

Evaluation of the implementation of the restoration and resilience plan of groundwater resources with an emphasis on the installation of smart meters (Case study: Boshroyeh Plain, South Khorasan)

Majid Havangi¹, Hossein Khozaymehnezhad^{*2}

1. Ph.D. Student in Water Resources Engineering, Dept. of Water Science and Engineering, University of Birjand, Birjand, Iran.
E-mail: majidhavangi@birjand.ac.ir
2. Corresponding Author, Associated Prof., Dept. of Water Science and Engineering, University of Birjand, Birjand, Iran.
E-mail: hkhoyemeh@birjand.ac.ir

Article Info

Article type:
Short Technical Report

Article history:
Received: 03.02.2023
Revised: 05.03.2023
Accepted: 06.07.2023

Keywords:
Aquifer,
Beshroyeh plain,
Drop in groundwater level,
Resilience of water resources,
Smart meter

ABSTRACT

Background and Objectives: The water sector has a national and strategic plan focused on restoring and improving the resilience of groundwater. Due to a decline in water levels and reservoirs in aquifers, over 405 out of 609 study areas in the country have been prohibited. In response, the Ministry of Energy established a resilience plan in 2004 which included artificial feeding and flood spreading programs aimed at improving groundwater resources. Later, the Supreme Water Council approved 15 projects for the restoration and resilience of the country's groundwater resources. Recent studies conducted in different regions of the country demonstrate that the resilience plan has had varying effects on groundwater resources. However, the effects of the resilience plan on study areas in South Khorasan have not been extensively studied. Therefore, this research focuses on the effects of the resilience project in the study area of Boshroyeh, with an emphasis on the installation of smart meters.

Materials and Methods: To investigate this issue, 16 observation wells and rainfall data from the Boshroyeh Plain were analyzed for the time period of 1996-2021. Groundwater fluctuations were examined using data from the observation wells for the years before (2009-2015) and after (2015-2021) the installation of the smart meter. The hydrograph of the aquifer wells was drawn and analyzed for the period of 2007-2022. Furthermore, groundwater level and confluence maps were created and analyzed using Arc GIS software and kriging interpolation techniques for the years before and after the installation of the smart meter.

Results: Before the installation of the smart meter, the average drop of the groundwater level between 2009-2015 was 3.21 meters. However, after the smart meter was installed, the average drop of the groundwater level between 2015-2021 reduced to 2 meters. This means that the water level has decreased less after the installation of the smart meter. The volume of the aquifer decreased by 67.6% in the six years after the installation of the smart meter compared to the decrease in the volume of the aquifer in the six years before the installation of the smart meter. This indicates a 32.4% reduction in the decline process of the aquifer volume after the installation of the smart meter when compared to the same period before the installation.

Conclusion: The results of the study indicated that the severity of the water level drop varied during the statistical period of 2009-2021. After the completion of the installation of smart meters in 2015, the drop in the groundwater level had a lower slope compared to the period before their installation. Additionally, the decline in the volume of the aquifer during the period after the installation of smart meters was lower compared to the same period before the installation. The installation of smart meters has also led to significant economic value due to the amount of saved water.

Cite this article: Havangi, Majid, Khozaymehnezhad, Hossein. 2023. Evaluation of the implementation of the restoration and resilience plan of groundwater resources with an emphasis on the installation of smart meters (Case study: Boshroyeh Plain, South Khorasan). *Journal of Water and Soil Conservation*, 30 (2), 161-171.



© The Author(s).

DOI: 10.22069/jwsc.2023.21147.3631

Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

ارزیابی اجرای طرح احیاء و تعادل بخشی منابع آب زیرزمینی با تأکید بر نصب کنتورهای هوشمند (مطالعه موردی: دشت بشرویه خراسان جنوبی)

مجید هاونگی^۱، حسین خزیمه‌نژاد^{۲*}

۱. دانشجوی دکتری گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران. رایانامه: majidhvangi@birjand.ac.ir
۲. نویسنده مسئول، دانشیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران. رایانامه: hkhozeymeh@birjand.ac.ir

