استفاده ترکیبی از پارامترهای کیفی در آبخوان و آبریز دشت موسیان به منظور تشخیص تأثیرپذیری کیفی آبخوان از جریان‌های سطحی

فرهاد قادری*[۱]، احسان بابانژاد[۲]، سید صابر حسینی کریمی[۳]

تاریخ ارسال:۱۳۹۵/۱۰/۰۴
تاریخ دریافت:۱۳۹۶/۰۱۱/۱۵

چکیده

تعیین شرایط کیفی بلندمدت منابع آبی مختلف به‌خصوص در مناطق دارای اقلیم خشک، بسیار اهمیت دارد. با تعیین روند تغییرات کیفیت منابع آبی، بررسی پایداری کیفی منابع امکان‌پذیر شده و این نتیجه در برنامه‌ریزی‌های بلندمدت استفاده می‌گردد. ایران از جمله مناطق خشک و نیمه‌خشک به شمار می‌رود. ازاین‌رو در این مقاله پارامترهای کیفی منابع آبی سطحی و زیرزمینی دشت حاصلخیز موسیان در ایران مورد مطالعه قرار گرفت و برای نخستین مرتبه از طریق بررسی روند تغییرات پارامترهای کیفی منابع آبی سطحی و زیرزمینی، راهکاری برای تعیین احتمال ارتباط منابع آب سطحی و زیرزمینی بیان و از مدل‌سازی به روش المان محدود، برای تأیید نتیجه حاصل استفاده شد. برای این منظور داده‌های آبریز و آبخوان طی دوره ۱۰ ساله جمع‌آوری گردید. در بررسی‌های آماری صورت گرفته در توزیع تی-استودنت (t-student) در سطح احتمالی اطمینان ۹۵٪، بیشترین مقدار پارامترهای سختی، TDS، EC، Ca، NO3، HCO3، SO4، CL، Mg و Na در آب سطحی (رودخانه آبدانان) به ترتیب ۷۰/۵، ۱۲۴/۵، ۲۰۱، ۹۱/۱، ۷/۵، ۸۲/۳، ۱۵/۲، ۱۱/۷، ۳/۸ و ۱۴,۹ میلی‌گرم بر لیتر به دست آمد که بر اساس استاندارد ۱۰۵۳ ایران، آب رودخانه قابل شرب است. بر اساس بررسی آماری کیفیت منابع آب زیرزمینی نیز مناسب بود. همچنین در این مطالعه بر اساس داده‌های جمع‌آوری‌شده بلندمدت و آزمون من-کندال (Mann-kendall)، روند تغییر کیفیت منابع آب سطحی و زیرزمینی منطقه مورد بررسی قرار گرفت. مطابق نتایج به‌دست‌آمده، روند کاهش کیفیت برای آب‌های سطحی در تمامی پارامتر-های مورد بررسی (به غیراز سولفات و Mg) در سطح خطای ۵٪ تایید گردید و در آب‌های زیرزمینی نیز کاهش کیفیت TDS در سطح خطای ۵٪ گزارش شد. این نتایج هشداری برای برنامه‌ریزی بلندمدت برای منابع آبی است. در نهایت با توجه به تشابه تقریبی نتایج آبخوان و آبریز دشت فرضیه ارتباط این منابع مطرح گردید که با مدل‌سازی به روش المان محدود مشخص شد که آبخوان دشت تا ارتفاع ۷۰ متر از رودخانه آبدانان تأثیر می‌پذیرد. بر اساس نتایج، با انجام مطالعاتی مشابه در مناطق دیگر و مشاهده یکسانی روند تغییرات پارامترهای کیفی منابع آب سطحی و زیرزمینی و تأیید ارتباط هیدرولیکی این دو منبع، می‌توان با دقت بسیار بالا، تعیین روند تغییرات پارامترهای کیفی یک منبع را بر اساس منبع دیگر پیش‌بینی نمود.

کلمات کلیدی: آب زیرزمینی، آب آشامیدنی، پارامترهای کیفی.

---

[۱] استادیار گروه مهندسی محیط زیست دانشکده مهندسی عمران دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل (نویسنده مسئول)
E-mail: F.Qaderi@nit.ac.ir
[۲و۳] فارغ التحصیل کارشناسی ارشد مهندسی. عمران-مهندسی محیط زیست، دانشگاه صنعتی نوشروانی بابل

مقدمه

منابع محدود آب‌های زیرزمینی و سطحی از مهم‌ترین منابع تأمین آب در جهان هستند. به دلیل آنکه به‌طور مداوم در معرض خطر آلودگی قرار دارند، اطمینان از میزان کیفیت آن‌ها برای استفاده‌های مختلف ضروری است (Krishnaraj et al., 2012). تأمین آب و کیفیت آن از جمله مهم‌ترین عوامل توسعه یک منطقه می‌باشند. اگر چه مفهوم کیفیت آب زیرزمینی واضح به نظر می‌رسد، اما چگونگی بررسی و ارزیابی آن، نیاز به برخی روش‌ها دارد (Kuraa et al., 2015). ترکیبات شیمیایی آب‌های زیرزمینی مشخص‌کننده امکان استفاده از آن به‌عنوان منبع آبی برای مصارف انسانی، حیوانی، آبیاری، اهداف صنعتی و ... است. هدف اصلی متخصصان در بررسی کیفیت آب، استفاده مطلوب از آن در جامعه می‌باشد. بر اساس استانداردهای مختلف، برای هر متغیر مقادیر قابل‌پذیرش وجود دارد که اگر آب از این استاندارد تجاوز کند، قبل از استفاده باید تصفیه گردد (Kuraa et al., 2015; Sadashivaiah et al., 2008).

انجام روش‌های جدید برای ارزیابی کیفی آب‌های سطحی و زیرزمینی در راستای رسیدن به ایمنی مناسب برای سلامت انسان‌ها رو به گسترش و پیشرفت می‌باشد، به‌طوری‌که در ۶۰ سال اخیر در این راستا روش‌های مختلفی بکارگرفته شده است (Talabi et al., 2013). محققین بسیاری اندازه‌گیری شاخص کیفی آب‌های سطحی و زیرزمینی را مطرح کرده‌اند. باکمن و همکاران شاخصی برای ارزیابی و نقشه‌برداری درجهٔ آلودگی آب‌های زیرزمینی مطرح کردند (Backman et al., 1998). وونگ و هوو در سال ۲۰۱۳ آنالیزی بر روی کیفیت آب مصرفی داشتند. آنها در مطالعات خود روشی را برای تعیین کیفیت آب ارائه دادند(Wong and Hu, 2013). ژای و همکاران نیز در سال ۲۰۱۴ بر روی کیفیت منابع آب رودخانه باسین در چین تحقیق نمودند. در این پژوهش مطالعه آماری بر روی داده‌های کیفی این رودخانه در یک دوره ۱۲ ساله مورد بررسی قرار گرفت (Zhai et al., 2014). در سال ۲۰۱۵ نیز ژاوو و همکاران با استفاده از تغییرات کمی و کیفی توزیع آب در رودخانه یانگتز در چین به تأثیرپذیری تغییرات اقلیمی و انسانی بر پارامترهای مختلف در منابع آب منطقه پرداختند (Zhao et al., 2015).

