Progress and development of Kermanshah province
Online ISSN
ISSN - 2783-0713

Assessment the effectiveness of “reverse qanat” as a novel method for artificial recharge of groundwater in the Tang Konehsht watershed, Kermanshah

Mohammad Khosravi
Departement of Natural Resources, Faculty of Agriculture, Razi University, Kermanshah,Iran.
(Corresponding Author) Khosravim59@razi.ac.ir

Morteza Pourreza
Departement of Natural Resources, Faculty of Agriculture, Razi University, Kermanshah,Iran.
pourreza@razi.ac.ir

Khalil Jalili

Department of Environmental Resource Management, ACECR, Kermanshah, Iran

khaliljalili@yahoo.com

Abstract

The increase in population, urbanization, climate change, and drought, along with higher water consumption and improper management of water resources, have led to a growing pressure on groundwater resources. Excessive extraction of groundwater can cause irreparable damage to aquifers. One of the methods to improve the status of aquifers is artificial recharge. The "reverse qanat" is a novel method for artificial recharging of groundwater, which is similar to a conventional qanat but operates in reverse, directing water to the subsurface. This method was first implemented by the General Directorate of Natural Resources and Watershed Management in Kermanshah Province, specifically in the Tang Kenesht watershed. This study evaluated its effectiveness in artificially recharging groundwater. The reverse qanat consists of a main gallery with a diameter of one meter and a length of 5,076 meters, along with 30 wells, each 6 to 12 meters deep and one meter in diameter. Results indicated that over a four-month period, this reverse qanat could recharge approximately 1,292,696 cubic meters of water. Additionally, during flood events, it can reduce peak flood discharge by up to 240 liters per second, which is significantly important due to the location of the watershed area upstream of the city of Kermanshah.

Keywords: Artificial recharge, Groundwater, Kermanshah, Tang Konesht, Reverse qanat,

---

Progress and development of Kermanshah province
Kermanshah Management and Planning Organization, 2025, Vol. 4, No. 1 pp 92-103.
Received: 05/04/2024 - **Accepted:** 03/03/2025

پیشرفت و توسعه استان کرمانشاه
شاپا الکترونیکی
ISSN – ۲۷۸۳-۰۷۱۳

ارزیابی کارآیی روش جدید استفاده از قنات معکوس برای تغذیه مصنوعی آب‌های زیرزمینی در حوضه تنگ‌کنشت کرمانشاه

محمد خسروی
گروه منابع طبیعی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران.
(نویسنده مسئول) Khosravim59@razi.ac.ir

مرتضی پوررضا
گروه منابع طبیعی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران.
pourreza@razi.ac.ir

خلیل جلیلی
استادیار گروه مدیریت منابع محیطی، جهاد دانشگاهی کرمانشاه، کرمانشاه، ایران.
khaliljalili@yahoo.com

چکیده

افزایش جمعیت،گسترش شهرنشینی، افزایش، تغییرات اقلیمی و خشکسالی از یک طرف و مصرف بیشتر آب و عدم مدیریت صحیح منابع آبی باعث فشار روز افزورن بر منابع آب زیرزمینی شده است. برداشت بیشتر از حد مجاز آب‌های زیرزمینی باعث صدمات جبران ناپذیری به سفره‌های آب زیرزمینی می‌شود. یکی از روش‌های بهبود وضعیت آبخوان‌ها، تغذیه مصنوعی آن‌ها می‌باشد. قنات معکوس به عنوان روش نوینی برای تغذیه مصنوعی آب‌های زیرزمینی است که دقیقاً مشابه سیستم قنات معمولی بوده اما کارکرد آن برعکس قنات و هدایت کتنده آب به زیر زمین می‌باشد. این روش برای اولین بار توسط اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان کرمانشاه، در حوضه تنگ‌کنشت اجرا شده است و در این مطالعه میزان کارآیی آن در تغذیه مصنوعی آب‌های زیرزمینی مورد بررسی قرار گرفته است. قنات معکوس پژوهش حاضر متشکل از یک راهروی زیرزمینی اصلی به قطر یک متر و طول ۵۰۷۶ متر و تعداد ۳۰ حلقه چاه به عمق ۶-۱۲ متر و قطر یک متر می‌باشد. نتایج نشان داد که در طول چهار ماه از سال این قنات می‌تواند معادل ۱۲۹۲۶۹۶ مترمکعب آب را به آبخوان تغذیه کند. همچنین در مواقع سیلابی می‌تواند تا ۲۴۰ لیتر بر ثانیه از دبی پیک سیلاب را کاهش دهد که با توجه به قرارگرفتن موقعیت حوضه در بالادست شهر کرمانشاه، می‌تواند اهمیت زیادی داشته باشد.