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: گزارش کوتاه علمی	سابقه و هدف: یکی از طرح‌های ملی و راهبردی بخش آب، طرح احیاء و تعادل بخشی آب‌های زیرزمینی است. تشدید افت سطح آب و کسری مخزن در آبخوان‌ها ممنوعیت بیش از ۴۰۵ محدوده از ۶۰۹ محدوده مطالعاتی کشور را به دنبال داشته است. در همین ارتباط وزارت نیرو با تعریف طرح تعادل بخشی، تغذیه مصنوعی و پخش سیلاب در سال ۱۳۸۴ برنامه‌های خود در زمینه بهبود وضعیت منابع آب زیرزمینی را تدوین نمود. مجدداً با فعال شدن شورای عالی آب در دولت یازدهم، طرح احیاء و تعادل بخشی منابع آب زیرزمینی کشور مشتمل بر ۱۵ پروژه به تصویب رسید. بررسی مطالعات اخیر که در دشت‌های مختلفی از کشور صورت گرفته است؛ نشان می‌دهد تعادل بخشی منابع آب بر وضعیت منابع آب زیرزمینی در مناطق مختلف تأثیراتی متفاوت داشته است؛ با توجه به این‌که اثرات طرح تعادل بخشی بر محدوده‌های مطالعاتی خراسان جنوبی کم‌تر مورد بررسی قرار گرفته است؛ بنابراین در این پژوهش به بررسی اثرات طرح تعادل بخشی در محدوده مطالعاتی بشرویه با تأکید بر نصب کنتورهای هوشمند پرداخته شده است.
تاریخ دریافت: ۰۱/۱۲/۱۱ تاریخ ویرایش: ۰۲/۰۲/۱۳ تاریخ پذیرش: ۰۲/۰۳/۱۷	
واژه‌های کلیدی: آبخوان، افت سطح آب زیرزمینی، تعادل بخشی منابع آب، دشت بشرویه، کنتور هوشمند	
	مواد و روش‌ها: جهت بررسی موضوع از آمار ۱۶ حلقه چاه مشاهده‌ای و داده‌های بارش دشت بشرویه در محدوده زمانی ۱۳۷۴-۱۳۹۹ استفاده شد و به منظور بررسی نوسانات آب زیرزمینی از آمار تراز سطح زیرزمینی چاه‌های مشاهده‌ای در سال‌های قبل (۱۳۸۷-۱۳۹۳) و بعد از نصب کنتور هوشمند (۱۳۹۳-۱۳۹۹) استفاده شد و هیدروگراف واحد آبخوان در بازه زمانی ۱۳۸۵-۱۴۰۰ ترسیم گردیده و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. سپس نقشه‌های هم‌تراز و هم‌افت آب زیرزمینی با استفاده از نرم‌افزار Arc GIS و درون‌یابی کرچینگ در سال‌های قبل و بعد از نصب کنتور هوشمند ترسیم و بررسی گردید.

نتایج و بحث: میانگین افت سطح آب زیرزمینی در بازه زمانی ۱۳۸۷-۱۳۹۳ قبل از نصب کنتور هوشمند ۳/۲۱ متر و میانگین افت سطح آب زیرزمینی در بازه زمانی بعد از نصب کنتور هوشمند در بازه زمانی ۱۳۹۳-۱۳۹۹ به ۲ متر کاهش یافته است؛ به عبارتی بعد از نصب کنتور هوشمند شیب افت سطح آب کاهش داشته است. میزان افت حجم آبخوان در بازه زمانی شش ساله بعد از نصب کنتور هوشمند نسبت به میزان کاهش حجم آبخوان در بازه زمانی شش ساله قبل از نصب کنتور هوشمند برابر ۶۷/۶ درصد می‌باشد که نشان‌دهنده ۳۲/۴ درصد کاهش در روند افت حجم آبخوان در بازه زمانی بعد از نصب کنتور هوشمند نسبت به بازه زمانی مشابه قبل از نصب آن‌ها می‌باشد.

استناد: هاونگی، مجید، خزیمه‌نژاد، حسین (۱۴۰۲). ارزیابی اجرای طرح احیاء و تعادل‌بخشی منابع آب زیرزمینی با تأکید بر نصب کنتورهای هوشمند (مطالعه موردی: دشت بشرویه خراسان جنوبی). *پژوهش‌های حفاظت آب و خاک*، ۳۰ (۲)، ۱۷۱-۱۶۱.

DOI: 10.22069/jwsc.2023.21147.3631



© نویسندگان.

