Archive of SID

تغذیهٔ مصنوعی دشت هشتگرد

همایون مقیمی*

چکیده

کشور ایران دارای اقلیم خشک تا نیمه خشک است و استفاده از منابع زیرزمینی از اهمیت خاصی برخوردار است. دشت هشتگرد یکی از مناطقی می‌باشد که به علت بهره‌برداری بیش از حد منابع زیرزمینی، سطح آب در آن منطقه در ده سال گذشته بین ۲ تا ۴ متر کاهش داشته است. لذا برای جلوگیری از افت بیشتر سطح آب پیشنهاد طرح تغذیهٔ مصنوعی داده شده است. دشت مورد مطالعه در غرب شهرستان کرج و منطقه پیشنهادی برای تغذیهٔ مصنوعی در جنوب روستای کردان، پایین‌دست خط راه‌آهن تهران ـ تبریز در ساحل شرقی رودخانه کردان قرار دارد. آب مورد نیاز تغذیهٔ مصنوعی از طریق رودخانه کردان تأمین شده که مقدار آن از ماههای بهمن تا اردیبهشت به‌طور متوسط ۳/۵ متر مکعب بر ثانیه است. وزن رسوبات حمل شده (مواد معلق + بار کف بستری) از طریق رودخانه کردان در چهار ماههٔ تغذیهٔ مصنوعی برابر ۱۲۳/۶۸ هزار تن برآورد شده است. آب رودخانه کردان با توجه به دیاگرام شولر از نظر شرب دارای کیفیت خوب ولی خاصیت رسوب‌گذاری می‌باشد و همچنین طبق دیاگرام ویلکوکس در کلاس C_2S_1 قرار دارد. محدودهٔ تغذیهٔ مصنوعی از نظر زمین‌شناسی از رسوبات آبرفتی تهران (سری C) که متعلق به دوران پلیو ـ کواترنر می‌باشد، تشکیل شده است. این رسوبات از نظر هیدروژئولوژیکی دارای اهمیت خاصی بوده و آزمایشات انجام گرفته نشان می‌دهد که این رسوبات دارای قابلیت انتقالی[1] در حدود ۳۵۰۰ مترمربع بر روز، هدایت هیدرولیکی قائم[2] ۲ متر بر روز و هدایت هیدرولیکی افقی[3] ۱۴ متربر روز برآورد شده است. با استفاده از نقشه‌های هم ضخامت[4] ضخامت آبخوان ۲۵۰ متر و مقدار ضریب ذخیره[5] با استفاده از معادلهٔ بیلان بین ۷ تا ۹ درصد تعیین گردیده است. برای محاسبهٔ ابعاد حوضچه‌ها و میزان بالاآمدگی[6] سطح آب زیرزمینی بعد از تغذیهٔ مصنوعی از سه روش هاسمن هانتوش و تاد استفاده شده است. با استفاده از روش هاسمن سطح کل حوضچه‌ها برابر ۷۹۵۶۲/۱۲ متر مربع محاسبه شده، که در نتیجه می‌توان در این مساحت ۶ عدد حوضچه به ابعاد ۲۰۰ ×۶۰ مترمربع طراحی کرد.

کلیدواژه

تغذیهٔ مصنوعی، حوضچهٔ تغذیه، بالاآمدگی، روش نهری، روش گودال، روش پخش سیلاب.

* عضو هیئت علمی دانشگاه پیام نور، مرکز ابهر

1. Transmissibility
2. Permeabilities (Ve)
3. Permeabilities (K)
4. maps isobath
5. storage coefficient
6. mound

مقدمه

www.SID.ir

Archive of SID

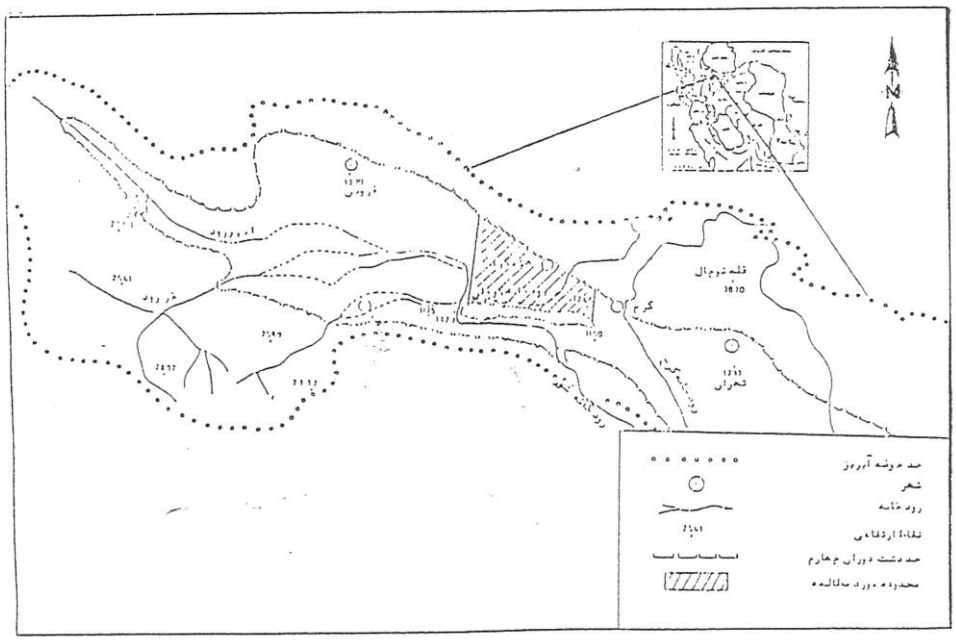
در سالهای اخیر روند رو به رشد جمعیت و به موازات آن استفادهٔ بیش از حد منابع آب در کشوری همچون ایران که جزء مناطق خشک تا نیمهٔ خشک به‌حساب می‌آید ابعاد خطرناکی را پدید آورده است. لذا در این رابطه یکی از راه‌کارها، استفادهٔ بهینه ازو منابع آبهای سطحی و انتقال آن به آبهای زیرزمینی می‌باشد، که باتوجه به شرایط زمین‌شناسی، اقلیمی، پتانسیل منابع آب، صنایع و... می‌توان از روشهای متعدد تغذیهٔ مصنوعی استفاده کرد. یکی از اولین مطالعات علمی و کاربردی که به منظور تغذیهٔ مصنوعی سفره آب زیرزمینی در ایران انجام گرفت، در دشت قزوین در سال ۱۳۴۸ بوده است. به‌دنبال این طرح در دشتهای ورامین و ناز در ساری نیز مطالعات تغذیهٔ مصنوعی انجام و سپس مورد بهره‌برداری قرار گرفت. در دشت هشتگرد به علت بهره‌برداری بیش از حد از منابع آب و به منظور تقویت سفرهٔ آب زیرزمینی طرح تغذیهٔ مصنوعی پیشنهاد شده است. در این مقاله سعی شده روش و مکان بهینهٔ تغذیهٔ مصنوعی و تأثیرات آن بر روی آبخوان بررسی و مطالعه شود.

روش و متدولوژی

حدود، وسعت و موقعیت جغرافیایی

دشت هشتگرد (محدودهٔ بیلان) دارای وسعت تقریبی ۵۸۳/۴ کیلومتر مربع و در غرب شهرستان کرج حدفاصل کارخانه‌های سوپا و سیمان آبیک (حد شرقی ـ غربی) قراردارد. از شمال با ضلع جنوبی رشته کوههای البرز و از جنوب با ارتفاعات حلقه در محدود می‌شود.

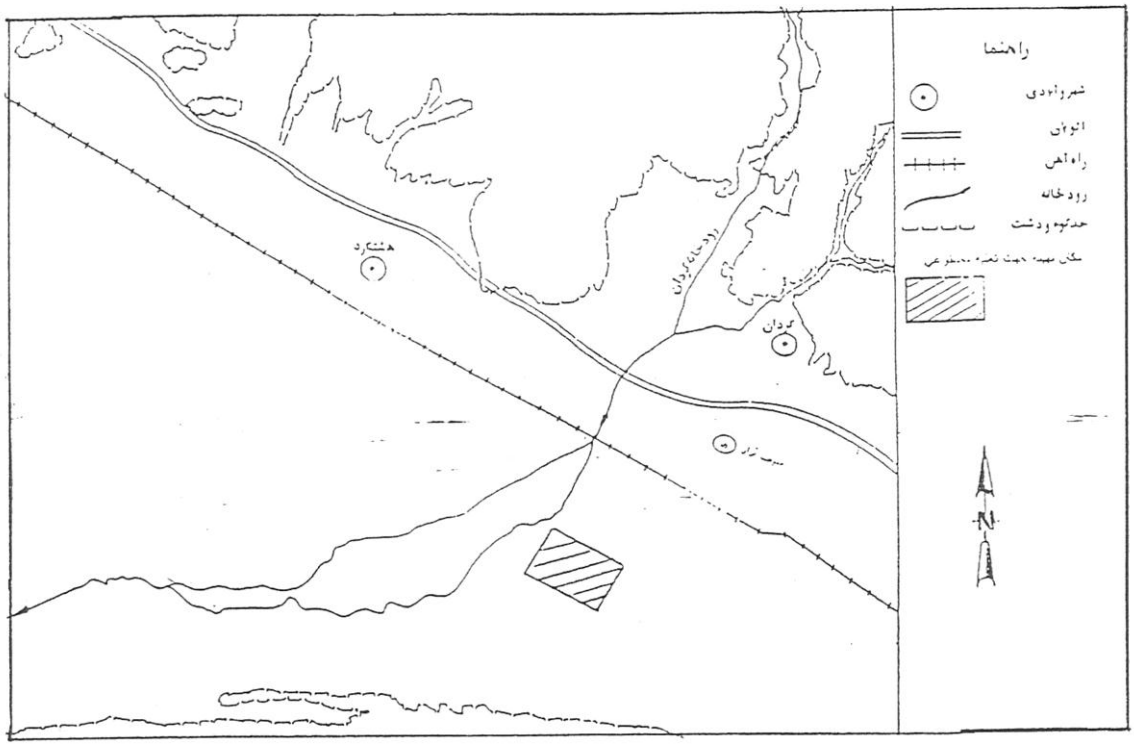
منطقه مورد مطالعه بین ´۳۶،۰۵ –´۴۵، ۳۶ عرض شمالی و´۵۵، ۵۰- ´۳۰ ، ۵۰ طول شرقی قرار گرفته است (شکل۱). منطقه پیشنهادی برای تغذیهٔ مصنوعی (شکل۲) در جنوب غربی سیف‌آباد خالصه جنوب خط راه آهن تهران ـ تبریز در ساحل شرقی و در مخروط افکنه رودخانه کردان قرار دارد. مساحت کل محدودهٔ تغذیهٔ مصنوعی در حدود ۱۸ هکتار می‌باشد.



