محیط شناسی، سال سی و ششم، شمارهٔ ۵۳ بهار ۸۹، صفحهٔ ۵۵-۶۲

خصوصیات شیمیایی آب زیرزمینی دشت شهرکرد

چکیده

توجه به تغییرات کمی و کیفی منابع آب زیرزمینی، به‌خصوص در مناطق خشک و نیمه‌خشک، ضروری است. هدف این تحقیق رده‌بندی کیفیت آب زیرزمینی دشت شهرکرد و مقایسهٔ آن با استانداردهای موجود است. برخی از خصوصیات شیمیایی در چهار زمان (سالهای ۸۳ و ۸۴) ارزیابی شد. نتایج نشان داد که غلظت اکثر عناصر شیمیایی معرف کیفیت آب شامل کلسیم، منیزیم، سولفات، بیکربنات، کلر و سدیم در جنوب دشت حداکثر است. در میان آنیون‌ها، بیکربنات و در بین کاتیون‌ها، کلسیم بیشترین فراوانی را به خود اختصاص داده‌اند ولیکن مقادیر مشاهده شده، کمتر از حد استاندارد سازمان بهداشت جهانی است. با توجه به ترکیب یون‌های موجود در آب تیپ آب آبخوان شهرکرد از نوع بیکربنات کلسیم تعیین شد. سختی آب در اکثر چاهها بین ۱۵۰ تا ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر بر حسب کربنات‌کلسیم است که در طبقه‌بندی آب از نظر سختی در طبقه آب سخت قرار دارد. بین مقادیر سختی کل و باقیمانده خشک در فصل‌های بهار و پاییز اختلاف زیادی وجود ندارد. بیشترین غلظت نیترات در حدود ۳۷ میلی‌گرم در لیتر در زمین‌های تحت تأثیر کاربری کشاورزی در بخش‌های شمالی دشت اندازه‌گیری شده است. نتایج نشان می‌دهد که میزان سختی و باقیماندهٔ خشک در قسمت‌های جنوبی و غلظت نیترات در قسمت شمالی دشت حداکثر است. این مطلب نشان‌دهندهٔ آن‌است‌که منبع غلظت مشخصه‌های مذکور، متفاوت است. نشت کودهای نیتروژنه حاصل از فعالیت‌های کشاورزی، بیشترین نقش را در افزایش آلودگی نیترات داشته و فاضلاب خانگی در بالابردن غلظت کل مادهٔ باقیماندهٔ خشک و سختی کل، مؤثر بوده‌اند.

کلید واژه

آب زیرزمینی، کیفیت آب، پهنه‌بندی، دشت شهرکرد

سرآغاز

کل منابع آب تجدیدپذیر ایران ۱۳۰ میلیارد مترمکعب برآورد می‌شود که از این مقدار حدود ۶۹٪ ، یعنی ۸۹/۵ میلیارد مترمکعب آن برای مصارف مختلف برداشت می‌شود. شاخص‌های سازمان ملل نشان می‌دهد با این رقم برداشت، ایران با بحران شدید آب مواجه است. (برداشت بالاتر از ۴۰٪ از کل منابع تجدیدپذیر بحران شدید، بین ۲۰ تا ۴۰٪ بحران متوسط، ۱۰ تا ۲۰٪ بحران متعادل و کمتر از ۱۰ ٪ بحران کم (احسانی و خالدی، ۱۳۸۲). از سوی دیگر گسترش روز افزون صنایع و زندگی شهری موجب افزایش فاضلاب می‌شود. در مناطقی که از سیستم تصفیه فاضلاب استفاده نمی‌کنند آلودگی‌های فاضلاب به منابع آب زیرزمینی منتقل شده و حرکت آب باعث گسترش املاح می‌شود. بدین لحاظ کیفیت منابع آب همواره مورد توجه کارشناسان بهداشت و محیط زیست بوده است و مطالعات گوناگونی در این زمینه صورت پذیرفته است. افزایش میزان هدایت الکتریکی و غلظت یون‌های سدیم، کلر، سولفات و نیترات در آب زیرزمینی بیشتر در اثر فعالیت‌های خود انسان است، همانند عملیات کشاورزی فشرده (کاربرد کودهای شیمیایی)، شرب و صنعت (Jalili, 2007). از جمله مواد موجود در آبهای سطحی و زیرزمینی، کلرورها و سولفات‌ها هستند. مقدار مجاز آنها در آبهای شهری بر اساس استاندارد سازمان بهداشت جهانی ۲۵۰ppm است (World Health Organization, 2006). ترکیبات غلیظ سدیم، پتاسیم و منیزیم در آبهای آشامیدنی ایجاد طعم می‌کند. آبهایی که مقدار کلرور آنها بیش از حد است، شور و آبهایی که مقدار سولفات سدیم و سولفات منیزیم آنها زیاد است، گس و تلخ مزه‌اند. کلسیم و منیزیم از مهم‌ترین عناصر

نویسنده مسئول:تلفن: ۰۳۸۱-۴۴۲۴۴۰۱

E-mail: stabaei@agr.sku.ac.ir

مورد نیاز بدن هستند و ترکیبات آنها نیز، نقش پراهمیتی در صنایع دارند. املاح این دو فلز موجب سختی آب می‌شود. در دههٔ ۴۰ میلادی کشف نیترات در چند نمونه آب ایالت آیوای امریکا نشان داد که این آلاینده منجر به بروز دو مورد نارسایی حاد خونی در کودکان به نام مت‌هموگلوبینما[1] و کاهش توانایی انتقال اکسیژن توسط رگها شده بود (Comply, 1945).

