ارزیابی تغییرات سطح آب زیرزمینی بر کیفیت منابع آب زیرزمینی (مطالعه موردی؛ دشت قروه، استان کردستان)

همایون مقیمی*[۱]، آرش محمدزاده[۲]، اسفندیار عباس‌نوین‌پور[۳] و سیدعیسی امینی[۴]

۱- استادیار گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم‌پایه، دانشگاه پیام‌نور، تهران، ایران
۲- کارشناس‌ارشد زمین‌شناسی (منابع آب)، دانشکده علوم، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران
۳- استادیار گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران
۴- استادیار گروه شیمی، دانشکده علوم، دانشگاه پیام‌نور، تهران، ایران

نویسنده مسئول: homayounmoghimi@pnu.ac.ir *

دریافت: ۹۹/۷/۹ پذیرش: ۹۹/۱۲/۲۳ نوع مقاله: پژوهشی

چکیده

حوضه آبریز قروه که ۱۸۱ Km^2 مساحت دارد در بین حوضه‌های آبریز دهگلان و چهار دولی در استان کردستان قرار دارد. این حوضه در ۹۵ کیلومتری شرق سنندج و در شمال غربی همدان واقع شده است. جهت عمومی جریان آب زیرزمینی عمدتا از جنوب غرب به شمال شرق و در راستای جریان آبراهه‌ها شکل گرفته است. این دشت به دلیل قابلیت بهره‌برداری ضعیفی که دارد در بیشتر نقاط محدوده دشت براساس نقشه تراز آب‌زیرزمینی سطح ایستابی تا ۲/۵ متر افت کرده است. از طرف دیگر با توجه به بیلان تهیه شده میزان سالانه حجم آب ورودی و خروجی از محدوده بیلان دشت بدین ترتیب ۴۷/۶ MCM و ۵۳/۰۱ MCM محاسبه شده است. در نتیجه سالانه ۵/۴۱ MCM از حجم آبخوان کاسته می‌شود و این به معنی میانگین افت ۲/۰۱ متر در کل محدوده بیلان می‌باشد. همین مساله محدوده مطالعاتی را از لحاظ بهره‌برداری با مشکل روبرو کرده و در آینده نیز خواهد کرد. کیفیت آب زیرزمینی آبخوان با استفاده از نتایج آنالیز داده‌های مربوط به ۱۸ حلقه چاه در یک دوره آماری ۱۵ ساله برای حداکثر (خرداد ماه) و حداقل سطح ایستابی (مهر ماه) مورد بررسی قرار گرفت و کیفیت آن برای مصارف مختلف خوب و در حد قابل قبول می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: سطح آب زیرزمینی، دشت قروه، هیدروژئوشیمی، بیلان

پیشگفتار

منابع آب زیرزمینی یکی از مهمترین منابع تامین آب برای مصارف مختلف در ایران است. جهت مطالعه هیدرولوژی آب‌های زیرزمینی، تعیین سطح ایستابی یکی از مهمترین پارامترها می‌باشد. منبع اصلی مشاهدات سطح آب زیرزمینی حفر پیزومترهای مطالعاتی است اما یکی از مشکلات اصلی فقدان اطلاعات مشاهداتی در نقاطی است که می‌توان با استفاده از سطح آب پیزومترهای مجاور و روش‌های درونیابی سطح آب نقطه مورد نظر را تخمین زد. کیفیت آب نیز از موضوعات بسیار مهم در هیدرولوژی است زیرا عمده فعالیت‌های علم آب در جهت تأمین آب برای مصارف کشاورزی و یا شرب و صنعت می‌باشد که هر کدام به لحاظ کیفی می‌بایست دارای ویژگی‌های کیفی و معیارهای مشخص باشند. تهیه نقشه‌های کیفی آب زیرزمینی می‌تواند گام مهمی در بهره‌برداری صحیح از منابع آب باشد. ضرورت انجام این پروژه نیز در این منطقه بررسی اثراتی مانند روند تغییرات بارندگی در طی چند سال اخیر و برداشت بیش از حد آب‌های زیرزمینی جهت مصارف کشاورزی بر تغییرات تراز سطح ایستابی و تاثیرات آن برکیفیت آب زیرزمینی و ارائه راهکارهایی برای حل این بحران می‌باشد. دشت قروه با مساحتی بالغ بر ۱۹۷ کیلومترمربع در ۹۵ کیلومتری شرق سنندج و شمال غربی همدان واقع شده است. در این دشت به علت استفاده بیش از حد از منابع آب زیرزمینی و خشکسالی‌های اخیر افت قابل ملاحظه‌ای در سطح ایستابی به وجود آمده و به همین دلیل تغییراتی در کیفیت آب منطقه ایجاد شده است. جلیلی و همکاران (۱۳۹۵) به تحلیل بیلان آب زیرزمینی دشت اسلام‌آباد با دیدگاه کشاورزی پایدار پرداختند. نتایج بررسی تغییرات سطح تراز آبخوان نشان داد که

شدت افت سطح تراز آبخوان با افزایش تعداد چاه‌های بهره‌برداری در دهه ۱۳۷۵-۱۳۸۵ و در نتیجه تشدید بهره‌برداری از آبخوان همخوانی دارد. همچنین آن‌ها نشان دادند در ۶ سال منتهی به سال آبی ۹۲-۹۳ سطح آبخوان ۶۱/۶ متر افت داشته است و آبخوان با کسری ۳/۸۳ میلیون مترمکعبی در ذخیره سالانه مواجه بوده و بیلان منفی است. نور (۱۳۹۶) میزان مصرف آب زیرزمینی (از چاه، قنات و چشمه‌ها) از کم‌تر از ۱۸ میلیارد مترمکعب در دهه ۱۳۵۰به بیش از ۷۹ میلیارد مترمکعب در سال ۱۳۸۵ رسیده است. همچنین بیان نمود که از این تاریخ به بعد میزان برداشت از آب‌های زیرزمینی کاهش داشته، به گونه‌ای که در سال ۱۳۹۴ به حدود ۶۱ میلیارد مترمکعب رسیده است. احراری‌رودی (۱۳۹۶) با استفاده از شاخص بارش استاندارد شده (SPI) خشکسالی استان سیستان و بلوچستان را بررسی کردند و اثرات آن بر کمیت و کیفیت منابع آب زیرزمینی منطقه بررسی نمودند. نتایج نشان داد که کاهش بارندگی در منطقه رخ داده و با کاهش بارندگی، میانگین کل عناصر و مواد در آب‌های زیرزمینی طی دوره مورد نظر ۲۰ تا ۲۵ درصد افزایش یافته است. همچنین آن‌ها بیان نمودند علاوه بر عامل طبیعی خشکسالی، عوامل انسانی نظیر افزایش جمعیت، تغییر کاربری اراضی، افزایش کارخانه‌ها، افزایش استفاده از کود شیمیایی و سموم دفع آفات در این تغییر کیفیت آب نقش زیادی دارند. بایزیدی و کاکی (۱۳۹۹) به تعیین حجم ذخیره و بهره‌برداری از آبخوان‌های شرق استان کردستان با بررسی بیلان آب پرداختند. آنها دریافتند که کسری حجم مخزن آبخوان‌های قروه، دهگلان و چهاردولی طی دوره ۳۱ ساله (۱۳۶۶-۱۳۹۷) به ترتیب ۲، ۱۷/۴ و ۲/۹۸ میلیون‌مترمکعب می‌باشد. مسماریان و همکاران (۲۰۱۶) به بررسی تأثیر تغییر اقلیم بر بیلان آب زیرزمینی دشت شهرکرد پرداختند. آن‌ها شبیه‌سازی تغییرات سطح آب زیرزمینی را با نرم‌افزار GMS در دو حالت ماندگار و غیرماندگار انجام دادند. نتایج بررسی تغییر اقلیم در دورهٔ ۲۰۱۵-۲۰۲۹ نشان داد دمای سالانه به طور متوسط ۰/۴ درجه سلسیوس افزایش می‌یابد. همچنین با افزایش بهره‌برداری از چاه‌ها در دورهٔ آتی به‌میزان ۱۰ و ۲۰ درصد تحت تاثیر تغییر اقلیم مشاهد کردند که ذخیرهٔ آبخوان به ترتیب ۶/۳ و ۱۰/۹۴ میلیون مترمکعب کاهش می‌یابد. موسکی (۲۰۱۷) بیان کرد که تغییر اقلیم بر منابع آب زیرزمینی تاثیرات پیچیده‌تری نسبت به منابع آب سطحی دارد. ایشان از بررسی تاثیر تغییرات آب و هوایی بر روی آب‌های زیرزمینی در آفریقای جنوبی در ۲۶ شهر نشان داد که بازندگی سالانه ۲۰ درصد کاهش یافته است. همچنین نشان داد که همراه با تغییرات آب و هوایی سطح دریا افزایش و آب شور به منابع آب زیرزمینی نفوذ یافته و باعث کاهش کیفیت این منابع شده است. مایمونا و همکاران (۲۰۱۹) به ارزیابی توزیع مکانی و زمانی ذخیره آب زیرزمینی در حوضه هایان در کره طی دوره (۲۰۱۱-۲۰۱۷) پرداختند. آن‌ها از داده‌های هیدرولوژیکی، ضخامت اشباع شده و سطح تراز آب زیرزمینی استفاده کردند و با محاسبه ذخیره آب زیرزمینی در مشاهده شد که در طی ۶۵ سال آبخوان ۳۳ میلیون مترمکعب کاهش یافته است. همچنین نشان دادند که در طول این دهه با افزایش مصرف آب ۰/۴۹ میلیون مترمکعب آب سطح آب زیرزمینی آبخوان ۴/۶ متر کاهش می‌یابد و عامل آن را تغییر در سطح متوسط آب زیرزمینی بیان کردند. بنابراین آن‌ها بیان نمودند تغییرات سطح آب زیرزمینی بر ضخامت اشباع سفره و حجم ذخیره آب زیرزمینی تاثیر دارد و بایستی استفاده از آب‌های سطحی بیشتر و حفر چاه‌ها محدود گردد. بهرامی‌نصب و همکاران (۱۳۹۹) کیفیت منابع آب زیرزمینی دشت کهریز و مقایسه روند تغییرات آن در طی سال‌های اخیر را ارزیابی نمودند. نتایج نشان داد که تیپ در دوره‌ی اول سدیک- منیزیک- کلراته بوده به تیپ کلسیک- کربناته- کلراته تغییر نموده است که از نشان متقابل- آب سنگ در منطقع است. جهت جریان آب زیرزمینی در منطقه از سمت غرب به سمت دریاچه ارومیه بوده و به همین منوال همبستگی بین پارامترهای هدایت الکتریکی و کل جامدات محلول مشاهده نمودند و همچنین یون‌ها همبستگی بالایی داشته و دارای منشا مشترکی دارند. همچنین نشان دادند که از نظر هدایت الکتریکی ۲۵ درصد نمونه‌ها در وضعیت نامطلوبی قرار گرفته و برای مناطق شمالی شامل اراضی کشاورزی محدودیت بالا تا متوسط دارد. لذا این مقاله با هدف بررسی هیدروژئوشیمی آب زیرزمینی این دشت، قابلیت مصرف آب در بخش‌های مختلف دشت، تعیین خصوصیات هیدرودینامیکی آبخوان منطقه و ترسیم نقشه مناطق با پتانسیل آلودگی متفاوت با استفاده از GIS در

منطقه می‌باشد. بررسی‌ها با توجه به تجزیه و تحلیل داده‌های آماری هیدرولوژیکی و هیدروژئولوژیکی، داده‌های مربوط به عوامل هیدرولیکی، ژئوفیزیکی و زمین‌شناسی منطقه و... انجام می‌گیرد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

حوضه آبریز قروه واقع بین حوضه‌های آبریز دهگلان و چهاردولی در استان کردستان و ۹۵ کیلومتری شرق سنندج و شمال‌غربی همدان واقع شده است. این محدوده بخشی از حوضه آبریز رودخانه تلوار بوده و از نظر مختصات جغرافیایی بین طول‌های "۵۲ '۳۸ °۴۷ تا "۰۳ '۰۶ °۴۸ شرقی و"۲۲ '۰۲ °۳۵ تا "۵۴ '۳۰ °۳۵ عرض شمالی قرار دارد. حداکثر ارتفاع این منطقه در ارتفاعات جنوبی حوضه واقع است که برابر با ۳۱۴۵ متر از سطح دریا (کوه بگر) است و حداقل ارتفاع محدوده در (محل خروجی دشت در حوالی ایستگاه شادی‌آباد بر روی رودخانه شور) ۱۶۸۴ متر از سطح دریا است. این محدوده از غرب به کوه بی‌خیر، کوه شانه‌وره، کوه ابراهیم‌عطار و تپه ماهورهای حد واسط با دشت دهگلان، از جنوب به کوه‌های سنگ‌سیاه، تق‌تق، بگر و دروازه و از شرق به تپه‌ماهورهای حاجی‌آباد، حدواسط با دشت چهاردولی، کوه قیلان‌داشی و چیچک‌تپه و از شمال به محل تلاقی دو رودخانه چم‌شور و چم تلوار، کوه پیریوسف منتهی می‌شود. مساحت حوضه آبریز قروه ۱۰۶۳/۵ کیلومتر مربع و مساحت دشت قروه ۱۹۷ کیلومتر مربع است. آبخوان دشت قروه در جنوب حوضه آبریز فوق واقع شده است (شکل۱).