در کنار بررسی‌هایی که عمدتاً جهت تأمین کیفی آب‌های زیرزمینی انجام می‌گیرد، توجه به برداشت‌های بی‌رویه از منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی نیز اهمیت بالایی دارد(Erdlenbruch et al., 2014). با توجه به محدودیتی که در منابع آب‌های سطحی وجود دارد، میزان برداشت از منابع آبی زیرزمینی به‌منظور رفع نیازهای آبی در حال افزایش است. این موضوع عامل بروز خسارت‌های جبران‌ناپذیر می‌گردد. از این رو نیاز به مدیریت این منابع با شناخت عملکرد سفره آب‌های زیرزمینی در شرایط طبیعی و نیز پیش‌بینی تأثیرات برداشت از این منابع احساس می‌شود (Di Guardo and Finizio, 2016; Kinzelbach, 1986). ازجمله این تحقیقات می‌توان به تحقیق ژین و همکاران که در سال ۲۰۱۵ جهت پیش‌بینی منابع آبی دانچیانکون چین صورت پذیرفت اشاره کرد. در این مطالعه با استفاده از روش‌های پیش‌بینی تغییرات کیفی آب، سعی در حفاظت از منابع آبی موجود با استفاده از ترمیم مباحث مدیریتی شد (Xin et al., 2015). الدربروچ و همکاران نیز در سال ۲۰۱۴ در تحقیق خود به بررسی چالش‌های پیش‌رو در مدیریت کمی و کیفی منابع آب‌های زیرزمینی، برای مصارف مختلف ازجمله کشاورزی پرداختند (Erdlenbruch et al., 2014).

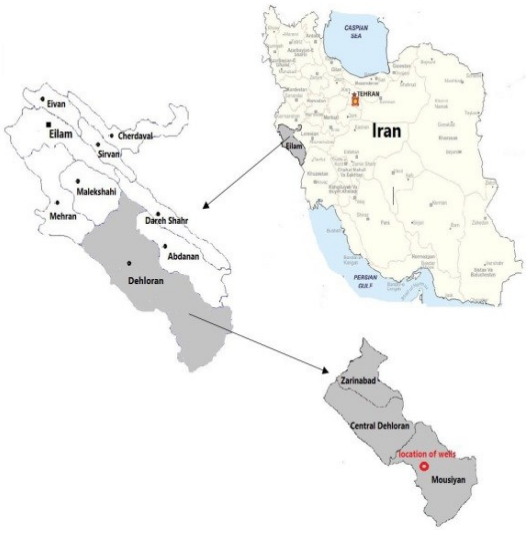
از این رو در این مقاله پیشنهاد گردید تا با استفاده از روند تغییرات پارامترهای کیفی، امکان ارتباط بین منابع آب سطحی و زیرزمینی مورد بررسی قرارگرفته و از این طریق، پیش‌بینی روند تغییرات پارامترهای کیفی یک منبع به‌طور تقریبی بر اساس روند تغییرات کیفیت در منبع دیگر امکان‌پذیر باشد به این منظور در این مطالعه ابتدا کیفیت منابع آبی زیرزمینی و سطحی دشت موسیان شهرستان دهلران مورد بررسی قرار گرفت و نمودارهای ویلکاکس، شولر، پایپر و درو ترسیم و مورد مطالعه قرار گرفتند و به‌منظور تحلیل قابلیت شرب آبخوان از نمودار نیمه لگاریتمی شولر استفاده

گردید. نتایج به‌دست‌آمده از غلظت‌های اندازه‌گیری شده با استاندارد ۱۰۵۳ موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران مقایسه گردید. با استفاده از تشخیص روند تغییرات پارامترهای کیفی موجود، مقایسه روند تغییرات پارامترهای کیفی منابع آبی زیرزمینی و سطحی انجام قرار گرفت و بر این اساس امکان‌سنجی تأثیرپذیری آبخوان از جریانات سطحی از نظر کیفی مطرح گردید و با مدل‌سازی المان محدود و مطالعه جریان‌های هیدرولیکی منطقه درستی این مطلب بررسی شد.

مواد و روش

موقعیت

در این مطالعه رود آبدانان (به‌عنوان منابع آبی سطحی) و سه حلقه چاه (به‌عنوان منابع آبی زیرزمینی) در دشت موسیان (۳۲,۵ شمالی و ۴۷,۳ شرقی) در دهلران ایران مورد بررسی قرار گرفت. رود آبدانان از دامنه جنوبی بخش شرقی کبیر کوه در ایران سرچشمه گرفته و شاخه‌های تشکیل‌دهنده آن در ناحیه شمالی غالباً کوچک می‌باشند. این رود در امتداد منطقه مرزی ایران و عراق جریان می‌یابد (شکل ۱).



شکل (۱) : موقعیت جغرافیایی منطقه موردمطالعه

نمونه‌گیری میدانی

در این تحقیق به‌منظور بررسی کیفیت شیمیایی و همچنین تغییرات کیفی آبخوان منطقه سه حلقه چاه در منطقه مذکور انتخاب گردید. همان‌طور که در شکل ۲ نشان داده شده است چاه‌های موردمطالعه در فاصله‌ای نسبتاً نزدیک به هم واقع شدند که در اطراف دو روستای دشت موسیان قرار دارند.

شکل (۲): موقعیت چاه‌های موردمطالعه

این چاه‌ها تأمین‌کننده آب آشامیدنی این دو روستا هستند. برای بررسی کیفیت آب چاه‌ها و تأثیرپذیری کیفیت آب چاه‌ها از رودخانه آبدانان، داده‌های ۱۰ ساله طی سال‌های ۲۰۰۶ تا ۲۰۱۵ میلادی مورد بررسی قرار گرفت. پارامترهای کیفی مورد بررسی در این مطالعه شامل هدایت الکتریکی، سختی کل، سدیم، منیزیم، کلسیم، نیترات، بی‌کربنات، کربنات، سولفات و کلر است که میزان کیفیت هر پارامتر و روند کلی سالانه برای پارامترها در صورت وجود، مشخص گردید. برای انجام آزمایش‌ها نمونه‌برداری از چاه‌ها به‌وسیله پمپ‌های تعبیه شده انجام گرفت که در هر نوبت برداشت ۲۰ لیتر از نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل می‌شد. آزمایش‌های انجام‌شده در این مطالعه بر اساس دستورالعمل‌های ۲۳۴۰ کتاب روش های استاندارد آزمایش های آب و فوضلاب انجام گرفت (American Water Works Association and Water Environment (Federation, 1999

آنالیز داده‌ها

نرمال‌سازی داده‌ها اولین گام برای بررسی کیفیت آبخوان و آب سطحی در این تحقیق بود. بدین منظور با استفاده از نمودار جعبه‌ای نرمال بودن داده‌ها بررسی و داده‌های پرت مشخص گردید. برای آنالیز داده‌های به‌دست‌آمده با استفاده از نرم‌افزار SPSS مقادیر UCL[1] و LCL[2] بر طبق روش t-test در سطح احتمال ۹۵ درصد محاسبه گردید.

طبقه‌بندی نوع آب و آنالیز بر اساسFEM - Micro

در این تحقیق کیفیت منابع آبی بر اساس نمودار-های ویلکاکس، شولر، پایپر و درو طبقه بندی گردید. برای بررسی تأثیر این رودخانه بر آبخوان بر اساس روش المان محدود[3]، منطقه مورد بررسی که چاه‌ها در آن واقع شده بودند مش بندی گردید. برای این منظور ابتدا با جانمایی چاه‌ها و مسیر رودخانه آبدانان در اطراف این ۳ چاه بر روی طبیعت محدوده‌ی مورد مطالعه مشخص گردید. سپس طرح ابتدایی با استفاده از نرم‌افزار اتوکد به عنوان پس‌زمینه قابل‌اجرا در نرم-افزار Micro FEM استخراج گردید. در تمامی مناطق فاصله هر دو نقطه مجاور معرفی شده در اطراف چاه-های موردمطالعه ۳۵۰ متر در نظر گرفته شد. در نهایت به‌منظور بالا بردن دقت و حساسیت بیشتر این ناحیه، فواصل به ۱۲۰ متر کاهش یافت. نقاط مجاور با رودخانه نیز بر اساس پس‌زمینه موجود به عنوان منابع آب‌های سطحی به نرم‌افزار معرفی شدند.