شکل – ۱ نقشه حوضه آبریز رودخانه شور (۲)

www.SID.ir

Archive of SID



شکل – ۲ موقعیت مکان بهینه جهت تغذیه مصنوعي دشت هشتگرد(٦)

زمین‌شناسی محدودهٔ پیشنهادی تغذیهٔ مصنوعی

زمین‌شناسی محدودهٔ پیشنهادی از رسوبات پلیو ـ کواترنر تشکیل شده است و از نظر هیدروژئولوژیکی دارای اهمیت زیادی است. ریبن (۱۹۵۵) **(۱)** این رسوبات را مورد مطالعه قرار داده و به چهار سری A، B، C، D تقسیم کرده است (شکل۳). این سریها به‌ترتیب از قدیم به جدید به‌شرح زیر می‌باشد:

الف) آبرفت هزار دره (سری A): این سازند در واقع پادگانه‌های آبرفتی قدیمی بوده که در حاشیه ارتفاعات شمال دشت هشتگرد قرار دارد. این رسوبات از قلوه‌سنگ، گراول، شن، ماسه با سیمان ضعیفی از سیلت و رس تشکیل شده است. سری A به‌صورت مجموعه‌ای از کنگلومرا، شن و ماسه با سیمانی آهکی و نیمه سخت تشکیل شده است. این رسوبات بر اثر حرکات تکتونیکی دارای شیبی به اندازه ۵ الی ۲۰ درجه به‌سمت جنوب می‌باشد. این سازند در شمال دشت برروی سازند کرج و در جنوب در حاشیه ارتفاعات حلقه در روی سازند قرمز فوقانی به‌طور دگر شیب قرار گرفته است. سن این سازند با توجه به فسیلهای موجود در داخل ان به دورهٔ پلیوسن نسبت داده می‌شود.

ب) آبرفت کهریزک (سریB): این سری به‌صورت پادگانه‌های آبرفتی جوان در ارتفاعات پایینتر و در حد فاصل بین دشت و سری A قرار گرفته است. آبرفت کهریزک تا حدی دارای سیمانی ضعیف و از شن، ماسه و سیلت تشکیل شده است. این سازند مربوط به بخش بالایی رسوبات پیلو- پلیستوسن بوده و رنگ آن تیره‌تر از رسوبات سری A و از نظر دانه‌بندی نیز هتروژن می‌باشند. از طرف دیگر همانند سری A تحت تأثیر عوامل تکتونیکی قرار نگرفته

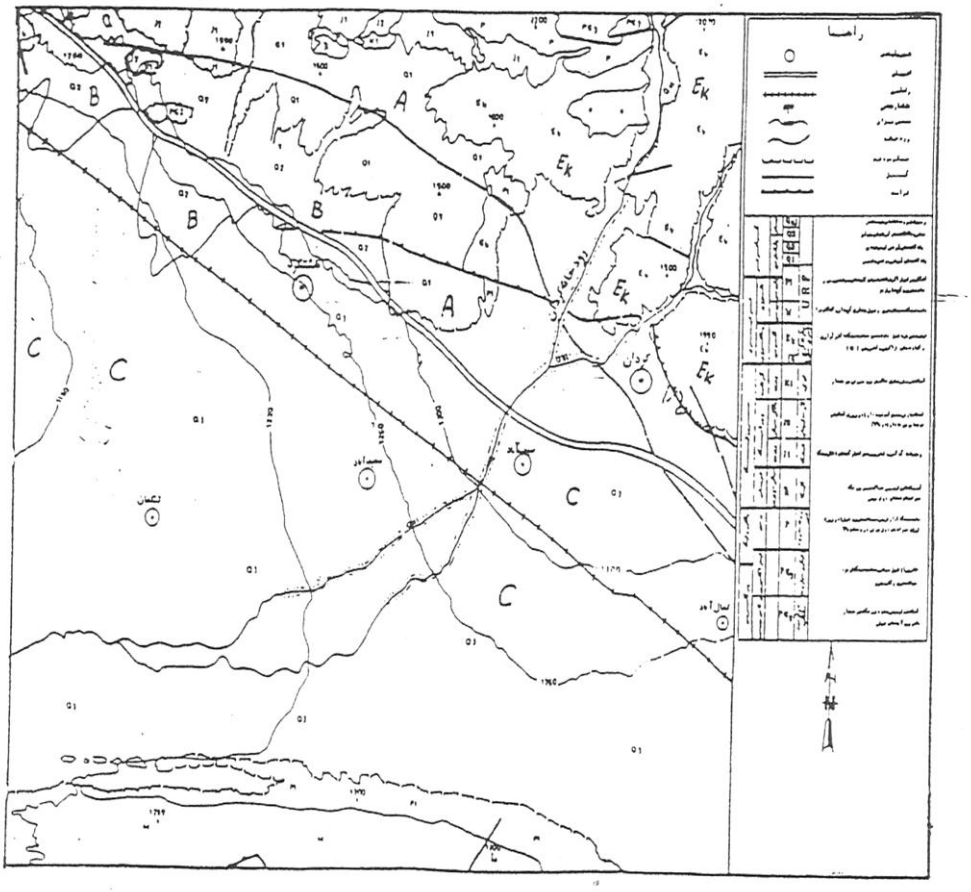
www.SID.ir

Archive of SID

است. این سری به‌صورت پراکنده در نواحی شمالی دشت دیده می‌شود (شکل۳).

ج) آبرفت تهران (سریC): آبرفت تهران در بخش میانی دشت هشتگرد و از رسوبات آبرفتی جوان تشکیل شده است. این رسوبات به‌علت گسترش و ضخامت قابل توجه و همچنین نفوذپذیری زیاد آبخوان اصلی دشت را تشکیل می‌دهد. سری C بیشتر از قلوه‌سنگ، شن، ماسه و رس تشکیل یافته و به سمت مرکز و جنوب دشت بر مقدار مواد دانه‌ریز آن افزوده می‌شود. ریبن با کشف ابزار انسانی ما قبل تاریخ در این آبرفت، سن این سری را پارینه سنگی تشخیص داده است. نبوی، (۱۹۶۶) **(۱)** براساس سن یابی مطلق (کربن-۱۴) سن بخش زیرین آبرفت تهران را حدود ۵۰۰۰۰ سال و بخش بالایی آن را حدود ۷۰۰۰ سال پیش می‌داند (شکل۳).

د) آبرفتهای عهد حاضر (سریD): این سری متعلق به عهد حاضر و زمان حال بوده و از رسوبات ناشی از رودخانه‌های عهد حاضر و رسوبات شنی ـ ماسه‌ای حاشیه دشت تشکیل شده است. سری D در واقع به‌صورت لایه‌ای از قلوه‌سنگ، شن و رسوبات دانه‌ریز به ضخامت تقریبی یک متر و بر روی رسوبات سری C ته‌نشین شده است (ریبن ۱۹۵۵) **(۱)** (شکل۳).



شکل ـ ۳ نقشه زمین شناسي حوضه آبریز کردان و محدوده مطالعاتي تغذیه مصنوعي(۲ و۶)

www.SID.ir

Archive of SID

هواشناسی و هیدرولوژی دشت هشتگرد

در تأمین آب مورد نیاز تغذیهٔ مصنوعی از آب رودخانه کردان که یک رودخانهٔ دائمی است و در محدودهٔ مطالعاتی قرار دارد، استفاده خواهد شد. حوضهٔ آبریز رودخانه کردان در بین طولهای جغرافیایی ″۴۲، ′۵۱، °۵۰ تا ″۱۸، ′۳۰، °۵۱ و عرضهای جغرافیایی ″۳۶، ′۵۸، °۳۵ تا ″۱۲، ′۰۸، °۳۶ واقع شده است. شاخه اصلی رودخانه کردان از ارتفاعات ۴۱۰۰ متری جنوب قلهٔ کهر و پس از الحاق انشعابات (بارانگن، گلین توکده، سنج دروان، ولیان) فرعی وارد دشت هشتگرد شده و پس از طی مسافتی از جنوب غربی دشت در حوالی روستای نجم‌آباد از دشت خارج و به رودخانه شور می‌پیوندد (شکل ۱).

مساحت حوضهٔ آبریز کردان ۳۶۰ کیلومتر مربع و در ارتفاع ۱۴۱۰ متری واقع در ایستگاه ده صومعه وارد دشت می‌شود. محیط حوضه ۸۱ کیلومتر و شیب حوضه آبریز ۳۶/۶ درصد و ارتفاع متوسط آن ۲۳۰۰ متر می‌باشد. میزان ضریب گراویلیوس حوزه ۱/۱۹ و طول بزرگترین شاخه اصلی این حوضه (رودخانه کردان) ۳۰/۵ کیلومتر می‌باشد. به‌منظور بررسی تغییرات درجه حرارت از آمار دو ایستگاه ده صومعه و کریم‌آباد استفاده شد. متوسط درجه حرارت سالانهٔ حوضه آبریز رودخانه کردان ۸/۷°C و دشت هشتگرد ۱۳/۲°C می‌باشد. با توجه به اینکه ارتفاع متوسط دشت هشتگرد ۱۲۳۵ متر و حوضهٔ آبریز رودخانهٔ کردان (ایستگاه ده صومعه) ۲۳۰۰ متر است و از طرفی با داشتن میانگین درجه حرارت می‌توان نتیجه گرفت که ایستگاه کریم‌آباد معرف نواحی دشت و ایستگاه ده صومعه معرف مناطق کوهپایه می‌باشد. در رابطه با

بررسی تبخیر سالانه در منطقه، از ایستگاه کریم آباد استفاده کردیم. طبق آمارهای موجود در این ایستگاه میزان تبخیر سالانه در محدوده دشت در حدود ۲۰۰۰ تا ۲۳۰۰ میلی‌متر بوده که بیشترین تبخیر مربوط به ماه تیر و کمترین آن مربوط به ماههای دی و بهمن می‌باشد.

با استفاده از آمار ۲۵ سالهٔ بارندگی در ایستگاههای کریم‌آباد و ده صومعه، متوسط سالانه بارندگی در ایستگاه کریم‌آباد ۱۹۶/۵ میلی‌متر و در ده صومعه ۳۳۱/۳ میلی‌متر می‌باشد. همچنین گرادیان متوسط بارندگی سالانه در دشت هشتگرد از معادلهٔ P= ۰/۳۰۰۶H ـ ۱۳۲/۱۲ با ضریب همبستگی ۹۱ درصد تبعیت می‌کند (P متوسط بارندگی به میلی‌متر و H ارتفاع از سطح دریا). با استفاده از معادلهٔ بالا، بارندگی سالانه دشت هشتگرد ۲۴۰ میلی‌متر محاسبه شده است **(۵)**. برای تعیین وضعیت اقلیمی دشت هشتگرد از دو روش تجربی دومارتن و آمبرژه **(٤)** استفاده شده است. بر اساس روش تجربی دومارتن، دشت هشتگرد دارای اقلیم نیمه‌خشک و براساس اقلیم‌نمای آمبرژه وضعیت اقلیمی دشت، خشک و سرد می‌باشد.

آبدهی رودخانه کردان

بر روی رودخانه کردان و شاخه‌های آن ایستگاههای متعددی وجود دارد، ولی تنها ایستگاه ده صومعه است که دارای آمار طویل‌المدت (۱۳۷۴ ــ ۱۳۲۶) می‌باشد. بقیهٔ ایستگاهها آمار ناقصی دارند که از آمارهای آن نمی‌توان استفاده کرد. لذا با تجزیه و تحلیل آمارهای دراز مدت موجود، آبدهی متوسط ماهانه و سالانه رودخانه کردان در جدول ۱ ارائه گردیده است **(۵)**.

همان‌طور که در جدول۱ دیده می‌شود، رودخانه کردان دارای دبی متوسط سالانه‌ای درحدود (۴۴ ساله) ۳/۵۲ متر مکعب بر ثانیه می‌باشد. طبق همین جدول، حداکثر دبی ۱۲ متر مکعب بر ثانیه و در ماههای فروردین و اردیبهشت و حداقل آن در ماههای مرداد و شهریور در حدود ۰/۵ مترمکعب بر ثانیه اندازه‌گیری شده است. با توجه به آمار ۴۴ ساله، جهت تغذیهٔ مصنوعی در منطقه می‌توان از ماههای

www.SID.ir

Archive of SID

بهمن تا اردیبهشت به‌طور متوسط ۳/۵ متر مکعب بر ثانیه آب جهت تغذیهٔ مصنوعی استفاده کرد.