در تحقیقی Lee & Jones-Lee (1995) بالا بردن حد مجاز میزان TDS را در آب زیرزمینی از ۵۰۰ به ۷۵۰ میلی‌گرم در لیتر از لحاظ اقتصادی با تغذیه به‌وسیلهٔ فاضلاب بررسی کردند.همچنین Ahn & Chon (1999) آلودگی آب زیرزمینی و روابط میان کیفیت آب، توپوگرافی، زمین‌شناسی، استفاده از زمین و منبع آلودگی را بررسی کردند که یک سایت ناحیهٔ کشاورزی و سایت دیگر بخش‌هایی از یک منطقه صنعتی بود. نمونه آب زیرزمینی دو منطقه جمع‌آوری و تجزیهٔ شیمیایی شد. ایشان تفاوت معنی‌دار فصلی در مقدار SiO_2، کلسیم و کربنات را در زمین‌های کشاورزی و تفاوت در مقدار کلسیم در بخش صنعتی را مشاهده کردند. اختلاف فصلی آلودگی مثل کلر، نیترات و سولفات در هیچکدام از مناطق مشاهده نشد. آلودگی در سطح بالای استانداردهای مجاز آب آشامیدنی نیز مورد بررسی قرار گرفت که آلودگی بوسیله نیترات، کلر، آهن، منگنز، سولفات و روی در آب زیرزمینی در نمونه‌های صنعتی و نیترات و سولفات و روی در نمونه‌های کشاورزی یافت شد.

Gupta & Gurunadha و همکاران (2000) حرکت کنتوری TDS از منبع در مدل انتقال جرم MT3D به‌وسیلهٔ معادلات Advection-Dispersion را محاسبه و حل کردند. محاسبه خطوط جریان و کنتور غلظت TDS نشان داد که احتمالاً انتقال آلودگی از منبع تا محل چاه تحت دو سناریو ۳۶۵ روز طول می‌کشد. همچنین نتایج مدل مطالعات، تزریق ردیاب را برای حمل آلودگی به طرف چاه تأیید کردند. Fetouani و همکاران (2008) تأثیر زمین‌های تحت آبیاری بر کیفیت آب زیرزمینی را در مراکش مورد بررسی قرار دادند و نیترات موجود در آب زیرزمینی را با استفاده از تکنیک کریجینگ مدل‌سازی کردند. لطیف و همکاران (۱۳۸۴) با نمونه‌برداری از ۴۰ چاه در حوالی دشت مشهد در مدت ۶ ماه از تیر تا آذر ۱۳۸۰ مقدار مواد شیمیایی از جمله نیترات، EC، PH، TDS، کربنات، بی‌کربنات و ... را تعیین و آنها را با استانداردهای جهانی مقایسه کردند. EC از ۰/۴ تا ۳/۲ دسی زیمنس بر متر، TDS از ۲۳۰ تا ۱۹۹۵ میلی‌گرم در لیتر و سختی را از ۱۵۲ تا ۱۰۳۷ تعیین و منشأ آلودگی را نشت فاضلاب خانگی به آب زیرزمینی دانستند. ناصری و سرور (۱۳۸۴) به منظور بررسی تأثیر گسل خزر بر آبخوان‌های مسیر ساری تا گرگان، تعداد ۴۵ حلقه چاه عمیق انتخاب و میزان هدایت الکتریکی، کل مواد جامد محلول و آنیون‌ها و کاتیون‌های اصلی را اندازه‌گیری کردند و چگونگی تغییرات آنها را در مقاطع عمود بر گسل مطالعه کردند. شمعانیان و همکاران (۱۳۸۴) با استفاده از GIS کیفیت آبهای زیرزمینی و احتمال آسیب‌پذیری آن به منابع آلودگی در حوزهٔ آبریز گرگانرود- قره‌سو را ارزیابی کرده و مهم‌ترین آلاینده و منبع آلودگی را در این منطقه به ترتیب SO_4 و Cl و فعالیت‌های کشاورزی معرفی کردند. طباطبایی و همکاران (۱۳۸۵) برای مطالعهٔ آب زیرزمینی اصفهان، از رودخانه زاینده‌رود و ۲۱ حلقه چاه موجود، در دو مرحله نمونه‌برداری انجام دادند. نتایج آزمایش‌های شیمیایی و میکربی وجود چهار تیپ بی‌کربنات کلسیم، سولفات کلسیم، کلرور سدیم و سولفات سدیم را در آب زیرزمینی این منطقه نشان داد و بدین‌وسیله علل این آلودگی‌ها در هر بخش از سفره تحلیل شد. این تحقیق با هدف بررسی و پهنه‌بندی کیفی آب دشت شهرکرد انجام گرفته و آلاینده‌های شیمیایی موجود در آن تحلیل و با استانداردهای بین‌المللی مقایسه شده است.

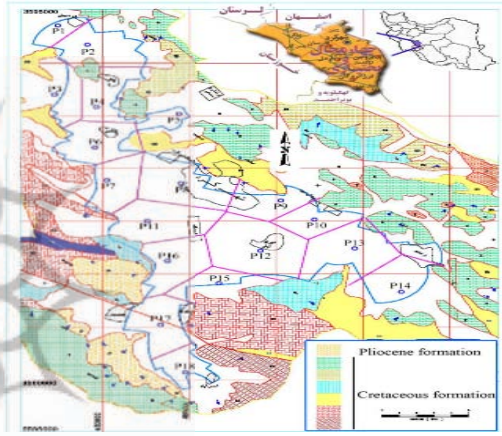
مواد و روش‌ها

مواد

دشت شهرکرد با وسعتی نزدیک ۵۵۱ کیلومترمربع در استان چهارمحال و بختیاری و در عرض جغرافیایی '۰۷ °۳۲ تا '۳۵ °۳۲ و طول جغرافیایی '۳۸ °۵۰ تا '۱۰ °۵۱ قرار گرفته است. این دشت دارای ۴۱۷ حلقهٔ چاه کشاورزی، ۵۹ حلقهٔ چاه آب شرب، ۱۵۹ حلقه چاه صنعتی، ۷۹ رشتهٔ قنات و ۴۰ دهنه چشمهٔ فعال است که سالانه حدود ۲۳۰ میلیون مترمکعب از منابع آب زیرزمینی دشت را تخلیه کرده و به مصارف گوناگون می‌رساند.