آزمون تعیین روند

در این تحقیق از آزمون تعیین روند من-کندال برای بررسی روند داده‌های کیفی آب رودخانه و آب‌های زیرزمینی استفاده شد تا از این طریق نحوه تأثیرات آب رودخانه بر آب زیرزمینی مشخص گردد. فرض صفر آزمون من-کندال بر تصادفی بودن و عدم وجود روند در سری داده‌ها دلالت دارد و پذیرش فرض یک (رد فرض صفر) مبین وجود روند در سری داده‌ها است. بررسی روند داده‌های کیفی آب رودخانه و آب‌های زیرزمینی طی مراحل زیر انجام گرفت.

ابتدا محاسبه اختلاف بین تمامی مشاهدات با یکدیگر انجام شده سپس تابع علامت به این نتایج بر اساس رابطه (۱) اعمال گردید و سپس پارامتر S به شرح رابطه (۲) استخراج شد:

$$sgn(x) = \begin{cases} +1 & if \quad (x_j - x_k) > 0 \\ 0 & if \quad (x_j - x_k) = 0 \\ -1 & if \quad (x_j - x_k) < 0 \end{cases} \qquad (۱)$$

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^{n} sgn(x_j - x_k) \qquad (۲)$$

که در رابطه (۲)، n تعداد مشاهدات سری، x_j و x_k به ترتیب داده‌های j ام و k ام سری هستند. تابع علامت نیز به شرح رابطه (۲) محاسبه گردید. در گام دوم به دلیل آنکه نتیجه مشاهدات بیش از ۸ داده بود، برای محاسبه واریانس از رابطه (۳) استفاده شد (Mahajan and Dodamani, 2015; Xu et al., 2003).

$$Var(S) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{i=1}^{m} t(t-1)(2t+5)}{18} \qquad (۳)$$

که در رابطه (۳)، n تعداد داده‌های مشاهده‌ای و m معرف تعداد سری‌هایی است که در آن‌ها حداقل یک داده تکراری وجود دارد. t نیز بیانگر فراوانی داده‌های با ارزش یکسان است. پس از محاسبه واریانس آماره Z از رابطه (۴) استخراج گردید.

$$Z = \begin{cases} \frac{s-1}{\sqrt{Var(s)}} & if \quad S > 0 \\ 0 & if \quad S = 0 \\ \frac{s+1}{\sqrt{Var(s)}} & if \quad S < 0 \end{cases} \qquad (۴)$$

[1] Upper Control Limit
[2] Lower Control Limit
[3] Finite Element Method

با توجه به دوطرفه بودن آزمون روندیابی من-کندال در این تحقیق، فرض صفر (عدم وجود روند) در صورتی صادق بود که رابطه (۵) برقرار باشد(Mahajan and Dodamani, 2015).

$$|Z| \leq Z_{\alpha/2} \qquad (۵)$$

که در رابطه (۵) α سطح معنی‌داری است که برای آزمون در نظر گرفته می‌شود و Z_{α} آماره توزیع نرمال استاندارد در سطح معنی‌دار α می‌باشد که با توجه به دو دامنه بودن آزمون، از $\alpha/2$ استفاده شده. در بررسی حاضر این آزمون برای سطوح اعتماد ۹۵٪ و ۹۹٪ بکار گرفته شد. درصورتی‌که S مثبت به دست می‌آمد پارامترها روند صعودی و در صورت منفی بودن آن، روند تغییرات نزولی در نظر گرفته می‌شد(Mahajan and Dodamani, 2015; Xin et al., 2015). آماره α برای سطوح ۹۵٪ برابر ۱/۹۶± و برای سطوح ۹۹٪ برابر ۲/۵۶± است. اگر مقدار Z محاسباتی در تحقیق خارج محدوده ذکرشده به دست می‌آمد آنگاه در سطح اطمینان ۹۵٪ و ۹۹٪ روند مشاهده شده برای پارامترهای مورد بررسی معنی‌دار می‌بود (Goenster et al., 2015; X. Xin et al., 2015). در این تحقیق مراحل محاسبات S، Sign(x)، Var(s) و Z برای تمامی داده‌های مربوط به پارامترهای کیفی آبخوان و آب رودخانه محاسبه گردید. تمامی تجزیه و تحلیل‌های صورت گرفته در محیط Excel و نمودارهای کیفی توسط نرم‌افزار Chem v2011.1.40-Schlumberger Aqua ترسیم گردید. همچنین برای مشاهده تأثیر آب‌های سطحی موجود در منطقه بر آب‌های زیرزمینی و نوع روند تأثیرگذاری آن از نرم‌افزار FEM. V 4.10 Micro استفاده گردید.

نتایج و بحث

آنالیز داده‌ها

نتایج به دست آمده از غلظت‌های اندازه‌گیری شده که در جدول (۱) آورده شده است مربوط به اطلاعات جمع آوری‌شده از رودخانه در طول دوره مورد مطالعه است. در این مقایسه برای پارامترهایی که استانداردی برای حد مجاز یا حد مطلوب آن موجود بود، مشاهده گردید که برای تمامی چاه‌های مورد بررسی منطقه و همچنین رودخانه آبدانان، مقادیر و غلظت‌های پارامترهای مورد مطالعه پایین‌تر از حد مجاز بود. در نتیجه تمامی استانداردهای موجود را ارضا می‌کند و در این خصوص برای چاه‌های ۱ تا ۳ از نظر آشامیدنی نگرانی وجود ندارد.

طبقه‌بندی نوع آب

یکی از پارامترهای مهم کیفی آب، سختی کل می-باشد که بیشترین سختی آب به دلیل وجود یون‌های کلسیم و منیزیم است. دیاگرام ویلکاکس بر اساس مقادیر هدایت الکتریکی آب و نسبت سدیم جذب شده توسط آب، قادر به طبقه بندی آب در کلاس‌های مختلفی است. طبقه‌بندی آب‌های سطحی و زیرزمینی ازنقطه نظر کشاورزی بر اساس دو پارامتر هدایت الکتریکی و نسبت جذب سدیم صورت می‌گیرد (Sadashivaiah et al., 2008).

قسمت‌های مختلف نمودار ویلکاکس بیانگر طبقه نمونه آب مورد بررسی است. در این نمودار، محور افقی به شوری آب و هدایت الکتریکی و محور عمودی نیز به نسبت جذب سدیم اختصاص دارد. مختصات مربوط به هر آب در منطقه‌ای قرار می‌گیرد که با حرف S ازنظر شوری و C ازنظر قلیایی، مشخص می‌گردد. مقادیر ۱، ۲، ۳، ۴ به ترتیب بیانگر کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد است. شکل (۳) نتایج حاصل از نمودار ویلکاکس برای آب‌های زیرزمینی و آب‌های سطحی منطقه را نشان می‌دهد.

