ارزیابی کیفیت آب زیرزمینی دشت میمه از دیگاه های آبیاری، شرب و صنعت

آروین میرعلیزاده [۱*]، هادی پورحسین [۲]

۱*- دانش آموخته کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی دانشگاه تربیت مدرس،تهران، ایران

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی منابع آب، دانشگاه تهران، پردیس ابوریحان، تهران، ایران

* ایمیل نویسنده مسئول: arvinmiralizadeh@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۸/۲۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۰/۰۶

چکیده

نظارت و ارزیابی منظم کیفیت آب به پیشگیری از بیماری های منتقله از طریق آب، محافظت از جوامع در برابر شیوع و تضمین رفاه عمومی کمک می کند. ازآنجاکه آب‌های زیرزمینی اهمیت بسزایی در تأمین نیاز آب مصرفی بخش‌های مختلف دارند و منابع آب زیرزمینی دشت میمه، یکی از مناطق مهم در منطقه جنوب شرقی ایران است که برای تأمین آب موردنیاز زراعت، آب شرب و صنعت مورداستفاده قرار می‌گیرد که تأثیر بسزایی بر روی سلامتی و بهداشت عمومی مردم این منطقه و شهر اصفهان برخوردار است. ازاین‌رو، به ارزیابی کیفیت آب زیرزمینی در این منطقه برای استفاده‌های مختلف پرداخته شده است. در این راستا از نتایج حاصل از ۸ حلقه چاه در سال ۱۴۰۱ استفاده شد. جهت طبقه‌بندی آب و پهنه‌بندی برای مصارف مختلف از نمودارهای شولر، ویلکاکس، پایپر، شاخص اشباع لاتژیه و شاخص رایزنار مورداستفاده قرار گرفته است. نتایج نشان می‌دهد تمامی چاه‌های منطقه خاصیت رسوب‌گذاری شدید دارند و به‌طورکلی تنها دو چاه کوشکه چاه انقلاب و اول جاده جوشقان میمه برای مصارف کشاورزی و شرب مناسب هستند، به‌طورکلی نتایج نقشه پهنه‌بندی برای مصارف مختلف در دشت میمه نشان می‌دهد چاه‌های موجود در شمال این دشت در وضعیت مناسب‌تری نسبت به مناطق جنوبی می‌باشند. باتوجه‌به نتایج به‌دست‌آمده، توصیه می‌شود که برای استفاده بهینه از منابع آب زیرزمینی در دشت میمه، اقداماتی برای کنترل و بهبود کیفیت آب صورت گیرد.

کلمات کلیدی

" کیفیت آب زیرزمینی"، " نمودار شولر"، " نمودار ویلکاکس"، " شاخص رایزنار"

۱- مقدمه

به دلیل توزیع نامتوازن باران در زمان و مکان‌های مختلف، آب‌های زیرزمینی در مناطق خشک و نیمه‌خشک به عنوان منبع اصلی تأمین آب شرب، صنعت و کشاورزی محسوب می‌شوند. با افزایش جمعیت در جهان و افزایش تقاضای آب و بهره‌برداری بیش‌ازحد، کمیت و کیفیت آب زیرزمینی در بسیاری از سفره‌های زیرزمینی در سراسر جهان کاهش یافته است. کارشناسان پیش‌بینی می‌کنند که در قرن بیست و یکم، انسان با بحران کم‌آبی روبرو خواهد شد و این بحران در مناطق خشک و نیمه‌خشک کره‌ی زمین به دلیل محدودیت منابع آب سطحی بیشتر به چشم می‌خورد (Nanekely et al., 2023; Ozer et al., 2020) در مناطق خشک و نیمه خشک، کیفیت آب منابع زیرزمینی برای مصارف مختلف، یکی از موضوعات مهم در زمینه محیط زیست و بهداشت عمومی است(Panneerselvam et al., 2023). کیفیت آب زیرزمینی به دلیل تاثیرات مخرب انسانی و طبیعی مختلف، ممکن است به شدت تحت تاثیر قرار گیرد و این موضوع می‌تواند به طور مستقیم و غیرمستقیم، تاثیرات منفی بر سلامتی انسان و محیط زیست داشته باشد(Zhang et al., 2020). بر همین اساس در سال های اخیر تحقیقاتی برای طبقه بندی آب برای مصارف مختلف توسط محقیقن انجام شده است. رحمانی وشکوهی (۱۳۸۶)جهت تعیین کیفیت آب در دشت همدان برای مصارف کشاورزی از نمودار ویلکوکس استفاده کردند بررسی این محققان نشان داد که کیفیت منابع آب این منطقه جهت کشاورزی در طبقه خوب و متوسط است. اصغری مقدم و فیجانی (۱۳۸۷)، در مطالعات هیدروشیمیایی آبخوان های بازالتی و کارستی منطقه ماکو، با استفاده از دیاگرام پایپر نمونه های بازالتی را عمدتا دارای تیپ بی¬کربنات سدیم کلسیم و نمونه های آهکی را دارای تیپ بیکربنات کلسیم منیزیم معرفی نمودند. ناصری و همکاران(۱۳۸۹)در بررسی هیدروژئوشیمیایی و بیلان حوضه آبریز دامنه سهند با استفاده از ترسیم دیاگرام پایپر در کلیه نواحی منطقه ، تیپ آب زیرزمینی را از نوع کلسیم سدیم بی کربناته معرفی کردند. همچنین کیفیت آب زیرزمینی را از نظر شرب و کشاورزی ، خوب بیان داشتند. خمر و همکاران(۱۳۹۱)، در بررسی کیفیت منابع آب در منطقه معدنی کوه زر در غرب تربت حیدریه، پس از اندازه گیری کاتیون و آنیون های نمونه های آب برداشت شده از منابع زیرزمینی، تیپ آب منطقه را با استفاده از Nacl و Hco_3 مشخص کردند. کیفیت آب را بر اساس نمودارهای شولر و ویلکاکس، از نظر شرب و کشاورزی نامناسب معرفی نمودند. بهرامی و همکاران (۱۴۰۲) به بررسی کیفیت آب زیرزمینی برای مصارف شرب و کشاورزی در دشت فسارود پرداختند، آن ها برای این منظور از دیاگرام های شولر و ویلکاکس برای ۳۱ چاه موجود در منطقه را مورد بررسی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که ۵ چاه برای شرب نامناسب و ۱۳ درصد از چاه ها برای آبیاری نامناسب می باشند. سالاری(۱۴۰۲) به بررسی کیفیت آب زیرزمینی برای مصارف شرب، کشاورزی و صنعت در دشت شیراز پرداخت و به این نتیجه رسید که با توجه به شاخص های ویلکاکس، شولر و ضریب اشباع لانژیه آب های زیرزمینی برای مصارف کشاورزی در حد متوسط، از نظر شرب در حد قابل قبول و از نظر صنعت رسوب گذار و خورنده می باشند. بنابراین لازم است به برنامه هایی از قبیل مدیریت منابع آب زیرزمینی تغییر الگوی کشت، افزایش الگوی سطح زیرکشت گیاهان مقاوم تر به شوری جایگزینی کودهای شیمیایی با آلی و کشاورزی پایدار در منطقه توجه شود تا بتوان مدیریت جامعی را در بهره برداری از منابع آب زیرزمینی منطقه داشت. ازآنجاکه دشت میمه یکی از مهم‌ترین دشت‌های استان اصفهان است که در آن منابع زیرزمینی به‌عنوان یکی از منابع اصلی آبیاری، شرب و صنعت مورداستفاده قرار می‌گیرد. به همین دلیل، کیفیت آب زیرزمینی در دشت میمه بسیار مهم است و تأثیر بسزایی بر روی سلامتی و بهداشت عمومی مردم این منطقه و شهر اصفهان دارد. در

نتیجه، بهبود کیفیت آب زیرزمینی در دشت میمه برای مصارف مختلف، نیازمند اقدامات متعددی است. این اقدامات شامل بررسی و ارزیابی کیفیت آب شناسایی و کنترل عوامل آلودگی آب، تصفیه آب زیرزمینی برای استفاده در مصارف مختلف، ایجاد روش‌های بهینه برای مدیریت و حفاظت منابع آبی و بهینه‌سازی استفاده از آن‌ها جهت بهبود سلامتی انسان و حفاظت از محیط‌زیست بسیار مورد اهمیت می‌باشد مورد پژوهش قرار گرفته است.

