مجله پژوهش آب ایران
سال هفتم/ شماره سیزدهم/ پاییز و زمستان ۱۳۹۲ (۱۵۷-۱۶۶)

بررسی و تحلیل لایه‌های آبدار در دشت ورزنه

علی اصغر صفری[۱*] و غلامرضا کمالی[۲]

چکیده

در این پژوهش وضعیت هیدرولوژی و هیدروژئولوژی آب‌های زیرزمینی دشت ورزنه مورد بررسی قرار گرفته است. در قسمت هیدرولوژی، میانگین دبی سالیانه رودخانه زاینده‌رود در ایستگاه‌های ورزنه و چوم و محاسبه هیدروگراف واحد در دشت قرق بررسی شده است. در قسمت هیدروژئولوژی نیز با نرم‌افزار RockWorks Ver.15 لاگ چاه‌ها و همچنین مدل زمین‌شناسی دشت ورزنه، با توجه به لاگ‌های منطقه و جنس لایه‌های آن‌ها تهیه شد و با استفاده از تراز آب زیرزمینی، نقشه متوسط تراز آب در سفره آزاد و تحت فشار در دشت ورزنه با نرم‌افزار Surfer Ver.10 تهیه و ترسیم شد. جریان و شیب هیدرولیکی آب زیرزمینی و همچنین نوسانات آب زیرزمینی در محدوده دشت بررسی شد. بیشترین شیب هیدرولیکی آب زیرزمینی به میزان ۰/۰۰۸ و از مرکز دشت به سمت جنوب شرقی است. از روی هیدروگراف واحد ۱۰ ساله دشت می‌توان دریافت که سطح آب زیرزمینی طی ۱۰ سال گذشته به میزان ۱/۳ متر افت داشته که متوسط افت سالانه ۱۳ سانتی‌متر بوده است.

واژه‌های کلیدی: تراز آب زیرزمینی، دشت ورزنه، سفره تحت فشار، هیدروژئولوژی.

ارجاع: صفری ع. ا. و کمالی غ. ر. ۱۳۹۱. بررسی و تحلیل لایه‌های آبدار در دشت ورزنه. مجله پژوهش آب ایران. ۷(۱۳):۱۵۷-۱۶۶.

Archive of SID

۱- کارشناسی ارشد مهندسی معدن گرایش مکانیک سنگ، دانشگاه تربیت مدرس تهران.
۲- استادیار گروه مهندسی معدن، دانشکده فنی، دانشگاه شهید باهنر کرمان.
* نویسنده مسئول: asghar.safari@modares.ac.ir
تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۱۲/۰۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۰۱/۱۹

www.SID.ir

مقدمه

آب‌های شور ۹۷ درصد از کل آب‌های روی کره زمین را به خود اختصاص داده‌اند. آب‌های شیرین شامل سه درصد باقیمانده می‌باشند، که دو سوم آن‌ها به صورت یخ زده و کوه‌های یخی هستند (سازمان نقشه‌برداری زمین‌شناسی ایالات متحده آمریکا، ۲۰۰۹). باقیمانده آب‌های شیرین به طور عمده در زیرزمین و میزان کمی در روی زمین و در هوا قرار دارند. مصرف آب در سراسر جهان برای آبیاری کشاورزی ۶۹ درصد بوده که این مقدار در مقابل آب آشامیدنی (دو تا پنج لیتر) قابل توجه است (واقعیت‌های سبز، ۲۰۰۸). مدیریت آب در کشاورزی در سال ۲۰۰۷ توسط موسسه مدیریت منابع آب جهانی در سریلانکا مطرح شده است (مولدن، ۲۰۰۷). بر اساس گزارش منتشر شده از این موسسه بیان شده است که برای جلوگیری از بحران جهانی آب، کشاورزان باید برای افزایش تولید کوشش کنند تا جوابگوی تقاضا برای غذا باشند در حالی که صنعت باید راه‌های برای کارایی بهتر برای استفاده از آب پیدا کنند (چارترس و وارما، ۲۰۱۰). تقریباً ۱۰ درصد رواناب‌ها در سراسر جهان برای مصارف ضروری انسان‌ها استفاده می‌شود. مناطقی از جهان سالانه در معرض سیل قرار دارند در حالی که مناطق دیگری در جهان وجود دارد که به علت بارش کم انسان قادر به زندگی در آنجا نیست. ارزیابی منابع آب زیرزمینی می‌تواند به شرایط زندگی بهتر کمک کند (راسلر و همکاران، ۲۰۰۶). در ایران نیز ضروری است که در مناطق مختلف به پژوهش و بررسی منابع آب پرداخته شود. استان اصفهان یکی از استان‌های خشک کشور است که دو سوم آب مورد نیاز آن که بالغ بر ۳۵۰۰ میلیون متر مکعب است از منابع آب زیرزمینی (چاه‌ها، قنوات، چشمه‌ها) تأمین می‌شود. که عمده مصرف آن در بخش کشاورزی است. به علت خشکسالی‌های اخیر و کاهش آب رودخانه زاینده‌رود تقاضای آب زیرزمینی افزایش یافته و این امر باعث افت سطح آب زیرزمینی در اغلب دشت‌های این حوضه شده است (میران‌زاده و مأمن‌پوش، ۱۳۸۷). رودخانه زاینده‌رود مهم‌ترین و حیاتی‌ترین رودخانه مرکزی استان اصفهان برای توسعه کشاورزی و تأمین آب بخش صنعت و کلیه فعالیت‌های اقتصادی است. رشد جمعیت و فعالیت صنایع بزرگ موجب افزایش تقاضا و رقابت در حوضه زاینده‌رود شده است، در این رابطه بخش کشاورزی بیشتر تحت تأثیر قرار گرفته است به طوری که کمبود آب نه فقط مشکلاتی برای آبیاری اراضی وسیع قابل آبیاری ایجاد کرده، بلکه منتج به شور شدن خاک‌ها در اراضی پایین‌دست حوضه و باعث کاهش کیفیت آب برگشتی به رودخانه شده است. حوضه آبریز زاینده‌رود، واقع در منطقه مرکزی ایران حوضه بسته‌ای است که هیچ راه خروجی به دریا ندارد. رودخانه زاینده‌رود به طول ۳۵۰ کیلومتر در امتداد غرب- شرق در جریان است. این رود از استان چهارمحال و بختیاری سرچشمه گرفته و به باتلاق گاو خونی در شرق می‌رسد (سالمی و همکاران، ۲۰۰۰).