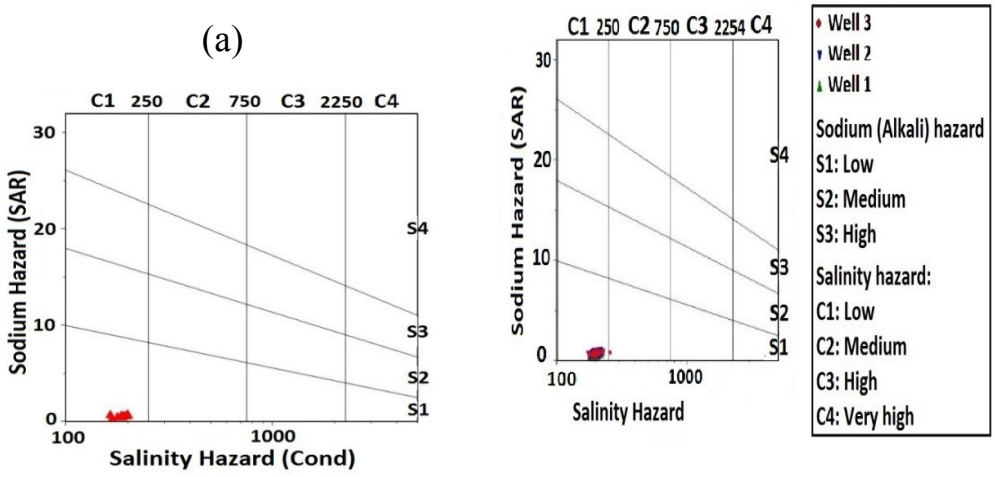
نکته قابل اشاره در مورد رودخانه آبدانان بر اساس نمودارها، کیفیت نامناسب آن است. طبق آزمایش‌های انجام شده مشاهده گردید که آب رودخانه دارای سختی بالا بوده و مقدار آنیون‌ها و کاتیون‌ها نیز از حد مجاز فراتر می‌باشد. به همین دلیل مشکلاتی را از لحاظ بهداشتی برای مصرف به وجود می‌آورد.

جدول (۱) : داده‌های نرمال شده و محاسبه UCL , LCL و حد میانگین برای رودخانه آبدانان و مقایسه آنها با استاندارد

پارامترها	نمونه‌ها		استاندارد ایران		WHO
	حداقل مقدار	حداکثر مقدار	مجاز	حداکثر مقدار	استاندارد
سختی	۴۰	۷۰/۵	۲۰۰	۵۰۰	۵۰۰
TDS	۷۷/۴	۱۲۴/۵	۱۰۰۰	۱۵۰۰	۵۰۰
EC	۱۶۴	۲۰۱	-	-	-
Ca	۱۱/۲	۱۹/۱	-	۲۵۰	۷۵
NO_3	۳/۴	۷/۵	۵۰	-	-
HCO_3	۶۲	۸۲/۳	-	-	-
SO_4	۷/۳	۱۵/۲	۲۵۰	۴۰۰	-
Cl	۳/۶	۱۱/۷	۲۵۰	۴۰۰	۵۰۰
Mg	۰/۹	۳/۸	۳۰	-	۱۵۰
Na	۷	۱۴/۹	۲۰۰	۲۰۰	۲۰۰

همان‌طور که مشخص گردید می‌توان گفت، تمامی نمونه‌های موردبررسی برای چاه‌های ۱ الی ۳ در محدوده C_1S_1 قرار گرفتند. این موضوع نشان‌دهنده آن است که آب چاه‌های موردنظر در دسته آب‌های خیلی خوب که با شوری بسیار کم هستند طبقه‌بندی می‌گردند.

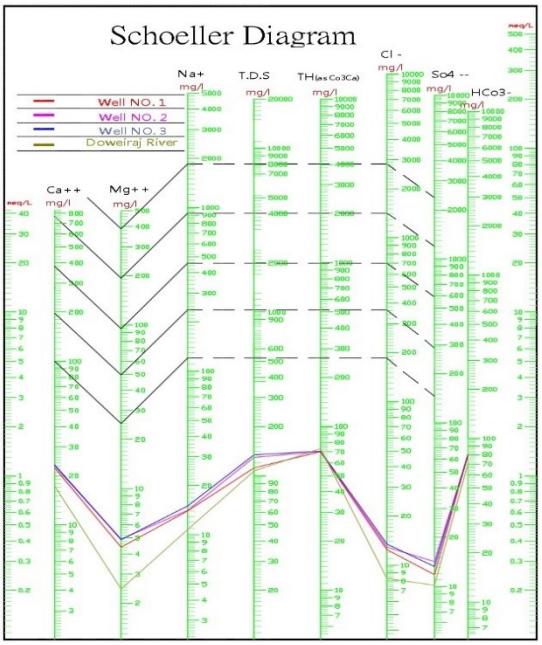
همچنین برای آب رودخانه آبدانان نیز ازنظر شوری نتایج مشابه با آب چاه‌ها به دست آمد و آب رودخانه نیز از نظر شوری در محدوده خیلی خوب و مناسب قرار گرفت. اهمیت این موضوع علاوه بر بحث کشاورزی، در تأمین آب شرب منطقه نیز به چشم می‌آید. نوع اقلیم منطقه و نوع جنس خاک در اطراف چاه‌ها شرایط مناسبی را برای بهره‌برداری ایجاد می‌کند. با توجه به مناسب بودن آب ازلحاظ شوری باید شرایطی ایجاد کرد تا در آینده در طی عملیاتی نظیر برداشت آب از چاه‌ها، از احتمال تغییر در کیفیت آن جلوگیری به عمل آید.



شکل (۳): نمودار ویلکاکس براساس چندنمونه برداشت شده از (a) چاه‌های ۱ الی ۳ (b) رودخانه آبدانان

ازجمله روش‌های مهم برای تعیین قابلیت شرب منابع آب دیاگرام شولر می‌باشد. برای رسم دیاگرام شولر (شکل (۴))، از داده‌های مربوط به نمونه‌برداری‌های دوره‌ای از چاه‌های ۱ الی ۳ و رودخانه آبدانان

استفاده شد. نمودار شولر به محدوده‌هایی تقسیم می‌گردد که هر محدوده میزان مطلوبیت آب را نشان می‌دهد. دسته‌بندی عمومی در نمودار شولر از محدوده پایین نمودار به سمت بالا به ترتیب شامل محدوده خوب، قابل‌قبول، نامناسب، بد، قابل شرب به‌طور موقت و غیرقابل‌قبول می‌باشد. برای رسم این دیاگرام به اطلاعات و غلظت‌های پارامترهایی مانند HCO_3، SO_4، CL، Mg، Ca و Na نیاز است. بر اساس دیاگرام شولر هر ۳ چاه مورد مطالعه منطقه و همچنین آب رودخانه آبدانان در دسته خوب از نظر آشامیدن قرار گرفتند و مانعی از نظر شرب ندارند. همچنین در این نمودار آنچه مشخص است مطلوبیت بیشتر آب رودخانه آبدانان نسبت به چاه‌های مورد بررسی است. با توجه به نزدیکی کیفیت این دو منبع آبی و همچنین نزدیکی میزان شوری آنها با یکدیگر، احتمال ارتباط و یا تأثیرگذاری منبع آب سطحی (رودخانه آبدانان) بر منابع آبخوان به وجود می‌آید که باید در ادامه به بررسی دیگر عوامل تأثیرگذار پرداخت.



شکل (۴): نمودار شولر برای چاه‌های مورد منطقه

از دیگر راه‌ها برای تیپ‌بندی آب آشامیدنی استفاده از نمودار پایپر می‌باشد که بر اساس این نمودار ۸ تیپ مختلف شیمیایی به‌صورت ذیل قابل‌تشخیص است (Carrera-Villacrés et al., 2015).