شاپا الکترونیکی
ISSN – ۲۳۹۵ – ۵۲۵۲

پیشرفت و توسعه استان کرمانشاه

سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان کرمانشاه

کلیدواژه‌ها: آب‌های زیرزمینی ، تغذیه مصنوعی، تنگ کنشت، قنات معکوس ، کرمانشاه

سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان کرمانشاه

فصلنامه پیشرفت و توسعه استان کرمانشاه، دوره ۴، شماره۱، ص ۱۰۳-۹۲

تاریخ ارسال: ۱۴۰۳/۰۵/۱۵ **تاریخ پذیرش:** ۱۴۰۳/۱۲/۱۳

۱- مقدمه

با گسترش شهرنشینی و افزایش جمعیت جهان، مسأله تأمین آب، به عنوان یکی از مسائل حیاتی و اساسی، به یکی از چالش‌های بزرگ و پیچیده تبدیل شده است. کمبود منابع آب شیرین و کاهش کیفیت آب در بسیاری از نقاط جهان، وضعیت جدی و نگران‌کننده‌ای را برای تأمین آب شرب جوامع ایجاد کرده است و همین امر باعث افزایش فشار بر منابع آب‌زیرزمینی شده است. در کشور ما که در کمربند خشکی زمین قرار گرفته است، لزوم توجه به مدیریت منابع آب بسیار حایز اهمیت است. زیرا در اغلب مناطق کشور بارش‌ها در فصل غیر زراعی و با شدت زیاد اتفاق می‌افتند که باعث ایجاد سیلاب و هدررفت آب و خاک شده و گاهی خسارات مالی و جانی را هم به بار می‌آورند (رامک و علی نژاد، ۱۴۰۰).

یکی از رویکردهای مناسب در جهت مدیریت منابع آب، استفاده از رواناب‌های اضافی به منظور تغذیه مصنوعی آب‌های زیرزمینی است. زیرا با این روش هم از خسارات احتمالی سیلاب کاسته شده و هم می‌توان آب با کیفیت‌تری را در فصل خشک از زیر زمین برداشت کرد. رامک و علی‌نژاد (۱۴۰۰) روش‌های تغذیه آب‌های زیرزمینی را به صورت زیر تقسیم‌بندی نموده‌اند: الف) روش‌های مستقیم که شامل روش‌های سطحی (حوضچه تغذیه، پخش سیلاب و ...) و زیرسطحی (چاه تزریق، زهکش معکوس و ..) است. ب) روش غیرمستقیم یا واداری، ج) احداث سد زیرزمینی د) تغذیه به روش مجازی. استفاده از مخازن زیرزمینی به دلیل ذخیره‌سازی مناسب، دور بودن از تبخیر و تعرق و عدم از دسترس خارج نمودن زمین سطحی نسبت به راه حل‌های دیگر در اولویت می‌باشد (حسن پور ۱۳۹۷).کارآیی تغذیه آب‌های زیرزمینی از طریق چاه (لی و همکاران، ۲۰۲۳؛ اسپینوزا و همکاران، ۲۰۲۲ ؛ جین و همکاران، ۲۰۲۴)، حوضچه‌های تغذیه (صالحی شفا و همکاران،۲۰۲۳) و پخش سیلاب (جرعه نوش و همکاران، ۲۰۲۳؛ قازوی و ابراهیمی، ۲۰۱۸) در مطالعات مختلف نشان داده شده است.

