اکوهیدرولوژی

دورهٔ ۴، شمارهٔ ۳، پاییز ۱۳۹۶، ص ۷۶۱-۷۴۹

ارزیابی نقش طرح پخش سیلاب سرچاهان- هرمزگان در تغذیهٔ مصنوعی آب زیرزمینی

اباذر مصطفائی[1*]، وحیده مرادنیا[2]، مسعود گودرزی[3]

۱. دکتری آب‌شناسی، پژوهشکدهٔ حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی

۲. کارشناس ارشد آب زیرزمینی، پژوهشکدهٔ حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی

۳. استادیار، پژوهشکدهٔ حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی

(تاریخ دریافت ۱۳۹۵/۱۰/۱۰؛ تاریخ تصویب ۱۳۹۶/۰۱/۳۰)

چکیده

اگرچه بیشتر اقلیم کشور ایران خشک و نیمه‌خشک است، سالانه حجم شایان توجهی آب از طریق سیلاب‌ها از دسترس خارج می‌شود. بنابراین، سامانه‌های پخش سیلاب برای کنترل سیل و مواجهه با کم‌آبی قریب به سه دهه است که در کشور اجرا می‌شوند. هدف از این پژوهش، بررسی تأثیر شبکهٔ پخش سیلاب منطقهٔ سرچاهان استان هرمزگان بر تغذیهٔ مصنوعی سفرهٔ آب زیرزمینی با استفاده از راهکار حجم کنترلی است. سامانهٔ پخش سیلاب یادشده در عرصه‌ای به مساحت ۸۴۰ هکتار اجرا شده است. پس از بررسی آب‌نمود چاه‌ها، آب‌نگار بارش و حجم سیلاب‌های واردشده به سیستم، با بررسی نوسانات سطح آب زیرزمینی در چاه‌های مشاهده‌ای، تأثیر طرح پخش سیلاب در تغذیهٔ مصنوعی سفرهٔ آب زیرزمینی بررسی شد. نتایج نشان داد تراز آب زیرزمینی در چاه‌های مشاهده‌ای واقع در عرصه، بعد از سیل‌گیری‌های اولیه افزایش نسبی داشته‌اند به‌طوری که آب‌نمود چاه مشاهده‌ای واقع در عرصهٔ پخش، افزایش شایان توجهی حدود ۱/۳٤ متر را نشان می‌دهد. همچنین، تغییرات سطح آب زیرزمینی در محدوده حجم کنترل با روند تغذیه/برداشت کاملاً همخوانی دارد و بر همین اساس در سال ۱۳۸٦ سطح آب زیرزمینی به میزان ٤/٤۳ متر افزایش داشته است. نتایج بررسی‌ها نشان داد در دشت گهکم-سعادت‌آباد، بارندگی‌های با بیش از ٦۰ میلی‌متر یا بارش‌های متوالی با مقادیر زیاد، به تغذیه در عرصهٔ پخش سیلاب منجر می‌شوند. در مجموع، نتایج تحقیق نشان داد پروژهٔ پخش سیلاب سرچاهان در سال‌های بررسی‌شده نتوانسته است در حد انتظار سهم تغذیه را به شکل معناداری افزایش دهد.

کلیدواژگان: تغذیهٔ مصنوعی، حجم کنترل، سرچاهان، سطح آب زیرزمینی، نوسانات.

* نویسندهٔ مسئول

Email: Abazar.Mostafaei@gmail.com

Archive of SID

www.SID.ir

مقدمه

از آنجا که اقلیم غالب ایران خشک و نیمه‌خشک است، همواره با کمبود منابع آبی روبه‌رو بوده است [۱]. به‌ویژه در دهه‌های اخیر، به‌دلیل افزایش نسبی دما، و کاهش متوسط بارش از ۲۵۰ به ۲۳۰ میلی‌متر در سال، محدودیت دو چندان در دسترسی به منابع آب سطحی در کشور به‌وجود آمده است [۲] و به‌دلیل همین محدودیت، میزان برداشت از منابع آب زیرزمینی در کشور به‌شدت افزایش یافته است. به‌طوری که امروزه از تعداد کل ۵۳۶ دشت موجود در کشور، تعداد ۳۰۰ دشت به دلیل اضافه برداشت، ترازنامهٔ آب زیرزمینی منفی دارد و در حال حاضر، هر گونه حفر چاه و بهره‌برداری جدید در این دشت‌ها ممنوع است [۳]. از طرف دیگر، به‌دلیل وجود باران‌های ناگهانی و سیل‌آسا در کشور، حجم شایان توجهی از آب توسط سیلاب از دسترس خارج می‌شود [۴]. بنابراین، استفاده از سیستم کنترل و پخش سیلاب به‌عنوان یک راه حل منطقی برای حل مشکل کم‌آبی در کشور، توسط محققان زیادی مطرح شده است [۵ و ۶]. بر این اساس، به دنبال اجرای طرح پخش سیلاب گربایگان- فسا در سال ۱۳۶۴، استفاده از روش یادشده با هدف اصلی کنترل سیلاب و تغذیهٔ مصنوعی آب زیرزمینی در عرصه‌های مستعد کشور به‌طور فراگیر در سال ۱۳۷۴ در کشور به اجرا درآمد و در حال حاضر بیش از ۳۷ طرح پخش سیلاب در سطحی حدود ۵۲ هزار هکتار در کشور اجرا شده است [۷]. اجرای سیستم پخش سیلاب سرچاهان با هدف کنترل سیل و تغذیهٔ مصنوعی در آبخوان گهکم- سعادت‌آباد در سال ۱۳۷۶ شهرستان حاجی‌آباد استان هرمزگان صورت گرفته است [۸]. با گذشت حدود ۲۰ سال از اجرای سیستم تغذیهٔ یادشده در سطحی به اندازهٔ ۸۴۰ هکتار، لازم است میزان اثرگذاری آن در تغذیهٔ سفرهٔ آب زیرزمینی بررسی شود. بنابراین، این تحقیق با هدف ارزیابی تأثیر سیستم پخش سیلاب سرچاهان در تغذیهٔ مصنوعی سفرهٔ آب زیرزمینی صورت گرفت.

پیشینهٔ تحقیق

در خصوص ارزیابی تأثیرات طرح پخش سیلاب بر مسائل مختلف آب و خاک، تحقیقات متنوعی صورت گرفته است. بدین‌منظور، بررسی رسوبات به‌جامانده از سیل‌گیری در عرصهٔ پخش سیلاب سرچاهان نشان داده است رسوبات یادشده سبب افزایش شوری و املاح خاک شده است [۸]. همچنین، تجمع املاح در آبگیرهای طرح پخش سیلاب تسوج در درازمدت سبب شوری آب‌های زیرزمینی و منطقهٔ غیراشباع دشت شده است، چرا که بعد از سال ۱۳۷۹ (شروع آبگیری طرح) شوری آب‌های زیرزمینی دشت تسوج زیاد شده است [۹]. در تحقیقی دیگر بیان شده است که عملیات پخش سیلاب در منطقهٔ سرچاهان حداقل تا سال ۱۳۸۸ تأثیری در بهبود شرایط برای رشد و نمو پوشش گیاهی در منطقه نداشته است [۱۰]. منوری و همکارانش [۱۱] معتقدند که به‌طور کلی احداث و بهره‌برداری هر طرح توسعه از جمله اجرای طرح تغذیهٔ مصنوعی، موجب بروز برخی تأثیرات مثبت و منفی و نگرانی‌های کوتاه‌مدت و بلندمدت زیست‌محیطی در گسترهٔ تحت تأثیر و تأثیرگذار آنها می‌شود. بررسی تأثیر پخش سیلاب بر خصوصیات فیزیکی خاک در پخش سیلاب دلیجان، استان مرکزی نشان داده است که پخش سیلاب به‌طور معناداری موجب کاهش مقدار شن، نفوذپذیری و وزن مخصوص ظاهری خاک شده است و از نظر مقدار رس، سیلت و درصد رطوبت اشباع، افزایش معناداری در عرصهٔ پخش داشته است [۱۲]. تحقیقی دیگر در عرصهٔ پخش سیلاب بندعلیخان ورامین نشان داده است که میزان کربن آلی، هدایت الکتریکی، نیتروژن، فسفر، پتاسیم، رطوبت اشباع خاک، شن و رس خاک پای بوته در مقایسه با خاک بین بوته افزایش و درصد سیلت در خاک زیر بوته کاهش معناداری داشته است و اجرای سیستم پخش سیلاب سبب افزایش تدریجی حاصل‌خیزی خاک در منطقه شده است [۱۳].

