.2	28	زنبورک	504228	3814120	923
13	رضآباد	502421	3827730	880.61	29	دو چاه	481507	3837679	920.6
14	هاشم آباد	503331	3824836	881.9	30	جاده ابریشم	511908	3830148	847.25
15	خلج آباد	510280	3826973	852.13	31	پالایشگاه	513662	3824814	840.32
16	جنب فرودگاه	499273	3824363	895	32	چهاربرج	514500	3833596	839.13



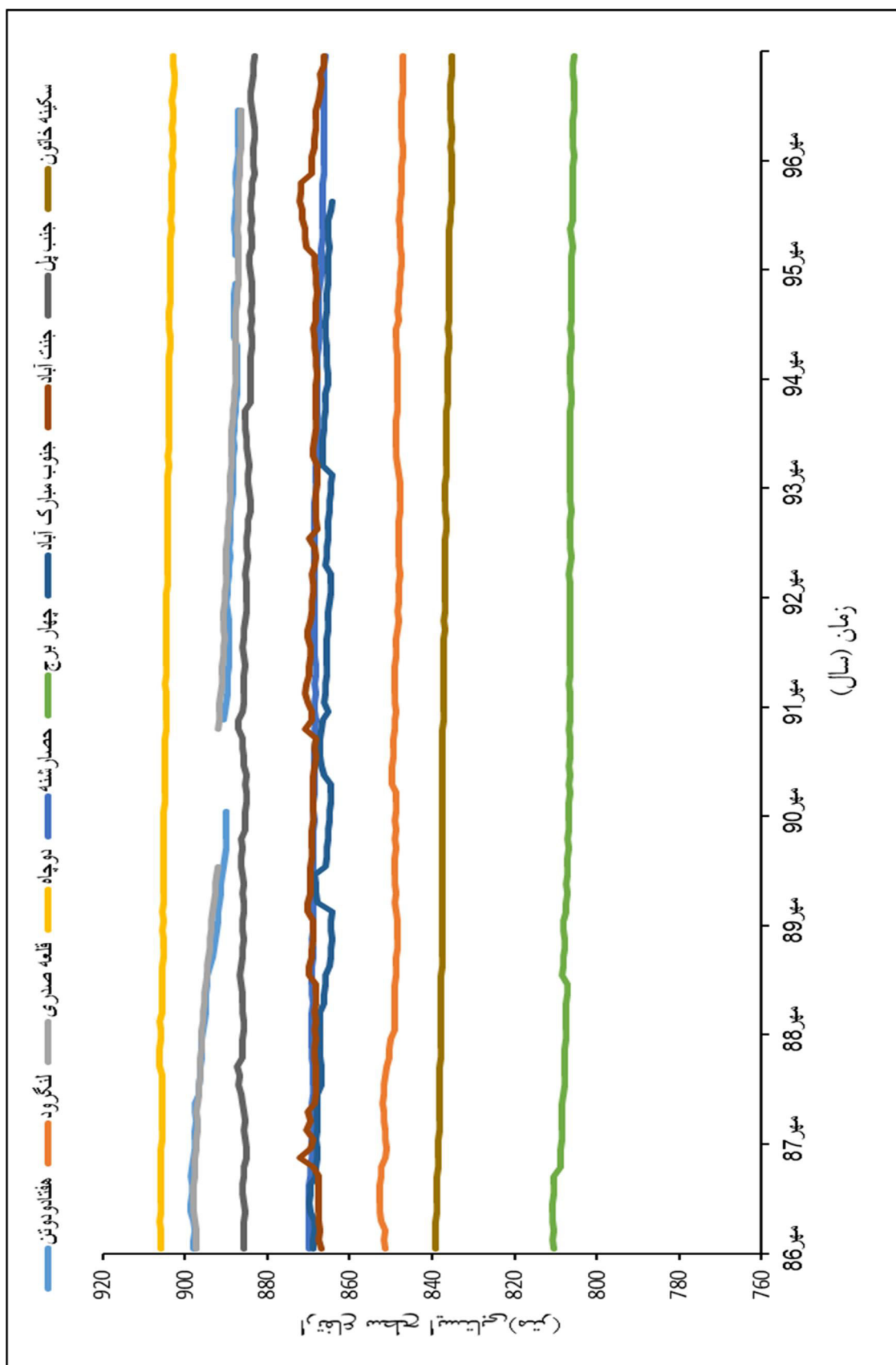
شکل ۴-۲: موقعیت پیزومترهای حفر شده در آبخوان قم-کهک

۴-۴- هیدروگراف چاه‌های مشاهده‌ای

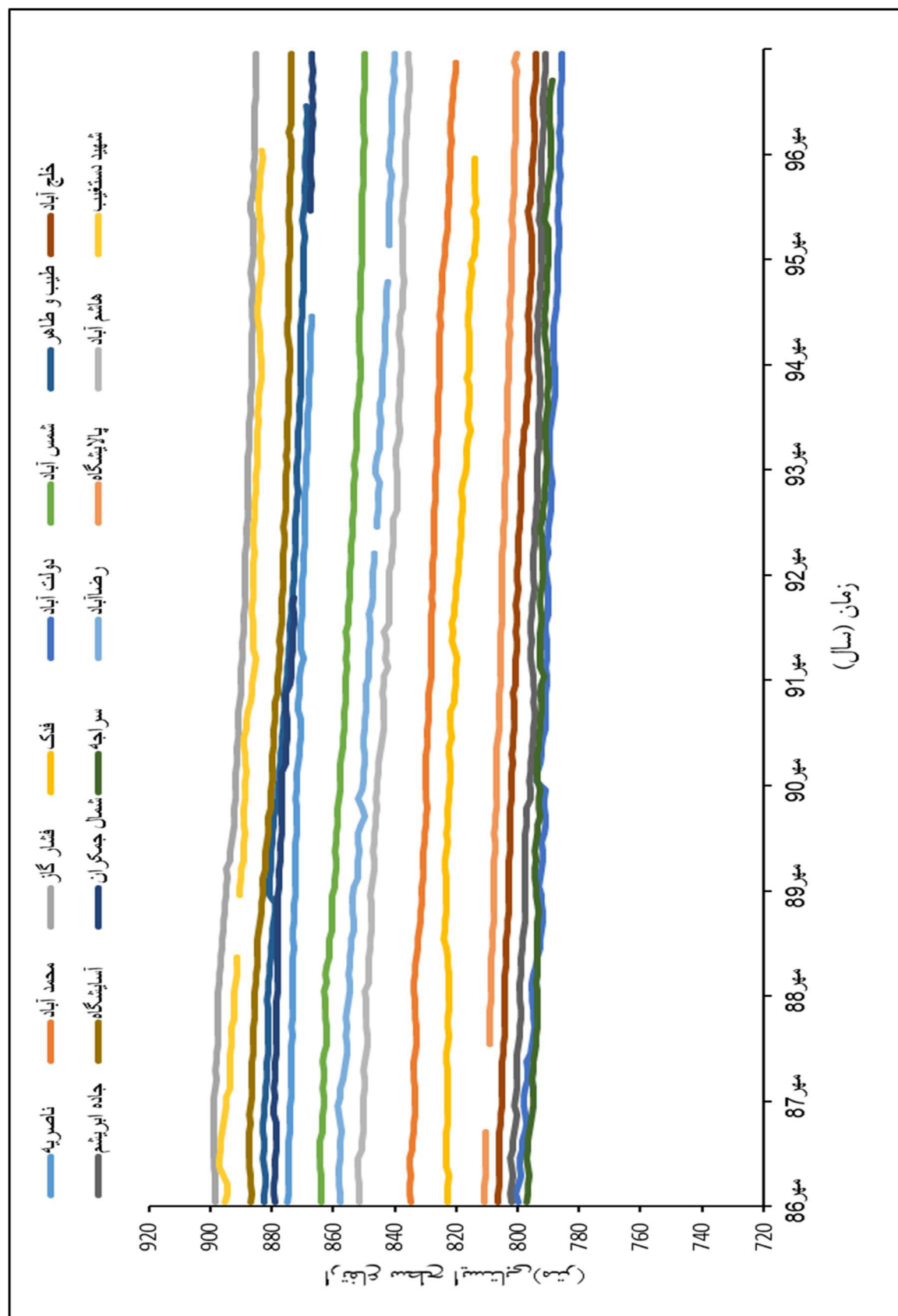
با استفاده از اطلاعات آماری سال های ۱۳۸۶ تا ۱۳۹۶ نحوه تغییرات سطح ایستابی در نقاط مختلف آبخوان قم مورد بررسی قرار گرفت. لازم به ذکر است که در طول دوره آماری بعضی از پیزومترها در زمان‌هایی فاقد اطلاعات آماری می باشند.

بررسی روند نوسانات سطح آب در هر کدام از پیزومترهای آبخوان قم نشان می‌دهد تمامی پیزومترها روند نزولی دارند، ولی سیر نزولی آن‌ها با یکدیگر متفاوت است. بر این اساس چاه‌های مشاهده‌ای بسته به مقدار افت و نوسانات سطح آب در آن‌ها در بازه زمانی مهر ۸۶ تا شهریور ۹۷، به سه گروه تقسیم شدند. گروه اول پیزومترهایی را شامل می‌شود که نرخ افت در آنها بین ۰ تا ۰/۵ متر در سال می‌باشد. این پیزومترها غالباً در حواشی آبخوان قرار دارند و بنابراین تحت تاثیر تغذیه‌ی ناشی از سازندهای مجاور متحمل نرخ افت اندکی در طول دوره‌ی آماری شده‌اند (شکل ۴-۳). گروه دوم شامل پیزومترهایی است که نرخ افت در آن‌ها بین ۰/۵ تا ۱/۵ متر می‌باشد. این پیزومترها تقریباً در کل مساحت آبخوان پراکنده هستند و تعداد آن‌ها نیز قابل توجه است. از دلایل افت این پیزومترها می‌توان به تمرکز بالای چاه‌های کشاورزی و برداشت زیاد منابع آب در منطقه اشاره نمود (شکل ۴-۴).

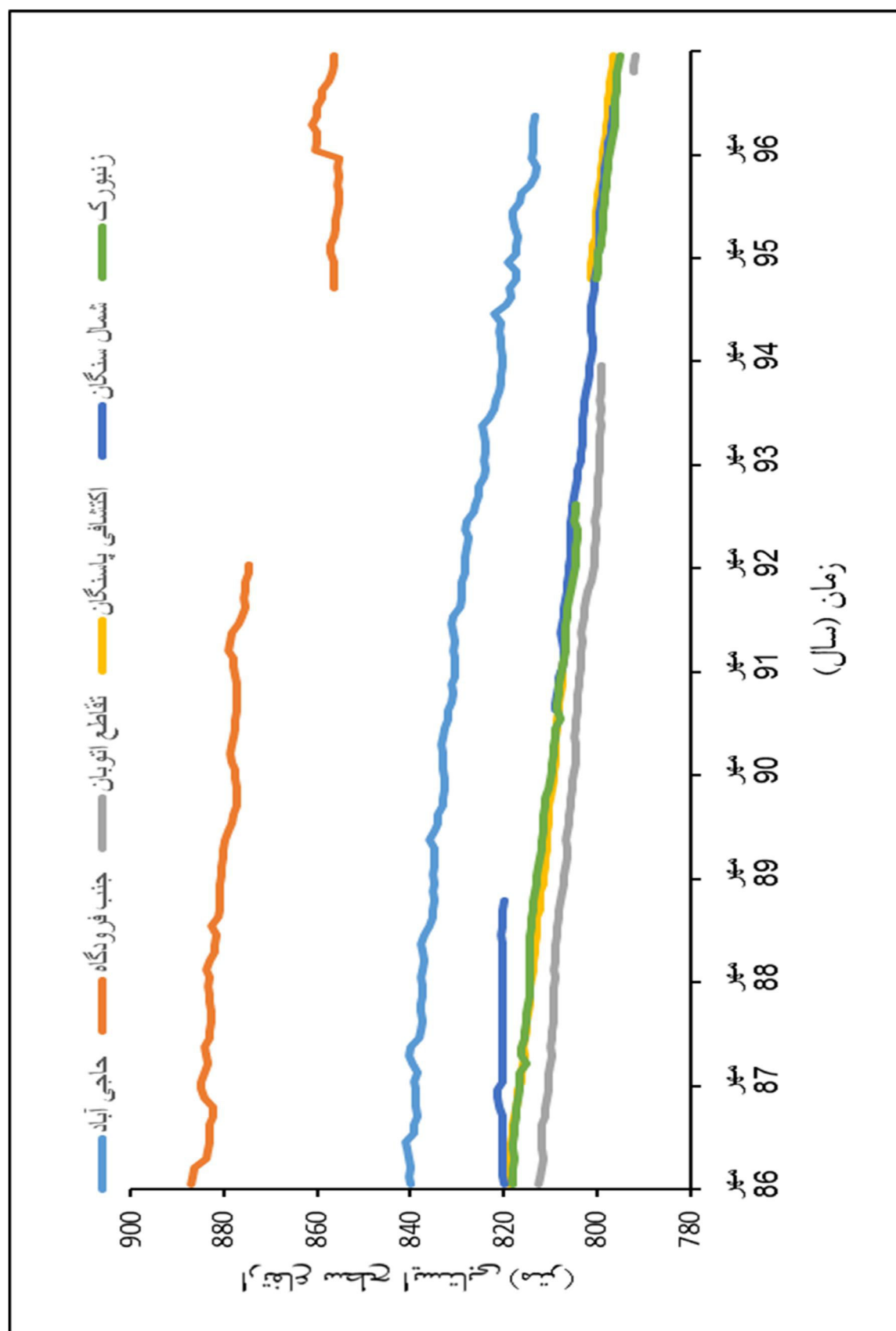
گروه سوم پیزومترهایی هستند که نرخ افت سطح ایستابی در آن‌ها بین ۱/۵ تا ۳ متر می‌باشد. این پیزومترها که تعداد آن‌ها نیز اندک است، اغلب در نیمه‌ی جنوبی آبخوان واقع هستند. وجود رسوبات دانه‌ریز در این قسمت آبخوان و نیز دور بودن این پیزومترها از مناطق تغذیه باعث افت بالا در این قسمت از آبخوان شده است (شکل ۴-۵). گروه‌بندی پیزومترهای مذکور در شکل ۴-۶ ارائه شده است.

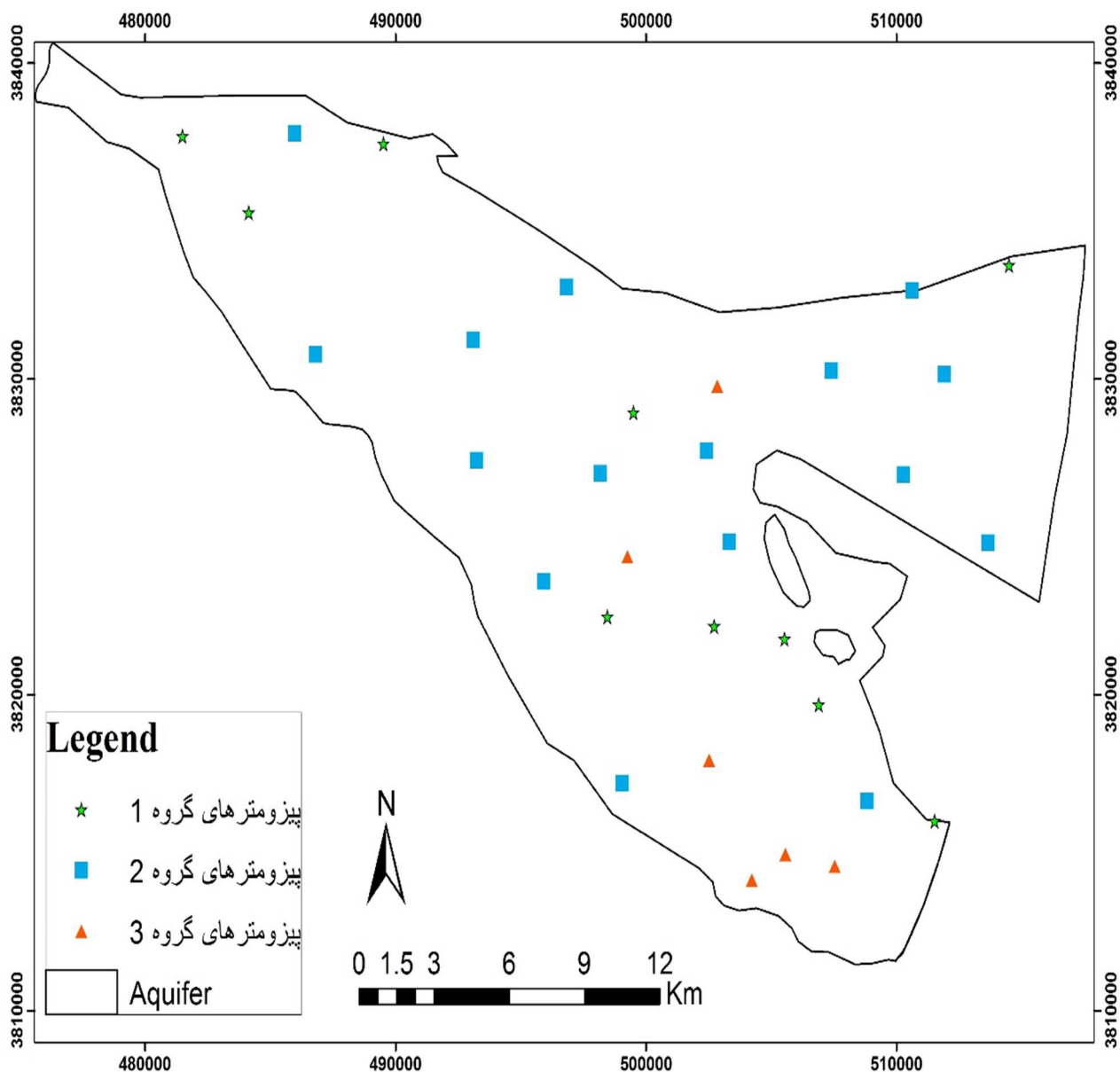


شکل ۴-۳: هیدروگراف پیژمونه‌های گروه ۱ آبخوان قم-کهنک



شکل ۴-۴: هیدروگراف پیزومترهای گروه ۲ آبخوان قم-کهنک





شکل ۴-۶: گروه بندی پیزومترهای آبخوان قم- کهک

۴-۵- نقشه هم‌افت آبخوان قم- کهک

در جدول ۴-۲ میزان و نرخ افت سطح ایستابی در پیزومترهای حفر شده در آبخوان قم - کهک در دوره زمانی مهر ۸۶ لغایت شهریور ۹۷ ارائه شده است. همانطور که ملاحظه می‌شود حداقل افت تراز سطح ایستابی در این دوره ۱۱ ساله، مربوط به پیزومتر جنت‌آباد به میزان ۰/۹۷ متر که برابر نرخ افت سالیانه ۰/۰۹ متر می‌باشد. همچنین بیشترین مقدار افت تراز سطح ایستابی مربوط به پیزومتر شمال

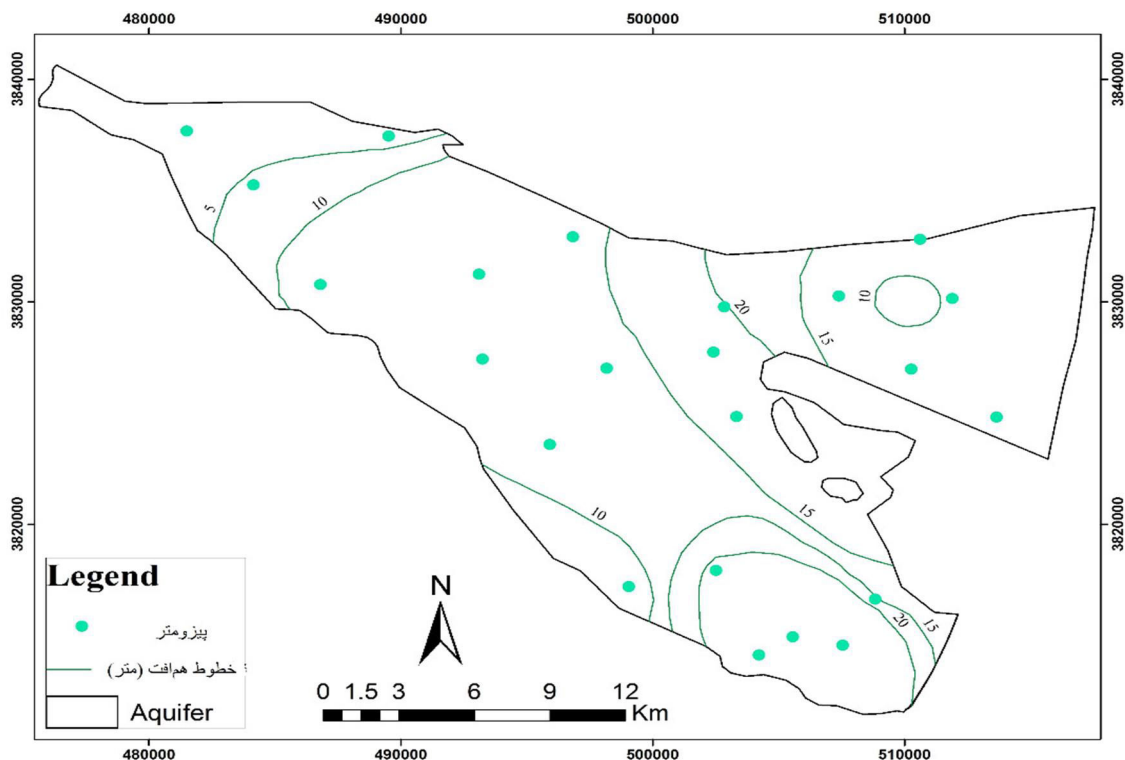
پاسنگان به میزان ۳۲/۹ متر است. نرخ افت سالیانه در این پیزومتر ۲/۹۹ متر می‌باشد. نقشه هم‌افت آبخوان در بازه مورد بررسی (مهر ۸۶ تا شهریور ۹۷)، ترسیم شده است (شکل ۴-۷). همانطور که ملاحظه می‌شود مقدار افت در آبخوان از حداقل ۵ متر تا حداکثر ۲۰ متر طی دوره‌ی زمانی مهر ۸۶ لغایت شهریور ۹۷ متغیر می‌باشد. کمترین مقدار افت مربوط به قسمت غربی آبخوان به دلیل دانه درشت بودن و تغذیه‌ی بیشتر آبخوان در این قسمت می‌باشد. مقدار افت در نیمه‌ی شرقی و جنوب شرقی افزایش یافته که از دلایل آن میتوان به تمرکز بالای چاه‌های بهره‌برداری و نیز دانه ریز بودن این بخش از آبخوان اشاره کرد.