ضیایی و چقاجردی (۱۳۸۴) بهره‌وری آب کشاورزی در حوضه زاینده‌رود را بررسی کردند و نتیجه‌گیری کردند که عرضه و تقاضای آب در شبکه‌ها بر هم منطبق نبوده و این سبب کاهش بهره‌وری آب مصرفی شده است. مولدن (۱۹۹۷) چارچوب مشخص کاری برای محاسبه آب را پیشنهاد کرد که طبق آن در اثر دخالت‌های بشر در سیکل هیدروژئولوژی و انعکاس آن، اجزا بیلان آب به گروه‌های مصارف گوناگون آب تقسیم شدند. منابع آب سطحی و زیرزمینی زیرحوضه‌های زاینده‌رود توسط سازمان آب منطقه‌ای اصفهان نظارت، کنترل و مطالعه می‌شود و آمارهای مربوطه هر سال منتشر می‌شود. در این پژوهش تغییرات میزان بارندگی فصل بهار و زمستان (فصول زراعی) سال‌های مختلف دشت ورزنه بررسی شد. در ارتباط با آب‌های زیرزمینی نیز با نرم‌افزار RockWorks15 و چاه‌های عمیق، نیمه‌عمیق و سطحی، دو سفره آب‌های آزاد و تحت فشار دشت ورزنه مدل‌سازی شده است که در قسمت هیدروژئولوژی بیان شده است هدف پژوهش بررسی نمودارهای مربوط به هیدروگراف واحد و عمق سطح آب، برای جریان آب در سفره‌های دشت ورزنه می‌باشد.

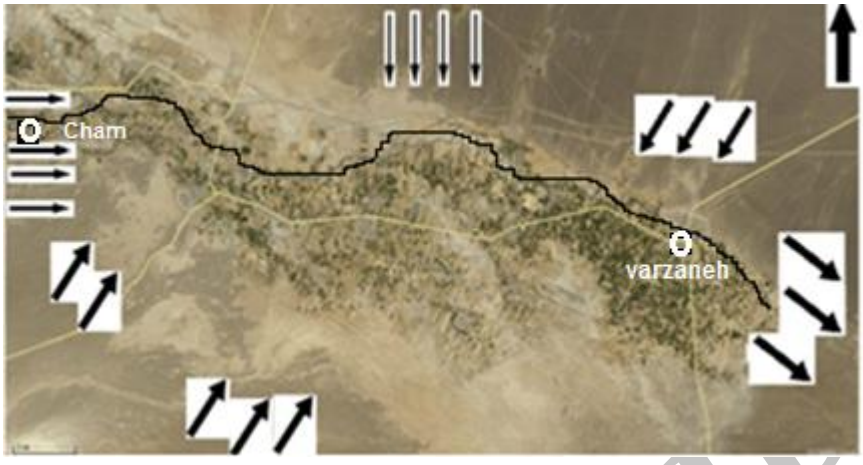
مواد و روش‌ها

شهر ورزنه مرکز بخش بن رود، در فاصله ۱۱۰ کیلومتری جنوب شرقی اصفهان قرار دارد و فاصله آن تا تالاب گاو خونی در قسمت شرق ۲۵ کیلومتر می‌باشد. این شهر در طول جغرافیایی ۵۲ درجه و ۳۹ دقیقه شرقی و عرض ۳۲ درجه و ۲۵ دقیقه شمالی قرار دارد (نجاری، ۱۳۸۴). چارچوب هیدرولوژیک آبخوان و عوامل بیلان از قبیل دریاچه‌ها، رودخانه‌ها، زه‌کش‌ها، چاه‌ها، مناطق تخلیه و تغذیه و مرزهای ورودی و خروجی به طور شماتیک در شکل ۱ مشخص شده است.

Archive of SID

www.SID.ir

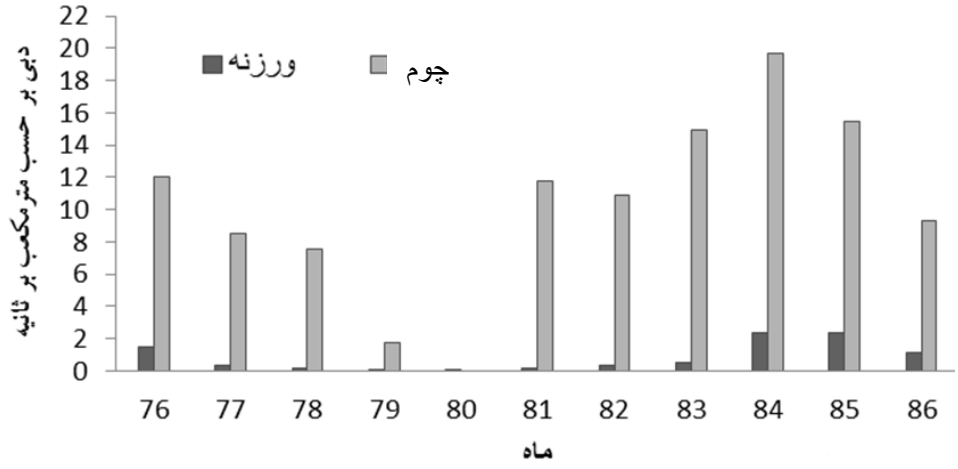
مدل مفهومی، ساده کردن شرایط روی زمین و وضعیت موجود چه از نظر فیزیکی و چه از نظر هیدروژئولوژیکی است. ابتدا محدوده مرزی آبخوان مورد مطالعه، مشخص می‌شود و سپس توپوگرافی سطوح بالا و پایین لایه‌ها فراهم می‌شود (اصغری‌مقدم، ۱۳۷۷).