به‌طور کلی، در خصوص بررسی تأثیرات طرح‌های مختلف پخش سیلاب بر منابع آب زیرزمینی تحقیقات متعددی در کشور صورت گرفته است. بررسی تأثیر پخش سیلاب در تغذیهٔ مصنوعی سفرهٔ آب زیرزمینی دشت موسیان نشان داده است افت سطح ایستابی حتی پس از انجام عملیات تغذیهٔ مصنوعی وجود خواهد داشت و لازم است میزان برداشت از آب زیرزمینی مدیریت شود [۱۴]. از طرف دیگر، در تحقیقی هشت‌برابر شدن سطح اراضی کشاورزی آبی در منطقه گربایگان، متأثر از استحصال و پخش سیلاب گربایگان قلمداد شده است [۱۵]. بررسی تأثیر پخش سیلاب

Archive of SID

www.SID.ir

بر وضعیت کشاورزی و سطح سفره‌های آب زیرزمینی در آبخوان تسوج نشان داده است کمترین سطح آب زیرزمینی در سال ۱۳۷۳ دارای تراز ۱۳۱۹ متر بوده که بعد از هفت سال یعنی سال ۱۳۸۰ کمترین سطح تراز به ۱۳۰۹ متر از سطح دریاهای آزاد رسیده است، که نشان‌دهندهٔ ۱۰ متر افت آب زیرزمینی در این دشت است [۹]؛ ولی بعد از سال ۱۳۸۰ یعنی بعد از آبگیری سامانهٔ پخش سیلاب تسوج، سطح آب زیرزمینی افت نکرده و در حال تعادل بوده است. در عین حال بر اثر عملیات پخش سیلاب در دشت تسوج، اراضی کشاورزی پایین‌دست گسترده‌تر شده‌اند [۹]. در تحقیقی دیگر، با ارزش‌گذاری آب حاصل از طرح پخش سیلاب گربایگان اظهار شده است که ظرفیت تأمین آب منطقه از ۴/۰۸ میلیون مترمکعب به بیش از ۱۴/۰۳ افزایش یافته است و ارزش آب حاصل از اجرای پخش سیلاب در سطح ظرفیت طرح، معادل ۲۷/۵۷ میلیارد ریال محاسبه شده است [۱۶]. در بررسی تأثیر طرح پخش سیلاب گربایگان در توسعهٔ منابع آب اذعان شده است که طرح یادشده تا حدودی تأثیر خنثی‌کنندهٔ عامل برداشت بی‌رویهٔ آب زیرزمینی از آبخوان را به‌عهده داشته است [۱۷ و ۱۸]. بررسی تأثیر پخش سیلاب بر منابع آب زیرزمینی دشت کوهدشت نشان داده است طرح یادشده در نفوذ آب به داخل زمین کارایی خوبی داشته است و از هدررفتن آب در منطقه، جلوگیری کرده است [۱۹]. همچنین، تخمین میزان تغذیهٔ ناشی از پخش سیلاب در گربایگان با استفاده از بیلان و مدل‌سازی نشان داده است در ماه‌های خشک کمتر از ۰/۱۰ و در ماه‌های پربارش حجمی حدود ۴/۵ میلیون مترمکعب آب به سفرهٔ آب زیرزمینی تغذیه می‌شود [۴]. در تحقیقی دیگر، ارزیابی میزان تغذیهٔ مصنوعی ناشی از پخش سیلاب گربایگان با استفاده از داده‌های ثبت‌شده، نشان داده است چاه مشاهده‌ای واقع در مرکز پخش سیلاب نسبت به سایر چاه‌های مشاهده‌ای کمتر تحت تأثیر خشکسالی قرار گرفته است [۲۰].

در تحقیقات گذشته بیشتر سعی شده است که تأثیرات طرح‌های پخش سیلاب بر منابع آب زیرزمینی در مقیاس دشت مطالعه شود. در حالی که طرح‌های تغذیهٔ مصنوعی در کشور، بیشتر به روش پخش آب و به‌صورت موضعی و در یک سطح محدود به اجرا درمی‌آیند، بنابراین انتظار می‌رود که اثرگذاری موضعی بر آب زیرزمینی داشته باشند. طرح‌های تغذیهٔ مصنوعی در شعاع تأثیر مشخص و محدود بر منابع آب زیرزمینی اثرگذار هستند [۲۱ و ۲۲]. بنابراین، بررسی میزان تأثیرات این قبیل طرح‌ها بر آب زیرزمینی در خارج از شعاع تأثیر، به‌دلیل دخالت عوامل متعدد، امری پیچیده و مشکل خواهد بود. به همین دلیل هدف از اجرای تحقیق حاضر، ارزیابی تأثیرات طرح پخش سیلاب سرچاهان بر آب زیرزمینی در مقیاس حجم کنترل[1] است. حجم کنترل محدوده‌ای از سفرهٔ آب زیرزمینی است که انتخاب مناسب آن حل معادلات حاکم بر جریان آب زیرزمینی را آسان می‌کند [۲۳]. حجم کنترل مناسب برای طرح‌های پخش سیلاب، محدوده‌ای از سفرهٔ آب زیرزمینی است که مستقیم تحت تأثیر طرح قرار دارد. بررسی میزان و دامنهٔ شعاع تأثیر طرح‌های تغذیهٔ مصنوعی توسط محققان مختلف از جمله گلوور [۲۴]، هنتوش [۲۵]، باور [۲۱] و سین [۲۲] مطالعه شده است و در این خصوص روابط ریاضی متعددی بر پایهٔ حل معادلهٔ لاپلاس ارائه شده است.

مواد و روش‌ها

منطقهٔ مطالعه‌شده

سامانهٔ پخش سیلاب سرچاهان در موقعیت جغرافیایی به طول ′۵۸ °۵۵ شرقی و به عرض ′۵۹ °۲۸ شمالی در ۱۲۰ کیلومتری شمال بندرعباس و در ۴۵ کیلومتری جنوب شهر حاجی‌آباد واقع شده است. شکل ۱ موقعیت طرح پخش سیلاب سرچاهان در کشور، استان هرمزگان و آبخوان گهکم- سعادت‌آباد را نشان می‌دهد. طرح یادشده در آبخوان گهکم- سعادت‌آباد در عرصه‌ای به مساحت کل ۸۴۰ هکتار به اجرا درآمده است. جادهٔ بین‌المللی بندرعباس - سیرجان از محل طرح یادشده عبور می‌کند. اقلیم منطقهٔ طرح در روش دمارتن، خشک با تابستان‌های گرم و زمستان‌های معتدل با ضریب خشکی ۶/۴ است و در روش آمبرژه، اقلیم منطقه در محدودهٔ بیابانی گرم میانه واقع می‌شود [۲۶]. میانگین دمای منطقه برابر ۲۵/۷ سانتی‌گراد و متوسط بیشترین دما برابر ۵۰ سانتی‌گراد در ماه‌های خرداد، تیر و مرداد و متوسط کمترین دما یک درجهٔ سانتی‌گراد در دی‌ماه است. متوسط بارندگی سالانهٔ منطقه طرح ۲۰۴ میلی‌متر است. بارندگی‌ها بیشتر در فصل زمستان و تا حدودی در فصل بهار صورت می‌گیرد که بارندگی بهاره

