نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره 2، جلد 10، خرداد - تیر 1395، ص. 198-187

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 2, Vol. 10, May.-Jun. 2016, p. 187-198

شبیه‌سازی عرضه و تقاضا منابع آب زیرزمینی دشت تویسرکان با مدل ویپ

میثم ربانی‌فر[1]، عبدالله طاهری تیزرو[2*]، مرتضی کمالی[3]

تاریخ دریافت: 1394/12/19 تاریخ پذیرش: 1395/3/19

چکیده

دشت تویسرکان به‌عنوان یکی از دشت‌های استان همدان با افت قابل توجهی در آب زیرزمینی روبرو شده است. هدف از این مطالعه شبیه‌سازی عرضه و تقاضای آب زیرزمینی در دشت تویسرکان برای سال پایه (2011)، و تدوین سناریوهای افزایش راندمان کل آبیاری، تغییر الگوی کشت منطقه و مدیریت آب شهری و بررسی تأثیر آن‌ها بر عرضه و تقاضای آب زیرزمینی با استفاده از مدل ویپ تا سال 2025 است. بر اساس نتایج حاصله، اگر روند فعلی تقاضا ادامه پیدا کند در سال 2019 آبخوان با خشکی و همه سایت‌های تقاضا با بحران بسیار شدید بی‌آبی مواجه خواهند شد. نتایج سناریوی تغییر الگوی کشت نشان داد که خشک شدن آبخوان تا سال 2022 به تعویق خواهد افتاد. نتایج سناریوی مدیریت آب شهری نشان داد که ذخیره حجمی آبخوان از سال 2012 تا 2020 نسبت به سناریوی مرجع، هر ساله افزایش پیدا کرده و این افزایش تا حداکثر 10/95 میلیون متر مکعب در سال 2020 می‌رسد. مطابق نتایج به دست آمده از سناریوی افزایش راندمان، اگر راندمان کل آبیاری در سایت‌های کشاورزی را به 59/13 درصد برسانیم، نه تنها همه نیازهای آبی سایت‌های تقاضا برآورده خواهد شد بلکه ذخیره حجمی آبخوان سال به سال بهبود خواهد یافت و فاصله بین عرضه و تقاضای آب زیرزمینی به حداقل خود خواهد رسید.

واژه‌های کلیدی: آب زیرزمینی، تویسرکان، سناریو، عرضه و تقاضا، ویپ

مقدمه

ایران جزء کشورهای خشک و نیمه‌خشک جهان است که به دلیل رشد جمعیت، گسترش شهرنشینی و توسعه بخش‌های کشاورزی و صنعت، پیوسته با افزایش تقاضای آب مواجه بوده است. تداوم افزایش میزان تقاضا باعث افزایش شکاف میان عرضه و تقاضای آب در آینده خواهد شد (یزدان پناه و همکاران، 1387). چنانچه رشد جمعیت ادامه پیدا کند، مصارف صنعتی و داخلی در کشورهای در حال توسعه، بسیار سریع‌تر از تقاضای آب در بخش کشاورزی رشد پیدا می‌کنند (Abrishamchi et al., 2007). در چنین شرایطی، برنامه‌ریزی صحیح و اولویت‌بندی محل‌های تقاضا، جهت استفاده از منابع آب زیرزمینی و تخصیص آب برای مصارف مختلف، رکن اصلی توسعه پایدار اقتصادی-اجتماعی کشور به شمار می‌رود (دهقان و همکاران، 1394).

مفهوم مدیریت جامع منابع آب در دهه 80 قرن بیستم میلادی در پاسخ به مشکلات اخیر مدیریت آب مطرح گردید. هدف از مدیریت جامع منابع آب، ایجاد سیستمی است که ضمن برقراری ارتباط متقابل مدیریت منابع آب با محیط زیست و توسعه اجتماعی و اقتصادی و با مشارکت بخش‌های مختلف، تصمیم‌گیری‌های تخصیص و توسعه منابع آب صورت گیرد (تیموری، 1389). امروزه از مدل ویپ[4] به‌طور گسترده‌ای در سرتاسر جهان به منظور پشتیبانی از برنامه‌ریزی‌های منابع آب، استفاده می‌شود (Hoff et al., 2011). این مدل قادر است مسائل مرتبط با مصارف از قبیل الگوهای مصرف آب، راهبردهای استفاده مجدد از آب، هزینه‌ها و الگوهای تخصیص آب و همچنین مسائل مربوط به منابع از قبیل جریان رودخانه، منابع آب زیرزمینی، مخازن و خطوط انتقال آب را شبیه‌سازی کند (جلالی و همکاران، 1387).