شکل ۱- مدل مفهومی مربوط به دشت ورزنه

هیدرولوژی

دروگرز و میران‌زاده (۲۰۰۱)، نمودارهای طیفی سطح ایستابی حوضه زاینده‌رود را طی چند سال متوالی به دست آوردند. این نمودارها نشان می‌دهد که برداشت آب زیرزمینی بی‌رویه بوده و بیلان آن در حوضه زاینده‌رود روند منفی داشته است. در این پژوهش دبی رودخانه زاینده‌رود در ایستگاه‌های چوم و ورزنه بررسی شد که ایستگاه چوم مربوط به ورودی دشت ورزنه و ایستگاه ورزنه در انتهای دشت قرار دارد (شکل ۱). بررسی نمودار دبی میانگین ۱۰ ساله ایستگاه ورزنه و چوم، همان طور که در شکل ۲ دیده می‌شود، کاهش دبی در سال‌های ۱۳۷۸ تا ۱۳۸۲ را نشان می‌دهد، که بیانگر وقوع خشکسالی در این سال‌هاست. کاهش دبی در این مدت، می‌تواند به علت افزایش برداشت از آب رودخانه در طول مسیر باشد. همچنین در سال ۱۳۸۴ میانگین دبی آب رودخانه در ایستگاه ورزنه، به میزان ۲ متر مکعب بر ثانیه می‌رسد در حالی که دبی ورودی در چوم در همین زمان برابر با ۲۰ متر مکعب بر ثانیه است. که علت آن را می‌توان برداشت از آب رودخانه برای کشاورزی در بین مسیر دانست. میانگین دبی سالانه در سال ۸۶ در پل چوم برابر ۹ متر مکعب بر ثانیه است در حالی که در ورزنه این مقدار کمتر از یک متر مکعب بر ثانیه است. بنابراین برداشت‌های آبیاری در زیر پل چوم کاهش یافته و در ورزنه به صفر می‌رسد. البته در شرایط ترسالی، شاید سیلاب‌های رها شده به این نقطه برسند.



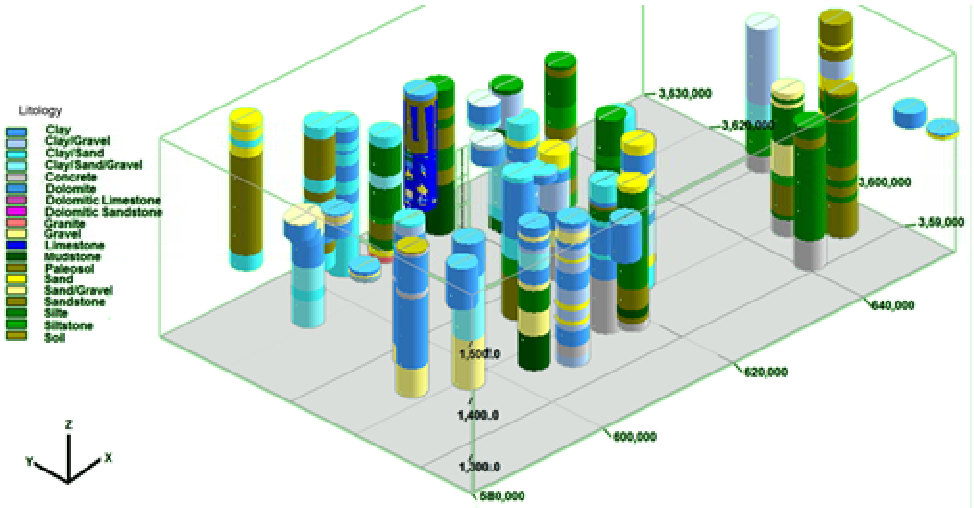
شکل ۲- نمودار دبی میانگین ۱۰ ساله ایستگاه ورزنه و چوم

Archive of SID

www.SID.ir

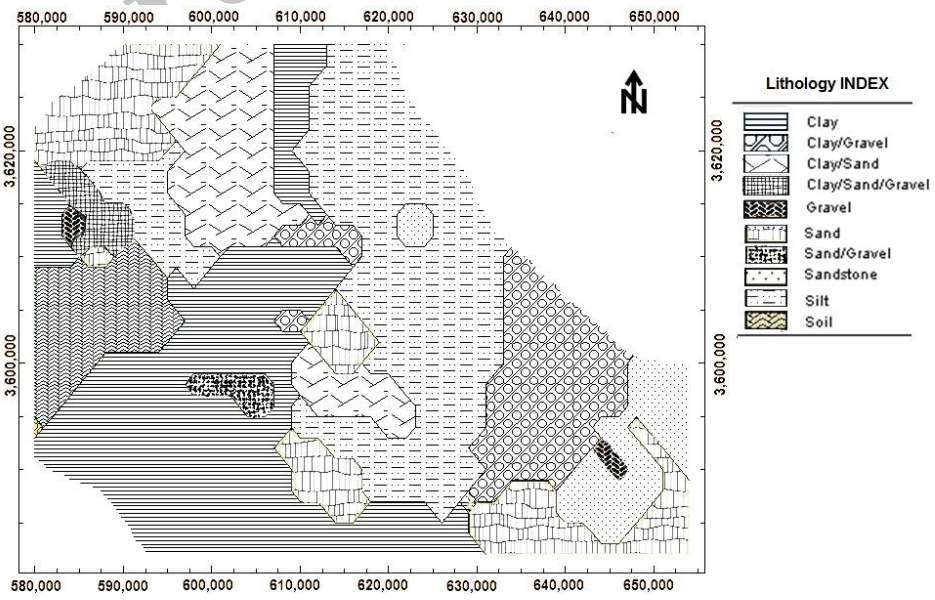
هیدروژئولوژی

تعداد ۴۹ حلقه از چاه‌های موجود در دشت، جهت ترسیم لاگ چاه‌ها (شکل ۳)، با استفاده از نرم‌افزار RockWorks15 بررسی شد. موقعیت چاه‌ها در دشت (شکل ۶) آورده شده است. همچنین مدل زمین‌شناسی دشت ورزنه با توجه به لاگ‌های منطقه و جنس لایه‌های آن‌ها در همان نرم‌افزار مدل‌سازی شد.