زمین‌ریخت‌شناسی گستره مورد بررسی در جنوب از ارتفاعات بلند نظیر کوه دروازه با ارتفاع ۳۱۶۲ متر، ابراهیم عطار با ارتفاع ۲۷۹۳ متر و دره‌های پرشیب نظیر دره اوریه و ویهج است که از این دو دره دو آبراهه اوریه و ویهج وارد دشت شده و در شمال شرقی منطقه به رودخانه دائمی چم‌شور می‌ریزند. منطقه از مرفولوژی آرامی برخوردار است. ارتفاعات جنوب دشت قروه متشکل از سنگ‌های دگرگونی از نوع شیست، مرمر، آمفیبولیت و گنیس همراه با توده‌های آذرین با ترکیبات مختلف است.

روش و ابزار گردآوری اطلاعات: در این پژوهش با بازدیدهای صحرایی به منظور شناخت و بررسی دقیق‌تر از وضعیت چینه‌شناسی و زمین‌شناسی منطقه انجام شد. برای تحلیل‌های هواشناسی، هیدرولوژی، زمین‌شناسی، تعیین محدوده آبخوان، جهت جریان آب زیرزمینی و تعیین زون‌های بهره‌برداری و میزان تغییرات گرادیان هیدرولیکی کلیه آمار و اطلاعات ایستگاه‌های هواشناسی و هیدرومتری و عکس‌های هوایی و ماهواره‌ای، آماربرداری در فواصل زمانی متعدد از چاه‌ها و داده‌های پیزومترهای موجود در منطقه جمع آوری شده است.

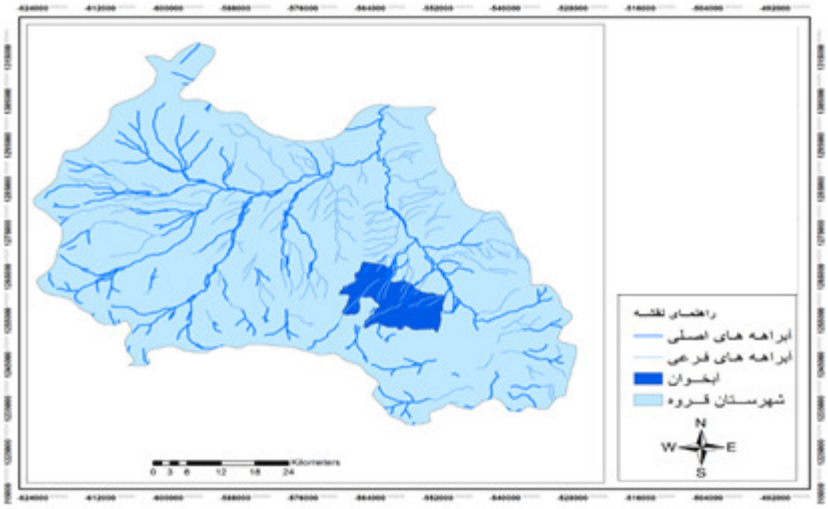
با استفاده از اندازه‌گیری‌های ماهیانه سطح آب پیزومترهای موجود، نقشه هم‌تراز آب زیرزمینی آبخوان آبرفتی دشت برای سال آبی ۹۰-۸۹ ترسیم شده است. لازم به ذکر است که جهت تهیه دقیق‌تر نقشه تراز آب زیرزمینی از داده‌های عمق آب زیرزمینی ۲۴ حلقه چاه پیزومتری اکتشافی استفاده شده است. موقعیت چاه‌های پیزومتری آبخوان قروه در شکل ۲ آمده است.

جهت ارزیابی بیلان آب زیرزمینی محدوده مطالعاتی باید اطلاعاتی دقیق از هر گونه تغذیه، جریان ورودی و هر نوع تخلیه و بهره‌برداری از منابع آب، زهکشی، تبخیر و تغییرات سطح آب زیرزمینی و حجم مخزن سفره در زمان و دوره مشخص و در محدوده معین بدست آورد که در نهایت بتوان مغزن آبخوان را مورد ارزیابی و تفسیر قرار داد. در این رابطه از معادله زیر استفاده شده است (رابطه‌ی ۱) (مقیمی، ۱۳۸۸):

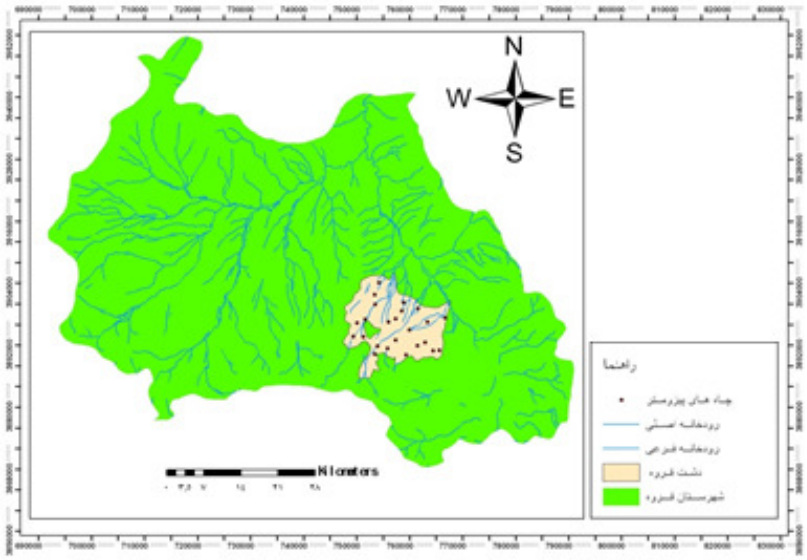
$$Q_{in}+R_p+R_r+R_w-(Q_{out}+D+E+W)=\pm\Delta V \qquad (1)$$

در این رابطه پارامترهای بیلان به شرح زیر است:

Q_{in} – میزان آب ورودی زیرزمینی از محدوده بیلان، Q_{out}- میزان آب خروجی زیرزمینی از محدوده بیلان، R_p - میزان آب نفوذی از بارندگی که به طور مستقیم نفوذ می کند، Rr - میزان تغذیه از سیلاب، Rw- میزان نفوذ از آب برگشتی کشاورزی، D- زهکشی از سفره توسط هر نوع زهکش یا رودخانه، E- میزان تبخیر از سطح سفره آب‌های کم عمق در محدوده بیلان، W- بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی، $\pm\Delta V$ - تغییرات حجم مخزن سفره در دوره مشخص و محدوده معین.



شکل ۱. نقشه حوضه آبریز شهرستان قروه و محدوده مطالعاتی



شکل ۲. موقعیت چاه‌های پیزومتری آبخوان دشت قروه بیلان آب زیرزمینی

نتایج و بحث

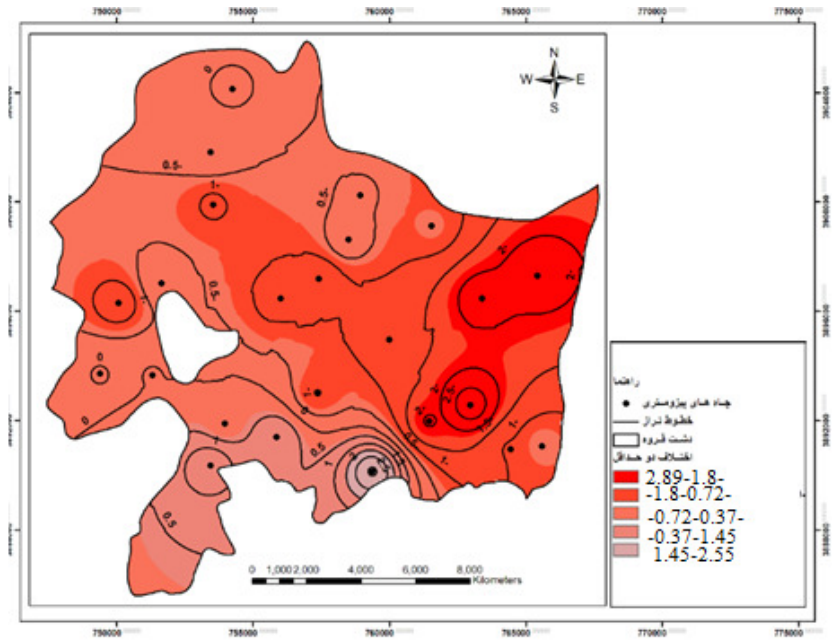
تغییرات سطح آب زیرزمینی

شکل (۳) نقشه‌های حداکثر، حداقل و میانگین تراز سطح آب زیرزمینی دشت و جهت عمومی جریان را نشان می‌دهد. با توجه به جهات جریان آب زیرزمینی منحنی‌های بسته بسیار جلب توجه می‌کند. این منحنی‌ها در حداقل، حداکثر و در میانگین نیز قابل مشاهده است. در شمال منطقه در محدوده تراز ۱۸۵۰ تا ۱۸۳۰ جهت جریان به سمت داخل بوده که احتمالا در این بخش آب زیرزمینی بلعیده و فرو می‌رود. رسوبات میوپلیوسن که از تراورتن، آهک‌های رسی، مارن، توف ماسه‌ای همراه با کنگلومرا در این محدوده می‌تواند از عواملی باشد که بخشی از آب در این قسمت فرو می‌رود. مهمترین بخش در این منحنی‌های تراز در غرب منطقه دیده می‌شود که در نقشه‌های هم عمق نیز این غیر معمول بودن منحنی‌ها به وضوح قابل مشاهده است. جهت عمومی جریان آب زیرزمینی جنوب‌غرب به شمال‌شرق است. عمده‌ترین منابع تغذیه کننده آبخوان، ارتفاعات جنوب و دره‌های اوریه و ویهیج است. دره اوریه از فاصله مشیرآباد تا سریش آباد و سراب قصلان، بخش غربی دشت را تغذیه می‌کنند. بندهای تاخیری تغذیه مصنوعی در مسیر دره‌های فوق، تغذیه آبخوان را بیشتر نموده است. البته

توپوگرافی منطقه در بخش غربی آبخوان به گونه‌ای است که روان‌آب‌های حاصل از بارندگی، اغلب از منطقه خارج می‌شوند. بدین ترتیب در بخش شرقی آبخوان با کاهش تغذیه مواجه شده و ارتفاع سطح آب زیرزمینی به شدت افت کرده است. این امر در تحقیق بایزیدی و کاکی (۱۳۹۹) نیز مشاهده شد.