درصد بسیار بالایی از آن (بیش از ۹۰ درصد) در بخش کشاورزی در فصل زراعی استفاده می‌شود. بخشی از آب شرب مردم شهرستان شهرکرد نیز از همین چاهها تأمین می‌شود. نقشه زمین‌شناسی دشت در شکل شمارهٔ (۱) نشان داده شده است. از نظر زمین‌شناسی این منطقه در ناحیه زاگرس بلند و عموماً بر روی سازندهای آهکی کرتاسه (نئوکومین- سنومانین) واقع شده و شامل رسوبات آبرفتی قدیمی، نهشته‌های تراس‌های قدیم و جدید مربوط به دوره کواترنر است و به لحاظ ساختاری در پهنه سنندج - سیرجان قرار می‌گیرد. با توجه به ماهیت لیتولوژیکی و میزان مقاومت لایه‌ها و طبقات سنگی در مقابل فرسایش، نهشته‌های کربناته، بویژه در نواحی جنوبی، بیشتر نقاط

مرتفع را در بر می‌گیرد و لایه‌هایی که همراه با نهشته‌ای تبخیری هستند به دلیل مقاومت کمتر در مقابل فرسایش، عموماً بخش‌های هموارتر ارتفاعات را پوشش می‌دهند. دشت شهرکرد، نتیجهٔ تخریب ارتفاعات و حمل و انباشت آن توسط جریان‌های سطحی و سیلابی ناحیه است. این تغییرات با روند گسترش شمالی – جنوبی پدید آمده و با توجه به شرایط رسوبگذاری، سطح دشت به‌نسبت هموار بوده و می‌توان گفت فاقد عوارض مرفولوژیکی است. نتایج حفاری‌های انجام شده نشان می‌دهد که جنس آبرفت از دانه‌های آهکی شیلی، چرت، ذرات اندزیتی و ماسه سنگ است و به لحاظ دانه‌بندی اندازهٔ آنها بین گراول تا رس متغیر است (شرکت مهندسی مشاور مهاب قدس، ۱۳۷۹).

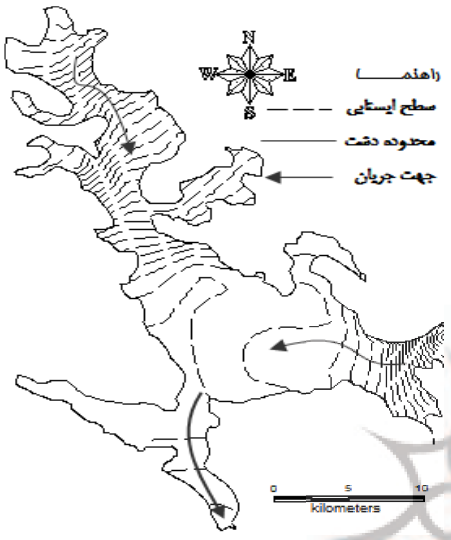


شکل شمارهٔ (۱): موقعیت و زمین شناسی دشت شهرکرد

و چاههای پیزومتری

موقعیت سطح ایستابی در نقاط مختلف دشت موجب ایجاد گرادیان هیدرولیکی و در نتیجه تعیین‌کننده سرعت و حجم آب عبوری است که خود در انتقال آلاینده‌ها تأثیر بسزایی دارد. با استفاده از داده‌های چاههای پیزومتریک، موقعیت سطح ایستابی و جهت حرکت آبهای زیرزمینی در شکل شمارهٔ (۲) ترسیم شده است. همان‌طورکه در این شکل دیده می‌شود آب زیرزمینی از شمال دشت به دلیل اختلاف ارتفاع به جنوب دشت حرکت می‌کند. خروجی آبهای زیرزمینی دشت در قسمت جنوبی (شهرهای شمس‌آباد و خراجی) واقع شده است.

برای انجام تحقیقات و بررسی روند تغییرات کیفیت آب آبخوان، دشت در دو بخش مورد بررسی قرار گرفت. بخش اول قسمت‌های شمالی دشت با ارتفاع متوسط ۲۱۶۵ متر و بخش دوم قسمت‌های جنوبی، یا خروجی دشت با ارتفاع متوسط ۲۰۶۰ متر از سطح دریاست. از بین چاه‌های بهره‌برداری موجود، پنج چاه به‌عنوان چاه مشاهده‌ای برای بخش اوّل (چاههای ۱ تا ۵) و شش چاه با توجه به گستردگی (وجود شهرها و روستاهای بیشتر) در بخش دوم (چاههای ۶ تا ۱۱) انتخاب شد. تمام چاه‌های انتخاب شده از چاههای کشاورزی واقع در بخش آبرفتی زمین است. موقعیت چاههای مشاهده‌ای با استفاده از سیستم موقعیت‌یاب جغرافیایی (GPS) تعیین و به‌وسیلهٔ نرم افزار MapInfo ترسیم شد (شکل شمارهٔ ۳).



