مجله آبخوان و قنات

جلد3، شماره 2، پاییز و زمستان 1400

شماره صفحه : 14-23

http://dx.doi.org/10.22077/jaaq.2022.2193

مقاله پژوهشی:

بررسی و مقایسه روش‌های مختلف محاسبه شعاع تأثیر چاه در شهرستان کوار استان فارس

مهدی بهرامی[1]*، سارا رجبی[2]

[1*] دانشیار، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فسا

[2] دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فسا

[*] نویسنده مسئول: bahrami@fasau.ac.ir

تاریخ دریافت: 1400/06/03؛ تاریخ پذیرش: 1400/12/16

چکیده

در سه دهه اخیر حفر تعداد زیادی چاه مجاز و غیر مجاز باعث کاهش سطح آب زیرزمینی در بسیاری از آبخوان‌های کشور شده است. به منظور بهبود این شرایط می‌بایست میزان بهره برداری از منابع آب زیرزمینی را با در نظر گرفتن فاصله مناسب بین چاه‌ها و قنوات کنترل نمود. از این رو برای هر چاه در حال بهره‌برداری حریمی در نظر گرفته می‌شود. در این پژوهش با استفاده از روابط تجربی (زیشارد، کمفورت و دوپویی)، روش شعاع ثابت محاسبه‌ای (CFR) و معادلات هیدرولیکی، مدل‌های محاسباتی کامپیوتری ارائه شـد و به بررسی و محاسبه حریم کمّی 4 حلقه چاه با سه دبی 8، 11 و 16 لیتر بر ثانیه در شهرستان کوار (استان فارس) پرداخته شد. حریم چاه‌های محاسبه شده توسط رابطه دوپویی برای چاه‌های شماره 1 تا 4 به ترتیب 6/16، 5/10، 7/14 و 5/01 متر به‌دست آمد که بسیار کوچک و دور از واقعیت بودند. نتایج نشان داد که روابط کمفورت، زیشارد و شعاع ثابت محاسبه‌ای (CFR) نسبت به روش دوپویی برتری داشت. همچنین عوامل مؤثر بر حریم چاه نیز مورد بررسی قرار گرفت. از آنجا که میزان آبدهی چاه، هدایت هیدرولیکی، مدت زمان پمپاژ و قابلیت انتقال رابطه مستقیمی با حریم چاه دارند در این پژوهش نیز با افزایش این عوامل حریم چاه افزایش یافت. اما ضریب ذخیره بر خلاف این عوامل دارای رابطه معکوس با حریم چاه است و با افزایش مقدار ضریب ذخیره، حریم چاه کاهش یافت. به طور کلی طبق نتایج به‌دست آمده در صورت وجود پارامترهای قابل اعتماد برای منطقه استقرار چاه‌ها، می‌توان از این مدل کامپیوتری به عنوان یک ابزار مفید برای تعیین حریم کمی چاه بهره جست، که در مقایسه با سایر روش‌ها با دقت و سهولت بیشتری حریم کمّی منابع را محاسبه می‌نماید.

واژه‌های کلیدی: پارامترهای هیدرودینامیکی، حریم کمّی، دوپویی، زیشارد، کمفورت.

مقدمه

در سال‌های اخیر، بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی به طور فزاینده‌ای برای تأمین آب مورد نیاز، به خصوص در کشورهای کم درآمد و مناطقی که دسترسی کمتری به آب-های سطحی دارند، افزایش یافته است. آب‌های زیرزمینی غالباً به عنوان منبعی نامرئی و پایان‌ناپذیر معرفی می‌شوند، در حالی‌که این منبع یکی از منابع شکننده و مستعد دریافت آلودگی است (Bahrami et al. 2020 a and b). وضعیت سفره‌های آب زیرزمینی کشور چندان امیدوارکننده نیست. در دهه‌های پیش مطابق آمارها، کشور ایران از 130 میلیارد مترمکعب منابع آب زیرزمینی برخوردار بود، اما منابع آب تجدیدشونده در 20 سال گذشته به 110 میلیارد مترمکعب و در 6 سال گذشته به کمتر از 100 میلیارد متر-مکعب کاهش یافته است.

بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی توسط چاه و قنات پیشینه قدیمی ایرانیان بوده است. قنات‌ها تا 50 سال پیش در ایران به خوبی کارائی داشته و مورد استفاده قرار می‌گرفتند، زیرا در اکثر لایه‌های آبدار میزان تغذیه طبیعی به مراتب بیشتر و یا حداقل در حد استخراج آب توسط قنات بود. اما با ورود فناوری چاه و پمپ که در مدت کوتاهی این امکان را به-وجود می‌آورد که در نقطه مورد نظر چاهی را حفر و آب استخراج کرد به تدریج سطح ایستابی در اکثر دشت‌ها افت پیدا کرد و گالری قنات‌ها به‌عنوان تونل‌های خشک در بالای سطح ایستابی قرار گرفتند. بدین ترتیب اکثر قنات‌ها خشک و از چرخه استفاده خارج شدند. به‌طوری‌که امروزه چاه اساسی‌ترین ابزار استفاده از آب‌های زیرزمینی شده است. اما استفاده بیش از حد از آب‌های زیرزمینی توسط چاه‌ها نیز باعث گردیده است که آبدهی آنها کاهش پیدا کرده و تعدادی از آنها نیز خشک شوند.

بر اساس آخرین آمار، در کشور حدود 800 هزار حلقه چاه وجود دارد که حدود 380 هزار حلقهٔ آن نیز چاه کشاورزی غیرمجاز است. این امر بدان معناست که بیش از 47 درصد کل چاه‌های موجود در کشور غیرمجاز هستند. بر اساس اعلام وزارت نیرو، سالانه حدود یک متر و 36 سانتی‌متر افت آب زیرزمینی اتفاق می‌افتد و فرونشست زمین معادل سالانه 11سانتی‌متر است. پدیدهٔ فرونشست موجب از بین رفتن تخلخل در لایه‌های آبرفتی زمین و از دست دادن توان نگهداری آب در دشت‌ها می‌شود. در واقع، با فرونشست دشت‌ها، قدرت نگه‌داشت آب در لایه‌های زمین کاهش می-یابد و آبخوان‌ها پر نمی‌شوند (Iran Water Resources Development Company. 2019).

بنابراین تعیین حریم چاه بسیار مهم است و می‌تواند کلیدی برای برنامه‌ریزی‌های آینده باشد. به محدوده‌ای از چاه که برداشت آب از آن موجب کاهش میزان آب‌های زیرزمینی در آبخوان آن منطقه می‌شود حریم کمّی چاه گفته می‌شود (Rock et al. 2002). اصولاً در سطح بین‌المللی حریم از دو دیدگاه کمّی و کیفی همواره مطرح بوده که در این پژوهش صرفاً بعد کمّی آن مد نظر می باشد. تعیین حریم کمّی منابع آب زیرزمینی در کشور ما و نیز در سطح بین-المللی با دو هدف عمده انجام می‌شود:

1- حفاظت کمّی از منابع آب زیرزمینی با توجه به تغییرات اقلیمی در سطح جهانی،

2- جلوگیری از تنش‌های اجتماعی و رعایت حقوق بهره-برداران از منابع آب زیرزمینی.

به منظور تعیین حریم کمّی منابع آب زیرزمینی و نیل به اهداف مذکور، شناخت مولفه‌های متعددی از ویژگی‌های هیدرودینامیکی آبخوان‌ها لازم و ضروری است و بدون شناخت و تعیین مولفه‌های مذکور نمی‌توان به این اهداف رسید. با توجه به حساسیت موضوع باید در تعیین حریم کمّی چاه‌ها دقت بیشتری شود تا از آسیب‌های افزون‌تر به آبخوان‌ها جلوگیری شود.

عوامل متعددی در تعیین حریم چاه و قنات موثر می‌باشد که مهم‌ترین این عوامل ویژگی‌های هیدرودینامیکی آبخوان، آبدهی چاه و مدت زمان پمپاژ می‌باشد. ویژگی‌های

هیدرودینامیکی آبخوان مهم‌ترین عوامل مؤثر در تعیین حریم منابع آب زیرزمینی می‌باشد و شامل چهار مؤلفه هدایت هیدرولیکی، قابلیت انتقال، ضریب ذخیره و تخلخل مؤثر می‌باشد.

روش‌های مختلفی برای محاسبه این ناحیه استفاده می‌شود که به گروه روش‌های ساده و روش‌های پیچیده تقسیم می‌شوند. روش‌های ساده شامل چندین رابطه ریاضی مانند روش‌های زیشارد، کمفورت، شولتز، کوساکین و شنیبلی هستند که اکثرا وابسته به پارامترهای شعاع چاه و هدایت هیدرولیکی منطقه چاه هستند و روش‌های پیچیده بر مبنای استفاده از روشهای عددی می‌باشد (Majidi Khalilabad et al., 2021).

