Journal of Safety Promotion and Injury Prevention,
Vol.8, No.2, Summer 2020

Original Article

Investigation of the Effects of Drought and Salinity on the Chemical Quality of the Water Resources in the Zanjans' Plain Aquifers

Askar Jalalian [1], Hamideh Samiee[2], Masoumeh Shokri-Khoubestani[3, 4], Mohammad Reza Karimi[5*]

1. Department of law,Payame Noor University, Tehran, Iran.
2. Water and Wastewater Engineering Company, Ministry of Energy, Tehran, Iran.
3. Religion and Health Studies Center, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran.
4. Master of Environmental Education Payame Noor University, Tehran, Iran.
5. Student of MPH, Faculty of Health and Safety, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran.

*** Corresponding Author:** reza575261@gmail.com

Abstract

Background and Objective: Due to the occurrence of dry season and exploitation of water resources for higher agricultural yields, the groundwater level in the Zanjan plain has subsided. The lowered of water level of aquifer have reduced the efficiency of wells and paralleled with water quality degradation. The underground structure of aquifer was destroyed and the quality of water resources contains more salt than fresh waters.

Materials and Methods: In order to survey on the salinity of water in this region, data from 45 sampling wells (1384-1394) has been used. In the first step by collecting valid information about the chemical quality of related aquifer, investigation on fluctuation trends of ions concentrations of Ca, Mg, Na, HCO3, Cl, SO4, from 1384 to 1394has been conducted. Then, pH and EC have been surveyed for ten years (1384-1394) to determine the general chemical quality of region groundwater. Finally, fluctuation trends of elements and water salinity have been plotted on descriptive diagrams, piper, statistical models, and other plans. In this study, all the ethical considerations have been observed and no conflict of interest was reported by the authors.

Results: The data of this study demonstrated that average concentrations of sulfate and chloride are2.3 and 1.1meq/lit respectively. The concentration of these ions in water samples indicated the desirable quality of groundwater at present. However, if the current trend regarding the subsiding of groundwater level in the Zanjan plain, we could face a decrease in water quality and an increase in salinity in the coming years.

Conclusion: According to the results of the study, it can be said that the increasing trend in the concentrations of salts in the water and the declining trend of the output of the wells could reduce the chemical quality of water in near future.

Keywords: Groundwater; Piper; Salinity; Water Resources

How to cite this article: Jalalian A, Samiee H, Shokri-Khoubestani M, Karimi MR. Investigation of the Effects of Drought and Salinity on the Chemical Quality of the Water Resources in the Zanjans' Plain Aquifers. J Saf Promot Inj Prev. 2020; 8(2):119-29.

مقاله پژوهشی

مجله ارتقای ایمنی و پیشگیری از مصدومیت ها
دوره۸. شماره ۲. تابستان ۱۳۹۹، صفحات ۱۱۹ تا ۱۲۹

بررسی اثرات خشک‌سالی و شوری برکیفیت شیمیایی آبخوان دشت زنجان

عسکر جلالیان [۱]، حمیده سمیعی[۲]، معصومه شکری خوبستانی[۳و۴]، محمدرضا کریمی [۵*]

۱.گروه حقوق دانشگاه پیام نور تهران، تهران، ایران.
۲. شرکت مهندسی آب و فاضلاب، وزارت نیرو، تهران، ایران.
۳. مرکز مطالعات دین و سلامت، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران.
۴. دانشجوی گروه آموزش محیط زیست دانشگاه پیام نور تهران جنوب، تهران، ایران.
۵. دانشجوی دورۀ MPH دانشکدۀ بهداشت و ایمنی ، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران.

چکیده

سابقه و هدف: با توجه به وقوع دوره‌های خشک‌سالی و افزایش بهره‌برداری از آبخوان، گسترش کشاورزی و افزایش برداشت آب‌های زیرزمینی، تراز سطح آب زیرزمینی در دشت زنجان کاهش‌یافته است که این امر علاوه بر پایین رفتن تراز سطح آب زیرزمینی، کاهش راندمان چاه‌ها، تخریب کیفی و افزایش املاح آب زیرزمینی را نیز در پی دارد که خود سبب تخریب کیفیت منابع و برهم خوردن تعادل آب‌های شور و شیرین گردیده است.

روش بررسی: جهت بررسی کیفیت و روند تغییرات پارامترهای کیفی سفرۀ آبی این دشت از اطلاعات ۴۵ نقطه نمونه‌برداری ازچاه‌های موجود در منطقه استفاده شده است. در مرحلۀ اول با جمع‌آوری اطلاعات موثق درزمینۀ کیفیت شیمیایی سفرۀ آب‌های زیرزمینی منطقه به بررسی روند تغییرات غلظت یون‌های کلسیم، منیزیم، سدیم، بی‌کربنات، کلراید و سولفات در طی سال‌های ۱۳۸۴ تا۱۳۹۴ پرداخته شد. در ادامه pH و هدایت الکتریکی جهت تعیین کیفیت شیمیایی چاه‌های منطقه طی ده سال مورد بررسی قرار گرفت. در نهایت میزان تغییرات یون‌ها و کیفیت آب طی بازه زمانی ده ساله بررسی و نتایج با استفاده از نمودارهای پایپر، شولر، و یلکاکس و دورو تحلیل گردید. در این پژوهش همۀ موارد اخلاقی رعایت شده است و مؤلفان مقاله هیچ‌گونه تضاد منافعی گزارش نکرده‌اند.

یافته‌ها: حدود ۷۰ درصد نمونه‌ها تیپ بی‌کربناته دارند. این امر نشان‌دهنده کیفیت بالای آب‌های زیرزمینی در دشت زنجان است با توجه به اینکه نمودار ویل کاکس از دو فاکتور هدایت الکتریکی (EC) و نسبت جذب سدیم (SAR) جهت طبقه‌بندی مصرف آب کشاورزی استفاده می‌نماید، دیاگرام ویل‌کاکس نمونه آب‌های زیرزمینی گروه C2-S1 و C3-S1 قرار می‌گیرد. لذا وضعیت آب زیرزمینی دشت زنجان ازلحاظ مصرف کشاورزی مناسب است. اما در صورت ادامه روند فعلی در خصوص کاهش تراز سطح آب زیرزمینی در محدودۀ دشت زنجان، در سال‌های آینده با کاهش کیفیت آب و افزایش شوری مواجه خواهیم شد.

نتیجه‌گیری: بررسی کیفیت شیمیایی چاه‌های دشت نشان می‌دهد که اکثر پارمترهای کیفی مرتبط با شوری در محدودۀ قابل‌قبول قرار دارد. با توجه به نتایج مطالعه می‌توان گفت روند افزایشی در میزان املاح موجود در آب و روند نزولی دبی جریان و افت آب‌های زیرزمینی، در آینده‌ای نه‌چندان دور کاهش کیفیت شیمیایی آب را جهت استفاده‌های گوناگون سبب می‌شود.

واژگان کلیدی: آب زیرزمینی، نمودار پایپر، شوری، منابع آب

مقدمه

تأمین منابع آبی با کیفیت مناسب از مهمترین نیازهای انسان امروزی می‌باشد. متأسفانه علاوه بر مسئله کمیت آب در دسترس، آلودگی منابع آبی و کیفیت آن‌ها از مسائل محدودکننده در بحث تأمین آب است. خشکسالی، رشد صنعتی شدن، افزایش جمعیت و عدم رعایت استانداردهای محیط زیست، خطرآلودگی را متوجه منابع آبی می‌نماید. خشکسالی پدیده‌ای است که علاوه بر ایجاد کمبود منابع آب موجب تهدید کیفیت آن نیز می‌گردد. تغییرات اقلیمی و خشکسالی با تأثیر بر آب‌های سطحی و سطح آب‌های زیرزمینی متعاقباً موجب تغییر پارامترهای کیفیت آب می‌شود بنابراین تأمین کمیت آب مورد نیاز مصرف در صورتی به راحتی امکان‌پذیر است که بتوان بدون صرف هزینۀ گزاف جهت بهبود کیفیت، آن را مورد استفاده قرار داد (۱-۴). امروزه با وجود خشکسالی و افزایش جمعیت

*آدرس نویسنده مسئول مکاتبات: reza575261@gmail.com

بشر و عدم رعایت استانداردهای زیست محیطی، خطرات زیادی از لحاظ آلودگی منابع آبی وجود دارد. اما متأسفانه بیشتر کمیت منابع آب مورد مطالعه قرار گرفته و مطالعات کیفی آب فراموش شده است (۵). یکی از تبعات تغییر اقلیم، تغییر در شکل بارش از برف به باران و بروز انواع خشک‌سالی است (۲). خشک‌سالی پدیده‌ای است که علاوه بر ایجاد کمبود منابع آب موجب تهدید کیفیت آن نیز می‌گردد (۶). گرچه پدیده خشک‌سالی در میزان کمیت و کیفیت آب تأثیر منفی می‌گذارد، اما اثر آن به‌مراتب برکیفیت آب مهم‌تر است، زیرا مشکل اساسی در دسترس بودن آب باکیفیت مناسب است نه در مقدار آب (۷). معمولاً بیشترین تأثیرخشک‌سالی بر میزان کدورت آب و افزایش کلر هست (۸).