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

مقدمه

یکی از طرح‌های ملی و راهبردی بخش آب، طرح احیاء و تعادل بخشی آب‌های زیرزمینی است. تشدید افت سطح آب و کسری مخزن در آبخوان‌ها ممنوعیت بیش از ۴۰۵ محدودده از ۶۰۹ محدودده مطالعاتی کشور را به دنبال داشته و این خود موجب بهره‌برداری‌های بی‌رویه از سایر آبخوان‌ها گردیده است. در سال ۹۳ طرح احیاء و تعادل بخشی منابع آب زیرزمینی مشتمل بر ۱۵ پروژه تصویب گردید؛ که تکالیف مشخصی برای وزارتخانه‌های نیرو، جهادکشاورزی، صنعت، معدن و تجارت و کشور مشخص شد. در استان خراسان جنوبی ۳۱ محدودده از ۴۴ محدودده مطالعاتی در وضعیت ممنوعه یا ممنوعه بحرانی هستند. متوسط افت سطح آب زیرزمینی در دشت‌های استان ۲۱ سانتی‌متر و حجم کسری مخزن متوسط (۱۰ ساله) دشت‌های استان ۱۴۳/۷۱ میلیون مترمکعب است (۱). هم‌زمان با سایر نقاط کشور در این استان هم طرح احیاء و تعادل بخشی منابع آب آغاز گردید (۱). یکی از پروژه‌های مهم طرح تعادل بخشی که جزء وظایف وزارت نیرو است؛ نصب کنتور هوشمند حجمی و هوشمند آب و برق بر روی چاه‌ها هست. بیات و همکاران (۲۰۲۰) به بررسی تعادل بخشی آبخوان با رویکرد اقتصادی و بررسی تغییرات سود کشاورزان با سناریوهای کاهش برداشت به مقادیر ۱، ۳ و ۵ درصد با دو دیدگاه متداول تغییر الگوی کشت و کاهش سطح زیرکشت به منظور احیای آبخوان قزوین پرداختند. نتایج نشان داد؛ دیدگاه‌های تغییر الگوی کشت و کاهش سطح زیرکشت که به ترتیب با روش برنامه‌ریزی غیرخطی (NLP) و برنامه‌ریزی مثبت ریاضی (PMP) انجام شد، در نهایت تا ۳۰ درصد کاهش کسری مخزن را نشان داد (۲). اسماعیلی و همکاران (۲۰۱۹) به بررسی اثرات استقرار و عملکرد طرح احیاء و تعادل بخشی در محدودده مطالعاتی مرند

استان آذربایجان شرقی پرداختند. نتایج نشان داد؛ با اجرای طرح تعادل بخشی به میزان ۷۰ میلیون مترمکعب از روند افزایش تجمعی کسری مخزن جلوگیری شده است (۳). ترشیزی و همکاران (۲۰۱۶) به بررسی تعادل بخشی آبخوان دومک با استفاده از مدل MODFLOW پرداختند. نتایج نشان داد؛ اجرای کامل ۴ پروژه طرح تعادل بخشی طی ۱۰ سال آینده بر روی سطح آب دشت رومک با ۲۰ درصد تعدیل پروانه‌ها تأثیرگذار بوده و برای جلوگیری از افت تجمعی آبخوان و کاهش کیفیت آب ضروری می‌باشد (۴). کریمیان و همکاران (۲۰۲۲) به ارزیابی وضعیت تعادل بخشی منابع آب زیرزمینی در آبخوان هشتگرد با استفاده از شاخص‌های پایداری پرداختند؛ با تلفیق سه شاخص اعتمادپذیری، آسیب‌پذیری و مطلوبیت شاخص پایداری سیستم آب زیرزمینی در سناریوهای مختلف تعادل بخشی محاسبه شد. نتایج شبیه‌سازی و اعمال سناریوهای مختلف نشان داد که با کاهش برداشت آب به میزان ۱۵ درصد بیش‌ترین میزان پایداری در سیستم آبخوان ایجاد شده و میزان پایداری سیستم از مقدار ۵۵ درصد تا ۸۷ درصد افزایش دارد. هم‌چنین نتایج نشان داد؛ بخش بالادست آبخوان با توجه به ویژگی‌های هیدروژئولوژی دارای بیش‌ترین میزان آسیب‌پذیری بوده و در جهت جریان آب زیرزمینی میزان آسیب‌پذیری کاهش یافته است (۵). بررسی مطالعات اخیر که در دشت‌های مختلفی از کشور صورت گرفته است؛ نشان می‌دهد؛ تعادل بخشی منابع آب بر وضعیت منابع آب زیرزمینی در مناطق مختلف تأثیرات متفاوت داشته است؛ بنابراین با توجه به این‌که اثرات طرح تعادل بخشی بر محدودده‌های مطالعاتی خراسان جنوبی به‌ویژه محدودده‌های ممنوعه بحرانی کم‌تر مورد بررسی قرار گرفته است؛ بنابراین در این پژوهش به بررسی اثرات طرح تعادل بخشی در محدودده

مطالعاتی بشرویه با تأکید بر نصب کنتورهای هوشمند پرداخته شده است.