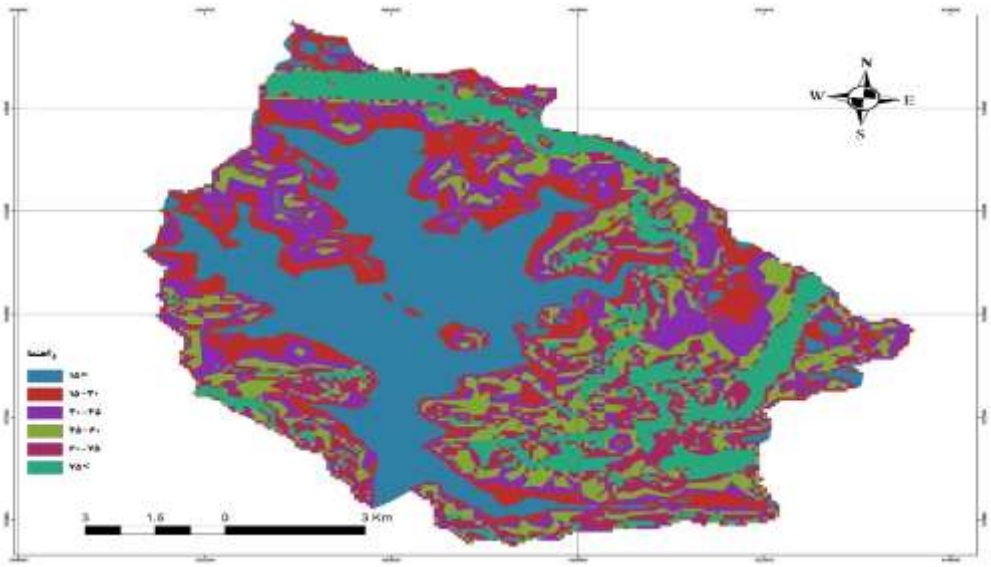
قنات معکوس روش جدیدی برای تغذیه مصنوعی است که برای اولین بار در ایران و در حوضه آبخیز تنگ‌کنشت شهرستان کرمانشاه اجرا شده است. این روش در دسته روش‌های مستقیم تغذیه‌ای قرار می‌گیرد زیرا از یک گالری (زهکش معکوس) و چندین چاه تغذیه‌ای در مسیر هدایت آب به زیرزمین (کاملاً برعکس سیستم یک قنات) تشکیل شده است. همچنین به دلیل موقعیت حساس حوضه تنگ‌کنشت که در بالادست شهر کرمانشاه واقع شده است، ذخیره‌سازی رواناب حوضه و کاهش دبی اوج سیلاب جهت جلوگیری از خسارات احتمالی بسیار ضروری است. از آنجا که این روش برای اولین بار در کشور معرفی و اجرا شده است در این پژوهش کارآیی آن در تغذیه آبخوان بر اساس بیلان آب ورودی و خروجی مورد بررسی قرار می‌گیرد تا بتوان از نتایج آن در توسعه روش در مناطق با پتانسیل مشابه حوضه مورد نظر استفاده نمود.