خشک‌سالی می‌تواند اثرات معنی‌داری برکیفیت آب رودخانه‌ها داشته باشد، زمانی که جریان آب کم است، شوری آب افزایش و کیفیت آب دستخوش تغییر خواهد شد (۸, ۹). همچنین افزایش شهرنشینی در طی دوره‌های خشک‌سالی باعث می‌شود که شوری آب افزایش یابد و کیفیت آب شیرین بدتر گردد (۱۰). بنابراین زمانی که خشک‌سالی افزایش یابد، سطح آب در دریاچه‌ها کاهش و روند شوری افزایش می‌یابد که تأثیر آن بر روی کیفیت و کمیت آب زیرزمینی نیز چشمگیر خواهد بود و این امر به نوبه خود می‌تواند سلامت انسان‌ها را به خطر اندازد (۱۱, ۱۲).

امروزه مطالعه کیفیت شیمیایی آب (یون‌های موجود طبیعی و یا واردشده در آب زیرزمینی) و تبیین حدود شوری منابع آب با رویکردی دوجانبه (کمی و کیفی) می‌تواند نقش مهمی در سنجش پتانسیل حساسیت یک منبع آبی ایفا کند. با پایش روند تغییرات، می‌توان منبع آبی موردنظر را مورد آنالیز کمی و کیفی قرارداد تا باپیش‌بینی کیفیت آب زیرزمینی، بتوان برای مهروموم‌های پیشرو توان منبع آب زیرزمینی را ازنقطه نظر کیفی و برای مصارف گوناگون بررسی نمود (۱۳, ۱۴).

ترکیب شیمیایی منابع آب زیرزمینی تابعی پیچیده از متغیرهای فراوانی نظیر ترکیب شیمیایی آب تغذیه شونده، ترکیب سنگ‌شناسی و کانی‌شناسیسنگ‌های زیرسطحی (عامل زمین‌شناسی)، ویژگی‌های هیدروژئولوژیکی سنگ‌ها، فعالیت‌های انسانی در تغییر ترکیب شیمیایی منابع آب و نفوذ آب‌شور به داخل تشکیلات حاوی آب زیرزمینی شیرین در اثر فعالیت‌های غیرعمدی انسانی بر کاهش افت سطح آب‌های زیرزمینی مؤثر است (۱۵, ۱۶).

مدیریت مناسب مصرف آب زیرزمینی بدون داشتن دانش کافی از توزیع و گسترش آب‌های زیرزمینی شور و شیرین و تعیین فرایندهای تأثیرگذار در سیر تکاملی آن امکان‌پذیرنیست (۱۷). شوری یک مشکل زیست‌محیطی است که از بسیاری جهات بر منابع طبیعی دیگر نیز تأثیرمی‌گذارد: ازجمله باعث کاهش تولیدات کشاورزی، ویرانی ساختار خاک، تغییر شرایط اقلیمی و ایجاد مشکلات برای سلامتی انسان می‌گردد (۱۸).

تعیین تغییرات کیفیت آب‌های زیرزمینی در رابطه با بارندگی و چگونگی توزیع آن در گستره دشت‌ها، این امکان را به وجودمی‌آورد که در مناطق دارای روند افزایش شوری، در رابطه با کاهش برداشت، محدودیت‌های موردنیاز مدیریتی اعمال گردد. از طرف دیگر در نواحی که تحت تأثیر تغذیه مناسب قرار داشته و تغییرات کیفی ایجاد نشده است می‌توان نسبت به افزایش بهره‌برداری و بهره‌وری از منابع موجود اقدام نمود. کنترل تغییرات کیفی آب در مقاطع زمانی مناسب، علاوه بر آشکارسازی سیمای گذشته کیفی آب، امکان روند یابی را فراهم نموده و پیش‌بینی وضعیت کیفی آب در آینده را میسر می‌سازد (۱۹).

پولید و بوش و همکاران در تحقیقی تحت عنوان مسائل آب زیرزمینی در مناطق نیمه‌خشک آلمری و آندراکس اسپانیا، نفوذ آب دریا، انحلال سازندهای نمکی در لایه‌های زیرین و بهره‌برداری بی‌رویه از آب‌های زیرزمینی به منظور کشاورزی را باعث افزایش شوری سفره‌های آب زیرزمینی می‌داند (۲۰). در سال ۱۳۸۸ حسینی پور و همکارانش به مطالعه منشاء املاح آبخوان سرچاهان استان هرمزگان پرداخت. در این مطالعه با بررسی نسبت‌های یوتی و تفاضل یون‌های همزاد نشان می‌دهد که انحلالهالیت و نمک‌های سولفاته آبرفت میتواند عامل اصلی شوری آب زیرزمینی دشت سرچاهان باشد (۲۱). مجتبی سلیمانی ساردو در سال ۱۳۹۲ طی تحقیقی تحت عنوان آنالیز و روندیابی پارامترهای کیفیت شیمیایی آبرودخانه چم انجیر خرم‌آباد با استفاده از آزمون غیر پارامتریک من- کندال نشان داد که روند صعودی تغییرات املاح محلول آب نشان‌دهنده کاهش کیفیت آب و افزایش املاح محلول این رودخانه هست (۲۲).

خمر و همکاران (۱۳۹۰) در بررسی کیفیت منابع آب در منطقه چم انجیر در غرب تربت‌حیدریه، پس از اندازه‌گیری کاتیون و آنیون‌های نمونه‌های آب برداشت‌شده از منابع زیرزمینی، تیپ آب منطقه را Na- Cl و Na- Hco_3 مشخص کردند و کیفیت آب را بر اساس نمودارهای شولر و ویلکوکس، ازنظر شرب و کشاورزی نامناسب معرفی نمودند (۲۳).

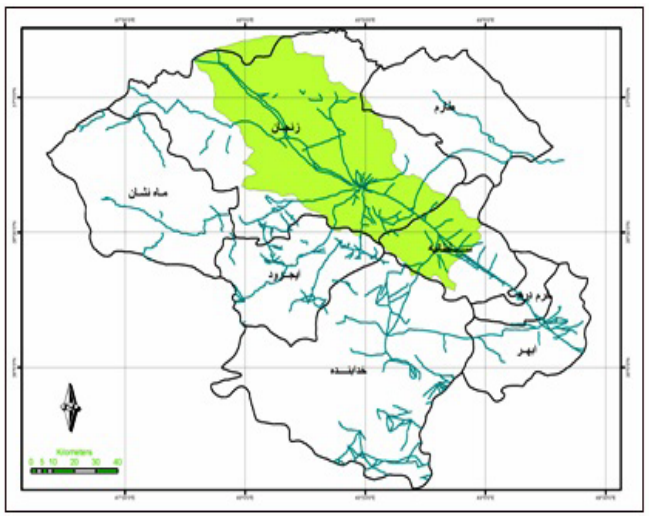
بررسی و تحلیل وضعیت کیفی منابع آب زیرزمینی هر منطقه جهت جلوگیری از تخریب کیفی آب امری ضروری و مهم است. مطالعه مذکور روند تغییرات احتمالی شوری این منبع آبی را بر پایه اطلاعات موجود بررسی نموده و با استفاده از داده‌های خام چاه‌های مختلف در منطقه مورد مطالعه پهنه‌بندی کیفی این منبع آبی و احتمال و نوع پیشروی شوری در سفره را جهت اثبات بررسی خواهد نمود و پیش‌بینی کیفیت ۲ بعدی (زمانی- مکانی) احتمال شور شدن منبع آبی در موقعیت‌های مختلف و در زمان‌های مشخص را نشان خواهد

این مقاله تحت لیسانس Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 License (CC BY-NC 4.0) منتشر و از آدرس http://journals.sbmu.ac.ir/spip قابل دریافت می باشد.

