Shahid Chamran University of Ahvaz

Irrigation Sciences and Engineering (JISE)
Vol. 45, No. 1, Spring 2022, p. 117-129

Research Paper

Journal homepage: https://jise.scu.ac.ir

EXTENDED ABSTRACT

The Effect of Extraction of Alluvial Water Resources on the Karst Springs Discharge (Case Study: Central Areas of Kermanshah Province)

Z. Najafi[1], G.H. Karami[2*] and H. Karimi[3]

1- Ph.D. student, Hydrogeology, Department of Environmental Geology and Hydrogeology, Earth Sciences Faculty, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran.
2- Corresponding Author, Associate professor, Department of Environmental Geology and Hydrogeology, Earth Sciences Faculty, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran, (g.karami@shahroodut.ac.ir).*
3- Professor, Department of Range and Watershed Management, Agriculture Faculty, Ilam University, Ilam, Iran.

ARTICLE INFO

Artlcle history:
Received: 5 October 2019
Revised: 11 October 2020
Accepted: 13 October 2020

Keywords:
Karst, Alluvial, Human Manipulation, Groundwater Extraction, Decline Discharge.

TO CITE THIS ARTICLE:

Najafi, Z., Karami, G., Karimi, H. (2022). 'The Effect of Extraction of Alluvial Water Resources on the Karst Springs Discharge (Case Study: Central Areas of Kermanshah Province)', Irrigation Sciences and Engineering, 45(1), pp. 117-129. doi: 10.22055/jise.2020.30451.1868.

Abstract

In recent decades, changes in climate and social norms in the direction of uncontrolled extraction of groundwater resources have led to a sharp decline in groundwater levels and a reduction in the karst springs discharge. Springs that have a smaller catchment area, where a part of their catchment area is located in alluvium, and there is more connection between karst and alluvial aquifers, are more vulnerable to human activity. To evaluate these effects, karst springs in the central areas of Kermanshah province have been studied. Accordingly, four dried-up springs in the region have been studied more accurately, indicating a significant relationship between the groundwater level in the surrounding alluvium and the karst spring discharge. The study aimed to estimate the minimum groundwater level to maintain the karst springs discharge. According to the findings, if the groundwater level around the springs reaches or less specified amount, these springs will be dried. This level has been named the minimum allowable groundwater level (MAGWL). The way to preserve the springs is to keep the groundwater level of the surrounding areas above the MAGWL. According to the average annual decrease of groundwater level in the study area, the need for management and control of the extraction from the alluvial aquifers is strongly felt.

Introduction

Groundwater is the most important resource for Iran's public water supply, agriculture, and industry. Almost 65% of Iran is subject to an arid climate (Madani 2014), and surface water resources are limited in most areas. The Zagros range represents about 55% of the total karst area in Iran (Raeisi 2002). More than 85% of water abstraction is provided to agriculture in the study area.

The continuous increase in withdrawal rates in recent years has led to a significant disturbance of the water balance in the region and, consequently, to a dramatic lowering of the groundwater table,

especially in the alluvial aquifer system. This resulted in a reversal of the natural hydraulic gradient between the karst aquifer and the alluvium and, consequently, in a groundwater movement from the karst system into the alluvial system.

Methodology

The study area is located in the west of Iran, and it is one of the central cereal-growing regions in Iran. There are more than 1000 springs in the west of Iran, most of which are karstic. Of these springs, 55 have long-term data. In this research, only a few hydrographs of the springs have been drawn as representatives due to discussion constraints. Data describing water extraction from the study area were collected from the Kermanshah Regional Water Authority and Water Resources Management Company of Iran.

Results and Discussion

Almost all karstic springs have shown a decreasing trend in their discharges in the past decades. To evaluate the changes in discharges of karstic springs in addition to the karstic springs, it is also necessary to investigate the changes in the groundwater level, as discussed in the following.

In the last three decades, the licenses for a large number of water wells were issued to grow and develop agriculture in the area. At the same time as the licenses were issued, the drought period also occurred. The number of water wells drilled and their withdrawal rates in the recent period of 13 years are available. Significant increases in the number of water wells and their withdrawal rates are observed (especially in deep water wells). Hereafter, the karstic springs with a smaller basin or their catchment areas have a hydraulic connection with their adjacent alluvial aquifers, the first temporary or permanent drying options.

To monitor the relationship between discharges of karstic springs and groundwater levels, the closest observation wells located in the groundwater flow path around the karstic springs have been used because of the absence of observation wells in the catchment area springs in mountainous areas. Accordingly, the lowest water level is detected in the alluvial aquifers around the karstic springs before the drying. In the following, the graph of the relationship between GWL and discharges of four karstic springs is shown. There was no specific relationship between the groundwater level and the spring's discharge when the groundwater level had no extreme drawdowns. Still, with the decrease in groundwater level, a decline in the discharges of the karstic springs has been observed. These springs are located in the central regions of the study area, which has the highest rate of drawdown, and these karstic springs have a background of drying. To maintain the karstic springs, the groundwater level should not be less than the minimum allowable GWL (or maximum allowable drawdown (Kang et al., 2011), or existing drawdown should be compensated. The Minimum Allowable GWL (MAGWL) is close to the level of GWL recorded at a drying time of karstic springs.

Conclusions

In the west of Iran, the extracted groundwater for agriculture plays an essential role in people's economy. Despite this importance, to avoid further adverse impacts in the coming years, the rate of groundwater abstraction, especially in some areas, is alarming and requires reconsideration.

Based on the long-term monitoring data on amounts of groundwater extraction, discharges of karstic springs, and changes in groundwater levels have been attempted to evaluate the sustainable management of water resources in this area. In the last two decades, because of over-extraction of groundwater on the one hand and changes in the input conditions (precipitation and, consequently, recharge and changes in sub surfaced flow and their effect on interaction surface-groundwater) on the other hand, the discharges of karstic springs have been decreased. Some of them have been dried up permanently or temporarily during the dry seasons. Variations in groundwater level can affect the groundwater flow direction and rate of this flow. In the study on sustainable yield, it is essential to maintain permanent output and meet supply water needs. In the past, springs were good sources of

water supply. So surface water originating from springs had been considered the significant origin of water for irrigation. Still, with a change in social and climate conditions, this attitude has been changed. For some of the springs, the Minimum Allowable Ground Water Level has been calculated, and the calculated values are close to the observed values when the springs have been dried.

Acknowledgments

Thanks to Professor Michael Schneider (FUB University) for all his scientific guidance and efforts to provide comfortable conditions, to the presence of the first author at that university for two semesters.

References

1- Kang, F., M. Jin, and P. Qin., 2011. "Sustainable yield of a karst aquifer system: a case study of Jinan springs in northern China." *Hydrogeology Journal*, 19(4): 851-863

2- Madani, K., 2014. Water management in Iran: what is causing the looming crisis? *Journal of Environmental Studies and Sciences, 4*(4), 315-328. DOI: 10.1007/s13412-014-0182-z

3- Raeisi, E., 2002. Carbonate karst caves in Iran. In: *Kranjc A (ed) Evolution of karst*: from prekarst to cessation. Ljubljana-Postojna, pp 339–344

© 2022 Shahid Chamran Universiry of Ahvaz, Ahvaz, Iran. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0 license) (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

علوم و مهندسی آبیاری جلد ٤٥، شماره‌ی ۱، بهار ۱٤۰۱، مقاله پژوهشی، ص. ۱۲۹-۱۱۷

تأثیر برداشت از منابع آب آبرفتی بر آبدهی چشمه‌های کارستی (مطالعه موردی: نواحی مرکزی استان کرمانشاه)

زینب نجفی[۱]، غلامحسین کرمی[۲*] و حاجی کریمی[۳]

۱- دانشجوی دکتری آبشناسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران.

۲*- نویسنده مسئول، دانشیار گروه آبشناسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران. g.karami@shahroodut.ac.ir

۳-استاد گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران.