۲- روش انجام تحقیق

- **محدوده مورد مطالعه**

دشت میمه یکی از مهم‌ترین دشت‌های استان اصفهان با وسعتی در حدود ۸۸ / ۲۰۶۳ کیلومترمربع و ارتفاع ۲۰۳۱ متر از سطح دریا در شمال غربی استان اصفهان و در طول‌های جغرافیایی ۵۰° ′ ۴۲ تا ۵۱° ′ ۳۲ شرقی و عرض‌های جغرافیایی ۳۳° ′ ۰۹ تا ۳۳° ′ ۴۲ شمالی واقع است. این دشت در شمال شرقی شهرستان فریدن واقع شده و به مساحت حدود ۲۴۰۰ هکتار از غرب به دشت خارک، در شمال به دشت چهارباغ، در شرق به دشت رزاب و در جنوب به دشت فلاورجان محدود می‌شود.

- **داده های مورد استفاده**

جهت تهیه این گزارش از داده‌های عناصر شیمیایی ۸ حلقه چاه عمیق (شکل ۱) در سطح آبخوان دشت میمه در سال ۱۴۰۱ شامل کاتیون‌های کلسیم (Ca) ، پتاسیم (K) ، منیزیم(Mg) ، سدیم(Na) و آنیون‌های بی‌کربنات(HCO3) ، کلر(CL)و سولفات (SO4) با استفاده از نمودارهای استیف ، پایپر، ویلکاکس و شولر در نرم‌افزار AquaChemمورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفته شده است. نمودار پایپر یکی از نمودارهای مفید برای تعیین تیپ‌های غالب آب است. در این نمودار این امکان وجود دارد که تعداد زیادی نمونه به‌صورت هم‌زمان نمایش داده شود (۱۱، ۱۲). نمودار پایپر از دو قسمت مثلثی و یک بخش لوزی شکل تشکیل شده است. نسبت هر کاتیون به کل کاتیون‌ها و نسبت هر آنیون به کل آنیون‌ها، برای هر نمونه برحسب درصد محاسبه شده و به ترتیب در مثلث‌های مربوط به کاتیون‌ها و آنیون‌ها رسم می‌شوند. از نمودار استیف، برای تعیین سنگ میزبان و نوع محیط زمین‌شناسی مؤثر بر کیفیت آب استفاده می‌شود. نمودار استیف، از سه محور موازی و افقی که در دو طرف یک محور عمودی به‌عنوان مبدأ گسترده شده‌اند، تشکیل شده است. هر آنیون در مقابل کاتیون متناظر خود قرار گرفته است. کاتیون‌ها در سمت چپ و آنیون‌ها در سمت راست محور قائم رسم شده و از اتصال آنها چندضلعی حاصل می‌شود. با مقایسه شکل به‌دست‌آمده با الگوهای استیف، نوع سنگ مؤثر بر کیفیت آب تعیین می‌شود (Almodaresi et al., 2019; Choramin et al., 2015.) نمودار شولر برای تعیین کیفیت آب شرب به کار می‌رود. در این نمودار، پارامترهای کیفی به‌صورت مجزا، و در مقیاس لگاریتمی نشان‌داده‌شده‌اند. از اتصال مقادیر مربوط به هر نمونه آب، خطی شکسته ایجاد می‌شود که از روی آن می‌توان کیفیت آب را برای شرب تعیین کرد (Alavi et al., 2016; Karmegam et al., 2011) نمودارهای ویلکاکس برای دسته‌بندی کیفیت آب برای اهداف آبیاری مورداستفاده قرار می‌گیرد. ازآنجاکه یون سدیم بر روی بافت خاک تأثیر منفی داشته و سبب کاهش نفوذپذیری آن می‌شود، مقدار آن در آب برای مصارف آبیاری دارای اهمیت است. در این نمودارها برای نشان‌دادن سهم سدیم در مقابل تمام یون‌های موجود در آب، از ترسیم مقدار نسبت جذب سدیم و درصد سدیم در مقابل هدایت الکتریکی استفاده شده است. مقادیر نسبت جذب سدیم و درصد سدیم از رابطه‌های ۱ و ۲ حاصل می‌شود(Teng et al., 2016).

$$SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{1}{2}(Ca^{2+} + Mg^{2+})}} \quad (۱)$$

$$Na\% = \frac{Na^+ + K^+}{Na^+ + K^+ + Ca^2 + Mg^{2+}} \times 100 \quad (۲)$$

خورندگی و رسوب‌گذاری می‌توانند سبب مسدودشدن لوله‌ها، کاهش دبی عبوری و عیوب نابهنگام و غیرمنتظره در لوله‌ها گردند و همچنین می‌توانند باعث سوراخ‌شدن لوله‌ها شوند که در این حالت آب زیادی از لوله‌ها نشت کرده و میزان آب ازدست‌رفته بسیار قابل‌توجه خواهد بود. آب‌های خورنده موجب ورود آلاینده‌های ثانویه مانند آهن، روی، مس و منگنز در غلظت‌های بالاتر از حد استاندارد در آب آشامیدنی می‌شوند که مشکلاتی چون مزه، بو و رنگ را به وجود می‌آورند. علاوه بر این، در اثر خورندگی باکتری‌ها نیز در آب رشد کرده و باعث بالارفتن کدورت آب می‌شوند و کیفیت آب را کاهش می‌دهند (Abdollah et al., 2017). رسوب‌گذاری آب نیز باعث ایجاد مشکلات بهداشتی و مشکلاتی در استفاده از این آب‌ها و همچنین باعث کاهش سطح مقطع لوله در سیستم توزیع و انتقال آب می‌شود. طبق رهنمودهای سازمان بهداشت جهانی اگر آبی رسوب‌گذار باشد باعث ناراحتی‌های مرتبط با دستگاه گوارش به‌ویژه در افراد با سن کم خواهد شد (Afshin et al., 2012). ازاین‌رو بایستی کیفیت آب از نظر مصارف صنعتی نیز مورد بررسی قرار گیرد. جهت بررسی کیفیت آب زیرزمینی منطقه موردمطالعه به‌منظور مصارف صنعتی، از شاخص اشباع لانژلیه و شاخص رایزنار استفاده گردید.

- **شاخص اشباع لانژلیه**

به‌منظور تعیین کیفیت آب از نظر پایداری، شاخص‌های مختلفی پیشنهاد شده است که مهم‌ترین آن‌ها، شاخص اشباع لانژلیه و شاخص رایزنار است. شاخص اشباع لانژلیه (LSI) مدلی است مشتق شده از مفهوم تئوریکی اشباع و شاخصی از درجه اشباع آب با کربنات کلسیم ارائه می‌نماید. میزان LSI مفهوم اشباع را با استفاده از PH به‌عنوان یک متغیر اصلی بیان می‌کند .