مواد و روش‌ها

محدوده مطالعاتی بشرویه از محدوده‌های کویر مرکزی ایران در استان خراسان جنوبی در بین طول‌های جغرافیایی ۵۷ درجه و ۳ دقیقه تا ۵۸ درجه و ۱۲ دقیقه شرقی و عرض‌های جغرافیایی ۳۳ درجه و ۲۳ دقیقه تا ۳۴ درجه و ۱۸ دقیقه شمالی واقع شده است. متوسط بارش دوره شاخص آماری ۴۵ ساله این

محدوده برابر با ۱۱۹/۱ میلی‌متر، متوسط درجه حرارت سالانه حوضه آن ۱۷ درجه سانتی‌گراد و مقادیر حداقل و حداکثر ارتفاع برابر با ۸۰۴ و ۲۴۷۸ متر است. تعداد کنتورهای هوشمند منصوبه بر روی چاه‌های دشت بشرویه ۲۰۰ عدد بوده که ۱۸۴ عدد بر روی چاه‌های کشاورزی و ۹ عدد بر روی چاه‌های صنعت و ۷ عدد بر روی چاه‌های شرب نصب گردیده است. بیش از ۹۷ درصد چاه‌های کشاورزی دشت بشرویه مجهز به کنتور هوشمند هستند (۱).

جدول ۱- مشخصات محدوده مطالعاتی بشرویه (۱).

Table 1. Characteristics of the Boshroye study area (1).

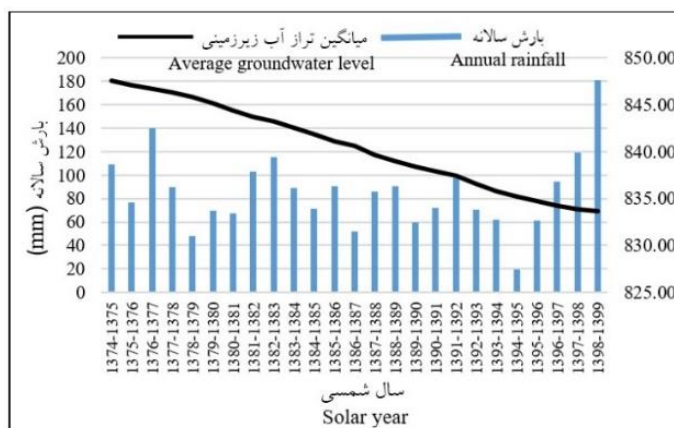
نام محدوده	وسعت کل (کیلومتر مربع)	وسعت آبخوان (کیلومتر مربع)	وسعت ارتفاعات (کیلومتر مربع)	وضعیت بهره‌برداری دشت	حجم کسری مخزن سالانه (م.م.م)	حجم کسری مخزن تجمعی (م.م.م)
Range name	Total area	Aquifer area	Heights area (km ²)	The state of exploitation of the plain	The volume of the annual reservoir deficit (M.C.M)	Deficit volume of the cumulative (M.C.M) tank
4720	5187	2440	2747	ممنوعه Forbidden	21.44	558.21

GRI (شاخص خشک‌سالی آب‌زیرزمینی) محاسبه شد و هیدروگراف آبخوان در بازه زمانی (۱۳۸۵-۱۴۰۰) ترسیم گردیده و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. سپس نقشه‌های هم‌تراز و هم‌افت آب‌زیرزمینی با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS و درون‌یابی کریگینگ در سال‌های قبل و بعد از نصب کنتور هوشمند، ترسیم و بررسی گردید. در نهایت ارزش ریالی حجم آب صرفه‌جویی شده با استفاده از تعرفه‌های مصوب وزارت نیرو محاسبه گردید.

نتایج و بحث

شکل ۱ تغییرات هم‌زمان بارش سالانه و سطح آب‌زیرزمینی نسبت به زمان را نشان می‌دهد.

در این پژوهش با توجه به گسترده بودن پروژه تعادل‌بخشی و اولویت اجرای پروژه‌های طرح مذکور در دشت بشرویه به ارزیابی پروژه نصب کنتور هوشمند بر روی چاه‌ها به‌ویژه چاه‌های کشاورزی و تأثیرات آن بر وضعیت تعادل‌بخشی آبخوان پرداخته شده است. جهت بررسی موضوع از آمار ۱۶ حلقه چاه مشاهده‌ای و داده‌های بارش دشت بشرویه در محدوده زمانی (۱۳۹۹-۱۳۷۴) استفاده شد و به منظور بررسی نوسانات آب‌زیرزمینی از آمار تراز سطح زیرزمینی چاه‌های مشاهده‌ای در سال‌های قبل از نصب کنتور هوشمند (۱۳۹۳-۱۳۸۷) و بعد از نصب کنتور هوشمند (۱۳۹۹-۱۳۹۳) استفاده شد. شاخص‌های SPI (شاخص پایش خشک‌سالی) و



شکل ۱- تغییرات هم‌زمان بارش سالانه و متوسط تراز آب زیرزمینی در طول دوره آماری.