جدول۱. آبدهی متوسط ماهانه رودخانه کردان در ایستگاه ده صومعه (m^3/sec)(۵)

ماه / دوره	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	سالانه
۲۵ ساله جریان	۰/۴۴	۱/۱۷	۱/۴۵	۱/۷	۲/۵۲	۵/۶	۱۲/۴	۱۰/۷	۴/۱۲	۱/۲۴	۰/۴۳	۰/۲	۳/۵
درصد	۱/۱	۲/۸	۳/۲	۴	۶	۱۳/۵	۲۹/۵	۲۵/۴	۹/۸	۳	۱	۰/۵	۱۰۰
٤٤ساله جریان	۰/۵۵	۱/۱۷	۱/۳۷	۱/۵۵	۲/۳۱	۵/۲۷	۱۱/۷	۱۱/۳	۴/۵۹	۱/۵۱	۰/۶	۰/۳۲	۳/۵۲
درصد	۱/۲	۲/۸	۳/۲	۳/۷	۵/۵	۱۲/۵	۲۷/۷	۲۶/۸	۱۰/۹	۳/۶	۱/۴	۰/۷	۱۰۰

کیفیت شیمیایی آب رودخانه کردان

از رودخانه کردان در ایستگاه ده صومعه و کریم‌آباد به‌مدت یک‌سال به‌طور منظم جهت تجزیه شیمیایی نمونه‌برداری شده است **(٦ و ۲)**. به استناد نتایج به‌دست آمده، آب رودخانه کردان از نظر شرب، کشاورزی و صنعتی مورد بررسی قرار گرفته است. برای مشخص‌شدن کیفیت آب رودخانهٔ کردان از نظر شرب از نمودار شولر استفاده شده است. با توجه به این نمودار، آب رودخانه کردان از نظر شرب دارای کیفیت خوبی می‌باشد و از نظر شرب هیچ‌گونه محدویتی نداشته و در شرایط مطلوبی قرار دارد، که این خود از نظر تغذیهٔ مصنوعی حائز اهمیت است.

با توجه به اینکه از آب رودخانه کردان در تغذیهٔ مصنوعی استفاده خواهد شد، تأثیر آب رودخانه بر حوضچه‌ها و تأسیسات آن از اهمیت خاصی برخوردار است. در این رابطه با استفاده از گراف لانژلیه اقدام به ارزیابی رودخانه کردان از نظر مقدار خورندگی یا رسوبگذاری گردید. نتایج آزمایش شیمیایی آب رودخانه کردان نشان می‌دهد که آب این رودخانه دارای خاصیت رسوبگذاری می‌باشد(٦).کیفیت آب رودخانه کردان از نظر کشاورزی با استفاده از دیاگرام ویلکوکس مورد بررسی قرار گرفته و با توجه به نمودار مزبور آب رودخانه در کلاس C_2S_1 قرار دارد.

هیدروژئولوژی دشت هشتگرد

دشت هشتگرد در ۷۰ کیلومتری شمال غرب تهران واقع شده و دارای مساحتی بیش از۷۰۰ کیلومتر مربع می‌باشد (شکل ۱). منبع تغذیهٔ سفرهٔ آب زیرزمینی دشت، عمدتاً رودخانه کردان و رودخانه‌های فصلی، به‌علاوه آب برگشتی کشاورزی و فاضلاب شهری است. رودخانه کردان از شمال شرقی محدودهٔ مطالعاتی سرچشمه گرفته و در مجاورت روستای کردان وارد دشت می‌شود. این رودخانه پس از ورود به دشت از جنوب غربی دشت حوالی روستای نجم‌آباد از محدودهٔ مطالعاتی خارج و به رودخانهٔ شور می‌پیوندد.

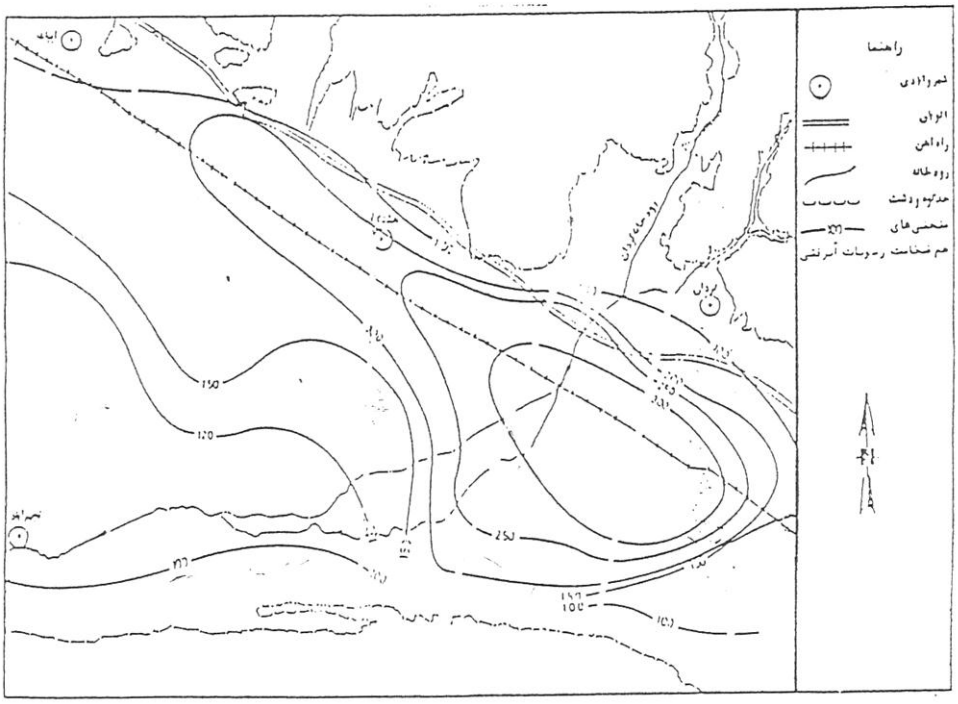
با توجه به توسعه و بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی دشت، سازمان آب منطقه‌ای در سالهای اخیر دشت را ممنوعه و به موازات آن اقدام به حفاری ۴۵ حلقه چاه پیزومتر کرده است. با استفاده از این چاهها تغییرات سطح آب زیرزمینی هر ماهه اندازه‌گیری و نقشه‌های تراز آب زیرزمینی ترسیم شده است. با ترسیم نقشه‌های هم‌عمق (شکل۴) و بررسی نقشه‌های تراز آب زیرزمینی، در حوالی محل تغذیهٔ مصنوعی جهت آب زیرمینی از شمال شرق به جنوب غرب و شیب هیدرولیکی در حدود ۲۵ در هزار محاسبه شده است. همچنین سطح آب

www.SID.ir

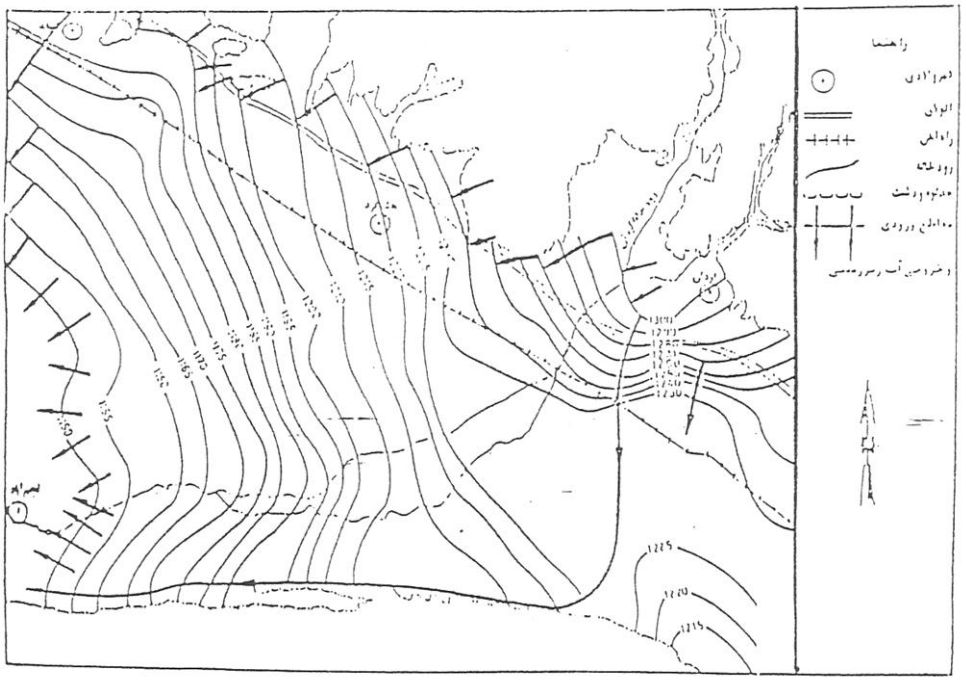
Archive of SID

زیرزمینی در محدودهٔ تغذیهٔ مصنوعی بین ۵۰ تا ۶۰ متر می‌باشد (شکل۵).

برای مشخص نمودن نوسانات سالیانه سطح آب زیرزمینی و تغییرات ذخیره حجم مخزن آبخوان



شکل –۴نقشه هم ضخامت رسوبات آبرفتي دشت هشتگرد(۲)



شکل –۵ نقشه تراز آب زیرزميني و محدودهٔ بیلان دشت هشتگرد(٦ و ۲)

www.SID.ir

Archive of SID

دشت هشتگرد و با استفاده از آمار چاههای پیزومتر منطقه، هیدروگراف واحد چهار ساله تهیه شده است. همان‌طور که در هیدروگراف دیده می‌شود در طی این چهار سال تغییرات متفاوتی از خود نشان می‌دهد. مخصوصاً در سال آبی ۷۶ـ۱۳۷۵ سطح آب در حدود ۱/۷ متر افت داشته است. به‌طور کلی در طی ده سال گذشته سطح آب زیرزمینی بین ۲ تا ۴ متر افت کرده است. در سالهای اخیر به علت برداشت بی‌رویه در سطح آب زیرزمینی به‌طور متوسط سالانه بین ۰/۴ تا ۰/۶ متر افت دیده می‌شود. با توجه به مطالعات زمین‌شناسی و مقاطع چینه‌شناسی چاهها، آبخوان دشت هشتگرد عموماً خصوصیات آزاد داشته ولی به‌علت کمبود چاههای اکتشافی ارتباط و مرز این آبخوان و یا آبخوانها نسبت به هم به‌درستی مشخص نشده است. در نتیجه لازم است برای به‌دست آوردن اطلاعات دقیق از آبخوان تعدادی چاه اکتشافی در منطقه حفر تا نوع آبخوان و خصوصیات آن مشخص شود.

خصوصیات هیدرودینامیکی آبرفتها

با توجه به مطالعات زمین‌شناسی دشت هشتگرد و مخصوصاً محدودهٔ پیشنهادی تغذیهٔ مصنوعی، سازندهای آبرفتی موجود در دشت هشتگرد را از نظر خواص هیدرودینامیکی می‌توان به شکل زیر تقسیم کرد:

الف) سازند با نفوذپذیری کم. این سازند شامل پادگانه‌های آبرفتی قدیمی یعنی سری A می‌باشد. از نظر هیدرودینامیکی این سری دارای نفوذپذیری 10^{-4} – 10^{-6} m/sec و ضریب قابلیت انتقال در حدود ۱۶۰ مترمربع بر روز و تخلخلی کمتر از ۳۵٪ می‌باشد.