در مطالعه‌ای با استفاده از روش المان تحلیلی در تعیین حریم حفاظتی بیان گردید که به طور کلی در ناحیه حفاظتی طولی به ترتیب تخلخل، ضخامت لایه اشباع، شیب هیدرولیکی و ضریب قابلیت انتقال از اهمیت بیشتری برخوردار است، در حالی‌که در ناحیه حفاظتی عرضی به ترتیب ضریب قابلیت انتقال، تخلخل، گرادیان هیدرولیکی و سپس ضخامت ناحیه اشباع دارای اهمیت بیشتری می‌باشد (Bhatt. 1993). در پژوهشی ضمن توصیف روش‌های مختلف ترسیم حریم حفاظتی چاه به مقایسه روش شعاع ثابت محاسبه‌ای و دو روش تحلیلی پرداختند. نتایج نشان داد که در آبخوان‌های با شرایط هیدروژئولوژی پیچیده، در صورت وجود داده‌های مورد نیاز استفاده از مدل عددی جهت تعیین حریم حفاظتی چاه از دقت بیشتری برخوردار می‌باشد (Moinante and Lobo-Ferreira 2005). نتایج مدل‌سازی عددی آب زیرزمینی دشت بیرجند با استفاده از نرم‌افزارWHEAM2000 و محاسبه نواحی حفاظتی برای تک تک چاه‌های مورد مطالعه نشان داد که میزان دبی بهره‌برداری و هدایت هیدرولیکی نقش به‌سزایی در اندازه و شعاع حفاظتی در محدوده شهر بیرجند داشته است، به طوری‌که بالا بودن دبی و هدایت هیدرولیکی در برخی چاه‌ها باعث بالا رفتن شعاع حفاظتی گشته است (Azizi et al., 2018).

مقایسه مدل‌های جریان تحلیلی، نیمه تحلیلی و عددی در ترسیم حریم کمی برای یک چاه در یک آبخوان نشان داد که مدل عددی نتایجی با بیشترین دقت را در مقایسه با سایر روش‌های مطالعه شده ارائه می‌دهد و دلیل آن مطابقت بهتر نتایج آن با جریان واقعی است (Springer and Bair, 1992).

در پژوهشی دیگر، ناحیه حفاظتی چاه را به کمک روش‌های تحلیلی و عددی در حالت دوبعدی و سه‌بعدی بررسی و ارزیابی کردند. همچنین تأثیر پارامتر تغذیه بر ناحیه حفاظتی چاه بررسی شد. در پایان نتیجه‌گیری کردند که تعیین ناحیهٔ حفاظتی چاه به کمک یک روش عددی، امری حیاتی و ضروری برای یک آبخوان است (Kinzelbach et al., 1992).

در مطالعه‌ای، کدی را که بر پایه برنامه‌نویسی پایتون بود به نرم افزار GMS افزودند و به کمک آن ناحیه حفاظتی چاه را برای یک آبخوان دوبعدی در شرایط ماندگار محاسبه کردند. کد مدنظر در صورت تغییر تعداد چاه‌ها، منعطف عمل می‌کند و مستقل از تعداد چاه است (Feo et al. 2017).

به منظور محاسبه و ترسیم حریم حفاظتی چاه‌های شرب، چندین روش وجود داشته که به ترتیب افزایش هزینه، دقت و پیچیدگی شامل مدل‌های تحلیلی، مدل‌های تجربی، روش‌های شعاع ثابت محاسبه‌ای (CFR)، نقشه های هیدروژئولوژی و مدل‌های عددی جریان می‌باشند. از میان روش‌های مذکور، مدل ریاضی عددی به‌دلیل در نظر گرفتن گرادیان هیدرولیکی، انواع شرایط مرزی و پارامترهای هیدرولیکی دارای تطابق بیشتری با شرایط واقعی هیدروژئولوژی آبخوان است و بهترین روش جهت تعیین حریم حفاظتی چاه محسوب می‌شود. ولی در صورت عدم وجود داده، زمان، سرمایه و تخصص کافی استفاده از روش‌های ساده‌تری مانند روش‌های شعاع ثابت محاسبه‌ای و مدل‌های تجربی نیز می‌تواند با استفاده از داده‌های هیدرولیکی و هزینه کمتر نتایج نسبتاً قابل قبولی ارائه دهد.