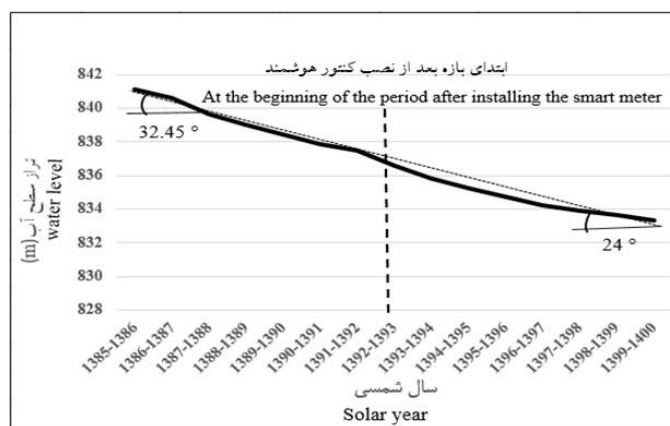
Figure 1. Simultaneous changes of annual precipitation and average groundwater level during the statistical period.

شدید اتفاق افتاده است. بنابراین دشت بشرویه متأثر از خشک‌سالی هواشناسی و آب‌زیرزمینی بوده است؛ به طوری که در سال‌های اخیر، خشک‌سالی آب‌زیرزمینی نسبت به خشک‌سالی هواشناسی شدت بیشتری داشته است.

بیش از ۹۰ درصد چاه‌های کشاورزی دشت بشرویه در سال‌های ۱۳۹۳-۱۳۹۲ مجهز به کنتور هوشمند شده‌اند (۱). همان‌طور که در شکل ۲ مشخص است هیدروگراف آب‌زیرزمینی دشت، نزولی بوده و سطح تراز سطح آب، نسبت به زمان کاهش می‌یابد ولی روند تغییرات، قبل و بعد از سال آبی ۱۳۹۳-۱۳۹۲ (سال نصب کنتور هوشمند) متفاوت است. به طوری که شیب خط برازش بر نمودار متوسط سطح آب‌زیرزمینی در قبل از ۱۳۹۳-۱۳۹۲، ۳۲/۴۵ درجه و شیب این خط بعد از سال ۱۳۹۳-۱۳۹۲، ۲۴ درجه می‌باشد؛ بنابراین بعد از نصب کنتور هوشمند، شیب افت سطح آب، کاهش قابل‌ملاحظه‌ای داشته است.

تغییرات تراز آب‌زیرزمینی که در سال‌های آبی ۱۳۷۵-۱۳۷۴ تا ۱۳۹۹-۱۳۹۸ در دشت بشرویه بررسی گردید؛ مشخص شد سطح تراز آب‌زیرزمینی دشت، روند نزولی دارد حتی در سال‌هایی که بارش سالیانه افزایش پیدا می‌کند؛ تراز آب‌زیرزمینی کاهش یافته است که احتمالاً به دلیل شدت و پراکنش بارش‌ها و عدم ورود به منطقه تغذیه و پایین بودن سطح آب‌زیرزمینی و تأخیر زمانی تأثیر بر سطح آب‌زیرزمینی دشت است. البته عوامل دیگر زیادی بر افت سطح آب تأثیر دارند که عمده‌ترین آن برداشت بیش از ظرفیت تجدیدپذیر دشت می‌باشد.

با توجه به شاخص SPI اکثر سال‌ها در سال‌های آبی مابین ۱۳۷۵-۱۳۷۴ تا ۱۳۹۸-۱۳۹۷ در وضعیت خشک‌سالی نزدیک به نرمال قرار دارند. با توجه به شاخص GRI که معرف خشک‌سالی آب‌زیرزمینی است؛ از سال‌های ۱۳۸۰-۱۳۷۹ تا ۱۳۹۲-۱۳۹۱ خشک‌سالی نزدیک به نرمال و از سال‌های ۱۳۹۳-۱۳۹۲ الی ۱۳۹۵-۱۳۹۴ خشک‌سالی ملایم و از سال‌های ۱۳۹۶-۱۳۹۵ الی ۱۳۹۸-۱۳۹۷ خشک‌سالی