شکل ۳- لاگ‌های حفاری چاه‌های دشت ورزنه

ستون چینه‌شناسی و مدل زمین‌شناسی دشت ورزنه، حاکی از وجود لایه‌های ریزدانه سطحی از جنس سیلت و رس در کل دشت است؛ ضخامت لایه ریزدانه و ابعاد دانه‌ها نیز در نقاط مختلف دشت متفاوت است. در قسمت غربی و مرکزی دشت و به ویژه اطراف رودخانه زاینده‌رود، حاوی رس و ماسه و شن است. با افزایش فاصله از قسمت غربی به سمت شرق اندازه ذرات ریزتر می‌شود. در افق‌های پایین‌تر پس از لایه ریز دانه اندازه ذرات در کل دشت ریزتر شده و بعد از لایه‌های رسی دوباره لایه‌های ماسه‌ای و شنی پدیدار می‌شود که حاکی از لایه آبدار محصور می‌باشد. یک پلان زمین‌شناسی، بر اساس داده‌های لاگ‌های لیتولوژی برای عمق ۱۴۸۰، را می‌توان در شکل۴ مشاهده کرد. یکی از ویژگی‌های منحصر به فرد دشت ورزنه وجود چاه‌های آرتزین است، که علت آن را می‌توان به توپوگرافی و پستی و بلندی منطقه توجیه کرد. تعداد چاه‌های عمیق مورد مطالعه جهت مدل‌سازی لایه آبدار، ۱۶ حلقه است که تمام آن به موازات سواحل شمالی و جنوبی زاینده‌رود واقع هستند.

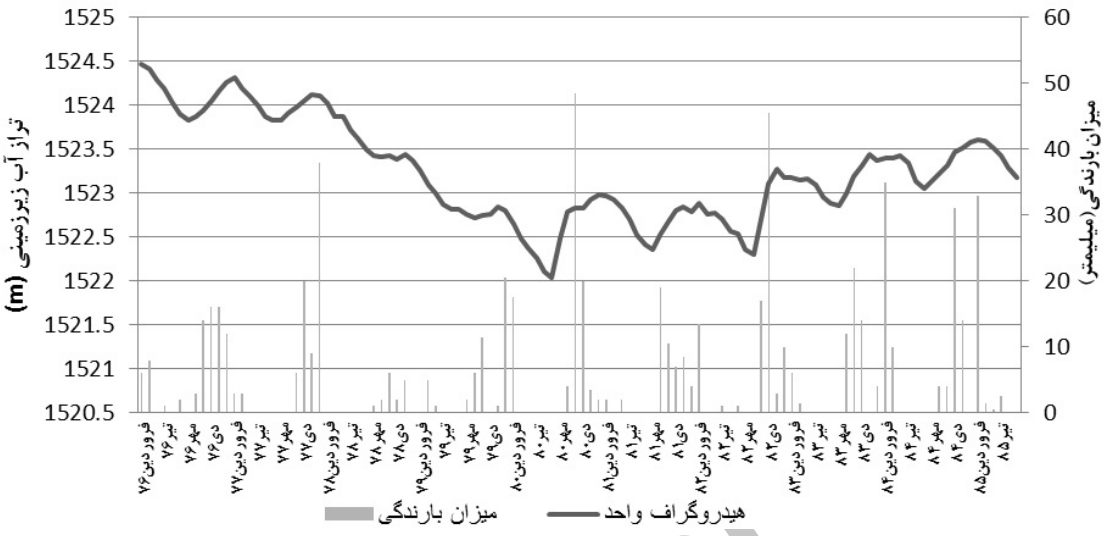


شکل ۴- پلان زمین شناسی دشت ورزنه، بر اساس داده‌های لاگ لیتولوژی برای عمق ۱۴۸۰

www.SID.ir

نوسانات آب زیرزمینی

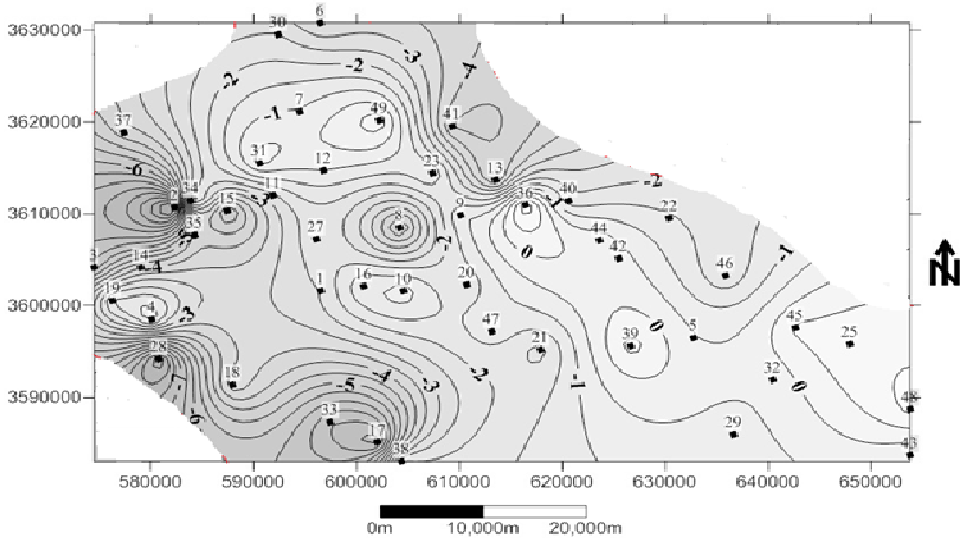
برای مشخص نمودن نوسانات سالیانه سطح آب زیرزمینی و تغییرات ذخیره مخزن آبخوان محدوده دشت، با استفاده از آمار پیزومترهای موجود، نقشه تیسن پیزومترها در محیط GIS رسم و منطقه تحت تأثیر هر پیزومتر مشخص شد. همچنین هیدروگراف واحد ۱۰ ساله آبخوان با استفاده از داده‌های به دست آمده برای بازه زمانی ۱۳۸۶-۱۳۷۶ ترسیم شد (شکل ۵).



