

بررسی روند تغییرات کیفیت شیمیایی منابع آب زیرزمینی دشت بم و بروات طی سالهای ۱۳۸۳-۱۳۷۶

دکتر محمد ملکوتیان^۱ اکبر کریمی^۲

^۱ استادیار، گروه بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی کرمان ^۲ کارشناس مسئول بهداشت و کنترل کیفی آب شرکت آب و فاضلاب استان کرمان

مجله پزشکی هرمزگان سال هشتم شماره دوم تابستان ۸۳ صفحات ۱۰۹ تا ۱۱۶

چکیده

مقدمه: مشکل کمبود آب شیرین و بحث پایداری و عدم پایداری آن در گستره وسیعی از کشورهای جهان خصوصا ایران مطرح است. ویژگیهای اقلیمی و جغرافیایی ایران سبب شده است که بخش عمده‌ای از ایران در مناطق خشک و نیمه‌خشک قرار گیرد. این مطالعه بمنظور بررسی تغییرات شیمیایی کیفیت آب دشت بم - بروات و تعیین روند تغییرات آن انجام گرفت.

روش کار: در این بررسی توصیفی تعداد ۲۰ حلقه چاه آب پیرومتری و ۱۰ حلقه چاه آب مورد استفاده برای شرب با توجه به پراکندگی آنها در دشت انتخاب گردید. ۱۲ پارامتر شیمیایی مهم آب با استفاده از روشهای مندرج در کتاب روشهای استاندارد سال ۹۸ در طول سالهای ۷۶ تا ۸۳ نمونه‌برداری و مورد آزمایش قرار گرفت. نتایج بصورت حداکثر، میانگین و حداقل هر پارامتر برای هر چاه در هر سال تعیین شد. همچنین میانگین، حداکثر و حداقل غلظت‌ها در سال ۸۲ با طبقه‌بندی شولر و ویلکوکس مقایسه و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

نتایج: تغییرات کیفیت شیمیایی، روندی درجهت نامطلوب شدن آب چاههای شرب نشان داد. آب چاههای پیرومتری موجود نیز در منطقه در مواردی در جهت نامطلوب شدن کیفیت شیمیایی تغییر کرده است. بر اساس طبقه‌بندی و نمودار شولر آب منطقه ۱ از نظر آشامیدن مناسب و منطقه ۲ از این نظر فقط برای حالت اضطراری مناسب و منطقه ۳ نامناسب تشخیص داده شدند. بر اساس نمودار و طبقه‌بندی ویلکوکس آب منطقه شماره ۱ برای آبیاری مناسب و آب منطقه ۲ برای حالت اضطراری و آب منطقه ۳ نامناسب تشخیص داده شدند.

نتیجه‌گیری: پیشنهاد می‌شود که بمنظور حفظ کیفیت و افزایش میزان آب منابع دشت بم و بروات نسبت به گسترش برنامه‌های آبخیزداری و آبخوان‌داری و کنترل سیلابها برای تغذیه مصنوعی دشت اقدام گردد.

کلید واژه‌ها: آب - تجزیه شیمیایی - بم

نویسنده مسئول:
دکتر محمد ملکوتیان
گروه بهداشت محیط -
دانشکده بهداشت، دانشگاه
علوم پزشکی کرمان
ص. پ ۵۳۱-۷۶۱۷۵
کرمان - ایران
تلفن: ۰۸۳ ۳۲۲۰۰۳۳ ۳۴۱ ۰۹۸
فکس: ۰۲۹ ۳۲۲۳۰۲۹ ۳۴۱ ۰۹۸

مقدمه: مختلف کشاورزی، شرب، بهداشت و صنعت و نهایتا افزایش تولید و ایجاد پتانسیل‌های آلودگی فشار زیادی به منابع آبها وارد شده است. از آنجا که منابع تجدیدشونده آب درهراقلیم ارقام نسبتا ثابتی می باشند ازاینرو بایستی سیاستها و روشهای اتخاذشده درجهت حفظ و مصرف بهینه ازاین منابع ساماندهی گردد (۱، ۲، ۳).

گرچه درابتدا دربحث توسعه پایدار تنها بهره‌برداری ازمنابع قابل تجدید مطرح بود ولی امروزه درمفهوم آن بهره‌برداری بهینه از تمامی منابع جای دارد. آب بعنوان یک منبع قابل تجدید همواره بعنوان یک رکن اصلی توسعه مطرح بوده است. با افزایش جمعیت و افزایش نیاز آب در بخش‌های

قنات درایران شده به اهمیت استفاده و بهره برداری از آبهای زیرزمینی سابقه ای دیرین بخشیده است (۸).

استان کرمان درزمره مناطق خشک و کم آب درگستره فلات ایران مطرح است. این شرایط که موجب ریزشهای جوی بسیار محدود و فقدان رودخانه های دائمی قابل اعتماد دردشتهها گردیده موجب رویکرد به استفاده ازقنات دراعصار گذشته و استفاده از روشهای جدید برای بهره برداری از منابع آب زیرزمینی را در دهه های اخیر شده است. وسعت حوزهها و زیرحوزههای استان کرمان ۱۶۰۷۲۰ کیلومترمربع برآورد میشود. وضعیت تغییرات حجم مخزن سفره های آبهای زیرزمینی دشتهای استان حکایت ازبیلان منفی دراکثریت قریب به اتفاق دشتهای استان و نهایتا افت سطح آب زیرزمینی و کاهش حجم مخزن این دشتها دارد (۹).