شکل ۳. الف) نقشه تراز حداکثر، ب) نقشه تراز حداقل و ج) نقشه میانگین تراز سطح ایستابی و جهت جریان آب زیرزمینی دشت قروه برای سال آبی ۹۰-۱۳۸۹.

نقشه اختلاف حداقل تراز سطح آب زیرزمینی نشان می‌دهد که نقاطی که میزان این اختلاف منفی بوده، بحرانی بوده و امکان بهره‌برداری وجود ندارد. نقاط صفر متعادل و مکان‌هایی که مثبت می‌باشد قابل بهره‌برداری می‌باشد. با توجه به نقشه شکل (۴) اکثر نقاط منطقه (شمال، شمال‌شرق و شمال‌غرب) منفی بوده و امکان بهره‌برداری آب زیرزمینی وجود ندارد. بخش کمی از منطقه (جنوب و جنوب‌غرب) مثبت می‌باشد که با احتیاط می‌تواند قابل بهره‌برداری باشد. این نقشه کمک می‌کند تا مکان‌های بحرانی و بسیار بحرانی را تعیین کرد. بر اساس این نقشه مناطقی که در وضعیت بحرانی قرار دارند بایستی با اعمال مدیریت بحران و برنامه‌ریزی دقیق و منظم آبخوان را از این وضعیت نجات داد.



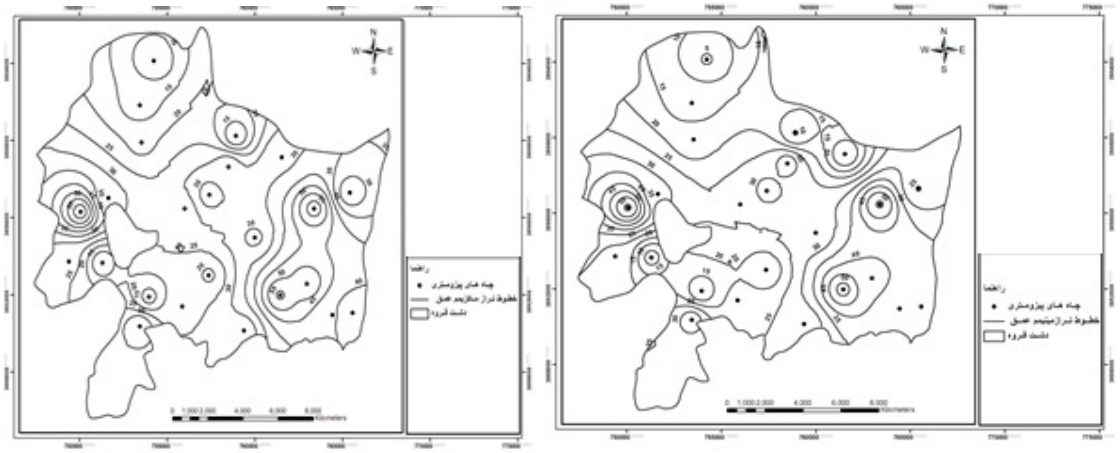
شکل ۴. نقشه اختلاف حداقل تراز سطح آب زیرزمینی دشت قروه برای سال آبی ۹۰-۱۳۸۹

عمق آب زیرزمینی

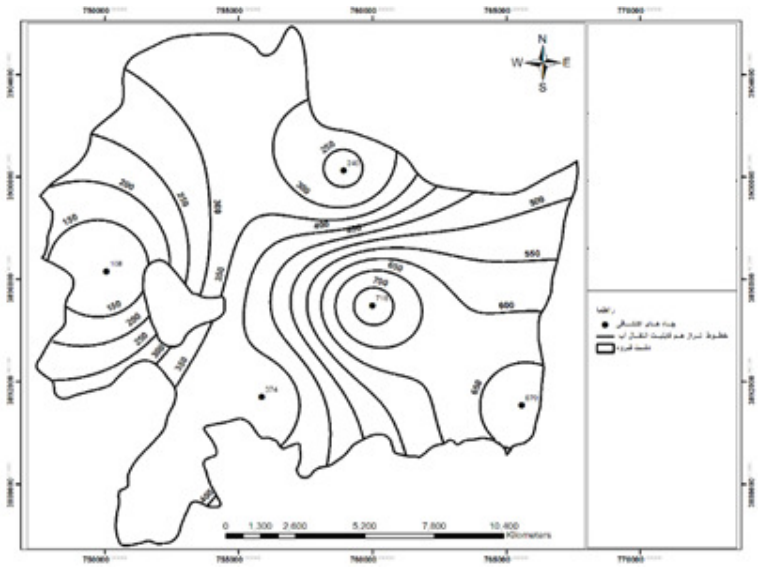
عمق سطح آب زیرزمینی با استفاده از نتایج اندازه‌گیری سطح برخورد با آب در ۲۴ چاه پیزومتری توزیع شده در سطح دشت برای سال آبی ۹۰-۱۳۸۹ مورد بررسی قرار گرفته است. شکل‌های (۵) نشان‌دهنده عمق سطح آب می‌باشند. مهمترین کاربرد نقشه‌های هم‌عمق تعیین محدوده‌های با ضخامت کم بخش غیراشباع در محدوده آبخوان می‌باشد. البته این نقشه همراه با داشتن مقادیر نفوذپذیری و آبگذری دارای مفهوم است و به تنهایی نمی‌تواند کمکی برای مکان‌یابی با آبدهی مناسب بکند. با توجه به نقشه هم‌عمق حداقل و حداکثر، محدوده‌های شمال‌شرقی دارای کمترین عمق، در غرب و بخش خروجی منطقه عمیق‌ترین بخش سطح آب دیده می‌شود. در این نقشه‌ها (حداقل و حداکثر) مهمترین قسمت بخش غرب تا حدودی جنوب – جنوب‌غربی منطقه است که احتمالا وجود یک گسل احتمالی باعث شده منحنی‌های بسته‌ای با عمق‌های بسیار متفاوت ۱۰ متر و ۵۵ متر ایجاد گردد. با توجه به نقشه هم‌عمق حداقل در محدوده شمالی بخش بسیار کوچکی منحنی ۵ متر دیده می‌شود که براساس مطالعات وایت، تبخیر تا عمق ۵ متری امکان‌پذیر است. در نتیجه این محدوده کوچک است که می‌توان از محاسبه تبخیر از سطح ایستابی که یکی از پارامترهای بیلان است، صرف‌نظر کرد.

نقشه ضریب قابلیت انتقال آبگذری بر پایه‌ی ارقام محاسبه شده در چاه‌های اکتشافی و نتایج مطالعات مهندسین مشاور دزآب در گزارش مدل ریاضی دشت قروه، تهیه شده است. میزان قابلیت انتقال آب در بخش مرکزی دشت در حدود ۴۰۰ متر مربع بر روز و در بخش جنوب شرقی حدود ۶۰۰ متر مربع، در بخش خروجی دشت در حاشیه شمالی حدود ۵۰۰ و در مسیر دره اوریه

و در دره ویهیج در حدود ۳۰۰ تا ۴۰۰ متر مربع بر روز است. به دلیل فقدان اطلاعات آزمایش‌های پمپاژ برای محاسبه درصدهای نفوذ و ضریب ذخیره از نتایج آزمایش‌های دانه‌بندی آبرفت، کالیبراسیون مدل ریاضی دشت قروه و محاسبه بیلان آب زیرزمینی در دو دوره خشک و مرطوب به روش آزمون و خطا استفاده شده است. به این نتیجه رسیدند که یک درصد ضریب ذخیره جوابگوی کاهش حجم مخزن آبخوان به ویژه در بخش شرقی آن نبوده و حدود ۳ درصد در نظر گرفته شده است (تمدید ممنوعیت دشت قروه، ۱۳۸۵). از طرف دیگر با توجه به روش ترنت وایت میزان نفوذ از سطح دشت بطور تخمینی در حدود ۱۶٪ از بارش برآورد شده است. شکل ۶ نقشه هم قابلیت انتقال یا ضریب آبگذری آب را برای دشت قروه نشان می‌دهد. با توجه به شکل (۶) از غرب و شمال‌غرب در جهت جریان عمومی آب زیرزمینی مقادیر آبگذری افزایش قابل‌توجهی را نشان می‌دهد. بر اساس آن مقادیر نفوذپذیری در مرکز دشت در حدود ۱۶ متر بر روز بوده که دارای بیشترین نفوذپذیری است. در بخش تخلیه و کناره‌های دشت بین ۵ الی ۸ متر بر روز در تغییر است. مقادیر T و K نشان می‌دهد از کناره‌ها به مرکز دشت عمق آبخوان افزایش داشته و دارای رسوبات با نفوذپذیری بالا (احتمالا رسوباتی از قبیل شن و ماسه درشت تا ریز) تشکیل شده است. این مناطق می‌تواند از لحاظ بهره‌برداری با در نظر گرفتن دیگر شرایط، مکان‌های مساعدی را تشکیل دهند.

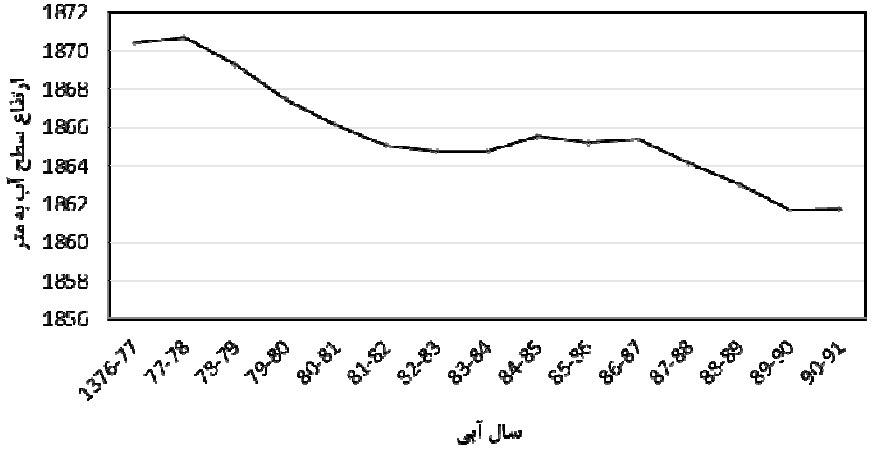


شکل ۵. نقشه هم‌عمق سطح ایستابی، الف) حداقل سطح آب زیرزمینی و ب) حداکثر سطح آب زیرزمینی دشت قروه سال ۹۰-۱۳۸۹



شکل ۶ . نقشه هم قابلیت انتقال آب دشت قروه

با توجه به هیدروگراف واحد دشت قروه طی سال‌های ۹۰-۱۳۷۶ طبق شکل ۷ در سال‌های ۸۷-۱۳۸۶ به شدت نزول سطح ایستابی قابل مشاهده می‌باشد. برای محاسبه بیلان از هیدروگراف واحد سال آبی ۹۰-۱۳۸۹ استفاده می‌گردد. با توجه به هیدروگراف واحد ترسیم شده در سال آبی ۹۰-۱۳۸۹ در حدود ۰/۹۵ افت نسبت به سال گذشته نشان می‌دهد. از سال آبی ۷۶-۱۳۷۷ الی ۹۰- ۱۳۸۹ میانگین افت سالانه در حدود ۰/۸ متر برآورد شده است.