شکل شمارهٔ (۲): خطوط هم‌پتانسیل و جهت حرکت جریان

شکل شمارهٔ (۳): موقعیت چاههای نمونه‌برداری شده

روش‌ها

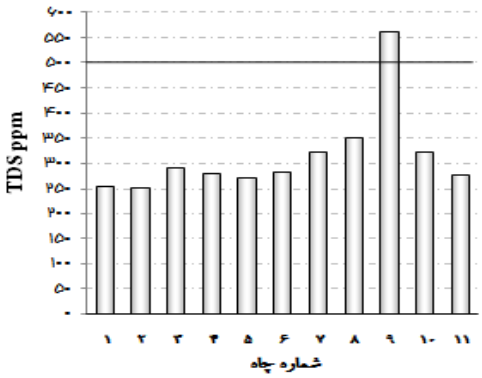
دو فصل بهار (به‌واسطهٔ گذراندن دوره‌ای از بارندگی و تغذیهٔ آب زیرزمینی) و پاییز (بواسطه پایان دورهٔ برداشت کلی از آب زیرزمینی برای مصارف شرب و کشاورزی و پایان فصل کشاورزی و نفوذ زه‌آب حاصل به آب زیرزمینی) برای نمونه‌برداری از چاهها انتخاب شدند. نمونه‌های آب از ۱۱ حلقه چاه مشاهده‌ای، در بهار و پاییز سال ۸۳ و بهار و پاییز سال ۸۴ برداشت شده و در آزمایشگاه شرکت آب

منطقه‌ای استان چهارمحال‌وبختیاری مورد تجزیهٔ شیمیایی قرار گرفت. مشخصه‌های مورد آزمایش عبارت از سختی کل، مقدار کل باقیماندهٔ خشک، هدایت الکتریکی، کاتیون‌ها و آنیون‌ها (کربنات، بی‌کربنات، سولفات، کلر، کلسیم، پتاسیم، منیزیم و سدیم) و نسبت جذبی سدیم است. با استفاده از این اطلاعات ابتدا تأثیر تغییر فصل بر غلظت کل باقیمانده خشک و سختی کل بررسی و غلظت آنها بنا به موقعیت قرارگیری آنها در دشت تحلیل شده است. طبقه‌بندی کیفی آب به روش ویلکوکس[۲] انجام گرفت. پس از طبقه‌بندی آب، مقایسهٔ میزان آنیون‌ها و کاتیون‌ها با یکدیگر با استفاده از نرم‌افزار Aquachem انجام و تحلیل شده است. به دلیل اهمیت نیترات در ارزیابی سلامت منابع آب شرب، غلظت آن نیز در ۱۷ حلقه چاه آب برداشتی به منظور مصرف شرب واقع در نقاط مختلف دشت در تابستان سال ۸۳ بررسی شده است. برای تحلیل گسترش نیترات ابتدا مختصات چاهها برداشت و سپس موقعیت آنها توسط نرم افزار Map Info 9 روی نقشهٔ دشت تصویر و پهنه‌بندی شد.

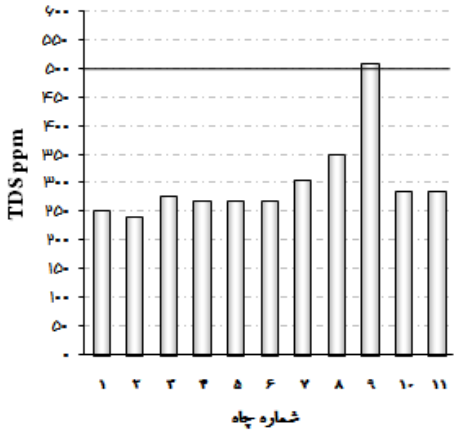
نتایج و بحث

کل باقیماندهٔ خشک

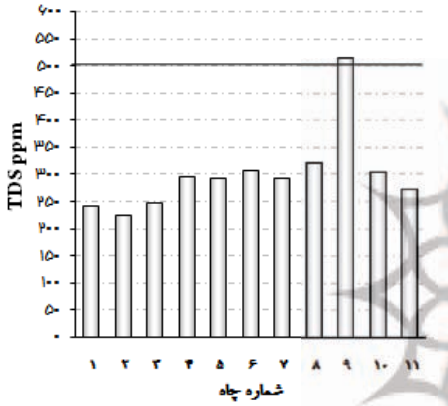
کل باقیماندهٔ خشک به‌دست آمده از نمونه‌های آب در فصل‌های بهار و پاییز سالهای ۸۳ و ۸۴ در نمودارهای شمارهٔ (۱ تا ۴) نشان داده شده است. میانگین TDS در منابع انتخابی در بهار ۸۳، ۳۰۲ میلی‌گرم در لیتر است که توزیع یکنواخت آن در چاههای بخش اول و روند رو به افزایش آن در حرکت به سمت پایین دشت، قابل مشاهده است. چاه شماره ۹ با عبور از حد استاندارد ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر بیشترین مقدار باقیماندهٔ خشک را داراست. میانگین این مشخصه در چاههای مورد آزمایش در بهار سال بعد به ۳۱۵ رسیده که در اثر افزایش جزئی در چاههای ۹ و ۱۰ فقط در بخش جنوبی صورت گرفته است.