1. Control Volume

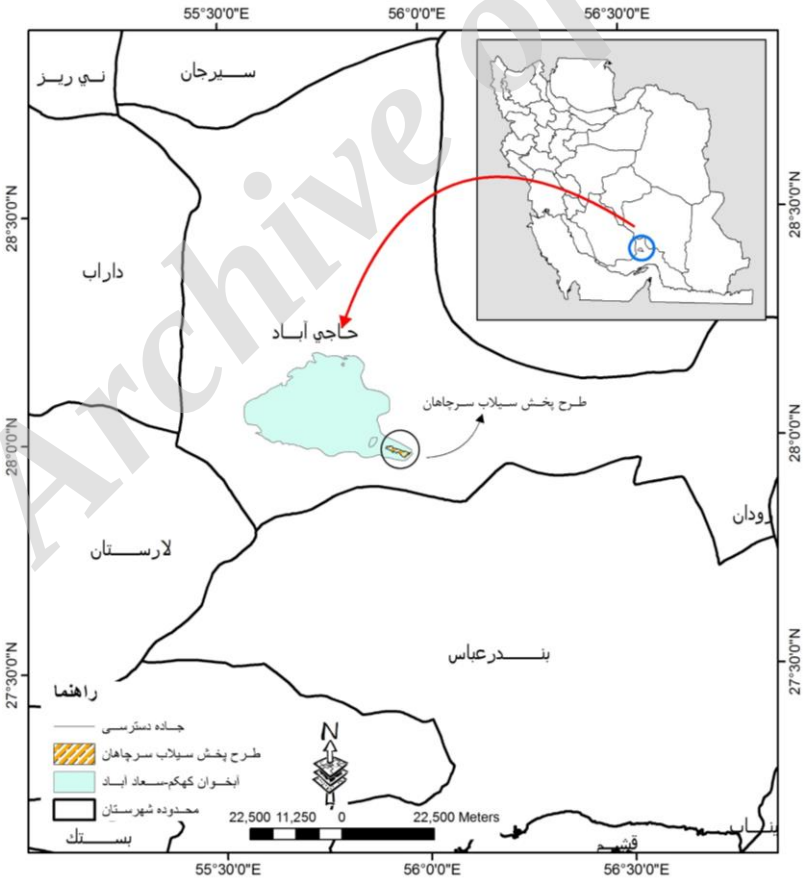
Archive of SID

www.SID.ir

شدت زیادی دارد. میزان رطوبت نسبی و تبخیر سالانهٔ منطقه به‌ترتیب ۵۵/۷ درصد و ۳۷۹۶ میلی‌متر است. سفرهٔ آب زیرزمینی در دشت گهکم- سعادت‌آباد یک سفرهٔ آزاد متشکل از نهشته‌های سخت‌نشدهٔ کواترنری است که با ضخامت حدود ۶۰ متر در قسمت‌های غربی تا حدود ۲۴۰ متر در قسمت‌های شرقی دشت متغیر است. وسعت پهنهٔ آبرفتی کل دشت گهکم- سعادت‌آباد حدود ۶۱۰ کیلومترمربع است که از قسمت جنوب به‌وسیلهٔ ارتفاعات تنگ‌زاغ و زادمحمود، از سمت شمال به‌وسیلهٔ ارتفاعات گهکم - فارغان و از سمت شرق به تپه‌ماهورها و ارتفاعات و از سمت غرب به رودخانهٔ شور محدود می‌شود. نهشته‌های سخت‌نشدهٔ عهد حاضر در دشت یادشده حاصل فرسایش رسوبات قدیمی‌تر مانند آهک‌های آسماری، جهرم، ماسه‌سنگ‌های آغاجاری، کنگلومرای بختیاری، آهک‌های گروه بنگستان و پابده هستند. از ویژگی‌های دیگر این ناحیه رخنمون گنبدهای نمکی در مجاورت آبرفت است.

روش بررسی

در مطالعات آب زیرزمینی، یکی از روش‌های حل مسائل موضعی، استفاده از روش حجم کنترل است [۲۷]. حجم کنترل در واقع محدوده‌ای مشخص از سفرهٔ آب زیرزمینی است که تحت تأثیر مستقیم یک طرح از جمله طرح تغذیهٔ مصنوعی قرار می‌گیرد و نشان‌دهندهٔ شعاع تأثیر طرح است. شکل ۱ حجم کنترل یک طرح تغذیهٔ مصنوعی را به‌صورت شماتیک نشان می‌دهد. تعیین محدودهٔ شعاع تأثیر طرح تغذیهٔ مصنوعی با استفاده از رابطهٔ تحلیلی هنتوش برای حوضچه‌های تغذیهٔ مستطیلی به‌صورت رابطهٔ ۱ ارائه شده است [۲۸]. هنتوش با استفاده از روش تبدیل لاپلاس، معادلهٔ تفاضل متناهی جزئی حاکم بر آب زیرزمینی را برای یک حوضچهٔ تغذیهٔ مستطیل‌شکل حل کرد. ایشان در حل خود سطح آب افقی را به‌عنوان شرایط اولیه و شیب سطح گنبد در مرکز حوضچه و نیز در فاصلهٔ بی‌نهایت از مرکز حوضچه برابر صفر، را به عنوان شرایط مرزی مسئله منظور کرده است [۲۲].



شکل ۱. موقعیت طرح پخش سیلاب سرچاهان در کشور، استان هرمزگان و آبخوان گهکم- سعادت‌آباد

Archive of SID

www.SID.ir

$$Z = \frac{R\bar{b}}{2S}\int_0^t \left(erf\left(\frac{\frac{L}{2}+x}{d}\right) + erf\left(\frac{\frac{L}{2}-x}{d}\right)\right) * \left(erf\left(\frac{\frac{w}{2}+y}{d}\right) + erf\left(\frac{\frac{w}{2}-y}{d}\right)\right) d\tau \quad (1)$$

که در معادلهٔ یادشده:

$$d = \sqrt{4\alpha\tau}$$

$$\alpha = \frac{K\bar{b}}{S}$$

$$Z = 2\bar{b}H$$

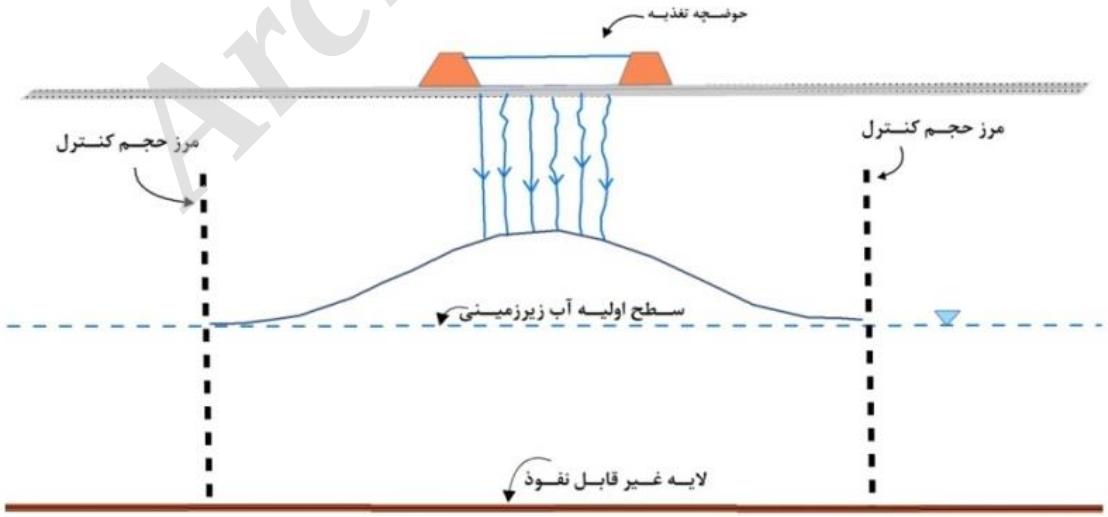
τ : متغیر انتگرال‌گیری؛ $\bar{b}$: میانگین ضخامت اشباع سفرهٔ آب در نقطه‌ای که قرار است ارتفاع گنبد محاسبه شود و از رابطهٔ $\bar{b} = \left(h(t)+b\right)/2$ به‌دست می‌آید.

H: ارتفاع گنبد نسبت به سطح اولیهٔ آب (L)،

L و W: ابعاد حوضچهٔ تغذیه (L)، که برای طرح پخش سیلاب سرچاهان به‌طور متوسط به‌ترتیب ۶۵۰۰ و ۱۲۹۰ متر هستند.

K: ضریب آب‌گذری آبخوان ($L\ T^{-1}$)، که برای طرح پخش سیلاب سرچاهان ۳۰ متر بر روز است [۲۹].