دریافت: ۱۳۹۸/۷/۱۳ بازنگری: ۱۳۹۹/۷/۲۰ پذیرش: ۱۳۹۹/۷/۲۲

چکیده

طی دهه‌های اخیر تغییر در اقلیم و معیارهای اجتماعی در راستای برداشت بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی منجر به افت شدید سطح آب زیرزمینی و کاهش آبدهی چشمه‌های کارستی شده است. چشمه‌هایی که دارای حوضه آبگیر کوچک‌تر هستند، یا بخشی از حوضه آبگیر آن‌ها در آبرفت قرار دارد و یا ارتباط بیشتری بین آبخوان کارستی و آبرفتی برقرار است، چشمه‌های آسیب پذیرتری در برابر فعالیت‌های انسانی هستند. برای ارزیابی این اثرات، چشمه‌های کارستی نواحی مرکزی استان کرمانشاه که روند کاهش آبدهی آن‌ها قابل مشاهده است بررسی شده و در نهایت چهار چشمه در منطقه که خشک شده‌اند، به‌صورت دقیق‌تر مورد مطالعه قرار گرفته که نشان‌دهنده ارتباط معناداری بین سطح آب در آبرفت‌های اطراف و آبدهی چشمه است. هدف از مطالعه برآورد حداقل سطح آب زیرزمینی به‌منظور حفظ آبدهی چشمه‌های کارستی می‌باشد. براساس یافته‌ها اگر سطح آب زیرزمینی اطراف چشمه‌های خضرالیاس به ۱۳۰۳ متر بالاتر از سطح دریا، یاوری به ۱۳۰۵ متر، نیلوفر به ۱۳۱۱ متر و تیران به ۱۳٤۰ متر و یا کمتر برسد این چشمه‌ها فاقد آبدهی می‌شوند و هر زمانی که به بیشتر از این سطح (MAGWL، حداقل مجاز سطح آب زیرزمینی) برسد به‌صورت موقتی دارای آبدهی می‌شوند. این روابط به صورت فرمول ارایه شده است، راه حفظ چشمه‌ها سعی در نگه داشتن سطح آب زیرزمینی مناطق اطراف آن‌ها در یک حد مشخص است. متوسط افت سالانه سطح آب زیرزمینی در محدوده میانراهان ۱۸، کرمانشاه ٤۱، روانسر ۲۵ و ماهیدشت ۱٤۲ سانتی‌متر ثبت شده است. لذا نیاز به مدیریت و کنترل برداشت از آن‌ها به شدت احساس می‌شود.

کلید واژه‌ها: کارست، آبرفت، فعالیت انسانی، برداشت آب زیرزمینی، کاهش آبدهی.

مقدمه

تقریباً ۶۵ درصد از ایران دارای آب و هوای خشک است (Madani, 2014). منابع آب سطحی در بیشتر نواحی ایران محدود است، از این رو آب زیرزمینی منبع اصلی تهیه آب شرب، کشاورزی و صنعتی در کشور است. در گذشته استفاده از قنات تأمین‌کننده جریان پایدار از آب زیرزمینی بوده است که بدون صرف انرژی و اعمال فشار خارج از توان سفره‌های آب زیرزمینی، آب مورد نیاز مصارف مختلف را فراهم می‌آورد. امروزه با افزایش نیاز به منابع آب، برداشت از آب زیرزمینی نیز افزایش یافته است. سازندهای کربناته ۱۱ درصد (۱۸۵۰۰۰ کیلومترمربع) از سطح ایران را می‌پوشاند که رشته کوه زاگرس در غرب ایران، نیمی از این کارست‌های ایران را شامل می‌شود (Raeisi, 2002). با وجود این‌که چشمه‌ها سیستم زهکشی مناسبی برای آبخوان‌های کارستی محسوب می‌شوند، اما اکتفا به آن‌ها برای رفع نیازها به علت‌های مختلف میسر نیست (از جمله این دلایل می‌توان به فاصله زیاد برخی چشمه‌ها از محل مصرف اشاره نمود) زیرا این امر نیازمند صرف هزینه‌های سنگین برای انتقال آب می‌باشد. از طرفی دیگر سیستم‌های انتقال‌دهنده نیز خود دارای مشکلات فراوانی در جهت حفظ و نگهداری تأسیسات مربوطه هستند. اما نکته بسیار مهم در این زمینه یافتن مکان مناسب جهت بهره‌برداری از این آبخوان-هاست. متأسفانه به علت عدم انجام مطالعات صحیح و کافی در این زمینه حفر چاه‌ها در مناطق کارستی و دشت‌های اطراف آبخوان‌ها به نحوی عمل می‌کند که بر روند آبدهی چشمه‌ها اثر می‌گذارد.

برداشت پایدار از آب زیرزمینی و آبدهی ثابت چشمه‌ها مستلزم شناخت مقدار حداکثر افت مجاز در آبخوان است که در مدیریت آب زیرزمینی دارای اهمیت زیادی است (Kang et al., 2011). بنابراین توزیع، محل و مقدار استخراج از آبخوان و طرح‌های تغذیه مصنوعی باید به گونه‌ای باشد که این میزان حداکثری افت در نظر گرفته شود. بر این اساس با استفاده از پایش طولانی‌مدت آبدهی چشمه و سطح آب زیرزمینی در حوضه یک چشمه کارستی می‌توان

بین دو پارامتر آبدهی چشمه و کمترین حد سطح آب زیرزمینی رابطه برقرار کرد. افت سریع دبی چشمه‌ها بر اثر افزایش برداشت آب زیرزمینی در تحقیق Chuanji et al. (2004) ارزیابی شده است آن‌ها به شبیه‌سازی آبدهی چشمه کارستی در چین پرداخته‌اند و اعلام داشتند که افت سریع دبی چشمه از حدود ۸/۰۶ مترمکعب بر ثانیه در دهه ۸۰ میلادی به حدود ۴/۴۸ مترمکعب در دهه ۹۰، ناشی از افزایش برداشت آب زیرزمینی برای مصارف کشاورزی و صنعتی است. در دو دهه گذشته فعالیت‌های بشری در چرخه هیدرولوژی، تغذیه، روان‌آب و تخلیه سیستم‌های کارستی تأثیر گذاشته است. Guo (2005) به بررسی اثر فعالیت‌های انسانی و تغییر اقلیم بر هفت چشمه کارستی در چین پرداخته است که تأثیر اقلیم بر روی خروجی آب از این سیستم را ۷۰ درصد و فعالیت‌های بشری را ۴۰ درصد تخمین زده است.

به طور کلی فعالیت‌های بشری و تغییرات آب و هوایی بر روی آبدهی چشمه‌ها اثرات قابل توجهی را بر جای می‌گذارند که در دهه‌های اخیر شدت گرفته است (Hao et al., 2009). علاوه بر حفر مستقیم چاه در آبخوان‌های کارستی، برداشت بیش از حد از دشت‌های اطراف نیز باعث ایجاد مخروط افت و تغذیه بیشتر آبخوان‌های آبرفتی توسط آبخوان کارستی می‌شود که این امر موجب کاهش ذخیره در مخزن کارست شده و در نتیجه بر روی دبی چشمه کارستی نیز مؤثر خواهد بود. Jeelani (2008) با بررسی داده‌های ۴۰ چشمه، در منطقه کشمیر هندوستان از سال ۱۹۹۸ تا ۲۰۰۵، به صورت ماهانه، دلیل دبی کم اما ثابت چشمه‌های آبرفتی را ارتباط هیدرولیکی آبرفت‌های منطقه با سازندهای کارستی می‌داند. Massei et al. (2002) نیز در فرانسه با بررسی بر روی ذرات حل شده از چشمه‌های کارستی و آبرفت‌های اطراف آن نشان دادند که تفاوت بین ذراتی که از چشمه‌ها خارج می‌شوند به خوبی بر این موضوع تأکید دارد که آب پمپ‌شده از دشت آبرفتی از آبخوان کارستی تغذیه می‌شود. بررسی و آنالیز داده‌های هیدروشیمیایی آب زیرزمینی در ایتالیا توسط Pilli et al. (2012) صورت پذیرفت، نتایج نشان داد که ارتباط هیدرولیکی بین واحدهای کربناته و دشت‌های اطراف عمدتاً از طریق گسل‌های موجود در منطقه صورت می‌گیرد.