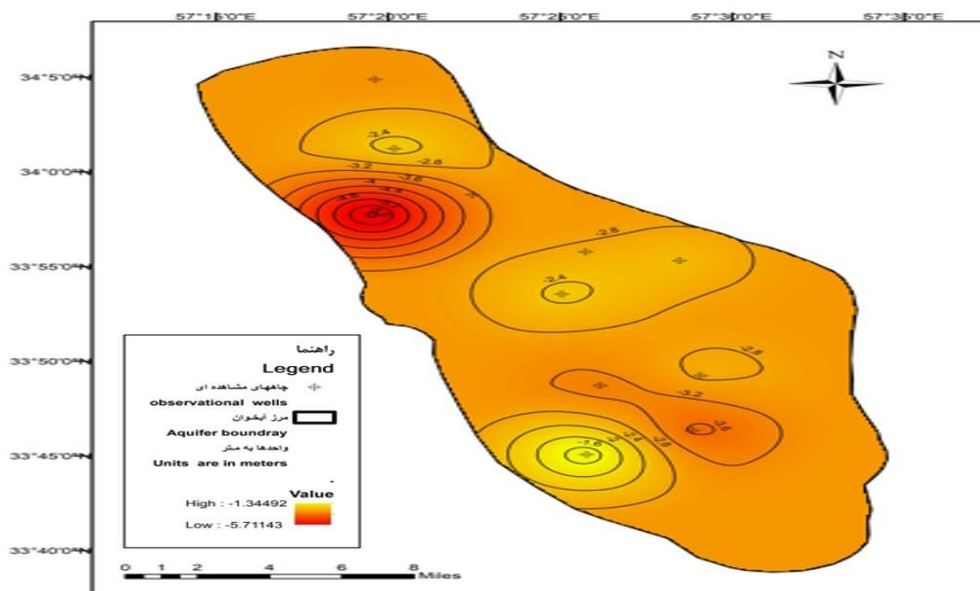


شکل ۲- هیدروگراف آب‌زیرزمینی دشت بشرویه (سال‌های قبل و بعد از نصب کنتور هوشمند).

Figure 2. Hydrograph of groundwater in Boshroye Plain (years before and after installing the smart meter).

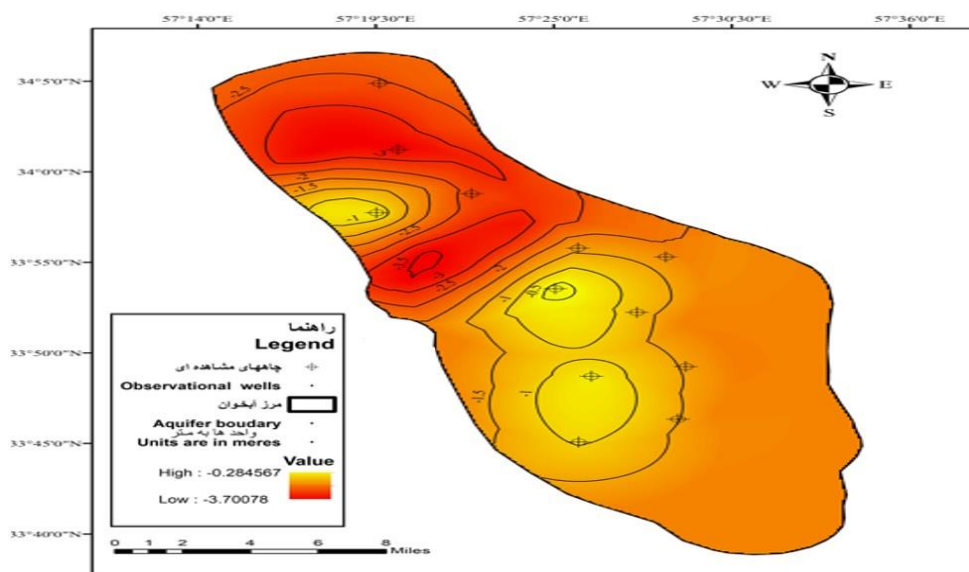
۲/۱۵ متر کاهش یافته است. بنابراین در بازه زمانی بعد از نصب کنتور هوشمند حدود ۳۲/۴ درصد کاهش افت سطح آب‌زیرزمینی رخ داده است. منحنی‌های هم‌افت مربوط به بازه زمانی ۶ ساله قبل از نصب کنتور هوشمند (شکل ۳) و بعد از نصب کنتور هوشمند (شکل ۴) این تأثیر را نشان می‌دهد.

حداکثر افت در چاه مشاهده‌ای نزدیک مشاع نبوت برابر ۱۰/۴۵ متر و حداقل افت در چاه مشاهده‌ای اراضی سماواتی برابر با ۲/۵ متر بوده است. میانگین افت سطح آب‌زیرزمینی در بازه زمانی ۱۳۸۷-۱۳۹۳ قبل از نصب کنتور هوشمند ۳/۱۸ متر و میانگین افت سطح آب‌زیرزمینی در بازه زمانی بعد از نصب کنتور هوشمند در بازه زمانی ۱۳۹۳-۱۳۹۹ به



شکل ۳- منحنی هم‌افت ۶ ساله قبل از نصب کنتور هوشمند (۱۳۸۷-۱۳۹۳) به روش کریجینک در آبخوان بشرویه.

Figure 3. 6-year decline curve before installing a smart meter (2009-2015) using Krijink method in Boshroyeh aquifer.



شکل ۴- منحنی هم افت ۶ ساله بعد از نصب کنتور هوشمند (۱۳۹۹-۱۳۹۳) به روش کریجینک در آبخوان بشرویه.