از دیرباز حریم منابع آب زیرزمینی عمدتاً با استفاده از فرمول‌های تجربی و تجارب کارشناسی کارشناسان وزارت

نیرو تعیین می‌شد ولی همواره جای خالی روش‌های استاندارد، کاربرپسند و دقیق‌تر به منظور تعیین دقیق مقادیر حریم کمّی این منابع احساس می‌شد. لذا در این پژوهش مدل‌های محاسباتی کامپیوتری بر مبنای فرمول‌های تجربی و معادلات هیدرولیکی برای محاسبه حریم چاه مورد بررسی قرار گرفت تا با دقت و سهولت بیشتری حریم کمّی این منابع تعیین گردد. به طوری‌که نتایج حاصل دارای بیشترین انطباق با واقعیت باشد.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش از اطلاعات چاه‌هایی واقع در شهرستان کوار در استان فارس برای محاسبه حریم این چاه‌ها استفاده شد (شکل 1). شهرستان کوار با عرض جغرافیایی 11 درجه و 29 دقیقه شمالی و طول جغرافیایی 42 درجه و 52 دقیقه شرقی در مرکز استان فارس قرار دارد. متوسط ارتفاع این شهرستان 1589 متر از سطح دریا بوده و اقلیم آن معتدل مدیترانه‌ای است. حداکثر و حداقل دمای آن به‌ترتیب در تابستان و زمستان 43 و 5- درجه سانتی‌گراد و متوسط بارندگی آن 424 میلی‌متر است.

آزمایش‌ها پس از تکمیل ساختمان چاه و از نظر آبدهی و مقدار افت آب در چاه انجام شده‌اند. برای محاسبه آبدهی چاه آزمایش افت پله‌ای انجام شد که چاه طی سه مرحله با دبی‌های مختلف پمپاژ شد. برای تعیین حریم چاه و قنات از روش‌ها و فرمول‌های محاسباتی مختلفی استفاده می شود. متداول‌ترین و ساده‌ترین آن‌ها، فرمول‌های تجربی و یا شعاع ثابت محاسبه‌ای (CFR) است که طی سالیان دراز از طریق تجارب کارشناسی حاصل شده است (Abedi Kopai et al., 2017).

فرمول‌های تجربی بسیاری از طریق تجارب کارشناسی و توسط محققین در تعیین حریم چاه‌ها ارائه شده است که در این پژوهش سه روش مورد ارزیابی قرار گرفت. با توجه به فرمول‌های ارائه شده و با در نظر گرفتن دامنه کاربرد هر یک از آنها، کارشناسان می‌توانند با در نظر گرفتن خصوصیات حاکم بر آبخوان هر منطقه و کاربرد یک یا چند روش ارائه شده و حذف ارقام نامتعارف، به یک عدد میانگین و تقریبی برسند.

زیشارد رابطه زیر را برای محاسبه حریم چاه ارائه داده است (Naseri et al., 2004):

$$R = 3000 \times S \times \sqrt{K} \qquad (1)$$

که در آن R شعاع تأثیر چاه (m)، S افت سطح آب در زمان پمپاژ در داخل چاه (m) و K قابلیت هدایت هیدرولیکی آبخوان (m/s) می‌باشد. هرچند این معادله یکی از ساده-ترین روش‌های تعیین حریم چاه می‌باشد و در حال حاضر توسط تعداد زیادی از کارشناسان مورد استفاده قرار می‌گیرد اما به دلیل این‌که میزان آبدهی چاه (Q) در آن دخالت داده نشده است اغلب در زمان محاسبه حریم، کارشناسان را دچار خطا می‌کند.

روش دیگری که توسط پژوهشگران ارائه شده رابطه کمفورت است (Naseri et al., 2004):

$$R = 550\sqrt[4]{H.K.I} \qquad (2)$$

که در آن H ضخامت آبخوان (m)، K قابلیت هدایت هیدرولیکی (m/s)، I گردایان هیدرولیکی و R حریم چاه (m)است. عدم اطلاع دقیق از مقدار K در آبخوان‌های کشور و عدم دسترسی آسان به میزان گرادیان هیدرولیکی آب زیرزمینی و از طرف دیگر مد نظر قرار ندادن آبدهی چاه (Q)در محاسبات، محدودیت استفاده از این فرمول را دو چندان می‌نماید.

روش معمول در محاسبه شعاع تأثیر چاه استفاده از فرمول دوپویی است (Naseri et al., 2004):

$$R = r_0 \times e^{\frac{\pi K(H^2 - h^2)}{Q}} \qquad (3)$$

که در آن Q آبدهی چاه (m^3/s)، K قابلیت هدایت هیدرولیکی (m/s)، H فاصله سطح ایستابی تا سنگ کف (m)یا ارتفاع سطح آب در آبخوان قبل از پمپاژ، h فاصله سطح آب در چاه تا سنگ کف (m) یا ارتفاع آب در چاه