۲- مواد و روش‌ها

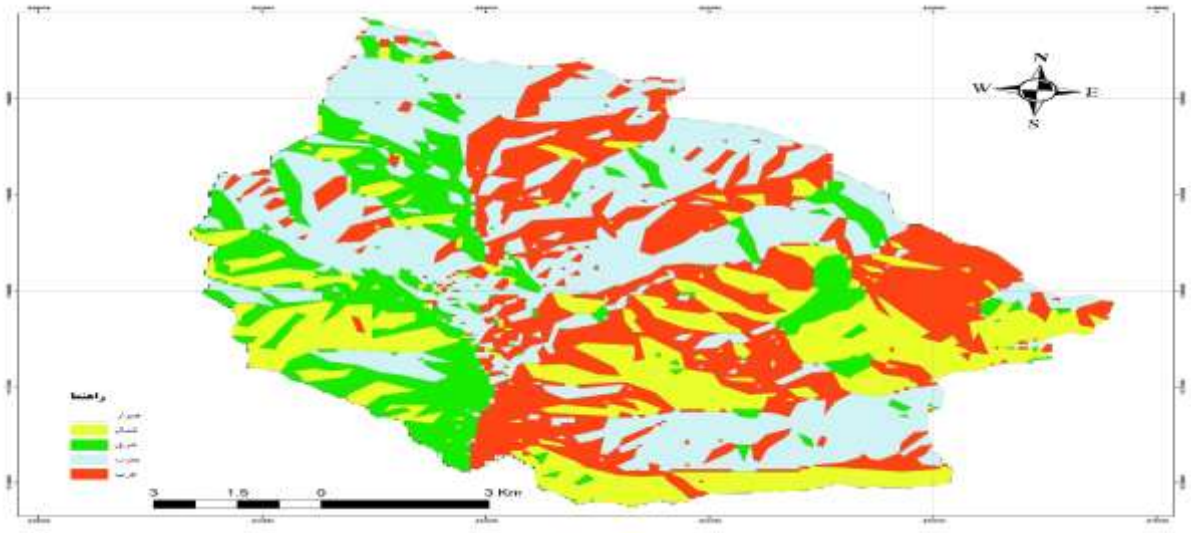
۲-۱- منطقه مورد مطالعه

حوضه تنگ‌کنشت به مساحت ۱۵ کیلومترمربع در شمال شهر کرمانشاه و بین طول‌های ۶۹۲۵۵۷.۶ و ۷۰۹۲۲۵.۴ متر شرقی و عرض‌های ۳۸۰۶۴۴۴.۳ و ۳۸۲۱۳۴۹.۶ متر شمالی واقع شده است. ارتفاع متوسط آن از سطح دریای آزاد ۱۸۷۲ متر و شیب متوسط آن ۳۸ درصد است. منابع آب موجود در این حوضه شامل یک چشمه در قسمت شمال حوضه و سه حلقه چاه است. زهکش اصلی حوضه به طول ۱۵کیلومتر رواناب حوضه را مستقیما از سمت جنوب وارد شهر کرمانشاه می‌نماید (شکل ۱). در شکل ۲ تا ۴ نیز به ترتیب نقشه شیب، جهت شیب و طبقات ارتفاعی حوضه نشان داده شده است.

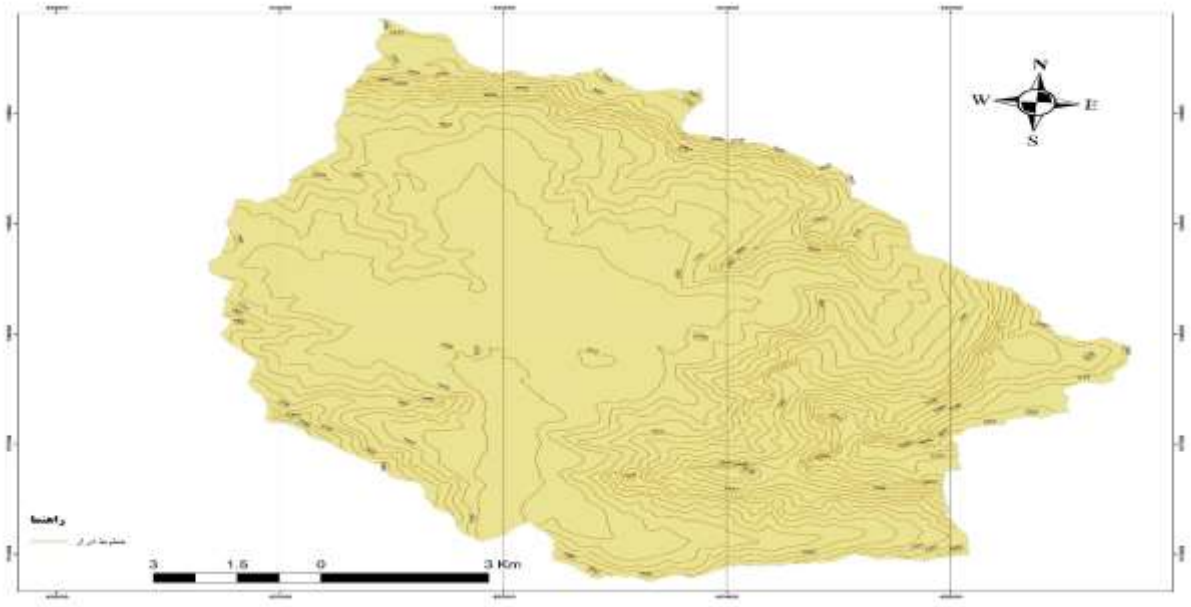
شکل ۱. موقعیت حوضه تنگ‌کنشت و قنات معکوس داخل حوضه