ب) سازند نیمه نفوذپذیر. این سازند به‌صورت پادگانه‌های آبرفتی جوان (سریB) در بخش شمالی دشت به‌صورت پراکنده دیده می‌شود. با توجه به آزمایشات انجام شده این سری دارای نفوذپذیری 10^{-3}ـ10^{-5} متر بر روز و تخلخل آن درحدود ۲۵ الی ۴۰ درصد می‌باشد. قابلیت انتقال این سری درحدود ۱۵۰ الی ۹۰۰ مترمربع بر روز می‌باشد.

ج) سازند نفوذپذیر. این گروه تا حدی رسوبات آبرفتی جوان و مخصوصاً رسوبات سری C را شامل می‌شود که به‌طور کلی آبخوان اصلی دشت را تشکیل می‌دهد. با توجه به نتایج به‌دست آمده از آزمون پمپاژ، آزمایش دانه‌بندی و دیگر آزمایشات، این سری در شمال دارای نفوذپذیری 10^{-4}–10^{-2} و در جنوب 10^{-3}– 10^{-6} متر بر ثانیه می‌باشد. ضریب ذخیره این سازند از طریق بیلان و تست پمپاژ ۴/۵ درصد و برای محدودهٔ تغذیهٔ مصنوعی با توجه به بافت خاک، نفوذپذیری و ضریب قابلیت انتقال در حدود ۷ تا ۹ درصد برآورد شده است. قابلیت انتقال رسوبات آبرفتی سری C با توجه به اطلاعات به‌دست آمده بیش از ۹۰۰ مترمربع بر روز و در محدودهٔ پیشنهادی تغذیهٔ مصنوعی در حدود ۳۰۰۰ الی ۴۰۰۰ متر مربع بر روز و میزان تخلخل این سری بین ۲۵ تا ۵۰ درصد برآورد شده است.

د) سازندهایی با نفوذپذیری بسیار کم و غیرقابل نفوذ. ارتفاعات شمالی حاشیه دشت عمدتاً از سنگهای آذرین و رسوبی تشکیل یافته که از نظر تشکیل مخازن و ذخیره آب زیرزمینی از درجه اهمیت بسیار کمی برخوردار است. همچنین وسعت ناچیز رسوبات آهکی نیز امکان تشکیل مخازن کارستیک را نداده است. در قسمت جنوبی نیز وجود تشکیلات قرمز فوقانی[7] که از مارن، رس، ماسه سنگ و رسوبات تبخیری (میوسن بالایی) تشکیل شده، به علت نفوذپذیری و قابلیت انتقال بسیار کم از نظر مخازن آب زیرزمینی اهمیت کمی داشته و از طرفی به‌علت وجود رسوبات تبخیری در آن، یکی از عوامل شورکنندهٔ آبهای زیرزمینی محسوب می‌شود.

7. Upper Red Formation

www.SID.ir

Archive of SID

مقاطع چینه‌شناسی و مطالعات ژئوفیزیکی و همچنین چاههای حفر شده در محدودهٔ دشت نشان می‌دهدکه بخش اعظم سنگ کف حوضه از تشکیلات قرمزفوقانی تشکیل شده که به‌عنوان سازندهایی با نفوذپذیری بسیار کم و غیرقابل نفوذ مورد قبول واقع شده است. از طرفی تعدادی از چاههای حفر شده در بخش شمالی دشت به توفهای سبز سازند کرج (ائوسن) برخورد کرده که در این مناطق کف را توفهای سازند کرج تشکیل می‌دهد (۱).

کیفیت شیمیایی منابع آب زیرزمینی

برای شناخت کیفیت شیمیایی آب زیرزمینی به‌طورمنظم نمونه برداری شده و پس از تجزیه شیمیایی، نمونه‌ها مورد تجزیه وتحلیل قرار گرفته است. کیفیت منابع آب در جهت جریان آب زیرزمینی از محل تغذیه به‌سمت تخلیه بدو نامناسبتر می‌شود.

با مطالعه نتایج آنالیز شیمیایی دیده می‌شود که در جهت جریان آب زیرزمینی مقادیر E_c افزایش می‌یابد. به‌طور مثال در نواحی شمال و شمال شرقی و مناطقی که تحت تأثیر تغذیه مستقیم رودخانهٔ کردان و مسیلها قرار دارند، مقدار Ec بین ۳۰۰ الی ۵۰۰ میکروموس بر سانتی‌متر می‌باشد. رودخانه کردان دارای هدایت الکتریکی ۱۵۰ الی ۵۰۰ میکروموس بر سانتی‌متر و در محل تغذیهٔ مصنوعی Ec آب زیرزمینی کمتر از ۳۰۰ میکروموس بر سانتی‌متر می‌باشد. از مقادیر Ec می‌توان چنین استنباط کرد که تغذیهٔ مصنوعی با آب رودخانهٔ کردان تغییری در کیفیت منابع آب نخواهد داشت.

برای مشخص‌کردن تیپ آب در دشت و مخصوصاً در محل تغذیهٔ مصنوعی از ارقام حاصل از آنالیز کامل شیمیایی نمونه‌های آب استفاده شده است. در همین رابطه قسمت اعظم دشت که محدودهٔ تغذیهٔ مصنوعی نیز در داخل آن می‌باشد دارای تیپ بی‌کربناته بوده که حاکی از تغذیهٔ سفره از سازندهای آهکی و دولومیتی شمال دشت می‌باشد.

به‌طور کلی منابع آب منطقه از نظر شرب با استفاده از نمودار شولر به‌جز نواحی جنوب و جنوب غربی (خروجی دشت) هیچ‌گونه محدودیتی ندارد. از نظر کشاورزی نیز با استفاده از دیاگرام ویلکوکس آب زیرزمینی دشت در کلاس C_4S_2، C_3S_1 و C_2S_1 قرار دارد. آب زیرزمینی موجود در محدودهٔ تغذیهٔ مصنوعی در کلاس C_2S_1 بوده که در این نوع آبها خطر سدیم وجود نداشته و آب برای آبیاری گیاهانی که در مقابل نمک نیمه مقاوم هستند مورداستفاده قرار می‌گیرد. از نظر اثر این نوع آبها بر تجهیزات زیرزمینی با کمک گراف لانژلیه اقدام به ارزیابی منابع آب زیرزمینی دشت هشتگرد گردید. با توجه به این گراف آبهای منطقه عمدتاً خاصیت رسوبگذاری دارند و به‌طوری‌که میزان آن به سمت غرب و جنوب غرب (خروجی دشت) افزایش می‌یابد.

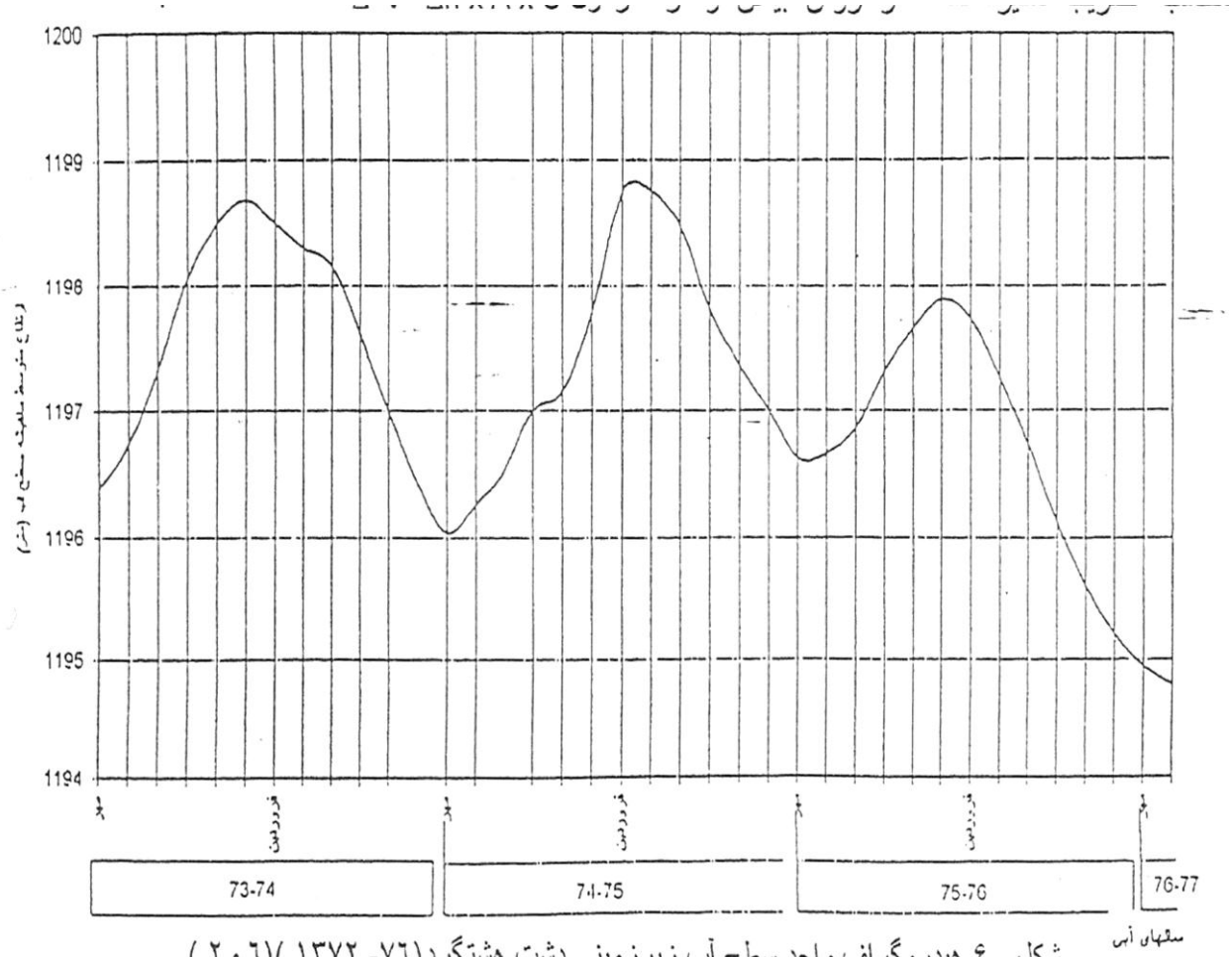
بیلان آب دشت هشتگرد

جهت ارزیابی بیلان منابع آب زیرزمینی از اطلاعات و آمار سال آبی ۷۳ـ۱۳۷۲ استفاده شده است (۶). در سال آبی مذکور با توجه به هیدروگراف واحد آن، آب زیرزمینی نسبت به سالهای گذشته سیر صعودی داشته و حجم مخزن افزایش نشان می‌دهد. مقدار افزایش سطح آب زیرزمینی با استفاده از روش هیدروگراف واحد (شکل ۶) (۱۳۷۳min – ۱۳۷۲ min) برابر ۷۶ سانتی‌متر (Δh) می‌باشد. با استفاده از معادله بیلان، حجم آب ورودی به آبخوان MCM ۲۷۶/۸ و حجم آب خروجی آن نیز MCM ۲۵۹ محاسبه شده است. برای محاسبه ضریب ذخیرهٔ دشت از روش بیلان و از فرمول $\Delta v=\Delta h\times A\times S$ استفاده

www.SID.ir

Archive of SID

شده است. در این فرمول ΔV تغییرات حجم مخـزن، Δhتغییرات سطح آب زیرزمینی، A مساحت محدودهٔ بیلان و S ضریب ذخیره می‌باشـد. بـا مجهـول قـرار دادن ضریب ذخیره، مقدار متوسط آن برای کل دشـت هشـتگرد ۴/۵ درصـــد و بـــرای محـــدودهٔ تغذیـــهٔ مصـــنوعی



شکل ـ۶ هیدروگراف واحد سطح آب زیرزمینی دشت هشتگرد(۷۶- ۱۳۷۲)(۶ و ۲)

در این فرمول ΔV تغییرات حجم مخزن ، Δh تغییرات سطح آب زیرزمینی ، A مساحت محدودهٔ بیلان ، S

با توجه به بافت خاک، ضریب قابلیت انتقال و نفوذپـذیری بین ۷ تا ۹ درصد برآورد شده است.