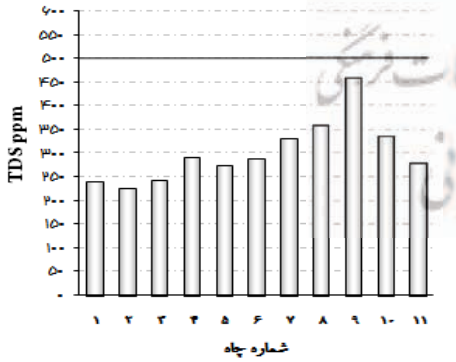
نمودار شمارهٔ (۱): کل باقیماندهٔ خشک در بهار ۸۴



نمودار شمارهٔ (۲): کل باقیماندهٔ خشک در بهار ۸۳



نمودار شمارهٔ (۳): کل باقیماندهٔ خشک در پاییز ۸۴



نمودار شمارهٔ (۴): کل باقیمانده خشک در پاییز ۸۳

چاه شمارهٔ (۹) به دلیل قرار گرفتن در پایین دست تصفیه‌خانه شهرکرد و نیز تخلیه فاضلاب خانگی مجاور و تأثیرپذیری از زهاب نفوذی زمین‌های کشاورزی دارای مواد معلق و شوری بیشتری است.

در پاییز ۸۳ نسبت به بهار ۸۳، مقدار TDS چاه شماره ۹ بیش از ۵۰ میلی‌گرم در لیتر کاهش یافت، با وجود این تغییر چشمگیری در سایر چاهها مشاهده نشد. این موضوع شاید به دلیل کاهش فاضلاب و یا بهبود کیفیت آن در این فصل بوده است. بالاخره در پاییز ۸۴ با

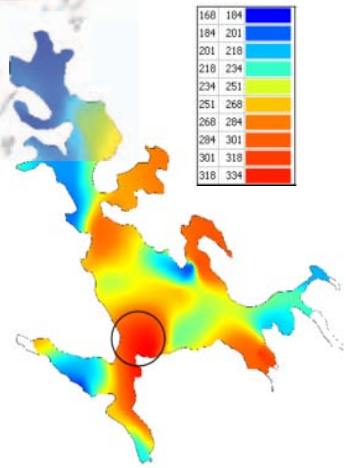
کاهش در غلظت مواد باقیمانده به ۳۰۲ میلی‌گرم در لیتر، تعادل بهتری نسبت به بهار در بین چاهها وجود داشت. TDS همه چاهها به‌جز چاه شماره ۹ که احتمالاً به دلیل فعالیت‌های زیاد کشاورزی و دفع فاضلاب در بالادست آن به بالاتر از حد مجاز ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر رسیده است؛ در بقیه موارد کل مادهٔ خشک موجود در نمونه‌ها کمتر از استاندارد توصیه شده است. نتایج نشان می‌دهد که تغییرات اندک غلظت آلاینده‌های شیمیایی شرایط به‌نسبت پایدار و قابل پیش‌بینی را در طول دو سال داشته است. با توجه به همین تغییرات اندک در افزایش، و یا کاهش کل باقیماندهٔ خشک، می‌توان انتظار داشت درسالهای بعد نیز این مقادیر تکرار شود.

سختی کل

سختی آب به‌صورت مقدار یون‌های فلزات درون آب که با صابون سدیم ترکیب شده و تولید صابون جامد یا کف می‌کند، تعریف شده است. سختی را معمولاً به‌صورت مجموع غلظت یون‌های کلسیم و منیزیم بر حسب میلی‌گرم در لیتر کربنات کلسیم نشان می‌دهند. بنابراین اگر غلظت یون‌های کلسیم و منیزیم بر حسب میلی‌گرم در لیتر باشد، داریم (موسوی، ۱۳۷۵)

$$\text{سختی کل} = ۲/۵ \times Ca^{++} + ۴/۱ \times Mg^{++}$$

پهنه‌بندی سختی کل در محدودهٔ دشت به‌وسیلهٔ نرم‌افزار Map Info9 در بهار ۸۳ انجام شده که پراکنش آن در دشت در شکل شمارهٔ (۴) دیده می‌شود.

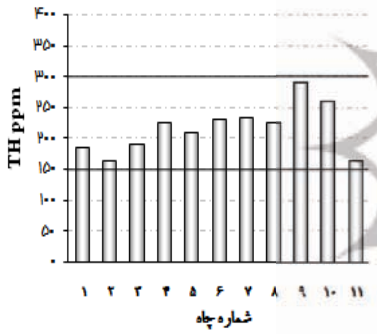


شکل شمارهٔ (۴) : پهنه بندی سختی آب دشت

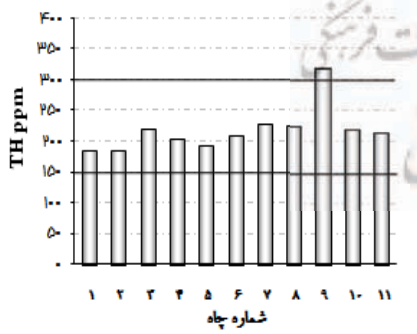
تفکیک میزان سختی به‌دست آمده برای نمونه‌های مورد آزمایش در شکل‌های نمودارهای (۵ تا ۸) مشخص است. این مقادیر سختی با نتایج TDS از نظر روند تغییرات در هر کدام از چاهها و در بعد زمان هماهنگی نزدیکی دارد. حد رده‌بندی سختی آب در روی هر کدام از نمودارها تعیین‌کنندهٔ میزان سختی در آب منطقه در هر زمان است. با توجه به شکل بیشتر دشت دارای نمونهٔ آب با سختی بین ۱۵۰ تا ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر است که نشان‌دهندهٔ آب سخت در دشت شهرکرد است (جدول شمارهٔ ۱). این مسئله به دلیل وجود سازندها و ساختار آهکی دشت شهرکرد است که آب در حین عبور از قشرهای آهکی سختی بالایی پیدا می‌کند. زیرا آبهای نواحی آهکی سختی زیادتری تا آبهای نواحی گرانیتی، یا شنی دارند.