جدول ۴-۲: مقادیر و نرخ افت سطح ایستابی در بازه زمانی مهر ۸۶ الی شهریور ۹۷

ردیف	نام پیزومتر	میزان افت در بازه ۸۶ تا ۹۷ (متر)	نرخ افت سالیانه (متر در سال)
۱	جنت‌آباد	۰/۹۷	۰/۰۹
۲	جنب پل	۲/۵	۰/۲۳
۳	دوچاه	۳/۱۱	۰/۲۸
۴	حصارشنه	۳/۸۵	۰/۳۵
۵	هفتادودوتن	۳/۹۴	۰/۳۶
۶	سکینه خاتون	۴/۱۵	۰/۳۸
۷	لنگرود	۴/۳۳	۰/۳۹
۸	جنوب مبارک	۳/۵۸	۰/۴۰
۹	چهار برج	۴/۰۲	۰/۴۲

جدول ۴-۲ (ادامه): مقادیر و نرخ افت سطح ایستابی در بازه زمانی مهر ۸۶ الی شهریور ۹۷

ردیف	نام پیزومتر	میزان افت در بازه ۸۶ تا ۹۷ (متر)	نرخ افت سالیانه (متر در سال)
۱۰	قلعه صدر	۵/۶	۰/۵۱
۱۱	سراج	۹/۰۱	۰/۸۲
۱۲	پالایشگاه	۱۰/۳۴	۰/۹۴
۱۳	فدک	۹/۶۳	۰/۹۶
۱۴	جاده ابریشم	۱۰/۹	۰/۹۹
۱۵	ناصریه	۱۱/۴۳	۱/۰۴
۱۶	شمال جمکران	۱۲/۲۱	۱/۱۱
۱۷	شهید دست غیب	۱۲/۳۵	۱/۱۲
۱۸	خلج آباد	۱۲/۵۳	۱/۱۴
۱۹	آسایشگاه	۱۳/۲۵	۱/۲۰
۲۰	فشارگاز	۱۳/۴۸	۱/۲۳
۲۱	شمس آباد	۱۴/۳۴	۱/۳۰
۲۲	طیب و طاهر	۱۴/۴	۱/۳۱
۲۳	دولت آباد	۱۴/۴۸	۱/۳۲
۲۴	محمد آباد	۱۴/۷۷	۱/۳۴
۲۵	هاشم آباد	۱۶/۰۱	۱/۴۶
۲۶	رضا آباد	۱۷/۳۶	۱/۵۸
۲۷	تقاطع اتوبان	۲۰/۵۹	۱/۸۷
۲۸	اکتشافی پاسنگان	۲۲/۴۹	۲/۰۴
۲۹	زنبورک	۲۲/۸۷	۲/۰۸
۳۰	حاجی آباد	۲۶/۷۲	۲/۴۳
۳۱	جنب فرودگاه	۳۰/۵۳	۲/۷۸
۳۲	شمال پاسنگان	۳۲/۰	۲/۹۰

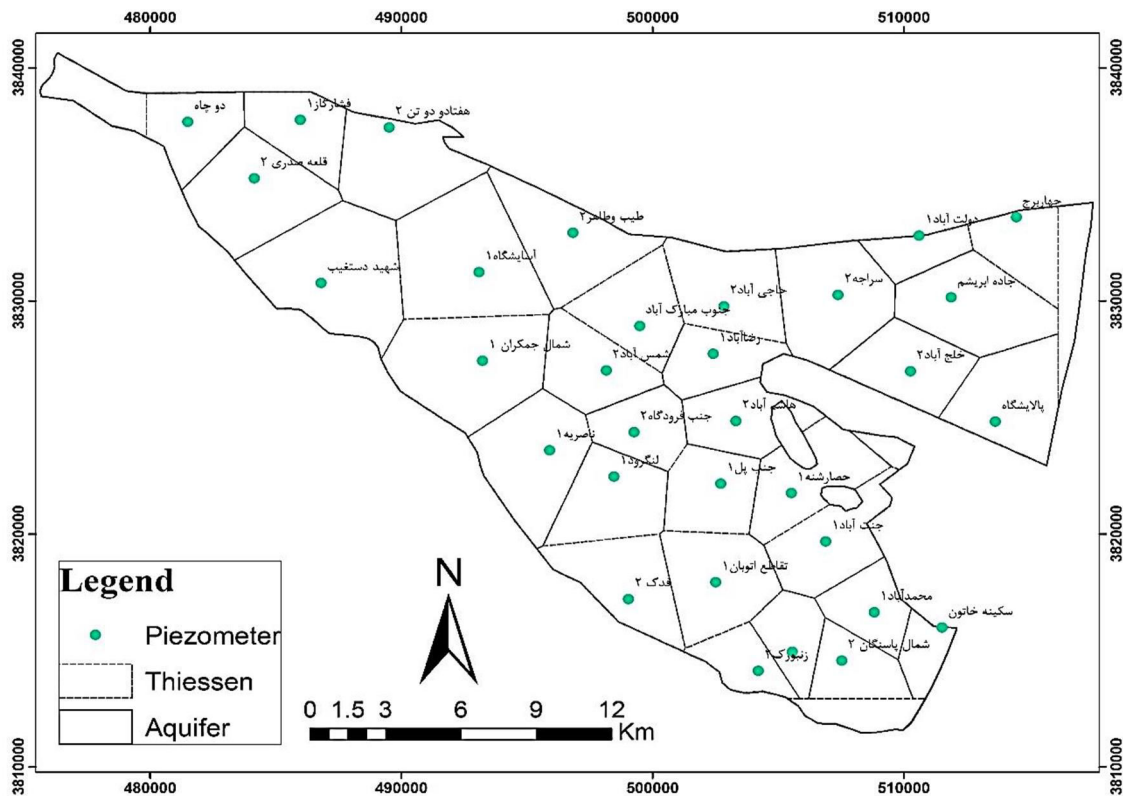


شکل ۴-۷: نقشه هم‌افت سطح ایستابی آبخوان قم - کهک در بازه زمانی مهر ۸۶ الی شهریور ۹۷

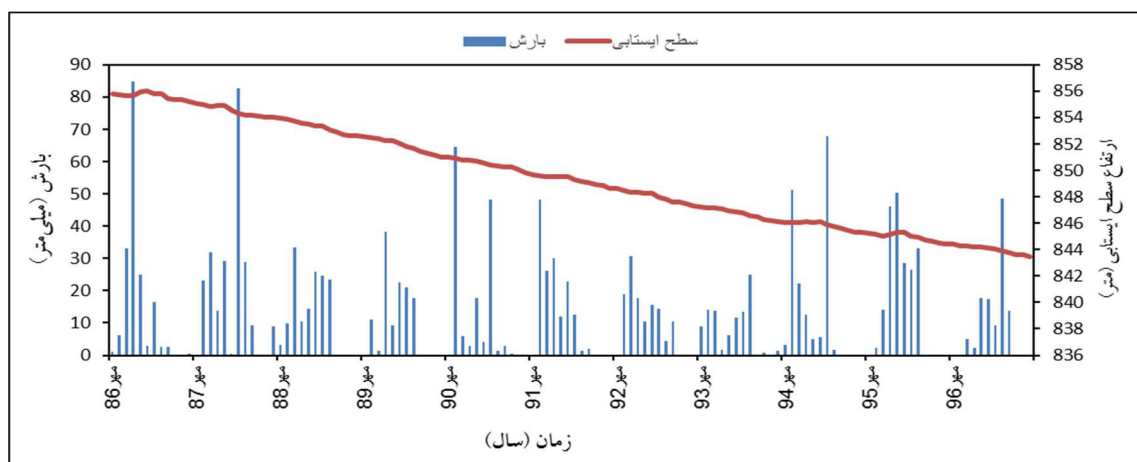
۴-۶- هیدروگراف معرف آبخوان قم - کهک

به‌منظور ترسیم هیدروگراف واحد دشت در دوره مهر ۸۶ تا شهریور ۹۷، از ۳۲ چاه مشاهده‌ای موجود در آبخوان قم - کهک استفاده شد و شبکه تیسن ترسیم گردید (شکل ۴-۸). در شکل ۴-۹ هیدروگراف معرف آبخوان قم - کهک در بازه‌ی زمانی مهر ۸۶ تا شهریور ۹۷ ارائه شده است. همانطور که در شکل مشخص است نوسانات سطح آب روند سینوسی بارزی نداشته و دارای افت مداوم است. روندهای صعودی در این هیدروگراف وجود نداشته و تنها در ماه‌های آذر تا اسفند روند افت متوقف و در سال‌های محدودی نیز روند افزایشی پیدا می‌کند. میزان متوسط افت سالانه‌ی سطح ایستابی آبخوان، ۱/۱۱ متر می‌باشد و کل افت در طول دوره‌ی ۱۱ ساله (مهر ۸۶ الی شهریور ۹۷) ۱۲/۲۹ متر می‌باشد. از عوامل تأثیرگذار بر سیر نزولی هیدروگراف، می‌توان به کاهش بارندگی و تخلیه بی‌رویه آبخوان توسط چاه‌های بهره‌برداری اشاره کرد. حداکثر تراز آب زیرزمینی در بهمن ماه و حداقل تراز آب زیرزمینی در شهریور ماه هر سال می‌باشد. از علل متوقف شدن روند افت آب زیرزمینی در بازه‌ی آذر تا

می کند.



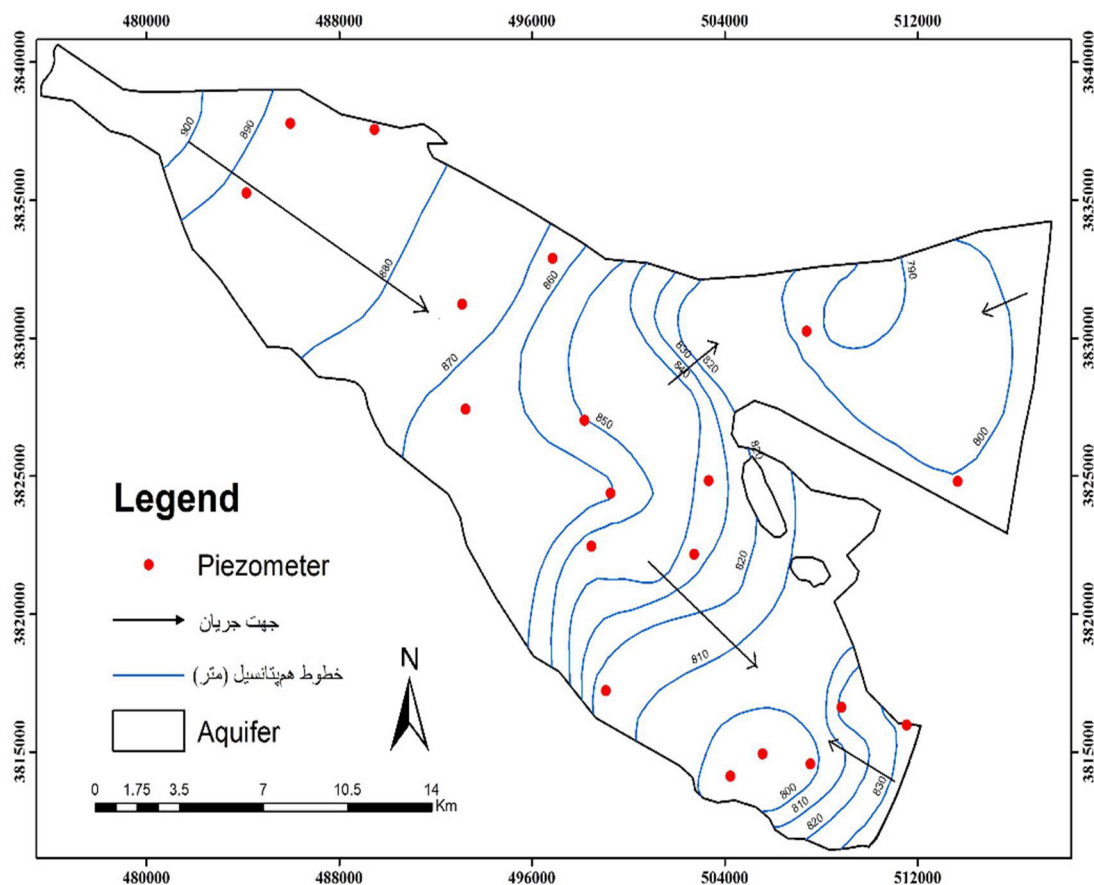
شکل ۴-۸: شبکه تیسن آبخوان قم- کهک



شکل ۴-۹: هیدروگراف معرف آبخوان قم- کهک

۷-۴- تغییرات مکانی سطح آب زیرزمینی

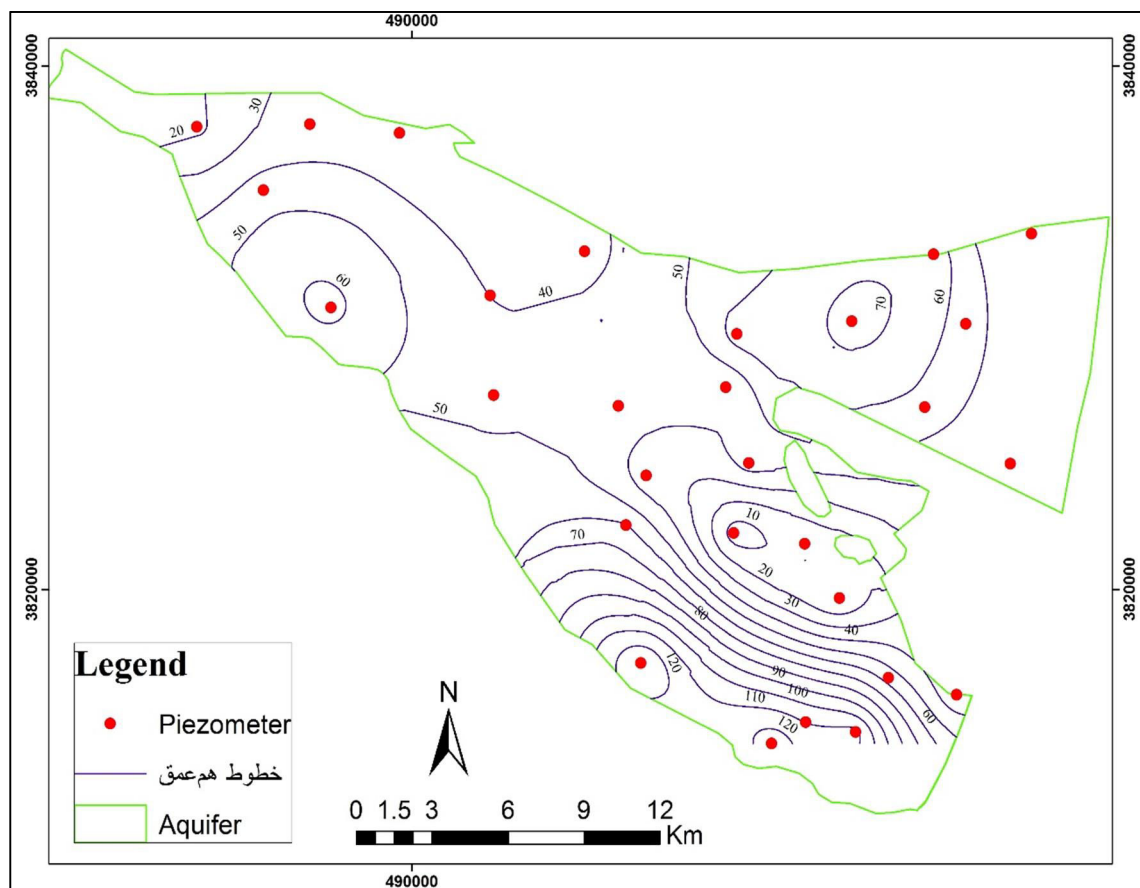
به منظور بررسی نوسانات مکانی تراز آب زیرزمینی، نقشه تراز سطح آب زیرزمینی آبخوان قم- کهک به براساس اطلاعات اندازه‌گیری شده ارتفاع سطح آب زیرزمینی در شهریور ۹۷ ترسیم شده است (شکل ۱۰-۴). مطابق نقشه تراز آب زیرزمینی، جهت کلی جریان آب زیرزمینی از سمت شمال غرب به سمت جنوب شرق می‌باشد. با توجه به خطوط هم‌پتانسیل، فاصله‌ی خطوط هم‌پتانسیل در نیمه‌ی غربی دشت زیاد بوده و بنابراین گرادیان هیدرولیکی در این قسمت کم است. در مرکز و جنوب شرق گرادیان هیدرولیکی افزایش یافته که این موضوع ناشی از تغذیه آبخوان از جنوب شرق آبخوان می‌باشد



شکل ۱۰-۴: نقشه‌ی تراز آب زیرزمینی آبخوان قم- کهک (شهریور ۹۷)

۸-۴- نقشه هم‌عمق آبخوان قم-کهنک

نقشه‌ی هم‌عمق سطح ایستابی آبخوان قم-کهنک در سال آبی ۹۶-۹۷ در شکل ۴-۱۱ ترسیم شده است. حداقل عمق سطح ایستابی آبخوان که منطبق بر حداکثر تراز آب زیرزمینی می‌باشد، در بهمن ماه و حداکثر آن در شهریور ماه هر سال آبی مشاهده می‌گردد. بر اساس نقشه هم‌عمق آبخوان قم-کهنک، عمق سطح ایستابی از حداقل ۱۰ متر تا حداکثر ۱۲۰ متر در بخش‌های مختلف آبخوان متغیر می‌باشد.



شکل ۴-۱۱: نقشه‌ی هم‌عمق آبخوان قم-کهنک (شهریور ۹۷)

۹-۴- ضرایب هیدرودینامیک آبخوان قم-کهنک

ضرایب هیدرودینامیک مهم‌ترین عامل کنترل‌کننده حرکت سیال در محیط متخلخل می‌باشد. این ضرایب که شامل قابلیت انتقال، ضریب ذخیره و ضریب نفوذپذیری است، از دسته پارامترهایی هستند

که به میزان سیال مرتبط بوده و با تغییرات آن دچار تغییر می‌شوند. علمی‌ترین روش جهت تخمین ضرایب هیدرودینامیک یک آبخوان تحلیل نتایج آزمایشات پمپاژ در چاه‌های اکتشافی است که می‌بایست با تعداد کافی و پراکندگی مناسب در محدوده یک آبخوان حفر و مورد آزمایش قرار گرفته باشند.