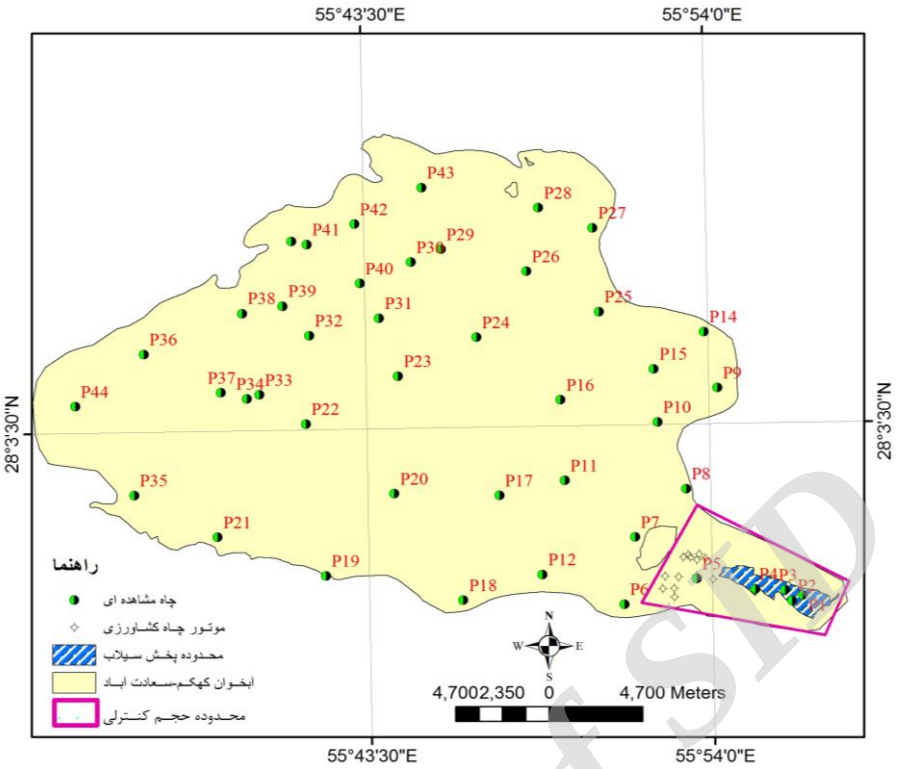
ابعاد حجم کنترل برای طرح پخش سیلاب سرچاهان با درنظرگرفتن بیشترین شعاع تأثیر احتمالی، بر اساس رابطهٔ تحلیلی هنتوش برآورد شد که مساحتی حدود ۳۴/۶۴ کیلومترمربع از آبخوان گهکم- سعادت‌آباد را در بر می‌گیرد. محدودهٔ یادشده دربرگیرندهٔ تعداد پنج حلقه چاه مشاهده‌ای شامل P_1، P_2، P_3، P_4، و P_5 است و همچنین تعداد ۱۵ حلقه چاه بهره‌برداری کشاورزی که در محدودهٔ حجم کنترل واقع شده است. پراکنش چاه‌های مشاهده‌ای در دشت آبخوان گهکم- سعادت‌آباد و نیز پراکنش چاه‌های بهره‌برداری کشاورزی در محدودهٔ حجم کنترل در شکل ۳ نشان داده شده است. در جدول ۱ موقعیت، عمق و تراز چاه‌های مشاهده‌ای بررسی‌شده ارائه شده است. میزان نوسانات تراز سطح آب زیرزمینی در پنج حلقه چاه مشاهده‌ای (آب‌نمود چاه) در پی هر رخداد سیل‌گیری بررسی شد و همچنین نوسانات سطح آب زیرزمینی با نوسانات نسبت تغذیه/تخلیه و با نسبت بارش/نفوذ با استفاده از نمودار تغییرات در واحد حجم کنترل مقایسه شد. به‌طور کلی، به‌منظور بررسی تأثیر عملیات پخش سیلاب بر منابع آب زیرزمینی آبخوان گهکم- سعادت‌آباد، آمار و اطلاعات موجود و قابل دسترسی از قبیل (سطح آب زیرزمینی چاه‌ها، مشخصات چاه‌های مشاهده‌ای، چاه‌های بهره‌برداری، حجم سیلاب ورودی به عرصهٔ پخش سیلاب و غیره) در یک دورهٔ آماری هفت‌ساله از سال ۱۳۸۳ تا ۱۳۸۹ جمع‌آوری و تجزیه و تحلیل شدند. آمار سیل‌گیری و هواشناسی از مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان هرمزگان و آمار چاه‌ها (مشاهده‌ای و بهره‌برداری) از تماب به‌دست آمده‌اند.



شکل ۲. نمایش طرح‌واره‌ای حجم کنترل در یک طرح تغذیهٔ مصنوعی

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۳. نقشهٔ محدودهٔ حجم کنترل و چاه‌های مشاهده‌ای در محدودهٔ آبخوان گهکم- سعادت‌آباد

جدول ۱. موقعیت، عمق و تراز چاه‌های مشاهده‌ای واقع در حجم کنترل

شمارهٔ چاه مشاهده‌ای	مختصات جغرافیایی		تراز چاه‌های مشاهده‌ای	عمق متر
	عرض	طول		
P_1	۳۰۹۵۴۵۱	۳۹۴۰۴۳	۷۸۰/۱۵	۱۳۰
P_2	۳۰۹۵۳۵۳	۳۹۵۵۰۴	۸۰۰/۱۶۵	۱۵۰
P_3	۳۰۹۵۰۶۸	۳۹۶۳۸۰	۸۱۸/۹۶۵	۱۶۰
P_4	۳۰۹۴۷۷۷	۳۹۵۸۴۸	۸۰۹/۵	۲۰۰
P_5	۳۱۰۶۰۵۰	۳۹۱۱۵۰	۷۲۲/۹۲۲	۶۷/۵۸

نتایج و بحث

رابطهٔ بارش با سیل‌گیری

بیشترین مقدار بارش در آذرماه ۱۳۸۸ به میزان ۱۲۸ میلی‌متر رخ داده است و حجم سیل ۲/۲ میلیون مترمکعب وارد عرصهٔ پخش شده است. تغییرات هم‌زمان میزان بارش و حجم سیلاب واردشده به عرصهٔ پخش در شکل ۴ نشان داده شده است. در فروردین همان سال حجم سیلی معادل ۲/۳ میلیون مترمکعب وارد عرصهٔ پخش شده است، در حالی که بارش بسیار کم (یک میلی‌متر) در ایستگاه هواشناسی مستقر در ایستگاه، به ثبت رسیده است. این موضوع ناشی از تمرکز بارش در حوضهٔ بالادست عرصه بوده است. در فروردین‌ماه ۱۳۸۷ به‌رغم بارش ۸۲/۱ میلی‌متری، به‌دلیل خرابی سامانه‌های آبگیری، حجم سیلاب ورودی صفر بوده و سیلی مهار نشده است. نمودار تغییرات هم‌زمان میزان بارش در هر رخداد و حجم سیلاب ورودی به عرصهٔ پخش نشان می‌دهد بارندگی‌های بیش از ۲۰ میلی‌متر در منطقه، به سیل‌گیری منجر می‌شوند. مجموع بارش سالانه در سال ۱۳۸۳ معادل ۲۸۲/۵ میلی‌متر بوده است که به سیل‌گیری معادل ۵/۵ میلیون مترمکعب در سال یادشده منجر شده است. همچنین، در سال ۱۳۸۵ مجموع بارش به میزان ۱۸۸/۲ میلی‌متر بوده است که به سیل‌گیری به حجم کل ۲/۳ میلیون مترمکعب منجر شده است. در حالی که در

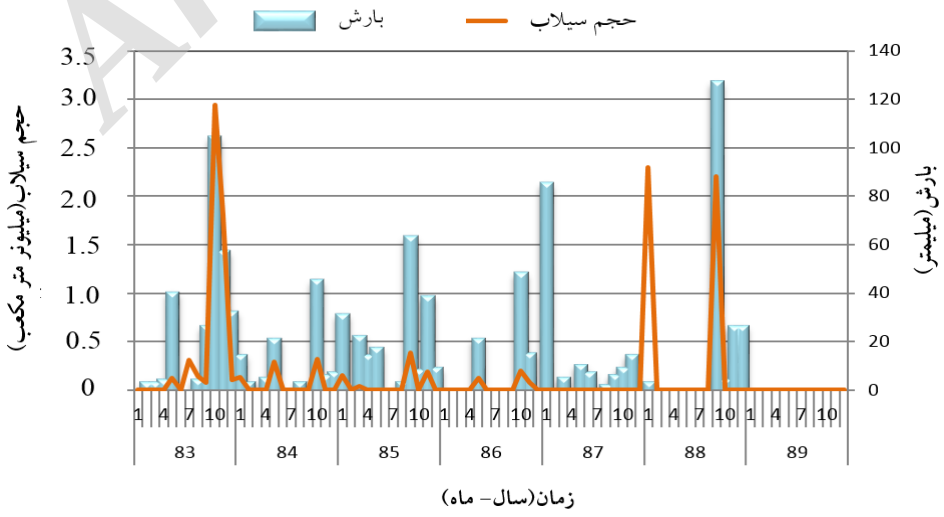
Archive of SID

www.SID.ir

پی بارش سالانهٔ ۹۴/۵ میلی‌متر در سال ۱۳۸۸، در مجموع سیلی به حجم ۲/۹ میلیون مترمکعب وارد عرصهٔ پخش شده است، این سیل‌گیری به‌دلیل شدت زیاد بارش بوده است.