1) $Ca\text{-}Mg\text{-}HCo_3$ 2) $Na\text{-}HCo_3$

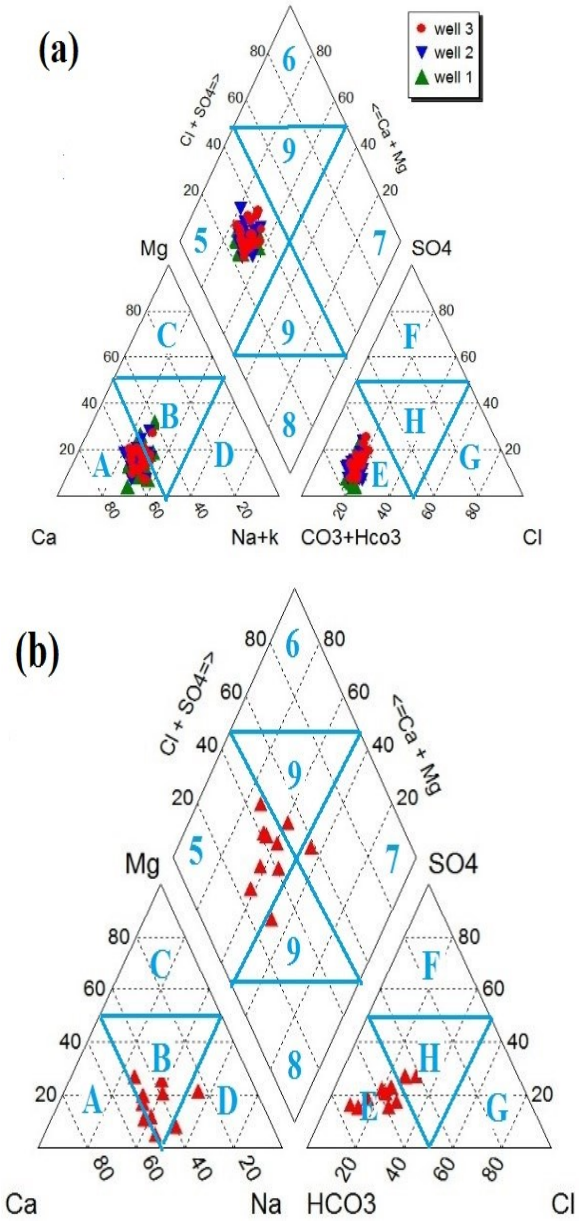
3) $Ca\text{-}Mg\text{-}HCo_3\text{-}Cl$ 4) $Na\text{-}HCo_3\text{-}Cl$

5) $Ca\text{-}Mg\text{-}Cl\text{-}HCo_3$ 6) $Na\text{-}Cl\text{-}HCo_3$

7) $Ca\text{-}Mg\text{-}Cl$ 8) $Na\text{-}Cl$

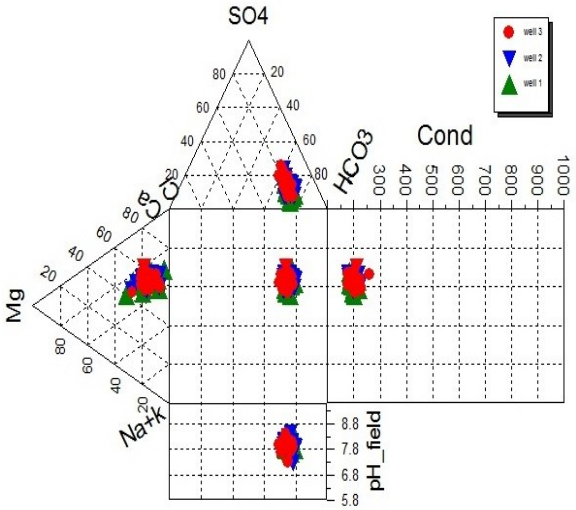
در ادامه این مطالعه، تیپ آب‌های منطقه مورد بررسی قرار گرفت. برای رسیدن به این هدف، از نمودار پایپر استفاده گردید (Rajendran, 2011; Talabi et al., 2013) همان‌طور که شکل (۵-a) نشان می‌دهد تمرکز نمونه‌ها برای هر سه چاه منطقه در ناحیه J است که در تیپ $Ca\text{-}HCO_3$ قرار می‌گیرد. همچنین قرار گرفتن نمونه‌ها در ناحیه B در قسمت کاتیون‌ها نشان‌دهنده تیپ Ca و قرار گرفتن نمونه‌ها در ناحیه F مربوط به آنیون‌ها نشان‌دهنده تیپ HCO_3 می‌باشد. از طرفی بر اساس قسمت b شکل (۵) که نشان‌دهنده تیپ‌بندی آب رودخانه آبدانان می‌باشد، مشخص شد که بیشتر تمرکز داده‌ها در ناحیه ۹ می‌باشد که این ناحیه تیپ خاصی را شامل نمی‌شود و درواقع بیانگر mixed type است که میزان آنیون‌ها و کاتیون‌ها برتری خاصی نسبت به هم ندارند. در مورد بخش آنیونی نمودار و قرارگیری نمونه‌های رودخانه در ناحیه F و B به‌صورت مشترک، وجود مقادیر بیشتر سولفات در آب را نشان

می‌دهد. در مورد بخش کاتیونی نیز طبق شکل داده‌ها به‌صورت گسترده در سه بخش A, B و C قرار دارند که نشان‌دهنده بیشتر بودن میزان کلسیم و منیزیم در بین کاتیون‌ها است. از طرف دیگر بررسی‌های زمین‌شناسی در منطقه مورد مطالعه، وجود لایه‌های زمین‌شناسی متشکل از لایه‌های سنگ‌های آهکی، دولومیت‌ها، کنگلومرای‌ها، مارن‌های خاکستری و قرمز، ژیپس، شیل بیتومین و سیلت را نشان می‌دهد. با توجه به تیپ‌بندی آب چاه‌ها و قرارگیری آن‌ها در تیپ‌بندی کلسیمی-بی-کربناته و مقایسه آن با تیپ‌بندی آب رودخانه آبدانان افزایش میزان کلسیم می‌توان گفت که انحلال کانی-های کربناته و یا ژیپس در بالای حوضه عامل اصلی این تغییر و افزایش می‌باشد. همچنین در مورد تیپ بی-کربناته، بخش عمده بی‌کربنات موجود احتمالاً از انحلال سنگ‌های کربناتی است که از طریق بارش‌های جوی که مقادیر زیادی CO_2 به همراه دارند حاصل‌شده است.



شکل (۵) : نمودار پایپر برای تعیین تیپ بندی آب در منطقه a) نمودار پایپر برای تیپ‌بندی چاه‌های ۱ تا ۳ و شکل b) نمودار پایپر برای تیپ‌بندی آب رودخانه آبدانان در منطقه موردمطالعه

جهت تعیین نوع و منشأ آب منطقه می‌توان از نمودار دروو استفاده کرد. اساس این نمودار مقادیر کاتیون‌ها و آنیون‌های عمده آب می‌باشد. از مزایای نمودار دروو نسبت به نمودار پایپر نمایش بهتر تیپ‌ها و فرآیندهای هیدروشیمیایی مانند تبادل یونی می‌باشد(Kuraa et al., 2015). همان‌طور که نمودار (۶) نشان می‌دهد تیپ آب چاه‌های منطقه از نوع کلسیمی-بی‌کربناته است. همچنین مستطیل سمت راست نمودار، نشان‌دهنده میزان املاح نسبتاً بالای آب چاه‌ها است.



شکل (۶) : نمودار دروو برای تیپ‌بندی چاه‌های ۱ تا ۳

روندیابی کیفی

با استفاده از آزمون تعیین روند، محاسبات برای تعیین روند افزایش یا کاهشی داده‌ها در مدت دوره ۱۰ ساله انجام شد. نتایج حاصل در جدول (۲) و (۳) آورده شده است و پارامترهایی که دارای روند مشخصی بودند و یا روندی برای آن‌ها قابل بیان نبود، مشخص گردیدند.