جدول شماره (۱): طبقه بندی سختی آب

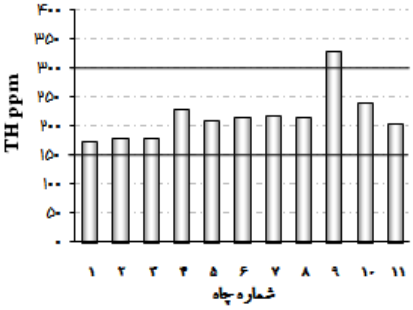
سختی بین ۰ تا ۷۵ میلی‌گرم در لیتر	آب نرم
سختی بین ۷۶ تا ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر	آب نسبتاً سخت
سختی بین ۱۵۱ تا ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر	آب سخت
سختی بالای ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر	آب بسیار سخت



نمودار شمارهٔ (۵): سختی کل دربهار ۸۴

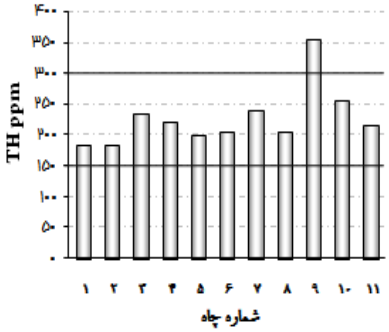


نمودار شمارهٔ (۶): سختی کل در بهار ۸۳



نمودار شمارهٔ (۷): سختی کل در پاییز ۸۴

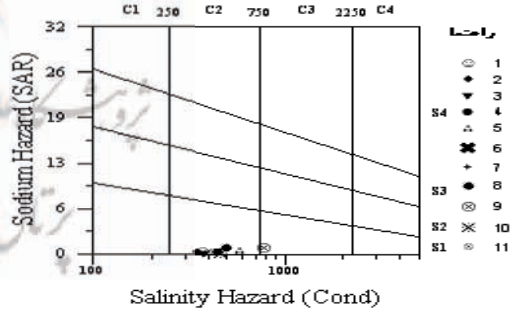
پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی



نمودار شمارهٔ (۸): سختی کل در پاییز ۸۳

طبقه بندی کیفی

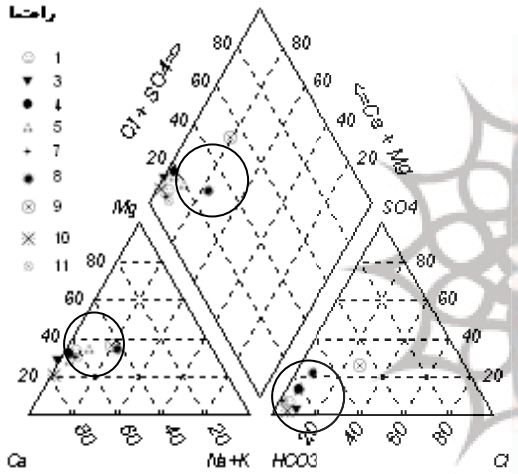
نتایج آزمایش حاصل از اندازه‌گیری شوری و نسبت سدیم جذبی در نمونه‌ها با توجه به استاندارد آزمایشگاه شوری خاک آمریکا و با استفاده از نمودار ویلکوکس در شکل شمارهٔ (۵) ترسیم شده است. ۱۰ نمونه آب از نمونه‌های انتخاب شده در این طبقه‌بندی در کلاس C_2S_1 (شوری متوسط و سدیم کم) و یک نمونه (چاه شمارهٔ ۹) در کلاس C_3S_1 (آبهای با شوری زیاد) واقع شده است. همان‌گونه‌که ذکر شد چاه شمارهٔ ۹ به دلیل قرار گرفتن در پایین دست تصفیه‌خانهٔ شهرکرد و نیز تخلیه فاضلاب خانگی مجاور و تأثیرپذیری از زهاب نفوذی زمین‌های کشاورزی که گاهی با فاضلاب تصفیه‌خانه آبیاری می‌شوند؛ دارای مواد معلق و شوری بیشتری است.



شکل شمارهٔ (۵): طبقه‌بندی آب با استفاده از نمودار ویلکوکس

آنیون‌ها و کاتیون‌ها

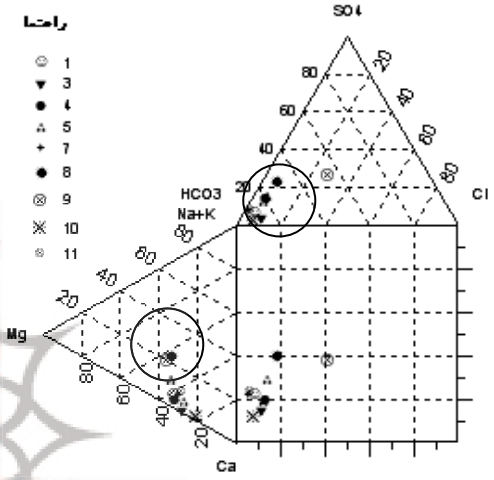
آنیون‌ها و کاتیون‌های موجود در آب از شاخص‌های مهم تعیین تیپ و طبقه‌بندی توانایی کاربری آب است. به همین دلیل غلظت آنیون‌ها و کاتیون‌های اصلی آب شامل کلسیم، منیزیم، سدیم، پتاسیم، سولفات، کلر، کربنات و بی‌کربنات توسط نرم‌افزار Aquachem مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. در تعیین کیفیت آب نمونه‌ها غلظت هیچ کدام از یون‌های مورد تحقیق، بالاتر از حد استاندارد بهداشت جهانی نیست و در نتیجه آلاینده به شمار نمی‌روند. توزیع درصدی غلظت یون‌ها در میان آنیون‌ها و کاتیون‌ها در شکل شمارهٔ (۶) نشان داده شده است. بیشترین سهم را در بین آنیون‌ها، بی‌کربنات به خود اختصاص می‌دهد. همان‌گونه‌که شکل شمارهٔ (۶) نشان می‌دهد در میان کاتیون‌ها بیشترین تجمع نمونه‌ها در اطراف یون کلسیم قرار دارد. تیپ غالب آب منطقه با توجه به شکل بی‌کربنات کلسیم است. تجمع شاخص‌ها در سمت چپ لوزی شکل، نشان دهندهٔ این مطلب است. این نمونه آب با چنین ترکیبی را می‌توان آب قلیایی به شمار آورد. وجود این تیپ آب در منطقه به‌واسطهٔ ساختار آهکی سازند زمین‌شناسی قابل پیش‌بینی است. برای هر کدام از چاهها درصد کلسیم، منیزیم و سدیم با توجه به مقدار بسیار پایین پتاسیم قابل برآورد است.