تغییرات هم‌زمان تراز آب زیرزمینی و حجم سیلاب

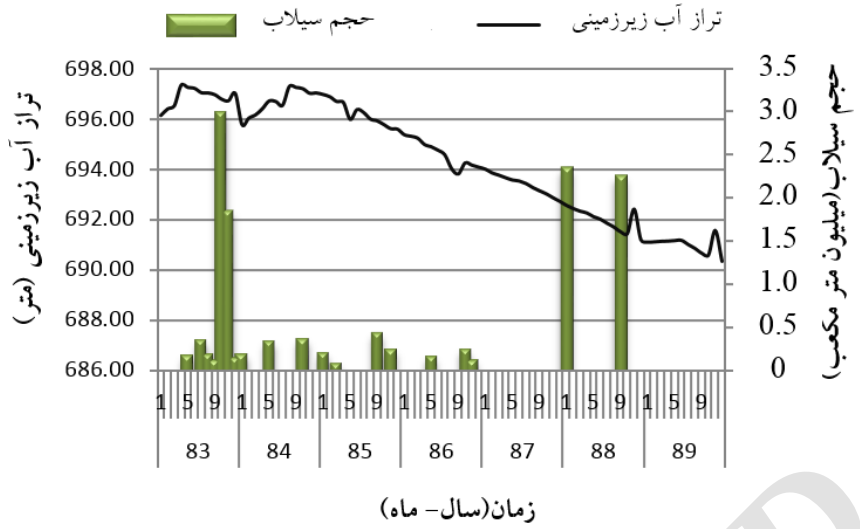
برای بررسی نوسانات سطح آب زیرزمینی از آمار و اطلاعات چاه‌های مشاهده‌ای واقع در محدودهٔ حجم کنترل استفاده شد و تغییرات آن در مقابل حجم سیلاب ورودی ترسیم شد. مطابق اطلاعات ثبت‌شده در ایستگاه پخش سیلاب سرچاهان تعداد هشت واقعهٔ سیل‌گیری طی دورهٔ زمانی ۱۳۸۳ تا ۱۳۸۹ اتفاق افتاده است. بیشترین حجم سیل‌گیری به‌ترتیب مربوط به دی‌ماه ۱۳۸۳، فروردین‌ماه ۱۳۸۸ و آذرماه ۱۳۸۸ است که در مجموع ۸/۱۹ میلیون مترمکعب برآورد شده است. بیشترین سیل‌گیری سالانه مربوط به سال ۱۳۸۸ با رقم بالغ بر ۴/۵ میلیون مترمکعب است. طبق آمار هواشناسی ثبت‌شده در ایستگاه هواشناسی مستقر در عرصهٔ پخش سیلاب، در ۱۳۸۷ بارندگی رخ نداده است که به رخداد سیل در منطقه منجر شود. اطلاعات آماری بارندگی ماهانه و حداکثر ۲۴ ساعته نیز این موضوع را تأیید می‌کند. نوسانات سطح آب زیرزمینی در چاه‌های مشاهده‌ای P1، P2، P3 و P4 در مقابل حجم سیلاب ورودی به عرصهٔ پخش به‌ترتیب در شکل‌های ۵ تا ۸ ارائه شده است. آب‌نمود چاه مشاهده‌ای P_1 بعد از سیل‌گیری سال ۱۳۸۳ افزایش شایان توجه حدود ۱/۳۴ متری را نشان می‌دهد. سپس روند نزولی داشته و آبگیری‌های سال‌های بعد چندان در تراز آب چاه تأثیرگذار نبوده است، به‌طوری که میزان افت سطح آب در این چاه تا سال ۱۳۸۹ به حدود ۷/۲ متر می‌رسد. این در حالی است که چاه مشاهده‌ای یادشده در دهانهٔ عرصهٔ پخش سیلاب واقع شده است، بنابراین انتظار می‌رود حتی سیل‌گیری‌های با حجم کم که بیشتر در شبکه‌های ابتدایی پخش می‌شوند، در تراز سطح آب چاه یادشده اثرگذار باشند. همچنین، در چاه مشاهده‌ای P_2 (شکل ۶) روندی مشابه با روند چاه مشاهده‌ای P_1 دیده می‌شود. در یکی دیگر از چاه‌های مشاهده‌ای موجود در عرصهٔ پخش، P_3، بیشینه و کمینهٔ ارتفاع آب زیرزمینی به‌ترتیب به‌میزان ۷۱۴/۷۰ و ۷۱۰/۸۷ متر در خردادماه ۱۳۸۳ و اسفند ۱۳۸۶ ثبت شده است. با وجود سیل‌گیری‌های صورت‌گرفته در سال‌های ۱۳۸۵ و ۱۳۸۶ ارتفاع آب زیرزمینی در چاه مشاهده‌ای P_3 روند نزولی داشته است که تابع روند کلی سطح آب زیرزمینی در دشت گهکم- سعادت‌آباد بوده است. از اواخر سال ۱۳۸۷ تا ۱۳۸۹ ارتفاع آب زیرزمینی در چاه یادشده ثابت مانده است به‌طوری که سیل‌گیری‌های سال ۱۳۸۸ هیچ تأثیری بر ارتفاع آب زیرزمینی در چاه نداشته است (شکل ۷). در چاه مشاهده‌ای P_4 واقع در عرصهٔ پخش، ارتفاع آب زیرزمینی از سال ۱۳۸۳ تا ۱۳۸۹ روند نزولی ثابتی دارد (شکل ۸). هیچ‌یک از سیل‌گیری‌های ثبت‌شده، تأثیری بر آب‌نمود چاه یادشده نشان نمی‌دهند. سطح آب در این چاه همواره روند نزولی داشته است، به‌طوری که از سال ۱۳۸۳ تا ۱۳۸۹ حدود هشت متر افت در سطح آب زیرزمینی نشان می‌دهد.



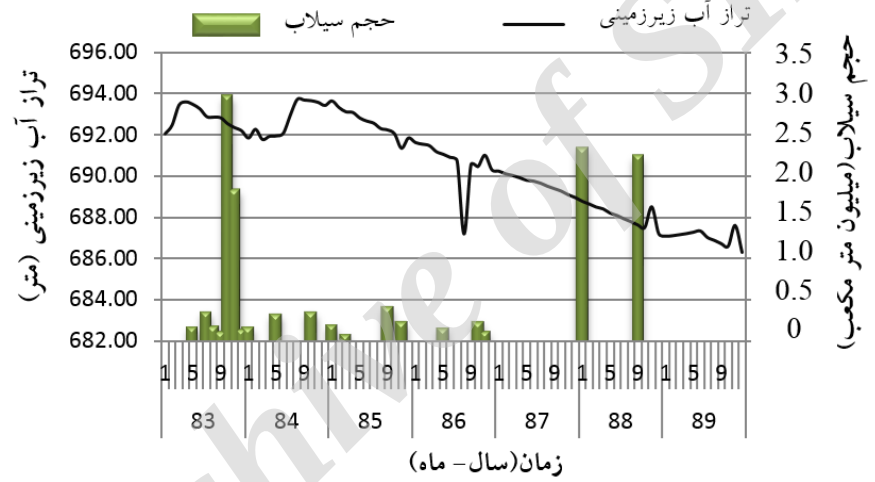
شکل ۴. تغییرات هم‌زمان میزان بارش و حجم سیلاب

Archive of SID

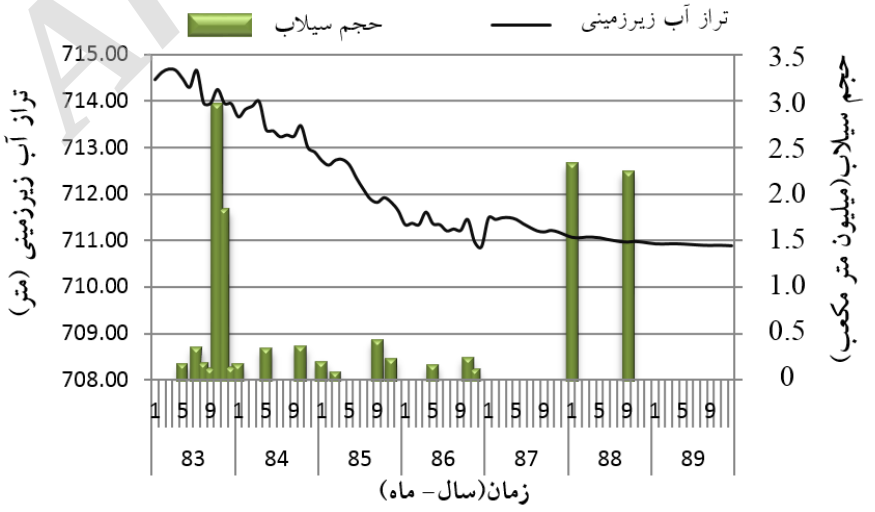
www.SID.ir



شکل ۵. نوسانات سطح آب زیرزمینی در چاه‌های مشاهده‌ای P1 و حجم سیلاب ورودی به عرصهٔ پخش