امروزه با افزایش بهره‌وری از چاه‌ها، تعادل طبیعت برای جایگزینی آب تخلیه‌شده از سیستم بر هم خورده است، به این ترتیب که در بسیاری از نواحی افت شدید دبی خروجی از آبخوان‌های کارستی و حتی گاهی مرگ یک چشمه مشاهده می‌شود. به‌منظور جلوگیری از این اثر سوء، نیاز است که این عوامل به دقت مورد بررسی قرار گرفته و راه‌کار عملی با حداقل هزینه وارده بر اقتصاد و طبیعت پیشنهاد گردد.

به‌منظور ارزیابی عوامل مؤثر بر کاهش آبدهی سراب نیلوفر در کرمانشاه، تغییرات زمانی سطح آب‌های زیرزمینی در آبرفت‌های مجاور تشکیلات آهکی تغذیه‌کننده سراب نیلوفر بررسی شد. نتایج نشان داد که سطح آب زیرزمینی در این آبخوان‌ها، به‌ویژه در سال‌هایی که بارش کمتر رخ می‌دهد، به علت برداشت بی‌رویه آب زیرزمینی به‌طور مداوم در حال پایین افتادن است و این امر منجر به تخلیه آبخوان کارستی به داخل آبخوان آبرفتی مجاور شده است (Ghaznavi, 2010). در مطالعه دیگری بر روی دشت ذهاب نشان داده شده است که تغذیه اساسی آبخوان‌های آبرفتی از طریق آهک‌های مجاور دشت صورت می‌گیرد. بنابراین افت سطح آب در این آبخوان‌ها منجر به انتقال آب بیشتر از آبخوان کارستی تغذیه‌کننده می‌گردد (Salim,2010).

رابطه بین دبی چند چشمه کارستی در ترکیه که حدوداً دارای دبی ۳۹/۵ متر مکعب بر ثانیه است Degirmenci و Gunay (1990) با حوضه مجاور بررسی کردند، مشاهدات حاکی از آن است که از نواحی کارستی ده متر مکعب بر ثانیه به این مجموعه چشمه‌ها آب منتقل می‌شود.

منطقه مورد تحقیق با مساحت ۶۰۰۰ کیلومتر بین طول جغرافیایی '۴۵ °۴۶ تا '۴۰ °۴۷ شرقی و عرض جغرافیایی '۲۲ °۳۴ تا '۸۴ °۳۴ شمالی، در غرب ایران و در استان کرمانشاه و کردستان واقع شده است. آبرفت‌های منطقه را به پنج محدوده کرمانشاه، روانسر، کامیاران، ماهیدشت و میان‌راهان دسته‌بندی شده‌است. هر محدوده مطالعاتی در کشور به وسیله یک کد مشخص می‌گردد، برای سهولت نمایش محل قرارگیری محدوده‌های مطالعاتی در شکل (۱)، معرفی محل محدوده‌های مذکور به وسیله کدهای رسمی کشور صورت گرفته است. در شکل (۱) محدوده مطالعاتی کرمانشاه و میانراهان به‌صورت تفکیک‌نشده نمایش داده شده است. محدوده‌های منطقه مورد مطالعه، بزرگترین مجموعه آبخوان‌های آبرفتی را شامل می‌شود که در استان کرمانشاه در مجاورت یک‌دیگر قرار دارند (نقشه زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ کرمانشاه، Broud 1978). آبخوان‌های آبرفتی ذکر شده، ارتفاعات کارستی که حوضه آبگیر چشمه‌های کارستی متعدد هستند را در بر می‌گیرند (شکل ۱).

در منطقه مورد مطالعه بیشتر از ۸۵ درصد از آب استخراج‌شده به مصارف کشاورزی اختصاص دارد. برداشت از منابع آب در طی سالیان اخیر باعث بر هم خوردن تعادل طبیعی در بسیاری از مناطق مورد مطالعه و به دنبال آن، کاهش سطح آب زیرزمینی در آبخوان‌های آبرفتی شده است. نتیجه این امر در برخی نقاط زهکشی آبخوان‌های کارستی به آبخوان‌های آبرفتی مجاور می‌باشد و آبدهی چشمه‌های کارستی که تابعی از شرایط هیدروژئولوژیکی و هم‌چنین زمین‌شناسی حوضه آبریز آن چشمه‌هاست تحت تأثیر قرار خواهد گرفت (Todd and Mays, 2005). هدف از این تحقیق ارزیابی موقعیت هیدروژئولوژیکی منطقه، بررسی نوسانات سطح آب زیرزمینی، بررسی فعالیت‌های انسانی بر منابع آب زیرزمینی و شناسایی تأثیر آن روی منابع آب کارستی در منطقه است.

DOI: 10.22055/JISE.2020.30451.1868

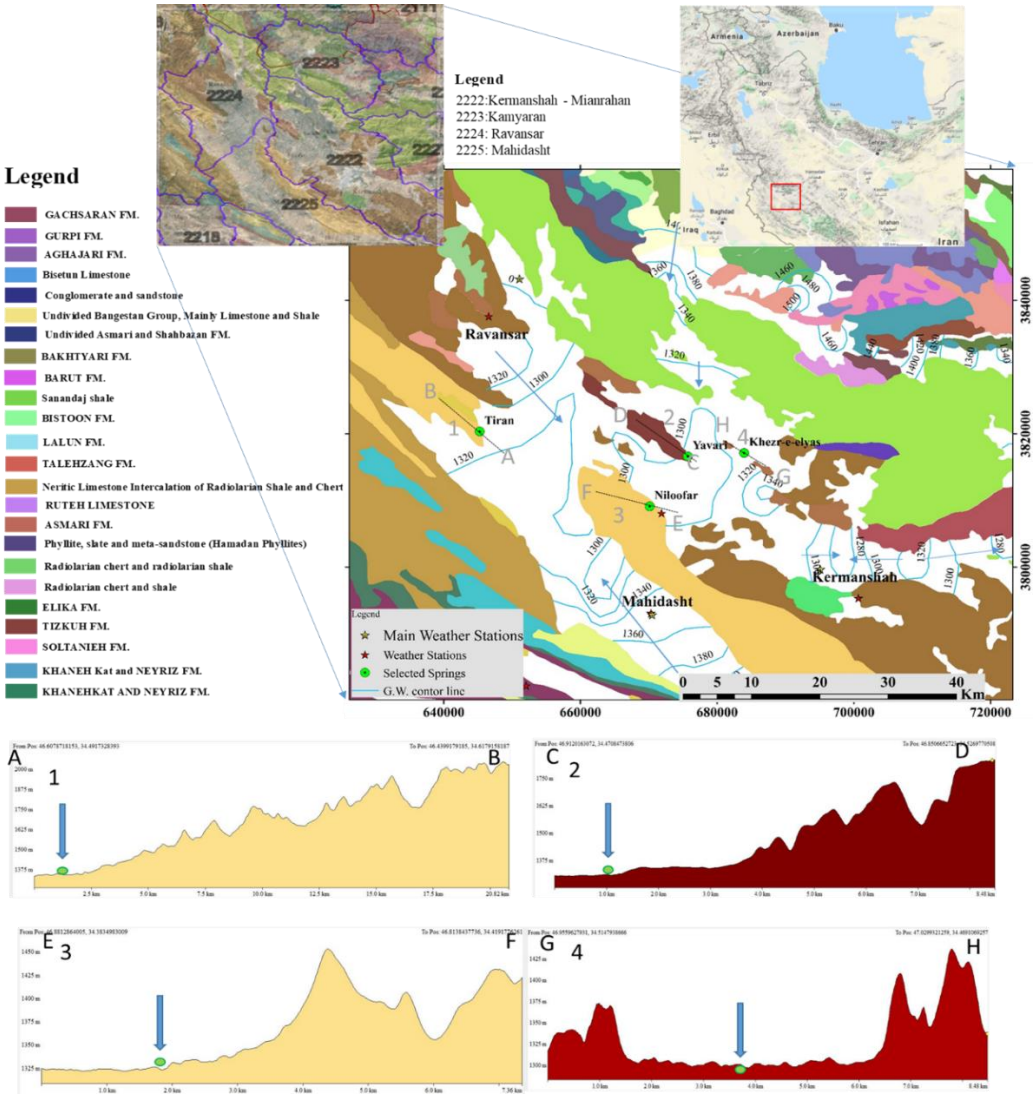

Fig. 1- Geology map and the location of the springs and the weather stations-in the study area