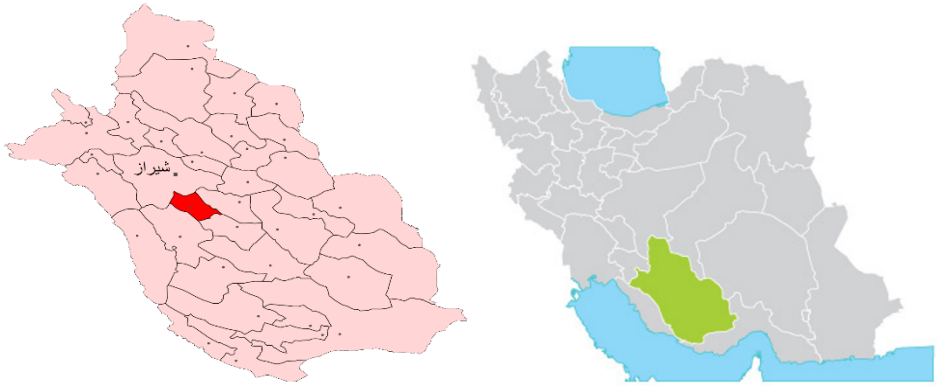
پمپاژ، *(H-h)* میزان افت در چاه پمپاژ که قابل اندازه‌گیری با عمق یاب می‌باشد، r_0 شعاع چاه پمپاژ (m) و e پایه لگاریتم طبیعی یا نپرین است که مقدار آن حدود 2/718 می‌باشد. با توجه به این‌که میزان آبدهی چاه *(Q)* جهت محاسبه حریم در نظر گرفته شده و مشروط به رعایت کلیه نکات فنی در زمان حفر چاه مقادیری که برای حریم به دست خواهد آمد از دقت بالایی برخوردار می‌باشد.

روش شعاع ثابت محاسبه‌ای (CFR) نیز روش نسبتاً ساده‌ای است که برای بسیاری از منابع آب (مثل چاه، چشمه یا قنات) قابل استفاده می‌باشد. این روش ساده‌ترین و کم‌هزینه‌ترین روش جهت تعیین حریم حفاظتی چاه بوده و معمولاً برای تعریف یک حریم اولیه و ابتدایی قبل از جمع‌آوری اطلاعات مورد نیاز برای استفاده از یک روش پیچیده‌تر و مناسب‌تر به‌کار می‌رود. در این روش دایره‌ای در اطراف چاه به مرکزیت چاه) ترسیم می‌شود که شعاع دایره بر اساس خصوصیات آبخوان و چاه محاسبه می‌شود. اساس این روش تخمین حجمی از آبخوان است که آب مورد نیاز یک چاه در حال پمپاژ را در یک دوره زمانی معین، تأمین می‌کند. اگر بخشی از آبخوان را که تحت تأثیر چاه در حال پمپاز قرار دارد به صورت یک استوانه در نظر بگیریم رابطه نهایی جهت محاسبه شعاع استوانه به شکل زیر خواهد بود (U.S.EPA, 1987):

$$R = \sqrt{\frac{Q.t}{n.H.\pi}} \qquad (4)$$

در این رابطه R شعاع استوانه (m)، Q میزان پمپاژ (m^3 / day)، H طول اسکرین یا بخش مشبک چاه (بر حسب متر، برای چاه‌های ناقص ضخامت اشباع آبخوان در محل چاه مورد استفاده قرار می‌گیرد)، n تخلخل مواد آبخوان (بدون بعد) و t زمان حرکت (روز) می‌باشد.

به‌منظور تسهیل در محاسبه حریم کمّی چاه‌ها، کدنویسی روش‌های مذکور در اکسل انجام شده و از اطلاعات مربوط به چهار چاه در استان فارس که از گزارش‌های اداره آب تهیه شده است برای محاسبه حریم این چاه‌ها و تعیین عوامل مؤثر بر آن استفاده گردید.



شکل 1- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

Figure 1- Geographical location of the study area

نتایج و بحث

نتایج مربوط به آزمایش پمپاژ مربوط به یکی از چاه‌های مورد مطالعه در جدول (1) آمده است. با استفاده از این اطلاعات، شعاع تأثیر این چاه‌ها با روش‌های زیشارد، کمفورت و دوپویی و CFR محاسبه گردید که نتایج آن در جدول (2) آورده شده است. نتایج نشان می‌دهد حریم محاسبه شده توسط روابط کمفورت و زیشارد و CFR مشابه یکدیگر می‌باشند و نتایج آن‌ها به واقعیت نزدیک‌تر می‌باشد

اما حریم محاسبه شده توسط رابطه دوپویی مقادیر بسیار کوچکی دارد که این نتایج دور از واقعیت به‌نظر می‌رسد. در نتیجه می‌توان اذعان داشت در این پژوهش روابط کمفورت، زیشارد و شعاع ثابت محاسبه‌ای در مقایسه با روابط دیگر قابل اعتمادتر بوده و لذا مناسب‌ترین روش جهت محاسبه حریم کمّی چاه به حساب می‌آیند.