الفرا و همکاران به بررسی اثرات افزایش سریع رشد جمعیت و توسعه بخش کشاورزی، بر افزایش میزان تقاضا برای منابع آبی جدید در دره اردن با استفاده از مدل ویپ پرداختند. نتایج نشان داد که ادامه روند کنونی مصرف، در آینده منجر به افزایش فاصله بین عرضه و

1- کارشناس ارشد آبیاری و زهکشی، گروه مهندسی آبیاری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینای همدان
2- دانشیار گروه مهندسی آبیاری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان
3- کارشناس ارشد آبیاری و زهکشی، گروه مهندسی آبیاری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینای همدان
(*- نویسنده مسئول: Email: ttizro@yahoo.com)

4- WEAP

Archive of SID
www.SID.ir

تقاضا در عمان خواهد شد، در حالی که بخش کشاورزی، خروجی‌های خود را حفظ می‌کند. نتایج سناریوی استفاده مجدد از فاضلاب تصفیه شده، کاهش فشار بر منابع آب شیرین را نشان داد. در سناریوی ترکیب تغییر اقلیم با استفاده مجدد از فاضلاب‌های تصفیه شده در کشاورزی، مشخص شد که اثرات منفی کاهش موجودیت آب، خنثی خواهد شد و در پایان، سناریوی تغییر الگوی کشت نشان داد که در صورت تغییر نکردن سطح کشت، تنش بر روی منابع آبی به‌طور قابل توجهی کاهش می‌یابد (Alfarra et al., 2012).

هملت و همکاران با به‌کارگیری مدل ویپ، به بررسی و تجزیه و تحلیل بیلان موجود آب و سناریوهای مورد انتظار مدیریت منابع آب در حوضه آبخیز غربی الجزایر در آینده پرداختند. آن‌ها برای ارزیابی‌های خود، سیاست‌های مختلف در حال اجرا و پارامترهایی که ممکن بود بر تقاضا در آینده اثرگذار باشند را تا سال 2030 در نظر گرفتند. نتایج نشان داد که در سال پایه، نه نیازهای کشاورزی و نه نیازهای داخلی، برآورده نمی‌شوند. هم‌چنین نتایج نشان داد که با در نظر گرفتن سناریوهای مورد انتظار، نیازهای بخش داخلی می‌توانند برآورده شوند. با این حال برای توسعه سناریوهای سیستم‌های آبیاری بزرگ، تقاضای آب بخش کشاورزی برآورده نمی‌شود (Hamlat et al., 2012).

ابریشمچی و همکاران به منظور ارزیابی اثرات توسعه منابع ارضی و آب در دشت رودخانه‌ای کرخه علیا بر روی مصارف کشاورزی، صنعتی و شهری پایین‌دست رودخانه و جریان ورودی به مخازن کرخه، از مدل ویپ استفاده کردند. آن‌ها در تحقیق خود به بررسی مدیریت تقاضا در بخش‌های صنعتی و داخلی، به راه انداختن مخازن، افزایش راندمان آبیاری، تغییر در اولویت تخصیص آب، گسترش زمین‌های آبیاری شده و افزایش برداشت از آب‌های زیرزمینی پرداختند. نتایج نشان داد که مدل ویپ قابلیت تحلیل سناریوهای مدیریت منابع آب در مقیاس دشت رودخانه‌ای را دارا است (Abrishamchi et al., 2007).

در این تحقیق از مدل ویپ جهت برنامه‌ریزی و مدیریت منابع آب زیرزمینی با شبیه‌سازی عرضه و تقاضای آب زیرزمینی و تدوین برخی سناریوهای مورد انتظار برای آینده در دشت تویسرکان استان همدان، استفاده خواهد شد. لازم به ذکر است که این مطالعه، جنبه‌های زیست‌محیطی و اقتصادی را در نظر نمی‌گیرد.