شهرستان بم و بروات در جنوب استان کرمان یکی از خشکترین مناطق استان است. این منطقه بعلت سطح تبخیر بالا و کمبود ریزشهای جوی به نسبت ثلث بارندگی سالانه کل استان (۵۰ میلیمتر در سال) و مجاورت با کویر لوت بعنوان یکی از مناطق بحرانی از نظر کمبود منابع آب مطرح است. دشت بم و بروات نیز بعلت برداشت بیرویه از منابع آبهای زیرزمینی دربین ۱۰ حوزه آبریز مهم استان درجه چهارم را بخود اختصاص داده وازمتوسط افت سالانه ای معادل ۰/۲۳ متر برخورداراست. طبیعی است که این اضافه برداشت و افزایش تخلیه فاضلابها به منابع آب دشت تغییراتی درکیفیت منابع آب ایجاد نماید. این مطالعه بمنظور بررسی روند این تغییرات در جهت کنترل بهداشتی کیفیت شیمیایی منابع آب شرب و مشخص شدن محدودیتهای نوع مصرف، در ارتباط با کیفیت شیمیایی منابع آب زیرزمینی دشت بم و بروات صورت گرفته است (۹، ۱۰).

روش کار:

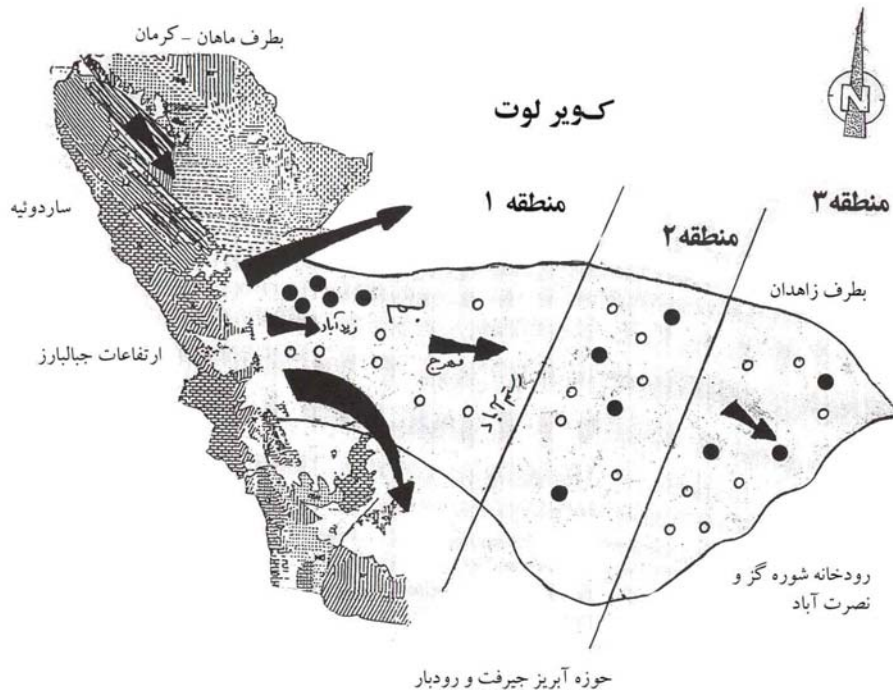
محدوده مطالعاتی جزء حوزه آبریز کویر لوت می باشد. ارتفاع متوسط آن از دریا ۹۶۰ متر، وسعت آن ۹۹۲۱ کیلومترمربع است که ۴۳۵۷ کیلومترمربع آن شامل دشت می باشد. محدوده مذکور دارای آب و هوای گرم و کویری