جدول (1) گزارش آزمایش پمپاژ مربوط به یکی از چاه‌های مورد مطالعه

Table (1) Report of pumping test related to one of the studied wells

زمان برگشت آب به سطح اولیه Time required to return to baseline	ضریب ذخیره (-) Storage coefficient	افت آب از سطح زمین (cm) Water drop from the ground	میزان آبدهی (L/S) Flow rate	پرش آب از دهانه (cm) Water jump from the wellhead	دور موتور (rpm) Motor speed	زمان شروع (min) Start time
	0.005	145	8	17	1000	5
	0.002	160	8	17	1000	10
	0.0008	189	8	17	1000	20
	0.0003	201	8	17	1000	40
	0.0001	215	8	17	1000	70
	0.0000000001	215	8	17	1000	110
	0.0003	217	11	23	1300	5
	0.001	220	11	23	1300	10
	0.0008	224	11	23	1300	20
114 min	0.00004	225	11	23	1300	40
	0.0002	226	11	23	1300	70
	0.0001	226	11	23	1300	110
	0.0049	228	16	32	1500	5
	0.0041	230	16	32	1500	10
	0.0011	234	16	32	1500	20
	0.00058	237	16	32	1500	40
	0.00032	240	16	32	1500	70
	0.00020	240	16	32	1500	110

جدول (2) مقادیر شعاع تأثیر محاسبه شده توسط روش‌های مختلف (متر)

Table (2) Influence radius values calculated by different methods

چاه well	Q (L/S)	H_w (m)	H (m)	R_w (m)	I (-)	K (m/day)	T (m^2/day)	R (زیشارد)	R (کمفورت)	R (دوپویی)	R (CFR)
1	11.0	40	42	0.228	0.38	5.44	224.64	47.62	97.64	6.16	45.34
2	11.5	35.4	40	0.228	1.06	6.05	241.92	115.46	128.52	5.10	46.36
3	13.2	46.34	50	0.222	0.74	22.46	1123.20	55.88	96.85	7.14	49.67
4	16.0	38.85	42	0.203	0.61	129.60	5529.60	38.79	244.70	5.01	54.68

بررسی عوامل مؤثر بر حریم کمّی چاه

در برخی از چاه‌ها زمان لازم برای ایجاد مخروط افت ثابت یا به‌عبارتی زمان لازم برای رسیدن سطح آب زیرزمینی به حالت ثابت (زمانی که دیگر افت سطح آب زیرزمینی در چاه وجود نداشته باشد) طولانی است. با گذشت زمان دامنه مخروط افت نیز بیشتر و نهایتاً شعاع تأثیر و یا حریم چاه بیشتر می‌شود. همان‌طور که در جدول (1) مشاهده می‌شود در هر سه دبی از زمان 70 دقیقه تا 110 دقیقه افت ثابت شده و مدت زمان برگشت آب به سطح اولیه حدود 114 دقیقه برآورد شده که با توجه به طولانی شدن زمان لازم برای رسیدن سطح آب چاه به حالت ثابت می‌توان نتیجه گرفت که حریم چاه نیز افزایش می‌یابد.

هدایت هیدرولیکی که به میزان تخلخل مفید، شکل و اندازه دانه‌های تشکیل‌دهنده آبخوان و خصوصیات سیال نظیر چگالی و ویسکوزیته بستگی دارد، رابطه مستقیم با میزان حریم دارد. به عبارتی هر چه میزان این مؤلفه در آبخوان بیشتر باشد شعاع تأثیر چاه نیز بیشتر خواهد بود. مطالعات مشابه انجام شده (Azizi et al., 2018) نشان داد که بالا بودن دبی و هدایت هیدرولیکی در برخی چاه‌ها باعث بالا رفتن شعاع حفاظتی گشته که با نتایج حاصل از این پژوهش مطابقت دارد.

میزان آب پمپاژی از چاه همواره یکی از مؤلفه‌های مهم و تأثیرگذار است که به‌صورت مستقیم در میزان حریم چاه اثر می‌گذارد. با افزایش دبی چاه، گسترش مخروط افت بیشتر شده و این موضوع سبب افزایش شعاع تأثیر و حریم چاه می‌گردد. نتایج جدول (2) نشان می‌دهد که با افزایش آبدهی چاه در هر سه رابطه میزان حریم چاه نیز افزایش یافته است.