می‌تواند به‌عنوان تغییر موردنیاز PH جهت رسیدن آب به تعادل تعبیر گردد. بر اساس شاخص لانژلیه اگر مقدار شاخص منفی باشد، آب خورنده تلقی می‌شود و مقادیر مثبت بیانگر خاصیت رسوب‌گذاری بوده و چنانچه برابر صفر باشد پایدار محسوب می‌شود. بهترین حالت هنگامی است که آب نه باعث خوردگی لوله‌های شبکه توزیع و نه باعث ایجاد رسوب در سطح آن‌ها شود. چرا که هر دو حالت موجب کاهش عمر لوله‌های موجود در شبکه انتقال آب شده و هزینه‌زا هستند. به همین دلیل در مدیریت شبکه توزیع با اندازه‌گیری پارامترهای موردنیاز جهت محاسبه شاخص لانژلیه تلاش می‌کنند با اصلاح کیفیت آب مانع بروز خوردگی یا گرفتگی لوله‌ها شوند (Asgari et al., 2015). فرمول شاخص اشباع لانژلیه به شرح زیر است که در آن PHa میزان اسیدیته نمونه و PHc میزان اسیدیته در حالت اشباع است که تحت عنوان شاخص اشباع از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$LSI=PH_a-PH_c \quad (۳)$$

زمانی که شاخص منفی باشد آب دارای پتانسیل خوردگی است.

- **شاخص رایزنار**

بر پایه تجربیات رایزنار، شاخص رایزنار (RI) به شرح فرمول زیر تعریف شده است:

$$RI=2PH_S-PH_a \quad (۴)$$

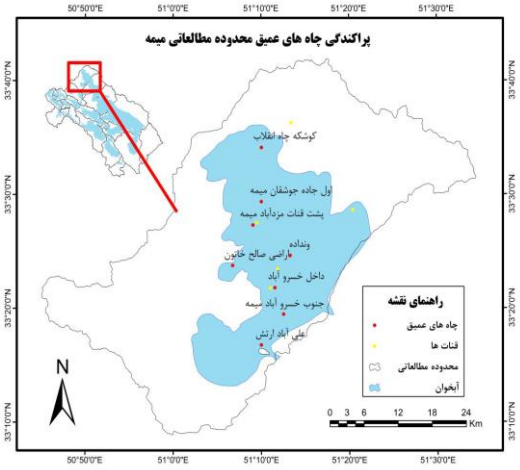
که در آن PHa میزان اسیدیته نمونه و PHS با استفاده از فرمول زیر محاسبه می گردد که در آن Kc تابع درجه حرارت و TDS آب و مقادیر $P[Ca2+]$ و $P[ALK]$ به ترتیب منهای لگاریتم غلظت کلسیم محلول در آب و منهای لگاریتم قلیائیت (Alkalinity) که میزان قلیائیت بر پایه بی کربنات کلسیم بر حسب مول در لیتر است میباشد، میزان ALK با استفاده از رابطه زیر بدست می آید:

$$PH_S=P[Ca^{2+}]+P[AL_K]+K_c \quad (۵)$$

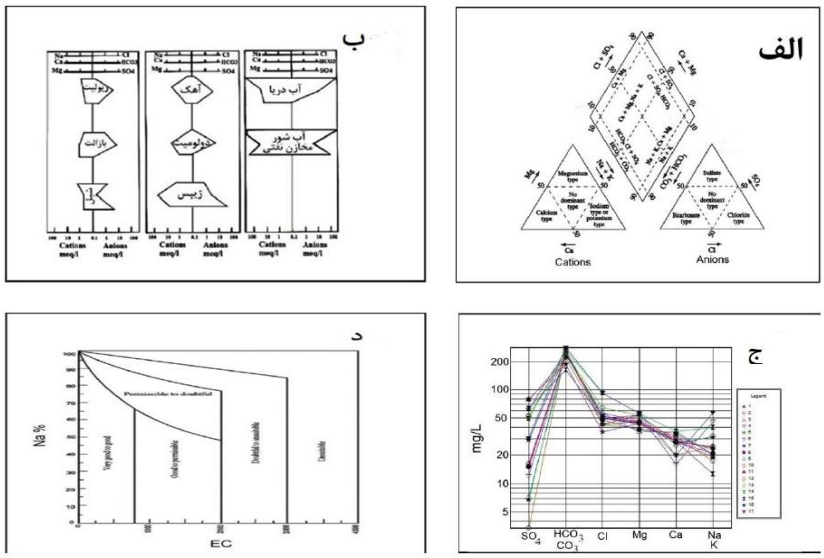
$$AL_K=CaCO_3-100089.4 \quad (۶)$$

جدول ۱- درصد خطای آزمایش های شیمیایی

وضعیت رسوب‌گذاری	RI
رسوب‌گذاری خیلی شدید	RI <4
رسوب‌گذاری شدید	4<RI<5
رسوب‌گذاری متوسط	5<RI<6
رسوب‌گذاری کم	6<RI<7
رسوب‌گذاری بدون مشکل به همراه افزایش تدریجی خورندگی	RI>7



شکل ۱- نقشه پراکندگی چاه های عمیق محدوده مطالعاتی میمه



نمودار۲- نمودار های (الف) پایپر، (ب) استیف، (ج) شولر و (د) ویلکاکس

۳- نتایج

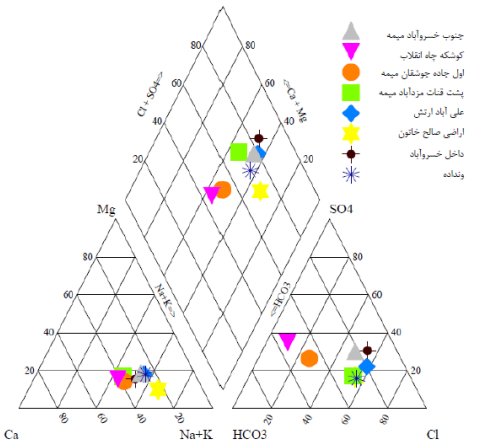
در ابتدا برای تعیین خطای آزمایش های شیمیایی نمونه ها مجموع غلظت آنیون ها و کاتیون ها را محاسبه کرده و سپس میزان خطا بر اساس فرمول زیر به‌صورت درصد به‌دست‌آمده و نتایج در جدول شماره (۱) قابل‌مشاهده است. طبق جدول فوق تنها چاه‌های پشت قنات مزد آباد میمه و ونداده دارای خطا هستند که میزان آن‌ها نیز بسیار کم و می‌توان از آن چشم‌پوشی کرد. تیپ آب بر اساس بیشترین غلظت آنیون‌ها و رخساره آب بر اساس بیشترین غلظت کاتیون‌ها تعیین می‌گردد. به‌طورکلی آب‌ها از نظر ترکیب شیمیایی به سه تیپ اصلی بی‌کربناته HCO_3 ، سولفاته SO_4 و کلروره Cl و رخساره‌های کلسیک (Ca)، منیزیک (Mg) و سدیک (Na+K) تقسیم می‌شوند. یکی از روش‌های متداول در تعیین تیپ رخساره هیدرو شیمی آب، استفاده از نمودار پایپر می‌باشد. نمودار پایپر چاه‌های محدوده مطالعاتی میمه در (نمودار ۳) نشان‌دهنده این مطلب است به جز چاه‌های اول جاده جوشقان میمه و کوشکه چاه انقلاب که در قسمت تیپ بی‌کربنات قرار دارند، باقی چاه‌ها در تیپ کلروره قرار گرفته‌اند. همچنین تمرکز تمامی چاه‌ها در رخساره سدیک می‌باشد. در جدول ۳ تمامی غلظت چاه‌های دشت جهت تعیین تیپ و رخساره قابل‌مشاهده است. نمودار استیف از جمله نمودارهایی است به طور گسترده توسط هیدروژئولوژیست‌ها و ژئوشیمیدانان برای نمایش ترکیب یون اصلی یک نمونه از آب استفاده می شود. این نمودار در واقع یک شکل چند ضلعی با چهار محور افقی موازی که در دو طرف یک محور عمودی صفر امتداد دارند، می‌باشد. جهت مقایسه بصری سریع بین آب‌های چاه‌های موردمطالعه در منطقه از نمودار الگوهای استیف استفاده شده است. نمودارهای استیف نیز نتایج به‌دست‌آمده درباره تیپ و رخساره در جدول ۳ و نمودار ۳ را تأیید می‌کنند که به‌عنوان نمونه در نمودار شماره ۴ نمودار استیف چاه علی‌آباد ارتش را در منطقه موردمطالعه مشاهده می‌کنید.