مقایسه سرانه کل منابع آب شیرین قابل دسترسی دربین مناطق مختلف جهان تفاوت چشمگیری رانشان میدهد. بیش از یک میلیارد نفر از جمعیت جهان آب سالم ندارند، نیمی از مردم جهان سیستم فاضلاب مناسب ندارند، و ۸۰ درصد کل بیماریها در کشورهای در حال توسعه دارای منشاء آب ناسالم اند (۴). در حال حاضر ۴۵۰ میلیون نفر در ۲۹ کشور جهان ساکن نواحی کم آب هستند. این رقم ممکن است در سال ۲۰۵۰ به ۲/۵ میلیارد نفر برسد (۵). امروزه دشواریهای ناشی از کمبود آب وگفت و شنود درمورد آن بامحوریت نگهداری، بهره برداری بهینه وصیانت ازاین نعمت آسمانی ازمحافل علمی وکارشناسی فراتر رفته وتاسطح مدیران وبرنامه ریزان ملی واجلاسهای منطقه ای وجهانی ارتقاء یافته ودرادیات مدیریت منابع آب واژه جدیدی تحت عنوان بحران آب افزوده شده است (۶). پیشبینی می شود در صورتیکه روند کنونی ادامه یابد تا سال ۲۰۲۵ از هر سه نفر جمعیت کره زمین دو نفر آنها در مناطق «بحران زده از نظر آب» زندگی خواهند کرد (۵). مطالعات فائو در ۹۳ کشور حکایت ازعدم پایداری آب دراین کشورها را دارد. عدم پایداری به این مفهوم است که استفاده از آبها بیش ازمقداری است که درمنابع جایگزین می شود. گرچه مشکل کمبود آب شیرین وبحث پایداری و عدم پایداری آن درگستره های وسیعی ازکشورهای جهان مطرح است. اما ویژگیهای اقلیمی وجغرافیایی برخی ازکشورها که درمناطق خشک ونیمه خشک قراردارند، چنان ابعادی به کمبود آب وعدم دسترسی مطمئن به آن طی فصول وسالهای مختلف داده است که دراین مناطق کلمه آب باحیات جامعه مترادف شده است. ایران که حدود ۹۵ درصد خاک آن درمنطقه خشک و نیمه خشک قرار دارد درزمره این مناطق است (۷). ویژگیهای خاص اقلیمی و جغرافیایی ایران، ریزشهای جوی بارزیم مدیترانه ای، وضعیت توپوگرافی وتنوع پستی وبلندیها، عرصه های گسترده ای رابرای نفوذ آب به زمین فراهم نموده است. مجموعه این شرایط که موجب هدایت به استفاده از تکنولوژی

اساس تعداد چاههای واقع شده در آن محاسبه شد. مقایسه لازم برای تعیین قابلیت آب برای آشامیدن طبق نظریه شولر و رای تعیین قابلیت آبیاری برای کشاورزی بر اساس نظریه ویلکوکس انجام گردید (۱۱). برای تعیین روند تغییرات کیفیت آب چاههای آشامیدنی و پیژومتری واقع در دشت در فاصله زمانی سال ۷۶ تا سال ۸۳ (۷ سال) از هر چاه در هر فصل حداقل یک نمونه تقریباً در میانه هر فصل تهیه و نسبت به اندازه‌گیری پارامترهای pH , EC , T.D.S , T.H , Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ , K^+ , HCO_3^- , NO_3^- , SO_4^{--} , Cl^- ، سپس حداکثر، میانگین و حداقل هر پارامتر برای هر چاه در هر سال تعیین و روند تغییرات میانگین در سالهای مختلف مقایسه گردید. ضمناً در هر مورد حداقل و حداکثر نتایج هر پارامتر با استانداردهای مصوب ایران مقایسه و نتیجه‌گیری لازم انجام شد. روشهای مورد عمل برای کلیه آزمایشات از کتاب روشهای استاندارد چاپ ۱۹۹۸ اقتباس شده است (۱۲، ۱۳، ۱۴).

است. دشت مورد مطالعه را رسوبات آبرفتی دوران چهارم تشکیل داده و مخازن اصلی آب زیرزمینی منطقه در این بخش واقع است. عمق متوسط چاههای پیژومتر در برخورد با سطح سفره آب (سطح استاتیک) بین ۱۵۰ تا ۲۰۰ متر می‌باشد (۱۰).

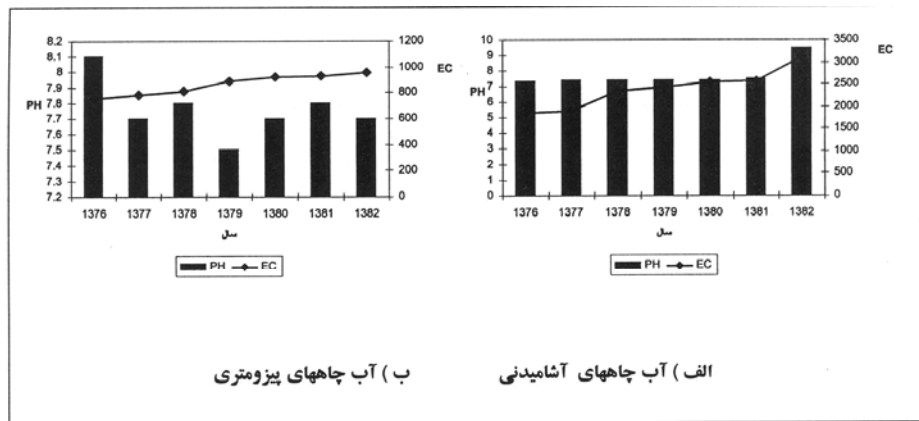
در ابتدا با توجه به مساحت منطقه تعداد ۲۰ حلقه چاه پیژومتری که توسط شرکت سهامی آب منطقه‌ای کرمان برای بررسی وضعیت سطح ایستایی آب و کیفیت شیمیایی دشت بر اساس اصول علمی و آماری حفر شده است، انتخاب گردید. تعداد ۱۰ حلقه چاه آب شرب که آنها نیز در این دشت واقع می‌باشند، بعنوان نمونه تعیین شدند. بازدیدهای صحرائی و نقشه‌های جغرافیایی، زمین‌شناسی و توپوگرافی منطقه نشان داد که باتوجه به پراکندگی چاهها در سطح دشت نمونه‌های انتخابی بنحوی است که وضعیت آبهای زیرزمینی منطقه رامشخص می‌کند. دشت مورد مطالعه به سه منطقه ۱ و ۲ و ۳ طبق (شکل ۱) که پراکندگی چاهها در آن مشخص شده است تقسیم گردید. سپس سه شاخص حداقل، میانگین و حداکثر پارامترهای کیفی آب در آخرین سال آزمایش (۱۳۸۲) در هر منطقه بر