داد. این تحقیق باهدف بررسی وضعیت آبخوان‌های دشت زنجان و بررسی کیفیت شیمیایی و درنهایت ارائه پیشنهادهایی جهت جلوگیری از کاهش کیفیت آب‌های این منطقه است.

مواد و روش‌ها

محدوده مطالعاتی زنجان در حوزه آبریز سفیدرود و تحت نظر شرکت آب منطقه‌ای زنجان قرارگرفته است. به طور کلی در سطح استان زنجان دو آبخیز اصلی که از آبخیزهای فرعی متعدد تشکیل شده اند وجود دارد. حوزه اول که حوزه آبخیز قزل اوزن یا سفید رود است، با وسعتی معادل ۵۶۲۰۰ کیلومتر بخش های مرکزی، جنوب باختری، باختر و شمال استان زنجان را در بر گرفته است. رودخانه های اصلی به نام های قزل اوزن و شاهرود که پس از به هم پیوستن در منطقه منجیل (محل سد سفید رود) رودخانه سفید رود را به وجود می آورند، درحوزه آبخیز سفید رود جاری هستند. محدوده مطالعاتی زنجان از شمال و شمال شرق به محدوده‌های مطالعاتی طارم، از جنوب به سوجاس- حلب، از شرق به گیلوان- منجیل و از غرب به ماهنشان- انگوران محدود می‌شود. (شکل شماره۱) مساحت این محدوده مطالعاتی ۴۶۶۹/۶ کیلومترمربع است که ۵۴/۱۴ درصد آن‌ها ارتفاعات و ۴۵/۸۶ درصد آنرا دشت تشکیل داده است. حداکثر ارتفاع دشت ۱۸۸۲ متر و حداقل ارتفاع آن ۱۲۰۰ متر از سطح دریا است (۲۴).



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی محدوده مطالعاتی دشت زنجان

نوع تحقیق در این طرح توصیفی بوده و جمعیت موردمطالعه تعداد۴۵حلقه چاه عمیق که در محدوده مطالعاتی دشت زنجان است. منابع آب زیرزمینی آبخوان محدوده موردمطالعه شامل چاه، دشت و قناتاست. این پژوهش، جهت بررسی وضعیت کمی و کیفی منابع آب زیرزمینی چاه‌ها و پیزومترهای موجود در محدوده موردمطالعه صورت گرفت و داده‌ها و اطلاعات ده ساله چاه‌ها از طریق شرکت آب منطقه‌ای استان زنجان، مدیریت منابع آب کشور و شرکت آب منطقه‌ای استان زنجان اخذ و جمع‌آوری گردید. همچنین در این مطالعه به‌منظور بررسی کیفیت شیمیایی و روند تغییرات کیفی آب در نقاط نمونه‌برداری شده از نتایج آزمایش‌ها حاصل از بررسی ترکیبات شیمیایی چاه‌ها در طی دوره ۱۰ ساله (۱۳۹۴-۱۳۸۴) استفاده گردید. همچنین وضعیت عمق برخورد به سطح آب زیرزمینی، تراز سطح آب زیرزمینی و نوسانات سالانه تراز سطح آب زیرزمینی دشت با سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS)[1] مورد تحلیل و بررسی قرار گرفت. در خصوص داده های پرت نیز با توجه به استانداردهای ارائه شده در کتاب استاندارد متد و با توجه به استاندارد هر کدام از آنیون‌ها و کاتیون‌ها هر داده ای که دارای مقادیر بسیار بزرگتر و بسیار کوچکتر از استاندارد و به صورت کاملا غیرمنطقی که احتمالا ناشی از خطای زمان نمونه برداری و آزمایش بوده است حذف گردید که حدود ۵٪ حجم نمونه ها بود که به نظر رقم بالایی نمی باشد.

با توجه به آمار ارائه‌شده توسط سازمان جغرافیایی کشور، در محدوده موردنظر تعداد ۴۷۳۶ حلقه چاه شناسایی‌شده است که بیشتر آب آن‌ها به مصارف کشاورزی می‌رسد. همچنین در این محدوده تعداد ۱۲۰۲ دهنه چشمه و ۱۹۷ رشته قنات شناسایی‌شده است.تمرکز اصلی چاه‌ها در بخش جنوب و اطراف مسیر میانه -زنجان- قزوین است. اکثر چاه‌های فوق در آبرفت‌ها حفر شده‌اند. جهت تعیین منشأ شوری و فرایندهای هیدروشیمیایی مؤثربرکیفیت آب، از بین تمامی حلقه چاه‌های موجود در دشت زنجان، تعداد ۱۵ چاه در بالادست (دو چاهی که سطح آب در آن بالاتر است) ۱۵ چاه در میانه و ۱۵ چاه در پایین‌دست انجام گرفت و در کل تعداد ۴۵ حلقه چاه به‌عنوان منابع انتخابی با فواصل منطقی و مناسب و همچنین با خطای کمتر از ۵٪ انتخاب گردید (۲۰). جهت اطمینان از درستی و صحت داده‌ها، بررسی کلی بر روی اطلاعات انجام شد و داده‌هایی که از دقت پایینی برخوردار بودند، حذف گردید. در ابتدای تحقیق پارامترهای آماری مانند حداقل، حداکثر و میانگین داده‌های هیدروشیمی محاسبه گردید.سپس در ادامه با توجه به آمار نمونه‌برداری کیفی دشت، ابتدا تیپ آب زیرزمینی منطقه تفسیر گردید و سپس وضعیت دشت ازنظر پارامترهای مختلف کیفی موردبررسی قرار گرفت. پارامترهای کیفیت شیمیایی آب بررسی‌شده در این مطالعه شامل کل جامدات محلول، هدایت الکتریکی، اسیدیته، کلسیم، منیزیم، سدیم، کربنات، بی‌کربنات، سولفات، کلراید می‌باشند که در این مطالعه روند کلی سالانه آن‌ها موردبررسی قرار گرفت. به‌منظور بررسی کیفیت آب ازنظر شوری از نمودارهای کیفی آب شامل نمودارهای شولر، پایپر و

۱. Geographic Information System (GIS)

این مقاله تحت لیسانس Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 License (CC BY-NC 4.0) منتشر و از آدرس http://journals.sbmu.ac.ir/spip قابل دریافت می باشد.

دورو توسط نرم‌افزار AqQA جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها و ترسیم نمودارها و تعیین تیپ آب‌های زیرزمینی استفاده گردید. تیپ غالب هیدروشیمیایی دشت تابعی از میتولوژی، قدرت انحلالی و الگوی جریان دشت است، بنابراین با استفاده از نمودار پایپر و همچنین نمودار شولر ویژگی‌های هیدروژئولوژیکی دشت مورد بررسی قرار گرفت (۲۵).

از دیاگرام پایپر بر اساس موقعیت مکانی برخی کاتیون‌ها و آنیون‌های اصلی نظیر سدیم، پتاسیم، منیزیم، کلسیم، سولفات، کلراید، کربنات و بی‌کربنات جهت تعیین تیپ آب استفاده گردید (۲۶). همچنین از نمودار شولر جهت ارزیابی کیفیت آب و طبقه‌بندی کیفی آب جهت مصارف شرب، کشاورزی، صنعت و دام استفاده گردید (۲۷).