دشـــت هشـــتگرد در ۲۵ ســـال گذشـــته بـــه‌علـــت بهره‌برداری بیش از حد با افت سـطح آب زیرزمینـی روبرو بوده است. هر چند بعضی از سـالها ظـاهراً بـا بالا آمدن سطح آب حجم ذخیرهٔ آبخوان افزایش یافته است. ولی به‌طور کلی سطح آب زیرزمینی در منطقـه سیر نزولی دارد که مقدار متوسط آن سالانه بـین ۰/۴ الی ۰/۶ متر می‌باشد. به‌همین منظور برای جلـوگیری از این مسئله طرح تغذیهٔ مصنوعی در دشت هشتگرد پیشنهاد شده است.

تغذیهٔ مصنوعی دشت هشتگرد

به‌طور کلی می‌توان از سفرهٔ آب زیرزمینـی بـه‌عنـوان یـک مخـزن طبیعـی جهـت ذخیـره کـردن آبهـای سـطحی در دوره‌های مرطوب استفاده کرد و از این طریق می‌تـوان آب ذخیره شده در آبخـوان را در دوره‌هـای خشـک

www.SID.ir

Archive of SID

مورد بهره‌برداری قرار داد. در محدودهٔ مطالعاتی با توجه به روند رو به رشد جمعیت، ساخت شهرکها و همچنین افزایش آب مورد استفاده در تأسیسات صنعتی و کشاورزی باعث می‌شود سطح آب زیرزمینی و کلاً حجم مخزن آبخوان کاهش یابد و در نتیجه در آینده نزدیک دشت هشتگرد با مشکل تأمین آب روبرو خواهد شد. بدین منظور برای تقویت سفرهٔ آب زیرزمینی دشت هشتگرد طرح تغذیهٔ مصنوعی پیشنهاد شده است. لذا با توجه به روند نزولی سطح آب زیرزمینی دشت هشتگرد لازم است برای جلوگیری از این معضل، مطالعه و مکان‌یابی تغذیهٔ مصنوعی آبخوان صورت گیرد. به همین منظور در این مقاله سعی شده روش و مکان بهینه تغذیهٔ مصنوعی و تأثیرات آن بر روی آبخوان مورد بررسی و مطالعه قرار گیرد.

روشها و مکان بهینه تغذیهٔ مصنوعی

همان‌گونه که می‌دانیم روشها و راههای مختلفی در مورد تغذیهٔ مصنوعی وجود دارد، اما این بدین معنی نیست که بتوان از روشهای مختلف در یک منطقه استفاده کرد. به‌طور کلی هر یک از روشها برای شرایط طبیعی و جغرافیایی خاص و برای رودخانه‌هایی با رژیمهای هیدرولوژی متفاوت و منابع آب زیرزمینی مختلف کاربرد دارد. ضمناً هزینه روشهای مختلف متفاوت است. لذا با توجه به مشخصات ذکر شده برای هر منطقه لازم است روش مناسبی انتخاب گردد. امکانات استفاده از روشهای مختلف در دشت هشتگرد به شرح زیر می‌باشد:

الف) امکانات استفاده از روش گودال[۸]. با انجام مطالعات صحرایی از منطقه مورد مطالعه ملاحظه شده که در بخش غربی رودخانه کردان، حد فاصل اتوبان کرج ـ قزوین و راه آهن تهران ـ تبریز، گودالهایی وجود دارند. این گودالها دارای عمقی متغیر و به‌طور متوسط ۶ـ۵ متر بوده که حاصل از برداشت معادن شن و ماسه می‌باشند. همچنین به دلیل نزدیک‌بودن به رودخانه و وجود آبرفتهای دانه درشت، کف این گودالها نفوذپذیری بالا داشته که جهت انجام تغذیهٔ مصنوعی مناسب می‌باشد. از طرف دیگر به دلیل حجم عملیات، گودبرداری پرهزینه بوده و متحمل مخارج سنگین است. ولی خوشبختانه از آنجا که در محدوده مورد مطالعه به دلیل وجود معادن شن و ماسه، این گودالها در فواصل نزدیک رودخانه ایجاد شده‌اند، در صورت امکان و اجازهٔ استفاده از این گودالها روش فوق‌الذکر روشی مناسب، کم هزینه و دارای بازدهی خوب می‌باشد، بنابراین روش گودال به‌عنوان یکی از گزینه‌های مهم و قابل اجرا پیشنهاد می‌گردد. از آنجایی که این گودالها، معادن شن و ماسه بوده و فعال هستند، لذا استفاده از آنها مجاز نیست. در نتیجه با توجه به مخارج سنگین، روش حفر گودال برای تغذیهٔ مصنوعی اقتصادی نمی‌باشد (۸).

ب) امکانات استفاده از روش پخش سیلاب[۹]. در این روش باید سیلاب را از بستر اصلی رودخانه منحرف و بر روی سطح منطقهٔ نسبتاً وسیعی پخش نمود. مسلماً منطقه‌ای که برای پخش سیلاب انتخاب می‌گردد علاوه بر داشتن نفوذپذیری نسبتاً خوب و ارتباط هیدرولیکی با سفرهٔ آب زیرزمینی مورد تغذیه، از نظر توپوگرافی و مسکونی نیز بایستی دارای شرایط خاصی باشد بدین معنی که اگر شیب زمین زیاد باشد، سیلابها بستر جدیدی را به‌وجود می‌آورند و به‌صورت متمرکز در این بستر جاری خواهند شد. لذا با توجه به مسکونی بودن منطقه و عدم وجود اراضی کافی جهت پخش سیلاب این روش مناسب نخواهد بود (۸).

ج) امکانات استفاده از روش بستر رودخانه[۱۰]. بستر رودخانه کردان از آبرفتهای دانه درشت مانند قلوه سنگ و شن پوشیده شده و جنس آبرفت در عمق نیز تقریباً مشابه بخش فوقانی می‌باشد، به همین دلیل نفوذپذیری آن زیاد بوده و قسمتی از جریانهای سطحی رودخانه در این محل نفوذ می‌کند. بنابراین می‌توان با احداث بندهای کوچک در مسیر جریان رودخانه باعث کاهش سرعت جریان و در نتیجه نفوذ بیشتر آب رودخانه به سفره آب زیر زمینی شد.

www.SID.ir

Archive of SID

8. Pit method 9. Flooding method
10. Forrow method

با توجه به بالا بودن میزان رسوب رودخانه کردان و سیلابی‌بودن آن، روش استفاده از بندهای گابیونی در بستر رودخانه کارایی کمتر خواهد داشت، زیرا در صورت استفاده از آن اولاً امکان پر شدن سریع پشت‌بندها توسط رسوبات خواهد بود. ثانیاً به دلیل سیلابی‌بودن رودخانه احتمال تخریب بندها وجود دارد. بنابراین کارایی روش استفاده از بستر رودخانه نسبت به روش گودال حوضچه‌ای کمتر می‌باشد.

د) امکانات استفاده از روش نهری یا شیاری. با انحراف آب بستر رودخانه می‌توان آن را به داخل نهرهایی که بر روی آبرفتهای مخروط افکنه و در راستای خطوط تراز حفر خواهد شد، هدایت نمود. در این روش آب در نهرها جریان داشته و مقداری از آن از انتهای کانال تخلیه شده و همراه مواد جامد باقی‌مانده به بستر رودخانه برگردانیده می‌شود. این روش اولاً برای مناطق ناهموار که امکان ایجاد حوضچه تغذیهٔ مصنوعی وجود ندارد، ثانیاً آب نسبتاً صاف دارند استفاده می‌شود. شایان ذکر است که سطح نفوذ روش نهری نسبت به روش حوضچه‌ای به مراتب کمتر و امکان مسدود شدگی نهرها توسط رسوبات معلق در آب بیشتر می‌باشد. بنابراین روش نهری یا شیاری برای انجام تغذیهٔ مصنوعی دشت هشتگرد توصیه نمی‌گردد (۸).

ه) امکانات استفاده از حوضچه های تغذیه[11]. باتوجه به خصوصیات هیدروژئولوژی مخروط افکنه کرادن، به نظر می‌رسد که نیمه غربی و یا شرقی این مخروط افکنه جهت ایجاد حوضچه‌های تغذیهٔ مناسب باشد. بنابراین با انحراف آب از مسیر رودخانه کردان می‌توان آن را به داخل حوضچه‌هایی که برروی آبرفتهای مخروط افکنه کردان و عمود بر شیب زمین حفره گردیده هدایت نمود. این روش از نظر بازدهی احتمالاً در حد روش استفاده از گودال است ولی به دلیل طراحی و احداث حوضچه‌ها، هزینه‌ای بیشتر نسبت به روش گودال در بر خواهد داشت. بنابراین روش استفاده از حوضچه یکی دیگر از مهمترین روشهایی است که در تغذیهٔ مصنوعی دشت هشتگرد می‌توان استفاده کرد.

حال با توجه به بررسی معایب و محاسن روشهای تغذیهٔ مصنوعی، برای دشت هشتگرد **(۲)** روش حوضچه‌ای به‌عنوان روش مناسب پیشنهاد می‌شود. لذا با توجه به مشخصات زیر، محل در نظر گرفته شده برای تغذیهٔ مصنوعی (شکل۲) در جنوب غربی روستای سیف‌آباد، جنوب خط راه آهن تهران ـ تبریز انتخاب و پیشنهاد می‌گردد.

ویژگی محل پیشنهادی تغذیهٔ مصنوعی

۱. عمق سطح آب زیرزمینی بین ۵۰ تا ۶۰ متر می‌باشد.
۲. افت آب زیرزمینی طی ده سال گذشته در این محدوده به‌طور متوسط بین ۲ الی ۴ متر بوده است.
۳. جهت و شیب آب زیرزمینی از شمال شرق به جنوب غرب یعنی بطرف مرکز دشت هشتگرد می‌باشد.
۴. قابلیت انتقال آب در این محدوده بطور متوسط ۳۵۰۰ متر مربع بر روز و ضخامت آبرفت با توجه به مطالعات ژئوفیزیک و حفاریهای اکتشافی در حدود ۲۵۰ متر برآورد شده است.
۵. مقاومت عرضی لایه خشک از حدود ۴۰۰۰۰ تا ۶۰۰۰۰ اهم متر مربع بوده که این خود دلیلی بر دانه درشت بودن رسوبات آبرفتی و نفوذپذیری مناسب آن می‌باشد.
۶. هدایت الکتریکی آب زیرزمینی و رودخانه کردان در این منطقه در حدود ۳۰۰ میکروموس بر سانتی متر و

11. Infiltration basine

www.SID.ir

Archive of SID

کیفیت آب از نظر شرب در حد خوب تا قابل قبول و از نظر کشاورزی در کلاس C_2S_1 می‌باشد.

۷. با توجه به آزمایشات دانه‌بندی، آزمایشات پمپاژ و مطالعات ژئوفیزیکی در محدودهٔ تغذیهٔ مصنوعی هدایت هیدرولیکی افقی در حدود ۱۴ متر بر روز و هدایت هیدرولیکی قائم در حدود ۲ متر بر روزمحاسبه شده است.