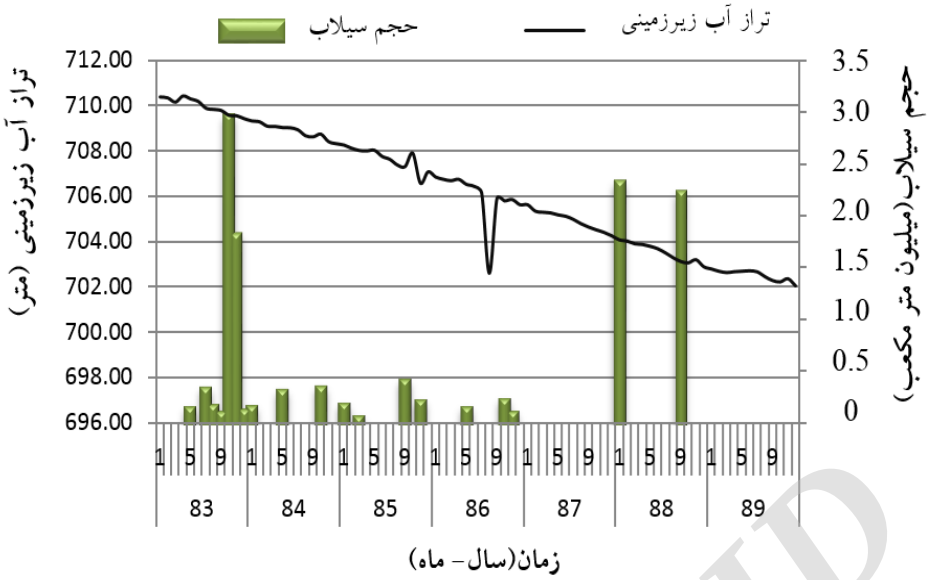
شکل ۶. نوسانات سطح آب زیرزمینی در چاه‌های مشاهده‌ای P2 و حجم سیلاب ورودی به عرصهٔ پخش



شکل ۷. نوسانات سطح آب زیرزمینی در چاه‌های مشاهده‌ای P3 و حجم سیلاب ورودی به عرصهٔ پخش

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۸. نوسانات سطح آب زیرزمینی در چاه‌های مشاهده‌ای P4 و حجم سیلاب ورودی به عرصهٔ پخش

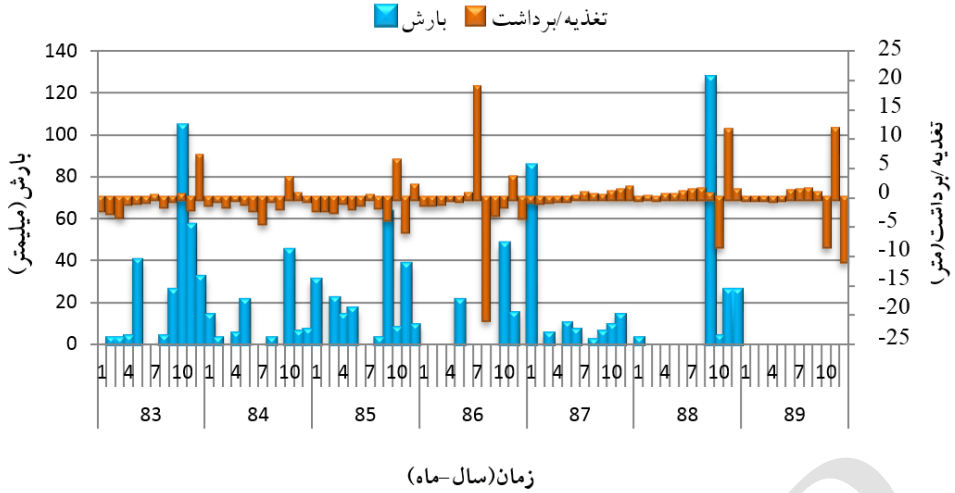
در چاه‌های مشاهده‌ای P_1، P_2 و P_3 واقع در عرصهٔ پخش سیلاب سرچاهان به دنبال سیل‌گیری در سال ۱۳۸۳ ارتفاع آب زیرزمینی افزایش نسبی در هر سه چاه را نشان می‌دهد؛ ولی در چاه مشاهده‌ای P_4 اثری دیده نمی‌شود. دلیل این موضوع می‌تواند عدم آبگیری کامل طرح پخش سیلاب باشد چرا که فقط تعدادی از شبکه‌های پخش واقع در قسمت‌های ورودی سیل آبگیری داشته‌اند و پخش سیل در محدودهٔ چاه P_4 گسترش نداشته است. تأثیرنداشتن رخدادهای سیل‌گیری در سال ۱۳۸۸ در آب‌نمود چاه مشاهده‌ای را می‌توان به کاهش نفوذپذیری خاک عرصه نسبت داد. در واقع به‌رغم کنترل و پخش حجم شایان توجهی از سیلاب در دو رخداد (هریک حدود ۲/۱۵میلیون مترمکعب)، و عدم خروج سیل از شبکهٔ انتهایی عرصهٔ پخش، نفوذی به آبخوان صورت نگرفته است. تأثیرنداشتن سیل‌گیری‌های سال‌های ۱۳۸۵ و ۱۳۸۶ در آب‌نمود چاه‌های مشاهده‌ای P_1، P_2 نشان می‌دهد آبگیری مجدد در نواحی‌ای از عرصه رخ داده است که در سیل‌گیری‌های قبلی بر اثر ورود شایان توجهی از رسوبات ریزدانه دچار کاهش نفوذ شده است و به همین دلیل حجم آب ناچیزی فرصت نفوذ به آبخوان را داشته است. عدم مشاهدهٔ تأثیر سیل‌گیری در آب‌نمود چاه مشاهده‌ای P_2 می‌تواند علل مختلفی داشته باشد که محتمل‌ترین آن می‌تواند وجود یک لایه بافت سنگین در مقطع عمقی خاک در محدودهٔ چاه یادشده باشد.

تغییرات هم‌زمان تغذیه/برداشت و بارش

نمودار تغییرات هم‌زمان تغذیه/برداشت و بارش در شکل ۹ ارائه شده است. این نمودار نشان می‌دهد بیشترین میزان برداشت مربوط به آبان سال ۱۳۸۶ به میزان ۲۰۵۵/۳۰ میلی‌متر و کمترین میزان برداشت یعنی ۳/۲۳ میلی‌متر در خرداد ۱۳۸۸ رخ داده است. همچنین، کمترین میزان تغذیه به میزان ۲/۷۲ میلی‌متر مربوط به اردیبهشت‌ماه ۱۳۸۸ و بیشترین میزان تغذیه مربوط به مهر ۱۳۸۶ به میزان ۱۸۷۷/۷۴ است. بررسی هم‌زمان تغذیه/برداشت و بارش نشان می‌دهد بارندگی‌های کمتر از ۶۰ میلی‌متر به تغذیه در دشت گهکم- سعادت‌آباد منجر نشده است. ولی بارش‌های بیش از ۶۰ میلی‌متر و همچنین تک‌بارش‌های کوتاه‌مدت، اما با مقادیر زیاد، تغذیهٔ چشمگیری را به‌خصوص در سال‌های اولیهٔ اجرای طرح پخش سیلاب به‌دنبال داشته است. در حالت کلی می‌توان گفت در دشت گهکم- سعادت‌آباد روند بارش با تغذیه/برداشت مطابقت دارد، ولی در موارد استثنایی که انتظار تغذیهٔ آبخوان می‌رود، نمودار برداشت را نشان می‌دهد. به‌طور مثال، در سال ۱۳۸۷ با وجود بارش ۸۴/۴ میلی‌متری، نمودار مربوط به آن، برداشت آب به میزان ۲۵۳/۶۳ میلی‌متر را نشان می‌دهد. این موضوع می‌تواند به تغییر کاربری اراضی ارتباط داشته باشد.