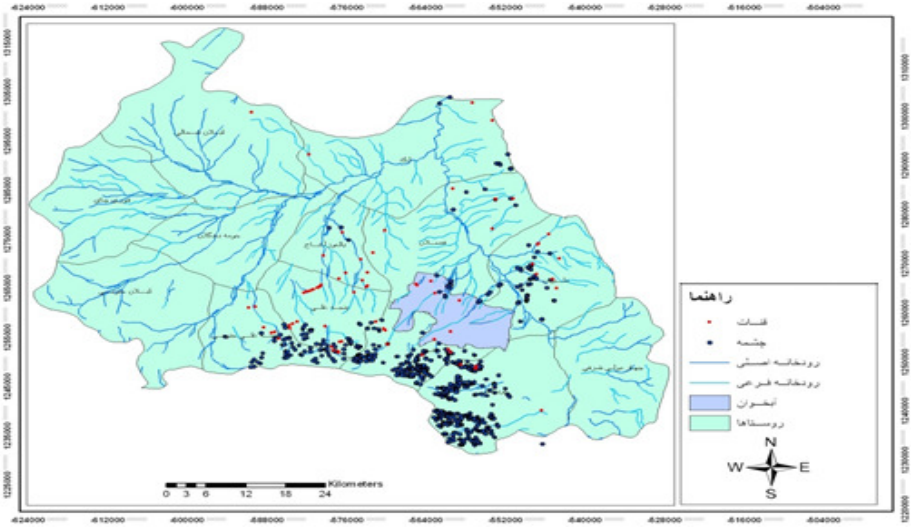


شکل ۷. نمودار هیدروگراف واحد سطح آب مطلق دشت قروه طی سال آبی ۱۳۷۶ تا ۱۳۹۰

منابع و مصارف آب‌های زیرزمینی: بر اساس مطالعات زمین‌شناسی و نتایج ژئوفیزیک منطقه، آبخوان اصلی دشت قروه در نیمه جنوبی حوضه آبریز قروه در حد فاصل ارتفاعات تا حوالی روستاهای مظفرآباد-امین‌آباد و خریله گسترش دارد. طبق آماربرداری سال ۱۳۹۲ در کل حوضه آبریز قروه تعداد چاه‌های عمیق و نیمه‌عمیق حفر شده و میزان بهره‌برداری آن‌ها به شرح جدول ۱ می‌باشد. چاه‌ها در جنوب و شرق قروه دارای تراکم بیشتری بوده و به همین دلیل و با توجه به هیدروگراف واحد، سطح آب زیرزمینی در این ناحیه افت بیشتری دارد.

منابع و مصارف آب‌های سطحی: در کل محدوده شهرستان قروه ۸۸۰ دهنه چشمه وجود دارد که از این تعداد ۲۹۵ دهنه چشمه در حوضه آبریز قروه و ۵۵ دهنه در خود محدوده آبخوان شناسایی شده است. چشمه‌ها اغلب در جنوب دشت و در حاشیه ارتفاعات و بخصوص در انتهای دره اوریه و ویهج واقع شده‌اند. آبدهی این چشمه‌ها بسیار کم است و عموماً مصرف کشاورزی دارند. ۹۳ دهنه چشمه کمتر از یک لیتر در ثانیه، ۱۷۰ دهنه بین ۱ تا ۵ لیتر در ثانیه،۲۳ دهنه بین ۵ تا۱۰ لیتر در ثانیه و۷ دهنه ۱۱ تا۲۰ لیتر در ثانیه آبدهی دارند. چشمه کانی قنبر ۳۰ لیتر در ثانیه آبدهی دارد. این چشمه‌ها از طریق ارتفاعات جنوب منطقه تغذیه می‌شوند. چشمه‌هایی که در اطراف رودخانه چم‌شور یا سر شاخه‌های آن قرار دارند، معمولا نقش زهکش منطقه را ایفا می‌کنند. در کل محدوده شهرستان قروه تعداد ۹۶ رشته قنات وجود دارد. شکل (۸) موقعیت چشمه‌ها و قنات‌های موجود در منطقه را نشان می‌دهد. بیشترین میزان دبی مربوط به قنات تازه‌آباد با ۳۵ لیتر در ثانیه می‌باشد. تخلیه سالانه قنوات در سال۹۱ در حدود ۷/۳ میلیون متر مکعب است.

بیلان: مساحت محدوده بیلان ۲۰۰/۸۴ کیلومتر مربع است. این محدوده از شمال به محور روستاهای سریش آباد-خریله، از جنوب به ارتفاعات کوه‌های بیر، دروازه و کوه سنگ سیاه، از غرب به حاشیه ارتفاعات کوه بی‌خیر و کوه ابراهیم‌آباد و از شرق به تپه‌های حاجی‌آباد منتهی می‌شود. با استفاده از نقشه محدوده بیلان، نقشه قابلیت انتقال آب زیرزمینی، معادله دارسی، مقاطع ورودی و خروجی هیدرولیک آب زیرزمینی دشت قروه محاسبه گردید. طبق جدول (۲) و میزان جریان آب ورودی برای سال آبی ۹۰-۱۳۸۹ برابر با ۱۰/۵۱۶ میلیون متر مکعب می‌باشد.



شکل ۸. موقعیت چشمه‌ها و قنوات در محدوده شهرستان و محدوده مطالعاتی دشت قروه

جدول ۱. تعداد چاه‌های عمیق و نیمه‌عمیق شهرستان قروه تا تاریخ ۱۳۹۲/۶/۱۳

چاه‌های عمیق				چاه‌های نیمه‌عمیق			
تعداد	اراضی (ha)	آبدهی (lit/s)	حجم برداشت (mcm)	تعداد	اراضی (ha)	آبدهی (lit/s)	حجم برداشت (mcm)
۷۹۸	۱۰۰۰۷/۳۱	۱۱۱۲۹/۵۲	۶۸/۰۶	۹۴۸	۴۹۲۳/۴	۶۰۲۱	۳۲/۶

جدول ۲. جریان‌های ورودی آب زیرزمینی برای مقاطع مختلف در محدوده بیلان دشت قروه برای سال آبی ۹۰-۱۳۸۹

شماره مقطع	طول مقطع (کیلومتر)	گرادیان هیدرولیک (i) ۱/۱۰۰۰	ضریب قابلیت انتقال (T)	دوره بیلان (روز)	حجم جریان ورودی (MCM)
۱	۱/۸۳	۵/۴۶۸	۴۵۰	۳۶۵	۱/۶۴۲۵
۲	۱/۴۳	۶/۹۷	۴۲۵	۳۶۵	۱/۵۵
۳	۱/۰۲۴	۹/۷۶۶	۳۸۵	۳۶۵	۱/۴۰۵
۴	۱/۵۸	۶/۳۳۹	۳۷۴	۳۶۵	۱/۳۶۵
۵	۰/۷۵۴	۱۳/۲۶۲	۳۷۰	۳۶۵	۱/۳۵
۶	۰/۷۴	۱۳/۵۲۸	۳۶۲	۳۶۵	۱/۳۲۱
۷	۱/۳۸۴	۷/۲۲۵	۳۴۰	۳۶۵	۱/۲۴۱
جمع					۱۰/۵۱۶

تغذیه سطحی محدوده بیلان

در محدوده مطالعاتی، تغذیه سطحی از مواردی همچون بارندگی، سیلاب، آب برگشتی کشاورزی، فاضلاب و جریان پایه رودخانه صورت می‌گیرد. جهت محاسبه تغذیه محدوده بیلان از طریق بارندگی یا نفوذ از دو طریق تورنت‌وایت و فائو استفاده شده است. متوسط بارش برای سال آبی ۹۰-۱۳۸۹ در سطح دشت برابر با ۳۰۰/۴ میلی‌متر و حجم بارش در سطح بیلان معادل ۶۰/۳۳ میلیون متر مکعب است.

محاسبه تغذیه با روش فائو: مقادیر نفوذ با توجه به رابطه (۲) با استفاده از میزان بارندگی، تبخیر پتانسیل و دما محاسبه می‌گردد (مقیمی، ۱۳۸۸).

$$F = 0.8\sqrt{R - ClogE} \qquad (۲)$$

که در این رابطه: F : میزان نفوذ در ماه بر حسب میلی‌متر؛ R: بارندگی ماهانه بر حسب میلی‌متر؛ E: تبخیر و تعرق پتانسیل ماهانه بر حسب میلی‌متر؛ C: اندیس حرارتی نفوذ وابسته دما. میزان نفوذ محاسبه شده برای سال آبی ۹۰-۱۳۸۹ به شرح جدول (۳) می‌باشد. در سال آبی ۹۰-۱۳۸۹ میزان نفوذ برای دشت قروه با توجه به روش فائو ۱۲٪ و براساس روش ترنت‌وایت ۱۶٪ بدست آمده است. با توجه به شرایط اقلیمی، زمین‌شناسی، بارش و دیگر عوامل تاثیرگذار بر میزان نفوذ می‌توان با روش میانگین در حدود ۱۳ الی ۱۴٪ از بارش، به میزان نفوذ تخصیص داده شد. میزان نفوذ در مساحت کل محدوده مطالعاتی، حجمی معادل با۸/۴۴ میلیون متر مکعب را به مخزن آبخوان افزود.

جدول ۳. میزان نفوذ محاسبه شده برای سال آبی ۹۰-۱۳۸۹

ماه‌ها / پارامتر	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	جمع
درجه حرارت	۱۸/۱	۱۰/۲	۵/۸	-۲/۹	-۳/۲	۰/۷	۹/۶	۱۳/۶	۲۰/۷	۲۴/۴	۲۶	۲۱/۲	
ضریب c	۲/۳۳	۱/۸۴	۱/۴۱	۰	۰	۰/۱۹	۱/۷	۱/۶۸	۲/۰۹	۲/۰۶	۲/۲۳	۲/۲۸	
Etpc(mm)	۷۵/۶۸	۲۹/۳۲	۱۳/۹۵	۰	۰	۰/۸	۳۵/۲۳	۶۴/۲۷	۱۱۷/۵۱	۱۴۷/۱۵	۱۵۴/۵۷	۱۰۲/۱۶	۷۴۰/۶۴
Log Etpc	۱/۸۸	۱/۴۶	۱/۱۴	۰	۰	۰	۱/۵۴	۱/۸	۲/۰۷	۲/۱۶	۲/۱۹	۲	
P(mm)	۰/۵	۲۴/۸	۳۷/۱	۴۱/۴	۲۰/۳	۳۷/۸	۶۱	۷۷/۲	۰/۳	۰	۰	۰	۳۰۰/۴
میزان نفوذ	۰	۳/۷۶	۴/۷۶	۵/۱۴	۳/۶	۴/۹۲	۶/۱	۶/۸۹	۰	۰	۰	۰	۳۵/۱۷

تغذیه از طریق جریان‌های سطحی و سیلاب‌ها (رواناب،Rr): در محدوده دشت قروه رودخانه اصلی شامل رودخانه چم‌شور است که توسط دو ایستگاه دلبران و شادی‌آباد میزان دبی رودخانه اندازه‌گیری می‌شود. متوسط دبی رودخانه چم‌شور طبق آمار ۱۵ ساله، ۰/۱۸۲ میلیون متر مکعب می‌باشد (جدول ۴). با توجه به روش ترنت‌وایت میانگین رواناب سالانه در دشت قروه بطور تخمینی در حدود ۰/۱۴ مترمکعب برثانیه برآورد شده است. در نتیجه با در نظر گرفتن ۱۴٪ نفوذ، مقدار آبی که از طریق رواناب وارد آبخوان می‌شود در حدود ۰/۸ میلیون مترمکعب محاسبه شده است. حجم کل رواناب وارد شده به دشت در سال بیلان آبی ۹۰-۱۳۸۹ برابر با ۳۴/۸ میلیون مترمکعب بر سال است. با توجه به نفوذ ۱۴٪ در حدود ۵ میلیون مترمکعب حجم رواناب وارد آبخوان می‌شود. جمعا میزان نفوذ از رواناب‌های دائم و فصلی برابر با ۵/۸ میلیون مترمکعب خواهد شد.

تغذیه از طریق چاه‌های کشاورزی و صنعتی: حجم آب برداشت شده از این چاه‌ها ۲۸/۵۶ میلیون مترمکعب است. که با احتساب ۴۰ درصدی آب نفوذی از این چاه‌ها به میزان ۱۱/۴۲۴ میلیون متر مکعب آب به سفره نفوذ می‌کند.