جدول ۲- درصد خطای آزمایش‌های شیمیایی

نام محل نمونه‌برداری	UTM X	UTM Y	مجموع کاتیون‌ها (meq/l)	مجموع آنیون‌ها (meq/L)	درصد خطا
اراضی صالح خاتون	۵۱۰۴۸۵	۳۶۹۵۲۲۱	۷۱/۱	۷۱/۱	۰
پشت قنات مزد آباد میمه	۵۱۴۰۴۷	۳۷۰۱۷۹۳	۱۵/۷۵	۱۵/۷	۰/۱۶
اول جاده جوشقان میمه	۵۱۵۵۲۷	۳۷۰۵۵۹۳	۹/۱	۹/۱	۰
علی‌آباد ارتش	۵۱۵۵۳۹	۳۶۸۲۳۱۵	۲۸/۹	۲۸/۹	۰
کوشکه چاه انقلاب	۵۱۵۵۴۳	۳۷۱۴۳۸۲	۸/۳	۸/۳	۰
داخل خسرو آباد	۵۱۷۹۲۲	۳۶۹۱۶۲۳	۳۶/۱	۳۶/۱	۰
جنوب خسرو آباد میمه	۵۱۹۴۵۵	۳۶۸۷۳۳۴	۲۱/۶	۲۱/۶	۰
ونداده	۵۲۰۶۱۲	۳۶۹۶۸۵۰	۱۳/۳	۱۳/۲	۰/۳۸

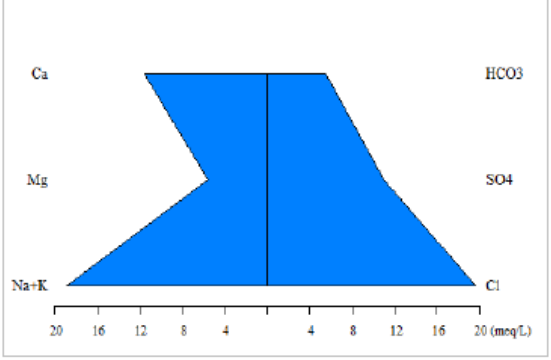
جدول ۳ - تیپ و رخساره چاه های آبخوان میمه

نام محل نمونه‌برداری	غلظت آنیون‌ها(meq/L)			تیپ	غلظت کاتیون‌ها(meq/L)			رخساره
	HCO3	Cl	SO4		Na+K	Mg	Ca	
اراضی صالح خاتون	۲۰/۲	۳۹	۱۱/۹	کلروره	۴۷/۶	۷/۱	۱۶/۴	سدیک
پشت قنات مزد آباد میمه	۴/۶	۸/۴	۲/۷	کلروره	۷/۱۵	۲/۷	۵/۹	سدیک
اول جاده جوشقان میمه	۴/۳	۲/۴	۲/۴	بی کربناته	۴/۳	۱/۳	۳/۵	سدیک
علی آباد ارتش	۵/۷	۱۶/۸	۶/۴	کلروره	۱۶/۱	۵/۲	۷/۶	سدیک
کوشکه چاه انقلاب	۴/۵	۰/۹	۲/۹	بی کربناته	۳/۶	۱/۳	۳/۴	سدیک
داخل خسرو آباد	۵/۵	۱۹/۶	۱۱	کلروره	۱۸/۹	۵/۶	۱۱/۶	سدیک
جنوب خسرو آباد میمه	۴/۷	۱۰/۴	۶/۵	کلروره	۱۱/۶	۴	۶	سدیک
وندادہ	۳/۷	۷/۴	۲/۱	کلروره	۷/۵	۲/۴	۳/۴	سدیک

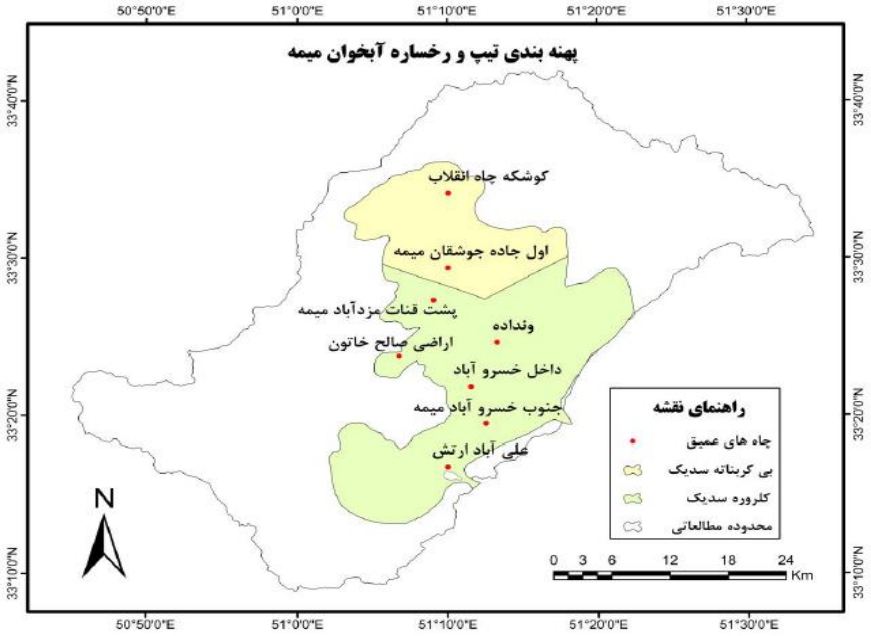


نمودار۳- طبقه بندی آب های آبخوان میمه بر اساس نمودار پایپر

آبخوان محدوده مطالعاتی میمه را بر اساس تیپ و رخساره آب‌های زیرزمینی پهنه‌بندی کرده‌ایم که در شکل زیر قابل‌مشاهده است. چاه‌هایی که در ناحیه بی‌کربناته سدیک یا به عبارتی در قسمت شمالی آبخوان قرار گرفته‌اند از نظر تیپ دارای کیف خوبی هستند؛ اما از لحاظ رخساره کیفیت خوبی ندارند. بقیه نواحی آبخوان که در محدوده کلروره سدیک قرار گرفته‌اند، هم از لحاظ تیپ و هم از لحاظ رخساره کیفیت خوبی ندارند و بهتر است از این چاه‌ها برای مصارف شرب برداشت نشود و حتی ممکن است برای کشاورزی مشکلاتی همچون محدودیت در کشت برخی محصولات ایجاد کنند.