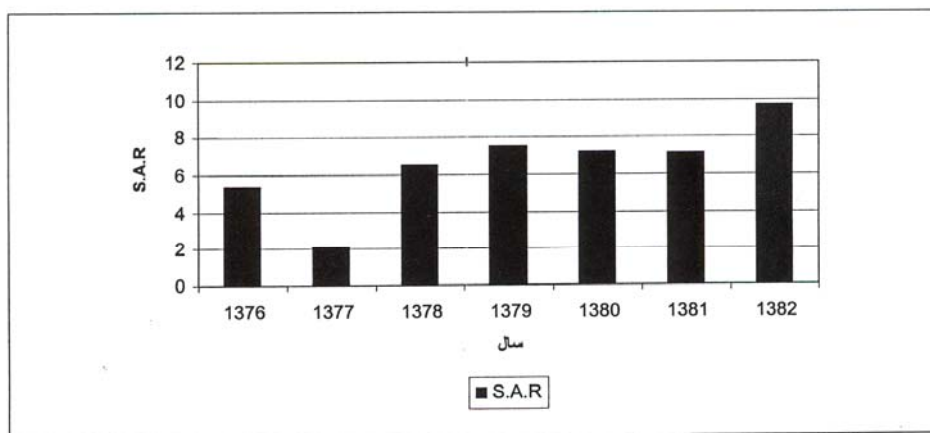
نتایج:

چاههای شرب و پیزومتری طی سالهای مذکور نشان‌دهنده افزایش پارامترهای کیفی آب چاههای شرب و پیزومتری می‌باشد. نمودار شماره ۱ روند افزایش تغییرات PH و EC چاههای مورد بررسی را نشان می‌دهد. در نمودار شماره ۲ نیز کیفیت آب چاههای پیزومتری واقع در دشت بم و بروات طی سالهای ۷۶ تا ۸۳ از نظر نسبت جذب سدیم (SAR) آمده است.

نتایج آزمایشات مربوط به حداکثر، حداقل و میانگین مقادیر اندازه‌گیری شده کیفیت شیمیایی آب چاههای شرب و پیزومتری دشت بم و بروات به ترتیب در جداول ۱ و ۲ نشان داده شده است. روند تغییرات میانگین کل جامدات محلول، سختی کل، یونهای کلسیم، منیزیم، پتاسیم، بیکربنات، سولفات، کلراید و نیتрат آب چاههای شرب و پیزومتری طی سالهای ۷۶ تا ۸۳ و روند تغییرات میانگین PH و EC در آب



شکل ۱- تغییرات میانگین پارامترهای PH و EC چاههای مورد استفاده به عنوان آب آشامیدنی و چاههای پیزومتری دشت بم - بروات در ۷۶ تا ۸۳



شکل ۲- تغییرات کیفیت آب چاههای پیزومتری دشت بم و بروات طی سالهای ۷۶-۷۳ از نظر جذب سدیم (SAR)

جدول شماره ۱ - حداکثر، میانگین و حداقل مقادیر اندازه‌گیری شده کیفیت شیمیایی آب چاههای شرب (۱۰ حلقه) دشت بم و بروات در سالهای ۷۶ تا ۸۳ (بر حسب میلی گرم)