Archive of SID

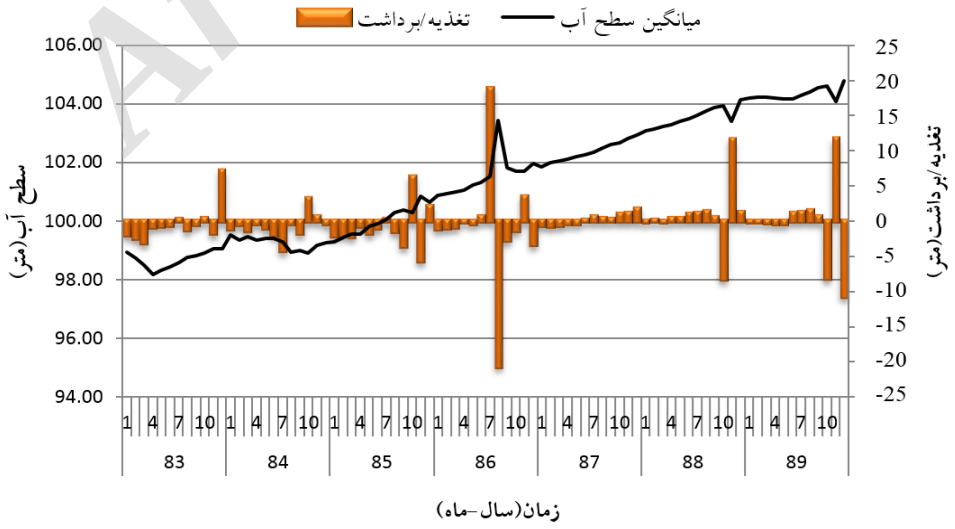
www.SID.ir



شکل ۹. تغییرات هم‌زمان تغذیه/ برداشت و بارش

تغییرات هم‌زمان تغذیه/برداشت با نوسانات عمق آب زیرزمینی

تغییرات هم‌زمان تغذیه/برداشت و سطح آب زیرزمینی در شکل ۱۰ ارائه شده است. آب‌نمود سطح آب زیرزمینی برای محدودهٔ حجم کنترل، به‌جز سال‌های ۱۳۸۸ و ۱۳۸۹ با روند تغذیه/برداشت کاملاً همخوانی دارد. در اوایل سال ۱۳۸۳ افت سطح آب زیرزمینی بیان‌کنندهٔ برداشت در شش ماه اول سال به میزان ۹۶۴/۹۶ میلی‌متر است که به کاهش سطح آب به میزان ۰/۴۸ متر منجر شده است. از نیمهٔ دوم سال ۱۳۸۳ تا اواسط سال ۱۳۸۴ به‌دلیل تغذیه به میزان ۷۱۰/۹۲ میلی‌متر سطح آب زیرزمینی افزایش یافته است. از آذر ۱۳۸۴ تا آبان ۱۳۸۶سطح آب زیرزمینی ۴/۴۳ متر افزایش داشته است. این افزایش چشمگیر به‌دلیل تغذیهٔ ۱۸۷۷/۷۴ میلی‌متر آب به محدودهٔ حجم کنترل است. در سال ۱۳۸۶ به دلیل برداشت بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی به میزان ۲۴۶۲/۵۲ میلی‌متر، سطح آب در محدودهٔ حجم کنترل حدود ۱/۷۳ متر افت نشان می‌دهد. به‌طورکلی، نوسانات سطح آب زیرزمینی با تغییرات نسبت برداشت/تغذیه در آبخوان گهکم- سعادت‌آباد هماهنگ است، ولی در سال ۱۳۸۸ و ۱۳۸۹ با اینکه نمودار، امکان تغذیه را نشان می‌دهد، نوسانات سطح آب زیرزمینی افت را نشان می‌دهد که علت آن تمرکز بارش به تک‌واقعه‌ها و عدم تحقق نفوذ در عرصهٔ پخش به‌دلیل کاهش نفوذپذیری سطح عرصهٔ پخش سیلاب است.



شکل ۱۰. تغییرات هم‌زمان تغذیه/برداشت و سطح آب زیرزمینی

Archive of SID

www.SID.ir

نتیجهٔ تحقیق نشان داد بی‌تأثیربودن سیل‌گیری سال ۱۳۸۸ در آب‌نمود چاه مشاهده‌ای ناشی از کاهش نرخ نفوذپذیری خاک در عرصهٔ پخش بوده است. بنابراین، با نتایج به‌دست‌آمده در تحقیقات زارع مهرجردی و همکارانش [۲۶] مبنی بر کاهش سه‌برابری نرخ نفوذ در عرصهٔ پخش سیلاب، هماهنگ است. همچنین برخورداری و همکارانش [۱۰] در تحقیقی به بررسی تغییرات پوشش گیاهی ناشی از پخش سیلاب در سرچاهان پرداخته و اذعان داشته‌اند که پخش سیلاب تأثیر شایان توجهی در تغییر پوشش گیاهی از نظر میزان تراکم، تولید و فراوانی در سرچاهان نداشته است و علت آن ناشی از عدم پخش یکنواخت سیل و تعداد محدود سیل‌گیری در سال عنوان شده است که همسو با نتایج تحقیق حاضر مبنی بر کارایی کم طرح است. بدین‌منظور هاشمی و همکارانش [۴] در تحقیقی مشابه در ایستگاه پخش سیلاب گربایگان نتیجه گرفته‌اند که با وجود پخش سیلاب، سطح آب زیرزمینی در چاه‌های مشاهده‌ای روند نزولی دارد و علت آن حفر چندین چاه بهره‌برداری جدید در عرصه عنوان شده است؛ ولی نتایج تحقیق چوپانی و همکارانش [۳۰] که به روش مدل‌سازی و در سطح دشت گهکم- سعادت‌آباد صورت گرفته است، نشان داده است که عرصهٔ پخش سیلاب سرچاهان طی دورهٔ زمانی ۱۳۸۳ تا ۱۳۸۹، به طور متوسط سبب تغذیهٔ آبخوان به میزان ۳/۵۸ میلیون مترمکعب (معادل ۲۰ درصد کل تغذیهٔ سالانه) شده است که مخالف با نتیجهٔ تحقیق حاضر و تحقیقات پیشین است. ناهماهنگی این موضوع می‌تواند ناشی از عدم قطعیت در پارامترهای ورودی مدل Modflow باشد که در سطحی به وسعت حدود ۶۰۰ کیلومترمربع صورت گرفته است. این در حالی است که تحقیقات طاهری و زارع [۳۰] در حوضهٔ کنگاور واقع در استان کرمانشاه نشان داده است که طرح تغذیهٔ مصنوعی حداکثر تا شعاع ۱۵۰۰ متری از تأسیسات تغذیه، بر آب زیرزمینی اثرگذار است.

نتیجه‌گیری

در این تحقیق به‌منظور بررسی کارکرد طرح پخش سیلاب سرچاهان در تغذیهٔ مصنوعی آبخوان گهکم- سعادت‌آباد واقع در استان هرمزگان از روش حجم کنترل استفاده شد. نتایج تحقیق به شرح زیر ارائه می‌شود.

۱. مقایسهٔ تغییرات تراز آب زیرزمینی در چاه‌های مشاهده‌ای واقع در حجم کنترل نشان داد در سال‌های اولیهٔ بهره‌برداری از سامانهٔ پخش سیلاب سرچاهان، سطح آب زیرزمینی در چاه‌های مشاهده‌ای واقع در عرصه به تبع کنترل و پخش سیلاب، روند صعودی داشته‌اند.

۲. بررسی میزان بارش در هر رخداد و حجم سیلاب ورودی به عرصهٔ پخش نشان داد بارندگی‌های بیش از ۲۰ میلی‌متر در منطقه، به سیل‌گیری در عرصه منجر شده است. از طرف دیگر، بارش‌های بیش از ۶۰ میلی‌متر و همچنین تک‌بارش‌های کوتاه‌مدت، اما با مقادیر زیاد، تغذیهٔ چشمگیری را به‌خصوص در سال‌های اولیهٔ اجرای طرح پخش سیلاب به دنبال داشته است.

۳. در همهٔ چاه‌های مشاهده‌ای واقع در عرصهٔ پخش سیلاب، ارتفاع آب زیرزمینی به دنبال آبگیری در اوایل سال ۱۳۸۳ افزایش نسبی را نشان می‌دهند. ولی آبگیری سال ۱۳۸۸ به‌رغم حجم زیاد آبگیری، تأثیری در وضعیت سطح آب زیرزمینی در چاه‌های واقع در محدودهٔ پخش سیلاب نداشته است.

۴. ارزیابی صورت‌گرفته در این تحقیق نشان داد طرح پخش سیلاب سرچاهان در حد و اندازهٔ پیش‌بینی‌شده، چندان تأثیری در تغذیهٔ منابع آب زیرزمینی نداشته است. حتی در محدودهٔ حجم کنترل که مشتمل بر تعداد ۱۵ حلقه چاه بهره‌برداری است، نسبت برداشت به تغذیه در حد بالاتری است و طرح پخش سیلاب نتوانسته است سهم تغذیه را به شکل معناداری افزایش دهد. این موضوع مهم ناشی از تعداد کم دفعات آبگیری و کاهش شدید نرخ نفوذ در عرصهٔ پخش سیلاب بوده است.