قابلیت انتقال

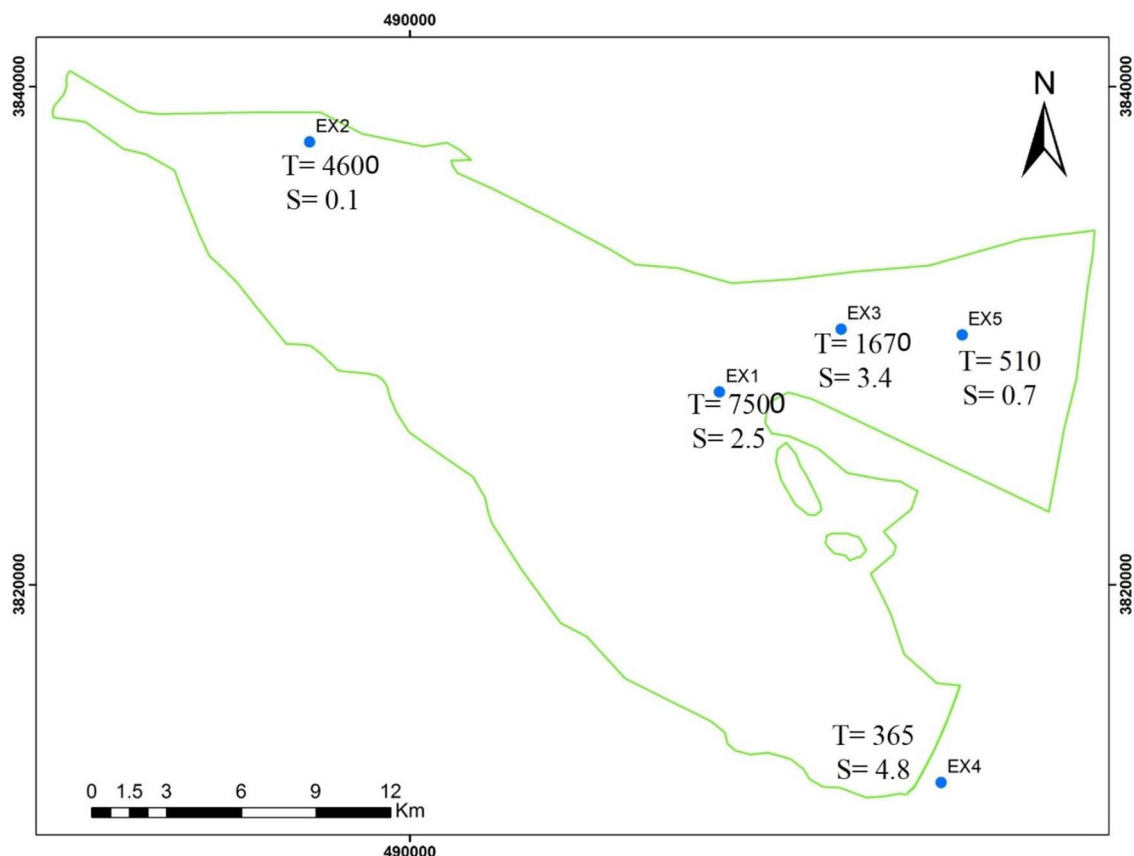
در مطالعات قبلی انجام شده در آبخوان قم- کهک (مطالعات نیمه تفصیلی منابع آب زیرزمینی قم- کهک ۱۳۹۲) تعداد ۵ حلقه چاه اکتشافی موجود در دشت مورد بررسی قرار گرفته که نتایج حاصل از آزمایش پمپاژ در آن‌ها در جدول ۳-۴ ارائه شده است. تغییرات قابلیت انتقال در محدوده دشت قم از ۳۶۵ مترمربع در روز تا ۷۵۰۰ متر در تغییر است. بیشترین مقدار در چاه *EX1* در موقعیت شهر قم و کمترین مقدار در چاه *EX4* در انتهای جنوبی دشت محاسبه شده است. به سمت حاشیه دشت به علت کاهش ضخامت آبرفت از میزان این ضریب کاسته می‌شود، به طوری که در حاشیه دشت مقدار آن به کمتر از ۱۰۰۰ مترمربع در روز می‌رسد. موقعیت چاه‌های اکتشافی در شکل ۴-۱۲ ارائه شده است.

جدول ۴-۳: مقادیر قابلیت انتقال و آبدهی ویژه در چاه‌های اکتشافی آبخوان قم- کهک

نام چاه	نام محل	نوع چاه	UTM X	UTM Y	قابلیت انتقال (متر مربع در روز)	آبدهی ویژه (درصد)
EX1	رضاآباد	اکتشافی	502464	3827743	7500	2.5
EX2	مجلور فشار گاز	اکتشافی	485965	3837785	4600	0.1
EX3	سراجیه	اکتشافی	507355	3830263	1670	3.4
EX4	جنوب غربی حسین آباد	اکتشافی	511380	3812050	365	4.8
EX5	جاده ابریشم	اکتشافی	512226	3830034	510	0.75

ضریب ذخیره (آبدهی ویژه)

اصطلاح ضریب ذخیره بیشتر برای نشان دادن میزان تغذیه آب زیرزمینی مناسب است که بیان‌کننده حجم آبی است که می‌توان در هر متر مربع سفره به ازای یک متر بالا آمدن سطح ایستابی با پیژومتریک ذخیره کرد. از دیدگاه کاربردی این اصطلاح عبارت‌است از حجم آب استحصالی از یک نمونه محیط متخلخل نسبت به حجم کلی نمونه که به‌صورت درصد بیان می‌شود. برآورد عددی این پارامتر توسط آزمایشات پمپاژ انجام می‌گیرد. در دشت آبرفتی قم-کهرک مقادیر به‌دست آمده از آزمایشات پمپاژ در جدول ۳-۴ و موقعیت آن‌ها در شکل ۴-۱۲ ارائه شده است. در محدوده آبخوان قم-کهرک این ضریب بین ۰/۱٪ تا ۴/۸٪ در تغییر است. بیشترین مقدار ضریب ذخیره مربوط به چاه *EX4* و کمترین مقدار آن مربوط به چاه *EX2* می‌باشد.



شکل ۴-۱۲: مقادیر قابلیت انتقال (متر مربع بر روز) و آبدهی ویژه بر اساس نتایج چاه‌های اکتشافی در آبخوان قم-کهرک

۴-۱۰- بیان آب زیرزمینی

منابع آب زیرزمینی بخشی از چرخه هیدرولوژیکی بوده که به لحاظ تأمین آب برای مصارف مختلف اهمیت زیادی دارد. دخالت انسانها در این چرخه سبب تغییر در توازن اجزای آن شده که نتیجه آن اثرات زیان آوری است که به دنبال این تغییرات رخ می‌دهد. برای جلوگیری از این اثرات مخرب بایستی شناخت و مطالعه کافی از منابع آب صورت گیرد. در این راستا ارزیابی بیان منابع آب زیرزمینی ابزار مناسبی در جهت شناخت بهتر این منابع ارزشمند می‌باشد. بیان آبی چیزی جز موازنه ماده نیست که در آن تمام ورودی‌ها، خروجی‌ها و تغییر در ذخیره در محدودهای با مرزهای مشخص مورد بررسی قرار می‌گیرد (McWhorter and Sunada 1977).

در بیان بایستی موازنه بین این دو گروه عوامل برقرار گردد، در محدوده‌ها یا آبخوان‌هایی که مجموع حجم آبهای ورودی با مجموع حجم آبهای خروجی تقریباً یکسان می‌باشد، بیان حالت تعادل را نشان می‌دهد ولی چنانچه در یک محدوده با یک آبخوان تعادل بین این دو گروه موجود نباشد و مجموع حجم عوامل خروجی که برداشت آب برای مصارف مهمترین آن است بیش از حجم عوامل ورودی باشد، بیان آب متعادل نبوده و اضافه برداشت از ذخایر ثابت آب به کمک عوامل ورودی می‌آید تا موازنه برقرار گردد، در این حالت بیان را منفی می‌نامند. با برقراری بیان وضعیت پتانسیل آب در یک محدوده مطالعاتی یا آبخوان معلوم می‌شود و بر اساس نتایج آن می‌توان امکان توسعه بهره‌برداری از منابع آب را برآورد نمود و همچنین در محدوده‌های دارای بیان منفی چگونگی کنترل برداشت را بررسی کرد. بیان آب زیرزمینی یک آبخوان طبق معادله کلی زیر محاسبه می‌شود.

$$\dot{Q}_{on} + \dot{Q} + \dot{Q}_{off} - \dot{Q} - \dot{Q}_{bf} = \Delta \dot{Q} \quad (4-1)$$

$\dot{Q}_{off}$ جریان زیرزمینی خروجی، $\dot{Q}_{on}$ جریان زیرزمینی ورودی، $\dot{Q}^{bf}$ زهکشی از آب زیرزمینی،
 • $\dot{Q}$ تبخیر و تعرق از آب زیرزمینی R : تغذیه ناشی از بارش و مصارف کشاورزی به آب زیرزمینی،
 و $\Delta \dot{Q}$ تغییرات به وجود آمده در ذخیره آب زیرزمینی می‌باشد.

بیان آب برای آبخوان قم با مساحت ۴۷۸/۱ کیلومتر مربع برای سال آبی ۹۶-۹۷ محاسبه شده است. مؤلفه‌های مهم در معادله بیان شامل جریان‌های زیرزمینی ورودی و خروجی به/ از آبخوان، خروجی ناشی از تخلیه‌ی آب زیرزمینی توسط چاه‌ها، تغذیه ناشی از بارش و مصارف کشاورزی و تغییرات در ذخیره آب زیرزمینی می‌باشند که در ادامه به بررسی هر کدام پرداخته می‌شود.

۴-۱۰-۱- جریان‌های زیرزمینی ورودی و خروجی به/ از آبخوان

جریان‌های ورودی و خروجی زیرزمینی به/ از آبخوان برابر دبی اندازه‌گیری شده در لوله‌های جریان واقع در ورودی و خروجی آبخوان می‌باشد. هر لوله جریان مسیری فرضی است که بر روی نقشه هم-پتانسیل در میان دو خط جریان قرار دارد که مسیر آن‌ها عمود بر منحنی‌های هم‌پتانسیل ترسیم می‌شود. دبی ورودی و خروجی از هر لوله جریان براساس رابطه زیر قابل محاسبه است:

$$\dot{Q}_i = \dot{Q} \quad (۲-۴)$$

Q_i دبی ورودی یا خروجی آبخوان (m^3/day) ، W عرض لوله جریان (m) ، i شیب هیدرولیکی در محدوده لوله جریان و T قابلیت انتقال در ورودی لوله جریان (m^2/day) می‌باشد.

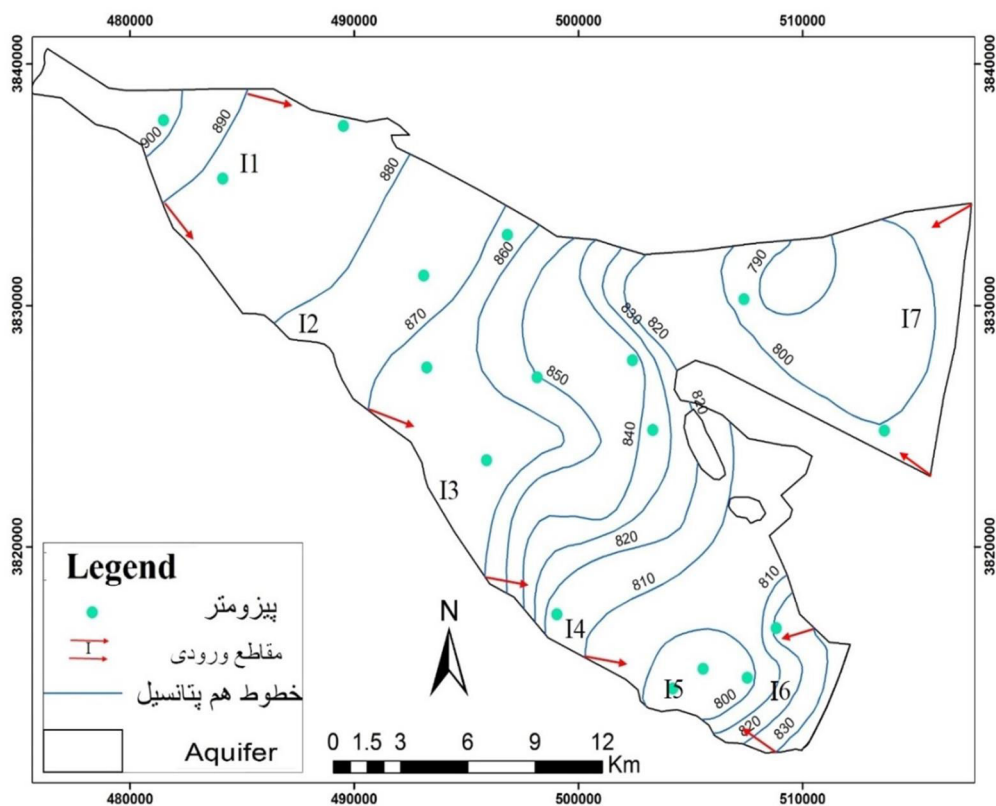
۴-۱۰-۱-۱- حجم جریان ورودی آب زیرزمینی به آبخوان

نقشه تراز آب زیرزمینی ترسیم شده برای آبخوان قم- کهک نشان می‌دهد که بخش اعظم تغذیه سفره آب زیرزمینی در این آبخوان از بخش‌های شمال غربی و جنوب آن صورت می‌گیرد. با توجه به نقشه هم‌پتانسیل در شهریور ماه ۱۳۹۶ برای آبخوان قم - کهک ۷ ورودی زیرزمینی مشخص شد (با توجه

به گزارش های آب منطقه ای) (شکل ۴-۳) که مشخصات هر یک از این ورودی ها در جدول (۴-۴) نشان داده شده است. مقادیر قابلیت انتقال مربوط به هر ورودی بر اساس نتایج حاصله از چاه های اکتشافی حفر شده در آن محل تعیین شد. مقادیر گرادیان هیدرولیکی نیز در آبخوان با توجه به منحنی های هم پتانسیل از حداقل ۰/۰۰۲ تا حداکثر ۰/۰۱ متغیر می باشد. همان طور که در جدول (۴-۴) مشاهده می شود بیشترین دبی ورودی به آبخوان، مربوط به لوله جریان I_۳ و کم ترین دبی ورودی، مربوط به لوله جریان I_۷ می باشد. کل حجم ورودی زیرزمینی محاسبه شده به آبخوان قم- کهک برابر با ۹۹ میلیون متر مکعب در سال می باشد.

۴-۱۰-۲- حجم جریان خروجی آب زیرزمینی از آبخوان

بر اساس نقشه های خطوط تراز سطح آب زیرزمینی، آبخوان قم - کهک یک آبخوان بسته بوده و خروجی ندارد. بنابراین جریان خروجی زیرزمینی آبخوان صفر در نظر گرفته شد.



شکل ۴-۱۳: مقاطع ورودی به آبخوان قم- کهک

جدول ۴-۴: مشخصات مقاطع ورودی به آبخوان قم- کهک

شماره مقطع	قابلیت انتقال (m^2/day)	گرادیان هیدرولیکی	عرض مقطع (متر)	حجم جریان (m^3/day)	حجم جریان (McM/y)
I_1	۴۶۰۰	۰/۰۰۲	۶۳۴۰	۵۸۳۲۸	۲۱
I_2	۴۶۰۰	۰/۰۰۳	۳۰۰۰	۳۴۵۰۰	۱۳
I_3	۵۵۰۰	۰/۰۰۳	۵۵۸۸	۷۶۸۳۵	۲۸
I_4	۳۰۰۰	۰/۰۰۵	۲۵۸۱	۳۴۸۴۴	۱۳
I_5	۳۶۵	۰/۰۱۰	۸۱۶۵	۲۹۸۰۲	۱۱
I_6	۳۶۵	۰/۰۱۰	۵۲۵۹	۱۹۱۹۵	۷
I_7	۵۱۰	۰/۰۰۳	۱۰۸۰۸	۱۶۵۳۶	۶
جمع ورودی				۲۷۰۰۴۰	۹۹

۴-۱۰-۲- حجم تغذیه‌ی ناشی از بارش و آب برگشتی

میانگین بارندگی در دشت و ارتفاعات محدوده مطالعاتی قم- کهک به ترتیب ۱۴۵/۳ و ۱۸۶/۶ میلی متر گردیده است. با توجه به مطالعات انجام شده در مناطق مشابه منطقه مورد مطالعه برای مثال (Jafari et al 2019) حدود ۱۰ درصد از مقدار بارش، آب زیرزمینی را تغذیه می‌کند. بر این اساس و با توجه به مساحت آبخوان، حجم تغذیه‌ی ناشی از بارش در آبخوان حدود ۷ میلیون متر مکعب می‌باشد. طبق گزارش‌های دریافتی از آب منطقه‌ای استان قم، میزان آب برداشت شده از محدوده‌ی آبخوان ۱۶۳ میلیون متر مکعب می‌باشد که از این مقدار، ۱۳۳ میلیون متر مکعب سهم کشاورزی، ۲۵ میلیون متر مکعب آن سهم شرب و ۵ میلیون متر مکعب نیز جهت مصارف صنعت استفاده می‌شود. طبق مطالعات انجام شده حدود ۱۵ درصد آب کشاورزی (Jafari et al 2019) و ۵۰ درصد آب شرب و

صنعت مجدد به آبخوان نفوذ کرده و باعث تغذیه‌ی آبخوان می‌شود. بر این اساس آب برگشتی ناشی از مصارف کشاورزی، شرب و صنعت به ترتیب ۱۹/۵، ۱۲/۵ و ۲/۵ میلیون متر مکعب می‌باشد. بنابراین کل آب برگشتی به آبخوان برابر ۳۴/۵ میلیون متر مکعب می‌باشد.

۴-۱۰-۳- میزان تبخیر و تعرق از آبخوان

مطالعات صورت گرفته توسط محققان نشان می‌دهد، در مناطقی که عمق سطح آب زیرزمینی بیش از ۵ متر باشد، تبخیر از سطح آب زیرزمینی ناچیز است (Tadd and mays, 2005). بررسی نقشه‌های هم عمق سطح آب زیرزمینی ترسیم شده برای محدوده بیلان نشان می‌دهد که عمق سطح آب زیرزمینی آبخوان قم- کهک بیشتر از ۵ متر می‌باشد، بنابراین میزان تبخیر از سطح آب زیرزمینی صفر در نظر گرفته می‌شود.

۴-۱۰-۴- حجم آب زهکش شده از آبخوان

با توجه به اینکه در آبخوان قم- کهک رودخانه دائمی وجود ندارد و تنها چند مسیل، آن هم فقط هنگام بارندگی جریان می‌یابند، بنابراین زهکشی آب زیرزمینی توسط مسیل‌ها وجود ندارد. لذا حجم زهکشی آبخوان صفر در نظر گرفته می‌شود.

۴-۱۰-۵- تخلیه توسط چاه‌های بهره‌برداری، قنوات و چشمه‌ها

تخلیه در سطح آبخوان فقط از طریق چاه‌های بهره‌برداری صورت می‌گیرد بر اساس آمار میزان تخلیه و برداشت از آب زیرزمینی در سطح آبخوان آبرفتی قم- کهک ۱۶۳ میلیون مترمکعب در سال می‌باشد.

۴-۱۰-۶- تغییرات حجم ذخیره آبخوان

تغییرات حجم مخزن در دوره بیلان طبق معادله زیر محاسبه می‌شود.

$$V = \pm A.h.Sy$$

معادله (۷-۴)

در این معادله V تغییرات حجم ذخیره آبخوان، A مساحت آبخوان، h افت سالیانه و Sy آبدهی ویژه آبخوان است. مقدار افت سالیانه آبخوان قم- کهک در سال بیلان (۹۶-۹۷) برابر $۰/۹۳$ متر و مقدار متوسط آبدهی ویژه در آبخوان، حدود ۵ درصد محاسبه شد. بنابراین میزان تغییرات حجم ذخیره آبخوان برابر با ۲۲ میلیون متر مکعب محاسبه گردید.

۴-۱۰-۷- خلاصه بیلان آبخوان آبرفتی قم- کهک

خلاصه بیلان آبخوان آبرفتی قم- کهک در جدول ۴-۵ ارائه شده است. مطابق نتایج، مجموع ورودی‌ها به آبخوان قم- کهک حدود ۱۴۱ میلیون مترمکعب در سال و مجموع خروجی‌ها از آن حدود ۱۶۳ میلیون مترمکعب در سال می‌باشد. اختلاف مجموع ورودی و خروجی‌های آبخوان قم- کهک حدود ۲۲ میلیون مترمکعب در سال می‌باشد. مشابهت بین نتایج به دست آمده از معادله‌ی بیلان و هیدوگراف معرف نشان دهنده دقت محاسبات بیلان آبخوان می‌باشد.