شکل ۱- نقشه زمین‌شناسی و موقعیت چشمه‌ها و ایستگاه‌های هواشناسی مهم در منطقه مورد مطالعه

همان‌گونه که در شکل (۱) نشان داده شده است، جهت کلی جریان آب زیرزمینی از شمال به سمت جنوب منطقه و در محدوده ماهیدشت به سمت شمال غرب است، دلیل آن را می‌توان ارتفاع منطقه در جنوب شرق محدوده مطالعاتی ماهیدشت و هم‌چنین وجود چند چشمه و قنات در این بخش دانست. در این محدوده، در حالت کلی نیز جهت جریانات سطحی نیز از جنوب شرق به سمت شمال غرب است . در شکل مذکور علاوه بر جهت جریان و رخنمون مهمترین سازندهای زمین‌شناسی منطقه، محل قرارگیری چشمه‌هایی که در ادامه مورد بحث قرار خواهند گرفت و همچنین ایستگاه‌های هواشناسی مهم استان مشخص شده است. از آن‌جایی که چشمه‌های مورد اشاره دارای حوضه آبگیر با یک نوع سازند هستند، نیمرخ ترسیم‌شده نیز تنها نشان‌دهنده یک سازند است. تغییرات مشاهده‌شده در بخش‌هایی مانند جنوب شرق شکل (۱) به‌دلیل وجود چشمه‌های قنبر و بیستون است که به‌عنوان تغذیه‌کننده آب زیرزمینی روی جهت حرکت آب زیرزمینی نیز مؤثر هستند.

روش تحقیق

آمار بارش ۳۰ ساله ایستگاه‌های هواشناسی کرمانشاه و روانسر نشان می‌دهد که میزان بارندگی منطقه مورد مطالعه دارای میانگین سالانه ۴۷۰ میلی‌متر و میانگین دمای سالانه ۱۵درجه سانتی‌گراد است.

ارتفاعات منطقه عمدتاً آهکی (غالباً سازند بیستون) هستند که ارتفاع آن‌ها از بیش از ۳۴۰۰ متر بالاتر از سطح دریا در ارتفاعات تا ۱۲۰۰ متر در دشت‌ها، متغیر است. کاربری اصلی اراضی آبرفتی، کشاورزی است و مهم‌ترین محصولات کشاورزی شامل ذرت، گندم، جو، نخود، چغندرقند و سبزیجات است. آب و هوای منطقه توسط شش فاکتور آب و هوایی مختلف تعیین می‌شود، به گونه‌ای که ۹۱ درصد از رفتارهای آب و هوایی منطقه به‌وسیله فاکتورهای دما،

بارش، رطوبت، ابر، تندر، گرد و غبار و باد توجیه می‌شود (Mirmousavi et al. 2014). در این تحقیق با ارزیابی فاکتورهای مهم آب و هوایی منطقه و همین‌طور روند سطح آب زیرزمینی و آبدهی چشمه‌های منطقه، سعی شده است رابطه معناداری بین سطح آب زیرزمینی آبخوان آبرفتی و زمان خشک‌شدن چشمه استخراج شود، به‌نحوی که با پیش‌بینی سطح آب زیرزمینی در چاه‌های مشاهده‌ای موجود در آبرفت‌ها، به پیش‌بینی زمان خشک‌شدن چشمه‌های کارستی منطقه پرداخت. برای این منظور برآورد میزان تغذیه و تخلیه از منطقه دارای اهمیت است. تغذیه منطقه با به‌کارگیری توانمندی‌های سیستم اطلاعات جغرافیایی محاسبه و در زمینه تخلیه از اطلاعات مربوط به شرکت آب منطقه‌ای کرمانشاه استفاده شده است.

نتایج و بحث

وضعیت سطح آب زیرزمینی

به‌دلیل فقدان پیزومتر در آبخوان‌های کارستی، از سطح آب در این آبخوان‌ها، اطلاعاتی در دسترس نیست، در آبخوان آبرفتی منطقه ۱۸۰ پیزومتر حفر شده است. هیدروگراف واحد آب زیرزمینی دشت در این آبخوان‌ها در شکل (۲) نشان داده شده است. روند کاهشی در سطح آب زیرزمینی قابل مشاهده است، به گونه‌ای که در طی دهه اخیر تعدادی از پیزومترها خشک شده‌اند. مقادیر تغییرات سطح آب زیرزمینی در آبخوان آبرفتی در شکل (۲) و جدول (۱) نشان داده شده است. به‌طورکلی این تغییرات مربوط به کل دشت است.

با استفاده از متوسط ضریب ذخیره آبخوان‌های منطقه، متوسط سالانه تغییر در حجم آبخوان محاسبه شده است. شکل (۲) روند افت سطح آب زیرزمینی محدوده‌های ذکر شده را نشان می‌دهد. همان‌طور که قابل مشاهده است روند افت تقریباً از سال آبی ۱۳۷۸-۱۳۷۷ آغاز شده است. با بررسی صورت‌گرفته بر روی بارش منطقه و مجوزهای صادرشده برای حفر چاه‌های کشاورزی، این سال هم‌زمان با شدت گرفتن خشک‌سالی و افزایش درخواست حفر چاه است. به منظور درک بهتر شرایط، در ادامه به ارزیابی میزان تغذیه و تخلیه آبخوان‌های مورد مطالعه پرداخته می‌شود.

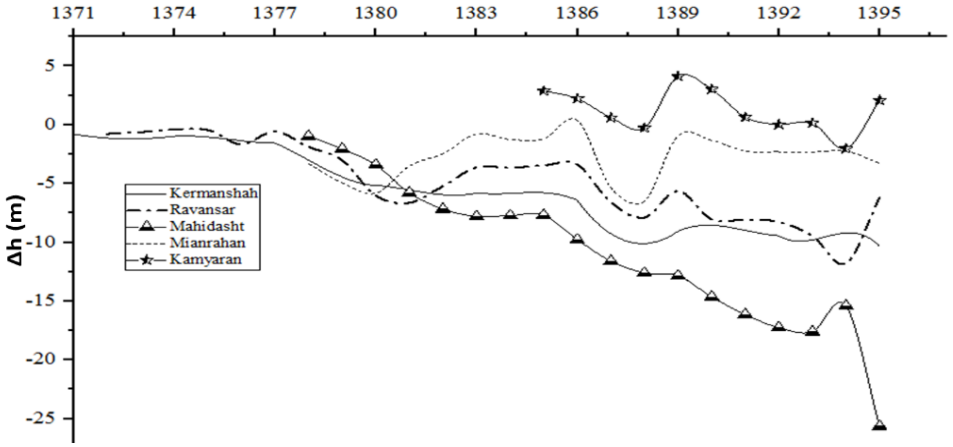

Fig. 2- The groundwater level changing in the study area

شکل ۲ - تغییرات سطح آب زیرزمینی در منطقه مورد مطالعه

جدول ۱- تغییر سالانه در سطح آب زیرزمینی

Table 1- The annual groundwater level changing

Duration of the evaluation	Name of region	The A. A.* in GWL changes (m)	The Cumulative of A. A. in GWL changes (m)	Area of the aquifers (Km^2)	Average of the specific storage	The A. A. changes in the volume of aquifer's storage (MCM)
18/1999	Minanrahan	-0.18	-3.25	140	0.02	-0.504
11/2006	Kamyaran	0.18	2.06	300	0.02	1.08
25/1992	Kermanshah	-0.41	-10.34	650	0.035	-9.327
24/1993	Ravansar	-0.25	-6.20	350	0.02	-1.750
18/1999	Mahidasht	-1.42	-25.66	460	0.02	-13.064

* A. A. : Average Annual

DOI: 10.22055/JISE.2020.30451.1868

مناطق تغذیه و تخلیه

به منظور مدیریت منابع آب، ارزیابی مناطق تغذیه و تخلیه بسیار حایز اهمیت است. به این منظور در ابتدا مناطق تغذیه در منطقه مورد مطالعه شناسایی گردیده است. ارتفاعات کارستی منطقه دارای عوارض کارستی مشخصی است که نشان‌دهنده توسعه‌یافته‌بودن کارست‌های منطقه مورد مطالعه است. هم‌چنین در بسیار از نواحی پیرامون سفره‌های کارستی موانع هیدروژئولوژیکی که از ورود آب سفره‌های کارستی به آبرفت‌های مجاور ممانعت به‌عمل آورد، وجود ندارد.