با توجه به محاسبات انجام گرفته برای چاه‌های منطقه، در چاه شماره ۱ تقریباً تمامی پارامترهای کیفی آب دارای روند افزایش بودند بجز غلظت‌های منیزیم، سولفات و پتاسیم که دارای هیچ‌گونه روند قابل پیش-بینی نبودند. برای چاه‌های ۲ و ۳ نیز به غیر از پارامتر سولفات، غلظت سایر پارامترهایی که شرط رد فرض صفر در آنها صادق بود دارای روند افزایشی بودند. غلظت سولفات نیز در چاه‌های ۲ و۳ دارای روند کاهشی بود.

در جدول شماره (۲) محاسبات تعیین روند برای آب رودخانه آبدانان نشان داده شده است. نتایج نشان می‌دهد روند افزایش و کاهشی سالیانه کیفیت آب رودخانه با تغییرات چاه‌های ۱ تا ۳ یکسان است. تمامی پارامترهای کیفی در آب رودخانه به جز سولفات و منیزیم دارای روندی افزایشی در طول دوره هستند. این در حالی است که برای سولفات روندی کاهشی در سطح اطمینان ۹۵٪ حاصل گردید و برای پارامتر منیزیم نیز روند خاصی حاصل نشد. با بررسی‌های عوامل محیطی منطقه می‌توان به این موضوع اشاره کرد که فعالیت‌های کارخانه‌های صنعتی و معادن فلز در منطقه در حال کاهش است چراکه فاضلاب این

فعالیت‌ها از عوامل مهم در افزایش میزان سولفات در منابع آبی می‌باشد.

یکسان بودن نوع روند تغییرات حاکم در کیفیت منابع آبی آبخوان و آب سطحی در منطقه فرض تأثیرگذاری آب سطحی رودخانه بر آبخوان را منطقی نشان می‌دهد. برای اثبات این فرض در مرحله بعدی به بررسی جریانات موجود در منطقه پرداخته شده است.

جدول (۲) : نتایج به دست آمده از آزمون تعیین روند برای آب رودخانه آبدانان

پارامتر	S	Z_0	Trend 5%	Trend 1%
سختی	۳۹	۳/۹۸	↑	↑
TDS	۴۱	۵/۲۴	↑	↑
EC	۴۵	۴/۶۰	↑	↑
Ca	۴۳	۴/۳۴	↑	↑
NO_3	۳۹	۳/۹۸	↑	↑
HCO_3	۴۵	۴/۶۰	↑	↑
SO_4	-۱۹	-۲/۳۶	↓	No trend
Cl	۳۵	۳/۵۶	↑	↑
Mg	۱۷	۱/۶۷	No trend	No trend
Na	۴۰	۴/۰۸	↑	↑

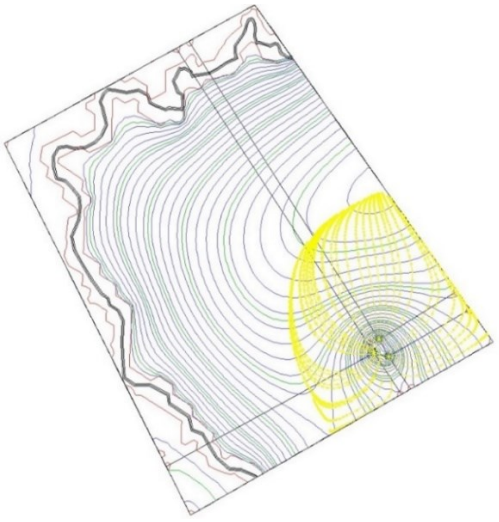
جدول (۳): نتایج به‌دست‌آمده از آزمون تعیین روند برای چاه‌های ۱ الی ۳

چاه‌ها	پارامترها	S	Z_0	Trend 5%	Trend 1%
چاه شماره ۱	سختی	۲۲	۳/۴۰	↑	↑
	TDS	۳۹	۴/۹۸	↑	↑
	EC	۲۹	۳/۶۷	↑	↑
	Ca	۲۶	۳/۲۷	↑	↑
	NO_3	۲۷	۳/۴۰	↑	↑
	HCO_3	۳۱	۳/۹۳	↑	↑
	SO_4	-۵	-۰/۵۲	No trend	No trend
	Cl	۲۹	۳/۶۷	↑	↑
	K	۹	۱/۰۵	No trend	No trend
	Mg	۱۲	۱/۴۴	No trend	No trend
	Na	۲۳	۲/۸۸	↑	↑
چاه شماره ۲	سختی	۳۰	۳۰/۰۳	↑	↑
	TDS	۲۶	۲/۶۲	↑	↑
	EC	۱۹	۱/۸۸	No trend	No trend
	Ca	۲۸	۲/۸۳	↑	↑
	NO_3	۱۳	۱/۲۶	No trend	No trend
	HCO_3	۳۷	۳/۷۷	↑	↑
	SO_4	-۲۱	-۲/۰۹	↓	No trend
	Cl	۱۹	۱/۸۸	No trend	No trend
	K	۱۹	۱/۸۸	No trend	No trend
	Mg	-۱۶	-۱/۵۷	No trend	No trend
	Na	۱۹	۱/۸۸	No trend	No trend
چاه شماره ۳	سختی	۱۰	۰/۹۴	No trend	No trend
	TDS	۵	۰/۴۲	↑	↑
	EC	-۱	۰/۰۰	No trend	No trend
	Ca	۱۷	۱/۶۷	No trend	No trend
	NO_3	۲۱	۲/۰۹	↑	No trend
	HCO_3	۱۸	۱/۷۸	No trend	No trend
	SO_4	-۲۵	-۲/۵۱	↓	No trend
	Cl	-۱	۰/۰۰	No trend	No trend
	K	-۱۰	-۰/۹۴	No trend	No trend
	Mg	-۴	-۰/۳۱	No trend	No trend
	Na	-۱	۰/۰۰	No trend	No trend

تأثیر رودخانه بر آبخوان

با توجه به ارتباط منطقی حاصل از نتایج بررسی کیفیت و روندیابی تغییرات پارامترهای کیفی طی دوره ۱۰ ساله برای آبخوان و آب سطحی در منطقه، با ترسیم جریانات هیدرولیکی حاکم، این ارتباط مورد مطالعه قرار گرفت.

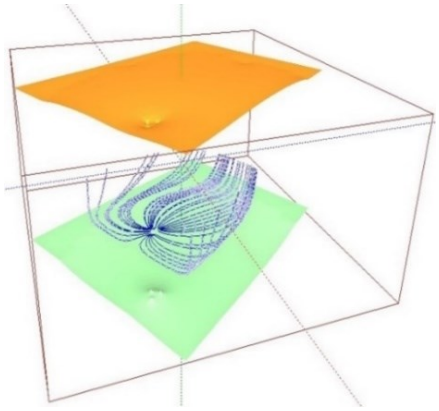
اولین گام برای ایجاد مدل هیدرولیکی، اندرکنش آب-های سطحی و زیرزمینی در یک هیدروسیستم می-باشد. این ارتباط دوطرفه بین منابع آبخوان و آبریز قبل از برداشت آب از آبخوان موجود در منطقه‌ی مورد مطالعه در شکل (۷) قابل‌مشاهده است. شبیه‌سازی صورت گرفته بر اساس تأثیرات جریانات آبی رودخانه مجاور و همچنین میزان متوسط بارندگی سالانه که ۲۵۸ میلی‌متر گزارش‌شده بود انجام گرفت.