جدول ۴-۵: اجزای بیلان آبخوان قم- کهک

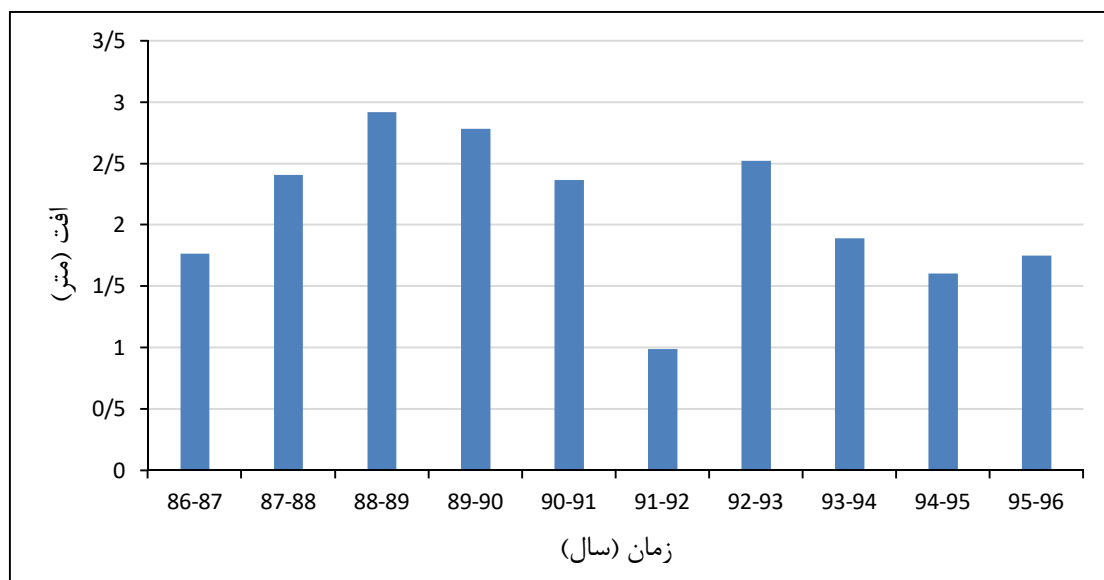
مولفه بیلان	تغذیه (میلیون مترمکعب در سال)	تخلیه (میلیون مترمکعب در سال)
ورودی زیرزمینی به آبخوان	۹۹	-
تغذیه ناشی از بارش	۷	-
تغذیه ناشی از آب برگشتی	۳۴/۵۰	-
خروجی زیرزمینی از آبخوان	-	۰
برداشت از آبخوان	-	۱۶۳
تبخیر و تفرق از سطح ایستابی	-	۰
جمع کل	۱۴۱	۱۶۳
تغییرات حجم ذخیره آبخوان (میلیون مترمکعب در سال)	-۲۲	

۴-۱۱- تحلیل افت سطح ایستابی آبخوان قم-کهنک

در این بخش از مطالعه، افت سطح ایستابی آبخوان قم - کهنک مورد بررسی و تحلیل قرار می‌گیرد. با توجه به اطلاعات به دست آمده از ارزیابی شبکه‌ی پیزومتری آبخوان، کل پهنه‌ی آبخوان دارای افت می‌باشد. اما میزان آن در تمامی بخش‌های آبخوان به یک اندازه نیست. با توجه به وضعیت هیدروژئولوژیکی آبخوان که در نقاط مختلف متفاوت است، سطح آب نیز به مقدار متفاوتی در نقاط مختلف افت پیدا می‌کند. براساس هیدروگراف معرف آبخوان، مقدار کل افت آبخوان در بازه‌ی زمانی مهر ۸۶ تا شهریور ۹۷ برابر ۱۲/۲۹ متر و متوسط افت سالیانه‌ی آبخوان ۱/۱۱ متر می‌باشد. از عوامل موثر بر افت این آبخوان، می‌توان به برداشت بی‌رویه‌ی آب و کاهش بارندگی‌ها اشاره نمود. با توجه به اهمیت افت در این آبخوان مهم تحلیل زمانی و مکانی افت به صورت جداگانه صورت گرفته و در زیر ارائه شده است.

۴-۱۱-۱- تحلیل زمانی افت در آبخوان قم-کهنک

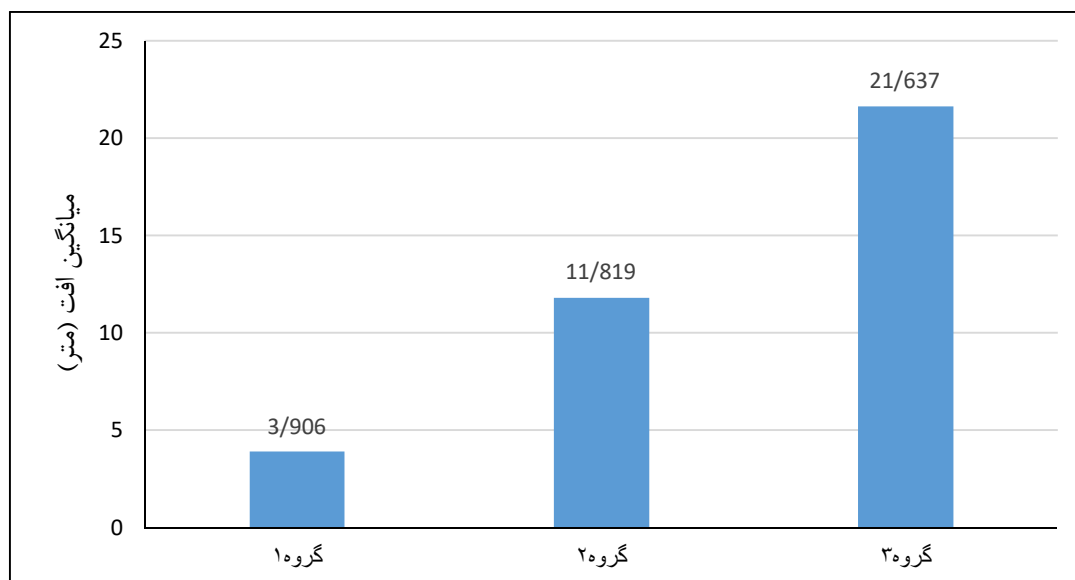
به منظور تحلیل زمانی افت در آبخوان مورد نظر از داده‌های مربوط به افت در حلقه ۳۲ پیزومتر استفاده گردیده است. میزان افت سالیانه از سال ۸۶ تا ۹۶ به دست آمده و هیستوگرام مربوط به آن ترسیم شده است (شکل ۴-۱۴). براساس این هیستوگرام میزان افت سالانه از حدود ۰/۹۸ متر تا حدود ۲/۹ متر متغیر است. کمترین میزان افت مربوط به سال آبی ۹۱-۹۲ بوده که دلیل احتمالی آن می‌تواند افزایش بارندگی در این سال باشد. همچنین هیستوگرام نشان می‌دهد در سال آبی ۸۸-۸۹ آبخوان بیشترین میزان افت را متحمل شده است که از دلایل احتمالی آن می‌توان برداشت بی‌رویه از چاه‌ها در این سال و افزایش تلفات بارندگی در اثر عواملی نظیر تبخیر یا وقوع سیلاب را نام برد.



شکل ۴-۱۴: هیستوگرام نشان دهنده میزان افت سالیانه از سال ۸۶ تا ۹۶ در آبخوان قم-کهک

۴-۱۱-۱- بررسی افت در بازه‌های زمانی مختلف

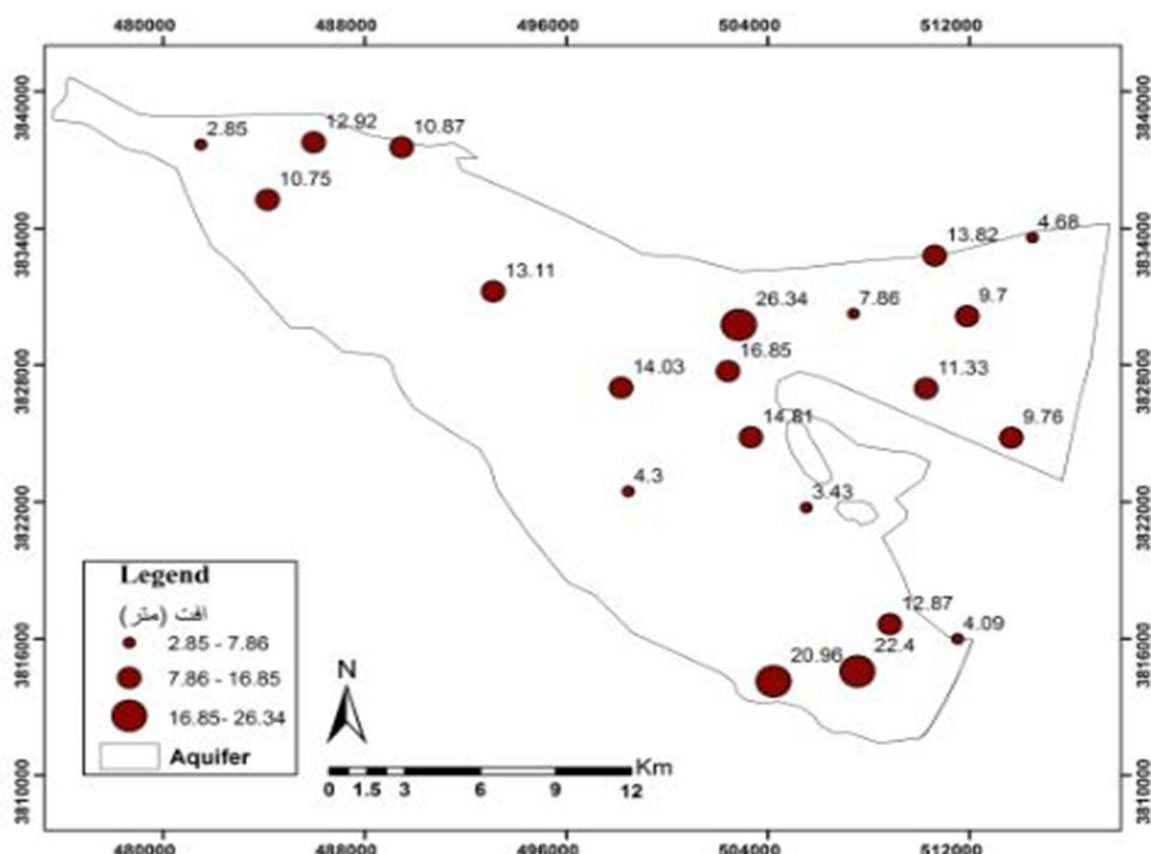
با توجه به اطلاعات به دست آمده از پیزومترها که هرکدام دارای افت متفاوتی می‌باشند. پیزومترها به سه دسته شامل گروه ۱ افت اندک، گروه ۲ افت متوسط و گروه ۳ افت زیاد تقسیم شده‌اند. براساس میانگین افت به دست آمده در هر گروه از پیزومترها نمودار مربوط به آن‌ها ترسیم گردیده است (شکل ۴-۱۵). همان‌طور که در این نمودارها پیداست پیزومترهای گروه ۳ که عمدتاً در نیمه جنوبی آبخوان واقع گردیده‌اند، دارای بیشترین میزان افت هستند. همان‌طور که قبلاً گفته شد علت این افت زیاد وجود رسوبات دانه‌ریز در این قسمت از آبخوان، دور بودن از مناطق تغذیه و برداشت متمرکز از آبخوان توسط چاهها می‌باشد. کمترین میزان افت مربوط به پیزومترهای موجود در حواشی آبخوان است که متعلق به گروه ۱ می‌باشند. این پیزومترها به دلیل تغذیه‌ای که از سازندهای مجاور صورت می‌گیرد، دارای افت کمی هستند. پیزومترهای گروه ۲ پیزومترهای با افت متوسط هستند و در تمام سطح آبخوان قرار دارند. وجود تعداد زیاد چاههای کشاورزی و برداشت زیاد توسط این چاهها از دلایل افت در این پیزومترها می‌باشد.



شکل ۴-۱۵- نمودار مقادیر افت ده ساله آبخوان در پیزومترهای مختلف

۴-۱۱-۲- تحلیل مکانی افت در آبخوان قم - کهک

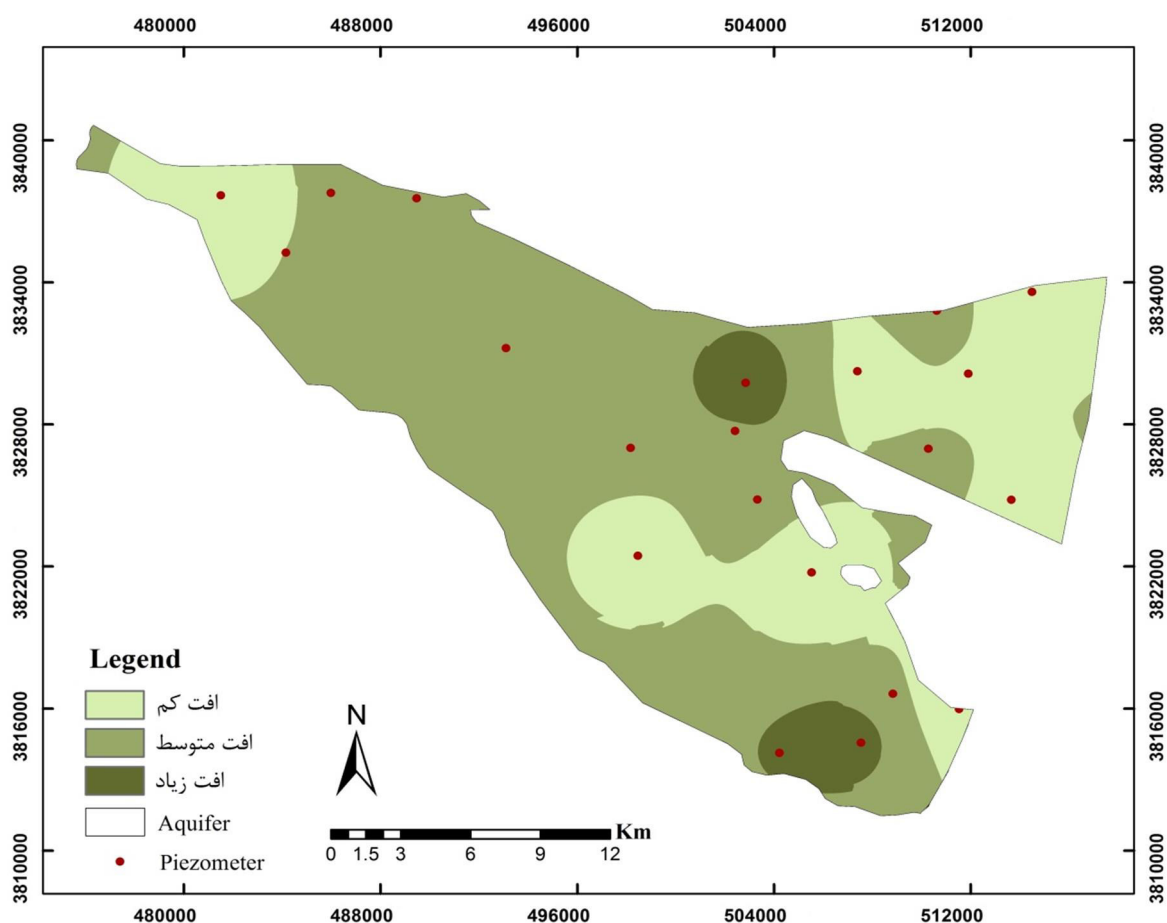
تحلیل مکانی افت در آبخوان قم - کهک با استفاده از داده‌های مربوط به پیزومترها صورت گرفته و توزیع آن‌ها در شکل ۴-۱۶ نشان داده شده است. همان‌طور که در شکل مشاهده می‌شود براساس میزان افت سه دسته پیزومتر وجود دارد، پیزومترهای دارای افت کم که میزان افت در آن‌ها از حدود ۲/۸۵ تا ۷/۸۶ متغیر است و نرخ افت سالیانه در این پیزومترها همان گونه که قبلاً گفته شده از ۰ تا ۰/۵ متر است. این افت کم عمدتاً در حواشی آبخوان اتفاق می‌افتد که از دلایل آن می‌توان به وجود تغذیه ناشی از سازندهای مجاور اشاره کرد. پیزومترهای دارای افت متوسط در تمام دشت پراکنده شده‌اند، افت در آن‌ها از ۷/۸۶ تا ۱۶/۸۵ متغیر است و دارای نرخ افت سالیانه ۰/۵ تا ۱/۵ متر می‌باشند. از دلایل افت این پیزومترها می‌توان به تمرکز بالای چاه‌های کشاورزی و برداشت زیاد منابع آب در منطقه اشاره نمود. بیشترین مقدار افت در پیزومترها از حدود ۱۶/۸۵ تا ۲۶/۳۴ متر است و نرخ افت سالیانه ۱/۵ تا ۳ متر دارند. این پیزومترها مربوط به مناطق جنوبی آبخوان بوده که به دلیل دانه ریز بودن آن قسمت از آبخوان، دور بودن از محل‌های تغذیه و برداشت احتمال زیاد افت در آن‌ها زیاد می‌باشد.



شکل ۴-۱۶: تغییرات مکانی افت در آبخوان قم - کهک در بازه زمانی ۸۶ تا ۹۶

۴-۱۱-۲-۱- پهنه‌بندی افت در آبخوان قم - کهک

افت سطح آب زیرزمینی در تمام بخش‌های آبخوان به یک اندازه نیست، بلکه با توجه به وضعیت هیدروژئولوژیکی آبخوان که در نقاط مختلف متفاوت است، سطح آب زیرزمینی در نقاط مختلف به میزان متفاوتی افت می‌کند. برای بررسی افت سطح آب زیرزمینی و ارزیابی علل آن در این آبخوان نقشه پهنه‌بندی افت برای دوره ده ساله (۸۶ تا ۹۶) ترسیم گردیده است (شکل ۴-۱۷). همان‌طور که مشاهده می‌شود سه زون با افت کم، زیاد و متوسط در شکل مشخص است. بیشترین میزان افت تقریباً در قسمت جنوبی آبخوان وجود دارد، حواشی آبخوان دارای افت اندک و نواحی مرکزی افت متوسط دارند. قبلاً در مورد علل افت در این مناطق بحث شده است.



شکل ۴-۱۷- پهنه‌بندی افت در آبخوان قم - کهک در بازه زمانی ۸۶ تا ۹۶

۴-۱۲- ارائه راهکار برای بهبود وضعیت آبخوان

بخش زیادی از آب‌های زیرزمینی برداشت شده از آبخوان قم-کهک در بخش کشاورزی مصرف می‌شود. این امر موجب پایین افتادن سطح آب زیرزمینی و افت در برخی مناطق شده است. این موضوع مشکلات زیادی از جمله کاهش آبدهی چاه‌ها، کاهش کیفیت آب زیرزمینی، نشست زمین و نفوذ آب شور را ایجاد کرده است. لذا ضروری است راهکارهایی ارائه شود که از پیامدهای ناشی از افت جلوگیری گردد. توجه به این نکته ضروری است برای انتخاب راهکار مناسب ابتدا باید به عوامل اصلی افت در منطقه توجه کرد. تعدادی از این راهکارها در زیر ارائه شده است:

الف - ایجاد حوضچه‌های مصنوعی

احداث طرح‌های تغذیه مصنوعی یکی از راه‌های حفاظت از منابع آب زیرزمینی می‌باشد. طرح‌های تغذیه مصنوعی متشکل از تعدادی سازه از جمله سدهای انحرافی، کانال‌های آبرسان، حوضچه‌های ترسیب، حوضچه‌های تغذیه و چاه‌های جذب و تزریقی می‌باشد. از طریق این سازه‌ها آب مازاد در فصل‌های پرآب جمع‌آوری و به داخل سفره‌های آب زیرزمینی نفوذ داده می‌شود. این امر می‌تواند یکی از راه‌کارهای جبران افت و کسری مخزن باشد. این طرح یکی از راهکارهای اصلی برای کاهش افت در مناطق با میزان افت بالا می‌باشد.

ب - استفاده از فاضلاب‌های تصفیه شده

جمع‌آوری و تصفیه فاضلاب‌های شهری استفاده از آن‌ها در کشاورزی یکی دیگر از راهکارهای جلوگیری از برداشت بیش از حد آب‌های زیرزمینی و در نتیجه ایجاد افت می‌باشد. از طرفی استفاده از این پساب‌ها (فاضلاب تصفیه شده) در کشاورزی به جای آب‌های آلوده به دلیل مشکلاتی که این آب‌ها ایجاد می‌کنند، پیشنهاد می‌گردد. همچنین از این پساب‌ها می‌توان برای تغذیه مصنوعی در حوضچه‌های تغذیه استفاده کرد.