سال	حالت	PH	EC	T.D.S	T.H	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺⁺	K ⁺	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ⁻	C _l ⁻	NO ₃ ⁻
۷۶	حداکثر	۸۳	۱۴۹۴	۹۴۰	۲۴۰	۶۲	۲۰	۲۳۸	۸/۵	۳۸۵	۶۵	۲۱۴	۱۲
	میانگین	۸/۱	۷۵۶	۵۲۱	۱۳۵/۵	۳۱/۵	۷/۷	۱۰۵/۵	۴	۱۷۵	۴۲	۷۳	۸/۵
	حداقل	۸	۵۰۲	۲۳۱	۸۴	۲۰/۴	۲/۶	۷۲/۵	۲/۲	۱۶۵/۹	۱۵	۴۰	۰/۳
	انحراف معیار	-/۱۶	۲۷۶/۳۱	۱۷۶/۲۵	۱۰۶/۱۵	۲۱/۱۳	۴/۱۷	۴۶/۲۱	۱/۸۲	۶۳/۹۵	۳۲/۱۸	۴۵/۱۶	۳/۷۸
۷۷	حداکثر	۸/۳	۱۵۱۲	۹۵۰	۲۴۰	۶۵/۶	۲۰	۳۵۶/۶	۶/۸	۳۹۰/۴	۱۶۴/۶	۲۱۰	۱۸۳
	میانگین	۷/۷	۷۸۰	۵۲۸	۱۴۷/۵	۲۳/۵	۸	۱۱۱/۵	۴/۵	۱۸۰	۸۲/۵	۸۱	۸/۵
	حداقل	۷/۵	۵۲۹	۲۸۱	۸۴	۲۴	۳/۸	۷۰	۲/۴	۱۶۵/۹	۵۰	۴۴	۱
	انحراف معیار	-/۱۶	۲۸۰/۱۴	۱۷۹/۱۶	۱۱۶/۱۲	۲۱/۱۳	۳/۸۴	۴۹/۱۲	۱/۳۱	۶۳/۸۱	۳۷/۱۴	۴۵/۱۶	-/۸۱
۷۸	حداکثر	۸/۳	۱۵۰۰	۹۵۰	۲۳۸	۵۹	۲۲	۲۴۶	۷	۳۶۶	۱۷۲/۸	۲۰۶	۱۹/۵
	میانگین	۷/۸	۸۱۰	۵۳۱	۱۴۷/۵	۲۴	۸/۵	۱۳۱/۵	۵/۵	۱۸۲/۵	۸۷/۵	۸۵	۹/۵
	حداقل	۷/۵	۵۲۹	۲۸۱	۸۴	۲۴	۳/۸	۷۰	۲/۴	۱۶۵/۹	۵۰	۴۴	۱
	انحراف معیار	-/۱۷	۲۸۰/۱۴	۱۷۵/۱۶	۱۴۵/۱۶	۲۱/۱۳	۵/۰۲	۴۸/۱۲	۱/۳۱	۶۳/۸۱	۴۰/۱۲	۴۳/۱۵	۴/۲۱
۷۹	حداکثر	۹/۲	۱۴۸۳	۹۳۴	۲۴۰	۵۷/۶	۲۲	۲۶۹/۸	۶/۹	۳۹۰/۴	۱۶۰/۱	۲۰۶	۱۲
	میانگین	۷/۵	۸۸۵	۶۵۱	۱۵۵	۳۵	۸/۹	۱۳۳/۵	۶/۶	۱۸۷	۹۵	۸۵	۱۰/۵
	حداقل	۷/۶	۵۰۱	۲۹۰	۸۰	۲۰/۲	۶/۷	۷۱/۳	۱/۲	۹۵/۲	۴۴	۴۶	۲۲
	انحراف معیار	-/۱۶	۲۷۸/۱۵	۱۷۸/۸۱	۱۴۹/۱۵	۲۰/۱۲	۴/۷۸	۴۹/۱۴	۱/۱۵	۴۸/۱۶	۳۷/۱۸	۴۵/۱۴	۳/۵۴
۸۰	حداکثر	۸/۱	۱۵۲۷	۹۸۰	۲۴۸	۵۹/۲	۲۴/۶	۲۴۸/۷	۶/۸	۴۱۴/۶	۱۶۰/۱	۲۰۰	۱۵/۲
	میانگین	۷/۷	۹۲۱	۶۷۵	۱۶۷/۵	۳۶	۱۱/۵	۱۳۷/۵	۷/۷	۲۲۷	۹۷	۹۵	۱۱
	حداقل	۷/۵	۵۲۴	۲۹۵	۹۵	۲۰/۷	۷/۶	۸۱	۲/۳	۲۰۰	۵۵	۵۰	۳/۵
	انحراف معیار	-/۱۶	۲۸۱/۱۶	۱۷۹/۱۴	۱۴۰/۱۵	۲۰/۱۹	۵/۱۱	۴۵/۱۶	۱/۲۲	۶۳/۱۷	۳۷/۱۱	۴۲/۸۱	۳/۶۵
۸۱	حداکثر	۸	۱۴۶۹	۹۲۶	۲۷۶	۵۷/۶	۲۴/۹	۲۲۶/۳	۶/۳	۴۰۰	۲۲۳/۹	۱۹۶	۲۱/۶
	میانگین	۷/۸	۹۳۰	۷۷۰	۱۷۰	۳۸	۱۵	۱۴۰	۷/۸	۲۳۵	۹۸	۹۷	۱۱/۵
	حداقل	۷/۵	۵۶۵	۲۹۸	۹۲	۷/۲	۸/۶	۷۷/۶	۲	۱۸۹	۶۰	۵۲	۷
	انحراف معیار	-/۱۵	۲۷۹/۳	۱۷۸/۴۷	۱۴۸/۱	۲۰/۲۸	۵/۱۴	۴۸/۱۱	۱/۲۷	۶۴/۶۱	۴۵/۶۱	۴۴/۴۲	۴/۶۵
۸۲	حداکثر	۹	۱۶۳۰	۱۰۵۰	۲۸۵	۶۶	۲۸	۲۴۰/۵	۸	۴۳۵	۲۳۰	۲۰۰	۲۴
	میانگین	۷/۷	۹۵۷	۶۷۵	۱۷۵	۴۰	۱۶/۲	۱۴۸	۵/۵	۲۳۸	۱۰۷	۱۰۰	۱۳
	حداقل	۶/۵	۶۵۰	۳۰۵	۱۱۰	۲۸	۹/۵	۹۵/۵	۳	۱۹۸	۷۸	۶۸	۱۱
	انحراف معیار	-/۱۲	۲۸۵/۴	۱۸۲/۵	۱۵۱/۴	۲۲/۸	۶/۳	۵۰/۲	۶۷/۱۲/۷۵	۴۸/۲	۴۸/۲	۴۵/۳	۵/۵
حداکثر مجاز (استاندارد ایران برای آب آشامیدنی)	۸	۲۰۰۰	۱۵۰۰	۵۰۰	۲۵۰	۵۰	۲۰۰	۱۰	-	-	۴۰۰	۵۰۰	۵۰