تغذیه از طریق چاه‌های شرب: میزان برداشت از آب چاه‌ها برای مصارف شرب معادل ۷/۸۶ میلیون مترمکعب است. حجم آب تغذیه شده از طریق این چاه‌ها معادل ۵/۵ میلیون مترمکعب می‌باشد.

تغذیه از طریق چشمه‌ها و قنوات: با توجه به اینکه چشمه‌ها و قنوات اغلب خارج از محدوده دشت قروه واقع‌اند و تعداد کمی از آن‌ها در این محدوده وجود دارند، لذا تغذیه آبخوان از طریق این منابع کم بوده و به میزان ۰/۳۹ میلیون متر مکعب می‌باشد.

پارامترهای تخلیه کننده بیلان

تخلیه توسط چاه‌ها: حجم آب تخلیه شده توسط چاه‌های کشاورزی و صنعت ۲۸/۵۶ و چاه‌های شرب ۷/۸۶ میلیون مترمکعب است.

زهکش: در بخش شمال‌غربی دشت در حد فاصل روستای سریش‌آباد تا رودخانه ویهج (جنوب روستای شیخ‌جعفر) در فصول غیربهره‌برداری (دوره مرطوب) حدود ۱/۵ میلیون متر مکعب آب به صورت زهکش تولید و سپس وارد رودخانه شور شده و همراه با زهکش پایانه دشت چهاردولی از منطقه خارج می‌شود. باید توجه داشت که در دوره خشک حاشیه غربی دشت به دلیل افت سطح آب در آبخوان فاقد زهکش است.

تخلیه از طریق چشمه‌ها و قنوات: همان‌طور که اشاره شد چشمه‌ها و قنوات عمدتا خارج از محدوده دشت و بیلان قرار دارند و تخلیه توسط این منابع کلا معادل ۱/۳۸ میلیون متر مکعب است.

جریان خروجی آب زیرزمینی (Q_{out}): بر طبق محدوده بیلان و معادله دارسی، مقاطعی که آب از محدوده خارج می‌شود مشخص و حجم آب خروجی از محدوده بیلان محاسبه گردید (جدول ۴). میزان جریان خروجی آب زیرزمینی از سفره آبخوان محدوده بیلان برای سال آبی ۹۰-۱۳۸۹ جمعاً ۴۳/۲ میلیون متر مکعب می‌باشد.

تبخیر از سفره آب زیرزمینی محدوده بیلان(E): برای محاسبه تبخیر از سفره آب زیرزمینی لازم است نقشه هم عمق حداقل (۵ متر) سفره تنظیم گردید تا عمق نواحی کمتر از ۵ متر مشخص گردد. همان‌گونه که در نقشه هم عمق ترسیم شده برای محدوده بیلان دشت قروه قابل مشاهده است در تمام محدوده عمق آب بیشتر از ۵ متر بوده لذا تبخیری از آبخوان صورت نمی‌گیرد.

تغییرات حجم مخزن دشت قروه که از طریق محاسبه اجزای بیلان محاسبه شده در حدود منفی ۲۰/۵ میلیون مترمکعب بوده است (جدول ۵).

جدول ۴. جریان‌های خروجی آب زیرزمینی برای مقاطع مختلف در محدوده بیلان دشت قروه برای سال آبی ۹۰-۱۳۸۹

شماره مقطع	طول مقطع (کیلومتر)	گرادیان هیدرولیک (i) ۱/۱۰۰۰	ضریب قابلیت انتقال (T)	دوره بیلان (روز)	حجم جریان خروجی (MCM)
۱	۰/۴۶۷	۲۱/۴۳	۳۰۰	۳۶۵	۱/۰۹۵
۲	۰/۶۰۴	۱۶/۵۵	۳۰۰	۳۶۵	۱/۰۹۵
۳	۱/۰۶۱۸	۹/۴۲	۳۰۰	۳۶۵	۱/۰۹۵
۴	۰/۹۶۲	۱۰/۴	۳۰۰	۳۶۵	۱/۰۹۵
۵	۱/۵۵۲	۶/۴۴	۳۲۵	۳۶۵	۱/۱۸۶
۶	۲/۷۳۶	۳/۶۵	۴۵۰	۳۶۵	۱/۶۴۳
۷	۲/۲۰۵	۴/۵۳	۶۵۰	۳۶۵	۲/۳۷۳
۸	۳/۳۵۳	۲/۹۸	۶۲۵	۳۶۵	۲/۲۸۱
۹	۱/۶	۶/۲۵	۶۵۰	۳۶۵	۲/۳۷۳
۱۰	۱/۵۵	۶/۴۶	۶۶۰	۳۶۵	۲/۴۰۹
۱۱	۰/۸۶	۱۱/۶۴	۶۲۵	۳۶۵	۲/۲۸۱
۱۲	۰/۶۴	۱۵/۵۸	۶۰۰	۳۶۵	۲/۱۹
۱۳	۰/۵۶	۱۷/۹۱	۵۷۵	۳۶۵	۲/۰۹۹
۱۴	۰/۴۶۳	۲۱/۵۹	۵۶۵	۳۶۵	۲/۰۶۲
۱۵	۰/۵۴۴	۱۸/۳۷	۵۴۵	۳۶۵	۱/۹۹
۱۶	۰/۳۱	۳۲/۲۱	۵۳۰	۳۶۵	۱/۹۳
۱۷	۰/۲۴	۴۱/۹۳	۵۲۵	۳۶۵	۱/۹۱۶
۱۸	۰/۴۸	۲۰/۹۲	۵۲۵	۳۶۵	۱/۹۱۶
۱۹	۰/۷۶	۱۳/۱۸	۳۵۸	۳۶۵	۱/۳۰۷
۲۰	۱/۰۷۶	۹/۳	۳۵۸	۳۶۵	۱/۳۰۷
۲۱	۱/۵۷	۶/۳۵	۳۹۵	۳۶۵	۱/۴۴
۲۲	۱/۰۵۳	۹/۵	۳۸۵	۳۶۵	۱/۴۰۵
۲۳	۱/۵۶	۶/۴	۳۵۰	۳۶۵	۱/۲۸
۲۴	۱/۷۹	۵/۵۸	۳۶۰	۳۶۵	۱/۳۱۴
۲۵	۰/۹۳۶	۱۰/۶۸	۳۵۰	۳۶۵	۱/۲۸
۲۶	۱/۴	۷/۱۴	۲۵۰	۳۵۶	۰/۹۱۳
جمع=۴۳/۲۷۴۴					

جدول ۵. میانگین بیلان محدوده مطالعاتی برای سال آبی ۹۰-۱۳۸۹ مقادیر بر حسب میلیون متر مکعب

ردیف	اجزای ورودی بیلان	حجم(MCM)	اجزای خروجی بیلان	حجم (MCM)
۱	جریان ورودی زیرزمینی	۳۰/۴		
۲	تغذیه از نفوذ مستقیم ریزش‌های جوی در سطح بیلان	۸/۴۴		
۳	تغذیه از طریق چاه‌های شرب، چشمه و قنوات	۵/۹		
۴	تغذیه از طریق جریان سطحی	۵/۸		
۵	تغذیه از آب برگشتی کشاورزی، صنعتی و خدماتی	۱۱/۵		
مجموع کل عوامل تغذیه کننده در حوضه بیلان		۶۲/۰۴		
۱			جریان خروجی زیرزمینی	۴۳/۲۸
۲			برداشت از منابع زیرزمینی (چاه، چشمه و قنوات)	۳۷/۸
۳			زهکشی آب زیرزمینی	۱/۵
مجموع کل عوامل تغذیه کننده در حوضه بیلان				۸۲/۵۸
اختلاف حجم آب ورودی و خروجی به آبخوان برابر با منفی ۲۰/۵ میلیون متر مکعب می‌باشد				

از طرف دیگر با استفاده از رابطه (۳) می‌توان تغییرات حجم مخزن را در سال آبی مورد مطالعه محاسبه کرد:

$$\pm\Delta V = \pm\Delta h \times A \times S \qquad (۳)$$

در این رابطه میزان تغییرات سطح ایستابی (±Δh) که از طریق هیدروگراف واحد بدست آمده برابر با منفی ۰/۹ متر می‌باشد که به معنی افت سطح آب در آبان ۱۳۹۰ نسبت به سال ۱۳۸۹ می‌باشد. مساحت حوضه بیلان (A) برابر با ۲۰۰/۸ کیلومتر مربع و ۷٪ برای ضریب ذخیره (S) با اینکه در تست پمپاژ کمتر از ۲٪ محاسبه گردید در نظر گرفته شد. بنظر می‌رسد در حین اندازه‌گیری سطح ایستابی و در زمان تست پمپاژ خطاهای فاحشی رخ داده است. در نتیجه با توجه به شرایط زمین‌شناسی، خصوصیات هیدرودینامیکی و مخصوصا مقادیر ضریب آبگذری می‌توان میزان ضریب ذخیره را در حدود ۷ ٪ در نظر گرفت. تغییرات حجم آبخوان محدوده مطالعاتی برابر با ۱۲/۶۵ میلیون مترمکعب خواهد بود. اختلاف بین محاسبه اجزای بیلان که در جدول ۵ دیده می‌شود با مقدار بدست آمده از رابطه ۳، نشان می‌دهد این میزان خطا می‌تواند ناشی از محاسبات تقریبی هواشناسی و هیدرولوژی محاسبه شده و یا خطاهای اندازه‌گیری و پارامترهای هواشناسی همچون میزان تبخیر از سطح ایستابی که قابل اندازه‌گیری نبوده‌اند، باشد.

آنالیز فیزیکوشیمیایی نمونه‌های آب زیرزمینی و بررسی شاخص‌ها: نتایج آنالیز نمونه‌های خرداد و مهرماه سال۱۳۷۶ و ۱۳۹۰ در جدول‌های (۶)، (۷)، (۸) و (۹) ارائه شده است. در تجزیه و تحلیل‌های انجام گرفته، نمونه‌هایی که درصد خطای کمتر از ۶٪ دارند، مورد استفاده قرار گرفته‌اند. شکل ۹ موقعیت نقاط نمونه‌برداری شده را نشان می‌دهد.

شکل‌های (۱۰) میزان TDS درخرداد ماه سال ۱۳۷۶ و ۱۳۹۰ را در دشت قروه نشان می‌دهد. غلظت TDS در سال آبی ۱۳۷۶ بیشترین مقدار را در شمال شرقی دشت داشته و در دیگر قسمت‌ها از میزان آن کاسته شده است. در مقایسه با سال آبی ۱۳۹۰ غلظت مواد جامد محلول در سال ۱۳۷۶ بیشتر است. با توجه به بیلان منفی آب زیرزمینی دشت مورد نظر باید نتیجه آنالیز برعکس این حالت باشد هر چند که میزان TDS در سال ۱۳۷۶ چندان زیاد نیست اما با توجه به تغذیه مصنوعی که در دشت در حال انجام می‌باشد، می‌تواند دلیلی بر این موضوع باشد.

بررسی قابلیت هدایت الکتریکی(Ec): هدایت الکتریکی آب معرف قدرت یونی یک محلول برای انتقال جریان الکتریکی است. Ec برعکس مقاومت الکتریکی، هرچه میزان املاح محلول در آب بیشتر باشد هدایت الکتریکی آن افزایش می‌یابد و به تبع آن کیفیت آب

نامطلوب‌تر می‌گردد. برای نشان دادن وضعیت شوری آب منطقه از نقشه‌های هم هدایت الکتریکی در محدوده دشت قروه با استفاده از آنالیز شیمیایی چاه‌های مشاهده‌ای برای خردادماه و مهرماه سال‌های ۱۳۷۶ و ۱۳۹۰ ترسیم شده است. باتوجه به نتایج آنالیز فیزیکوشیمیایی داده‌ها بیشترین میزان Ec مربوط به سال آبی ۷۸-۱۳۷۷، ۶۴۸/۴۳ میکروموس بر سانتی‌متر و کمترین مقدار در سال آبی ۱۳۹۰ با ۴۶۳/۶۶ میکروموس بر سانتی‌متر می‌باشد. همان‌طور که در شکل‌های (۱۱) نشان داده شده است قابلیت هدایت هیدرولیکی در خرداد ماه سال ۱۳۷۶نسبت به سال ۱۳۹۰ بیشتر بوده که ارتباط مستقیمی با مقدار مواد محلول در آب دارد. بیشترن میزان EC در شمال‌شرقی، شرق و جنوب‌شرقی می‌باشد.