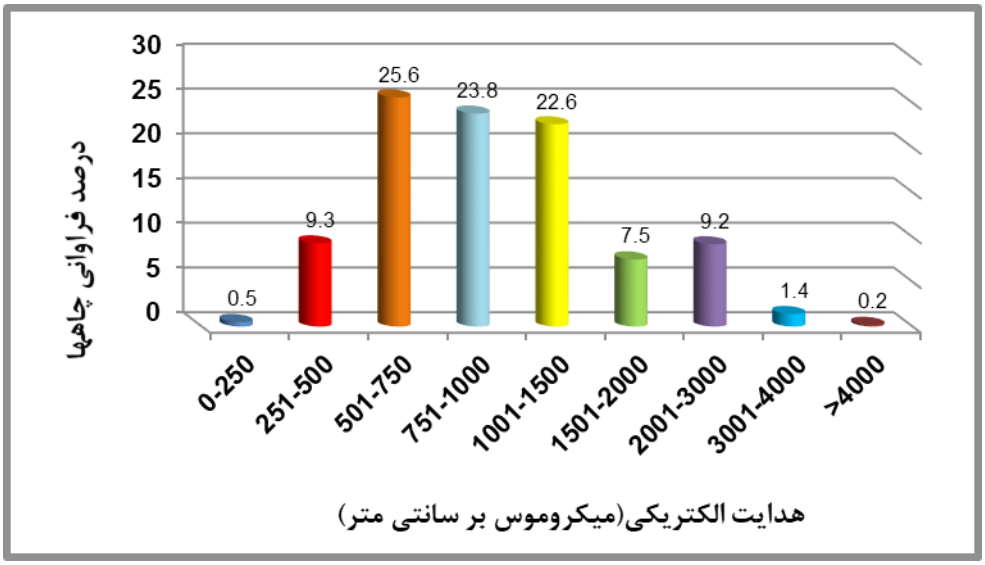
یافته‌ها

مقایسه میزان برداشت در سال آبی ۸۵-۱۳۸۴ نسبت به سال آبی ۹۴-۱۳۹۳ نشان می‌دهد که کل برداشت از آبخوان دشت به میزان ۶/۸ درصد افزایش‌یافته است و این در حالی است که میزان آبدهی چشمه‌ها و قنوات به ترتیب به میزان ۷۵ و ۸۵ درصد کاهش را نشان می‌دهد. لذا عمده افزایش بهره‌برداری صورت گرفته در این دشت مرتبط با برداشت‌های بی‌رویه و حفر چاه‌های غیرمجاز است که اثرات منفی بر روی سایر منابع بهره‌برداری گذاشته است.

جدول ۱. وضعیت بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی دشت زنجان (MCM[۲])

سال آبی	چاه		چشمه		قنات		مجموع	
	تعداد	تخلیه	تعداد	تخلیه	تعداد	تخلیه	تعداد	تخلیه
۱۳۸۲-۸۳	۴۰۷۵	۲۳۹/۰۶	۱۱۴۳	۶۷/۲۱	۲۳۰	۳۹/۲۲	۵۴۴۸	۳۴۵/۴۹
۱۳۸۸-۸۹	۶۵۸۴	۳۴۶/۷۷	۱۲۰۲	۱۶/۲۱	۱۹۷	۵/۹۲	۷۹۸۳	۳۶۸/۹

حدود نیمی از چاه‌های در حال بهره‌برداری دارای هدایت الکتریکی ۵۰۰ الی ۱۰۰۰ میکرومهوس بر سانتیمتر می‌باشند (شکل ۲). این امر ناشی از کیفیت خوب آب‌های زیرزمینی منطقه است. ازآنجاکه اغلب چاه‌های منطقه مصرف کشاورزی دارند، بنابراین آب زیرزمینی این دشت به خاطر داشتن کیفیت عالی هیچ‌گونه مشکل و محدودیتی برای نوع کشت ایجاد نمی‌کند. بیشترین میزان هدایت الکتریکی (EC) به میزان ۱۲۷۷ میکرومهوس بر سانتیمتر در چاه علیرضا عابدینی روستای حسین‌آباد و کمترین این مقدار به میزان ۱۲۰ میکرومهوس بر سانتیمتر در چاه محمود علی سلامت روستای قره‌بلاغ اندازه‌گیری شده است. لازم به ذکر است ۹۴٪ آب چاه‌های بهره‌برداری دارای اسیدیته خنثی و قلیایی است.

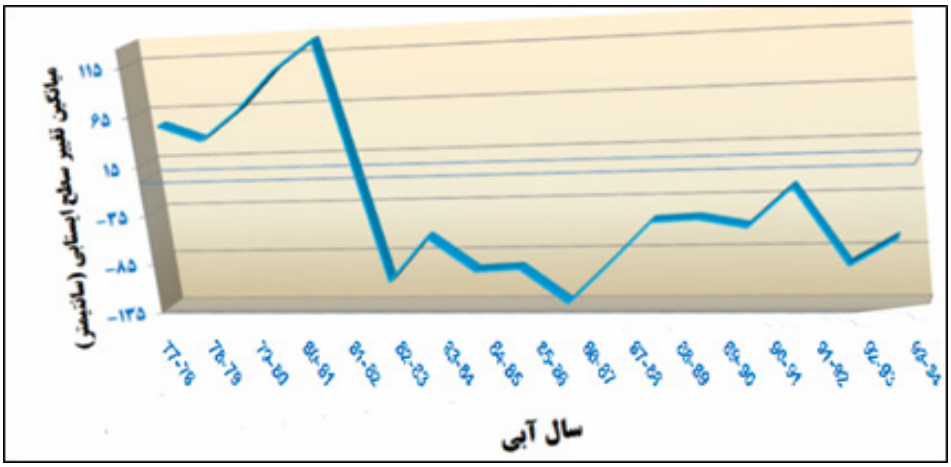


شکل ۲- میزان هدایت الکتریکی آب چاه‌های بهره‌برداری دشت زنجان

۲. Milli Circular Mil

این مقاله تحت لیسانس Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 License (CC BY-NC 4.0) منتشر و از آدرس http://journals.sbmu.ac.ir/spip قابل دریافت می باشد.

جهت بررسی وضعیت تراز سطح آب زیرزمینی دشت از آخرین اطلاعات اندازه‌گیری شده و در دسترس که مرتبط با سال آبی ۹۴-۹۳ است، استفاده‌شده است. با توجه به آماربرداری‌های صورت گرفته از پیزومترهای آبخوان زنجان اقدام به تهیه نقشه تراز سطح آب زیرزمینی گردید. جهت بررسی میزان تغییرات تراز سطح آب زیرزمینی در دشت زنجان به‌عنوان نمونه اقدام به ترسیم هیدروگراف سه پیزومتر واقع در حسین‌آباد–سلطانیه، سهرین - روبروی کرد کندیو نیک‌پی که به ترتیب در جنوب شرق، مرکز و شمال غرب می‌باشند، گردید. روند تغییرات تراز نشان‌دهنده افت تصاعدی در مرکز دشت و نوسانات سینوسی در سایر بخش‌ها است. بر این اساس می‌توان دریافت که به‌طور تقریبی به‌جز مناطق مرکزی دشت، سایر قسمت‌ها از افت کمتری برخوردار می‌باشند اما روند افزایش افت در دوره مورد بررسی افزایشی بوده و ممکن است این بخش‌ها نیز در آینده نزدیک با افت تصاعدی مواجه شوند (شکل شماره۳).



شکل شماره۳- میانگین تغییرات سطح ایستابی برحسب سانتی‌متر در یک دوره ۱۷ ساله

عمق برخورد به سطح آب زیرزمینی دشت زنجان از شمال و شرق به جنوب و غرب کاهش می‌یابد. احتمالاً کم شدن ضخامت آبرفت و یا بالاآمدگی سنگ کف، عامل کم شدن عمق برخورد به سطح آب در نواحی جنوبی دشت است.

با توجه به اشکال به‌طور متوسط در دوره ۱۷ ساله، میزان افت سالانه تراز سطح آب، ۳۳ سانتیمتر (افت ماهانه تراز سطح آب زیرزمینی ۰/۱۶ سانتیمتر) است. تراز سطح آب از سال ۷۷ تا سال ۸۱ به میزان ۳/۵۷ متر بالاآمدگی داشته و سپس سطح آب تا سال آبی ۹۴-۹۳ به میزان ۹/۳۱ متر افت کرده است.