۸ . با توجه به ضریب قابلیت انتقال و هدایت هیدرولیکی بالا، ضریب ذخیره محدوده تغذیهٔ مصنوعی به‌طور متوسط درصد برآورد شده است (ضریب ذخیره متوسط دشت ۴/۵ درصد از طریق بیلان محاسبه شده است).

۹. تراکم چاهها و در نتیجه میزان آب برداشتی از آبخوان در این محدوده نسبتاً بالاست. لذا با توجه به دلایل ذکر شده محدوده مشخص شده در شکل ۲ به‌عنوان مکان بهینه و مناسب برای انجام تغذیهٔ مصنوعی پیشنهاد می‌گردد.

محاسبه ابعاد حوضچه‌های تغذیه و میزان بالاآمدگی سطح آب زیرزمینی در محل تغذیهٔ مصنوعی

جهت تعیین ابعاد حوضچه‌های تغذیهٔ مصنوعی و میزان بالاآمدگی ارتفاع سطح آب زیرزمینی در اثر تغذیه روشهای تجربی متعددی وجود دارد. در این مطالعه از روشهای تجربی هاسمن (۱۹۸۲)، هانتوش (۱۹۶۷) و تاد (۱۹۸۰) جهت برآورد ابعاد حوضچه‌ها و میزان بالاآمدگی سطح آب زیرزمینی استفاده شد. شرح و محاسبات هریک به ترتیب در ذیل آمده است (۹،۱۰،۸،۷).

روش هاسمن

محاسبه ابعاد حوضچه‌ها و سطح ناحیه نفوذ بر سفره آب زیرزمینی از روابط زیر استفاده شده است. روابط مذکور برای سفره آزاد و عمیق با دانه‌بندی نسبتاً درشت توسط هاسمن ارائه گردیده است (شکل۷) (۷و۹).

$$L = \sqrt{K S_o T / P} \qquad B = Q_o / 2q_o$$

$$q_o = H\sqrt{K S_o P / T} \qquad A = 2B (L + W)$$

$$W = q_o / V_e \qquad V = \mu S_o (L + 2W)$$

Qo: دبی انتقالی به حوضچه‌ها (متر مکعب بر روز)

q_o: میزان نفوذ در واحد متر طول حوضچه تغذیهٔ مصنوعی (متر مکعب بر روز بر متر)

B: طول حوضچه (متر)

W: عرض حوضچه (متر)

V: حجم ناحیه تحت تأثیرنفوذ در سفره آب زیر زمینی (متر مکعب)

L: شعاع تاثیر تغذیهٔ مصنوعی از کنار حوضچه (متر)

T: مدت زمان نفوذ (روز) μ: ضریب ذخیره (٪)

K: هدایت هیدرولیکی افقی (متر بر روز)

V_e: هدایت هیدرولیکی عمودی (متر بر روز)

P: تخلخل (٪)

H: ضخامت لایه اشباع (متر)

A: مساحت ناحیه تاثیر نفوذ در سفره آب زیرزمینی (مترمربع)

S0: حداکثر ارتفاع افزایش سطح سفره آب زیرزمینی در محل تغذیهٔ مصنوعی (متر)

خلاصه نتایج به‌دست آمده از روش هاسمن در جدول۲ ارائه شده است. در روش هاسمن میزان بالاآمدگی، برای اینکه ابعاد حوضچه‌ها اقتصادی طراحی شود با روش سعی و خطا محاسبه شده است. بدین منظور حداکثر ارتفاع بالاآمدگی سطح سفره با توجه به ابعاد حوضچه‌ها ۲۵ متر در نظر گرفته شده و با محاسبات انجام گرفته سطح کل

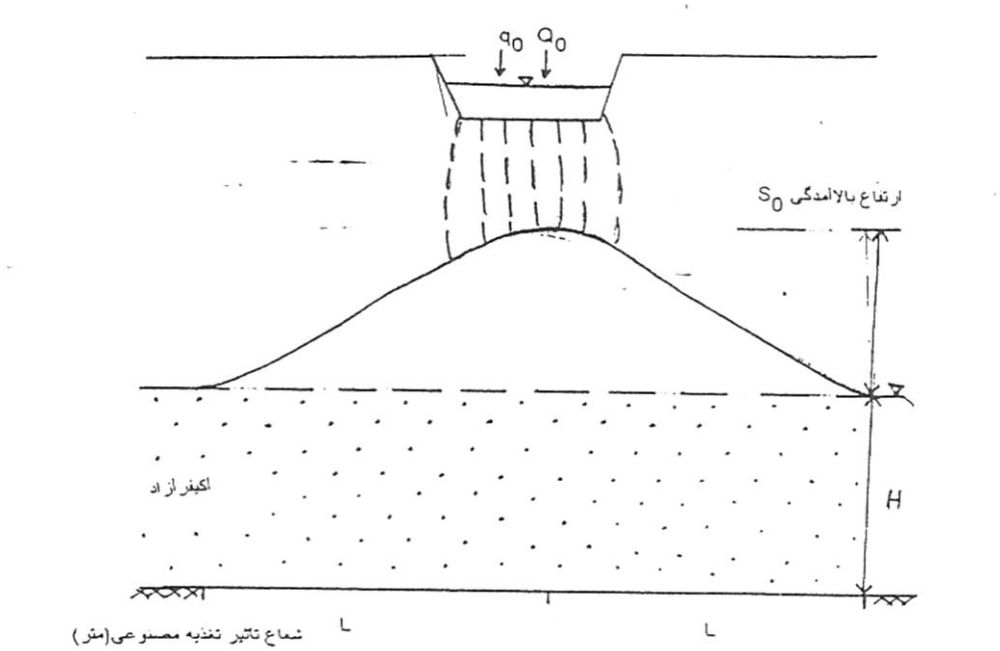
www.SID.ir

Archive of SID

حوضچه‌ها برابر ۷۹۵۶۲/۱۲ متر مربع که معادل شش حوضچه به ابعاد ۶۰ متر در ۲۰۰ متر خواهد بود.

جدول۲. خلاصه نتایج به‌دست آمده از روش هاسمن در دشت هشتگرد (۶)

ردیف	پارامترها	مقادیر محاسبه شده
۱	دبی انتقالی جهت تغذیهٔ مصنوعی (Qo) متر مکعب بر ثانیه	۳/۵
۲	ضریب ذخیره در محل تغذیهٔ مصنوعی (μ) (%) (Sy)	۸
۳	ضخامت آبخوان (H) (m)	۲۵۰
۴	تخلخل (p) (%)	۳۰
۵	متوسط قابلیت انتقال (T) متر مربع بر روز	۳۵۰۰
۶	هدایت هیدرولیکی افقی (K) متر بر ثانیه	$۱/۶۲*۱۰^{-۲}$
۷	هدایت هیدرولیگی قائم (V_e یا V_{am}) متر بر ثانیه	$۲/۲*۱۰^{-۵}$
۸	حد اکثر ارتفاع بالاآمدگی در زمان تغذیه (So) (m)	۲۵
۹	مدت زمان نفوذ در محل تغذیهٔ مصنوعی (t) ماه	۴
۱۰	شعاع تاثیر از دیوار حوضچه (L) متر	۳۷۴/۱۲
۱۱	میزان نفوذ در واحد طول حوضچه تغذیهٔ مصنوعی(q_0) متر مکعب بر ثانیه برمتر	$۳*۱۰^{-۳}$
۱۲	عرض حوضچه تغذیهٔ مصنوعی (W) (Bre) متر	۱۳۶/۴
۱۳	طول حوضچه تغذیهٔ مصنوعی (B) (Lre) متر	۵۸۳/۳
۱۴	مساحت حوضچه تغذیهٔ مصنوعی (Ao) مترمربع	۷۹۵۶۲/۱۲
۱۵	مساحت بالاآمدگی سفره آب زیرزمینی برای تغذیه (A) مترمربع در زمان تغذیه	۵۹۵۵۷۲/۶



شکل۷. میزان بالاآمدگی سطح آب زیرزمینی بر اثر تغذیه مصنوعی به روش هاسمن (۹)

نظر به اینکه سطح بالاآمدگی را ۲۵ متر برآورد کرده‌ایم، در نتیجه شعاع تأثیر از کنار حوضچه‌ها ۳۷۴/۱۲ متر و شیب هیدرولیکی ایجاد شده در بالای سطح ایستایی نیز در حدود ۶/۷ درصد محاسبه شده است. با استفاده از فرمول Q=T.L.I حجم آب نفوذ کرده از تغذیهٔ مصنوعی در مدت ۴ ماه (۱۲۰ روز)، برابر

www.SID.ir

Archive of SID

۲۱۰۵۵۴۷۳/۶ مترمکعب خواهد شد. از طرفی دبی انتقالی از رودخانه کردان در مدت زمان تغذیهٔ مصنوعی ۳۶۲۸۸۰۰۰ متر مکعب اندازه‌گیری که در نتیجه راندمان نفوذپذیری ۵۸ درصد محاسبه شده است.

با توجه به اینکه تغذیهٔ مصنوعی در ماههای بهمن تا اردیبهشت (۱۲۰ روز)، صورت می‌گیرد، میزان تبخیر از حوضچه‌ها برابر ۳۵۷۹۸/۴ مترمکعب خواهد بود که نسبت به مقدار نفوذ رقم ناچیزی می‌باشد (برابر ۱/۷ درصد حجم آب نفوذ کرده) **(٦)**. همان‌گونه که توضیح داده شد به دلیل برداشت بی‌رویه، از دشت هشتگرد به‌طور متوسط سالانه در حدود ۰/۴ الی ۰/۶ متر افت سطح آب زیرزمینی مشاهده می‌شود. با تغذیهٔ مصنوعی حجم آبی معادل ۲۱×۱۰^{۶} مترمکعب در مدت ۱۲۰ روز به آبخوان اضافه خواهد شد. از آنجایی که جهت جریان به سمت جنوب غرب می‌باشد، از محل تغذیهٔ مصنوعی به فاصله شعاع تأثیر از دو طرف حوضچه در جهت جریان آب زیرزمینی هم بر سطح آب زیرزمینی و همین‌طور به حجم آبخوان تأثیر خواهد گذاشت. به‌عنوان مثال در سال آبی ۷۶-۱۳۷۵ مقدار افت در کل دشت برابر ۱/۷ متر **(۲)** بوده وکسری حجم مخزن نیز در حدود ۳۵ میلیون متر مکعب محاسبه شده است. بدین ترتیب با تغذیهٔ مصنوعی رقمی معادل ۲۱ میلیون مترمکعب آب به آبخوان افزوده و در نتیجه تا حدود زیادی می‌توان افت سطح آب زیرزمینی را جبران کرد.