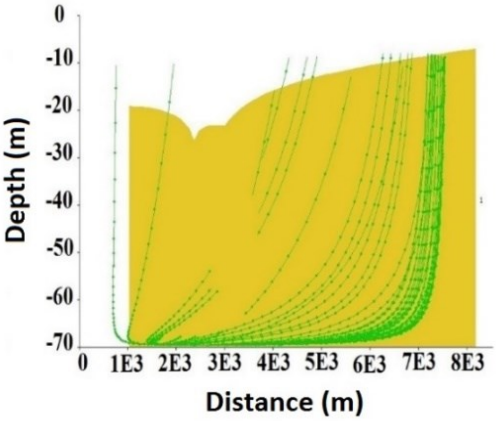
شکل (۷) : نحوه جریانات هیدرولیکی در آبخوان جریانات ناشی از رودخانه در آبخوان قبل از برداشت آب از چاه‌ها

در سال‌های قبل نیز مطالعاتی در خصوص تاثیر پذیری منابع آبی زیرمینی از منابع آب‌های سطحی انجام گرفت (Sophocleous, 2002; Tong and Chen, 2002). در این قسمت نحوه‌ی تأثیرگذاری برداشت آب در اطراف چاه‌ها مورد مطالعه نشان داده شده است. از نتایج این بخش مشاهده گردید که برداشت روزانه از این چاه‌ها در طول دوره، سبب تغییر جریانات منحنی‌های هم‌تراز هدایت هیدرولیکی شده است که می‌توان آن را به تغییرات جریانات رودخانه نیز نسبت داد. با این حال این جریانات در ابتدا از سمت شمال غربی به سمت جنوب شرقی بودند و با اثرپذیری از چاه‌های منطقه روند منحنی‌ها در جهت شرقی و تغذیه چاه‌ها به سمت جنوب گرایش پیدا کردند که بطور مشخصی نشان دهنده تغییر جهت جریانات هیدرولیکی و تمرکز جریانات در محدوده چاه‌های مورد نظر می‌باشد.

در اکثر آبخوان‌های موجود ورودی آب‌های زیرزمینی، نفوذ آب‌های سطحی، بارندگی، نفوذ آب‌های برگشتی کشاورزی، صنعت و شرب عمده‌ترین بخش تغذیه آبخوان‌ها را تشکیل می‌دهند و از طرفی چاه‌های برداشت و قنات‌ها نیز خود از جمله مهم‌ترین منابع تخلیه به شمار می‌روند (Guardo and Finizio, 2016). در این تحقیق از ابتدا شرایط بهره‌برداری از چاه‌های ۱، ۲ و ۳ در طول دوره ۱۰ ساله مورد مطالعه، به‌گونه‌ای پیش‌بینی‌شده بود که به طور روزانه برای هر یک از سه چاه برداشتی معادل ۲۰۰۰ مترمکعب امکان‌پذیر باشد که در طول دوره به‌طور مداوم این مقدار برداشتی از چاه‌ها استحصال می‌گردید. در شکل (a-۸) نمایی ۳ بعدی از تأثیرپذیری روند جریانات آبخوان در اثر برداشت‌های روزانه از چاه‌ها نشان داده‌شده است. صفحه‌ی مشخص‌شده سبز رنگ در شکل نمایانگر سطح کف آبخوان است و منحنی نارنجی‌رنگ بالایی نشان‌دهنده سطح فوقانی آبخوان می‌باشد که در آن تأثیرگذاری قرارگیری چاه بر روی سطح بالایی آبخوان بر نحوه جریانات موجود در اطراف چاه‌ها با رنگ آبی مشخص شدند. قسمت b از شکل ۸ نیز نشان‌دهنده مقطع عرضی سه چاه مورد مطالعه است و نحوه جریانات برگشتی از آبخوان به سمت چاه‌های مورد مطالعه را مشخص می‌کند. میزان عمقی که این جریانات تحت تأثیر خود قرار می‌دهند نیز در این شکل مشخص‌شده است.



(a)



(b)

شکل (۸) : مقطع عرضی و سه‌بعدی نحوه جریانات هیدرولیکی در آبخوان در اطراف چاه‌های موردبررسی، و ، a) تأثیرپذیری چاه‌ها بر روی آبخوان و b) مقطع عرضی در اطراف چاه ۱ و جریانات ناشی از رودخانه در آبخوان

نتیجه‌گیری

نتایج به‌دست‌آمده از غلظت‌های اندازه‌گیری شده در این مطالعه حاکی از آن بوده است که در تمامی چاه-های مورد بررسی منطقه و همچنین رودخانه آبدانان تمامی پارامترهایی که استانداردی برای حد مجاز آن تعیین‌شده پایین‌تر از حد مجاز بود. در برای چاه‌های ۱ تا ۳ از نظر آشامیدنی نگرانی وجود ندارد. همچنین مشخص گردید که آب چاه‌های مورد نظر و رودخانه آبدانان در دسته آب‌های خیلی خوب با شوری بسیار کم قرار می‌گیرند. اهمیت این موضوع علاوه بر بحث کشاورزی، در تأمین آب شرب منطقه نیز به چشم می-آید. که باتوجه به مطالعه انجام شده در مباحث کیفی منابع آب منطقه، می‌توان گفت که آبخوان‌های منطقه به‌خوبی تغذیه‌شده و متأثر از تغییرات کیفی منشأ خود می‌باشند.

با توجه به اینکه جریانات هیدرولیکی حاکم از آب سطحی رودخانه آبدانان به آبخوان، تأثیرپذیری کمی و کیفی آبخوان از آب سطحی را بیان می‌کند. بررسی تغییرات کیفی آب زیرزمینی در طی یک دوره ۱۰ ساله در طول مسیر جریان نشان می‌دهد که تغییراتی که کیفیت آب آبخوان نسبت به منبع تغذیه خود که رودخانه آبدانان می‌باشد، ناشی از عوامل موضعی است، این موضوع بیانگر وجود سازند آلاینده مثل سازندهای آهکی یا گنبدهای نمکی و یا هر نوع منابع آلوده‌کننده در طول مسیر حرکت آب به هنگام عبور از لایه‌های مختلف زمین‌شناسی است.

با توجه به روندیابی برای دو منبع آبی منطقه، تخمیت روند تغییر کیفیت در سال‌های آینده قابل پیش‌بینی خواهد بود و این موضوع قابل‌توجه خواهد بود که هر نوع تغییر در کیفیت آب رودخانه آبدانان به دلیل عوامل طبیعی و یا غیرطبیعی تأثیرگذاری مستقیمی بر روی کیفیت آب آبخوان و در نتیجه آب چاه‌های منطقه خواهد گذاشت و نظر به استفاده از این چاه‌ها به‌عنوان منابع آب آشامیدنی دو روستای هم‌جوار، اهمیت این چبش بینی دو چندان می‌گردد.

از طرف دیگر با توجه به مباحث مطرح شده در خصوص روش‌ها مختلف و پژوهش‌های صورت رفته در مقیاس‌های گوناگون در مناطق و کشورهای متفاوت، بررسی‌های کیفی و کمی منابع آبی موجود به صورت جداگانه و مجزا از یکدیگر صورت می‌پذیرد که این موضوع می‌تواند یکی از مشکلات جدی در امر تامین هزینه آزمایشات تصمیم‌گیری‌های کلان بلندمدت در بحث مدیریت منابع آب باشد. در این مقاله به توجه به بررسی کیفی هر دو منبع آب سطحی و زیرزمینی و بررسی ارتباط هیدرولیکی دو منبع، امکان تخمین روند یک منبع از روی تغییر روند کیفی منبع دیگر ممکن است و افزایش قابلیت اعتماد در تصمیم‌گیری‌های

بلندمدت مدیریتی با کاهش میزان ریسک را فراهم خواهد کرد.