شکل ۵- مقایسه هیدروگراف میانگین و میانگین بارندگی دشت ورزنه

نقشه هم‌افت آب زیرزمینی

به منظور بررسی توزیع مکانی نوسانات تراز آب زیرزمینی، نقشه هم‌افت آبخوان در خرداد سال ۱۳۷۶ و ۱۳۸۶ ترسیم شد (شکل ۶). محدوده‌ای که در شکل ۶ پیزومترها را شامل می‌شود بیانگر مرز دشت می‌باشد.



شکل ۶- نقشه هم‌افت آب زیرزمینی بین سال ۱۳۷۶ و ۱۳۸۶ در دشت ورزنه*

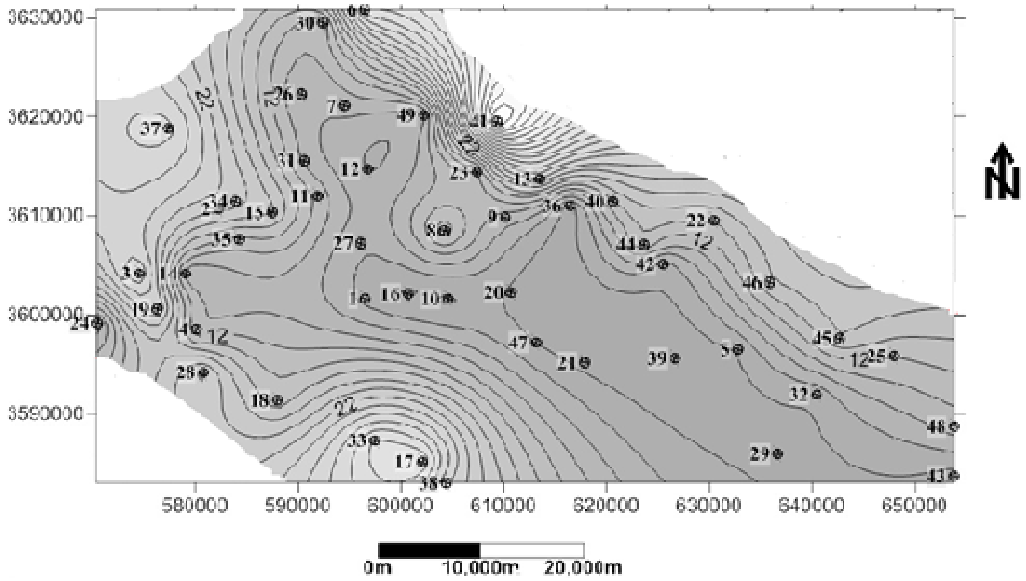
* شماره پیزومترها داخل مربع نوشته شده است.

عمق آب زیرزمینی

نقشه مورد استفاده در این مبحث شامل نقشه‌های هم‌عمق منطقه در دوره‌های مختلف، برای برآورد و همچنین تفسیر میزان تبخیر از آبخوان است؛ لذا مناطقی که تبخیر از آبخوان، از آن نواحی انجام می‌شود از طریق نقشه هم‌عمق شناسایی می‌شوند. بر اساس اندازه‌گیری‌ها

www.SID.ir

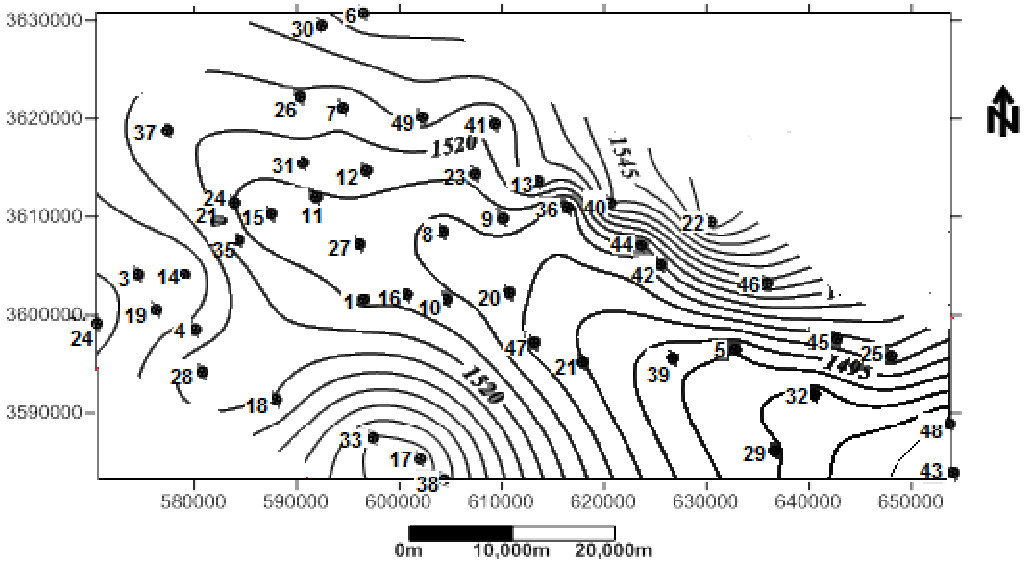
در ۴۹ پیزومتر موجود در محدوده مطالعاتی، نقشه هم‌عمق آب زیرزمینی در خرداد ماه سال ۱۳۸۷ ترسیم شد (شکل ۷).



شکل ۷- نقشه هم‌عمق آب زیرزمینی دشت ورزنه در خرداد ماه سال آبی ۱۳۸۷

تراز سطوح ایستابی در سفره آزاد

با استفاده از اندازه‌گیری‌های تراز آب زیرزمینی در ۴۹ حلقه چاه فعال که به صورت ماهیانه انجام شده است، نقشه متوسط تراز آب زیرزمینی در سفره اول در دشت ورزنه در سال آبی ۱۳۸۷ در شکل ۸ ارایه شده است.