برآورد حجم تغذیه سالانه

برای ارزیابی میزان تغذیه آب زیرزمینی از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) استفاده شده است. برای این منظور اقدام به تهیه ده لایه اطلاعاتی شامل شیب، جهت شیب، لیتولوژی، تراکم خطواره، تراکم آبراهه، بارش، تراکم پوشش گیاهی، پوشش خاک منطقه، تبخیرتعرق و لایه عوارض کارستی گردید. پس از آماده‌سازی لایه‌های اطلاعاتی برای انجام مراحل ارزش‌دهی و وزن‌دهی به پارامترهای مختلف و تصمیم‌گیری نهایی از سه روش مختلف استفاده شد. روش‌های مورد استفاده شامل قضاوت کارشناسی، تأثیرگذاری پارمترها و روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) است. سرانجام با تلفیق و هم‌پوشانی لایه‌های به‌دست‌آمده، مکان‌هایی با مقدار تغذیه مختلف حاصل گردید. نتایج حاصله از نقشه نهایی، حاکی از این است که مقدار تغذیه میانگین به دست آمده از سه روش وزن‌دهی، ۰/۵۰ است. بر طبق اطلاعات ثبت‌شده از ایستگاه‌های هواشناسی مستقر در منطقه مورد مطالعه، این منطقه به دو بخش مختلف بارشی تقسیم‌بندی شد. مناطق مرکزی کرمانشاه دارای میانگین بارش حدود ۳۸۵ میلی‌متر و نواحی شمالی‌تر، با میانگین بارش بیشتر و حدود ۵۰۰ میلی‌متر دسته‌بندی صورت گرفته است. براساس میانگین نرخ تغذیه به‌دست‌آمده و میانگین بارش سالانه منطقه، مقدار تغذیه سالانه در آهک‌های مورد مطالعه، حدود ۱۴۱ میلیون مترمکعب برآورد شده است. علاوه بر تغذیه صورت گرفته از بارش، با توجه به جهت حرکت آب‌های زیرزمینی، بخشی از آب توسط جریان‌های زیر سطحی تأمین می‌شود.

برآورد حجم تخلیه سالانه

تخلیه صورت‌گرفته از منطقه شامل آب خروجی از آبخوان کارستی به‌وسیله چشمه‌ها، آب پمپاژ شده از چاه‌ها، تبخیرتعرق و هم‌چنین آب خروجی زیرسطحی (به آبرفت‌های دشت‌های مجاور) است. با توجه به این‌که حرکت آب‌های زیرزمینی ورودی و خروجی از منطقه یک روند طبیعی است و این موارد باعث بر هم خوردن تعادل موجود نمی‌شود، در ادامه تنها به بررسی عواملی پرداخته می‌شود که نتیجه دخالت‌های بشری است و برهم خوردن تعادل طبیعی با تخلیه آب از آبخوان کارستی، به‌وسیله چشمه‌ها، پرداخته می‌شود.

الف- میزان برداشت آب از آبخوان‌های آبرفتی

در منطقه مورد مطالعه می‌توان توزیع آب زیرزمینی را در دو نوع از آبخوان‌ها دانست، آبخوان آبرفتی و آبخوان کارستی. آبخوان کارستی موجود در منطقه توسط آبخوان‌های آبرفتی احاطه‌شده است. اطلاعات مربوط به میزان برداشت آب از آبخوان‌های آبرفتی منطقه مورد مطالعه، از شرکت آب منطقه‌ای کرمانشاه و همین‌طور سایت وزارت نیرو جمع‌آوری گردیده است. این اطلاعات شامل دبی پمپاژ، ساعات کارکرد چاه‌ها و حجم آب برداشتی سالانه از آبخوان است. براساس این اطلاعات چاه در مناطق مختلف دارای دبی و عمق متفاوت هستند، عمق چاه‌ها از کمتر از ده متر تا بیشتر از ۲۵۰ متر متغیر است. تعداد چاه‌های کل استان کرمانشاه حدود ۲۱۰۰۰ چاه (با حجم برداشت حدوداً MCM ۱۳۸۰) است که تعداد چاه‌های مجاز و دارای پروانه بهره‌برداری در استان بیش از ۱۱۰۰۰ چاه با حجم برداشت سالانه MCM ۹۰۰ است. از تعداد کل چاه‌ها بیش از ۱۹۰۰۰ چاه در بخش کشاورزی فعالیت دارند. تأثیر تغییر آب و هوایی بر روی تعداد چاه‌ها قابل توجه است. در کنار خشک‌سالی اتفاق‌افتاده در طی سه دهه اخیر، سیاست‌های اعمال‌شده در جهت خودکفایی در برخی از محصولات کشاورزی، باعث صدور مجوزهای بی رویه حفر چاه در آبخوان‌های آبرفتی شده است. جدول (۲) حجم آب برداشتی از بخشی از چاه‌های استان که در منطقه مورد مطالعه واقع شده است را نشان می‌دهد.

همان‌گونه که از جدول (۲) مشخص است حدود نیمی از چاه‌های استان در این منطقه حفر شده است، آبرفت‌های وسیع و حاصلخیز و عدم وجود صنعت قابل اتکا در این منطقه دلیل اصلی حفر بیش از اندازه چاه در این منطقه است. حجم برداشت سالانه از این مناطق حدود ۶۵۰ میلیون مترمکعب است.

حجم آب برداشتی از آبخوان‌های آبرفتی منطقه در طی دو بازه زمانی مختلف در جدول (۳) نشان داده شده است (چاه‌های مجاز). در روانسر و ماهیدشت شمار چاه‌های کم عمق، کاهش و در کنار آن بر تعداد چاه‌های عمیق افزوده شده است که می‌تواند مبین کف‌شکنی و تبدیل چاه‌های نیمه‌عمیق و کم‌عمق به چاه‌عمیق و نیز ارایه مجوز حفر چاه‌های عمیق به‌دلیل افت سطح آب زیرزمینی باشد. نکته قابل توجه دیگر این است که در آبخوان‌های کرمانشاه و ماهیدشت با وجود افزایش در شمار چاه‌ها در حجم آب برداشتی، کاهش رخ داده است، دلیل این امر را می‌توان مربوط به کاهش شدید سطح آب زیرزمینی و به تبع آن کاهش آبدهی چاه‌های منطقه دانست.

ب- منابع آب خروجی از آبخوان کارستی

در غرب ایران بیشتر از ۱۰۰۰ چشمه وجود دارد که عمده آن‌ها چشمه‌های کارستی هستند. همان‌گونه که از شکل (۱) مشخص است در منطقه مورد مطالعه، ۲۵ چشمه مهم از ارتفاعات کارستی منطقه سرچشمه می‌گیرند. در مناطق غربی ایران برای انواع خاصی از چشمه‌های کارستی اصطلاح سراب به‌کار می‌رود، این چشمه‌ها

منشا گرفته از سازندهای سخت (به‌ویژه کارست)، دارای آبدهی نسبتاً خوب و دایمی هستند از طرف دیگر سراب‌ها دارای فضای کافی در مظهر چشمه هستند، به‌گونه‌ای که حوضچه‌ای در مقابل آن ایجاد شود. در طی سه دهه اخیر در آبدهی چشمه‌ها تغییرات قابل توجهی رخ داده است (جدول ۴).