جدول ۶ . نتایج آنالیزهای فیزیکوشیمیایی نمونه‌های آب زیرزمینی دشت قروه بر حسب میلی اکی والان بر لیتر (خرداد ۱۳۷۶)

نام محل	SAR	TDS	Na%	TH	درصد خطا	جمع آنیون	SO4	HCO	CO3	CL	جمع کاتیون	Mg	Ca	K	Na	pH	EC
شکوه آباد	۰/۳۵۳	۲۵۸	۱۱/۱۹	۱۹۳	۵/۵۴	۳/۹۲	۰/۰۴	۳/۳۵	۰	۰/۵۳	۴/۳۸	۰/۹۱	۲/۹۵	۰/۰۳	۰/۴۹	۸/۲۵	۴۰۳
سریش آباد	۰/۳۴۸	۲۱۸	۱۲/۰۶	۱۶۰	۳/۶۹	۳/۳۹	۰/۰۳	۳/۱۵	۰	۰/۲۱	۳/۶۵	۰/۸۷	۲/۳۳	۰/۰۱	۰/۴۴	۸/۳	۳۴۱
مظفرآباد	۰/۶۳	۳۰۵	۱۸	۲/۰۴	۱/۴۲	۴/۸۶	۱/۴۵	۲/۸۵	۰/۱	۰/۴۶	۵	۱/۰۳	۳/۰۵	۰/۰۲	۰/۹	۸/۵۵	۴۷۶
دیوزند	۰/۳۶۹	۳۳۷	۱۰/۱۹	۲۶۴	۳/۰۶	۵/۵۴	۰/۰۸	۴/۹	۰/۱	۰/۴۶	۵/۸۹	۱/۴۳	۳/۸۵	۰/۰۱	۰/۶	۰/۴۵	۵۲۷
سنگین آباد	۰/۲۹۵	۲۲۶	۹/۹۷	۱۷۵	۲/۰۹	۳/۷۵	۰/۰۲	۳/۴۵	۰	۰/۲۸	۳/۹۱	۰/۸۵	۲/۶۵	۰/۰۲	۰/۳۹	۸/۲۵	۳۵۳
خریله	۰/۴۷۱	۳۹۳	۱۲/۱۲	۲۸۹	۰/۶۱	۶/۵۲	۱/۷	¾	۰/۱	۰/۴۲	۶/۶	۱/۵۳	۴/۲۵	۰/۰۲	۰/۸	۸/۴	۶۱۴
قاسم آباد	۰/۴۷۸	۲۷۱	۱۴/۳۵	۲۰۲	۰/۴۲	۴/۷	۰/۶	۳/۶۵	۰/۱	۰/۳۵	۴/۷۴	۱/۱۹	۲/۸۵	۰/۰۲	۰/۶۸	۸/۴۵	۴۲۳

جدول ۷. نتایج آنالیزهای فیزیکوشیمیایی نمونه‌های آب زیرزمینی دشت قروه بر حسب میلی اکی والان بر لیتر (مهرماه ۱۳۷۶)

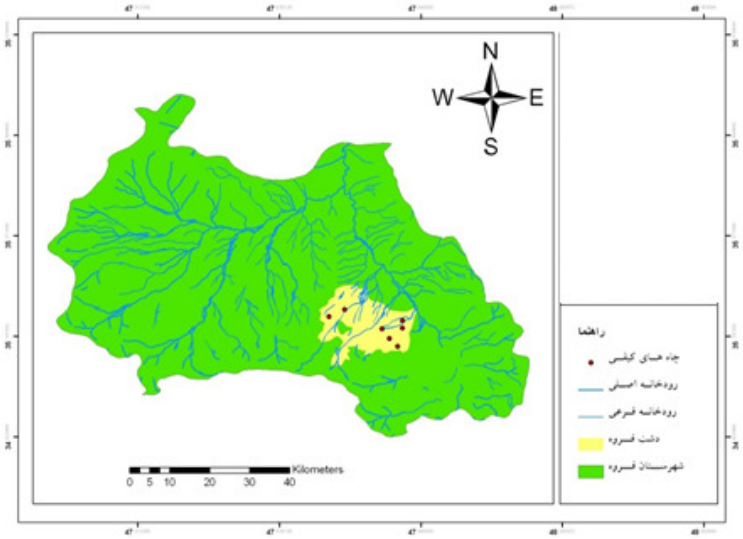
نام محل	SAR	TDS	Na%	TH	صد خطا	مع آنیون	SO4	HCO	CO3	CL	جمع کاتیون	Mg	Ca	K	Na	pH	EC
شکوه آباد	۰/۳۲۳	۲۳۷	۱۰/۵۲	۱۸۶	۷/۱۸	۳/۶۲	۰/۱	۳/۲	۰	۰/۳۲	۴/۱۸	۱/۰۷	۲/۶۵	۰/۰۲	۰/۴۴	۸	۳۷۰
سریش آباد	۰/۳۴۸	۲۲۸	۱۲/۲۹	۱۵۳	۳/۲۴	۳/۲۸	۰/۲۱	۲/۷۵	۰	۰/۳۲	۳/۵	۰/۶۶	۲/۴	۰/۰۱	۰/۴۳	۸/۱۵	۳۵۷
مظفرآباد	۰/۶۷	۵۱۸	۱۷/۹۲	۲۳۲	۱/۱۶	۵/۵۶	۲/۲۵	۲/۸۵	۰	۰/۴۶	۵/۶۹	۱/۴۳	۳/۲۱	۰/۰۳	۱/۰۲	۸	۳۳۲
دیوزند	۰/۲۹۸	۳۳۷	۸/۱۴	۲۸۱	۴/۸۷	۵/۵۷	۰/۲۸	۴/۹	۰	۰/۳۹	۶/۱۴	۱/۵۹	۴/۰۳	۰/۰۲	۰/۵	۷/۹	۵۲۶
سنگین آباد	۰/۳۲۱	۲۲۸	۱۱/۱۱	۱۶۳	۰/۴۱	۳/۶۶	۰/۰۸	۳/۳	۰	۰/۲۸	۳/۶۹	۰/۷۱	۲/۵۵	۰/۰۲	۰/۴۱	۷/۹۵	۳۵۶
خریله	۰/۵۳۱	۳۳۲	۱۴/۳۲	۲۵۰	۰/۵۱	۵/۸	۱/۰۵	۴/۴	۰	۰/۳۵	۵/۸۶	۱/۲۸	۳/۷۲	۰/۰۲	۰/۸۴	۷/۹	۵۱۸
قاسم آباد	۰/۴۱۱	۲۶۰	۱۲/۶۶	۱۹۹	۳/۷۴	۴/۲۵	۰/۰۸	۳/۸۵	۰	۰/۳۲	۴/۵۸	۰/۹۸	۳	۰/۰۲	۰/۵۸	۷/۹۵	۴۰۷

جدول ۸. نتایج آنالیزهای فیزیکوشیمیایی نمونه‌های آب زیرزمینی دشت قروه بر حسب میلی اکی والان بر لیتر (مهر ۱۳۹۰)

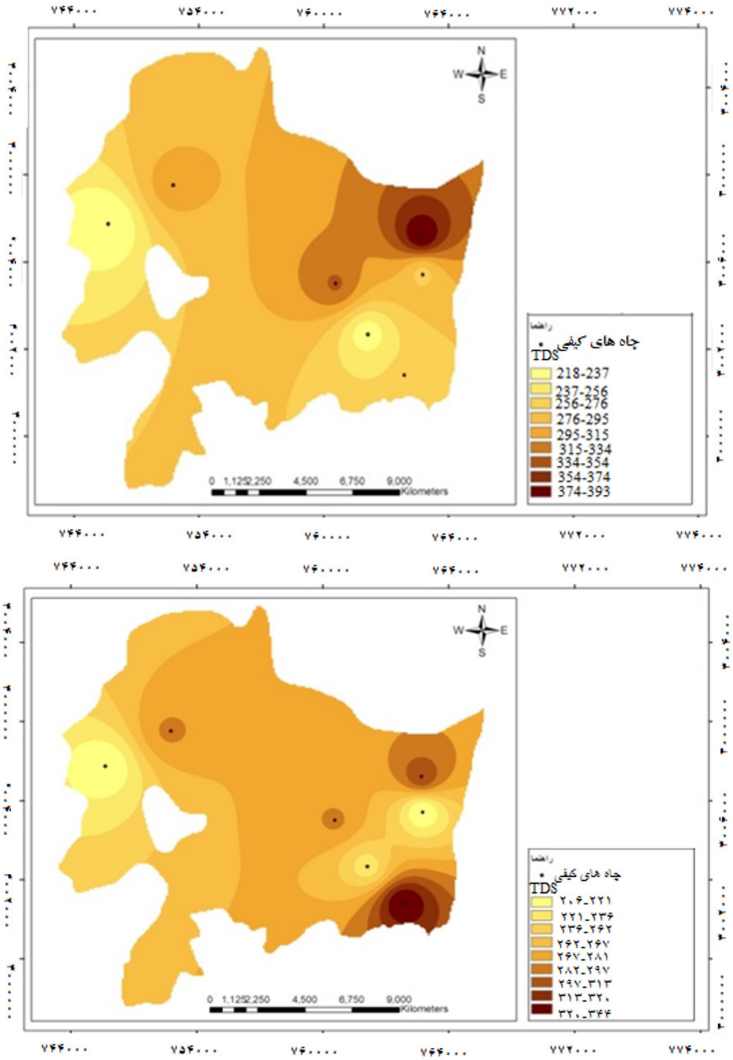
نام محل	EC	pH	Na	K	Ca	Mg	جمع کاتیون	CL	CO3	HCO	SO4	جمع آنیون	صد خطا	TH	٪Na	TDS	SAR
شکوه آباد	۵۳۸	۷.۸۵	۱.۵۲	۰.۰۷	۳.۰۵	۱.۱۱	۵.۷۵	۰.۲۱	۰	۲.۷۱	۰.۲۵	۳.۵۷	۲.۳۹	۲۰۸	۲۶.۴	۳۴۴	۱.۰۵
سریش آباد	۳۱۴	۸.۰۵	۰.۴۸	۰.۰۲	۲	۰.۸۸	۳.۳۸	۰.۱۶	۰	۲.۵۷	۰.۲۷	۳.۳	۱.۲	۱۴۴	۱۴.۲	۲۱۰	۰.۴
مظفرآباد	۴۴۶	۸.۰۵	۰.۷۶	۰.۰۲	۲.۸	۱.۰۶	۴.۶۴	۰.۳۸	۰	۲.۳۶	۱.۶	۴.۶۴	۰	۱۹۳	۱۶.۴	۲۸۵	۰.۵۵
دیوزند	۴۴۵	۸.۱۵	۰.۴۳	۰.۰۲	۳.۲	۱.۱۸	۴.۸۳	۰.۲۳	۰.۱۵	۳	۱.۱۷	۴.۷۵	۰.۸۴	۲۱۹	۸.۹	۲۸۵	۰.۲۹
سنگین آباد	۳۵۸	۸	۰.۴۱	۰.۰۲	۲.۶	۰.۶۸	۳.۷۱	۰.۲۸	۰	۲.۷۳	۰.۲۵	۳.۶۶	۰.۶۸	۱۶۴	۱۱.۱	۲۲۹	۰.۳۲
خریله	۴۸۶	۸	۰.۸۵	۰.۰۲	۳.۴	۱.۰۶	۵.۳۳	۰.۲۵	۰	۳.۷۳	۰.۹۸	۵.۲۶	۰.۶۶	۲۲۳	۱۶	۳۱۱	۰.۵۷
قاسم آباد	۳۲۲	۸.۱	۱.۰۲	۰.۰۳	۱.۹	۰.۶	۳.۵۵	۰.۱۳	۰.۱۵	۲.۹	۰.۲۱	۳.۴۹	۰.۸۵	۱۲۵	۲۸.۷	۲۰۶	۰.۹۱