بررسی ۱۷ ساله روند تغییرات ماهانه تراز سطح آب زیرزمینی نشان‌دهنده این مطلب است که به‌طور تقریبی در ماه‌های آبان، آذر، دی، بهمن، اسفند و فروردین به دلیل افزایش نزولات جوی تراز سطح آب زیرزمینی بالاآمده و در سایر ماه‌ها درنتیجه برداشت بیش از اندازه و کاهش نزولات جوی سطح آب زیرزمینی با افت مواجه بوده است.

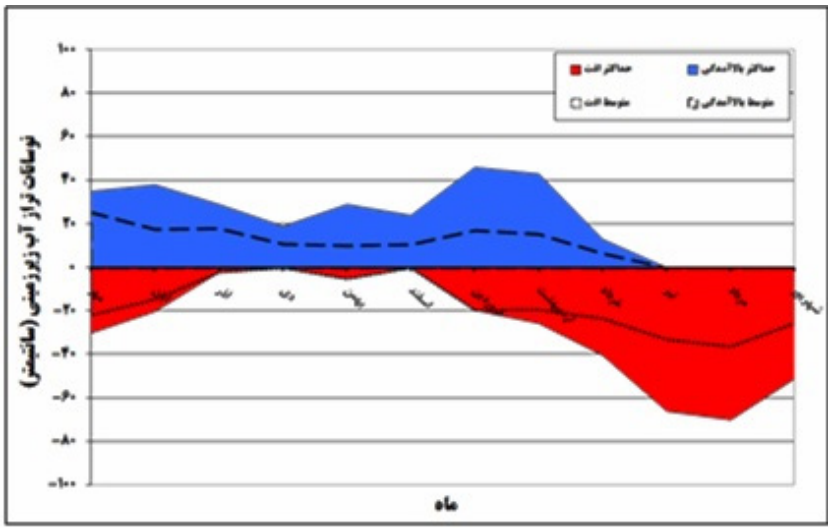
حداقل و حداکثر متوسط میزان افت در طی یک دوره ۱۷ ساله مربوط به ماه‌های اسفند و دی (بدون افت) و مرداد (۳۶/۲ سانتیمتر افت) است.

این امر نمایانگر آن است که تأثیر بارندگی‌های باران و برف این محدوده در ماه‌های اسفند و دی بیشترین تأثیر خود را بر آبخوان می‌گذارد. همچنین روند نزولی افت سطح آب در بهار و تابستان در مردادماه به حداکثر خود می‌رسد چراکه در این مدت نه‌تنها برداشت از آب‌های زیرزمینی افزایش می‌یابد بلکه میزان تغذیه نیز به دلیل کاهش شدید نزولات در ماه‌های خشک‌سال کاهش می‌یابد. از مهرماه و با شروع بارندگی‌ها مجدداً سطح آب بالا می‌رود.

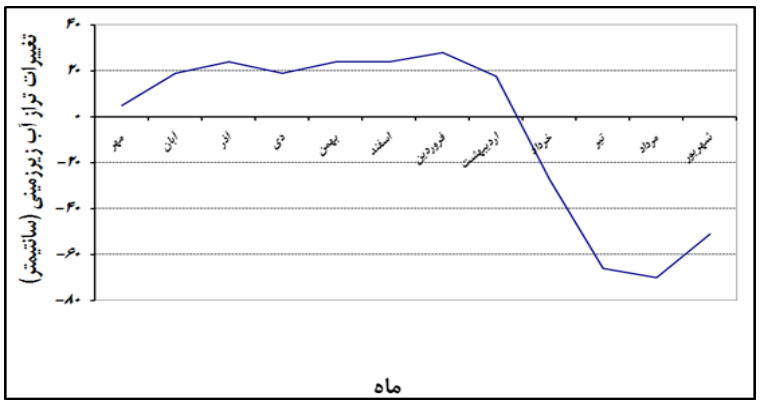
نتایج به‌دست‌آمده از شبکه رفتار سنجی محدوده موردمطالعه در طول دوره ۱۷ ساله ۹۴-۷۷ بیانگر این است که سطح آب زیرزمینی در طی این ۱۷ سال افت داشته و حجم مخزن آب‌های زیرزمینی کاهش‌یافته است (شکل شماره۴ و ۵).

در ادامه با توجه به آمار نمونه‌برداری کیفی دشت، ابتدا تیپ آب زیرزمینی منطقه تفسیر شده و سپس وضعیت دشت ازنظر پارامترهای مختلف کیفی مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به نمودار استیف تهیه شده برای هر نمونه می‌توان گفت که یون‌های بی‌کربنات و کلسیم یون‌های غالب آب زیرزمینی است. به‌طوری‌که حدود ۷۰ درصد نمونه‌ها تیپ بی کربناته دارند. این امر نشان‌دهنده کیفیت بالای آب‌های زیرزمینی در دشت زنجان است (جدول ۲).

این مقاله تحت لیسانس Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 License (CC BY-NC 4.0) منتشر و از آدرس http://journals.sbmu.ac.ir/spip قابل دریافت می باشد.



شکل شماره۴- متوسط سالانه تغییرات تراز آب زیرزمینی در دوره آماری ۹۴-۷۷



شکل شماره۵- تغییرات ماهانه تراز سطح آب زیرزمینی محدوده موردمطالعه برای یک دوره ۱۷ ساله

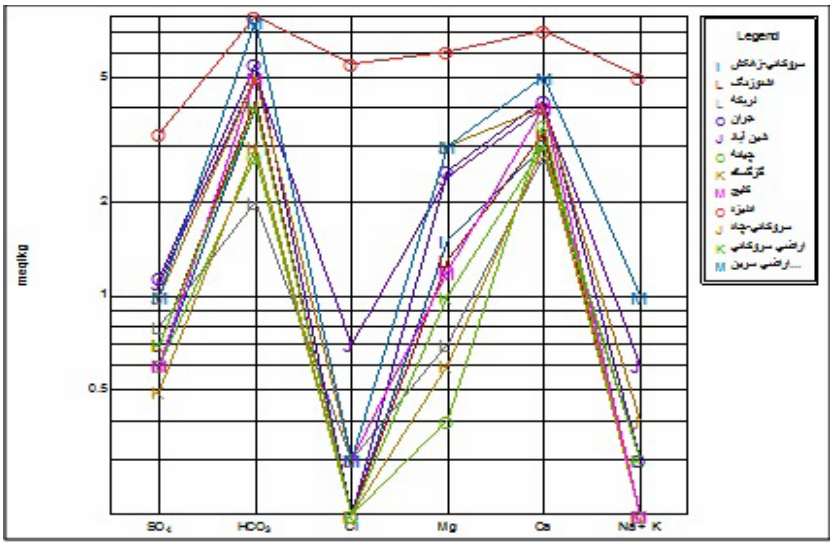
جدول ۲. مشخصه‌های آماری نمونه‌های آنالیز شده دشت زنجان

پارامتر	کاتیون‌ها و آنیون‌ها (Meq/L)						EC*106	pH	TDS(mg/l)
	Ca	Mg	Na	HCO_3	So_4	Cl			
ماکزیمم	۷/۷	۵/۳	۷/۰	۵/۰	۸/۰	۴/۹	۱۷۰۰	۸/۵	۱۰۷۱
مینیمم	۰/۹	۰/۴	۰/۴	۱/۶	۰/۱	۰/۲	۲۱۰	۷/۰	۱۳۲/۳
متوسط	۲/۷	۱/۸	۲/۶	۳/۲	۲/۳	۱/۱	۶۹۷/۸	۷/۹	۴۳۹/۶