منابع

American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation, 2014. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20th ed, Standard Methods.

Backman, B., Bodis, D., Lahermo, P., Rapant, S., Tarvainen, T., 1998. Application of a groundwater contamination index in Finland and Slovakia. Environ. Geol. 36, 55–64. doi:10.1007/s002540050320

Carrera-Villacrés, D., Guevara-García, P., Hidalgo-Hidalgo, A., Teresa-Vivero, M., Maya-Carrillo, M., 2015. Removal of Physical Information Chemistry of Spa that is Utilizing Geothermal Water in Ecuador. Procedia Earth Planet. Sci. 15, 367–373. doi:10.1016/j.proeps.2015.08.090

Di Guardo, A., Finizio, A., 2016. A moni-modelling approach to manage groundwater risk to pesticide leaching at regional scale. Sci. Total Environ. 545–546, 200–209. doi:10.1016/j.scitotenv.2015.12.056

Erdlenbruch, K., Tidball, M., Zaccour, G., 2014. Quantity-quality management of a groundwater resource by a water agency. Environ. Sci. Policy 44, 201–214. doi:10.1016/j.envsci.2014.08.002

Goenster, S., Wiehle, M., Gebauer, J., Mohamed Ali, A., Stern, R.D., Buerkert, A., 2015. Daily rainfall data to identify trends in rainfall amount and rainfall-induced agricultural events in the Nuba Mountains of Sudan. J. Arid Environ. 122, 16–26. doi:10.1016/j.jaridenv.2015.06.003

Kinzelbach, W., 1986. Groundwater Modelling An Introduction with Sample Programs in BASIC. ELSEVIER.

Krishnaraj, S., Murugesan, V., K, V., Sabarathinam, C., Paluchamy, A., Ramachandran, M., 2012. Use of Hydrochemistry and Stable Isotopes as Tools for Groundwater Evolution and Contamination Investigations. J. Geo-sciences 1, 16–25. doi:10.5923/j.geo.20110101.02

Kuraa, N.U., Ramlia, M.F., Sulaiman, W.N.A., Ibrahim, S., Aris, A.Z., Narany, T.S., 2015. Spatiotemporal variations in groundwater chemistry of a small tropical island using graphical and geochemical models, in: International Conference on Environmental Forensics 2015. pp. 358–363.

Mahajan, D.R., Dodamani, B.M., 2015. Trend Analysis of Drought Events Over Upper Krishna Basin in Maharashtra. Aquat. Procedia. doi:10.1016/j.aqpro.2015.02.163

Rajendran, S.S.K.A.S., 2011. Hydrochemical profile for assessing the groundwater quality of Paravanar River Sub-Basin, Cuddalore district, Tamil Nadu, India. Curr. World Environ. 6, 45–52.

Sadashivaiah, C., Ramakrishnaiah, C.R., Ranganna, G., 2008. Hydrochemical analysis and evaluation of groundwater quality in Tumkur Taluk, Karnataka State, India. Int. J. Environ. Res. Public Health 5, 158–164. doi:10.3390/ijerph2008050022

Sophocleous, M., 2002. Interactions between groundwater and surface water: The state of the science. Hydrogeol. J. 10, 52–67. doi:10.1007/s10040-001-0170-8

Talabi, A.O., Afolagboye, O.L., Tijani, M.N., Aladejana, J.A., Ogundana, A.K., 2013. Hydrogeochemical Assessment of Surface Water in the Central Part of Ekiti-State , Southwestern Nigeria 1, 56–65. doi:10.12691/ajwr-1-4-1

Tong, S.T.Y., Chen, W., 2002. Modeling the relationship between land use and surface water quality. J. Environ. Manage. 66, 377–393. doi:10.1006/jema.2002.0593

Wong, H., Hu, B.Q., 2013. Application of interval clustering approach to water quality evaluation. J. Hydrol. 491, 55–64.

Xin, X., Li, K., Finlayson, B., Yin, W., 2015. Evaluation, prediction, and protection of water quality in Danjiangkou Reservoir, China. Water Sci. Eng. 8, 30–39. doi:10.1016/j.wse.2014.11.001

Xin, X.K., Li, K.F., Finlayson, B., Yin, W., 2015. Evaluation, prediction, and protection of water quality in Danjiangkou Reservoir, China. Water Sci. Eng. 8, 30–39. doi:10.1016/j.wse.2014.11.001

Xu, Z.X., Takeuchi, K., Ishidaira, H., 2003. Monotonic trend and step changes in Japanese precipitation. J. Hydrol. 279, 144–150. doi:10.1016/S0022-1694(03)00178-1

Zhai, X., Xia, J., Zhang, Y., 2014. Water quality variation in the highly disturbed Huai River Basin, China from 1994 to 2005 by multi-statistical analyses. Sci. Total Environ. 496, 594–606. doi:10.1016/j.scitotenv.2014.06.101

Zhao, Y., Zou, X., Gao, J., Xu, X., Wang, C., Tang, D., Wang, T., Wu, X., 2015. Quantifying the anthropogenic and climatic contributions to changes in water discharge and sediment load into the sea: A case study of the Yangtze River, China. Sci. Total Environ. 536, 803–812. doi:10.1016/j.scitotenv.2015.07.119

Combination using of qualitative parameters in aquifer and watershed of Mosian plain in order to determine the aquifer qualitative impacts on surface flow

Farhad. Qaderi[1], Ehsan. Babanejad[2], Seyyad. Saber. Hosseini Karimi[3]

Abstract

Determining the long-term qualitative conditions for water resources is very important in areas facing water shortage. By determining the quality of water resources, it is possible to examine the sustainability of resources and its importance in long-term planning. Iran is also considered to have a shortage of water due to its geographical location, including arid and semi-arid regions. Therefore, in this paper, determination of the quality of water resources of fertile plains around Musan village in Iran was studied. For this purpose, the data of watershed and aquifer were collected during 10 years period and the outlying data was removed using the box diagram. Statistical analysis carried out in Student's *t*-distribution at confidence level of 95% showed that the maximum amount of hardness, TDS, EC, Ca, NO3, HCO3, SO4, CL, Mg and Na in the Telezi River are 70.5, 124.5, 201, 91.1, 7.5, 82.3, 15.2, 11.7, 3.8 and 14.9 mg/liter, respectively. According to WHO and the drinking water standards of Iran (No.1053), it can be used for drinking. This analysis also demonstrated the appropriate quality of groundwater resources. Based on the long-term collected data, changes in quality trend of the catchment and aquifer were investigated, which based on the Mann-kendall test, the decline trend in quality for all parameters of the catchment (except SO4and Mg) was obvious at 5% significance level, while in the aquifer, just reduction in the TDS quality of the groundwater resources was observed. According to the similar results between the catchment and aquifer, the hypothesis based on the relationship between these resources was raised which investigated by the finite element method. It was found that the aquifer of the plain has been influenced up to the high of 70 meters from the watershed.

Keywords: groundwater resources, quality conditions, drinking water.

[1] Assistant Professor Civil and Environmental Engineering, Department of Civil Engineering, Babol Noshirvani University of Technology-Iran. E-mail: f.qaderi@nit.ac.ir
[2,3] MSc graduated of Civil and Environmental Engineering, Department of Civil Engineering, Babol Noshirvani University of Technology-Iran