راهکارهای مختلف دیگری نیز جهت کاهش افت در آبخوان قم-کهنک پیشنهاد شده است. که از آن جمله می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱- تغییر الگوی کشت در منطقه، یعنی جایگزینی محصولات پرمصرف با محصولات با نیاز آبی کمتر

۲- نظارت بر مقدار برداشت از چاه‌های مجاز

۳- عدم صدور مجوزهای حفاری جدید

۴- به کار بستن مدیریت مناسب در منابع و مصارف آب

فصل پنجم

نتیجه‌گیری و پیشنهادات

در این فصل سعی می‌شود به جمع بندی نتایج حاصل از بررسی و تحلیل افت سطح ایستابی آبخوان قم - کهک پرداخته شود. همچنین پیشنهادهایی نیز جهت پایش دقیق تر این آبخوان به منظور حفظ و صیانت از آن ارائه می‌گردد.

۵-۱- نتیجه گیری

۵-۱-۱- هیدروگراف معرف آبخوان

بررسی هیدروگراف معرف آبخوان نشان می‌دهد نوسانات سطح آب روند سینوسی بارزی نداشته و دارای افت مداوم است. میزان متوسط افت سالانه‌ی آبخوان، ۱/۱۱ متر می‌باشد و کل افت در طول دوره‌ی ۱۱ ساله (مهر ۸۶ الی شهریور ۹۷) ۱۲/۲۹ متر می‌باشد. از عوامل تأثیرگذار بر سیر نزولی هیدروگراف، می‌توان به کاهش بارندگی و تخلیه بی‌رویه آبخوان توسط چاه‌های بهره‌برداری اشاره کرد. همچنین حداکثر تراز آب زیرزمینی در بهمن ماه و حداقل تراز آب زیرزمینی در شهریور ماه است.

۵-۱-۲- بررسی نقشه هم پتانسیل آبخوان

براساس نقشه هم پتانسیل آبخوان جهت کلی جریان آب زیرزمینی از سمت شمال غرب به سمت شرق و جنوب شرق می‌باشد. فاصله‌ی خطوط هم پتانسیل در نیمه‌ی غربی دشت زیاد بوده و بنابراین گرادیان هیدرولیکی در این قسمت کم است. در مرکز و جنوب شرق گرادیان افزایش یافته که به دلیل بالا بودن تغذیه و نیز درشت دانه بودن آبخوان در این قسمت است.

۵-۱-۳- نقشه هم افت آبخوان قم - کهک

بررسی نقشه هم افت آبخوان نشان می‌دهد که می‌شود مقدار افت در آبخوان از حداقل ۵ متر تا حداکثر ۲۰ متر طی دوره‌ی زمانی مهر ۸۶ لغایت شهریور ۹۷ متغیر می‌باشد. کمترین مقدار افت مربوط به قسمت غربی آبخوان، به دلیل دانه درشت بودن و تغذیه‌ی بیشتر آبخوان در این قسمت می‌-

باشد. مقدار افت در نیمه‌ی شرقی و جنوب شرقی افزایش یافته که از دلایل آن می‌توان به تمرکز بالای چاه‌های بهره‌برداری و نیز دانه ریز بودن بافت خاک این بخش از آبخوان اشاره کرد.

۵-۱-۴- بررسی ضرایب هیدرودینامیک آبخوان

الف) قابلیت انتقال: تغییرات قابلیت انتقال در محدوده دشت قم از ۳۶۵ مترمربع در روز تا ۷۵۰۰ متر در تغییر است. بیشترین مقدار در چاه EX1 در موقعیت شهر قم و کمترین مقدار در چاه EX4 در انتهای جنوبی دشت محاسبه شده است. به سمت حاشیه دشت به علت کاهش ضخامت آبرفت از میزان این ضریب کاسته می‌شود، به طوری که در حاشیه دشت مقدار آن به کمتر از ۱۰۰۰ مترمربع در روز می‌رسد.

ب) ضریب ذخیره: براساس مقادیر به دست آمده از آزمایشات پمپاژ در این دشت دامنه تغییرات ضریب ذخیره بین ۰/۱٪ تا ۴/۸٪ می‌باشد

۵-۱-۵- بررسی بیلان دشت

جهت محاسبه بیلان ورودی‌ها و خروجی‌های دشت مورد بررسی قرار گرفته است. نقشه تراز آب زیرزمینی ترسیم شده برای آبخوان قم - کهک نشان می‌دهد که بخش اعظم تغذیه سفره آب زیرزمینی در این آبخوان از بخش‌های شمال غربی و جنوب آن صورت می‌گیرد. کل حجم ورودی زیرزمینی محاسبه شده به این آبخوان برابر با ۹۹ میلیون متر مکعب در سال می‌باشد. به دلیل برداشت از آبخوان، جریان خروجی در آن وجود ندارد. براساس محاسبات حجم تغذیه ناشی از بارش در آبخوان ۷ میلیون متر مکعب در سال و میزان تخلیه در محدوده آبخوان ۱۶۳ میلیون متر مکعب در سال است. آب برگشتی ناشی از مصارف کشاورزی، شرب و صنعت به ترتیب ۱۹/۵۰، ۱۲/۵ و ۲/۵ میلیون متر مکعب محاسبه شده است. بنابراین کل آب برگشتی به آبخوان ۳۴/۵ میلیون متر مکعب می‌باشد. با توجه به اینکه عمق سطح آب زیرزمینی آبخوان قم - کهک بیشتر از ۵ متر می‌باشد، بنابراین میزان تبخیر از سطح آب زیرزمینی صفر در نظر گرفته می‌شود. زهکشی آب زیرزمینی توسط

مسایل‌ها وجود ندارد، لذا حجم زهکشی آبخوان صفر در نظر گرفته می‌شود. مقدار افت سالیانه آبخوان قم - کهک در سال بیلان (۹۶-۹۷) برابر $0/93$ متر و مقدار متوسط آبدهی ویژه در آبخوان، ۵ درصد محاسبه شد. بنابراین میزان تغییرات حجم ذخیره آبخوان برابر با ۲۲ میلیون متر مکعب محاسبه گردید، که نشان دهنده کسری مخزن در اثر برداشت‌های بیشتر از تغذیه آبخوان می‌باشد.

۵-۱-۶- تحلیل افت سطح ایستابی آبخوان قم - کهک

با توجه به اطلاعات به دست آمده از ارزیابی شبکه‌ی پیزومتری آبخوان، کل پهنه‌ی آبخوان دارای افت می‌باشد. اما میزان آن در تمامی بخش‌های آبخوان به یک اندازه نیست. براساس هیدروگراف معرف آبخوان، مقدار کل افت آبخوان در بازه‌ی زمانی مهر ۸۶ تا شهریور ۹۷ برابر $12/29$ متر و متوسط افت سالیانه‌ی آبخوان $1/11$ متر می‌باشد. از عوامل موثر بر افت این آبخوان، می‌توان به برداشت بی‌رویه‌ی آب زیرزمینی و کاهش بارندگی‌ها اشاره نمود. تحلیل زمانی افت نشان داد میزان افت از حدود $0/98$ متر تا حدود $2/9$ متر متغیر است. کمترین میزان افت مربوط به سال آبی ۹۱-۹۲ بوده که دلیل احتمالی آن می‌تواند افزایش بارندگی در این سال باشد. همچنین هیستوگرام نشان می‌دهد در سال آبی ۸۸-۸۹ آبخوان بیشترین میزان افت را متحمل شده است که از دلایل احتمالی آن می‌توان برداشت بی‌رویه از چاه‌ها در این سال و افزایش تلفات بارندگی در اثر عواملی نظیر تبخیر یا وقوع سیلاب را نام برد. تحلیل مکانی افت در آبخوان قم - کهک نشان دهنده وجود سه دسته پیزومتر می‌باشد. پیزومترهای دارای افت کم که میزان افت در آن‌ها از حدود $2/85$ تا $7/86$ متغیر است و نرخ افت سالیانه در این پیزومترها از 0 تا $0/5$ متر است. این افت کم عمدتاً در حواشی آبخوان اتفاق می‌افتد که از دلایل آن می‌توان به وجود تغذیه ناشی از سازندهای مجاور اشاره کرد. پیزومترهای دارای افت متوسط در تمام دشت پراکنده شده‌اند، افت در آن‌ها از $7/86$ تا $16/85$ متغیر است و دارای نرخ افت سالیانه $0/5$ تا $1/5$ متر می‌باشند. از دلایل افت این پیزومترها می‌توان به تمرکز بالای چاه‌های کشاورزی و برداشت زیاد منابع آب در منطقه اشاره نمود. بیشترین مقدار افت در پیزومترها از حدود

۱۶/۸۵ تا ۲۶/۳۴ متر است و نرخ افت سالیانه ۱/۵ تا ۳ متر دارند. این پیزومترها مربوط به مناطق جنوبی آبخوان بوده که به دلیل دانه ریز بودن آن قسمت از آبخوان و برداشت متمرکز افت در آنها زیاد می‌باشد.

۵-۲- پیشنهادها

به منظور ارزیابی دقیق‌تر خصوصیات کمی و حفاظت از منابع آب آبخوان قم-کهنک پیشنهادهای زیر ارائه می‌شود:

۱- ایجاد شبکه کامل‌تری از چاه‌های مشاهده‌ای و چاه‌های نمونه‌برداری به تعداد کافی و با پراکندگی

مناسب‌تر در دشت و پایش منظم و دقیق تغییرات سطح آب زیرزمینی

۲- مدیریت بهره‌برداری از چاه‌ها به منظور جلوگیری از افت سطح آب‌های زیرزمینی در دشت قم-کهنک

۳- انجام مطالعات کیفی و ایزوتوپی به منظور تکمیل مطالعات صورت گرفته در این تحقیق

منابع

- ۱- امید توسلی - حسن کاربین - عادل عساکره - مینا ترابی، *، حسن کاربین (۱۳۹۸) بررسی عوامل مؤثر بر فرونشست دشت جنوب شرقی تهران بر اثر برداشت بیرویه آبهای زیرزمینی - نشریه علمی علوم و مهندسی آب و فاضلاب تابستان ۱۳۹۸، صفحات ۷۲-۵۸، شماره ۲، سال چهارم
- ۲- موسوی مداح و غفوری غ. و افشار.س. (۱۳۸۹) "بررسی پدیده نشست زمین و تاثیر آن بر روی گسیختگی لوله های جدار چاه های آب در محدوده شهر مشهد با استفاده از پهنه بندی تغییرات دانه بندی لایه های زمین"، چهارمین همایش بین المللی مهندسی ژئوتکتونیک و مکانیک اک ایران، تهران، انجمن ژئوتکتونیک ایران
- ۳- لشکری پور، غ، رستمی بارانی، ح، کهندل، الف، و ترشیزی، ح، (۱۳۸۵) "افت سطح آب زیرزمینی و نشست زمین در دشت کاشمر" دهمین انجمن زمین شناسی ایران، تهران، انجمن زمین شناسی ایران، دانشگاه تربیت مدرس
- ۴- باقری، م.، و کاظمی آذر، ف.، (۱۳۸۵)، "فرونشست زمین در اثر افت سطح آب زیرزمینی در دشت رفسنجان اولین همایش ملی مدیریت شبکه های آبیاری و زهکشی
- ۵- جاودانیان، ح.، و احمدی دارانی، م.، (۱۳۹۵) "برداشت بیرویه از منابع آب زیرزمینی و نشست منطقه ای: مطالعه موردی شهر"، دامنه اصفهان نشریه علوم و مهندسی آب و فاضلاب، ۱(۱)، ۴۹-
- ۶- میراحمدی پور، ص.، و طالب بیدختی، ن.، (۱۳۹۵) بررسی طرح تغذیه مصنوعی منابع آبهای زیرزمینی دشت تهران - شهریار به عنوان راهکاری جهت جلوگیری از فرونشست زمین"، پانزدهمین کنفرانس ملی هیدرولیک ایران، دانشگاه بین المللی امام خمینی، قزوین

- ۷- شاهرخ شجری، بهاءالدین نجفی، سید علی محمد چراغی (۱۳۹۵) "بررسی آثار برداشت بی رویه از آب های زیرزمینی در استان فارس : مطالعات موردی دشت داراب" اقتصاد کشاورزی و توسعه، سال بیست و پنجم، شماره ۱۰۰، زمستان ۹۶
- ۸- ابراهیمی لویه، ع (۱۳۸۷) بهره برداری بی رویه از منابع آب زیرزمینی و پیامدهای آن (مطالعه موردی دشت رفسنجان). مجله تحقیقات منابع آب ایران، دوره ۴، (۳): ۷۰-۷۳
- ۹- قبادی، ع.ا. (۱۳۹۲). چالش های پیش روی منابع آب زیرزمینی کشور و راه کارهای قابل اجرا، سمینار تخصصی هیدرولوژی، سازمان زمین شناسی ایران.
- ۱۰- ابراهیمی، ن.، قدیمی عروس محله، ف.، و وفاخواه، م (۱۳۷۸) بررسی بحران آب دشت زرنده ساو، اولین کنفرانس زمین شناسی مهندسی و محیط زیست ایران، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، جلد دوم: ۷۰۷-۷۰۱.
- ۱۱- عبدی، پ.، امینی، ع.، و اخروی، ر (۱۳۷۹) بررسی وضعیت منابع دشت زنجان و ارائه راهکارهایی برای مقابله با خشکسالی منطقه، اولین کنفرانس ملی بررسی راهکارهای مقابله با کم آبی و خشکسالی، کرمان، جلد دوم: ۵۶۱-۵۷۱
- ۱۲- اژدری، ز.، فلامرزی، ی.، پالیزدان، ن. و فتح زاده، ع (۱۳۹۵). بررسی نوسانات سطح آب زیرزمینی دشت تویسرکان در دو مقیاس نقطه ای و منطقه ای. فصلنامه هیدروژئومورفولوژی، شماره ۸، صفحات ۱۴۱-۱۶۰.
- ۱۳- صمدی، ر.، بهمنش، ج. و رضایی، ح (۱۳۹۴) بررسی روند تغییرات تراز آب زیرزمینی (مطالعه موردی: دشت ارومیه). نشریه پژوهش های حفاظت آب و خاک، جلد ۲۱، شماره ۴، صفحات ۶۷-۷۴
- ۱۴- اکرامی، م.، شریفی، ذ.، ملکی نژاد، ح. اختصاصی، م.ر (۱۳۹۰) بررسی روند تغییرات کمی و کیفی منابع آب زیرزمینی دشت یزد-اردکان در دهه ۸۸-۱۳۷۹، فصلنامه طلوع بهداشت، سال دهم، شماره دم و سوم، پاییز و زمستان، صفحات ۸۲-۹۱
- ۱۵- اکبری، م.، جرگه، م. ر. و مدنی سادات، م (۱۳۸۸) بررسی افت سطح آب زیرزمینی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) (مطالعه موردی : آبخوان دشت مشهد). پژوهش های حفاظت آب و خاک (علوم کشاورزی و منابع طبیعی) : دوره ۱۶، شماره ۴، از صفحه ۶۳ تا صفحه ۷۸

- ۱۶- لشکری پور، غ. ر.، غفوری، م.، و دم شناس، م (۱۳۸۷) تاثیر افت سطح آب زیرزمینی بر کیفیت آب های زیرزمینی در دشت فریمان - تربت جام، دوازدهمین همایش انجمن زمین شناسی ایران: ۸۸۶-۸۸۰
- ۱۷- شاهی دشت، ع.ر (۱۳۸۷) ارزیابی اثرات زیست محیطی برداشت بی رویه از سفره های آب زیرزمینی استان کرمان و ارائه راهکارهای مدیریتی (همراه با کاربرد نرم افزار (ArcGIS) ، پایان نامه کارشناسی ارشد زمین شناسی زیست محیطی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، ۲۹۴ص
- ۱۸- فتحی، ف.، زیبایی، م (۱۳۸۹) عوامل موثر در مدیریت بهره برداری از آب های زیرزمینی با استفاده از مدل برنامه ریزی چند دهه: مطالعه موردی دشت فیروز آباد "مجله علوم آب و خاک- علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان ، شماره ۱۶۵:۱۵۵-۱۵۵
- ۱۹- جمشیدی، م (۱۳۹۱) بحران آب زیرزمینی در آبخوان جهرم و روش های کاهش آن. پایان نامه کارشناسی ارشد-آب شناسی، دانشکده شیراز، ۲۶۰ صفحه
- ۲۰- چوپانی، س و م. دمی زاده (۱۳۹۳) بررسی پیامدهای ناشی از افت سطح آب زیرزمینی در دشت میناب. نخستین همایش منطقه ای دریا، توسعه و منابع آب مناطق ساحلی خلیج فارس. ۱۱ صفحه.
- ۲۱- کریمی، م و حداد، م.ر (۱۳۹۴) مدیریت بهره وری پایدار از منابع آب زیرزمینی دشت مه ولات. مجله مهندسی منابع آب، سال هشتم، صفحات ۲۲-۱۳
- ۲۲- غلام دخت بندری، م. پیمان رضایی، پ. چوپانی، س. امانی، ح. کرتی خورگو، م (۱۳۹۵) تاثیر برداشت آب زیرزمینی در ایجاد شکاف و فرونشست زمین در منطقه نازدشت رودان، شمال خاوری هرمزگان. همایش تخصصی پدیده فرونشست در ایران، ۱۲ صفحه

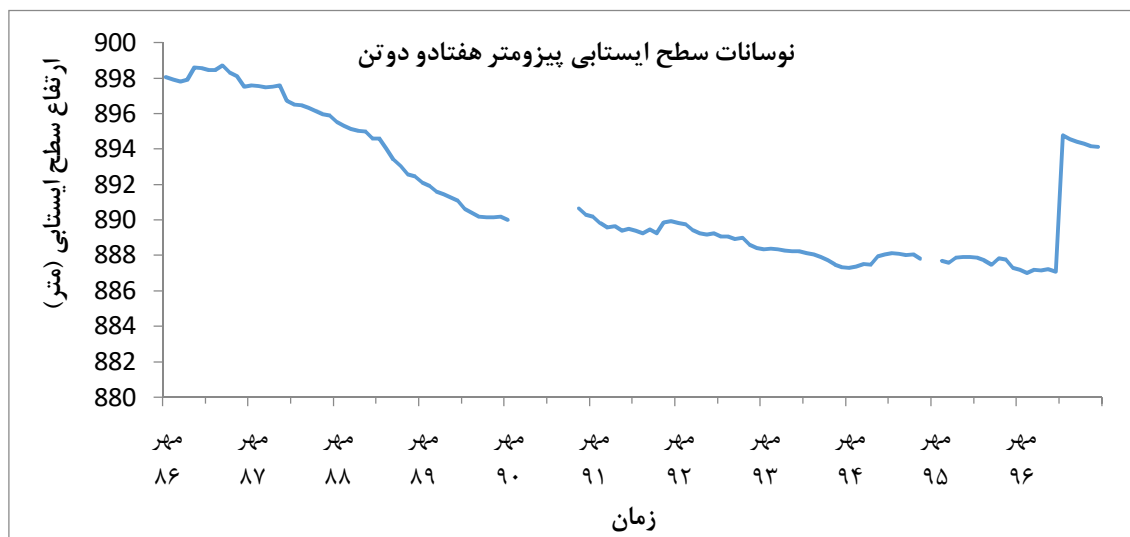
- 1- Custodio .E. (2002)Aquifer overexploiation; what doesit mean? Hydrogeologe jornal . Vol.0.254-277
- 2- Brownetal. (1999).L.J.Dravvid.P.N.Hudson.N.A.andTaylor.C.B(1999)”Sustainable groundwater resources”Heretaunga Plains . Hawke s Bay .New Zealand Hydrogeology Jou rnal .Vol.7.pp.440.453
- 3- Obuobie’ E” Diekkrueger’ B’ Agyekum ‘ W. and Agodzo ‘ S.’(2012)’ :Groundwater level monitoring and recharge estimationin the White Vota River basin of Ghana”Journal of African Earth Sciencec ‘pp. 80-86.
- 4- Dellar’ j. (1998). The handbook of groundwater engineering . West Lafayette ‘ Indiana : CRC Press LLC
- 5- Tisell, V., (2013), “Risk management of groundwater drawdown in settlement sensitive areas”, Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden
- 6- Healy ‘ R . W . and Cook ‘ P . G .’(2002): Using groundwater levels to estimate recharge ; Hydrogeology Journal ‘ Vol .10 ‘ pp. 91-109
- 7- evlin J.F. and Sophocleous M.(2005) “The persistence of the water budget myth and its relationship sustainability “. Hydrogeology Journal,13(4),pp. 549-554
- 8- Pacheco, J.,Arzate, J.,Rojas, E.,Arroyo,M., Yutsis, V.,and Ochoa, G., (2006), “Delimitation of ground failure zones due to land subsidence using gravity data and finite element modeling in the Queretara valley,Mexico”, Engineering Geology,84(3), 143-160.
- 9- Stollenwerka K.G., Breitb G.N., Welchc A.H., Yountd J.C., Whitneyd J.W.Fostere A.L. Uddinf M.N. Majumderg R.K.and Ahmedg N. (2007). Arsenic attenuation by oxidized aquifer sediments in bangladesh. Sscience of the Total Environmnet , 379 (2-3), 133-150