جدول ۹ . نتایج آنالیزهای فیزیکوشیمیایی نمونه‌های آب زیرزمینی دشت قروه بر حسب اکی والان برلیتر(خرداد ماه ۹۰)

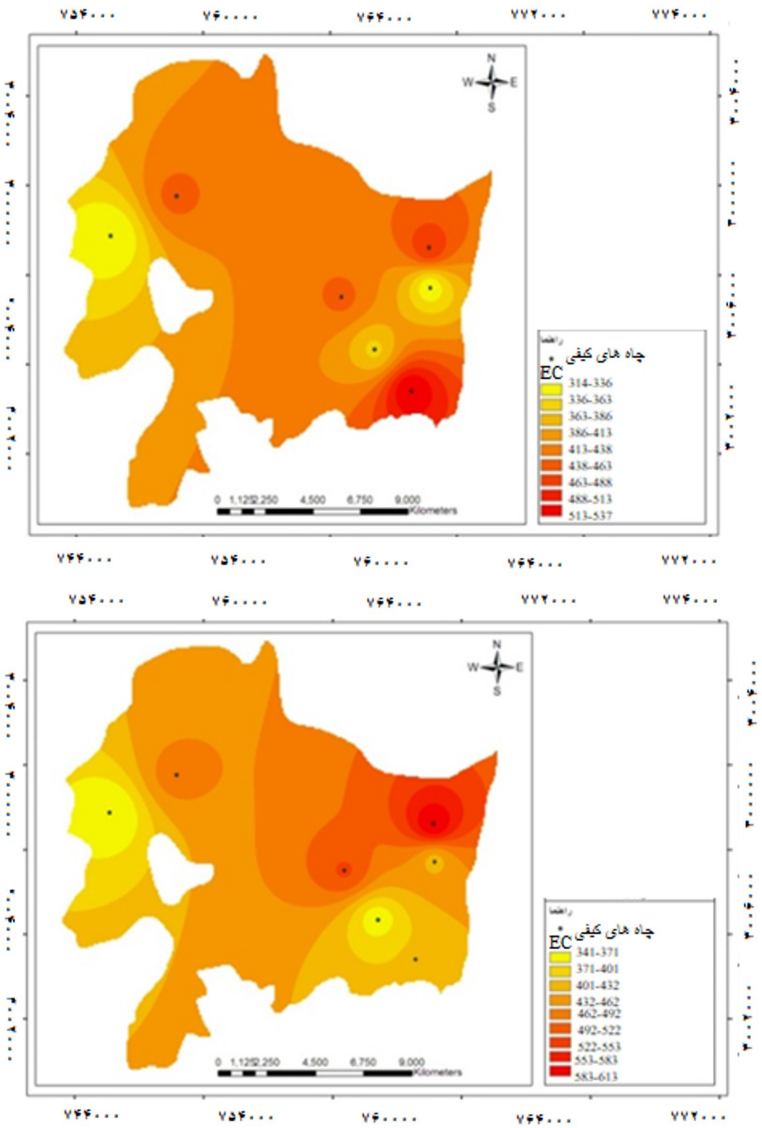
نام محل	SAR	TDS	Na%	TH	درصد خطا	جمع آنیون	SO4	HCO3	CO3	CL	جمع کاتیون	Mg	Ca	K	Na	pH	EC
شکوه آباد	۱/۱	۳۵۳	۲۷	۲۱۶	۰/۵	۶/۱	۲/۸	۲/۴	۰/۲	۰/۲۵	۶	۱/۳	۳/۱	۰/۰۷	۱/۶۱	۸/۳	۵۵۲
سریش آباد	۰/۴۲	۲۰۲	۱۵	۱۴۴	۱/۸	۳/۳	۰/۳	۲/۳	۰/۳	۰/۱۸	۳/۴	۰/۸	½	۰/۰۲	۰/۵	۸/۲	۳۱۶
مظفرآباد	۰/۵۸	۲۹۶	۱۷	۲۰۲	۱/۲	۴/۸	۱/۶	۲/۵	۰	۰/۴۲	۴/۹	۱/۱	۲/۹	۰/۰۳	۰/۸۲	۸/۱	۴۶۲
دیوزند	۰/۲۵	۲۹۱	۷/۷	۲۱۵	۰/۴	۴/۶	۰/۱	¾	۰	۰/۲۱	۴/۷	۰/۹	۳/۴	۰/۰۲	۰/۳۶	۷/۹	۴۵۴
سنگین آباد	۰/۳۲	۲۲۸	۱۱	۱۶۸	۰/۴	۳/۸	۰/۲	۲/۹	۰	۰/۳	۳/۸	۰/۹	۲/۵	۰/۰۳	۰/۴۲	۸/۱	۳۵۷
خریله	۰/۵۷	۳۱۱	۱۶	۲۲۳	۰/۷	۵/۳	۱	۳/۷	۰	۰/۲۵	۵/۳	۱/۱	۳/۴	۰/۰۲	۰/۸۵	۸	۴۸۶
قاسم آباد	۰/۹۱	۲۱۱	۲۸	۱۲۸	۰/۸	۳/۶	۰/۳	۲/۸	۰/۲	۰/۱۳	۳/۶	۰/۶	۲	۰/۰۳	۱/۰۳	۸/۲	۳۲۹



شکل ۹. موقعیت محل چاه‌های نمونه‌برداری شده پارامترهای کیفیت آب زیرزمینی



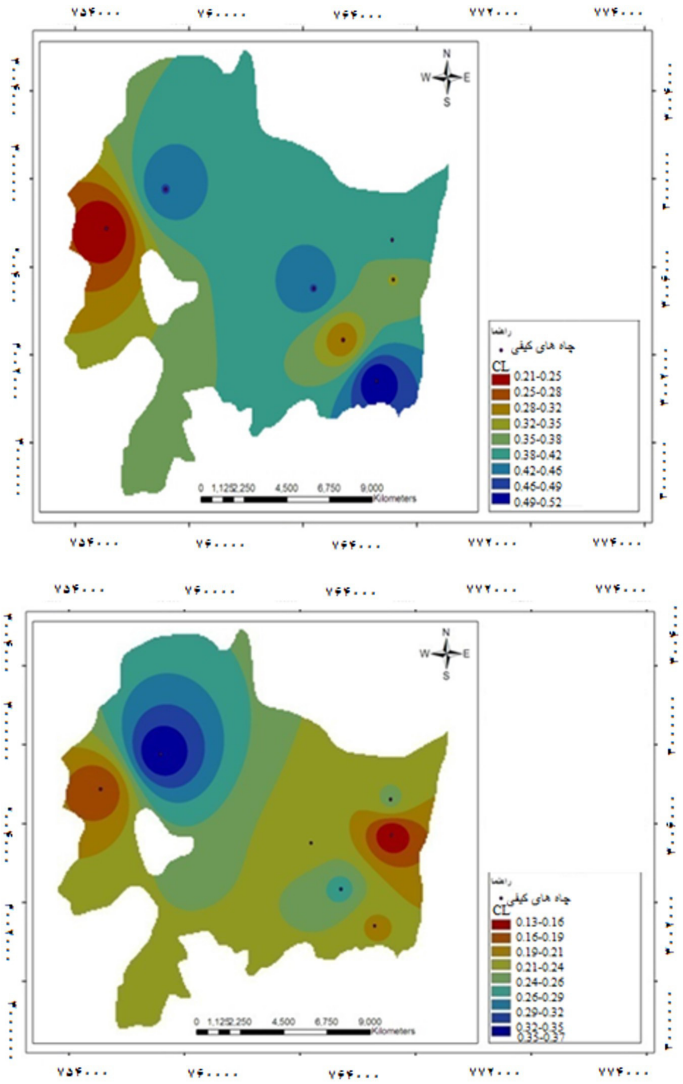
شکل ۱۰. نقشه میزان TDSدشت قروه، خرداد ماه ۱۳۷۶ و ۱۳۹۰



شکل ۱۱. نقشه میزان EC دشت قروه در خردادماه ۱۳۷۶ و ۱۳۹۰

تغییرات یون کلر

با توجه به جداول آنالیز کمترین میزان کلر در خرداد و مهرماه سال ۱۳۹۰ مربوط به چاه مشاهده‌ای قاسم‌آباد با ۰/۱۳ میلی‌گرم در لیتر و حداکثر آن در خرداد ماه سال ۱۳۹۰، ۰/۵۵ مربوط به چاه دزج و در مهرماه همان سال ۰/۶۲ مربوط به چاه ناظم‌آباد می‌باشد. مهمترین عاملی که باعث تغییرات و افزایش میزان کلر و سدیم در محدوده مطالعاتی شده است، بهره‌برداری بیش از حد، تغییرات شرایط اقلیمی، خشکسالی و نظیر آن‌ها باعث افت شدید سطح آب در دشت اشاره نمود. با توجه به حاکم بودن واکنش سنگ- آب احتمالا رسوبات غنی از سدیم با آب ترکیب شده و کلر موجود در اتمسفر که از طریق بارش وارد آب زیرزمینی می‌شود باعث به وجود آمدن ترکیب سدیم کلراید می‌شود. در شکل (۱۲) غلظت کلر در سال ۱۳۷۶ با توجه به آنالیز شیمیایی چاه‌های مشاهده‌ای در محدوده دشت قروه از قسمت‌های شرقی دشت به سمت غرب میزان آن کاهش یافته به طوری که در جنوب شرق دشت بیشترین میزان و در سمت غرب کمترین غلظت را دارد. اما در سال ۱۳۹۰ این روند تغییر کرده و کاملا برعکس شده است. که در سمت شمال غربی بیشترین مقدار و به طرف شرق دشت قروه از غلظت کلر کاسته می‌شود.



شکل ۱۲ . نقشه میزان CL دشت قروه در خرداد ماه ۱۳۷۶ و ۱۳۹۰

بررسی نقشه‌های SAR

نسبت جذب سدیم (SAR) نشانگر خطر افزایش سدیم در آب می‌باشد. پراکندگی یون سدیم در رس و ذرات کلوئیدی خاک و جانشینی آن با یون‌های کلسیم و منیزیم منجر به سفت شدن بافت خاک و کاهش نفوذپذیری می‌شود (تد، ۱۹۸۰). نسبت جذب سدیم یکی از عوامل تقسیم‌بندی آب جهت مصارف کشاورزی می‌باشد. میزان جذب سدیم در طول دوره آماری تغییر چندانی را متحمل نمی‌شود. کمترین مقدار در سال آبی ۱۳۸۰، ۰/۵۵ میلی‌گرم بر لیتر و بیشترین مقدار ۰/۸۸ میلی‌گرم بر لیتر در سال آبی ۱۳۸۸ می‌باشد. شکل‌های (۱۳) نسبت جذب سدیم را در دشت قروه نشان می‌دهند.