شکل ۲. نقشه شیب حوضه تنگ کنشت



شکل ۳. نقشه جهت شیب حوضه تنگ کنشت



شکل ٤. نقشه طبقات ارتفاعی حوضه تنگ کنشت

۲-۲- قنات معکوس

پروژه احداث قنات معکوس حوضه تنگ کنشت در سال ۱۳۹۸ شروع و در سال ۱۴۰۱ به مرحله بهره‌داری رسید. این قنات معکوس به طول ۵۰۷۶ متر در امتداد شمال غربی - جنوب شرقی و در فاصله بین دو آبراهه بزرگ حوضه واقع شده است شکل (۱). شیب طولی این قنات (در سطح زمین) ۰/۴۲ درصد و ارتفاع ابتدا و انتهای آن از سطح آزاد دریا به ترتیب ۱۴۸۱/۵ و ۱۴۶۰ متر می‌باشد. عمق گالری حفر شده قنات بر اساس شیب طولی طراحی قنات، توپوگرافی سطح زمین و جنس رسوبات متفاوت بوده ولی به طور متوسط عمق آن در حدود ۶-۵ متر می‌باشد. مسیر حرکت آب در داخل قنات از داخل یک لوله بتنی مشبک می‌باشد که قطر آن در حدود یک متر و

قطر سوراخ‌های تعبیه شده در آن یک سانتی‌متر می‌باشد (شکل ۵). این قنات دقیقاً عکس یک قنات معمولی عمل می‌کند به طور که گالری آن هدایت کننده آب از سطح زمین به زیرزمین بوده و چاه‌های تعبیه شده در آن از کف قنات در داخل زمین حفر شده‌اند (در قنات معمولی از سطح زمین به سطح قنات). به این ترتیب این قنات از نظر کارکرد و شکل برعکس قنات معمولی می‌باشد. تعداد ۳۰ حلقه چاه تغذیه‌ای در مسیر قنات معکوس حفر شده‌اند که عمق آنها بر اساس جنس سنگ زیرین متفاوت است اما در کل فاصله آنها بین ۱۰۰ تا ۲۰۰ متر و عمق آنها بین ۶ تا ۱۲ متر می‌باشد. قطر داخلی گالری این قنات یک متر و از جنس سیمان و به شکل استوانه‌ای مشبک می‌باشد (شکل ۶). در اطراف لوله‌های سیمانی (گالری قنات) فیلتری از جنس سنگ و شن قرار داده شده است به طوری که مواد ریز دانه در کف و مواد درشت دانه در بالا قراردارند. قطر سوراخ‌های تعبیه شده در لوله‌های سیمانی (در کف و کناره لوله) در حدود یک سانتی‌متر می‌باشد. سازه انتقال آب به داخل قنات معکوس یک سد سنگی ملاتی است که رواناب ناشی از نزولات جوی و چشمه بالادست حوضه را به داخل آن هدایت می‌کند(شکل ۶).