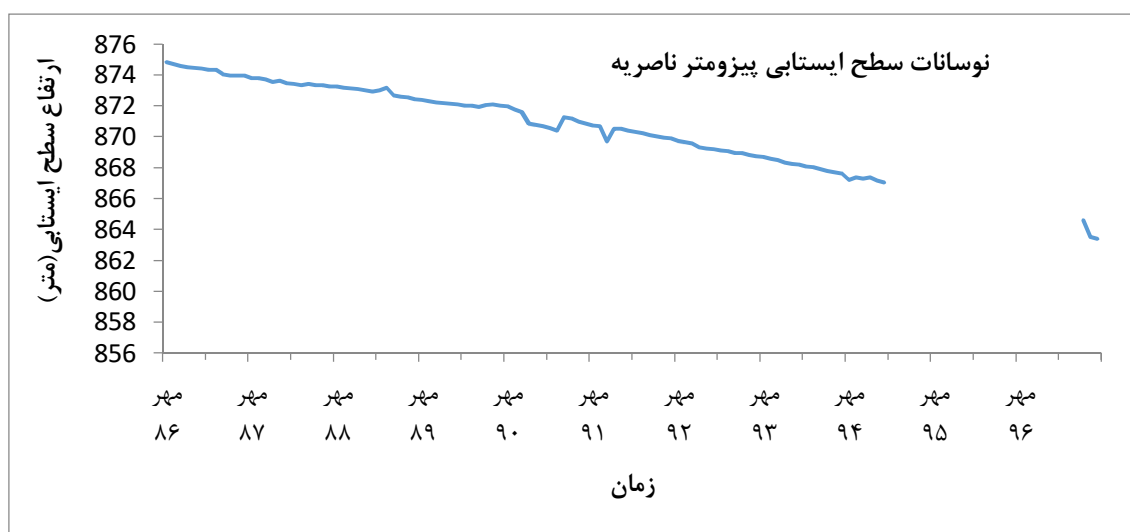
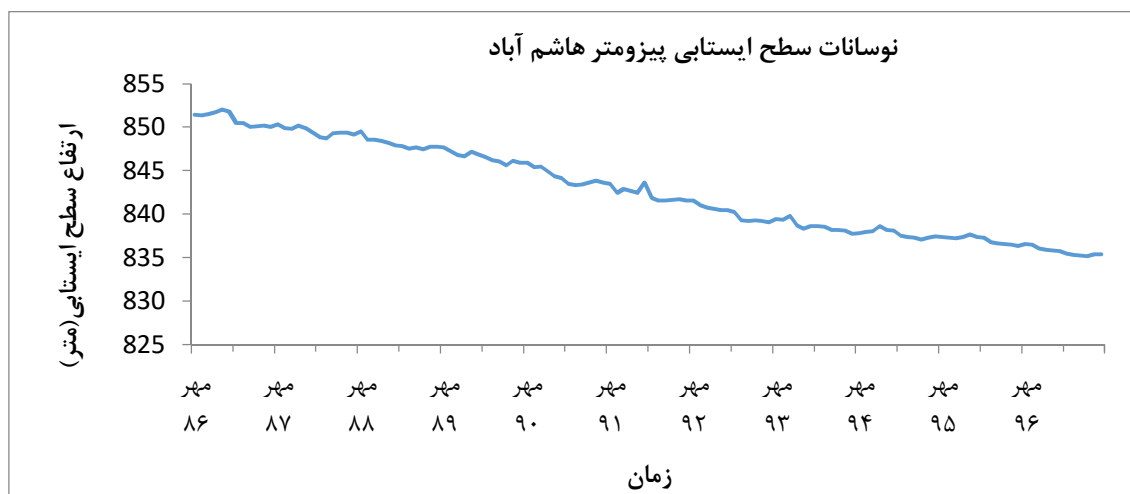
- 10- Terrell B.J., Johnson P.N.(1999). Economic impact of the depletion of the Ogallala aquifer: A case study of the southern high plains of Texas. American Economics Association annual meeting Nashville
- 11- Qushei, M. (2010). Calculation of ground water balance plain. Conference of Applying water Resources of Iran,74-25
- 12- Shirafkan, M. and H.Jafari (2013). Evaluation of hydrological of aquifer balance in Bahabad of Yazd. 8th Conference of Engineering Geology and the Environment, Ferdowsi University of Mashhad (in Persian).
- 13- Taie Semiromi, M., A. Fatehi Marj and S.k. Mirnia 2012. Evaluating effects of artificial recharge on temporal and spatial distribution of hydrogeological droughts using Pitezometric State Index (case study: Garbaygan Plain) Journal of Iranian Water Research,8:86-89.
- 14- Nikbakht,J., Z. Najib and M.A. Pooraqdam. (2012). Conversion of traditional irrigation systems to increase the pressure on groundwater storage case study Ajabshir plain, Azerbaijan. Conference of Strategies for Achieving Sustainable Development, 120-125(in Persian)
- 15- Ashraf, A And Z .Ahmad . (2012). Intergration of groundwater flow modeling flow and GIS, water resources management and modeling. Journal of Groudwater, 25:121-125.
- 16- Omuscu, F.K., U. Erkan and E. Turgu. (2005).An analysis of spatial and temporal dimension of drought vulnerability in Turkey using the standardized precipitation index. Journal of Natural Hazards, 35:243-264

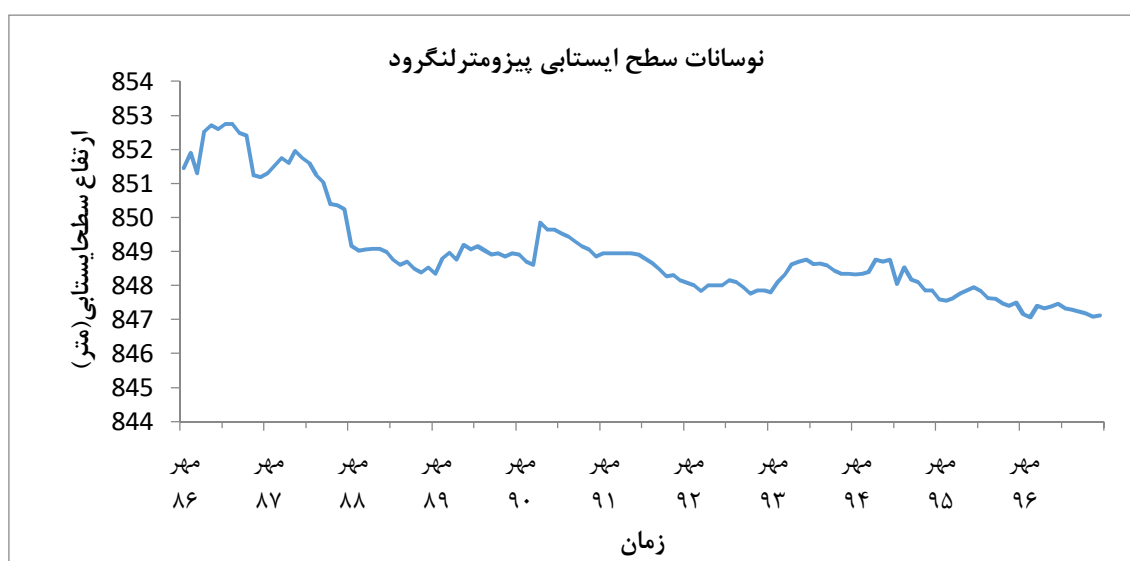
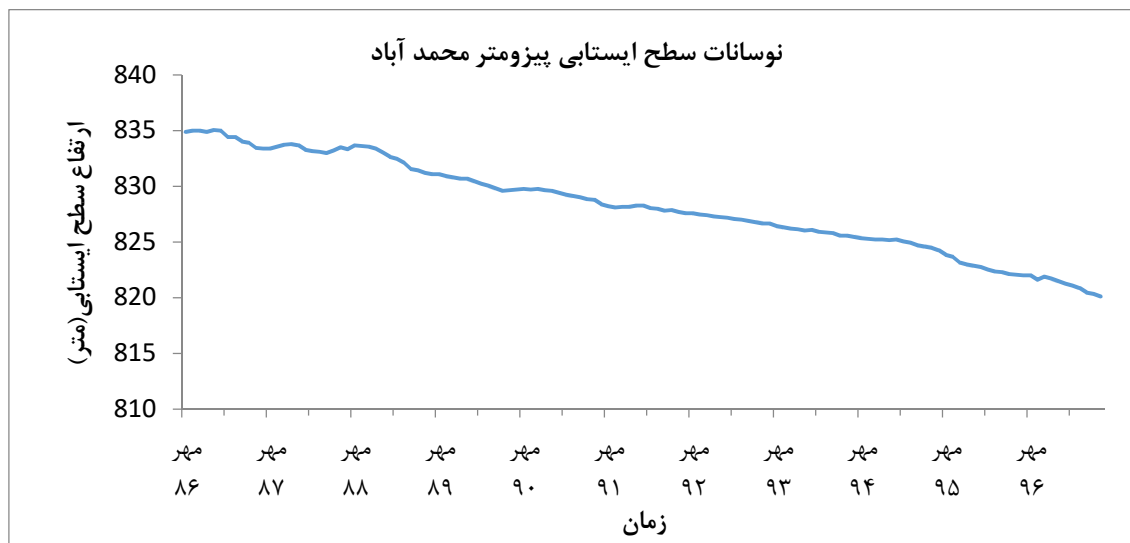
پیوست

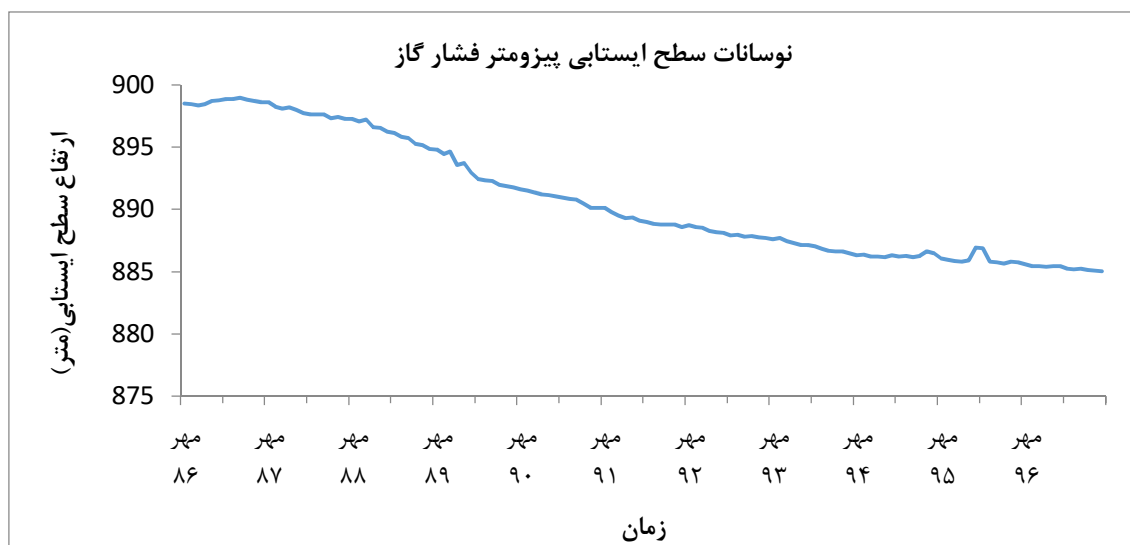
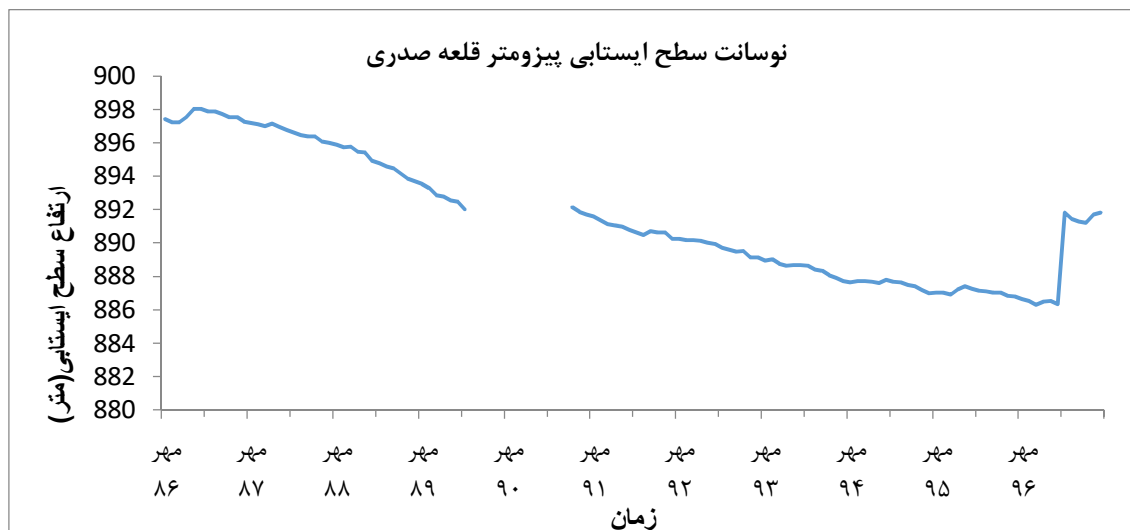
هیدروگراف پیزومترهای آبخوان

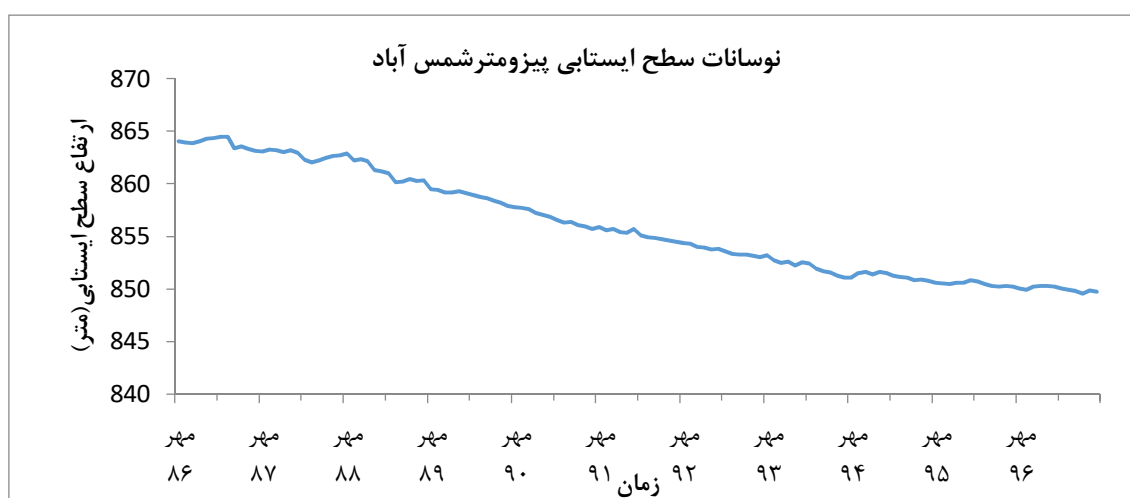
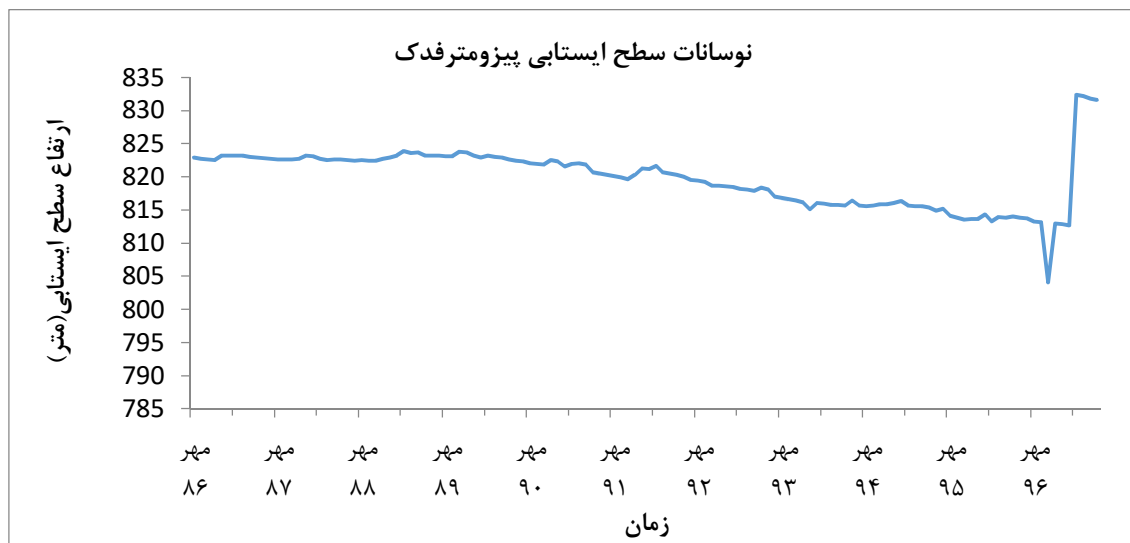
قم-کهنک

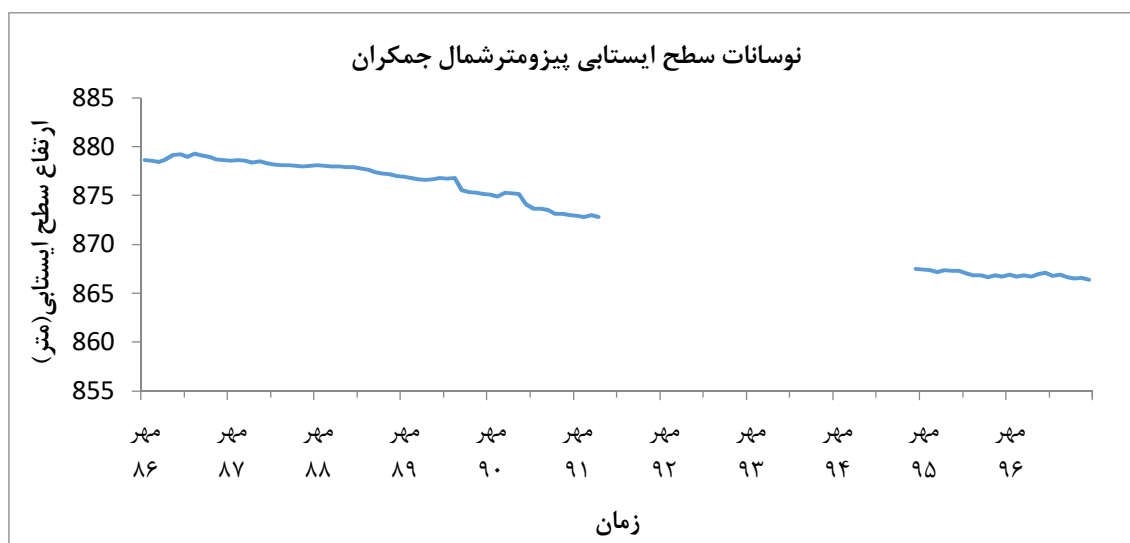
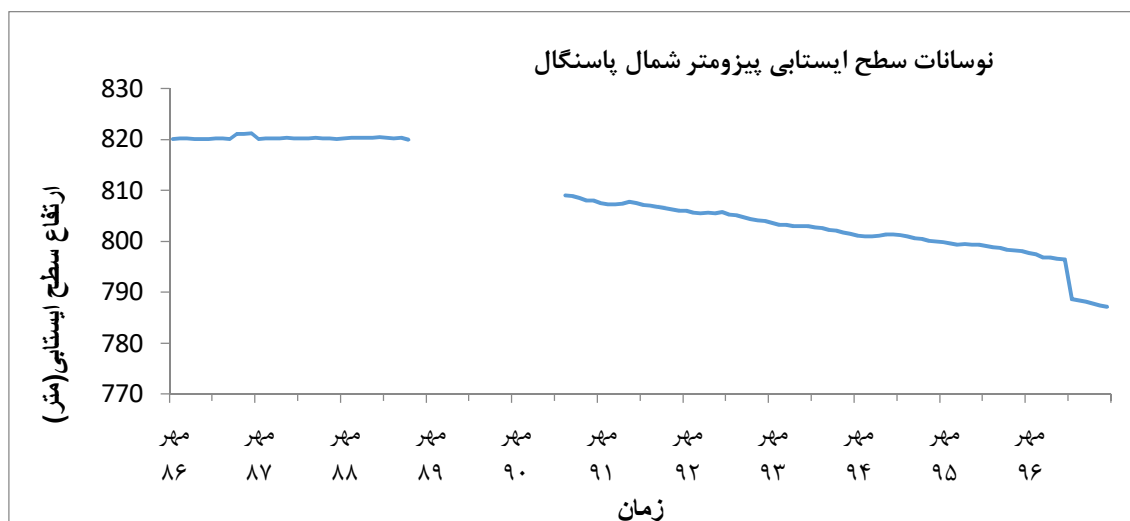