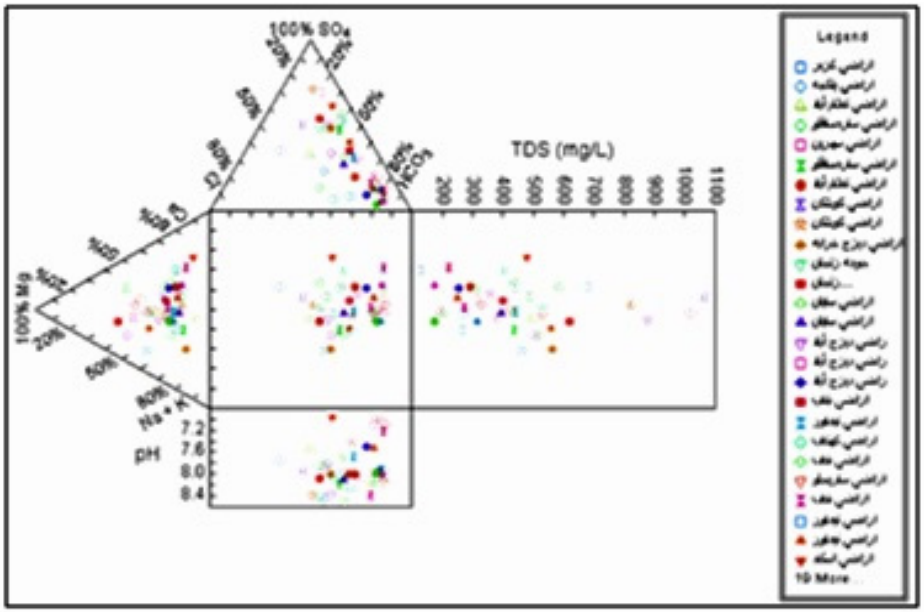
در ادامه نمودار شولر آب‌های زیرزمینی محدوده مورد مطالعه ارائه شده است. میزان برتری غلظت یون‌های بی‌کربنات و کلسیم در اکثر نمونه‌ها قابل‌توجه است. بازه تغییرات غلظت بی‌کربنات و کلسیم بین ۲/۷ تا ۷/۷ میلی اکی والان بر لیتر است. غلظت این یون‌ها در نمونه آب اراضی ساریجلو (نمونه شماره ۲۲) و کوشکن (نمونه شماره ۸) نسبت به بقیه بیشتر است (شکل شمارهٔ ۶).

شکل۷ - نمودار پایپر نمونه‌های آب محدوده مورد مطالعه آمده است. همان‌طور که در این شکل ملاحظه می‌گردد غلظت اسیدهای قوی بیش از اسیدهای ضعیف است.

این مقاله تحت لیسانس Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 License (CC BY-NC 4.0) منتشر و از آدرس http://journals.sbmu.ac.ir/spip قابل دریافت می باشد.



شکل ۶- نمودار شولر نمونه‌های آب محدوده مورد مطالعه



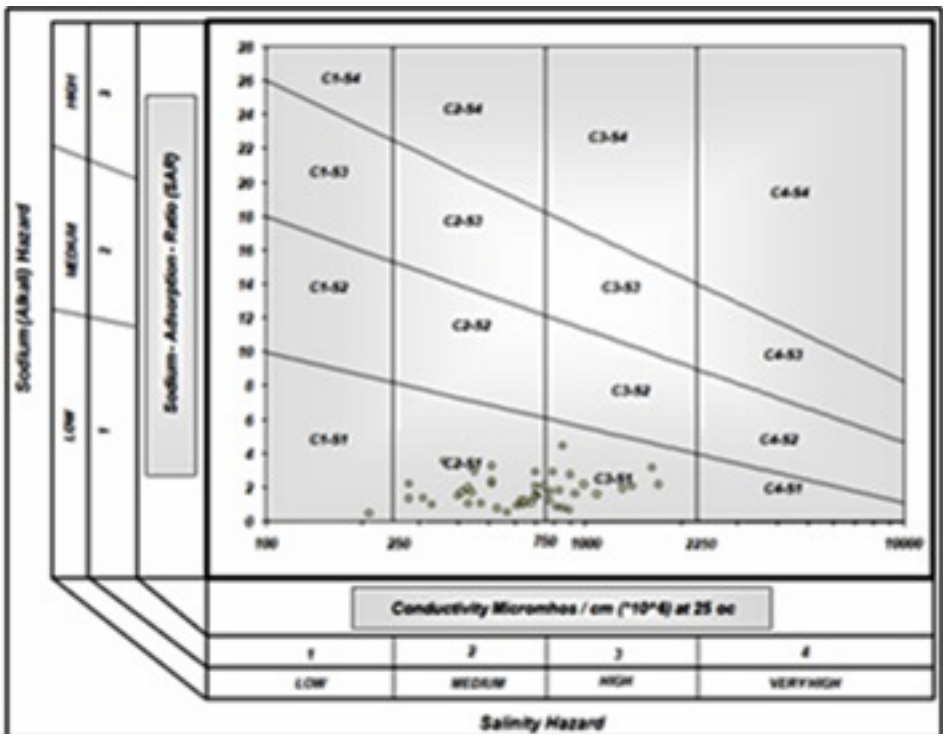
شکل شماره۷- نمودار پایپر نمونه‌های آب محدوده موردمطالعه

طبق نمودار دورو نمونه‌های آب‌های زیرزمینی بالاترین میزان TDS مربوط به چاه اراضی کوشکن (نمونه شماره ۸) و پایین‌ترین این مقدار مربوط به چاه اراضی ینگجه (نمونه شماره ۲) است. همچنین بالاترین میزان pH در چاه اراضی الملکی (نمونه شماره ۳۰) گزارش‌شده است (شکل شمارهٔ ۸).

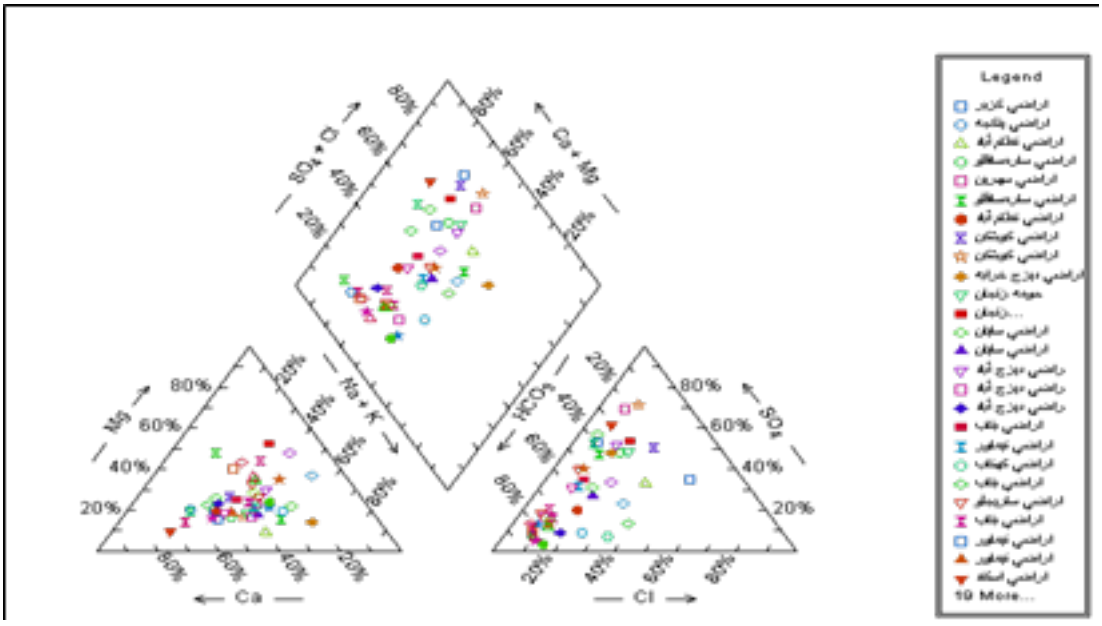
همچنین با توجه به دیاگرام شولر، به‌طور متوسط وضعیت منابع آب زیرزمینی دشت زنجان ازلحاظ شرب، در رده خوب قرار دارد. همچنین ازلحاظ حداکثر کیفیت آب شرب که ممکن است در این دشت رخ دهد (بدترین حالت ممکن)، در رده قابل‌قبول تا نامناسب قرار می‌گیرد.

با توجه به اینکه نمودار ویل کاکس از دو فاکتور EC و SAR جهت طبقه‌بندی مصرف آب کشاورزی استفاده می‌نماید، دیاگرام ویل‌کاکس نمونه آب‌های زیرزمینی آماربرداری شده محدوده مطالعاتی زنجان به‌صورت شکل شمارهٔ ۹ ارائه‌شده است. با توجه به این شکل ملاحظه می‌گردد که نمونه‌های دشت به‌طور کل در گروه C۲-S۱ و C۳-S۱ قرار می‌گیرد. لذا وضعیت آب زیرزمینی دشت زنجان ازلحاظ مصرف کشاورزی مناسب است.