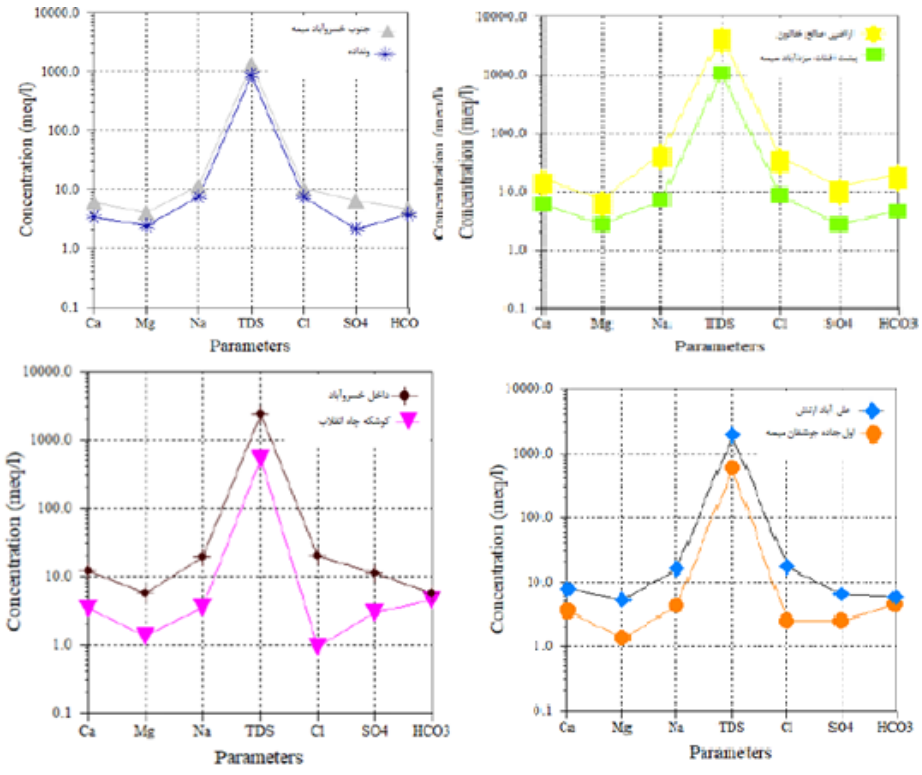


نمودار ٤- نمودار استیف چاه علی‌آباد ارتش



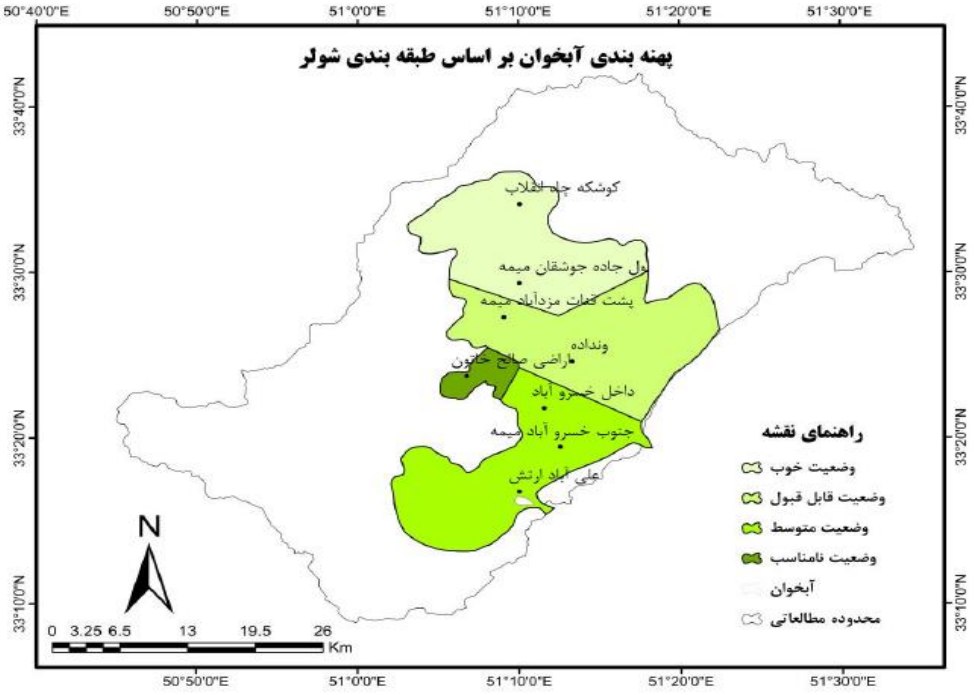
نمودار ۵- پهنه‌بندی تیپ و رخساره آبخوان میمه

جهت طبقه‌بندی آب شرب دشت میمه از نمودار شولر در نرم‌افزار AquaChem با استفاده از آنیون‌ها و کاتیون‌های نمونه‌های موردمطالعه پرداختیم همان‌طور که در نمودارهای ارائه شده قابل‌مشاهده است از لحاظ میزان سختی (TDS) هیچ چاهی در رده خوب قرار ندارد، چاه‌های اول جاده جوشقان میمه، کوشکه چاه انقلاب و وندادہ در رده قابل‌قبول، چاه‌های پشت قنات مزد آباد میمه، علی‌آباد ارتش و جنوب خسرو آباد میمه در رده متوسط، چاه داخل خسرو آباد در رده نامناسب و چاه اراضی صالح خاتون در رده کاملاً نامطبوع قرار دارند. در واقع می‌توان گفت از نظر میزان سختی آب چاه‌های این محدوده اراضی صالح خاتون برای شرب خیلی خوب نیستند. در تمامی حالات در رده کوشکه چاه انقلاب، اول جاده جوشقان میمه از لحاظ میزان کاتیون و آنیون نیز تنها دو چاه در رده نامناسب و بقیه چاه‌ها در رده قابل‌قبول و متوسط قرار می‌گیرند.



نمودار ٦ - نمودار شولر چاه‌های موردمطالعه در دشت میمه

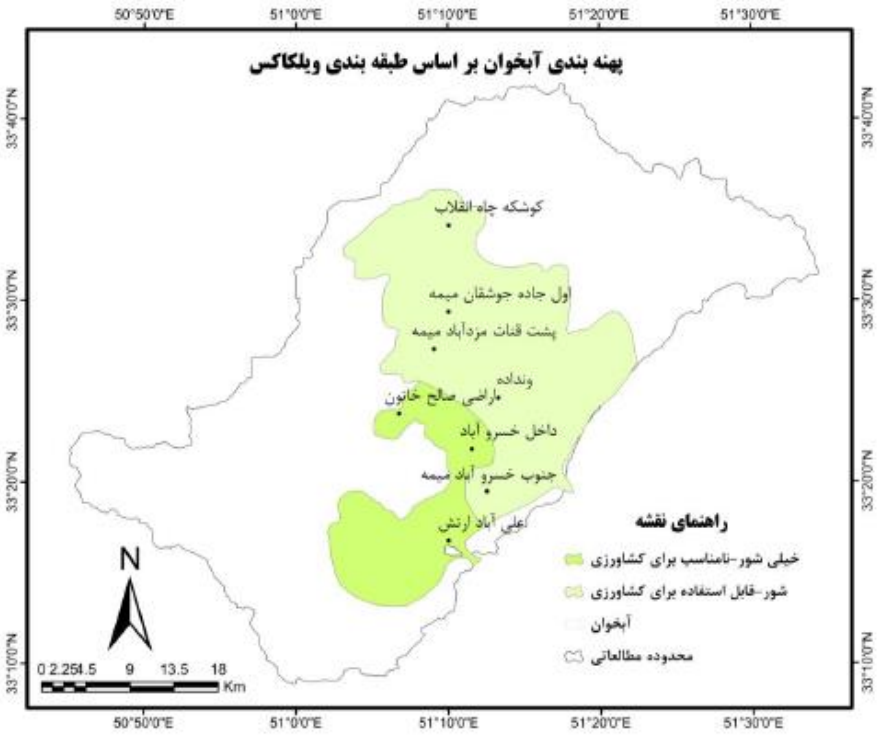
نتیجه کلی که در مورد طبقه‌بندی آب شرب توسط نمودار شولر برای چاه‌های آبخوان میمه می‌توان گرفت این است که به جز چاه اراضی صالح خاتون که در رده نامناسب قرار دارد بقیه چاه‌ها در رده خوب تا متوسط هستند. محدوده آبخوان را بر اساس نتایج به‌دست‌آمده پهنه‌بندی کردیم که در نمودار ۷ قابل‌مشاهده است. باتوجه‌به پهنه‌بندی می‌توان محدوده را به ۴ قسمت تقسیم کرد که قسمت‌های شمالی و مرکزی وضعیت بهتری نسبت به قسمت‌های غرب تا جنوب دارند جهت طبقه‌بندی آب جهت مصارف کشاورزی از نمودار ویلکاکس در نرم‌افزار AquaChem با استفاده از پارامترهای SAR و EC مورداستفاده قرار گرفته شده است. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده آبخوان به دو قسمت شور - قابل‌استفاده برای کشاورزی و قسمت خیلی شور - غیرقابل‌استفاده برای کشاورزی تقسیم می‌شود که محدوده این دو قسمت در نمودار ۹ اراضی به طور فرضی مشخص شده است. چاه‌های علی‌آباد ارتش، داخل خسرو آباد و صالح خاتون همان‌طور که برای شرب وضعیت مطلوبی نداشتند برای کشاورزی نیز مناسب نیستند. به‌طورکلی تنها دو چاه کوشکه چاه انقلاب و اول جاده جوشقان میمه برای کشاورزی و شرب مناسب هستند. اطلاعات به‌دست‌آمده از دیاگرام ویلکاکس از جمله کلاس‌بندی و نوع کیفیت آب برای کشاورزی در جدول گزارش شده است.