بحث و نتیجه گیری:

کیفیت شیمیایی آب چاههای پیژومتری (۲۰ حلقه) طی ۷ سال نشان می‌دهد که در مواردی مقادیر حداقل و حداکثر برخی پارامترها همچنین میانگین آنها از استانداردهای ایران برای استفاده بعنوان آب شرب بیشتر است. از طرفی در مواردی روند تغییرات در جهت نامطلوب شدن می باشد. لذا در استفاده از آب مناطقی که کیفیت آب چاههای آن از حدود مجاز برای مصرف شرب بیشتر است بایستی اجتناب نمود.

نتایج آزمایشات مربوط به کیفیت شیمیایی آب چاههای شرب (۱۰ حلقه) طی ۷ سال نشان می‌دهد که در هیچیک از موارد مقادیر پارامترهای کیفی از حداکثر مجاز استانداردهای ایران فراتر نرفته است. لذا کیفیت آب چاههای مذکور همچنان برای آشامیدن مناسب می‌باشد. روند تغییرات کیفیت آب این چاهها طی سالهای ۷۶ تا ۸۲ به این جهت که مقادیر اکثر پارامترها رو به افزایش گذاشته است تغییراتی را در جهت نامطلوب شدن نشان می‌دهد. آزمایشات مربوط به

و ۲ آمده است نشان می‌دهد که آب منطقه ۱ برای استفاده کشاورزی نیز مناسب است.

منطقه ۲ واقع در مرکز دشت در حوالی شرق رستم آباد براساس نتایج حاصل از جدول و دیاگرام شولر برای آب شرب تقریباً مناسب بوده و برای حالت اضطراری پیشنهاد میشود. آب این منطقه نیز براساس جدول ویلکوکس تقریباً برای کشاورزی مناسب میباشد.

آب منطقه ۳ واقع در شرق دشت بطرف زاهدان وبسمت رودخانه شوره گز براساس نتایج حاصل از جدول ویلکوکس، برای استفاده کشاورزی مناسب نمی‌باشد.

بر اساس همین نتایج روند تغییرات آب چاههای پیژومتری طی سالهای ۷۶ تا ۸۳ از نظر نسبت جذب سدیم (SAR) نیز تغییراتی را در جهت نامطلوب شدن نشان می‌دهد.

باتوجه به طبقه بندی شولر(مقایسه داده‌های جدول ۱ و ۲ با داده‌های جدول ۳) مقادیر اکثر پارامترها در منطقه ۱ واقع در غرب دشت نزدیک ارتفاعات جبال بارز بطرف رستم آباد در حدود قابل قبول برای شرب قرار دارد. لذا استفاده از این محدوده برای استفاده شرب توصیه می‌گردد. مقایسه داده‌های جداول ۴ و ۵ طبقه‌بندی ویلکوکس با میانگین مقادیر EC و SAR که در جداول ۱

جدول شماره ۲- حداکثر، میانگین و حداقل مقادیر اندازه‌گیری شده کیفیت شیمیایی آب چاههای پیژومتری (۲۰ حلقه) دشت بم و بروات در سالهای ۷۶ تا ۸۳ (بر حسب میلی گرم)