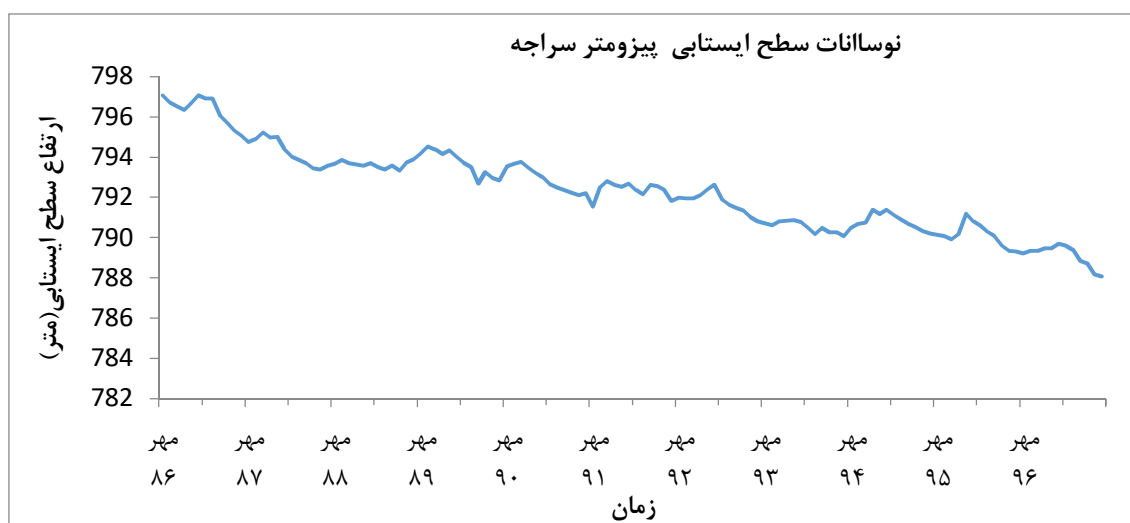
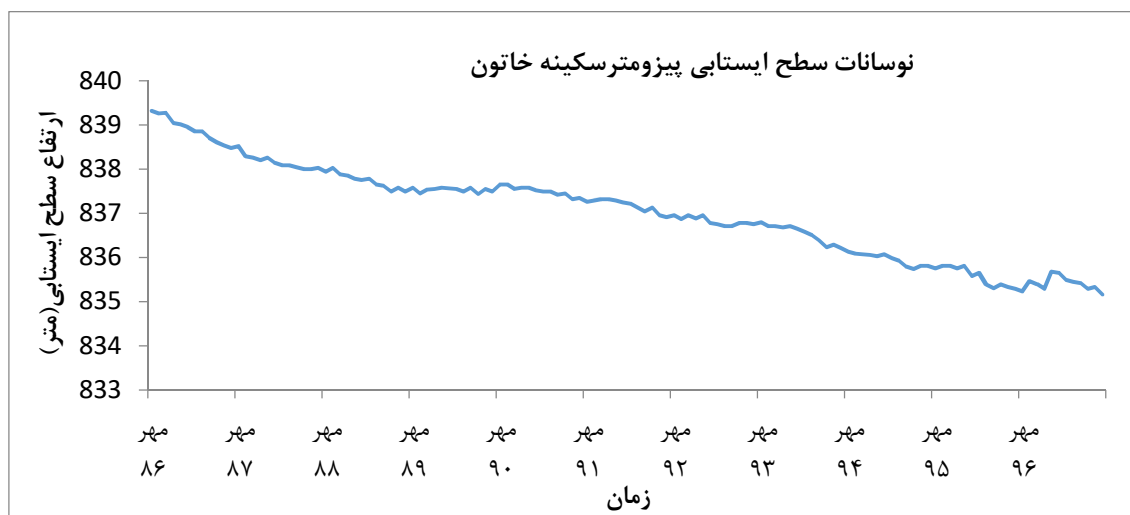


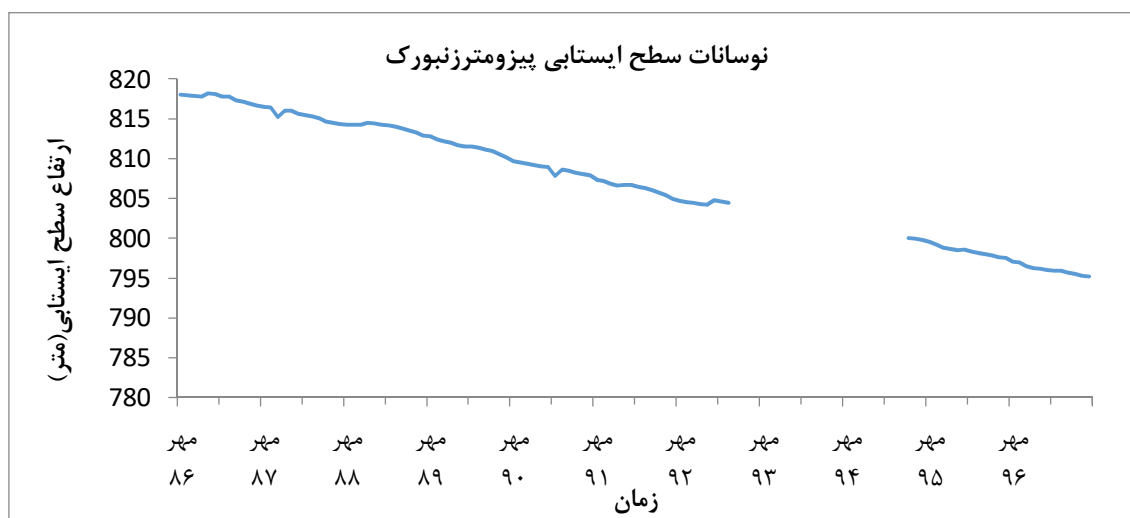
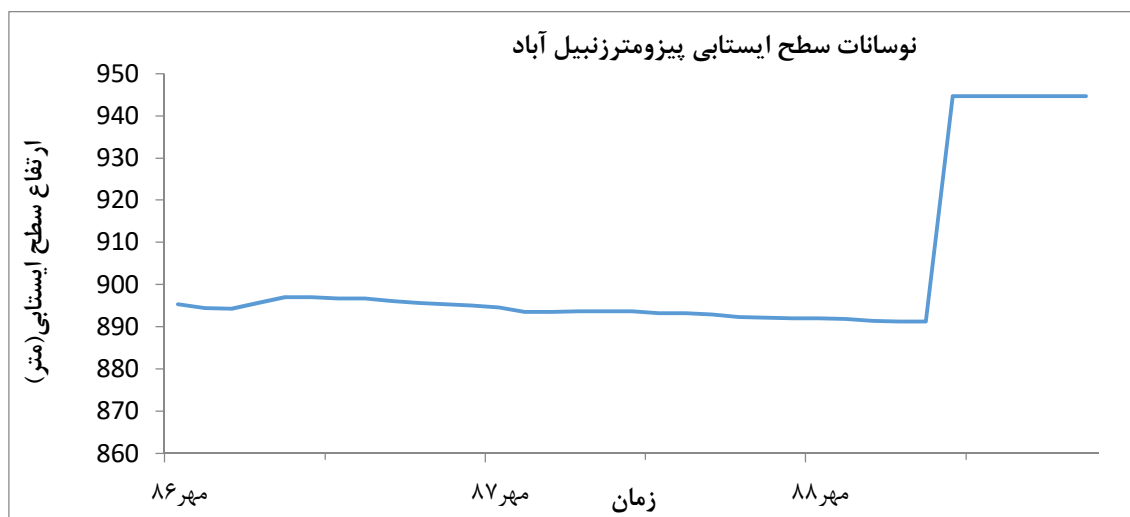


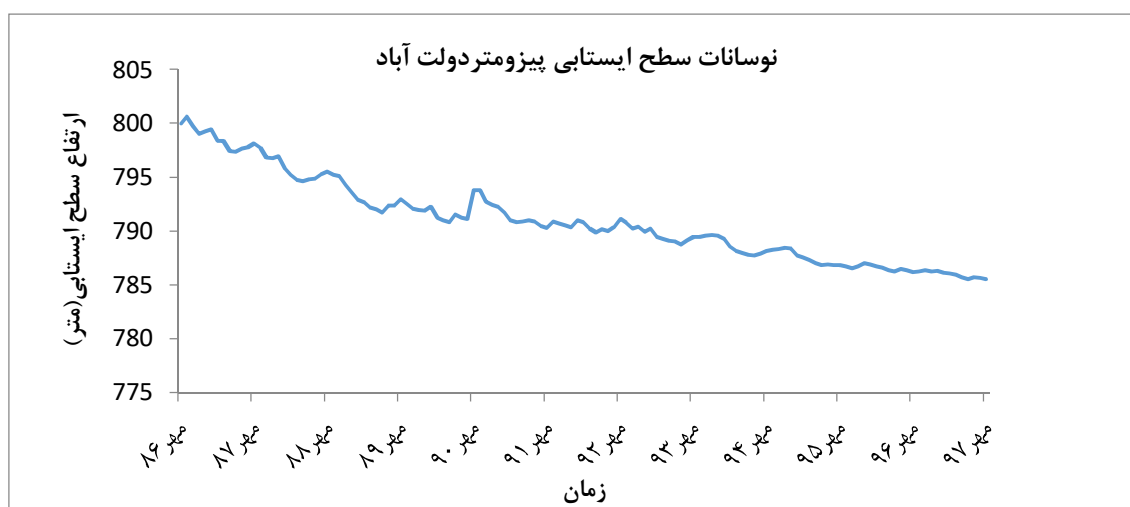
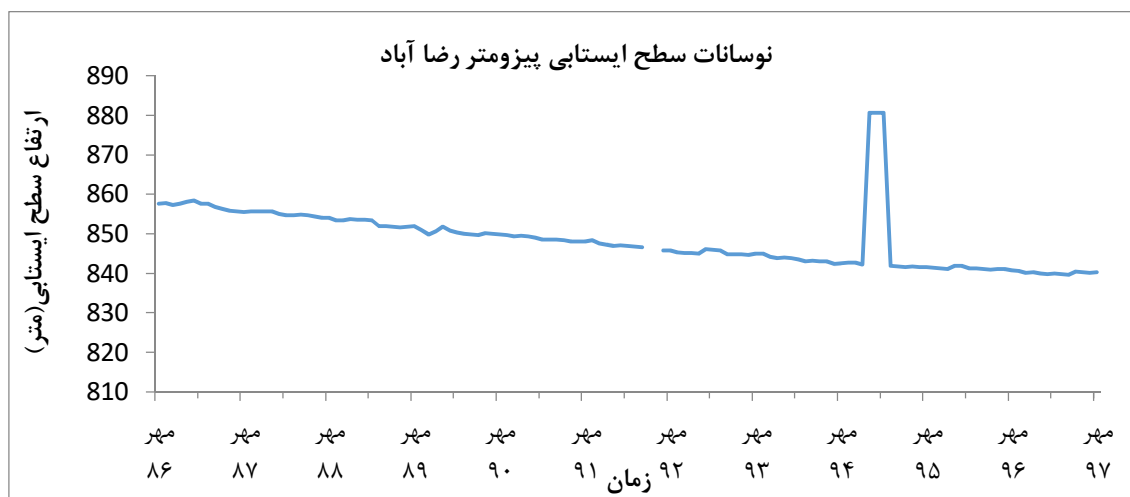


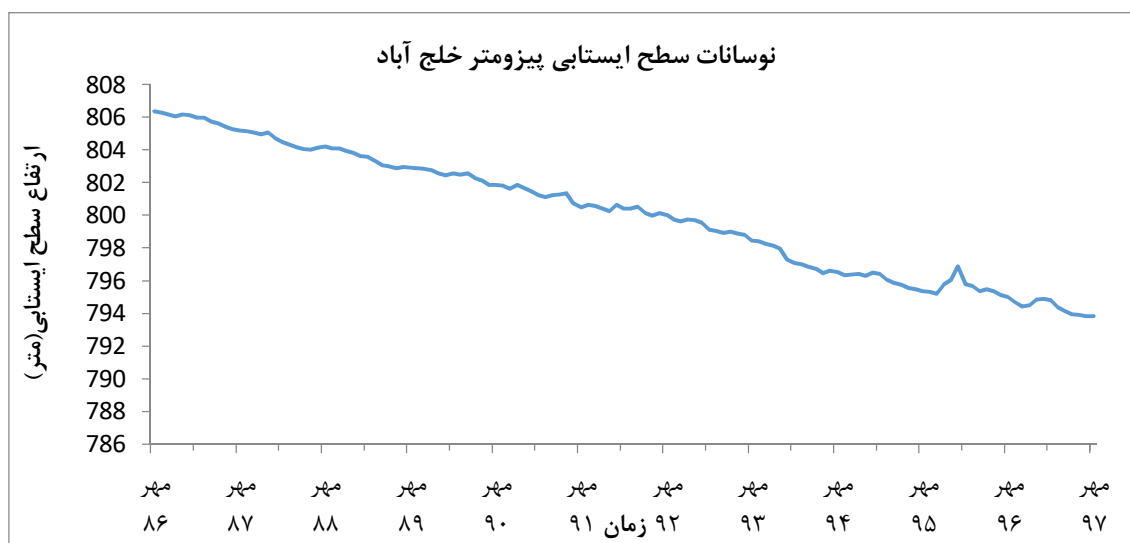
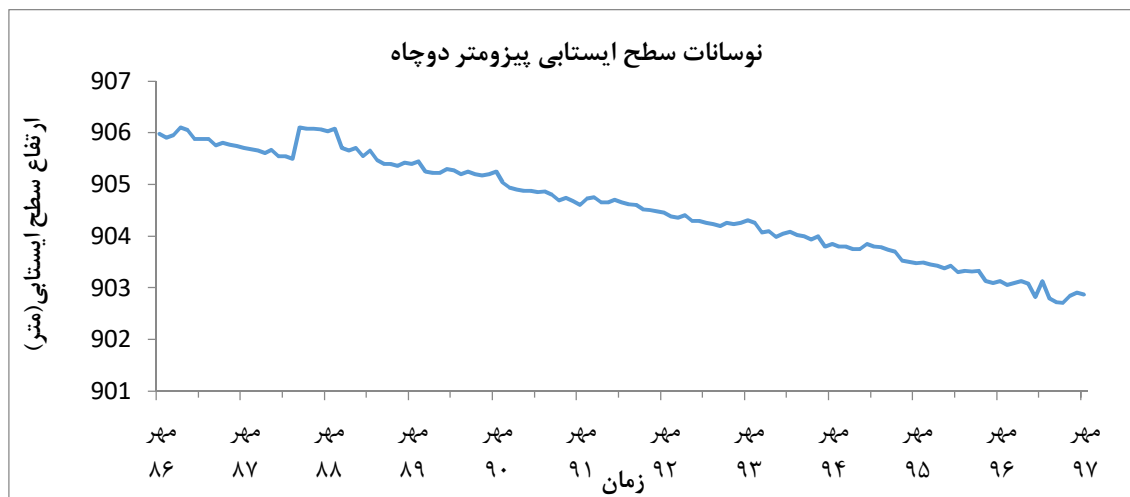


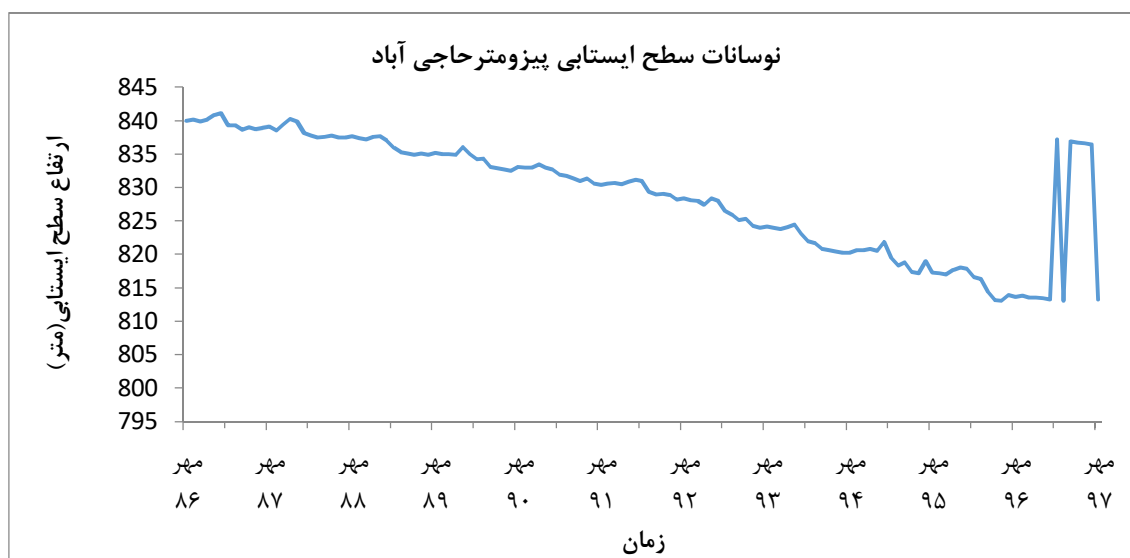
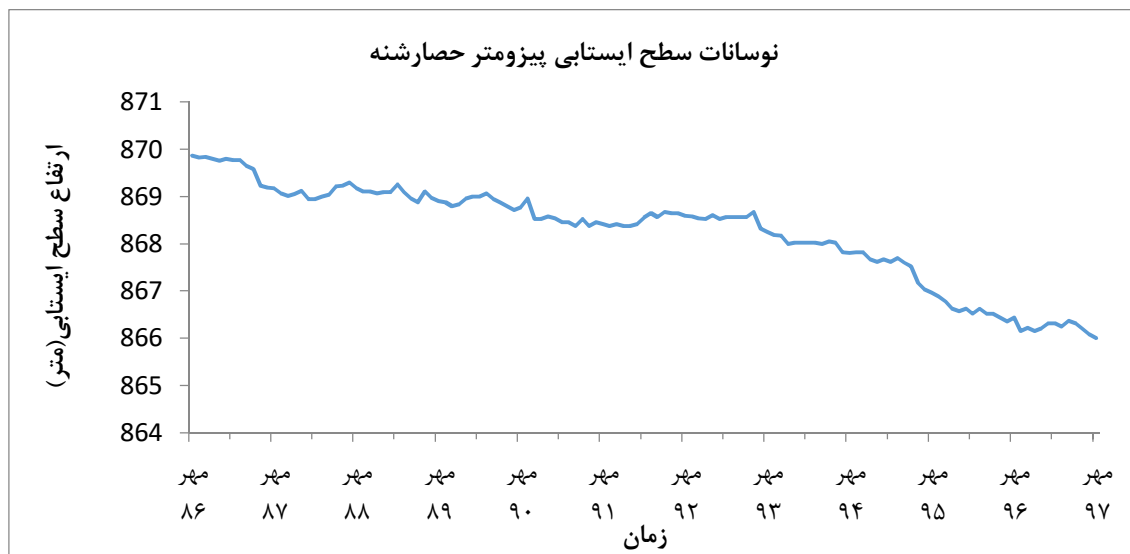