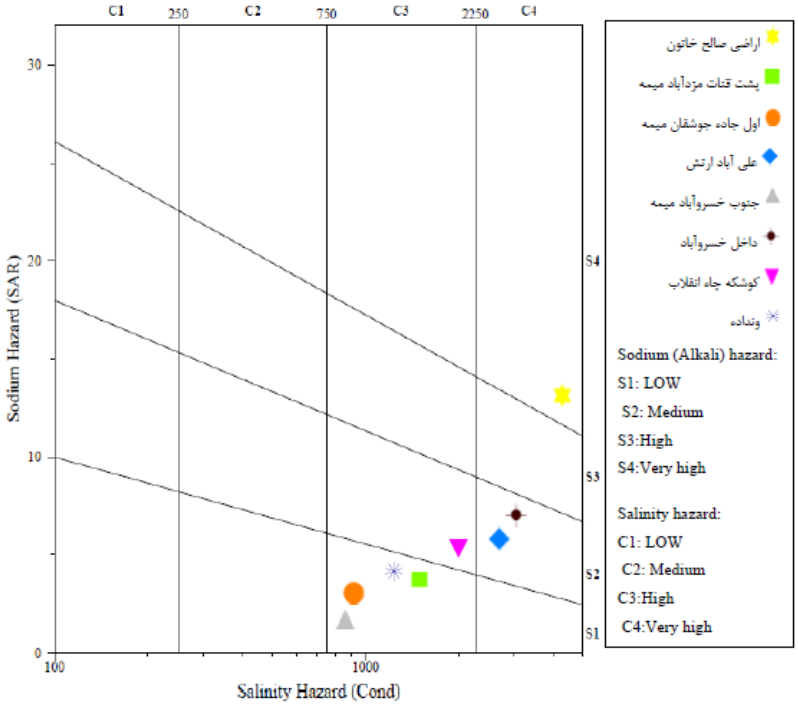
نمودار ۷ - پهنه‌بندی آبخوان میمه از لحاظ شرب

جدول ٤ - کیفیت آب آبخوان میمه از نظر کشاورزی

نام محل نمونه‌برداری	SAR	EC	کلاس‌بندی	کیفیت آب برای کشاورزی
اراضی صالح خاتون	۱۳/۷۱	۷۱۰۰	$C4S4$	خیلی شور - برای کشاورزی نامناسب
پشت قنات مزد آباد میمه	۳/۴۲	۱۶۳۱	$C3S1$	شور - قابل استفاده برای کشاورزی
اول جاده جوشقان میمه	۲/۷۱	۸۸۸	$C3S1$	شور - قابل استفاده برای کشاورزی
علی‌آباد ارتش	۶/۳۲	۲۹۰۰	$C4S2$	خیلی شور - برای کشاورزی نامناسب
کوشکه چاه انقلاب	۲/۲۸	۸۰۹	$C3S1$	شور - قابل‌استفاده برای کشاورزی
داخل خسرو آباد	۶/۴۱	۳۶۲۰	$C4S2$	خیلی شور - برای کشاورزی نامناسب
جنوب خسرو آباد میمه	۵/۱۴	۲۰۴۰	$C3S2$	شور - قابل‌استفاده برای کشاورزی
وندادە	۴/۳۵	۱۳۳۱	$C3S1$	شور - قابل‌استفاده برای کشاورزی



نمودار ۸ – طبقه‌بندی آب‌های آبخوان میمه از لحاظ کشاورزی با کمک دیاگرام ویلکاکس



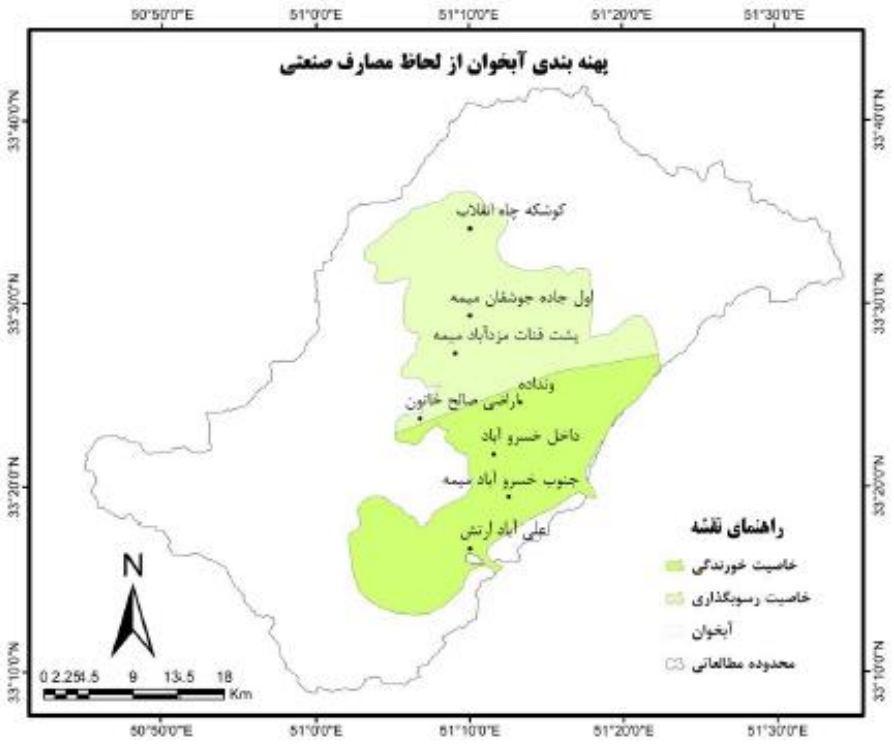
نمودار ۹ – پهنه‌بندی آبخوان میمه از لحاظ کشاورزی

خورندگی و رسوب‌گذاری از شاخص‌های مهم در ارزیابی کیفیت آب در صنعت می‌باشند به‌طوری‌که هر ساله بیش از صدها میلیون دلار خسارت ناشی از خورندگی در سیستم‌های توزیع آب به جوامع وارد می‌شود جهت بررسی کیفیت آب زیرزمینی منطقه موردمطالعه به‌منظور مصارف صنعتی، از شاخص اشباع لانژلیه و شاخص رایزنار استفاده گردید. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده در جدول ۵، تمامی چاه‌های آبخوان میمه دارای خاصیت رسوب‌گذاری شدید می‌باشند که از لحاظ صنعتی مشکل‌زا است و باید به این موضوع در هنگام استفاده از این آب‌ها برای صنعت توجه شود .باتوجه‌به نمودار ۱۰ که نقشه پهنه‌بندی آبخوان از لحاظ صنعت را نشان می‌دهد، آبخوان به دو قسمت شمالی و جنوبی تقسیم می‌شود که چاه‌های قسمت شمالی شامل چاه‌های