شکل شمارهٔ (۶): تعیین تیپ آب بر اساس درصد غلظت یون‌ها

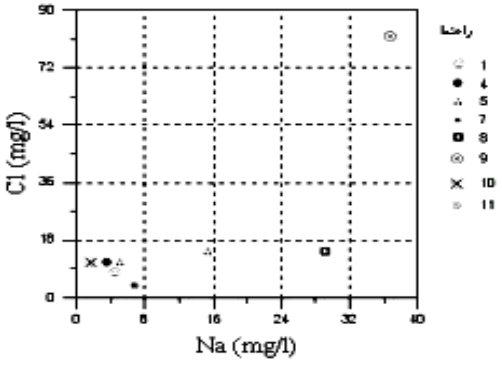
همچنین مطابق شکل شمارهٔ (۶)، تقریباً اکثر نمونه‌ها در یک محدوده قرار دارند، بجز چاههای شمارهٔ ۸ و ۹ که رفتار متفاوتی را از خود نشان می‌دهند. محدودهٔ چاههای شمارهٔ ۸ و ۹ محل قرارگیری سیستم تصفیهٔ فاضلاب شهرکرد است. آب خروجی حاصل از این سیستم به مصرف کشاورزی و تغذیه آب سطحی می‌رسد. بخشی از رفتار غیرمنتظره در این منطقه را می‌توان به آب برگشتی سیستم تصفیهٔ فاضلاب با کیفیت پایین نسبت داد؛ از سوی دیگر قرار گرفتن چاه شمارهٔ ۹ با فاصله کم در میان چاههای دفع فاضلاب خانگی روستایی مهم‌ترین دلیل افزایش آلودگی در محدوده چاه مذکور است. فاصله گرفتن این چاه در شکل شمارهٔ (۶) بواسطه افزایش غلظت سولفات است که می‌توان منشأ سولفات را در این محدودهٔ فاضلاب خانگی، با توجه به دلایل مذکور نسبت داد. علاوه بر موارد بالا حرکت آب زیرزمینی در اثر گرادیان هیدرلیکی سطح ایستابی به ناحیه چاه ۹، زهاب نفوذی کشاورزی را به این سمت کشانده و آثار آلاینده خود را بر جای می‌گذارد. همین یون‌ها در شکل شمارهٔ (۷) پس از تعیین سهم

درصدی هر کدام از عناصر در گروه خود، موقعیت آن با توجه به مختصات در مربع وسط نمایش داده شده است. پراکندگی و عدم انطباق چاههای ۸ و ۹ با دیگر چاهها در اینجا نیز دیده شده است. با توجه به شکل تیپ غالب در مورد چاه شماره ۹ می‌تواند سولفات منیزیم باشد. همچنین درصدهای پایین کلر و سدیم در میان یون‌ها قابل مشاهده است که فاصله گرفتن نوع آب را از تیپ شوری نمک طعام نشان می‌دهد.



شکل شمارهٔ (۷): نسبت یون‌ها در تشکیلات شیمیایی آب

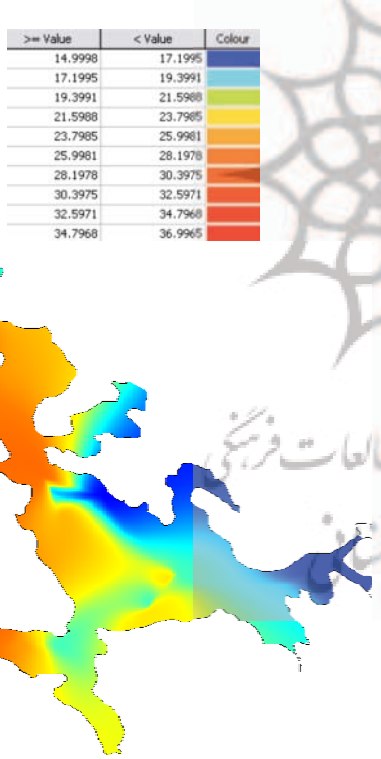
نظر به اهمیت این دو عنصر غلظت‌های آنها در مقایسه با یکدیگر در شکل شمارهٔ (۸) آمده است. برابری غلظت کلر و سدیم بر حسب میلی‌گرم در لیتر در اکثر چاهها دیده می‌شود. این امر نشان دهنده این است که منشأ آنها از نمک ورودی به آب زیرزمینی است که موجب شوری آب می‌شود. عمده‌ترین دلیل شوری را می‌توان زهاب کشاورزی عامل بر سیستم دانست. چاههای ۸ و ۵ میزان سدیم بیشتری در مقایسه با سایر چاهها دارند. با توجه به نقشه زمین‌شناسی دشت (شکل شمارهٔ ۱) در محدوده این دو چاه لایه زمین شناسی K وجود دارد که دارای رسوبات تبخیری حاوی گچ و نمک است. این رسوبات موجب افزایش سدیم در جهت جریان آب زیرزمینی شده است.