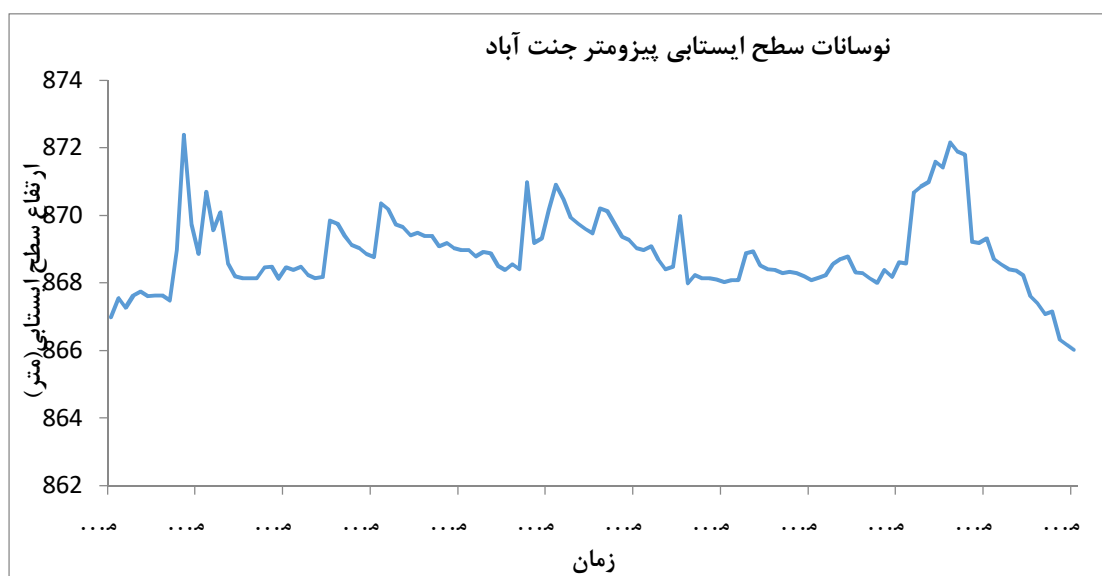
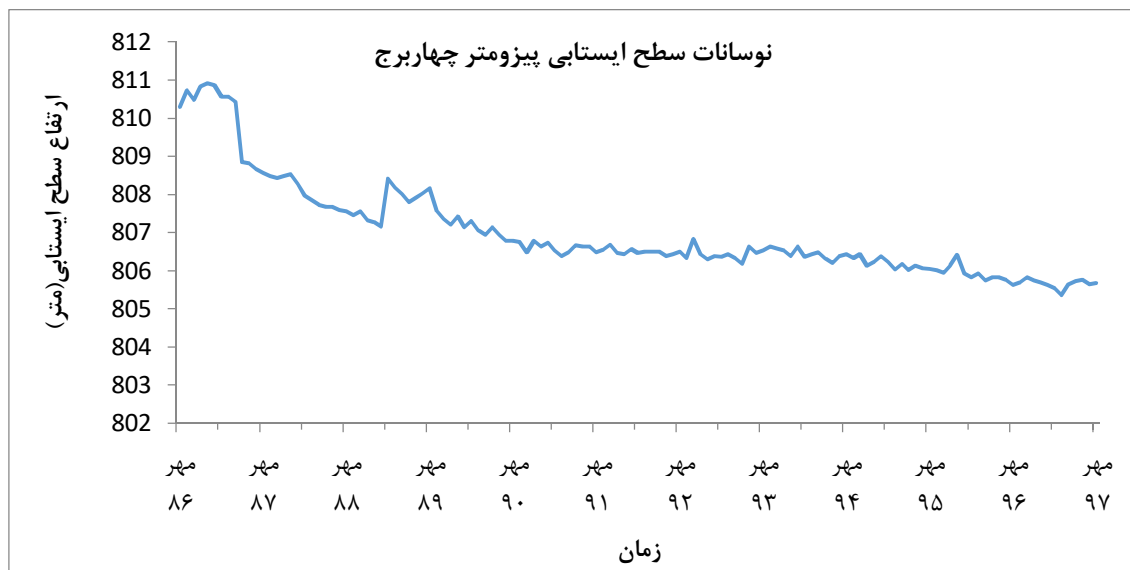


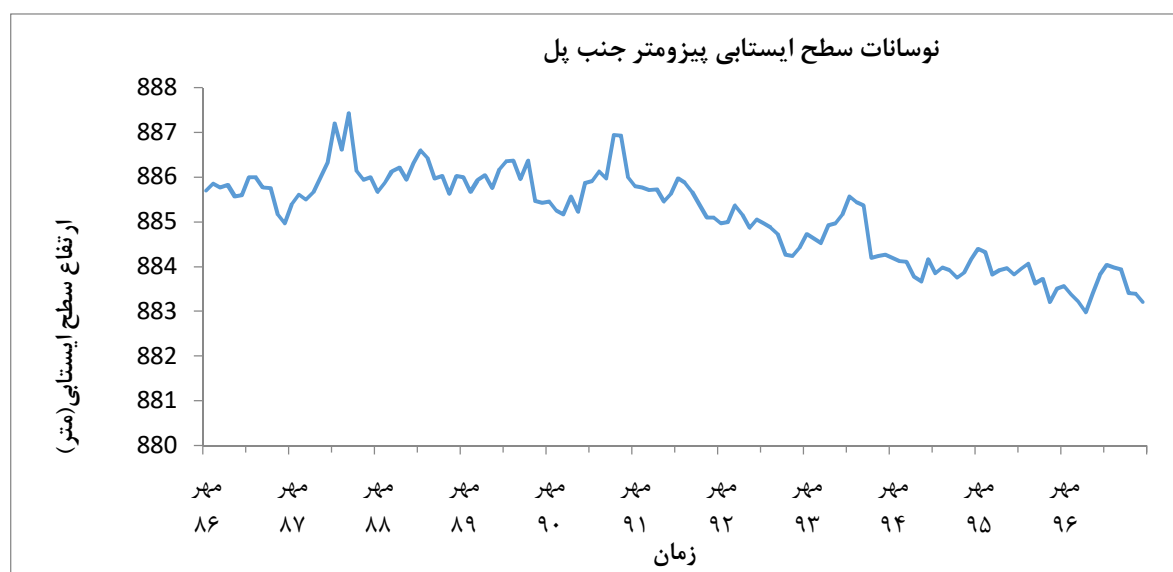
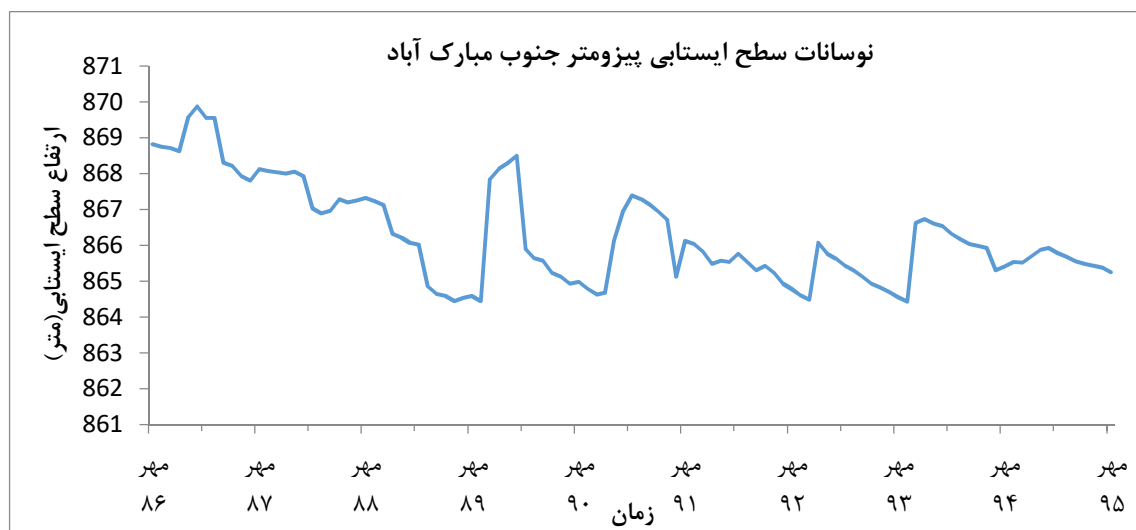


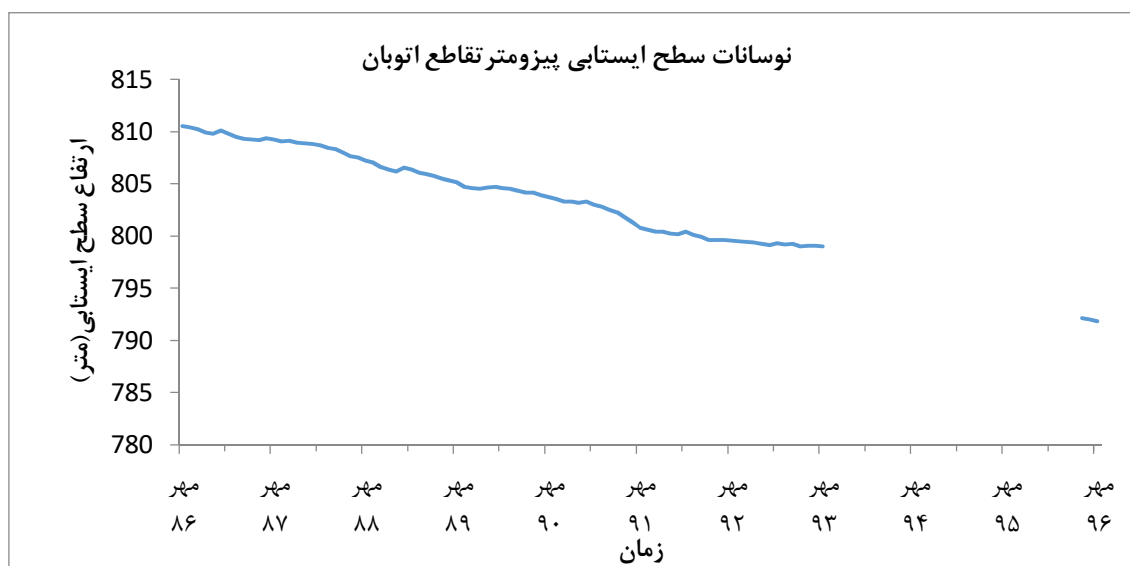
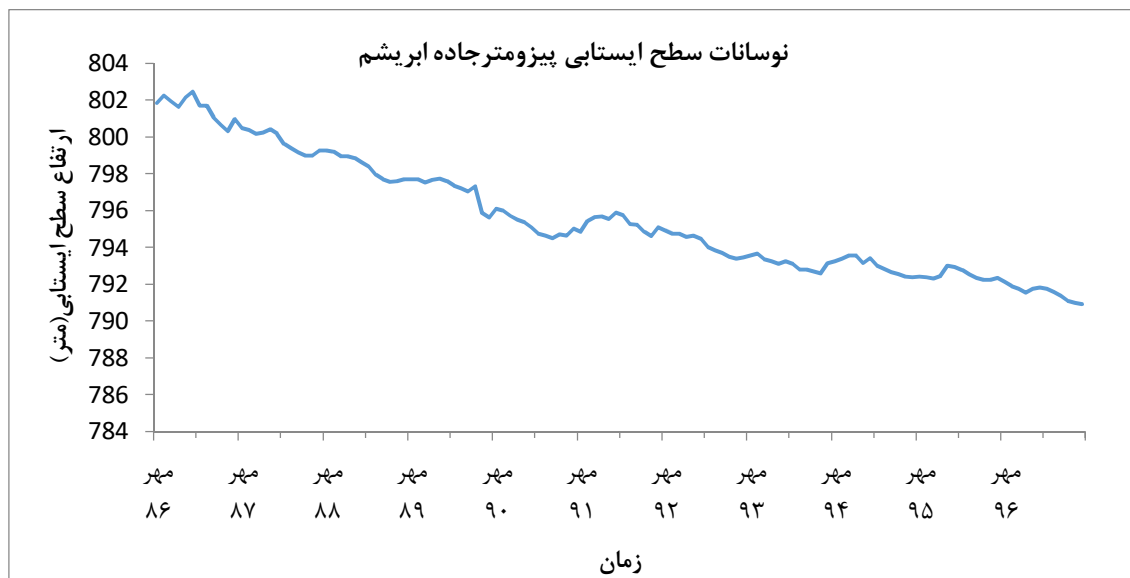


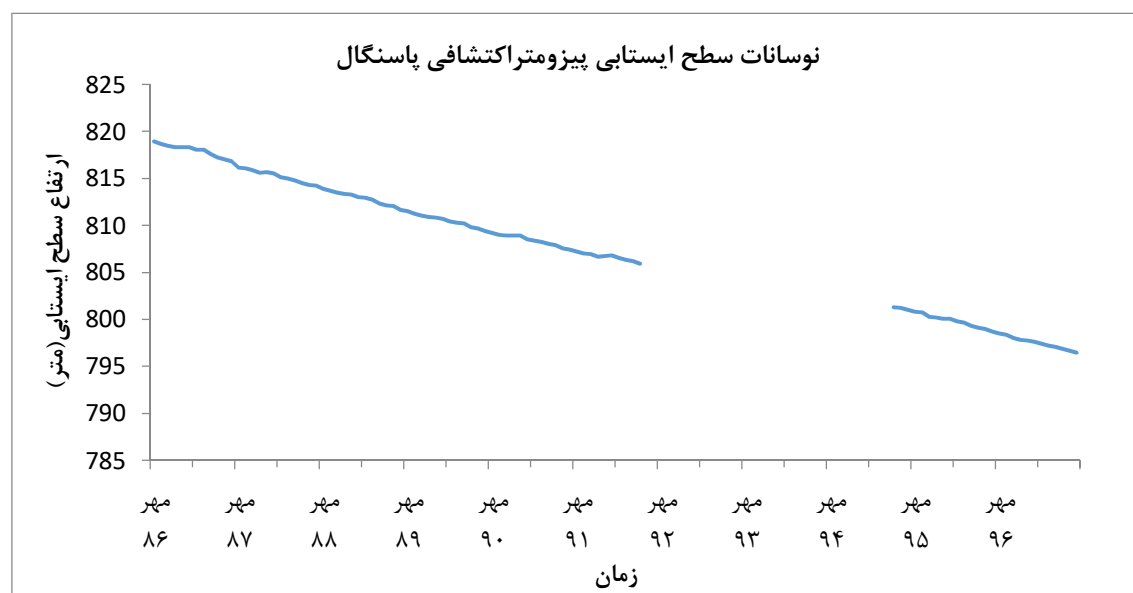
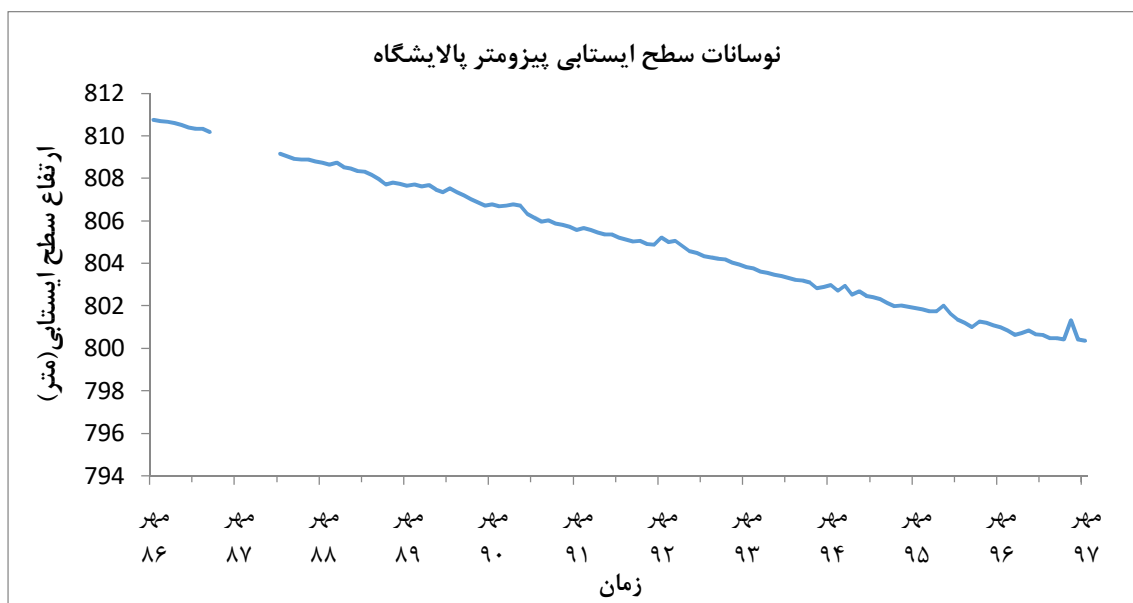


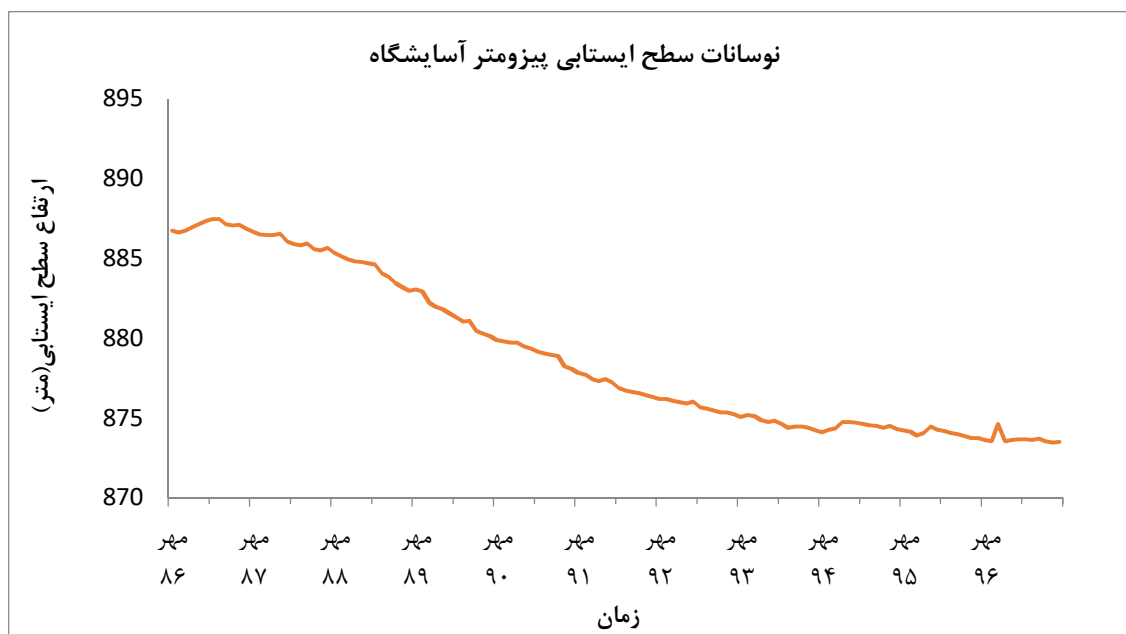








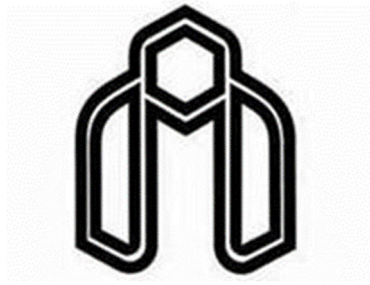




Abstract

Qom(Qom-Kahak) aquifer is an unconfined aquifer that is extended in the east and south of Qom city. According to studies, the water level drawdown of this aquifer is due to reduced rainfall and uncontrolled discharge of the aquifer by exploitation wells. In order to investigate the drawdown in water level of Qom aquifer, the data of 32 piezometer in a period of ten years (October 1986 to September 1997) were examined. The results of this study show a drop of 29.12 meters over a ten-year period and an annual drawdown rate of 1.1 meters. The value of drawdown in Qom-Kahak aquifer varies from at least 5 meters to a maximum of 20 meters during the period from October 1986 to September 1997. Spatial analysis of the drawdown in the Qom-Kahak aquifer indicates the existence of three categories of piezometers. Low drawdown piezometers in which the drawdown rate varies from about 85.2 to 86.7 and the annual drawdown rate in these piezometers is from 0 to 0.5 meters. Medium drawdown piezometers are scattered throughout the plain. Their drawdown varies from 86.7 to 85.16 and they have an annual drawdown rate of 0.5 to 1.5 meters. The maximum drawdown in piezometers is from about 85.16 to 34.26 meters and the annual drawdown rate is 5.1 to 3 meters. These piezometers are related to the southern regions of the aquifer. Based on the calculations of groundwater balance of Qom-Kahak aquifer, the amount of changes in the volume of aquifer storage was calculated equal to 22 million cubic meters, which indicates the reservoir deficit due to more withdrawals from the aquifer recharge. Based on studies, artificial recharge, infiltration of treated wastewater, management of groundwater abstraction have been proposed as a way to reduce the groundwater level decline in this valuable aquifer.

Keywords: groundwater balance , water table, fluctuation, decline, Qom-Kahak



shahroud University of Technology

Faculty of Earth Sciences

Msc. Thesis in Hydrogeology

Analysis of the water table decline in Qom aquifer

By : Azam Abedi Abas Abadi

Supervisor :

Dr. Hadi. Jafari

January 2020