جدول ۲- حجم برداشت سالیانه از چاه‌های موجود در منطقه مورد مطالعه

Table 2- The annual volume of groundwater extraction from wells in the study area

Name of region	Total wells	Agricultural wells	Water extraction (MCM)
Minanrahan	1452	1401	79.33
Kamyaran	775	769	36.02
Kermanshah	5486	4525	287.92
Ravansar	1882	1721	138.83
Mahidasht	2700	2546	107.19

جدول ۳- تعداد چاه‌های حفر شده (a): نیمه عمیق (b): عمیق و (c): حجم برداشت آب از چاه‌های کم عمق و (d): عمیق در دو بازه زمانی

Table 3- The number of wells drilled (a: semi-deep wells, b: deep wells) and their withdrawal rates (c: the annual volume of groundwater extraction from semi-deep wells (MCM) and d: the annual volume of groundwater extraction from deep wells (MCM), in two time slicing

Name of region	2002-2003					2015-2016				
	a	b	c	d	total	a	b	c	d	total
Minanrahan	361	20.24	65	15.83	36.07	752	43.75	149	24.85	68.60
Kamyaran	-	-	-	-	-	314	1.95	96	10.30	12.25
Kermanshah	1513	114.62	834	211.20	325.82	2955	82.28	1130	157.57	239.85
Ravansar	493	35.88	629	99.15	135.03	394	14.00	797	102.66	116.67
Mahidasht	1118	90.48	289	53.79	144.27	951	39.51	642	54.31	93.83

جدول ٤- روند آبدهی چشمه‌های موجود در منطقه مورد مطالعه در چند دهه اخیر

Table 4- Trend of spring discharge in the study area in the recent decades

Catchment	Name of spring	Average discharge (l/s)				
		1971-1981	1981-1991	1991-2001	2001-2011	2011-2016
Mianrahan	Armani jan			581	261	3
kermanshah	Taghbostan					562
	Ghanbar				118	81
	Niloofar	980	1027	878	400	33
	Yyavari		474	389	99	0.43
	Khezre elyas				30	0
	Khezre zendeh	181	220	152	120	8
	Sarableh	866	986	579	264	335
	Varmenjeh		569	370	212	180
	Sabz ali hashilan	301	307	293	132	193
	Bi abr		226	249	83	144
mahidasht	Sareno	61	46	48	27	21
	Charzebar			63	28	6
	Kashanbeh		238	257	130	94
Ravansar	Mirazizi	173	113	97	10	0
	Bor bor		114	111	5	0.031
	Gharedaneh	186	200	199	130	121
	Tiran	457	420	392.81	74	0
	Ravansar	2688	2368	2008	1940	1593
Kamyaran	Jaberi	283	302	179	77	63
	Mirahmad		189	250	210	242
	Shah hosein		230	462	215	347
	Ghale hasan khan		58	13	10	32
	Ghala ghasavand		169	109	12	0
	Marab		126	66	57	37

DOI: 10.22055/JISE.2020.30451.1868

نخستین و مهمترین عامل تأثیرگذار بر نوسانات آبدهی آبخوان‌های کارستی تغییرات اقلیمی و به ویژه بارش است. در همه چشمه‌ها کاهش آبدهی مشاهده می‌شود، در شکل (۳) مقدار بارش سالانه در طی سالیان اخیر مشاهده می‌شود، با وجود داشتن نوسانات و چند دوره خشک‌سالی و ترسالی، روند کاهش یا افزایشی مشخصی نشان نمی‌دهد، هر چند در مود نوع بارش‌های رخداده تغییرات قابل ملاحظه‌ای در زمینه کاهش بارش برف مشاهده می‌شود، اما روند کلی افزایشی یا کاهشی به نحوی نبود که بتواند این حجم از افت سطح آب زیرزمینی را پاسخگو باشد.

در واقع می‌توان عامل تغییر در مقدار بارش را به‌عنوان عامل غیرمستقیم در روند کاهشی آبدهی چشمه‌های کارستی دانست. به‌عبارت بهتر، وجود دوره‌های خشک‌سالی سبب درخواست مجوز حفر چاه و یا کف‌شکنی‌های غیراصولی در چاه‌های مجاز از یک سو و حفر چاه‌های غیر مجاز از سوی دیگر شده است که باعث ایجاد فشار بیش از توان آبخوان گردیده است. نتیجه این امر هم بر روی افت سطح آب زیرزمینی منطقه قابل مشاهده است.

اندازه‌گیری طولانی‌مدت چشمه‌های منطقه بیانگر کاهش آبدهی در آن‌هاست که در برخی موارد حتی به خشک‌شدن کامل چشمه و یا آبدهی فصلی چشمه منجر شده است. قلعه قیسوند، تیران، میرعزیزی، بوربور به‌طور کامل خشک شده و برخی چشمه‌ها مانند نیلوفر، یاوری و طاقبستان به‌صورت مقطعی و فصلی خشک شده‌اند. از بین چشمه‌های ذکرشده تنها چشمه قره‌دانه افت شدیدی را نشان نمی‌دهد، محل چشمه یگ گسل مشاهده می‌شود، این موضوع را می‌توان به وجود گسلی که انتقال‌دهنده آب است نسبت داد.

در مورد چشمه‌های میراحمد و شاه‌حسین که در منطقه کامیاران قرار دارند، حوضه آبگیر این دو چشمه توسعه کارست بالا و گسل‌های متعدد را نشان می‌دهد و از طرف دیگر به دلیل وجود منابع آب سطحی زیاد در این منطقه و بارش‌های مناسب، حفر چاه و به تبع آن افت سطح آب زیر زمینی در بسیاری از نقاط آن صورت نگرفته است.

ارتباط سطح آب زیرزمینی در آبرفت و چشمه‌های کارستی

جدول (۴) روند آبدهی چشمه‌های موجود در منطقه را نشان می‌دهد افت شدید در مقدار آبدهی اغلب چشمه‌ها مشهود است، سطح آب زیرزمینی در اطراف چشمه‌هایی که تأثیر ارتباط آبخوان کارستی و آبرفتی مشهود است و در طی چند سال گذشته تجربه خشک‌شدن را داشته‌اند، مورد بررسی قرار گرفت. انتخاب چشمه‌هایی با این شرایط به این دلیل است که نتایج با داده‌های واقعی قابل مقایسه باشد و صحت‌سنجی صورت گیرد.

در این ارتباط چهار چشمه که سابقه خشک‌شدن چند ساله داشته‌اند، انتخاب شدند (شکل ۱). از آن‌جایی که پیزومتر در آبخوان‌های کارستی این چشمه‌ها وجود نداشت، به ناچار از داده‌های پیزومتری آبرفت‌های اطراف چشمه‌ها استفاده شد و رابطه سطح آب نزدیک‌ترین پیزومترهای آن‌ها ارزیابی گردید. پیزومتری که کمترین فاصله را با چشمه داشت و از طرفی در مسیر حرکت آب زیرزمینی از آبخوان کارستی به آبخوان آبرفتی بود، بهترین هم‌خوانی با آبدهی چشمه را نشان داد. رابطه آبدهی چشمه و سطح آب زیرزمینی در این چشمه‌ها ترسیم شد. همان‌گونه که از نمودارهای ترسیمی مشخص است (شکل ۴)، تا زمانی که سطح آب زیرزمینی افت چندانی نداشته است، آبدهی چشمه و سطح آب پیزومترها ارتباطی را نشان نمی‌دهند. با کاهش سطح آب زیرزمینی روند نزولی آبدهی چشمه نیز همراه است به‌طوری که می‌توان برای آن رابطه ریاضی را تعریف کرد.

چهار چشمه انتخابی شامل چشمه‌های یاوری، نیلوفر، تیران و خضر الیاس هستند. محاسبات انجام‌شده، نتایج حاصل و داده‌های واقعی سطح آب این چشمه‌ها در جدول (۵) آورده شده است. سطح آب محاسبه‌شده، حداقل مجاز سطح آب زیرزمینی (Minimum Allowable Ground Water Level) نام‌گذاری شده است. نتایج حاصله تطبیق قابل توجهی را با داده‌های واقعی رخداده در سطح آب زیرزمینی اطراف چشمه‌ها و آبدهی آن‌ها را نشان می‌دهد. در این زمینه Kang et al. (2011) مطالعه‌ای بر روی چشمه کارستی در چین انجام داده‌اند و با استفاده از پایش سطح آب زیرزمینی در حوضه آبگیر چشمه، حداقل سطح آب زیرزمینی مجاز، پیش از خشک‌شدن چشمه معرفی شده است.

اعداد به‌دست‌آمده در این مطالعه، با داده‌های سال آبی (۹۵-۹۶) نیز مقایسه شد و تأییدکننده صحت اعداد محاسبه‌شده بود. این چشمه‌ها در زمانی که سطح آب زیرزمینی به بالاتر از حداقل مجاز سطح آب زیرزمینی می‌رسد، به‌صورت موقت دارای آبدهی هستند (جدول ۵).