شکل ۸- نقشه تراز آب زیرزمینی دشت ورزنه در خرداد سال آبی ۱۳۸۷

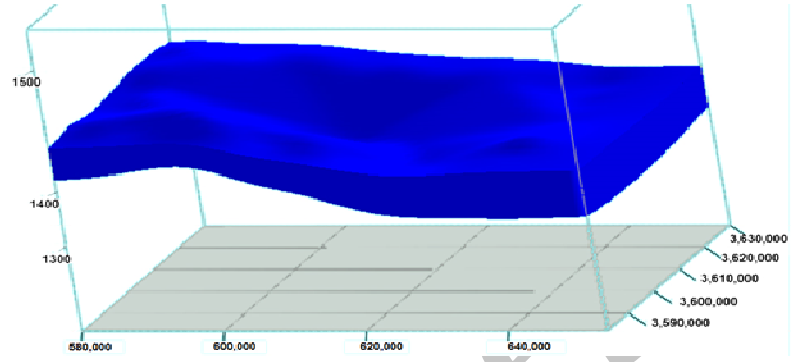
تراز سطوح پیزومتریک در سفره محصور

در دشت ورزنه علاوه بر سفره آزاد، به دلیل قرار گرفتن آبخوان، زیر لایه محصور کننده، تحت فشار و به صورت آرتزین می‌باشد و توسط لایه‌هایی از نهشته های با تراوایی کمتر یا ناتراوا از بالا و پایین احاطه شده است. این لایه آبدار با توجه به آمار پیزومترهای فعال در دشت با نرم‌افزار RockWorks15 ترسیم و در شکل ۹ ارایه شده است. این لایه بر اساس معیار کریجینگ، مدلسازی شد و عمدتاً از شن دانه ریز همراه با ماسه و به طور پراکنده از رس و ماسه تشکیل شده است. در زیر این لایه، لایه‌هایی با

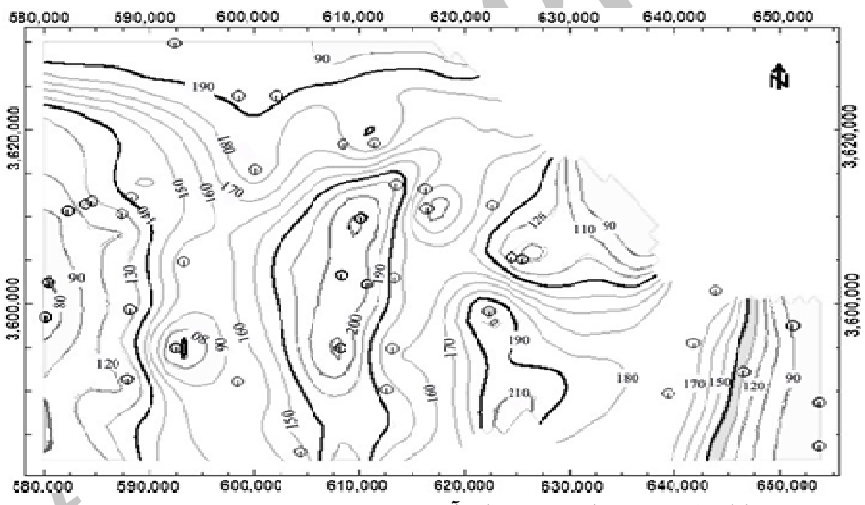
www.SID.ir

دانه‌های ریزتر و سنگ جوش قرار دارد و لایه‌های ناتراوای بالایی نیز از جنس رس است.

نقشه سطح پیزومتریک لایه تحت فشار (سفره دوم) در شکل ۱۰ ارایه شده است. اعداد پیزومتری در این شکل (سفره دوم) با سفره اول مطابقت ندارد. عمق لایه آبدار دشت در قسمت غربی دشت کم بوده و به تدریج به سمت مرکز و شمال افزایش می‌یابد. حداکثر عمق آب در پیزومترهای مرکزی در مرکز و شمال دشت و به میزان ۲۱۰-۱۹۰ متر و حداقل عمق به میزان ۹۰-۸۰ متر در پیزومترهای واقع در غربی‌ترین قسمت دشت اندازه‌گیری شده است. منطقه شمال شرقی دشت که خطوط هم‌پتانسیل در آن موجود نمی‌باشد حاکی از آن است که آماری از پیزومترهای این مناطق در دست نبوده است. به طور کلی عمق لایه آبدار از غرب دشت به سمت مرکز و جنوب شرقی دشت کاهش می‌یابد.



شکل ۹- مدل لایه آبدار تحت فشار در دشت ورزنه

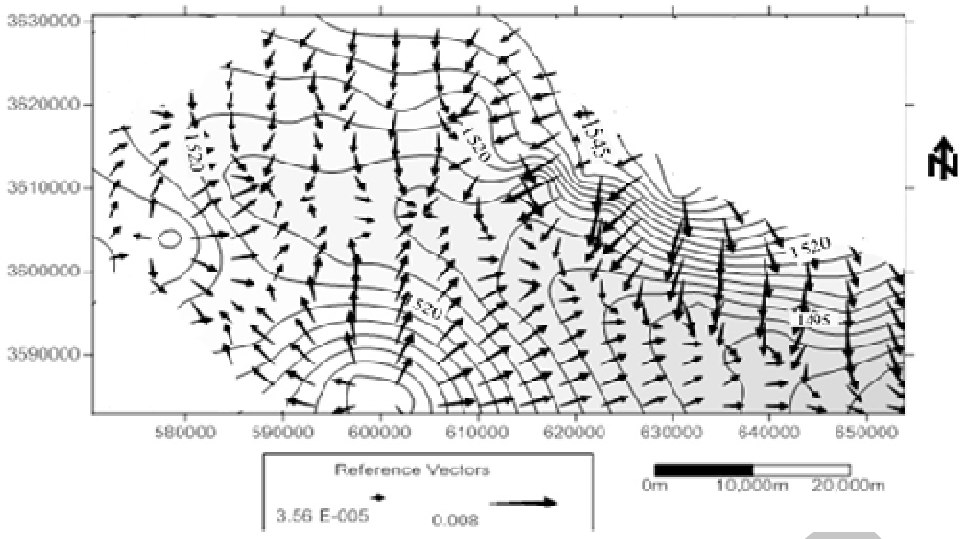


شکل ۱۰- نقشه سطح پیزومتریک آب زیرزمینی در سفره دوم دشت ورزنه

جهت جریان و شیب هیدرولیکی آب زیرزمینی

با توجه به نقشه تراز آب زیرزمینی و همچنین استفاده از نرم افزار Surfer 10 می‌توان جهت جریان آب زیرزمینی در کل دشت را دید. در شکل ۱۱ جهت جریان آب در خرداد ماه سال آبی ۱۳۸۷ در دشت ارایه شده است. می‌توان دریافت که جهت جریان در کل دشت به سمت مرکز و در نهایت به سمت جنوب شرقی دشت می‌باشد. در بخش‌های مرکزی دشت و در مجاورت رود خانه زاینده‌رود با توجه به شیب توپوگرافی و اثر تغذیه کننده زاینده‌رود بر آبخوان دشت از شمال به جنوب و از غرب به شرق می‌باشد.