این مقاله تحت لیسانس Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 License (CC BY-NC 4.0) منتشر و از آدرس http://journals.sbmu.ac.ir/spip قابل دریافت می باشد.



شکل۸- نمودار دورو نمونه‌های آب محدوده موردمطالعه



شکل ۹- نمودار ویلکوکس نمونه‌های کیفی اندازه‌گیری شده محدوده مطالعاتی زنجان

بحث

هدف اصلی مطالعه، بررسی کیفیت آب و روند تغییرات پارامترهای کیفی چاه‌ها توسط روش‌های گرافیکی از قبیل نمودارهای ویلکوکس، شولر و پایپر است.

نتایج به‌دست‌آمده از شبکه رفتار سنجی محدوده موردمطالعه در طول دوره ۱۷ ساله ۹۴-۷۷ بیانگر این است که سطح آب زیرزمینی در طی این ۱۷ سال افت داشته و حجم مخزن آب‌های زیرزمینی کاهش‌یافته است .این امر می‌تواند به دلیل کاهش افزایش نزولات جوی و یا افزایش مصارف کشاورزی و شرب در اثر افزایش جمعیت باشد. چنانچه این اتفاق برای اکثر سفره های آبی زیرزمینی توسط مطالعات قبلی اشاره شده است که از یک سو افزایش جمعیت و استفاده های مدیریت نشده از منابع آب زیرزمینی و از سوی دیگر کاهش نزولات جوی اغلب منجر به خشکسالی گردیده است (۲۸, ۲۹).

این مقاله تحت لیسانس Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 License (CC BY-NC 4.0) منتشر و از آدرس http://journals.sbmu.ac.ir/spip قابل دریافت می باشد.

نمودار پایپر نمونه‌های آب محدوده مورد مطالعه نشان دهنده این است که غلظت اسیدهای قوی بیش از اسیدهای ضعیف است. و نمونه‌های آب در قسمتی قرار گرفته است که نزدیک به مرکز و سمت چپ لوزی نشان دهنده کیفیت مناسب و شوری کم می باشد (۳۰). در مصارف کشاورزی، آب با SAR پایین بهتر است چون به ازای مقدار مشخصی از کاتیون سدیم، افزایش کاتیون های کلسیم و منیزیم آب باعث جذب سدیم توسط خاک شده و در نتیجه آسیب آن برای گیاه کمتر می شود. اما سدیم به تنهایی نمی تواند معیار کیفی آب از نظر کشاورزی مورد استفاده قرار گیرد و بهتر آن است که تاثیر آن در ارتباط با شوری کل آب در نظر گرفته شود. بنابراین روش ویلکوکس کاربردی ترین روش برای رده بندی آب از نظر کشاورزی است (۳۱, ۳۲). با توجه به اینکه نمودار ویل کاکس جهت طبقه‌بندی آب کشاورزی استفاده می شود، دیاگرام ویل‌کاکس نمونه آب‌های زیرزمینی در گروه C۲-S۱ و C۳-S۱ قرار می‌گیرد. لذا وضعیت آب زیرزمینی دشت زنجان جهت مصرف کشاورزی مناسب است.

بررسی کیفیت شیمیایی چاه‌های دشت نشان می‌دهد که اکثر پارمترهای کیفی مرتبط با شوری در محدوده قابل‌قبول قرار دارد. نتایج حاصل از نمودارهای هیدروشیمیایی نشان می‌دهد کیفیت آب زیرزمینی دشت زنجان نسبتاً مناسب است و املاح و شوری پائینی دارند. اما با توجه به افت آب‌های زیرزمینی در این منطقه و کاهش تراز آب‌های زیرزمینی در صورت عدم مدیریت صحیح در سال‌های آینده کیفیت آب کاهش و بعضاً در برخی مناطق افزایش شوری آب و تداخل آب‌های شیرین و شور را خواهیم داشت. داده‌های مربوط به میزان TDS در منطقه دشت زنجان نشان داده است که در برخی چاه‌های نمونه‌برداری شده میزان کل جامدات محلول بسیار بیشتر از حد استاندارد است بنابراین در رده آب‌های لب شور (۱۰۰۰TDS= -۱۰۰۰۰) قرار می گیرند. از آنجا که اغلب چاه‌های منطقه مصرف کشاورزی دارند، بنابراین ادامه روند چاههای با برداشت بی رویه آبزیرزمینی می تواند سبب بروز مشکلات و محدودیت‌هایی برای نوع کشت ایجاد نماید همچنان که گراینر[۳] اثبات نمود که شوری منابع آب زیرزمینی اثر بر عملکرد کشاورزی، کیفیت محصول و میوه و خصوصیات رشدی گیاهان دارد (۳۳). در مطالعه ای که توسط یاوانگ[۴] و همکارانش که در مصب رودخانه مروارید چین بر کیفیت آب‌های زیرزمینی صورت گرفت مشخص گردید که بدلیل فرایندهای هیدروشیمیایی، آبخوان مذکور دارای غلظت‌های بالایی از TDS در محدوده ۱ تا ۲۶,۸ گرم بر لیتر می باشد که علت و منشاء شوری این آب‌ها ناشی از اختلاط آب‌های شور و شیرین اعلام گردید (۳۴).

نتیجه تحقیق حاضر نشان داده است که در منطقه دشت زنجان بعلت حفر حدود ۶۰۰۰ حلقه چاه باعث افزایش TDS گردیده است چنانچه که در مورد مطالعه ی یاوانگ در چین که در بازه زمانی دسامبر تا مارس ۲۰۰۹-۲۰۰۷، تعداد ۴۰ حلقه چاه حفر گردیده که آن نیز باعث افزایش TDS شده است (۳۴).

همچنین داده های مربوط به EC[۵] نشان داد که در منطقه دشت زنجان، میزان آن طی دوره ده ساله دارای روند افزایشی بوده است که این امر به علت برداشت بی رویه از آبهای زیرزمینی و افت آبهای زیرزمینی به میزان ۳۳سانتی متر بصورت سالانه می باشدکه در نتیجه باعث مشکلاتی نظیر تخریب منابع آبی و خاکی و به خطر افتادن تولید پایدار می گردد. آقای دانائیان نیز برداشت بی رویه از آبهای زیرزمینی و افزایش تعداد چاههای بهره برداری شده در منطقه دشت اردکان یزد را عامل افت سطح آب زیرزمینی دشت مذکور به میزان ۴۲ متر طی۵۰ سال اعلام نمود (۳۵). همچنین افزایش بهره برداری‌ها در بالادست این منطقه موجب افت کیفی آبها در مناطق پائین دست شده است بطوریکه حدود ۳۰۰۰ هکتار باغ‌های پسته این منطقه را غیراقتصادی نموده است (۳۵). بنابراین می توان نتیجه گرفت که روند افزایشی در میزان املاح موجود در آب و روند نزولی دبی جریان و افت آب‌های زیرزمینی، در آینده ای نه چندان دور کاهش کیفیت شیمیایی آب را جهت استفاده‌های گوناگون سبب می شود لذا پیشنهاد می گردد که سازمان‌های مربوطه در برنامه ریزی‌های مدیریتی خود هرچه سریعتر راهکارهای مدیریتی هم در جهت جلوگیری از روند کنونی و هم ارتقاء کیفیت و بهبود بخشی کیفی منابع آب زیرزمینی را اعمال نمایند .

تشکر و قدردانی

مؤلفان بر خود لازم می‌بینند از همهٔ کسانی که در انجام هرچه بهتر این مطالعه با آنان همکاری داشته‌اند به‌ویژه از مدیریت منابع آب کشور و شرکت آب منطقه‌ای استان زنجان تشکر نمایند.

۳. Greiner
۴. Ya Wang
۵. Electrical conductivity

این مقاله تحت لیسانس Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 License (CC BY-NC 4.0) منتشر و از آدرس http://journals.sbmu.ac.ir/spip قابل دریافت می باشد.

References

1. Morad NA, Masoud MH, Moghith SA. Hydrologic factors controlling groundwater salinity in northwestern coastal zone, Egypt. Journal of Earth System Science. 2014;123(7):1567-78.