Figure 4. 6-year decline curve before installing a smart meter (2015-20121) using Krijink method in Boshroyeh aquifer.

در بازه زمانی شش ساله قبل از نصب کنتور هوشمند برابر ۶۷/۶ درصد می باشد که نشان دهنده ۳۲/۴ درصد کاهش در روند افت حجم آبخوان در بازه زمانی بعد از نصب کنتور هوشمند نسبت به بازه زمانی مشابه قبل از نصب آنها می باشد. توجه به شاخص SPI خشک سالی در سال های بعد از نصب کنتور هوشمند ادامه داشته است و این بررسی نشان می دهد تغییر چندانی در وضعیت تغذیه آبخوان ناشی از بارندگی رخ نداده است و بنابراین با ثابت فرض کردن سایر عوامل، نصب کنتورهای هوشمند باعث کاهش افت حجم آبخوان شده است. ارزش ریالی (اقتصادی) حجم آب صرفه جویی شده در آبخوان با توجه به نوع مصرف بر مبنای میانگین تعرفه پنج سال اخیر وزارت نیرو برای مصارف مختلف در دشت بشرویه مطابق جدول ۲ می باشد. هرچند که ارزش اقتصادی آب در این دشت با توجه ممنوعه بحرانی بودن آن و نرخ پایین قیمت آب در قیمت گذاری وزارت نیرو بیش از این می باشد. میانگین تعرفه هزینه جبران در دشت

بازه شش ساله قبل از نصب کنتور هوشمند:

(۱)

$$\Delta V = 765 \times (-3 \cdot 18) \times 0 \cdot 05 \\ = -121.6 \text{ M.C.M}$$

بازه شش ساله بعد از نصب کنتور هوشمند:

(۲)

$$\Delta V = 765 \times (-2 \cdot 15) \times 0 \cdot 05 \\ = -82 \cdot 23 \text{ M.C.M}$$

در این روش نیز در بازه زمانی شش ساله بعد از نصب کنتور هوشمند نسبت به بازه شش ساله قبل از نصب کنتور هوشمند به میزان ۳۹/۴ میلیون مترمکعب حجم کسری مخزن کاهش یافته است. به عبارت دیگر به میزان حجم مذکور در اثر نصب کنتور هوشمند صرفه جویی در آبخوان رخ داده است. میزان افت حجم آبخوان در بازه زمانی شش ساله بعد از نصب کنتور هوشمند نسبت به میزان کاهش حجم آبخوان

میلیون ریال می‌باشد. بنابراین حجم آب صرفه‌جویی شده در آبخوان براساس همین تعرفه‌های موجود، ارزش ریالی و اقتصادی بالایی دارد.

بشرویه در پنج سال اخیر هر مترمکعب ۱۲۵۹۸ ریال در سال بوده است؛ با توجه به این تعرفه هم ارزش اقتصادی حجم آب صرفه‌جویی شده ۴۹۶،۰۰۶/۶

جدول ۲- ارزش ریالی (اقتصادی) حجم آب صرفه‌جویی شده در آبخوان.

Table 2. Economical value of the volume of saved water in the aquifer.

نوع مصرف Type of use	میانگین قیمت هر مترمکعب (ریال) The average price per m ³ (Rials)	ارزش ریالی حجم آب صرفه‌جویی شده (میلیون ریال) Rial value of saved water volume (million Rials)
کشاورزی Agriculture	250	9850
صنعت و خدمات Industry and services	2919	115,008.6
آب شرب Drinkable Water	210.5	8293.7

نتیجه‌گیری کلی

در این پژوهش به بررسی تأثیر طرح احیاء و تعادل‌بخشی منابع آب‌زیرزمینی بر وضعیت دشت بشرویه با تأکید بر نصب کنتورهای هوشمند پرداخته شد که نتایج نشان داد که در طول دوره آماری ۱۳۸۷-۱۳۹۹ شدت افت سطح آب یکسان نبوده است؛ به طوری که از سال ۱۳۹۳ به بعد که سال اتمام نصب کنتورهای هوشمند بوده است؛ افت سطح آب‌زیرزمینی شیب کم‌تری داشته است. میانگین افت سطح آب‌زیرزمینی در بازه زمانی ۱۳۸۷-۱۳۹۳ برابر ۳/۱۸ متر بوده و میانگین افت سطح آب‌زیرزمینی در بازه زمانی بعد از نصب کنتور هوشمند، ۱۳۹۳-۱۳۹۹ به ۲/۱۵ متر کاهش یافته است. همچنین نتایج نشان داد؛ حجم آبخوان در بازه زمانی شش‌ساله بعد از نصب کنتور هوشمند نسبت به بازه زمانی مشابه قبل از نصب کنتورهای هوشمند به میزان ۳۹/۳ میلیون مترمکعب آب‌زیرزمینی افت کم‌تری را دارد. میزان افت حجم آبخوان در بازه زمانی شش‌ساله بعد از