کوشکه چاه انقلاب، اول جاده جوشقان میمه، پشت قنات مزد آباد میمه و اراضی صالح خاتون دارای خاصیت رسوب‌گذاری و چاه‌های قسمت جنوبی شامل چاه‌های ونداده، داخل خسرو آباد، جنوب خسرو آباد میمه و علی‌آباد ارتش دارای خاصیت خورندگی هستند. خوردگی و رسوب‌گذاری از جمله عواملی است که باعث کاهش بهداشت عمومی، کیفیت آب و عمر مفید تجهیزات لوله‌کشی می‌شوند. این مشکلات سالانه هزینه‌های قابل‌توجهی را در صنعت آب به همراه دارند؛ بنابراین لازم است روش‌ها و تمهیدات لازم باتوجه‌به شرایط آب‌وهوایی و خاصیت رسوب‌گذاری و خورندگی چاه‌ها در منطقه به کار رده شود.

جدول ۵ - کیفیت آب آبخوان میمه با استفاده از شاخص‌های لانژلیه و رایزنار برای استفاده در صنعت

نام محل نمونه‌برداری	PH	TDS	PHc	LSI	کیفیت آب برای صنعت	PHs	RI
اراضی صالح خاتون	۶/۸	۴۶۱۵	۶/۶	۰/۲۳	رسوب‌گذار	۳/۳	-۰/۲۶
پشت قنات مزد آباد میمه	۷/۴	۱۰۶۰	۷/۴	۰/۰۲۹	رسوب‌گذار	۴/۱	۰/۷۴
اول جاده جوشقان میمه	۷/۶	۵۷۷	۷/۵	-۰/۰۵۴	رسوب‌گذار	۴/۲	۰/۸۹
علی‌آباد ارتش	۷/۲	۱۸۸۵	۷/۳	-۰/۰۶۴	خورنده	۴	۰/۷۳
کوشکه چاه انقلاب	۷/۷	۵۲۶	۷/۵	۰/۱۷	رسوب‌گذار	۴/۲	۰/۷۵
داخل خسرو آباد	۷/۱	۲۳۵۳	۷/۱	-۰/۰۳۸	خورنده	۳/۸	۰/۵۷
جنوب خسرو آباد میمه	۷/۳	۱۳۲۶	۷/۴	-۰/۰۹	خورنده	۴/۱	۰/۸۸
ونداده	۷/۵	۸۶۵	۷/۷	-۰/۱۸	خورنده	۴/۴	۱/۲



نمودار ۱۰ - پهنه بندی آبخوان میمه از لحاظ مصارف صنعتی

٤- نتیجه‌گیری

این پژوهش به‌منظور بررسی کیفیت آب‌های زیرزمینی دشت میمه برای مصارف مختلف کشاورزی، شرب و صنعت با استفاده از ۸ چاه پیزومتری در منطقه موردمطالعه قرار گرفته است. نتایج حاصل از هیدروژئوشیمیایی چاه‌های موردمطالعه نشان داد که تیپ چاه‌های اول جاده جوشقان میمه و کوشکه چاه انقلاب بی‌کربناته و سایر چاه‌ها در تیپ کلروره قرار دارند. به‌طورکلی نتایج به‌دست‌آمده برای طبقه‌بندی کیفیت آب زیرزمینی نشان می‌دهد که چاه‌های علی‌آباد ارتشی، داخل خسرو آباد و صالح خاتون در وضعیت نامطلوب برای مصارف کشاورزی، شرب و صنعت قرار دارند و به‌طورکلی تنها دو چاه کوشکه چاه انقلاب و اول جاده جوشقان میمه برای کشاورزی و شرب مناسب هستند.

منابع

- ASGHARI MOGHADAM A. and FIJANI E. HYDROGEOLOGICAL AND HYDROCHEMICAL STUDIES OF BASALTIC AND KARSTIC AQUIFERS IN MAKU AREA IN RELATION TO GEOLOGICAL FORMATIONS. GEOSCIENCES 2008; 17(67), 2-13. [In Persian].
- Almodaresi S. Mohammadrezaei M. Dolatabadi M. Nateghi. Qualitative analysis of groundwater quality indicators based on Schuler and Wilcox diagrams: IDW and Kriging models. J. Environ. Health Sustain. Dev 2019.
- Alavi N. Zaree E. Hassani M. Babaei A. Goudarzi, G. Yari, A.R., Mohammadi, M.J.,. Water quality assessment and zoning analysis of Dez eastern aquifer by Schuler and Wilcox diagrams and GIS. Desalination and water treatment 2016; pp.23686-23697.
- Asgari G. Ramavandi B. Tarlaniazar M. and Berizie Z. Survey of chemical quality and corrosion and scaling potential of drinking water distribution network of Bushehr city. Iranian South Medical Journal 2015; 18(2). [In Persian].
- Abdollah D. Farhad A. Marzieh N., Rohollah S. Ali J. ASSESSMENT OF SCALE FORMATION AND CORROSION OF DRINKING WATER SUPPLIES IN DEHLORAN (IRAN). Journal of Environmental Health Enginering 2014; pp.93-103.[In Persian].
- Bahrami, A. Dashtbani Z. Bahrami, M. Assessment of groundwater quality in Fasarud Plain (Darab County) for agricultural and potable purposes 2023; J. Environ. Sci. Stud. 8, 7113–7122. https://doi.org/10.22034/jess.2023.391379.1994.
- Choramin M. Safaei A. Khajavi S. Hamid H. Abozari S. Analyzing and studding chemical water quality parameters and its changes on the base of Schuler, Wilcox and Piper diagrams (project: Bahamanshir River). WALIA J 2015; 31, 22–27.
- Ebrahimi, A., Kamarehie, B., Asgari, G., Seid, M. A., & Roshanaei, G. (2012). Drinking Water Corrosivity and Sediment in the Distribution Network of Kuhdasht. IRAN 2012; 8, 480–486.[In Persian].
- Khomer Z. Mahmoudi Q. Mohammad Hossein, O. Evaluation of the quality of water resources in the area of Zar mine, west of Torbat Heydarieh (Environmental Geology). Conference of Economic Geology Association of Iran 2011. [In Persian].
- Salari M. Investigating groundwater quality using water quality indicators for drinking, agriculture and industry (Case study: Shiraz plain). J. Environ 2023. Sci. Stud. 8, 7574–7586. https://doi.org/10.22034/jess.2023.380846.1953.
- Kim J. Lee K. Hydrogeochemical signatures for sustainable use of shallow groundwater as a thermal resource at groundwater–surface water mixing zone. Environ. Earth Sci 2022; 81, 318.
- Karmegam U. Chidambaram S. Prasanna M. Sasidhar P. Manikandan S. Johnsonbabu G. Dheivanayaki V. Paramaguru P. Manivannan R. Srinivasamoorthy K. A study on the mixing proportion in groundwater samples by using Piper diagram and Phreeqc model. Chin. J. Geochem. Desalination Water Treat 2016; 57, 23686–23697.
- Nanekely M. Al-Faraj F. Scholz M. Analysis of a Joint Impact of Climate Change and Anthropogenic Interventions on Groundwater Depletion in Arid and Semi-Arid Areas. Water Resources Management 2023; pp. 167–203. https://doi.org/10.1007/978-3-031-24506-0_12.
- Naseri N. Mohammadzadeh H and Ebrahimpour, S. hydrogeochemical investigation of the watershed of the Sahand range, the first conference of applied research on water resources in Iran 2010. [In Persian].
- Ozer H. Coban F. Sahin U. Ors S. Response of black cumin (Nigella sativa L.) to deficit irrigation in a semi-arid region: Growth, yield, quality, and water productivity 2020; PP.144, 112048. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.112048.
- Panneerselvam B. Ravichandran N. Kaliyappan S. Karuppannan S. Bidorn B. Quality and Health Risk Assessment of Groundwater for Drinking and Irrigation Purpose in Semi-Arid Region of India Using Entropy Water Quality and Statistical Techniques. Water 2023; PP.15,601. https://doi.org/10.3390/w15030601.
- Rahmani A. and Shokohi R. Investigating the quality of underground water in Hamadan Bahar Plain. National Environmental Health Conference 2007.[In Persian].
- Singh A. Gewali L. A shape-similarity index for Stiff diagrams. Int. J. Appl. Environ. Sci 2010; 5, 541–553.
- Teng W. Fong K. Shenkar D. Wilson J. Foo, D. Piper diagram–A novel visualisation tool for process design. Chem. Eng. Res 2016; 112, 132–145.
- Zhang, Q. Xu P. Qian H. Groundwater Quality Assessment Using Improved Water Quality Index (WQI) and Human Health Risk (HHR) Evaluation in a Semi-arid Region of Northwest China. Expo. Health 2020; pp.12, 487–500. https://doi.org/10.1007/s12403-020-00345-w