قابلیت انتقال آبخوان دلالت بر قدرت و توانایی آبخوان جهت اجازه عبور آب از ضخامت آن را دارد. قابلیت انتقال آبخوان رابطه مستقیم با دو مؤلفه مذکور داشته و لذا رابطه مستقیم با حریم چاه و قنات دارد. بنابراین هر چه میزان این مؤلفه بیشتر باشد، رشد عمودی مخروط افت کمتر و برعکس گسترش مخروط افت در جهت افقی بیشتر و به تبع آن حریم چاه بیشتر می‌شود. نتایج به‌دست آمده در جدول (2) نیز نشان می‌دهد که با افزایش قابلیت انتقال، حریم چاه نیز افزایش یافته است.

برعکس عوامل مؤثر قبل، ضریب ذخیره با میزان حریم چاه رابطه معکوس دارد. بدین معنا که در آبخوان‌های با ضریب ذخیره زیاد که ناشی از تخلخل مفید بالای آبخوان می‌باشد، گسترش مخروط در دو جهت افقی و قائم محدود می‌شود و بنابراین شعاع مخروط افت که همان حریم چاه می‌باشد، کم می‌شود. لازم به ذکر است که در سفره زیرزمینی از نوع آزاد ضریب ذخیره و تخلخل برابر هستند. مطالعات مشابه انجام شده (Abedi Kopai et al., 2017) نیز نشان داد که با افزایش تخلخل میزان حریم کاهش می‌یابد که با نتایج به دست آمده در این پژوهش مطابقت دارد.

نتیجه‌گیری

در این تحقیق روش‌های مختلف محاسبه حریم چاه و اثر عوامل مؤثر بر حریم چاه مورد بررسی قرار گرفت. تعیین

ناحیه دقیق حریم کمّی چاه‌ها بسیار حائز اهمیت است، زیرا کوچک محاسبه شدن این ناحیه و در نظر گرفتن آن برای سناریوهای مدیریتی احتمال افزایش ریسک کار را بالا برده، همچنین بزرگ محاسبه شدن این محدوده مشکلات و معایب مربوط به خود را دارد، بنابراین نیاز است حالت بهینه آن تعیین گردد.

نتایج نشان داد که حریم محاسبه شده توسط رابطه دوپویی بسیار کوچک بود و با شرایط واقعی مطابقت نداشت. از بین روش‌های استفاده شده برای محاسبه حریم چاه، روابط کمفورت، زیشارد و شعاع ثابت محاسبه‌ای (CFR) به دلیل تطابق بیشتر با واقعیت به عنوان بهترین روش انتخاب گردیدند. همچنین نتایج نشان داد که با افزایش مقدار مؤلفه‌های هیدرودینامیکی اعم از هدایت هیدرولیکی، آبدهی چاه، قابلیت انتقال و مدت زمان پمپاژ حریم چاه نیز افزایش یافت و با افزایش ضریب ذخیره حریم چاه کاهش پیدا کرد. همچنین نتایج نشان داد که با افزایش مقدار مؤلفه‌های هیدرودینامیکی اعم از هدایت هیدرولیکی، آبدهی چاه، قابلیت انتقال و مدت زمان پمپاژ حریم چاه نیز افزایش یافت و با افزایش ضریب ذخیره حریم چاه کاهش پیدا کرد. بنابراین در صورت عدم وجود داده، زمان، سرمایه و تخصص کافی استفاده از روش‌های ساده‌تری مانند روش‌های شعاع ثابت محاسبه‌ای (CFR) و مدل‌های تجربی می‌توانند با استفاده از داده‌های هیدرولیکی و هزینه کمتر نتایج قابل قبولی ارائه دهند.

به طور کلی مدل کامپیوتری ارائه شده مناسب‌ترین روش جهت محاسبه حریم کمی چاه می‌باشد که در مقایسه با سایر روش‌ها این روش با دقت و سهولت بیشتری حریم کمی منابع را محاسبه می‌نماید و استفاده از این روش فقط زمانی توصیه می‌شود که اطلاعات مورد نیاز و کافی در منطقه مورد نظر وجود داشته باشد. قابل ذکر است این مدل به دلیل در نظر گرفتن گرادیان هیدرولیکی و پارامترهای هیدرولیکی دارای تطابق بیشتری با شرایط واقعی می‌باشد و بهترین روش جهت تعیین حریم کمّی است.