روش هانتوش

هانتوش (۱۹۶۷) بااستفاده از تئوری جریان افقی، معادلاتی را برای پیش‌بینی صعود و نزول سطح آب زیرزمینی براثر تغذیهٔ مصنوعی ارائه داده است. معادله هانتوش برای ارتفاع آب صعود کننده در لایه‌های آبدار و در زیر حوضچه‌های مستطیلی شکل (شکل ۸) به صورت زیر ارائه کرده است **(۸)**.

$$h_{x,y,t}- h_v =v_{am}t /4\ S_y[F(\alpha_1\ \beta_1) + F(\alpha_1\beta_2) + F(\alpha_2\ \beta_1)+F(\alpha_2\ \beta_2)] \quad (۱)$$

$$\alpha_1=[Bre/2+X]\ \sqrt{S_y/4Tt}$$

$$\alpha_2 =[Bre/2 -X]\ \sqrt{S_y/4Tt}$$

$$\beta_1= [Lre/2+Y]\ \sqrt{S_y/4Tt}$$

$$\beta_2 = [Lre/2 -Y]\ \sqrt{S_y/4Tt}$$

T: ضریب قابلیت انتقال (مترمربع برروز)

t: زمان ازلحظه شروع تغذیه(روز)

h_v: ضخامت آبخوان (m)

x,y: مختصات حوضچه نسبت به مرکزحوضچه (۰،۰)

Bre: عرض حوضچه (m)

Lre: طول حوضچه (m)

$h_{x,y,t}- h_v$: افزایش سطح آب زیرزمینی در زمان t

V_{am}: سرعت نفوذ (روز/ m)

S_y: ضریب ذخیره و یا تخلخل قابل پرشدن(٪)

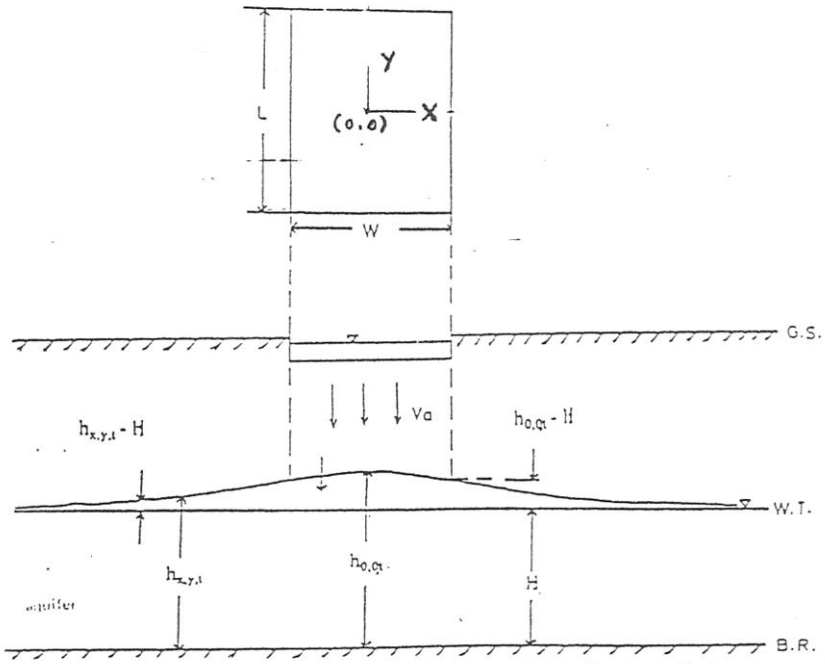
در روش هانتوش به توجه به معادله ۱ میزان رشد و یا کاهش بالاآمدگی سطح آب زیرزمینی را در هر نقطه در زیر و یا خارج از محدوده حوضچه تغذیه می‌توان محاسبه کرد. معادله هانتوش زمانی اعتبار دارد که $h_{x,y,t}-h_v < ۱/۲h_v$ باشد. معادله کاهش بالاآمدگی سطح آب زیرزمینی پس از توقف نفوذ توسط هانتوش به‌شکل زیر ارائه گردیده است:

$$h_{x,y,t}-h_v=Z_{x,y,t} - Z_{x,y,(t-t')}$$

در معادله بالا t' مدت زمان پس از توقف تغذیهٔ مصنوعی می‌باشد. $Z_{x,y,t} - Z_{x,y,(t-t')}$ معرف طرف راست معادله ۱- با فاکتورزمانی t –t' است. در فاکتور زمانی t،t-t' نفوذ از زمان شروع تغذیه و t' گذشت زمان پس از توقف نفوذ می‌باشد.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل – ۸ بالا آمدگي سطح آب زيرزميني در زير حوضچه مستطيلي شکل به روش هانتوش(۷،۹)

جدول۳. ارتفاع بالاآمدگی سطح آب زیرزمینی در مدت زمان تغذیه به روش هانتوش (۶)

(m^2/day)	V_{am}(m/day)	Sy (%)	F	میزان بالاآمدگی
۳۵۰۰	۱/ ۹	۸	۰/۰۳۶۴	$h_{0,0,120} - h_v$
۳۵۰۰	۱/۹	۸	۰/۰۳۴	$h_{20,0,120} - h_v$ ۲۴/۲۲متر
۳۵۰۰	۱/۹	۸	۰/۰۳۴۷	$h_{0,200,120} - h_v$ ۲۴/۷۲متر

در جدول۳ خلاصه نتایج به‌دست آمده از روابط هانتوش با در نظر گرفتن ضریب ذخیره ۸ درصد، میزان نفوذ ۱/۹متر بر روز، ضریب قابلیت انتقال ۳۵۰۰ متر و زمان ۱۲۰ روز می‌باشد. میزان بالاآمدگی در ردیف دوم در ازای x=۲۰ ،Y=۰، زمان ۱۲۰ روز و در ردیف سوم برای x=۰ ،Y=۲۰۰، زمان ۱۲۰ روز، بالاآمدگی محاسبه شده است. جدول ۴ خلاصه نتایج به‌دست آمده از کاهش سطح آب زیرزمینی، ۳۰ روز پس از توقف نفوذ را نشان می‌دهد (٦)

جدول٤. کاهش سطح آب زیرزمینی ۳۰ روز پس از اتمام نفوذ به روش هانتوش(۲و۶)

T(m2/day)	Vam(m/day)	Sy (%)	F	h 0,200,120 - h v	h 0,0,150 - h v - h 0,0,120 - h v	کاهش سطح آب زیرزمینی
۳۵۰۰	۱/۹	۸	۰/۰۳۲	۲۸/۵	۳/۱۴	۲۲/۲۲

www.SID.ir

Archive of SID

روش تاد

در این روش جهت بررسی چگونگی افـزایش سـطح آب زیرزمینی از نمودار ۱ استفاده شده است. با استفاده از روابط داده شده توسط تاد و با کمک این نمودار می‌توان تغییـرات سطح آب زیرزمینـی را در اثـر تغذیـهٔ مصـنوعی در محـل تغذیه برآورد نمود **(۱۰)**. روابطی که تاد ارائه داده به شـکل زیر می‌باشد:

$$L / \sqrt{4T t / S} , h S / W t$$

در این رابطه:

t: مدت زمان تغذیه (روز)

L: طول مربع معادل حوضچه تغذیهٔ مصنوعی(m)

w: میزان نفوذ (روز/m)

h: ارتفاع بالاآمدگی سطح آب پس از تغذیهٔ مصنوعی (m)

T: ضریب قابلیت انتقال (متر مربع بر روز)

S: ضریب ذخیره (٪)

نتایج محاسبات به روش تاد در جدول ۵ ارائه شـده اسـت. در این جدول میزان بالاآمدگی پس از ۱۲۰ روز بعد از زمان شروع تغذیه با در نظر گـرفتن X /L= ۰/۵ محاسـبه شـده است (X فاصله از مرکز حوضچه تغذیه).

جدول ۵. ارتفاع بالاآمدگی سطح آب زیرزمینی در مدت زمان تغذیه به روش تاد (۲ و ۶)

L(m)	W(m/day)	T(m^2/day)	S(%)	t (day)	h(m)
۲۸۲	۱/۹	۳۵۰۰	۸	۱۲۰	/۶۵ ۲۵

مقایسه روشهای هاسمن، هانتوش و تاد

در روش هاسـمن بـا توجـه بـه خصوصـیات بخـش غیراشباع از نظـر دانـه‌بنـدی، نفوذپـذیری و ضـریب قابلیت انتقال و بـا در نظرگـرفتن ارتفـاع بالاآمـدگی سطح آب زیرزمینی که با روش سعی و خطا محاسـبه شـده ابعـاد حوضـچه محاسـبه مـی‌شـود. در روش هانتـوش و تـاد بـا قراردادن ابعاد حوضچه‌ها میزان بالاآمدگی برای زمانهای مختلف مشخص مـی‌گـردد. تفاوت روش هانتوش با تاد در شکل حوضچه‌هاست. یعنی در روش هانتوش حوضچه‌ها مستطیلی ولـی در روش تاد مربعی شکل می‌باشد. جـدول ۶ مقایسـه این سه روش از نظر میزان بالاآمدگی پس از ۱۲۰ روز را نشان می‌دهد.

جدول ٦. مقایسه سه روش بعد از گذشت ۱۲۰روز از زمان تغذیه و میزان بالاآمدگی ارتفاع سطح آب (۶)

روش	زمان(روز)	میزان بالاآمدگی (m)
هاسمن	۱۲۰	۲۵
هانتوش	۱۲۰	۲۵/۳۶
تاد	۱۲۰	۲۵/۶۵

جدول ۷. براساس میزان بالاآمدگی سطح آب زیرزمینی تعداد و ابعاد حوضچه‌های تغذیهٔ مصنوعی (۶)

نوع تغذیه	تعداد	حوضچه‌های تغذیهٔ مصنوعی	
		طول (m)	عرض(m)
حوضچه‌ای	۶	۲۰۰	۶۰

www.SID.ir

Archive of SID

همان‌گونه که در جدول ۶ دیده می‌شود، میزان اختلاف سطح بالاآمدگی آب زیرزمینی محاسبه شده کم می‌باشد. اگرچه این اختلاف به دلیل متفاوت بودن سه روش تجربی از یکدیگر می‌باشد. در روش هاسمن بر اساس حداکثر میزان بالاآمدگی، طول و عرض حوضچه‌ها محاسبه می‌شود. در این روش ابعاد کل حوضچه ۶۰۰*۱۲۰ متر که معادل ۶حوضچه به ابعاد ۲۰۰*۶۰ متر می‌باشد (جدول ۷).

میزان بالاآمدگی سطح آب زیرزمینی که در روش هانتوش محاسبه شده به‌نظر قابل‌قبول‌تر می‌باشد، زیرا میانگین حسابی دو روش دیگر است. همان‌طور که قبلاً گفته شد در روش هانتوش حوضچه‌ها مستطیلی و درروش تاد مربعی شکل هستند، در نتیجه با توجه به شیب محدوده تغذیهٔ مصنوعی اگر حوضچه‌ها مستطیلی طراحی گردند مناسب‌تر است با توجه به دلایل بالا به‌نظر می‌رسد روش تاد نسبت به روش‌های دیگر از اهمیت کمتری برخوردار است. طراحی هر یک از حوضچه‌ها از دیدگاه هیدرولیکی از محدوده مطالعات این مقاله خارج است.

بررسی رسوب رودخانه کردان

از رودخانه کردان و شاخه‌های تشکیل دهنده آن، آمار محاسبه شده رسوب به شکل دبی ـ رسوب روزانه و ماهانه وجود ندارد. لذا در این مورد از مطالعات قبلی استفاده شده است **(۵)**. با توجه به مطالعات انجام شده، مجموع مواد معلق حمل شده توسط رودخانه کردان در ایستگاه ده صومعه در طول یک سال به‌طور متوسط ۲۲۶ هزار تن می‌باشد. همچنین میزان بار کف بستر بستگی به شیب حوضه آبریز داشته و مقدار آن معمولاً بین ۱۰تا۳۰ درصد مواد معلق رودخانه می‌باشد. لذا با توجه به شیب زیاد حوضه رودخانه کردان، میزان بار کف بستر برابر ۲۵ درصد موادمعلق در نظر گرفته شده است که در نتیجه میزان بار معلق برابر ۵۶ هزارتن خواهد شد. بنابراین بار کل رسوب رودخانه کردان در ایستگاه ده صومعه ۲۸۲ هزار تن در سال برآورده شده است (جدول ۸).