S.A.R	C _l ⁻	SO ₄ ⁻	HCO ₃ ⁻	Na ⁺	Mg ⁺⁺	Ca ⁺⁺	T.D.S	EC	PH	حالت	سال
۱۴/۴۵	۱۲۰۰	۸۰۰۰	۲۰۰	۱۰۰۰	۸۵	۲۲۰	۱۸۰۰	۲۶۰	۷/۵	حداکثر	۷۶
۵/۲۹	۳۵۸	۲۸۵	۱۸۵	۲۲۵	۳۱	۸۵	۱۱۰۰	۱۸۵۰	۷/۳	میانگین	
۲/۹۵	۵۰	۴۵	۱۲۵	۸۰	۱۲	۳۵	۲۰۰۰	۲۰۰۰	۷/۲	حداقل	
-	۱۰۲/۱۲	۱۰۲/۱۲	۹۱/۱۶	۸۵/۱۶	۹۷/۱۴	۸/۱۶	۳۲۱/۱۶	۳۸۵/۱۴	۰/۱۴	انحراف معیار	
۷/۷۹	۷۵۰	۶۵۰	۷۲۰	۶۵۰	۱۶۰	۲۶۰	۳۸۰۰	۲۵۰۰	۷/۵	حداکثر	۷۷
۲/۸۷	۴۱۰	۳۱۰	۱۹۵	۲۴۰	۳۷	۸۷	۱۳۰۰	۱۹۰۰	۷/۴	میانگین	
۱/۹۵	۵۰	۴۰	۱۲۰	۹۰	۵	۴۵	۲۲۰	۲۶۰	۷/۲	حداقل	
-	۸۸/۱۶	۷۸/۱۴	۷۵/۱۳	۱۱۵/۱۴	۲۵/۱۲	۴۷/۱۴	۲۶۸/۱۴	۲۸۵/۱۶	۰/۱۶	انحراف معیار	
۱۲/۳۱	۱۲۱۰	۲۱۵۰	۸۵۰	۱۱۴۰	۲۶۰	۲/۵	۳۸۰۰	۶۰۰۰	۷/۵	حداکثر	۷۸
۶/۵۲	۴۲۵	۳۸۵	۲۱۵/۵	۳۱۰	۴۸	۹۲	۱۴۵۰	۲۳۵۰	۷/۴	میانگین	
۱/۸	۳۰	۶۰	۱۴۰	۶۰	۴	۲۰	۴۵۰	۲۰۰۰	۷/۲	حداقل	
-	۸۱/۱۲	۷۸/۱۴	۶۳/۱۱	۸۱/۱۷	۱۸/۱۴	۴۱/۱۴	۲۵۵/۱۴	۲۸۱/۱۴	۰/۱۴	انحراف معیار	
۱۳/۸	۱۱۵۰	۷۵۸	۳۵۰	۱۱۰۰	۱۶۰	۲۲۰	۳۹۵۰	۲۴۵۰	۷/۵	حداکثر	۷۹
۷/۵	۴۳۲	۴۱۵	۲۳۵	۳۹۵	۵۷	۱۱۵	۱۶۵۰	۲۴۲۰	۷/۴	میانگین	
۵/۴	۳۲	۵۰	۱۶۰	۹۹	۴	۲۲	۲۳۵	۲۳۵	۷/۲	حداقل	
-	۸۱/۱۲	۷۸/۱۴	۶۳/۱۱	۱۸/۱۷	۸۱/۱۴	۴۱/۱۴	۲۵۵/۱۴	۲۸۱/۱۴	۰/۱۴	انحراف معیار	
۵/۸	۱۲۴۰	۹۹۷	۷۵۰	۴۵۰	۱۲۵	۲۵۰	۳۹۰۰	۳۸۰۰	۷/۵	حداکثر	۸۰
۷/۲	۴۵۰	۴۲۵	۲۳۹	۴۰۵	۶۸	۱۲۵	۲۰۵۰	۲۵۵۰	۷/۴	میانگین	
۵/۴	۴۵	۴۵	۱۲۰	۹۹	۴	۱۸	۲۲۰	۹۸۰	۷	حداقل	
-	۸۵/۱۶	۷۸/۱۴	۹۸/۱۴	۵۷/۱۴	۱۶/۱۷	۸۱/۱۶	۲۹۷/۱۴	۳۷۵/۱۲	۰/۱۴	انحراف معیار	
۱۵/۹	۱۲۳۵	۹۵۵	۷۲۵	۱۱۵۰	۱۰۵	۲۲۰	۳۹۵	۶۰۰۰	۷/۵	حداکثر	۸۱
۷/۱	۴۶۵	۴۳۵	۲۴۲	۴۱۰	۷۲	۱۲۸	۲۱۰۰	۲۵۷۰	۷/۵	میانگین	
۱/۵	۵۰	۴۷	۱۵۰	۲۷	۴	۲۰	۱۵۰	۳۰۰	۷/۱	حداقل	
-	۸۸/۱۶	۸۵/۱۴	۸۱/۱۶	۵۷/۱۴	۱۶/۱۸	۳۸/۱۶	۲۸۱/۱۶	۳۱۵/۱۴	۰/۱۴	انحراف معیار	
۱۷/۱	۱۴۳۰	۱۱۸۰	۸۱۰	۱۴۲۰	۱۳۰	۳۱۰	۶۰۰۰	۸۰۰۰	۱۱	حداکثر	۸۲
۹/۷	۶۱۵	۵۳۵	۵۱۰	۳۵۶	۷۳	۱۸۶	۲۸۵۰	۳۱۲۰	۹/۵	میانگین	
۱۱/۵	۸۵۰	۸۵۰	۲۲۰	۳۸۰	۱۰	۶۵	۴۰۰	۳۸۰	۸	حداقل	
۵/۵	-	۹۰/۲	۸۹/۵	۸۴/۵	۵۹/۳	۱۸/۲۱	۴۱/۳	۳۰۵/۲	۰/۳۱	انحراف معیار	
-	۵۰۰	۴۰۰	-	۲۰۰	۵۰	۲۵۰	۱۵۰۰	۲۰۰۰	۸	حداکثر مجاز (استاندارد ایران برای آب آشامیدنی)	

جدول شماره ۳ - طبقه‌بندی آب آشامیدنی طبق نظریه شولر (۱۳)

CL ⁻ mg/lit	SO ₄ ²⁻ mg/lit	Na ⁺ mg/lit	Mg ⁺⁺ mg/lit	Ca ⁺⁺ mg/lit	PH	طبقه‌بندی آبها برای آشامیدن
۲۸	۳۷	۶۹	۴/۵	۲۰	۷/۳	قابلیت شرب (خوب)
۳۵	۴۸	۷۳	۶	۲۵	۷/۸	قابلیت شرب (قابل قبول)
۵۴	۵۷	۱۰۴	۳۷	۸۵	۹	نامناسب
۵۵۰	۶۵۰	۷۳۰	۷۲	۱۳۰	۱۰	بد
۶۰۳	۷۲۰	۸۸۰	۸۵	۱۷۵	۱۱	قابل استفاده در شرایط اضطراری
۱۲۴۲	۹۶۰	۱۱۵۰	۱۴۴	۲۴۰	>۱۱	غیر قابل شرب