۵. در نهایت، سفرهٔ آب زیرزمینی دشت گهکم- سعادت‌آباد یکی از مخازن آبرفتی نسبتاً پرآبی بوده است که طی سال‌های متمادی نیاز آب کشاورزی منطقه را تأمین می‌کرده است؛ ولی روند فزایندهٔ برداشت آب زیرزمینی توسط چاه‌ها، که ناشی از کمبود منابع آب سطحی که خود متأثر از خشکسالی است و کاهش میزان نفوذ آب به سفرهٔ آب زیرزمینی می‌تواند عواقب جبران‌ناپذیری برای آبخوان به همراه داشته باشد. چنانچه روند کم‌بارشی‌ها با چنین وضعیتی ادامه یابد، با وجود کنترل آب‌های سیلابی و تغذیهٔ مصنوعی، توقف افت و بهبود شرایط دور از انتظار خواهد بود.

Archive of SID

www.SID.ir

سپاسگزاری

از همکاران محترم بخش تحقیقات آبخیزداری واقع در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان هرمزگان، از پژوهشکدهٔ حفاظت خاک و آبخیزداری و دفتر مطالعات پایهٔ منابع آب ایران برای فراهم‌آوردن داده‌های تحقیق سپاسگزاری می‌شود.

منابع

[1].Kowsar S.A. Abkhandari (Aquifer Management): a Green Path to the Sustainable Development of Marginal Drylands. Journal of Mountain Science, 2005;2 (3): 233-243.

[2].Ghahari G, Hashemi H, Berndtsson R. Spate Irrigation of Barley Through Floodwater Harvesting in The Gareh-Bygone Plain, Iran. Irrigation and Drainage. 2014; 63:599–611.

[3].DAMAB(Basic Studies Department of Water Resources). Report of the plains country's ban. ABFA and Technical Office, Ministry of Energy. 2015. Tehran, Iran(In Persian).

[4].Hashemi H, Berndtsson R, Persson M. Artificial recharge by floodwater spreading estimated by water balances and groundwater modelling in arid Iran. hydrological Sciences Journal – Journal des Sciences Hydrologiques. 2014; 60:336-350.

[5].Kheirkhah Z.M. Decision Support System for Floodwater Spreading Site Selection in Iran..Ph.D thesis, Wageningen University, the Netherlands, 2005; 90-8504-256-9.

[6].Kowsar S.A. Desertification Control through Floodwater Harvesting: The Current State of Know-How. In C. Lee & T. Schaaf (Eds.), The Future of Drylands. 2008. p. 229-241

[7].Mostafaei A, Kalantari N, Kheirkhah M. Assessing the success of floodwater spreading projects using a fuzzy approach. Water Science and Technology. 2016;74(8):1980-1991.

[8].Lotfollahzadeh D, ZarehMehrjerdi M, Kamali K. Investigation the effects of floodwater spreading on some soil properties at Sarchahan station, Hormozgan province. Pajouhesh & Sazandegi. 2007;76: 82-87 (In Persian).

[9].Saadati H, Khayyam M. Survey of Flood water Spreading on quantitative changes of Vegetation Cover and Groundwater Recharge by Remote Sensing and GIS in Tasouj Aquifer in East Azarbayjan.Territory. 2009;5(19): 1-10) (In Persian).

[10]. Barkhordari J, Tireh Shabankareh K, Mehrjerdi MZ, Khalkhali M. Study of water spreading effects on quantitative and qualitative changes of pastural cover: A case study in station of Sarchahan water spreading (Hormozgan province). Watershed Researches in Pajouhesh & Sazandegi. 2009;82: 65-72 (In Persian).

[11]. Monavari M, Moravati M, Hassani A, Farshchi P, Rossta Z. Environmental effects of artificial recharge of aquifers in Yazd (Case Study: Yazd-Ardekan plain drainage basins). Journal of Environmental Sciences and Technology. 2012; 14(2): 27-36. (In Persian).

[12]. Javadi MR, Baghery M, Vafakhah M, Gholami SA. Effect of Flood Spreading on Physical Soil Properties (A Case Study: Delijan Flood Spreading). Journal of Watershed Management Research. 2014; 5(9): 119-129 (In Persian).

[13]. Mahdavi SK, Azaryan A, Javadi M, Mahmoodi J. Effects of flood spreading on some physic-chemical properties and soil fertility (Case study: Band-E Alikhan area, Varamin). Journal of Rangeland. 2016; 1(10):68-81(In Persian).

[14]. Fazloula R, Sharifi F, Behnia A. An Investigation of Flood Spreading Effects on Artificial Recharge of Moosian Plain. Iranian J. Natural Res. 2006; 59(1): 57-74 (In Persian).

[15]. Ghahari GR, Pakparvar M. Effect of floodwater spreading and consumption on groundwater resources in Gareh Bygone Plain. Iranian Journal Of Range and Desert Research. 2007;14(3):368-390(In Persian).

[16]. Boostani F, Mohhamadi H. Valuing water from spreading the FASA Grbaygan. Environmental Sciences and Technology, 2010;12(3):45-60 (In Persian).

[17]. Moradniya V, Mostafaei A, Parekar M, Heydarizade M. The effect of water spreading station Grbaygan in the development of water resources. The fifth conference of watershed management and soil and water resources management. 2001; Kerman (In Persian)

[18]. Soleimanpour SM, SalimiKouji R, Zare M. The effect of flood spreading operations groundwater resources Grbaygan Fasa. The Ninth National Conference on Watershed Management Science and Engineering Iran. 2013; Yazd (In Persian)

[19]. Viskarami K, Payamani A, Shahkarami A, Sepahvand A. The Effects of Water spreading on Groundwater Resources in Kohdasht Plain. J. Sci. & Technol. Agric. & Natur. Resour. Water and Soil Sci. 2013;17(65):153-161 (In Persian).

Archive of SID

www.SID.ir

[20]. Pakparvar M, Walraevens K, Cheraghi SAM, Ghahari G, Cornelis W, Gabriels D, Kowsar SA. Assessment of groundwater recharge influenced by floodwater spreading: an integrated approach with limited accessible data. Hydrological Sciences Journal. 2017; 62(1): 1-18.

[21]. Bouwer H. Artificial recharge of groundwater: hydrogeology and engineering. Hydrogeology Journal 2002;10(1):121-142.

[22]. Singh SK. Groundwater Mound due to Artificial Recharge from Rectangular Areas. JOURNAL OF IRRIGATION AND DRAINAGE ENGINEERING. Journal of Irrigation and Drainage Engineering. 2012;138(5):476-481.

[23]. Karamouz M, Ahmadi A, Akhbari M. Groundwater Hydrology: Engineering, Planning, and Management, CREC Press, Taylor & Francis Group. 2012;13 ISBN:978-1-4398-9121-6.

[24]. Glover RE, Ground water movement. US Bureau of Reclamation. Eng Monogr. 1964; 31, p 67.

[25]. Hantush MS. Growth and decay of ground water mounds in response to uniform percolation. Water Resour. Res. 1967; 3(1): 227–234.

[26]. Zaremehrjerdi M, Mahdian MH, Barkhordari J. Investigation the effect of floodwater spreading on soil infiltration in the Charcahan, Hormozgan. Iran-Watershed Management Science & Engineering. 2013;7(20):1-8 (In Persian).

[27]. Hemond HF, Fechner EJ. Chemical fate and transport in the environment. Accademic Press INC.USA. 1994; ISBN 0-12-340270-0. 331.

[28]. Warner JW, Molden D, Chehata M, Sunada DK. Mathematical analysis of artificial recharge from basins. Water Resour Bull. 1989; 25: 401-411.

[29]. Mostafaei A, Kalantari N, Kheirkhah M. Assessing the success of floodwater spreading projects using a fuzzy approach. Water Science and Technology, 2016;74(8): 1980-1991.

[30]. Choopani S, Rastegar H, Hoseinipoor H. Evaluation of quantitative changes in ground water table affected by Sarchahan's Flood spreading plan by mathematical model, Water Management in Arid Lands,2014; 1(1):63-73.

[31]. Zare M, Taheri A. Groundwater artificial recharge assessment in Kangavar Basin, a semi-arid region in the western part of Iran, African Journal of Agricultural Research, 2011; 6(17): 4370-4384.

Archive of SID

www.SID.ir