شکل ۵. لوله‌های سیمانی مشبک قنات معکوس و نحوه قراردادن آنها در کانال

شکل ٦. سازه ذخیره و انتقال رواناب به داخل قنات معکوس

۳- روش تحقیق

۳-۱- اندازه گیری دبی ورودی قنات معکوس

ورودی قنات معکوس به شکل یک سرریز آزاد مستطیلی شکل طراحی شده است که عرض آن ۱۳۲ سانتی‌متر می‌باشد. همچنین دو لوله به قطر ۱۵ سانتی‌متر (۶ اینچ) در زیر آن قرار دارند که آب را به داخل قنات معکوس هدایت می‌کنند. برای محاسبه دبی جریان ورودی از روش تعیین سرعت و سطح مقطع جریان آب استفاده شد که مراحل کار به قرار ذیل بوده است. سطح مقطع سرریز مستطیلی از حاصل ضرب عرض جریان آب (چون در بعضی مواقع جهت تنظیم جریان ورودی موانعی بر روی سرریز قرار داده می‌شدند که از ورود بیش از اندازه آب جلوگیری نماید) در ارتفاع آن بر روی سرریز محاسبه شد(معادله ۱) و برای محاسبه سطح مقطع جریان در لوله‌ها از معادله سطح مقطع دایره استفاده شد(معادله ۲). همچنین جهت محاسبه سرعت جریان از روش جسم شناور استفاده شد و از معادله (۳) برای تعیین دبی ورودی قنات معکوس استفاده شد:

معادله(۱)

$$A = W \times H$$

که در آن:

A: *سطح مقطع سرریز(مترمربع)*

W: *عرض سرریز(متر)*

H: *ارتفاع آب بر روی سرریز(متر)*

معادله(۲)

$$A = \pi \times r^2$$

که در آن:

A: *سطح مقطع لوله(مترمربع)*

r: *عرض سرریز(متر)*

π: *عدد پی*

معادله (۳)

$$\mathbf{Q} = \mathbf{A} \times \mathbf{V}$$

که در آن:

Q = دبی جریان (مترمکعب بر ثانیه)

V = سرعت آب (متر بر ثانیه)

A = سطح مقطع آب در کانال (متر مربع)

۳-۲- اندازه گیری دبی خروجی قنات معکوس

با هر بار اندازه‌گیری دبی ورودی قنات معکوس میزان دبی خروجی آن نیز اندازه‌گیری گردید و از آنجا که زمان شروع و مقدار دبی خروجی در تعیین میزان تغذیه حایز اهمیت هستند در کل دوره تغذیه، روی این موارد نظارت دقیق انجام شد. با این‌حال تنها در یک مقطع زمانی و در تاریخ ۱۴۰۲/۰۱/۲۰ آب خروجی قنات معکوس مشاهده و اندازه‌گیری شد. دبی خروجی قنات معکوس نیز بر اساس معادله (۱) محاسبه گردید. برای این منظور سطح مقطع آبراهه و سرعت جریان در یک بازه تقریباً یکنواخت اندازه‌گیری شدند.

۳-۳- کارآیی قنات معکوس در تغذیه آب‌های زیرزمینی و کاهش دبی سیل

به منظور ارزیابی کارآیی قنات معکوس در تغذیه آب زیرزمینی، میزان حجم آب ورودی و خروجی آن در بازه‌های زمانی مشخص برآورد شد. با توجه به اینکه سیستم قنات معکوس یک سیستم بسته است میزان تبخیر از سطح آن را می‌توان ناچیز در نظر گرفت و بنابراین اختلاف بین حجم جریان ورودی و خروجی نشان دهنده میزان تغذیه آب‌های زیرزمینی می‌باشد. میزان حجم جریان (ورودی یا خروجی) از حاصل‌ضرب دبی جریان در زمان بین دو اندازه‌گیری محاسبه می‌شود. حداکثر دبی ورودی قنات معکوس در زمانی که خروجی آن صفر می‌باشد را می‌توان به عنوان دبی مؤثر در کاهش دبی سیلاب در نظر گرفت.