2. Soleimani Motlagh M, Talebi A, Zareei M. The Study Of Drought On The Quality Of Surface Water Resources In Kashkan Watershed. Journal Of Watershed Management Research. 2016;6(12):154-65.

3. Skrzypek G, Dogramaci S, Grierson P. Geochemical And Hydrological Processes Controlling Groundwater Salinity Of A Large Inland Wetland Of Northwest Australia. J Chemical Geology. 2013;357:164-77.

4. Szumińska D, Czapiewski S, Goszczyński J. Changes In Hydromorphological Conditions In An Endorheic Lake Influenced By Climate And Increasing Water Consumption, And Potential Effects On Water Quality. Water (Switzerland). 2020;12(5):1348.

5. Gholami V, Derakhshan S, Darvari Z. Multivariate Regression Method And Artificial Neural Network (Ann) In Modeling Ground Water Salinity In The Coastal Areas Of Mazandaran Province, Iran. Iranian Journal Of Water Research In Agriculture (Formerly Soil And Water Sciences). 2012;26(3);353-65.

6. Karimi M, Shahedi K, Khosravi K. Investigation Of Meteorological And Hydrological Drought Using Drought Indices In Qarehsou River Basin. Journal Of The Earth And Space Physics. 2016;42(1):159-70.

7. Cao X, Lu Y, Wang C, Zhang M, Yuan J, Zhang A, Et Al. Hydrogeochemistry And Quality Of Surface Water And Groundwater In The Drinking Water Source Area Of An Urbanizing Region. Ecotoxicology And Environmental Safety. 2019;186:109628. [pubmed]

8. Momblanch A, Paredes-Arquiola J, Munné A, Manzano A, Arnau J, Andreu Jjsotte. Managing Water Quality Under Drought Conditions In The Llobregat River Basin. Sci Total Environ. 2015;503:300-18. [pubmed]

9. El Osta M, Masoud M, Ezzeldin H. Assessment Of The Geochemical Evolution Of Groundwater Quality Near The El Kharga Oasis, Egypt Using NETPATH And Water Quality Indices. Environmental Earth Sciences. 2020;79(2):1-18.

10. Whitehead PG, Wilby RL, Battarbee RW, Kernan M, Wade AJ. A Review Of The Potential Impacts Of Climate Change On Surface Water Quality. Hydrological Sciences Journal. 2009;54(1):101-23.

11. Tong ST, Sun Y, Ranatunga T, He J, Yang YJ. Predicting Plausible Impacts Of Sets Of Climate And Land Use Change Scenarios On Water Resources. J Applied Geography. 2012;32(2):477-89.

12. Ojeda Olivares EA, Belmonte Jiménez SI, Sandoval Torres S, Campos Enríquez JO, Tiefenbacher JP, Takaro TK. A Simple Method To Evaluate Groundwater Vulnerability In Urbanizing Agricultural Regions. J Environ Manage. 2020;261. [pubmed]

13. Nieto P, Custodio E, Manzano MJES, Policy. Baseline Groundwater Quality: A European Approach. Environmental Science & Policy. 2005;8(4):399-409. [pubmed]

14. Jamaa H, El Achheb A, Ibno Namr K. Spatial Variation Of Groundwater Quality And Assessment Of Water Table Fluctuations In Plio-Quaternary Aquifer Formations In Doukkala Plain, Morocco. Groundwater For Sustainable Development. 2020;11.

15. Bauld J. Groundwater quality in irrigation areas of Australia: interactions of agriculture and hydrogeology. Water Down Under 94: Groundwater Papers; Preprints of Papers. 1994:423.

16. Boumans L, Fraters D, Van Drecht Gjem, Assessment. Mapping Nitrate Leaching To Upper Groundwater In The Sandy Regions Of The Netherlands, Using Conceptual Knowledge. Environmental Monitoring And Assessment 2008;137(1-3):243-9. [pubmed]

این مقاله تحت لیسانس Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 License (CC BY-NC 4.0) منتشر و از آدرس http://journals.sbmu.ac.ir/spip قابل دریافت می باشد.

17. Glynn PD, Plummer LN. Geochemistry and the understanding of ground-water systems. Hydrogeology Journal. 2005;13(1):263-87.

18. Carter ES, White SM, Wilson AMJE, Coastal, Science S. Variation In Groundwater Salinity In A Tidal Salt Marsh Basin, North Inlet Estuary, South Carolina. Estuarine, Coastal And Shelf Science. 2008;76(3):543-52.

19. Azizi F, Moghaddam AA, Nazemi A. Spatial Variation Of Groundwater Salinity And Risk Assessment Of Saltwater Intrusion In Malekan Aquifer. Iran-Water Resources Research. 2019;15(1):32-44.

20. Bosch AP, Martos FS, Vidal JM, Navarrete Fjeg, Sciences W. Groundwater Problems In A Semiarid Area (Low Andarax River, Almeria, Spain). Environmental Geology And Water Sciences. 1992;20(3):195-204.

21. Hosseini Poor H, Ghaioomeyan J, Ghasemi AR, Choopani S. Investigating salt sources in Sarchahan aquifer in Hormozghan province using ion ratios. Journal of Watershed Engineering and Management. 2010.

22. Solaimanisardo M, Vali Aa, Ghazavi R, Saidi Gh. Trend Analysis Of Chemical Water Quality Parameters, Case Study Cham Anjir River. Iranian Of Irrigation & Water Engineering. 2013;3(12):95-106.

23. Zhara K, Mahmodi M, Gharaei S, A S. Water Quality Assessment In Koohe-Zar Mining Area.West Torbat-Heydarie. Fourth Conference Of Iranian Society Of Economic Geology. 2012;

24. Abdi P. Study Of Climate Changes In The Ghezel-Ozan Watershed Area In Zanjan Province And Its Effects On The Region's Water Resources. 2005;14(53):39-47.

25. Reza R, Singh G. Assessment Of Ground Water Quality Status By Using Water Quality Index Method In Orissa, India. World Applied Sciences Journal. 2010;9(12):1392-7.

26. Piper A. A Graphic Procedure In The Geochemical Interpretation Of Water-Analyses. Transactions American Geophysical Union. 1944;25(6):914-28.

27. Karanth KR. Ground water assessment: development and management. Tata McGraw-Hill Education; 1987.

28. Khosravi Fard A, Vahabzadeh G, Gholami L. The Study and Classification of Water Quality of Ghorbaghestan and Doab Merk Stations in Gharasoo River Basin. Journal of Research in Environmental Health. 2017;2(4):299-310.

29. Ahrari Rm. Assessment The Effects Of Drought On Groundwater Quantity And Quality Of Sistan And Baluchistan Province. New Findings In Applied Geology. 2018.

30. Stober I, Bucher K. Deep Groundwater In The Crystalline Basement Of The Black Forest Region. J Applied Geochemistry. 1999;14(2):237-54.

31. Ahmadnejad Z, Boosalik Z, Kalantari Njg. Geochemical Assessment Of Water Resources Of Zirrah Area, Bushehr Province In Terms Of Agriculture And Recommended Optimum Plants Based On Available Water. Geochimstry. 2013;1(3):191-204.

32. Bakhshandehmehr L, Yazdani MR, Zolfaghari AA. The evaluation of groundwater suitability for irrigation and changes in agricultural land of Garmsar basin. Journal of Water and Soil. 2016;30(6):1773-86.

33. Greiner R. Optimal farm management responses to emerging soil salinisation in a dryland catchment in Eastern Australia. Land Degradation & Development. 1997;8(1):71-93.

34. Wang Y, Jiao JJ. Origin of groundwater salinity and hydrogeochemical processes in the confined Quaternary aquifer of the Pearl River Delta, China. Journal of Hydrology. 2012 May 17;438:112-24. [pubmed]

35. Danaeian Mrjp-V-S. Evaluation Of Effects Of Artificial Recharge Reservoirs On Ibrahimabad Aquifer Using Modflow. 2000;13(3 (48))34-8.

این مقاله تحت لیسانس Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 License (CC BY-NC 4.0) منتشر و از آدرس http://journals.sbmu.ac.ir/spip قابل دریافت می باشد.

این مقاله تحت لیسانس Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 License (CC BY-NC 4.0) منتشر و از آدرس http://journals.sbmu.ac.ir/spip قابل دریافت می باشد.