جدول شماره ۴ - طبقه‌بندی آب جهت کشاورزی بر اساس نسبت جذب سدیم (SAR) و یا خطر قلیایی شدن (۱۱، ۱۲)

SAR<10	(S ₁)	خطر قلیایی شدن کم
SAR=۱۰-۱۸	(S ₂)	خطر قلیایی شدن متوسط
SAR=۱۸-۲۶	(S ₃)	خطر قلیایی شدن زیاد
SAR>۲۶	(S ₄)	خطر قلیایی شدن خیلی زیاد

جدول شماره ۵ - طبقه‌بندی آب جهت کشاورزی بر اساس هدایت الکتریکی EC (۱۰، ۱۱)

EC(μmhos/cm)	طبقه	کیفیت از نظر خطر برای خاک
۱۰۰-۲۵۰	C ₁	کم
۲۵۰-۷۵۰	C ₂	متوسط
۷۵۰-۲۲۵۰	C ₃	زیاد
>۲۲۵۰	C ₄	خیلی زیاد

جدول شماره ۶ - مقایسه حداقل، میانگین و حداکثر EC (بر حسب میکروموس بر سانتیمتر) و SAR در مناطق سه‌گانه مورد مطالعه

SAR			EC			پارامتر منطقه
حداکثر	میانگین	حداقل	حداکثر	میانگین	حداقل	
۲/۷	۲/۲	۰/۶	۱۳۰۰	۷۵۰	۲۰۰	منطقه ۱
۳/۴	۱/۲	۱	۲۲۵۰	۱۳۲۰	۴۰۰	منطقه ۲
۵/۵	۳/۲	۱	۶۰۰۰	۳۲۵۰	۵۰۰	منطقه ۳

References

منابع

۱. ابراهیمی، پرویز. بررسی و ارزیابی مدیریت عرضه و تقاضای آب شرب در شرایط خشکسالی اصفهان. مجله آب و محیط زیست- تهران، شماره ۴۹-۴۸، ۱۳۸۰، ص ۸۹-۹۸.
۲. سازمان برنامه و بودجه. مستندات برنامه اول و دوم توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی جمهوری اسلامی ایران. تهران. ۱۳۷۳.
۳. وجدانی، حمیدرضا. چالش عمده پیشروی ناپایداری آب، مطالعه موردی استان همدان، مجله آب و محیط زیست، تهران، شماره ۵۳، ۱۳۸۱، ص ۱۲-۱۶.
۴. جروم سی، گلن. تئودور جی، گوردن. ترجمه محسن بهرامی. وضعیت آینده در آستانه هزاره سوم. نشر خضرا. شرکت متن وابسته به وزارت نیرو، تهران - ایران، ۱۳۸۲.
۵. جروم سی، گلن. تئودور جی، گوردن. ترجمه محسن بهرامی. وضعیت آینده ۲۰۰۱. نشر خضرا. شرکت متن وابسته به وزارت نیرو، تهران - ایران، ۱۳۸۲.
۶. قنادی، مجید. سیمای جهانی آب، مجله آب و محیط زیست. تهران، شماره ۴۵، ۱۳۸۰، ص ۱۵-۴.

۷. مرادی نژاد، امیر و آقارزی، حشمت‌اله. بررسی خشکسالی در استان مرکزی، مجله آب و فاضلاب، مهندسين مشاور طرح و تحقیقات آب و فاضلاب، شماره ۴۴، ۱۳۸۱، ص ۲۶-۲۰.
8. Chester DR. Groundwater Contamination. Florida: CRC press; 2000.
۹. شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان کرمان. گزارش هیدروگراف واحد دشتهای استان کرمان. شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان کرمان. واحد مطالعات، کرمان، ۱۳۸۲.
۱۰. شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان کرمان. ادامه گزارش مطالعات محدوده دشت بم-نرماشیر. شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان کرمان. واحد مطالعات، کرمان، ۱۳۸۱.
۱۱. علیزاده، امین. کیفیت آب در آبیاری، انتشارات دانشگاه امام رضا، آستان قدس رضوی، مشهد، ۱۳۶۳.
12. Champman D, Kimstach V. Water quality assessment. Unesco, WHO; 1996.
13. Thomas NV. Global water quality standards. Ground Water; 1996.
14. Standard methods for examination of water and wastewater. 20th ed. APHA, AWWA, WEF; 1998.
۱۵. بنی‌اسدی، محسن. بررسی و مطالعه تأثیر طرح پخش سیلاب آبخوان آب باریک بم در وضعیت اقتصادی و اجتماعی ساکنین منطقه، پایان‌نامه کارشناسی ارشد از دانشگاه آزاد گرگان، ۱۳۷۷، گرگان-ایران.