۴- نتایج و بحث

بر اساس نتایج بدست آمده از اندازه‌گیری‌های انجام شده در سال آبی ۱۴۰۲-۱۴۰۱، قنات معکوس حوضه تنگ‌کنشت در ۴ ماه از سال (از بهمن‌ماه تا خردادماه) می‌تواند بصورت فعال در تغذیه آب زیرزمینی نقش داشته باشد. البته طول این دوره کاملاً بستگی به بارش داشته و در سال‌هایی که میزان نزولات جوی و پراکنش زمانی آنها بیشتر باشد طول این دوره می‌تواند بیشتر باشد و برعکس. عملاً دبی چشمه بالادست قنات معکوس در بقیه ایام سال و در فصول خشک در حد ۲-۳ لیتر بر ثانیه بوده و با توجه به نیاز شرب دام‌های موجود در حوضه، نمی‌توان از مازاد آن جهت تغذیه آب زیرزمینی استفاده کرد. همچنین بر اساس نتایج اندازه‌گیری دبی‌های ورودی و خروجی از قنات معکوس و در طول بازه‌های زمانی اندازه‌گیری، مقدار حجم تغذیه انجام شده محاسبه و در جدول (۱) نشان داده شده است.

تاریخ		تعداد روز	دبی جریان ورودی (lit/s)	دبی جریان خروجی (lit/s)	حجم جریان ورودی (مترمکعب)	حجم جریان خروجی (مترمکعب)	حجم آب نفوذ یافته (مترمکعب)
از	تا						
۱۴۰۱/۱۱/۲۶	۱۴۰۱/۱۲/۱۱	۱۵	۷۶/۶۵	۰	۹۱۵۶۲/۴	۰	۹۱۵۶۲/۴
۱۴۰۱/۱۲/۱۱	۱۴۰۱/۱۲/۱۷	۶	۲۶/۸۷	۰	۱۳۹۲۹/۴۱	۰	۱۳۹۲۹/۴
۱۴۰۱/۱۲/۱۷	۱۴۰۱/۱۲/۲۷	۱۰	۴۶/۶۷	۰	۴۰۳۲۲/۸۸	۰	۴۰۳۲۲/۸۸
۱۴۰۱/۱۲/۲۷	۱۴۰۲/۰۱/۲۰	۲۲	۴۶/۶۷	۰	۸۸۷۱۰/۳۴	۰	۸۸۷۱۰/۳
۱۴۰۲/۰۱/۲۰	۱۴۰۲/۰۱/۲۲	۲	۲۶۸/۶۵	۵۰*	۴۶۴۲۲/۷۲	۴۳۲۰	۴۲۱۰۲/۷
۱۴۰۲/۰۱/۲۲	۱۴۰۲/۰۲/۰۸	۱۷	۲۴۲/۷۲	۰	۳۷۳۰۳۷/۱	۰	۳۵۶۵۰۷/۱
۱۴۰۲/۰۲/۰۸	۱۴۰۲/۰۳/۰۲	۲۳	۱۸۷/۷۲	۰	۳۷۳۰۳۷/۲	۰	۳۷۳۰۳۷/۱
۱۴۰۲/۰۳/۰۲	۱۴۰۲/۰۳/۲۶	۲۵	۱۳۰/۶۵	۰	۲۷۰۹۱۵/۸	۰	۲۷۰۹۱۵/۸
مجموع		۱۲۰	۱۰۲۰/۶	۵۰	۱۲۹۲۶۹۶/۰۶	۴۳۲۰	۱۲۸۸۳۷۶/۰۶

جدول۱. حجم جریان نفوذ یافته در قنات معکوس

*این جریان خروجی تنها به مدت یک روز تدام داشته است.

داده‌های بدست آمده نشان دادند که در طول ۴ ماه ۱۲۸۸۳۷۶/۰۶مترمکعب آب به واسطه وجود قنات معکوس در زمین نفوذ داده شده است که مقدار قابل توجهی است. میزان دبی خروجی از قنات تنها در یک مورد مشاهده و اندازه‌گیری شد و آن زمانی بود که میزان دبی ورودی قنات معکوس (بیشترین دبی ورودی و برابر با ۲۶۸/۶۵ لیتر بر ثانیه) بوده است. و از آنجا که برای دبی ۲۴۲/۷ لیتر بر ثانیه، هیچ آبی از قنات خارج نشده بود، می‌توان گفت که مقدار دبی حداکثر ورودی قنات را می‌توان در حدود ۲۴۰ لیتر بر ثانیه در نظر گرفت. بر این اساس بدیهی است که با تداوم ورود آب به داخل قنات معکوس از سرعت تغذیه آن کاسته شده و بهتر است با گذشت زمان از مقدار دبی ورودی کاسته شود. بر این اساس می‌توان گفت در سیل‌های حوضه مورد مطالعه، این قنات معکوس توانسته است تا ۲۴۰ لیتر بر ثانیه از دبی آن را کاهش دهد.