Assessment of groundwater quality in Mimeh plain from the perspectives of irrigation, drinking, and industrial uses

Arvin Miralizadeh *[1] ; Hadi Pourhosein [2]
[1] . Graduated with a master's degree in irrigation and drainage from Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.
[2] . M.Sc Student water resources Engineering, University of Tehran, College of AbuRaihan, Tehran, Iran.
*Email Address: arvinmiralizadeh@gmail.com

Abstract

Introduction

The quality of groundwater supplies for various uses is a major concern in the fields of public health and the environment in arid and semi-arid countries. The environment and human health may be negatively impacted both directly and indirectly by the quality of groundwater, which can be significantly impacted by a variety of harmful human and natural factors. A person's health and well-being depend on having access to clean, safe drinking water. Examining the quality of water facilitates the identification of possible pollutants, including infections, heavy metals, and chemical pollutants, which may pose a health risk to humans when ingested. To protect public health and avoid waterborne illnesses, it is essential to ensure the quality of drinking water through careful analysis and monitoring. As the main resource for irrigation, water is essential for agriculture. The entire productivity of agriculture, crop growth, and yield are directly impacted by the quality of the water used for irrigation. Researchers can determine elements such as salt, alkalinity, and the presence of dangerous compounds that may negatively impact plant growth by examining the quality of water. Comprehending the quality of water facilitates farmers in making well-informed choices about crop selection, soil management, and irrigation techniques, thus enhancing agricultural productivity and sustainability. Water is used in many different industries for activities such as manufacturing, cooling, washing, and product creation. To guarantee the efficiency of these procedures and to avert any environmental contamination, it is essential to investigate the quality of water in industrial settings. Industrial operations can release organic molecules, heavy metals, and chemical byproducts into water sources. By minimising the release of dangerous compounds, implementing appropriate treatment technologies and adhering to environmental requirements, enterprises can protect human health and the environment by using water quality analysis. Public health is strongly impacted by water quality because tainted water can spread illness and present serious health hazards. Health authorities can determine potential health risks, set safe water consumption limits and regulations, and implement suitable water treatment techniques by analyzing water quality. Frequent water quality monitoring and evaluation helps prevent epidemics of waterborne illnesses, safeguard populations from illness, and maintain public health. The quality of groundwater in the Mimeh Plain is crucial because it is one of the most significant plains in the province of Isfahan and is heavily dependent on groundwater resources for industrial, drinking, and agricultural purposes. It significantly affects the general public's health and hygiene in this area . Therefore, various actions are needed to improve the groundwater quality of the Mimeh Plain for different purposes. These actions include determining and addressing the causes of water pollution, treating groundwater for various purposes, creating efficient techniques for managing and conserving water resources, and maximizing their use to enhance public health and safeguard the environment. Research has been conducted on these subjects.

Methodology

Data on the chemical components of eight deep well samples from the Mimeh Plain groundwater aquifer in the years 2022–2023 were examined to create this study. Calcium (Ca), potassium (K), magnesium (Mg), sodium (Na), bicarbonate (HCO3), chloride (Cl),

and sulfate (SO4) were among the elements examined. The Stiff, Piper, Wilcox, and Schoeller diagrams in the AquaChem program were used for the analysis.
Primary water types were identified using the Piper diagram, which is a helpful tool for classifying water. The host rock and geological setting that impact water quality were determined using the Stiff diagram. While the Wilcox diagram was used to categorize water quality for irrigation, the Schoeller diagram was used to evaluate the quality of drinking water. Utilising these waters can present health risks due to sedimentation and water buildup. In addition, it may result in a decrease in the cross-sectional area of pipes in systems that distribute and transmit water. Guidelines from the World Health Organization state that water that is prone to sedimentation can be uncomfortable for the gastrointestinal tract, particularly in children. Consequently, it is also important to assess water quality for industrial uses. The groundwater quality in the research area was evaluated for industrial usage using the Langelier Saturation Index and Ryznar Index.

Conclusion

This investigation was conducted to examine the quality of groundwater in the Mimeh Plain for a range of agricultural, drinking, and industrial applications using eight piezometric wells within the study area. The findings from the hydrogeochemical analysis of the wells indicate that the Jowshan Road and Koushk-e-Chah Enghelab wells are of the bicarbonate type, whereas the remaining wells are classified as chloride type. In general, the results obtained for the classification of groundwater quality reveal that the Aliabad-e-Arteshi, Dakhel-e-Khosrowabad, and Saleh Khatun wells are in an unfavorable state for agricultural, drinking, and industrial purposes. Overall, only the Koushk-e-Chah Enghelab and the first well of Jowshan Road are deemed suitable for agricultural and drinking uses. Water Treatment and Management: The advancement of water treatment technology depends critically on the study of water quality. A comprehensive understanding of the pollutants present in the water is essential for the effectiveness of water treatment techniques, including filtration, disinfection, and chemical treatment. The process of water quality analysis facilitates the identification of suitable treatment techniques, streamlining of treatment procedures, and creation of novel technologies for the elimination of particular contaminants. Researching water quality also aids in the effective distribution, allocation, and conservation tactics related to water resources. The economic implications of water quality are of significant importance. The presence of contaminants in water can escalate healthcare expenditures owing to waterborne diseases and the consequent need for medical intervention. Within the agricultural domain, inadequate water quality can lead to diminished crop yields and economic deficits for farmers. Industrial sectors may encounter financial burdens attributable to regulatory penalties, expenses associated with remediation, and potential legal actions arising from incidents of water pollution. The study of water quality allows for the potential mitigation of economic losses through the adoption of appropriate management strategies, the efficient allocation of resources, and the implementation of preventive measures. Information regarding the quality of water is of utmost importance for the effective planning and management of water resources. Gaining an understanding of the quality of the available water sources aids in assessing the appropriateness of water for various uses and optimizing the distribution of water. By considering the data related to water quality, policymakers and managers of water resources can make well-informed decisions on the allocation of water, the development of infrastructure, and the establishment of measures for the protection of water quality. This significantly contributes to the sustainable management of water resources and ensures the long-term availability of unpolluted water for diverse purposes.

Keywords: Groundwater quality; Schuler Diagram; Wilcox Diagram; Ryznar Index