www.SID.ir



شکل ۱۱- جهت جریان آب در دشت ورزنه (خرداد ۱۳۸۷)

نتایج و بحث

در بررسی هیدرولوژی با استفاده از مقایسه میزان بارش در ماه‌های مختلف سال‌های آبی، عمدتاً به حجم بارش در یک دوره زمانی نسبتاً طولانی (سال زراعی) بیشتر توجه شده و به بازه‌های کوتاه مدت کمتر توجه شده است. گاه در یک منطقه به دلیل کاهش حجم بارش نسبت به متوسط دراز مدت آن انواع خشکسالی شامل اقلیمی، هیدرولوژیک و یا کشاورزی رخ می‌دهد. برداشت آب زیرزمینی بی‌رویه بوده و بیلان آن در حوضه زاینده‌رود روند منفی داشته و تخلیه مداوم آبخوان طی سالیان گذشته سبب ایجاد عواقب نامطلوبی در سطح دشت ورزنه شده است. افت سطح ایستابی چاه‌ها باعث شده است که بهره‌برداران در مواردی اقدام به تغییر محل چاه، افزودن طبقات پمپ‌ها و کف شکنی کنند که در اغلب موارد نتیجه‌ای جز صرف هزینه‌های سنگین و اثرات روانی ناگوار در بر نداشته است. بر اساس هیدروگراف واحد دشت، آغاز چرخه سالانه هیدروژئولوژی نیمه آبان ماه است. در سال ۱۳۸۳ تراز ایستابی در آغاز این چرخه تقریباً برابر ۱۵۲۳ متر است، که به تدریج افزایش یافته و در اردیبهشت ماه سال ۱۳۸۴ به ۱۵۲۳/۴۵ متر می‌رسد. تفاوت سطح ایستابی در این دو زمان برابر ۰/۴۵ متر است. از روی هیدروگراف واحد ۱۰ ساله دشت می‌توان دریافت که سطح آب زیرزمینی طی ۱۰ سال گذشته به میزان ۱/۳ متر افت داشته که متوسط افت سالانه ۱۳ سانتی‌متر بوده است.

با توجه متوسط افت سالانه دشت ورزنه طی ۱۰ سال گذشته، تغییر حجم متوسط سالانه به علت تغییر سطح آب زیرزمینی طی این مدت را می‌توان با ضرب کردن میانگین افت سالانه در مساحت کل منطقه مورد مطالعه به دست آمده، محاسبه کرد که این مقدار برابر با ۵۷۸/۳۵۷ میلیون متر مکعب به دست آمد. با توجه به اینکه ضخامت آبخوان با میزان ضرایب هیدرولیکی به خصوص میزان قابلیت انتقال آبخوان رابطه مستقیم دارد در سال‌های اخیر برداشت بیش از حد از ذخایر آب زیرزمینی سبب افت سطح آب زیرزمینی و کاهش ضخامت آبخوان و در نتیجه کاهش این ضرایب شده است. با مقایسه تراز آب دو سال ۱۳۷۶ و ۱۳۸۶ می‌توان میزان افت تراز آب را در مکان‌های مختلف مشاهده کرد. در نقشه هم‌افت دشت تمام مناطق شمال، شمال غرب و غرب کاهش تراز آب زیرزمینی را نشان می‌دهند، که نشان دهنده بیلان منفی در این نواحی از دشت می‌باشد. در نواحی جنوب شرق نیز تغییرات برابر صفر است. از یک سو چون اکثر چاه‌های بهره‌برداری در مناطق شمال، غرب و مرکز دشت گسترش دارند و از سوی دیگر به علت جنس لایه بالایی، نفوذ آب برگشتی از طریق کشاورزی و آب‌های سطحی به آبخوان در این مناطق کم است و در نتیجه این نواحی با کاهش تراز آبخوان همراه هستند.

حداکثر عمق مشاهده شده در پیزومتر ۴۱ واقع در شمال دشت و به میزان ۴۸ متر و حداقل عمق به میزان ۳ متر در پیزومتر ۳۹ واقع در قسمت مرکزی دشت در مجاورت رودخانه زاینده‌رود اندازه‌گیری شده است. به طور کلی

Archive of SID

www.SID.ir

عمق آب زیرزمینی از غرب دشت به سمت مرکز و جنوب شرقی دشت کاهش می‌یابد.

خطوط هم‌تراز در نقاط مختلف دشت متأثر از ویژگی‌های ژئومورفولوژیکی، تغذیه توسط آب‌های سطحی و بهره‌برداری توسط چاه‌های پمپاژ است. بیشترین تراز متوسط آب زیرزمینی در سال ۱۳۸۷ حدود ۱۵۵۵ متر در پیزومتر ۲۲ واقع در قسمت شمال شرقی دشت وجود دارد و کمترین تراز نیز به مقدار ۱۴۷۰ متر مربوط به پیزومتر ۴۳ است.

در شکل ۸، منحنی‌های تراز سطح ایستابی در نواحی شمال شرق و جنوب غربی دشت، منطبق بر منابع تغذیه آبخوان از ارتفاعات مجاور دشت، دارای حداکثر تراز آب زیرزمینی هستند. به تدریج از قسمت شمال غربی به سمت مرکز و جنوب شرقی تراز آب زیرزمینی کاهش یافته و در قسمت جنوب شرقی به کمترین میزان خود می‌رسد. مرکز دشت توسط رود زاینده‌رود تغذیه می‌شود، برای همین خطوط هم‌تراز عمود بر رودخانه به دست می‌آیند. همچنین در قسمت‌های مرکزی و در مجاور زاینده‌رود خطوط تراز واگرا بوده که نشان دهنده تغذیه آبخوان توسط رود زاینده‌رود است.