۵- نتیجه‌گیری کلی

در این پژوهش کارآیی روش نوین قنات معکوس در تغذیه آب‌های زیرزمینی حوضه تنگ کنشت کرمانشاه مورد ارزیابی قرار گرفت و نتایج بدست آمده نشان دادند که این روش می‌تواند با توجه به وجود رواناب‌های اضافی حوضه، در طول چهار ماه از سال (از اواخر بهمن ماه تا اواسط خرداد ماه) مقدار ۱۲۸۸۳۷۶ مترمکعب رواناب را تغذیه نماید. همچنین حداکثر دبی ورودی به قنات معکوس در این دوره بدون وجود خروجی از انتهای آن، ۲۴۰ لیتر بر ثانیه اندازه‌گیری شد، بنابراین قنات معکوس احداث شده می‌تواند به همین مقدار در کاهش دبی سیلابی حوضه موثر باشد. موقعیت حوضه تنگ کنشت که در بالادست شهر کرمانشاه قرار گرفته است و در مواقع سیلابی میتواند خساراتی را در سطح شهر ایجاد نماید اهمیت اجرای این روش تغذیه مصنوعی را نمایان‌تر می‌نماید. با توجه به مشکلات احتمالی مانند بسته شدن سوراخ‌های لوله‌های مشبک بکار رفته در مسیر قنات معکوس و همچنین کاهش نفوذپذیری چاه‌های تغذیه‌ای پیشنهاد می‌شود در سال‌های آتی و در طول دوره‌های طولانی‌تر، کارآیی این روش مورد ارزیابی مجدد قرار گیرد.

فهرست منابع

حسن پور، مجتبی؛ خزیمه نژاد، حسین(۱۳۹۷)، **مکان یابی چاه‌های تغذیه جهت تغذیه مصنوعی و بهبود کیفیت آبخوان دشت بیرجند با استفاده از پساب تصفیه شده فاضلاب**. فصلنامه پژوهش در بهداشت محیط /دوره ۴، شماره ۳، ۲۲۶-۲۱۵.

رامک، زهره؛ زیدعلی نژاد، نجات (۱۴۰۰)، **مروری بر تغذیه مصنوعی آبخوانها به عنوان فرآیندی در مقابل تنش‌های وارد بر آب‌های زیرزمینی.** سطوح آبگیر باران، دوره ۹ ، جلد (۲۹)، ۵۶-۳۵.

Ghazavi,R. Ebrahimi,R. 2018. **Estimation of Artificial Groundwater Recharge by Flood Water Spreading System in an Arid Region Using Inverse Modeling and SCS Method; A case Study of Mosian Plain. ECOPERSIA.** 6(3):187-194.

Jin, Z. et al..2024. **Areal artificial recharge has changed the interactions between surface water and groundwater.** J. Hydrol. 637, 131318.

Jorenush, M. H., Pakparvar, M., Ghahari, G. R. & Kowsar, S. A. 2023. **The evaluation of artificial recharge performance in a historic flooding in southern Iran.** 42, 117–127.

Li, N., Lyu, H., Xu, G., Chi, G. & Su, X. 2023. **Hydrogeochemical changes during artificial groundwater well recharge.** Sci. Total Environ. 900, 165778.

Salehi Shafa, N., Babazadeh, H., Aghayari, F. & Saremi, A. 2023**. Optimal utilization of groundwater resources and artificial recharge system of Shahriar plain aquifer**, Iran. Phys. Chem. Earth 129.

Vanegas-Espinoza, L. I., Vargas-del-Río, D., Ochoa-Covarrubias, G. & Grindlay, A. L. 2022. **Flood Mitigation in Urban Areas through Deep Aquifer Recharge: The Case of the Metropolitan Area of Guadalajara.** Int. J. Environ. Res. Public Health 19.