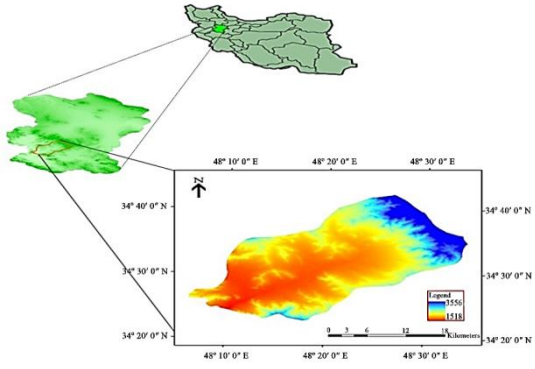
مواد و روش‌ها

معرفی منطقه مورد مطالعه

دشت تویسرکان در استان همدان با وسعت 805 کیلومتر مربع بین طول‌های جغرافیایی 5́ 48° و 35́ 48° شرقی و عرض‌های جغرافیایی 22́ 34° و 42́ 34° شمالی واقع شده است. وسعت آبخوان معادل 150 کیلومتر مربع می‌باشد و 655 کیلومترمربع دیگر نیز شامل ارتفاعات حاشیه دشت است (شکل 1). بزرگ‌ترین کانون جمعیتی منطقه تویسرکان که بیش‌ترین جمعیت شهری را در خود جای داده، شهر تویسرکان است که در سرشماری سال 1390 در حدود 43995 نفر از جمعیت منطقه را به خود اختصاص داده است که معادل 41/9 درصد از کل جمعیت منطقه است. موقعیت عمومی محدوده مورد مطالعه در جدول 1 نشان داده شده است.

جدول 1- موقعیت عمومی محدوده مورد مطالعه

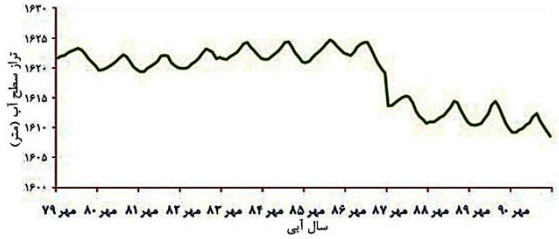
	بخش	شهرها	دهستان
شهرستان تویسرکان	مرکزی	تویسرکان، سرکان	حیقوق‌نبی، کرزان‌رود
	قلقلرود	فرسفج	قلقرود، میان‌رود



شکل 1- دشت تویسرکان در استان همدان

وضعیت هیدروژئولوژی در منطقه مورد مطالعه

ترسیم هیدروگراف واحد آبخوان دشت تویسرکان (شکل 2) از سال آبی 80-1379 تا 91-1390 نشان داد که سطح ایستابی در طول این مدت افتی در حدود 10 متر را داشته است. عواملی نظیر برداشت بیش از حد، کاهش بارندگی و عدم برنامه‌ریزی‌های جامع در زمینه مدیریت مناسب آب زیرزمینی منجر به چنین افتی شده است.



شکل 2- هیدروگراف واحد آبخوان تویسرکان (منبع: سازمان آب منطقه‌ای همدان)

نیازهای آبی در حال و آینده

به‌منظور بررسی عرضه و تقاضا آب زیرزمینی در محدوده مورد

Archive of SID

www.SID.ir

مطالعه، نیازهای آبی که شامل مصارف شرب، صنعت و کشاورزی است را باید برای سال پایه (سال 2011) و هم‌چنین برای افق زمانی طرح (سال 2025)، مورد بررسی قرار داد.

الف- نیازهای آبی شرب و بهداشت

مصرف سرانه کل از مجموع مصارف خانگی، فضای سبز خانگی، تجاری، صنایع داخل شهر، فضای سبز و عمومی به دست می‌آید. میانگین روزانه مصرف کل در طول یکسال به ازای هر نفر از جمعیت شهر، متوسط مصرف سرانه نامیده می‌شود (سازمان برنامه و بودجه، 1371). دفتر تهیه استانداردهای مهندسی آب کشور وابسته به وزارت نیرو جدول 2 را برای حداکثر مصرف سرانه آب در شهرهای ایران پیشنهاد نموده است. این جدول توسط دفتر تحقیقات و معیارهای فنی سازمان برنامه و بودجه نیز تصویب شده است (منزوی، 1378).

جدول 2- بیش‌ترین مصرف سرانه برای شهرهای ایران (منبع: دفتر تهیه استانداردهای مهندسی آب کشور)

نوع شهر از نظر بزرگی	جمعیت بر حسب هزار نفر	مصرف سرانه (لیتر نفر در شبانه روز)		
		مناطق سرد	مناطق معتدل	مناطق گرم
شهرهای کوچک	کوچک‌تر از 50	175	200	225
شهرهای متوسط	50 تا 500	200	230	260
شهرها بزرگ	بزرگ‌تر از 500	225	260	295

برآورد نیازهای زمانی در دوره‌های زمانی مختلف به تعیین مصارف سرانه و پیش‌بینی جمعیت در شهرها و روستاهای منطقه بستگی دارد. بر اساس اطلاعات به دست آمده از طرح آمایش سرزمین همدان (1390) و اطلاعات به دست آمده از فرمانداری شهرستان تویسرکان در رابطه با نسبت‌های جمعیتی بین کل شهرستان تویسرکان و شهرهای تویسرکان، سرکان، فرسفج و روستاهای موجود در دشت تویسرکان و هم‌چنین آمار سرشماری نفوس و مسکن در سال 1390، جمعیت مناطق شهری و روستایی در محدوده مطالعاتی دشت تویسرکان از سال 1365 تا 1390 به‌صورت جدول 3 می‌باشد.