منابع

1. Abedi Kopai J. Zamani N. Goodarzi M. Akhavan S. 2017. Investigation of protection privacy methods using WhAEM2000 analytical model in drinking wells of range-owners aquifers. Iranian Water Resources Research. 13 (4) 39-50. [in Persian]
2. Azizi M. Akbarpour A. Jafarzadeh A. 2018. Comparison of wellhead protection area drawing methods (Case study: Ghaen plain). The first national conference on modeling and new technologies in water management. Birjand. Iran.
3. Bhatt K. 1993. Uncertainty in wellhead protection area delineation due to uncertainty in aquifer parameter values. Journal of Hydrology. 149(1-4) 1-8.
4. Bahrami M. Khaksar E. Khaksar E. 2020a. Spatial variation assessment of groundwater quality using multivariate statistical analysis (Case Study: Fasa Plain, Iran). Journal of Groundwater Science and Engineering. 8 (3) 230-243.
5. Bahrami M. Zarei A. R. Rostami F. 2020b. Temporal and spatial assessment of groundwater contamination with nitrate by nitrate pollution index (NPI) and GIS (case study: Fasarud Plain, southern Iran). Environmental geochemistry and health. 42(10) 3119-3130.
6. Feo A, Zanini A, Petrella E, Celico F. (2017). A Python Script to Compute Isochrones for MODFLOW, Groundwater, 10:1-7.

7. Iran Water Resources Development Company, the latest report on the status of groundwater resources in 1397-1398 [in Persian]

8. Kinzelbach W, Marburgrer M, Chiang W (1992). Determination of groundwater catchment areas in two and three spatial dimensions, Journal of Hydrology, 134:221-246.

9. Majidi Khalilabad N, Mohtashami A, Akbarpour A (2021). Determination of Well's Capture Zones Using Random Walk Algorithm and FeFlow Simulation Model, Iranian Journal of Irrigation & Drainage, 14(6):1984-2002.

10. Moinante M. J. Lobo-Ferreira J. P.2005. On wellhead protection assessment methods and a case-study application in Montemor-o-Novo, Portugal. In The fourth inter-celtic colloquium on hydrology and management of water resources (pp. 21-34).

11. Naseri H. R. Gharehmahmoodloo M. 2004. Using protection maps to prevent contamination of drinking water wells. Geographical Journal of Territory. 1(2, 35-49. [in Persian]

12. Rock G. Kupfersberger H. 2002. Numerical delineation of transient capture zones. Journal of Hydrology. 269(3-4) 134-149.

13. Springer A E, Bair E S. (1992). Comparison of methods used to delineate capture zones of wells: 2. Stratified-drift buried-valley aquifer, Groundwater, 30(6):908-917.

14. U.S. Enviromental Protection Agency (1987) Guidance for Delineation of Wellhead Protection Areas, U.S. EPA, Office of Groundwater Protection, Washington, D.C, 354.

Journal of Aquifer and Qanat (semi-annual)

Vol 3, No 2, Autumn & Winter, 2021

P 14-23

http://dx.doi.org/10.22077/jaaq.2022.2193

University of Birjand

Original Article:

Investigation and Comparison of Different Methods for Calculating the Well Radius of Influence in Kavar County of Fars Province

Mehdi Bahrami[1]*, Sara Rajabi[2]

[1*]Associate Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Fasa University

[2]Master student, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Fasa University

*Corresponding Author E-mail: bahrami@fasau.ac.ir

Received: 25-08-2021; Accepted: 07-03-2022

Abstract

In the last three decades, drilling a large number of authorized and unauthorized wells has reduced the groundwater level in many aquifers of Iran. In order to improve these conditions, the utilization of groundwater resources should be controlled by considering the appropriate capture zones between wells and qanats. Therefore, a capture zone is considered for each well in operation. In this study, using empirical relationships (Zishard, Comfort, and DuPuit), calculated fixed radius method, and hydraulic equations, computer computational models were presented and the capture zone of 4 wells with three flows of 8, 11, and 16 L/s was investigated and calculated in Kavar county (Fars Province). The capture zones calculated by the DuPuit relationship for wells 1 to 4 were 6.16, 5.10, 7.14, and 5.01 m, respectively, which were very small and far from reality. The results showed that Zishard, Comfort, and CFR methods were superior to the DuPuit relationship. Factors affecting the well capture zone were also examined. Since well discharge rate, hydraulic conductivity, pumping time, and transmissivity are directly related to capture zone, with increasing these factors, capture zone also increased. However, unlike the previous factors, the storage coefficient has an inverse relationship with the capture zone and with increasing the amount of storage coefficient, the capture zone decreased. In general, according to the obtained results, if there are reliable parameters for the well location, this computer model can be used as a useful tool to determine the capture zone.

Keywords: Hydrodynamic Parameters, Capture Zone, DuPuit, Zishard, Comfort.