شکل شمارهٔ (۸) : دیاگرام برابری غلظت‌های سدیم و کلر

نیترات

پهنه‌بندی نیترات در شکل شمارهٔ (۹) ارائه شده است. بیشترین غلظت نیترات در حدود ۳۷ میلی‌گرم در لیتر است که در بخش‌های شمالی دشت وجود دارد. از مهم‌ترین عوامل افزایش آلودگی نیترات، زهاب کشاورزی و مصرف کودهای ازته حاصل از عملیات زراعی است. قسمت‌های بالادست دشت به دلیل برخورداری بیشتر از زمین‌های کشاورزی، ضخامت کم آبخوان، بالابودن سطح آب زیرزمینی و این‌که حجم بالای مصرف کودهای نیتروژن‌دار در فصل بهار و با آبیاری به آب زیرزمینی منتقل می‌شود، این حالت از آلودگی را در فصل تابستان پدید آورده است. ولی با وجود این حد از آلودگی هم در زیر استاندارد بهداشت جهانی (۵۰ میلی‌گرم در لیتر) قرار داشته و آلودگی خطرناک به‌شمار نمی‌آید.



شکل شمارهٔ (۹): پهنه‌بندی آلودگی نیترات دشت شهرکرد

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج نشان می‌دهد که میزان سختی و باقیماندهٔ خشک در قسمت‌های جنوبی و غلظت نیترات در قسمت شمالی دشت حداکثر است. به دلیل تأثیرپذیری بالای نمونه‌های بخش جنوبی دشت از فاضلاب خانگی می‌توان منشأ غلظت عناصر شیمیایی را به فاضلاب

خانگی وابسته‌تر دانست تا زهاب کشاورزی. در مقابل زمین‌های کشاورزی وسعت بالایی را در شمال دشت نسبت مناطق مسکونی تشکیل می‌دهند و از طرفی چاههای نمونه‌برداری شده، در زمین‌های تحت تأثیر کاربری کشاورزی، قرار داشته‌اند، بنابراین آلودگی بالاتر نیترات در بخش شمالی را می‌توان در نتیجه استفاده از کودهای نیتروژنه در کشاورزی دانست.

سپاسگزاری

از شرکت آب منطقه‌ای، شرکت آب و فاضلاب شهری و جهاد دانشگاهی استان چهارمحال و بختیاری و آقای دکتر علیرضا داودیان به دلیل همکاری در انجام این تحقیق قدردانی می‌شود.

یادداشت‌ها

1-Methemoglobinemia

2-Wilcox

منابع مورد استفاده

احسانی، م. خالدی، ه. ۱۳۸۲. بهره‌وری آب در کشاورزی. کمیتهٔ ملی آبیاری و زهکشی. ص۱۰۹.

شرکت مهندسی مشاور مهاب قدس. ۱۳۷۹. مطالعات آبهای زیرزمینی دشت شهرکرد. شرکت سهامی آب منطقه‌ای اصفهان. ص۲۸۵.

شمعانیان، غ. و همکاران. ۱۳۸۴. هیدروژئوشیمی منابع آب زیرزمینی در حوزهٔ آبریز گرگان‌رود قره‌سو، استان گلستان. مجموعهٔ مقالات نهمین همایش انجمن زمین شناسی ایران. تهران.

طباطبائی، س.ح.و همکاران. ۱۳۸۵. مطالعهٔ میزان آلاینده‌های آب زیرزمینی شهر اصفهان و ارزیابی آن با تأکید بر جنبهٔ آب شرب. مجلهٔ علوم کشاورزی اهواز. ۲۹(۲):۹۲-۷۹.

لطیف، م. و همکاران. ۱۳۸۴. بررسی آلودگی نیترات و منشأیابی آن در آبهای زیرزمینی دشت مشهد. مجلهٔ علوم کشاورزی و منابع طبیعی. ۱۲(۲): ۲۱-۳۲.

موسوی، س.ف. ۱۳۷۵. آلودگی آبهای زیرزمینی. انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان. ص۸۴.

ناصری، ح.م، سرور، ع. ۱۳۸۴. نقش گسل خزر بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آبهای زیرزمینی (مطالعهٔ موردی: محدودهٔ ساری – گرگان). مجموعهٔ مقالات نهمین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران. تهران.

Ahn,H.I., H.T.,Chon. 1999. Assessment of groundwater contamination using Geographic Information 6\ WMP V (QMLURQP HQMMO* HRFKHP LWW DQG + HDOK ±

Comply,H.H. 1945. Cyanosis in infants caused by nitrates in well water. J. Am. Med. Assoc.129: 112-117.

Fetouani,S.and et al. 2008. Assessing ground water quality in the irrigated plain of Triffa. (North-east Morocco). Agricultural Water Management. 95(2):133-142.

Gupta,S.K., Gurunadha,V.V.S. 2000. Mass transport modeling to assess contamination of a water supply well in Sabarmati river bed aquifer, Ahmadabad city, India. Environmental Geology, 39(8):893-900.

Jalili,M. 2007. Assessment of the chemical components of Famenin groundwater, western Iran. Environmental Geochemistry and Health, 29(5):357-374.

Lee,G.F., A.,Jones-Lee. 1995. Total Dissolved Solids and Groundwater Quality Protection. American Society of Civil Engineers, pp. 612-618.

World Health Organization. 2006. Guidelines for drinking-water quality. Volume1. Pp: 515.