این محاسبات می‌تواند برای سایر چشمه‌های موجود در منطقه به‌ویژه چشمه‌هایی که در خطر خشک‌شدن قرار دارند، انجام شود. در مرحله بعد باید چشمه‌هایی که خطرپذیری بیشتری دارند، را پیدا نمود. برای این‌کار پیش‌بینی سطح آب زیرزمینی می‌تواند کمک‌کننده باشد. بر این اساس سطح آب زیرزمینی برای دشت‌های مختلف در نرم افزار SPSS وارد شد و برای سالیان آینده روندیابی صورت گرفت. داده‌های وارد شده به نرم افزار تا سال آبی (۹۶-۹۵) است و از داده‌های سال آبی (۹۷-۹۶) به‌عنوان صحت‌سنج داده‌های خروجی استفاده شد. نتایج حاصل تطبیق بسیار خوبی را نشان می‌دهد و چنان‌چه شرایط به همین صورت ادامه پیدا کند، در سالیان آینده بسیاری از چشمه‌ها در معرض خشک‌شدن قرار دارند.

میزان تغییر در سطح آب زیرزمینی و حجم سالانه تغییر در ذخیره آبخوان‌های مناطق مورد مطالعه تا ۱۲ سال آینده (۱۴۰۹) در جدول (۶) قابل مشاهده است.

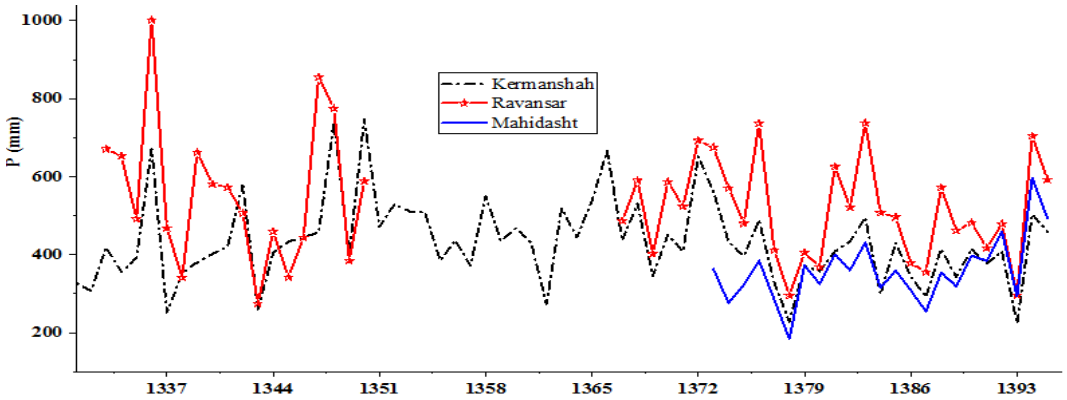

Fig. 3- Annual precipitation recorded at the selected weather stations

شکل ۳- بارش سالانه ثبت‌شده در سه ایستگاه ماهیدشت، روانسر و کرمانشاه

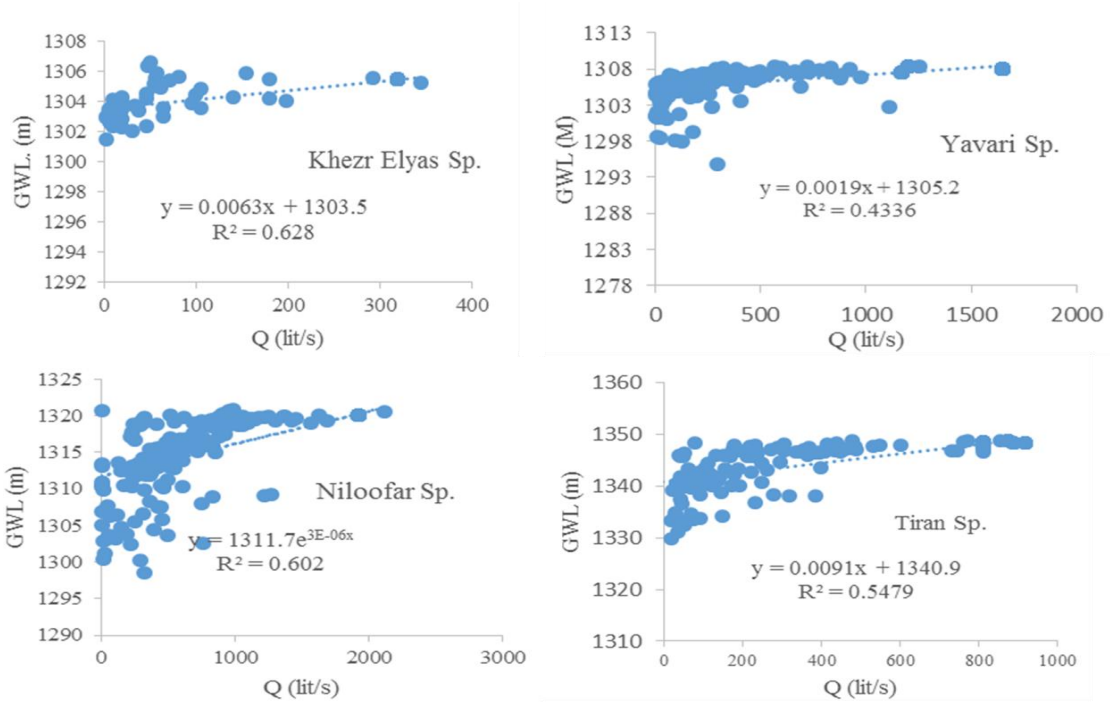

Fig. 4- Correlation between groundwater level (GWL) and spring discharge

شکل ٤- رابطه میان سطح آب زیرزمینی و آبدهی چشمه

جدول ٥- حداقل سطح آب زیرزمینی مجاز قبل از خشک شدن چشمه‌های مورد نظر

Table 5- The minimum allowable groundwater level for some springs which have dried

Spring name	Khezr-e- Elyas	Yavari	Niloofar	Tiran
MAGWL (m a. s. l.)	1303	1305	1311	1340
GWL in first drying up	1302	1304	1309	1338
Current values (m a. s. l.)	1299	1304	1303	1321

DOI: 10.22055/JISE.2020.30451.1868

جدول ٦- پیش‌بینی تغییرات سالانه در سطح آب زیرزمینی
Table 6. Forecasting the annual groundwater level changes

Duration of the evaluation	Name of region	A. Ch.* in the GWL (m)	Cumulative A. Ch. in the GWL (m)	Area of he aquifers (Km^2)	S	A. Ch. in the V. (MCM)
Until 2030	Minanrahan	-0.2	-6	140	0.02	-0.56
	Kamyaran	0.08	2	300	0.02	0.48
	Kermanshah	-0.75	-29	650	0.035	-17.06
	Ravansar	-0.24	-9	350	0.02	-1.68
	Mahidasht	-1.04	-33	460	0.02	-12.88