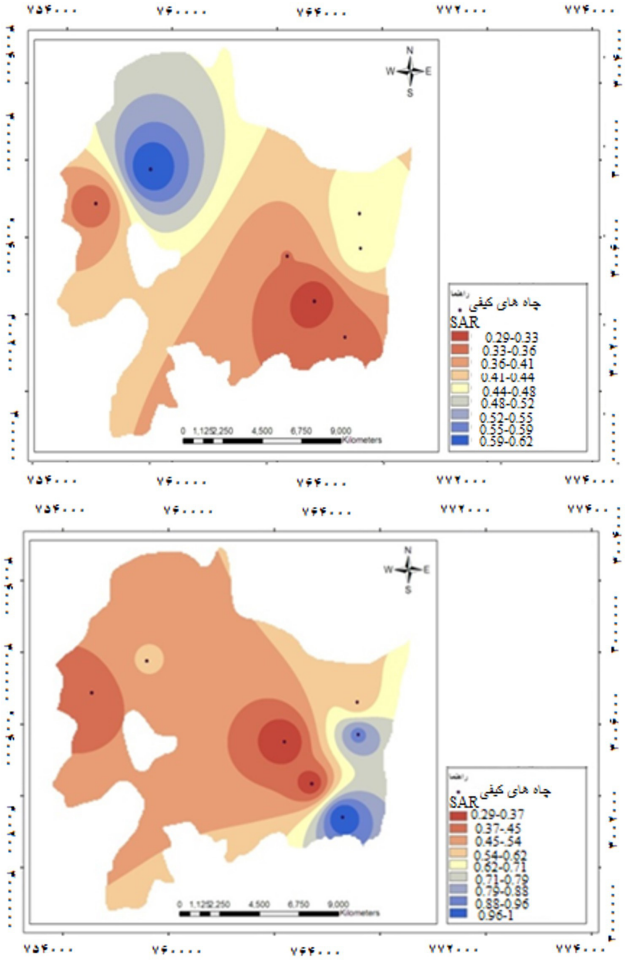
نتیجه‌گیری

۱- بر اساس اقلیم نمای آمبرژه اقلیم دشت قروه نیمه خشک سرد می‌باشد. بیشترین میزان بارندگی دراز مدت سالانه مربوط به ایستگاه پیرسلمان با ۴۳۷ میلی‌متر در سال و کمترین مقدار بارندگی در ایستگاه سلامت‌آباد با ۲۷۳/۲ میلی‌متر در سال ثبت شده است.

۲- قدیمی‌ترین رسوبات مشهود در این ناحیه از رسوبات پرمین است که گسترش کمی داشته و بطور نامنظم و با شیب غیریکنواخت در زیر رخنمون‌های دوران دوم قرار گرفته است. بیشتر دشت قروه رسوبات عهد حاضر بوده و از نوع آبرفتی می‌باشد. با توجه به نقشه زمین‌شناسی دشت دارای گسل‌های آنچنان فعالی نیست.

۳- گستره مورد بررسی شدیداً تحت تأثیر دگرگونی و ماگماتیسم قرار گرفته است. مهم‌ترین پدیده ساختاری منطقه قروه، دگرگونی است.

۴- جهت تهیه هیدروگراف واحد دشت قروه از ۲۴ عدد چاه پیزومتری استفاده شده است. و با توجه به روند هیدروگراف واحد ترسیم شده طی دوره آماری ۱۵ ساله (۹۰-۱۳۷۶)، سطح آب زیرزمینی در کل افت قابل‌توجهی را نشان می‌دهد. با توجه به نقشه هم‌عمق آب زیرزمینی محدوده دشت قروه، عمق آب زیرزمینی در شمال‌شرقی و جنوب‌غربی کمتر می‌باشد. در تمام محدوده عمق آب زیرزمینی بیشتر از ۵ متر بوده و در نتیجه تبخیر تاثیری بر آب زیرزمینی ندارد.



شکل ۱۳. نقشه میزان نسبت جذب سدیم دشت قروه، خرداد ماه ۱۳۷۶ و ۱۳۹۰

۵- چهار حلقه چاه اکتشافی در محدوده دشت قروه در نهشته‌های کواترنری جهت محاسبه قابلیت انتقال آب و ضریب ذخیره حفر شده است. میزان قابلیت انتقال آب در بخش مرکزی دشت در حدود ۴۰۰ متر مربع در روز و در بخش جنوب شرقی حدود ۶۰۰ متر مربع، در بخش خروجی دشت در حاشیه شمالی حدود ۵۰۰ و در مسیر دره اوریه و در دره ویهیج در حدود ۳۰۰ تا ۴۰۰ متر مربع در روز است و ضریب ذخیره نیز ۳ درصد برآورد گردیده است.

۶- نتایج مقایسه معادلات عوامل تغذیه و تخلیه آبخوان در فرمول $\sum Qin - \sum Qout = \pm \Delta V$ و تغییرات حجم مخزن با فرمول $\pm \Delta V = \pm \Delta h \times A \times S$ نشان‌دهنده افزایش برداشت‌ها و کافی نبودن تغذیه آبخوان و در نتیجه کاهش حجم مخزن و افت سطح آب زیرزمینی گردیده است.

۷- کیفیت آب زیرزمینی دشت قروه با استفاده از داده‌های مربوط به ۱۸ حلقه چاه با پراکندگی مناسب در یک دوره آماری ۱۵ ساله (سال‌های آماری ۷۷-۱۳۷۶ تا

۹۰-۱۳۸۹) بررسی شده است. در دشت قروه میزان املاح آب زیرزمینی و دامنه تغییرات آن برای فصول مختلف بسیار کم است. علت این موضوع، تغذیه آبخـوان از سنگ‌های دگرگونی و آذرین و آهک‌های جنوب منطقه می‌باشد.

۸- میزان TDS در تمام طول دوره آماری در محدوده مطالعاتی دشت قروه کمتر از ۱۰۰۰ppm بوده که نشانگر شیرین بودن آب در منطقه می‌باشد.

۹- با توجه به دیاگرام شولر کیفیت آب زیرزمینی دشت قروه از لحاظ شرب دارای کیفیت خوب می باشد.

۱۰- از لحاظ کشاورزی، کل دشت مورد مطالعه در طول دوره آماری در کلاس C2-S1 واقع شده‌اند. ایـن گونه آب‌ها کمی شور و مناسب برای کشاورزی می‌باشند.

پیشنهادات

جهت تعیین دقیق تر ویژگی‌های سفره آب زیرزمینی و بررسی خصوصیات هیدروژئولوژیکی سازندهای مختلف آبخوان باید چاه های با پراکندگی مناسبی در سطح دشت حفر گردد.

برای محاسبه هر چه بهتر میزان نفوذپذیری سفره و مشخص نمودن دقیق تر ضریب قابلیت انتقال سفره و ضریب ذخیره، لازم است که آزمایش پمپاژ مناسبی در سطح دشت انجام شود.

با توجه به اینکه در محدوده مطالعاتی بیشتر نقاط بحرانی بوده و قابلیت برداشت آب وجود ندارد لذا می‌توان با اجرای طرح‌های تغذیه مصنوعی سطح آب زیرزمینی آبخوان را تا حدی بالا آورد.

برای محاسبه بیلان دقیق‌تر در محدوده، بهتر است که چاه‌های پیزومتری بیشتری حفر گردد تا بتوان اطلاعات دقیق‌تری از نوسانات سطح ایستابی و مشخصات آبخوان بدست آورد.

منابع

جلیلی، خ.، مرادی، ح. ر.، بزرگ حداد، ا (۱۳۹۵) تحلیل بیلان آب زیرزمینی مبتنی بر دیدگاه کشاورزی پایدار در دشت اسلام‌آباد. نشریه مهندسی آبیاری و آب ایران. دوره ۶، شماره ۲۵، ص ۱۱۰-۱۲۷.

نور، ح (۱۳۹۶) ارزیابی روند مصرف منابع آب زیرزمینی و وضعیت کنونی آن در ایران. مجله سامانه‌های سطوح آبگیر باران. شماره ۵، دوره ۲، ص ۲۹-۳۸.

اصغری‌مقدم، ا (۱۳۸۹) اصول شناخت آب‌های زیرزمینی، انتشارات دانشگاه تبریز.

مقیمی، ه (۱۳۸۵) هیدروژئوشیمی، انتشارات دانشگاه پیام‌نور.

مقیمی، ه (۱۳۹۰) آب‌شناسی کاربردی، انتشارات دانشگاه پیام نور.

بهرامی‌نصب، ر.، پیرخراطی، ح.، عباس‌فام، ع.ر.، شیخی، ز (۱۳۹۹) ارزیابی کیفیت منابع آب زیرزمینی دشت کهریز و مقایسه روند تغییرات آن در طی سال‌های اخیر، نشریه یافته‌های نوین زمین‌شناسی کاربردی، دوره ۱۴، شماره ۲۸، ص ۱-۱۷.

احراری‌رودی، م (۱۳۹۷) ارزیابی اثرات خشکسالی بر کمیت و کیفیت منابع آب زیرزمینی استان سیستان بلوچستان. نشریه یافته‌های نوین زمین‌شناسی کاربردی، دوره ۱۲، شماره ۲۳، ص ۱۰۴-۱۱۳.

بایزیدی، م. و کاکی، م (۱۳۹۹) تغییـرات حـجم ذخـیره و بهره‌برداری از آبخوان‌های دشت‌های شرق استان کردستان. مجله اکو هیدرولوژی، دوره ۸، شماره ۱، ص ۵۸-۷۲.

مسماریان، ز. مساح بوانی، ع. ر. و جوادی پیربازاری، س (۱۳۹۵) تأثیر تغییر اقلیم بر بیلان آب زیرزمینی دشت شهرکرد در دوره‌های آتی. مجله اکو هیدرولوژی، دوره ۳، شماره ۲، ص ۲۳۳-۲۴۲.

Maimoona, R., Jin-Yong, L., Kideok, D. K (2019) Estimation of quantitative spatial and temporal distribution for groundwater storage in agricultural basin of Korea: implications for rational water use. Environmental Earth Sciences. 169. 10.1007%2Fs12665-019-8179-2.

Moseki, M., C (2017) Climate change impacts on groundwater: literature review. Environmental Risk Assessment and Remediation, 2(1): 16-20.

Todd, D. K (1980) Ground water hydrology, john Wiley and sons, Newyork, U.S.A., 336P.Evaluation of groundwater level changes on the quality of groundwater resources.

Evaluation of groundwater level changes on the quality of groundwater resources (Case study, Qorveh plain, Kurdestan province)

H. Moghimi[1*], A. Mohamadzadeh[2], E. Abbas Novinpour[3] and S. E. Amini[4]

1- Assist. Prof., Dept., of Geology, Faculty of Basic Sciences, Payam e Noor University, Tehran, Iran
2- M. Sc., of Geology (water resources), Faculty of Science, Urmia University, Urmia, Iran
3- Assist. Prof., Dept., of Geology, Faculty of Science, Urmia University, Urmia, Iran
4- Assist. Prof., Dept., of Chemistry, Faculty of Basic Science, Payam e Noor University, Tehran, Iran

*** homayounmoghimi@pnu.ac.ir**

Recieved: 2020/9/30 Accepted: 2021/3/13

Abstract

Qorveh catchment is located between Dehgolan and Chahar Doli catchments in Kurdistan province and 95 km east of Sanandaj and northwest of Hamadan. The general direction of ground water flow is mainly from southwest to northeast and in the direction of river flow. The groundwater level map of the study area shows that most parts of the alluvial plain area are not very exploitable to the extent that in some areas it shows a drop of up to 2.5 meters. Aquifer groundwater quality was evaluated using the results of data analysis of 18 wells in a statistical period of 15 years for the maximum (June) and minimum water table (October). In general, according to studies conducted in most parts of the plain, groundwater quality is good and acceptable for various uses. Water budget elements are calculated by different methods and based on the analysis of the volume of input and output elements from water budget area shows that this area is 47.6 MCM of water per year through the infiltration of rainfall, adjacent aquifers, runoff and floods. Wells, springs and canals enter and annually 53.01 MCM through evapotranspiration, operation and pumping of wells, discharge from canals, springs discharged. Studies and balance calculations show, from the viewpoint of discharge of groundwater resources with the problem.

Keywords: Groundwater level, Qorveh plain, Hydro geochemistry, Groundwater balance, Quality