نصب کنتور هوشمند نسبت به میزان افت حجم آبخوان در بازه زمانی شش‌ساله قبل از نصب کنتور هوشمند برابر ۶۷/۶ درصد است که نشان‌دهنده ۳۲/۴ درصد کاهش در روند افت حجم آبخوان در بازه زمانی بعد از نصب کنتور هوشمند نسبت به بازه زمانی مشابه قبل از نصب آن‌ها می‌باشد. ارزش ریالی و اقتصادی حجم آب صرفه‌جویی شده در آبخوان در اثر نصب کنتور هوشمند بسته به نوع مصرف آن از ۹۸۵۰ میلیارد ریال تا ۴۹۶،۰۰۶/۶ میلیون ریال متغیر است. بنابراین نصب کنتورهای هوشمند که به‌عنوان یکی از پروژه‌های ۱۵ گانه طرح احیاء و تعادل‌بخشی و اولین طرح در آبخوان بشرویه به اجرا در آمده، تأثیر مثبتی بر کاهش افت سطح آب‌زیرزمینی و بهبود کسری مخزن تجمعی داشته است. ولی با توجه به خشک‌سالی‌های اخیر و کاهش تغذیه و برداشت بیش از منابع آب تجدیدپذیر هم‌چنان افت آب‌زیرزمینی با شیبی کم‌تر در این دشت ادامه دارد که لازم است با توجه به وضعیت خشک‌سالی و کاهش تغذیه آبخوان،

مشارکت نویسندگان

نویسنده اول در تهیه داده‌ها، انجام محاسبات و نگارش مقاله و نویسنده دوم در انجام محاسبات، بررسی و بازنگری و نهایی شدن مقاله مشارکت داشته‌اند.

اصول اخلاقی

نویسندگان اصول اخلاقی را در انجام و انتشار این اثر عملی رعایت نموده‌اند به نحوی که داده‌ها و اطلاعات مورد نیاز از مسیر کاملاً رسمی و قانونی از شرکت آب منطقه‌ای دریافت شده است. هم‌چنین جهت ارسال مقاله به نشریه، توافق همه نویسندگان جلب شده است. مقاله حاصل یک کار پژوهشی کاملاً کاربردی است که با همکاری شرکت آب منطقه‌ای خراسان جنوبی انجام شده است.

حمایت مالی

این پژوهش با حمایت مالی از محل پژوهانه نویسنده اول و هم‌چنین حمایت و همکاری شرکت آب منطقه‌ای خراسان جنوبی انجام شده است.

حجم برداشت از منابع آب زیرزمینی به‌ویژه در بخش کشاورزی که بیش‌ترین سهم در مصرف آب دارد؛ کاهش یابد تا آبخوان به وضعیت تعادل برسد.

تقدیر و تشکر

نویسندگان از مدیریت مطالعات پایه منابع آب شرکت آب منطقه‌ای خراسان جنوبی به دلیل در اختیار قرار دادن داده‌ها و اطلاعات لازم برای انجام این پژوهش تشکر می‌کنند.

داده‌ها و اطلاعات

اطلاعات و داده‌های مورد استفاده از شرکت آب منطقه‌ای خراسان جنوبی - مدیریت مطالعات پایه منابع آب اخذ گردیده است.

تعارض منافع

در این مقاله تعارض منافی وجود ندارد و این مسأله مورد تأیید همه نویسندگان است.

منابع

1. Regional Water Company of South Khorasan. (2018). Explanatory report of the proposal to extend the ban on the study area of Boshroye. 86p. [In Persian]
2. Bayat, M., Javadi, S., Hashemy Shahdany, S. M., Hassani, Y., & Banihabib, M. (2020). Aquifer remediation using nonlinear programming and positive mathematical programming in Qazvin plain, *Iranian Journal of Irrigation & Drainage*, 14 (4), 1336-1347. [In Persian]
3. Esmaili, A., Rajabpour, H., & Mohammadi, M. (2019). Investigating the effects of establishment and performance of the balance and restoration plan on Marand study area of East Azarbaijan province. The 1st international and 4th national congress on Iranian Irrigation and drainage. 10p. [In Persian]
4. Torshizi, S., Tabatabai, S. M., & Bandani, I. (2016). Equilibration study of Domek aquifer using Visual Modflow Premium 4.2 model. [In Persian]
5. Karimian, P., Shourian, M., & Kardan Moghaddam, H. (2022). Assessment of the Groundwater Resources Resilience Using Sustainability Indicators, *Journal of Water and Irrigation Management*, 12 (2), 213-229. [In Persian]