از آنجایی که پایین رفتن سطح آب در همه جا یکسان نبوده و نیز جنس آبرفت در هر قسمت از دشت و اعماق مختلف، متفاوت است، تغییر ضرایب هیدرودینامیک آبخوان، در همه جا یکسان نمی‌باشد. البته در این دشت برای مقایسه ضرایب هیدرودینامیکی آبخوان در گذشته و حال اطلاعات کافی و دقیقی در اختیار نبوده است. برای مدیریت صحیح سفره‌های زیرزمینی می‌توان یک زمان‌بندی منظم برای چاه‌های هر منطقه ایجاد کرد که آب سفره‌های زیرزمینی با مصرف بی‌رویه، دچار افت نشوند. همچنین با ایجاد الگوی صحیح و توسعه روش‌های نوین در مصرف، برای صنعت و کشاورزی، می‌توان از هدر رفتن آب جلوگیری کرد.

نتیجه‌گیری

برای بررسی وضعیت سطح آب‌های زیرزمینی در سطح دشت اقدام به ترسیم نقشه هم‌تراز سطح آب زیرزمینی دشت ورزنه شد.

۱- بیشترین تراز متوسط آب زیرزمینی در سال ۱۳۸۷ حدود ۱۵۵۵ متر در قسمت شمال شرقی دشت و کمترین تراز نیز به مقدار ۱۴۷۰ متر مربوط به قسمت جنوب شرقی است.

۲- در بخش شمال شرقی خطوط تراز آب زیرزمینی متأثر از شیب توپوگرافی سطح زمین است و تغذیه آبخوان، توسط آبراهه‌ها و رودهای فصلی دارای امتداد شمال شرقی- جنوب غربی انجام می‌شود، همین مسأله در مورد قسمت جنوبی نیز صادق است.

۳- بررسی نمودار دبی میانگین ۱۰ ساله ایستگاه ورزنه و چوم، کاهش دبی در سال‌های ۱۳۷۸ تا ۱۳۸۲ را نشان می‌دهد، که بیانگر وقوع خشکسالی و ازدیاد برداشت در این سال‌هاست. بسته بودن حوضه زاینده‌رود بیانگر این حقیقت است که میزان آب کمی معمولاً به باتلاق گاو خونی در انتهای حوضه می‌رسد.

۴- هیدروگراف واحد علی‌رغم وجود بارندگی دائماً در حال کاهش می‌باشد، به جز در هنگام فصول بارندگی که نمودار سطح آب به میزان خیلی کم افزایش می‌یابد، این امر حاکی از آن است که نوسانات سطح آب زیرزمینی بیشتر تحت تأثیر تخلیه آبخوان می‌باشد. البته در سال‌های ۱۳۸۳ و ۱۳۸۴ و ۱۳۸۵، هیدروگراف واحد نسبت به سال‌های ۱۳۸۰ و ۱۳۸۱ افزایش محسوسی داشته است که بیانگر خشکسالی در سال‌های ۱۳۸۰ و ۱۳۸۱ است.

منابع

۱. اصغری‌مقدم ا. ۱۳۷۷. هیدروژئولوژی صحرایی (ترجمه). انتشارات دانشگاه تبریز.

۲. ضیایی ل. چقاجردی ر. ۱۳۸۴. بهره‌وری آب کشاورزی در حوضه زاینده‌رود: مبانی، چالش‌ها، راهکارها. مجموعه مقالات همایش بهره‌وری آب در حوضه زاینده‌رود. ۱۱-۱۵.

۳. میران‌زاده م. و مأمن‌پوش ع. ۱۳۸۷. بررسی میزان برداشت ماهانه آب زیرزمینی در محدوده شبکه‌های عمده آبیاری زاینده‌رود. مجله علمی پژوهشی آب ایران. ۲(۲):۱۹-۲۶.

۴. نجاری ح. ۱۳۸۴. تالاب گاوخونی اصفهان. انتشارات سازمان محیط زیست. ۲۲-۲۶.

5. Droogers P. and Miranzadeh M. 2001. Spatial analysis of groundwater trends: example for Zayandeh Rud basin. Iran, IAERI-IWMI Research Report 9. 17-25.
6. http://wikimapia.org. 10 Oct 2010.
7. Keller A. Keller J. and Seckler D. W. 1996. Integrated Water Resources Systems: Theory

Archive of SID

www.SID.ir

and Policy Implications. IWMI, Research Report 3, Colombo, Lanka: International Water Management Institute, Srilanka. 33-40.
8. Modlen D. J. 1997. Accounting for Water Use and Productivity. SWIM, Paper1, Colombo, Srilanka: International Irrigation Management Institute. 56-64.
9. Salemi H. R. Mamanpoush A. Miranzadeh M. Akbari M. Torabi M. Toomanian N. Murray Rust H. Droogers P. Sally H. and Gieske A. 2000. Water Management for Sustainable Irrigated Agriculture in the Zayandehrud Basin. Esfahan Province, IAERT-EARC- IWMI, Report 1. 13-17.
10. Earth's water distribution, United States Geological Survey. http://ga.water.usgs.gov/edu/waterdistribution.html, Retrieved 2009-05-13.
11. Scientific Facts on Water: State of the Resource, GreenFacts Website. http://www.greenfacts.org/en/water resources/index.htm#2, Retrieved 2008-01-31.
12. Molden D. J. 2007. Water for food And Water for life: A Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture, Earthscan/IWMI. 22-31.
13. Chartres C. and Varma S. 2010. Out of water, From Abundance to Scarcity and How to Solve the World's Water Problems FT Press (USA). 123-134.
14. Rasler Karen A. and Thompson W. R. 2006. Contested Territory, Strategic Rivalries and Conflict Escalation. International Studies Quarterly. 50(1):145-168.

Archive of SID

www.SID.ir