* A. Ch.: The annual changing

نتیجه‌گیری

به‌طورکلی چشمه‌های کارستی دوره‌های مرطوب و خشک بارش را به خوبی نشان می‌دهند. تغییر ویژگی‌های آب و هوایی در منطقه، از جمله تغییر الگوی بارش منطقه از یک سو و برداشت‌های بی‌رویه از منابع آب آبرفتی اطراف ارتفاعات کارستی از سوی دیگر، دلایل عمده و اساسی کاهش مشاهده‌شده در آبدهی چشمه‌ها است. براساس مطالب ذکر شده در مورد سطح آب موجود در منطقه و آبدهی چشمه‌ها، روشن است که شرایط آب و هوایی رخ داده در طی دو دهه گذشته، سیاست‌های اعمال‌شده در مورد خودکفایی برخی از محصولات کشاورزی، تکیه بر صادرات و ارزآوری آن‌ها، سبب حفر چاه‌های بیشماری (مجاز و غیر مجاز) در منطقه شده است، به گونه‌ای که حجم آب استخراج‌شده در این مناطق خارج از توان تحمل آبخوان‌ها بوده است و نتیجه آن افت شدید سطح آب زیرزمینی در آبخوان‌های آبرفتی است، اما این موضوع بر روی آبخوان‌های کارستی هم مؤثر بوده است زیرا ارتباط هیدرولیکی بین این آبخوان‌ها برقرار است و به‌دلیل تخلیه آب آبخوان‌های کارستی در آبخوان آبرفتی مجاور، آبدهی چشمه‌ها کاهش یافته و در برخی موارد کاملا خشک شده‌اند. متوسط سالانه افت در منطقه میانراهان، ۱۸ سانتی‌متر، کرمانشاه، ۴۱ سانتی‌متر، روانسر ۲۵ سانتی‌متر و در ماهی‌دشت به صورت سالانه ۱۴۲ سانتی‌متر افت سطح آب زیرزمینی در دو دهه گذشته ثبت شده است. با ادامه روند برداشت از منابع آب زیرزمینی و افت سطح آب در آبخوان‌ها، بسیار از مناطق مستعد فرونشست و مرگ آبخوان خواهند بود. از آنجا که وجود چشمه‌ها به‌عنوان منشا آب‌های سطحی منطقه، می‌تواند به رونق کشاورزی در استان کرمانشاه نیز کمک کند، حفظ آبدهی چشمه‌ها یکی از مواردی است که حتما در دستور کار مراجع تصمیم‌گیرنده در این راستا قرار گیرد. مواردی مانند کنترل برداشت از چاه‌های مجاز، پر نمودن چاه‌های غیر مجاز، انجام تغذیه مصنوعی، ارایه حریم برای چشمه‌های موجود در منطقه به‌منظور جلوگیری از اثر منفی برداشت از آبرفت بر روی آبدهی چشمه‌ها و حتی خریداری کردن چاه‌های مجاز اطراف چشمه‌ها و اختصاص حق‌آبه از چشمه‌ها به صاحبان چاه‌های مجاز این مناطق می‌تواند اثر منفی فعالیت‌های انسانی بر آبدهی چشمه‌ها را کاهش دهد. در غیر این صورت با ادامه روند افت در منطقه شاهد خشک شدن بسیاری از چشمه‌ها خواهیم بود.

به‌دلیل عدم وجود امکان پایش سطح آب زیرزمینی در آبخوان کارستی، از نزدیکترین پیزومتر به آبخوان کارستی و مظهر چشمه که در جهت حرکت آب زیرزمینی قرار دارد استفاده گردید؛ بر این اساس حداقل مجاز سطح آب زیرزمینی تا پیش از خشک‌شدن چشمه برای چشمه‌های یاوری، نیلوفر، تیران و خضر الیاس محاسبه و به شکل فرمول ارایه شد. این پارامتر برای سطح آب زیرزمینی اطراف چشمه‌های ذکرشده به‌ترتیب برابر است با ۱۳۰۳ ، ۱۳۰۶ ، ۱۳۳۹ و ۱۳۰۲ متر بالاتر از سطح دریا می‌باشد. دلیل انتخاب چشمه‌های مورد اشاره دارا بودن سابقه خشک‌شدن به‌صورت فصلی و حتی چند ساله این چشمه‌هاست که امکان ارزیابی دقیق‌تر و صحت‌سنجی رابطه ارایه‌شده را میسر می‌سازند. در طی یک دهه گذشته هر زمانی سطح آب زیرزمینی به بالاتر از اعداد اعلام‌شده رسیده است، این چشمه‌ها به‌صورت موقت دارای آبدهی شده‌اند. محاسبات انجام‌شده می‌تواند برای سایر چشمه‌هایی که در خطر خشک‌شدن قرار دارند نیز انجام شود و چشمه‌هایی که خطرپذیری بیشتری دارند شناسایی‌شده و برای حفظ آن‌ها اقدامات ویژه‌ای صورت گیرد، برای اینکار پیش‌بینی سطح آب زیرزمینی می‌تواند کمک‌کننده باشد. سطح آب زیرزمینی برای دشت‌های مختلف در نرم افزار SPSS وارد شد و برای سالیان آینده روندیابی صورت گرفت. داده‌های وارد شده به نرم افزار تا سال آبی (۹۵-۹۶) است و از داده‌های سال آبی (۹۷-۹۶) به‌عنوان صحت‌سنجی داده‌های خروجی استفاده شد. نتایج حاصل تطبیق بسیار خوبی را نشان می‌دهد و چنانچه شرایط به همین صورت ادامه پیدا کند، محدوده‌های مورد بررسی در معرض کسری مخزن فزاینده و چشمه‌ها در معرض خشک شدن قرار دارند.

تشکر و قدردانی

از پروفسور مایکل اشنایدر (دانشگاه FUB) به خاطر تمام رهنمون‌های علمی ایشان و تلاش در جهت فراهم آوردن شرایط مناسب، در طی دو ترم حضور نویسنده اول در آن دانشگاه تشکر و قدردانی به عمل می‌آید.

References

1- Broud, J., 1978, Geological studies of Kermanshah, completed by Aghanabati, A., *Geological Survey and Mineral Exploration of Iran* (1:250000 map).

2- Chuanji, C., Zhongming, H., and Zhonggui, W., 2004. Simulation methods of spring discharge variations in Karst area. In *2nd Asia Pacific Association of Hydrology and Water Resources Conference*. Singapore

3- Degirmenci, M., and Gunay, G., 1990, Origin and catchment area of the olukkopro karst springs, hydrogeological processes in Karst Terranes. *In the Antalya Symposium and Field Seminar*. Turkey.

4- Ghaznavi, K., 2010, Evaluating the reasons of decrease in the discharge rate of Sarab Niloofar karst spring in Kermanshah Province, MSc Thesis, *Shahrood University Of Technology*, G.H. Karami [Supervisor], Iran. (In Persian).

5- Guo, Q., Wang, Y., Ma, T., and Li, L., 2005. Variation of karst spring discharge in the recent five decades as an indicator of global climate change: A case study at Shanxi, northern China. *Science in China Series D: Earth Sciences*, 48(11), 2001-2010.

6- Hao, Y.H., Wang, Y.J., Zhu, Y., Lin, Y., Wen, J.C. and Yeh, T.C.J., 2009. Response of karst springs to climate change and anthropogenic activities: the Niangziguan springs, China. *Progress in Physical Geography*, 33 (5), 634–649.

7- Jeelani, G., 2008, Aquifer response to regional climate variability in a part of Kashmir Himalaya in India. *Hydrogeology Journal*, 16, 1625–1633.

8- Kang, F. Jin M. and Qin P., 2011. Sustainable yield of a karst aquifer system: a case study of Jinan springs in northern China." *Hydrogeology Journal*, 19(4): 851-863

9- Madani, K., 2014. Water management in Iran: what is causing the looming crisis? *Journal of Environmental Studies and Sciences*, 4(4), 315-328.

10- Massei, N., Lacroix, M., Wang, H.Q., Mahler, B.J., and Dupont, J.P., 2002. Transport of suspended solids from a karstic to an alluvial aquifer: the role of the karst/alluvium interface. *Journal of Hydrology*, 260(1), 88-101.

11- Mirmousavi, S.H., Khaefi, N. and Abakhti Gharoosi, H., 2014. Study of climate characteristics in the provinces of kermanshah and kordestan based on factor and custer analyses. *Geography and Planning*, 18, 215-233.

12- Pilli, A., Sapigni, M. and Zuppi, G.M., 2012. Karstic and alluvial aquifers: a conceptual model for the plain–Prealps system (northeastern Italy). *Journal of Hydrology*, *464*, pp.94-106.

13- Raeisi, E., 2002. Carbonate karst caves in Iran. In: *Kranjc A (ed) Evolution of karst*: from prekarst to cessation. Ljubljana-Postojna, pp 339–344

14- Salim, G., 2010, Evaluating the hydraulic relationship of alluvial aquifers and karstic formations under these aquifers in Islamabad Gharb and Zahab plains of Kermanshah province, MSc Thesis, *Shahrood University Of Technology*, G.H. Karami [Supervisor], Iran. (In Persian).

15- Todd, D.K. and Mays, L. W., 2005. *Groundwater hydrology* 3rd edition. *Welly Inte*.