جدول 3- سهم جمعیت مناطق شهری و روستایی در محدوده مطالعاتی دشت تویسرکان

سال	جمعیت شهر تویسرکان	جمعیت شهر سرکان	جمعیت شهر فرسفج	جمعیت کل مناطق روستایی
1365	48124	5065	2059	41769
1375	46583	4902	1993	40431
1385	43360	4563	1855	37634
1390	41114	4327	1759	35684

با استفاده از توابع نمایی و روش گسترش نموداری که برای هر یک از مناطق شهری و مناطق روستایی به دست آمد لذا به پیش‌بینی جمعیت تا سال 2025 پرداخته شد و نتایج در جدول 4 مشاهده می‌شود.

جدول 4- نتایج برآورد و پیش‌بینی جمعیت مناطق شهری و روستایی در دشت تویسرکان

سال	جمعیت شهر تویسرکان	جمعیت شهر سرکان	جمعیت شهر فرسفج	جمعیت کل مناطق روستایی
1986	48124	5065	2059	41769
1996	46583	4902	1993	40431
2006	43360	4563	1855	37634
2011	41114	4327	1759	35684
2015	40886	4192	1709	34810
2020	39661	4066	1658	33768
2025	38712	3971	1619	32962

شهر تویسرکان با جمعیت 41114 نفر، شهر سرکان با جمعیت 4327 نفر و شهر فرسفج با جمعیت 1759 نفر در سال 2011، در تقسیم‌بندی بخشنامه تعدیل وزارت نیرو جزو شهرهای کوچک محسوب می‌گردند.

Archive of SID

www.SID.ir

بر اساس اطلاعات اخذ شده از اداره آب و فاضلاب شهرستان تویسرکان، مقدار مصرف آب در شهرهای تویسرکان، سرکان و فرسفج در سال 2011 به‌صورت جدول 5 می‌باشد؛ بنابراین اطلاعات می‌توان اظهار کرد که همه شهرهای موجود در دشت تویسرکان، از حدکثر سرانه تعیین شده توسط وزارت نیرو نیز تجاوز کرده‌اند. بنابراین انتظار می‌رود که شرکت آب و فاضلاب شهرستان همدان در این راستا برنامه‌ریزی‌های مناسب را انجام دهد.

با احتساب ضریب تولید پساب 0/83 برای مناطق شهری و 0/74 برای مناطق روستایی (شرکت مهندسین مشاور جاماب، 1383 و 1386)، مقدار پساب ایجاد شده نیز برای هر یک از مراکز مصرف کننده مطابق با جدول 5 است.

جدول 5- میزان مصرف آب شهری و پساب تولید شده در طول یک سال در بخش‌های مختلف شهرهای موجود در دشت تویسرکان

نام شهر	مصرف خانگی (m^3)	صنعتی و تجاری (m^3)	عمومی (m^3)	مصرف کل (m^3)	تولید پساب (m^3)	به حساب نیامده (m^3)	سرانه کل (m^3)	سرانه کل (لیتر نفر در شبانه روز)	استحصال کل (m^3)
تویسرکان	2582253	114533	542059	3238845	2688241/35	1814590	78/77	215/80	5053435
سرکان	240450	16331	14945	271816	225607	139581	62/81	172/08	411397
فرسفج	91897	4678	47326	143901	119437/83	44131	82	224/65	188032
کلیه روستاها	-	-	-	1190745	881151/3	380335	91/42	250/46	1571080

با توجه به سرانه کل شهر تویسرکان در سال 2011 که برابر با 216 لیتر/روز/نفر است، مشخص است که سرانه مصرف از میزان حداکثر سرانه ارائه شده توسط وزارت نیرو تجاوز کرده است. شهرهای سرکان و فرسفج نیز جزو شهرهای کوچک محسوب می‌گردند که مقدار سرانه مصرف کل آن‌ها به‌ترتیب برابر با 172/08 و 224/65 می‌باشد. همانگونه که داده‌ها نشان می‌دهد شهرهای تویسرکان و فرسفج علی‌رغم اینکه جزء شهرهای کوچک هستند اما مانند شهرهای بزرگ رفتار می‌کنند.