با توجه به اینکه ماههای تغذیهٔ مصنوعی از بهمن تا اردیبهشت می‌باشد، مجموع رسوب مواد معلق در این مدت ۲۱۵ هزار تن و مجموع رسوب بار کف ۵۳ هزارتن خواهد بود.

جدول۸ میانگین درازمدت رسوب رودخانه کردان در ایستگاه ده صومعه (محل ورودی به دشت) (۵)

ماهها	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	سالانه
رسوب برحسب هزار تن	۰/۲۱	۰/۵۱	۰/۴۸	۰/۵۹	۱/۰۶	۱۱/۵۵	۹۷/۲	۱۰۵/۳	۸/۰۳	۰/۷۶	۰/۲۴	۰/۱۵	۲۲۲/۱

براساس جدول ۱ دبی متوسط رودخانه کردان در این چهار ماهه ۷/۶ متر مکعب بر ثانیه بوده که در ایستگاه ده صومعه محاسبه شده است. با توجه به اینکه دبی انتقالی (۳/۵ مترمکعب بر ثانیه) جهت تغذیهٔ مصنوعی ۴۶ درصد دبی متوسط رودخانه کردان می‌باشد، بنابراین می‌توان فرض کرد که ۴۶ درصد رسوبات رودخانه کردان که تقریباً ۱۲۳/۲۸ هزار تن در این چهار ماهه می‌باشد، وارد تاسیسات تغذیهٔ مصنوعی خواهد گردید **(٦)**. لذا با توجه به حجم زیاد رسوبات می‌بایست چاره‌ای اندیشیده شود تا اولاً طراحی کانالهای انتقالی از محل بند انحرافی به نحوی صورت گیرد که رسوبات زیادی در این

www.SID.ir

Archive of SID

محل ته‌نشین نشود که خود منجر به متوقف‌شدن سیستم تغذیه می‌گردد. ثانیاً حوضچه‌های رسوبگیر طوری طراحی شوند که رسوب کمتری وارد حوضچه‌های تغذیه گردد. مسلماً به مرور زمان رسوبات معلق افزایش می‌یابد و از نظر باکتریولوژیکی نیز باعث کاهش راندمان حوضچه‌ها خواهد شد. به این منظور هر چند سال یک‌بار و یا حتی پس از هر فصل بارندگی شیارهایی در کف بستر ایجاد (شخم زدن) تا جریان هوا در درون خاک به‌وجود آید. همین‌طور سیلت و رسهایی را که در فصل تغذیه در کف بستر رسوب می‌کنند باید از منطقه خارج شوند.

نتایج حاصل از مطالعات تغذیهٔ مصنوعی

۱. با توجه به بررسیهای انجام شده از نظر زمین‌شناسی و هیدروژئولوژی، محل پیشنهادی تغذیهٔ مصنوعی در جنوب غربی روستای سیف‌آباد زیر خط راه آهن تهران ـ تبریز در بخش ساحل شرقی رودخانه کردان می‌باشد.

۲. منطقه مورد مطالعه طبق روش دومارتن دارای اقلیم نیمه خشک می‌باشد.

۳. سطح آب زیرزمینی در محدوده تغذیهٔ مصنوعی در عمق ۵۰ تا ۶۰ متری بوده و ضخامت بخش اشباع به‌طور متوسط ۲۵۰متر می‌باشد. قابلیت انتقال در محدوده مطالعاتی بین ۳۰۰۰ تا ۴۵۰۰ مترمربع بر روز و مقاومت عرضی لایه خشک بین ۴۰۰۰۰ تا ۶۰۰۰۰ اهم متر مربع بوده که خود مؤید دانه درشت‌بودن آبرفت و نفوذپذیزی نسبتاً خوب آن می‌باشد. در محاسبات میزان هدایت هیدرولیکی قائم در حدود ۱/۹ متر بر روز و ضریب ذخیره متوسط دشت ۴/۵ درصد و محدوده تغذیهٔ مصنوعی ۸ درصد منظورگردیده است.

۴. آب مورد نیاز تغذیهٔ مصنوعی از رودخانه کردان تأمین می‌شود و مقدار آن ۳/۵ مترمکعب بر ثانیه بوده که در ماههای بهمن تا اردیبهشت از محل بند انحرافی به تأسیسات تغذیهٔ مصنوعی اختصاص می‌یابد.

۵. کیفیت شیمیایی آب رودخانه کردان از نظر شرب محدودیتی نداشته، ولی بالا بودن مقدار رسوب آن یک عامل محدود کننده و مسئله‌ساز در تغذیهٔ مصنوعی می‌باشد.

۶. در دشت هشتگرد به علت حفر تعداد زیادی چاههای مجاز و غیر مجاز وهمچنین رشد بی‌رویه جمعیت، تاسیس مراکز صنعتی و کشاورزی، مصرف آب در نتیجه برداشت از سفره آب زیرزمینی افزایش یافته است. این مسئله طی سالیان متمادی باعث افت سطح آب زیرزمینی (سالانه به‌طور متوسط ۰/۴ تا ۰/۶ متر) در منطقه شده است. با توجه به مطالعات قبلی و بیلانهای تهیه شده در سالهای گذشته و ترسیم هیدروگرافهای واحد چند ساله، افت سطح آب زیرزمینی در منطقه را تأیید می‌کند.

۷. روش مناسب تغذیهٔ مصنوعی برای محدوده مطالعه با توجه به در نظر گرفتن معایب و محاسن روشهای مختلف، روش حوضچه‌ای جهت بررسی و محاسبات دقیقتر انتخاب گردید.

۸. برای محاسبه ابعاد حوضچه‌ها و میزان بالاآمدگی سطح آب زیرزمینی از سه روش هاسمن (۱۹۸۲)، هانتوش (۱۹۶۷) و تاد (۱۹۸۰) استفاده شده است. مبنای این محاسبات با توجه به میزان بالاآمدگی ارتفاع سطح آب زیرزمینی با روش سعی و خطا ۲۵ متر در نظر گرفته شده است. طبق نتایج به‌دست آمده، ابعاد حوضچه‌ها در حدود ۶۰۰ ×۱۲۰ متر مربع که معادل ۶ حوضچه به ابعاد ۲۰۰×۶۰ متر مربع خواهد بود.

www.SID.ir

Archive of SID

۹. حجم آبی که از رودخانه کردان برای تغذیهٔ مصنوعی استفاده می‌شود، معادل ۳۶۲۸۸۰۰۰ مترمکعب و حجم آبی که نفوذ خواهد کرد برابر ۲۱۰۵۵۴۷۳/۶ متر مکعب بوده که در نتیجه راندمان نفوذپذیری ۵۸ درصد محاسبه شده است. حجم کل رسوب حمل شده از طریق آب رودخانه کردان در چهار ماه تغذیهٔ مصنوعی ۱۲۳/۲۸ هزار تن برآورد شده است.

پیشنهادها

- در محدوده پیشنهادی تغذیهٔ مصنوعی پیشنهاد می‌شود که حداقل یک حلقه چاه اکتشافی به‌منظور برداشت نمونه‌های دست نخورده، تعیین جنس و دانه‌بندی لایه‌ها و تفکیک لایه‌ها حفر گردد. همچنین انجام آزمایش پمپاژ برای مشخص‌شدن دقیق ضرایب هیدرودینامیکی سفره آب زیرزمینی ضروری می‌باشد.
- نمونه‌برداری از آب رودخانه کردان و انجام کلیه آزمایشهای بیولوژیکی، بهداشتی و شیمیایی الزامی است.
- آزمایشاتی برای مشخص شدن هدایت هیدرولیکی قائم در محل تغذیهٔ مصنوعی ضروری است.
- لازم است تعدادی چاه پیزومتر در اطراف محدوده تغذیهٔ مصنوعی جهت اندازه‌گیری تغییرات سطح آب زیرزمینی در زمان تغذیهٔ مصنوعی حفر شود.
- برای کنترل میزان رسوب (معلق + بار بستری) رودخانه کردان، لازم است به‌طور مستمر از آب رودخانه نمونه‌برداری کرده و این نمونه‌ها مورد آزمایش قرار گیرد.
- لازم است هزینه‌های طراحی، احداث تأسیسات، نگهداری و عمر مفید پروژه برآورد گردد.
- کانال، حوضچه‌ها، کلیه تأسیسات و سازه‌های هیدرولیکی تغذیهٔ مصنوعی می‌بایست توسط متخصصان طراحی گردد.
- سازمانهای مربوطه (وزارت نیرو و جهاد کشاورزی و غیره) می‌بایست شناسنامه کلیه چاههای مجاز و غیر مجاز را مشخص و از توسعه و بهره‌برداری بیش از حد منابع زیرزمینی جلوگیری کنند.
- نقشه‌برداری از مسیر انتقال و محل تغذیهٔ مصنوعی برای تهیه پروفیلهای طولی و عرضی.
- بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی می‌بایست کاهش یابد و برای استفاده بهینه از آبهای سطحی و زیرزمینی جهت مصارف مختلف روشهای مناسبی انتخاب گردد (تلفیق آبهای سطحی و زیرزمینی).
- برای استفاده بهینه از منابع آب (سطحی و زیرزمینی) روشهای مناسب کشاورزی انتخاب و اجرا گردد.
- می‌بایست روشهای مناسب برای بازیافت فاضلابهای شهری و صنعتی انتخاب گردد تا بتوان از تلفات منابع آب جلوگیری کرده و دوباره مورد استفاده قرار گیرند.

منابع

۱. درویش زاده، ع. (۱۳۷۰)، *زمین‌شناسی ایران* ـ تهران، نشر دانش امروز، محل نشر؛

۲. سجادیان، م. (۱۳۷۷)، «مطالعات هیدروژئولوژیکی، تغذیهٔ مصنوعی و مدل ریاضی منابع آب زیرزمینی دشت هشتگرد»، *پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد*، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی؛

۳. عطارزاده، ع. (۱۳۵۳)، *تغذیهٔ مصنوعی سفره آبهای زیرزمینی*، چاپخانه افست گلشن، تهران؛

۴. علیزاده، ا. (۱۳۷۴)، *اصول هیدرولوژی کاربردی*، انتشارات آستان قدس رضوی، چاپ نهم، محل نشر؛

۵. مقیمی، هـ . (۱۹۹۶)، مطالعات هیدروژئولوژیکی دشت هشتگرد (کردان)، تز دکترا، دانشگاه آنکارا، ترکیه؛

۶. مهندسی مشاور پژوهاب، (۱۳۷۱)، *گزارش مطالعات میان‌دوره‌ای طرح و توسعه منابع آبهای سطحی حوزه آبریز رودخانه کردان و*

www.SID.ir

Archive of SID

مطالعه شناسایی منابع آبهای زیرزمینی دشت هشتگرد.

۷. مهندسین مشاور ری آب، (۱۳۷۰)، طرح مطالعات تأمین آب شهر جدید هشتگرد؛

۸. هاسمن، ال. استون، ت، دان. (۱۳۷۰)، *تغذیهٔ مصنوعی آبهای زیرزمینی*، ترجمه عیسی هنرمند ابراهیمی، شرکت مهندسی مشاور مهاب قدس؛

9. Hantush , M. S. (1967) "Growth and decay of ground water mounds in respon of uniform percolation water resources", *Res* , vol: 3, P,227

10. Todd, D. K. (1980) "Ground water Hydrology, John Wiley and sons, inc. New york U.S.A.■

www.SID.ir