نیاز آبی صنعت و معدن

در این محدوده یک شهرک صنعتی با عنوان تویسرکان و یک ناحیه صنعتی با عنوان فرسفج وجود دارد. در سال پایه یعنی 2011 هم شهرک صنعتی تویسرکان و هم ناحیه فرسفج فعال می‌باشد. موقعیت این مراکز در شکل 3 نمایش داده شده است. تعداد واحد موجود در این مرکز 27 واحد می‌باشد که تنها 16 واحد از آن‌ها فعال است. بر اساس آمار دریافت شده از شرکت شهرک‌های صنعتی استان همدان، در شهرک صنعتی تویسرکان، دبی استاندارد مورد نیاز 13 لیتر بر ثانیه است که از طریق منابع آب زیرزمینی به تأمین آب می‌پردازند. ناحیه صنعتی فرسفج دارای 7 واحد می‌باشد که 6 واحد از آن فعال می‌باشد. میزان دبی استاندارد مورد نیاز برای این ناحیه، 8 لیتر بر ثانیه می‌باشد که این سایت نیز از طریق منابع آب زیرزمینی به تأمین آب خود می‌پردازد. با مشاوره انجام شده با کارشناس مربوطه در شرکت شهرک‌های صنعتی استان نتیجه بر آن شد که مقدار زمان کار واحدهای صنعتی به‌طور میانگین در هر شبانه روز 8 ساعت در نظر گرفته شود لذا دریک سال میزان برداشت از آب زیرزمینی توسط شهرک تویسرکان و ناحیه فرسفج به‌ترتیب برابر با $52560\ m^3$ و $31536\ m^3$ می‌باشد (معادله 1). با توجه به این مقادیر، کمبود حجم آب (میزان آب برآورده نشده در بخش صنعت و معدن در شهرک صنعتی تویسرکان و ناحیه صنعتی فرسنج) در سال پایه به ترتیب برابر با $84096\ m^3$ و $52560\ m^3$ در سال می‌باشد. از آنجایی که صنایع به‌کار گرفته شده تویسرکان، بیش‌تر از نوع شیمیایی و غذایی هستند مقدار فاضلاب ایجاد شده توسط شهرک تویسرکان و ناحیه صنعتی فرسفج به ترتیب برابر با $28162\ m^3$ و $25860\ m^3$ می‌باشد که ضرایب تولید پساب در جدول 6 آمده است؛ اما در این شهرک‌ها هیچ‌گونه تصفیه‌خانه‌ای موجود نیست، لذا تمامی فاضلاب تولید شده از طریق چاه‌های فاضلاب حفر شده در مجاورت شهرک‌ها، وارد آب زیر زمینی می‌گردند.

(1) تعداد ساعت کار در شبانه روز × 3600 × 365 ÷ 1000 × دبی آب (ثانیه/لیتر) = (m^3) حجم آب در سال

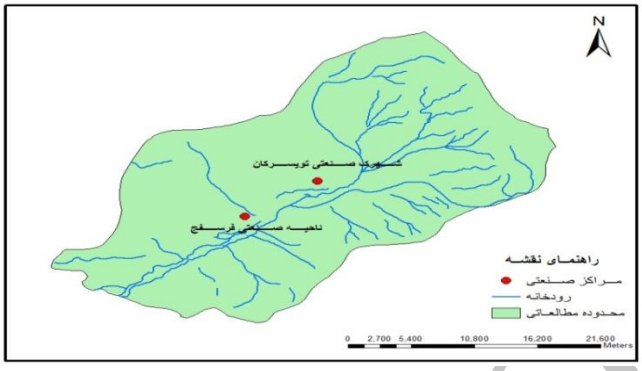
جدول 6- ضریب تولید پساب صنعتی برای صنایع مختلف (منبع: انتشارات معاونت برنامه‌ریزی ریاست جمهوری)

نوع صنعت	ضریب تولید پساب
صنایع غذایی	0/65
صنایع چوب	0/82
صنایع کاغذ	0/39
صنایع شیمیایی	0/42
صنایع کانی غیر فلزی	0/76
صنایع ماشین آلات و تجهیزات	0/80

Archive of SID

www.SID.ir

علاوه بر شهرک و ناحیه صنعتی مذکور، در دشت تویسرکان، شهرک صنعتی دیگری تحت عنوان تویسرکان 2 در حال طراحی می‌باشد. این طرح در دست مطالعه می‌باشد و کارشناسان برای آن، دبی استاندارد 37 لیتر بر ثانیه را پیشنهاد داده‌اند، بنابراین با در نظر گرفتن این دبی و احتساب میانگین 8 ساعت کار در شبانه روز برای واحدهای صنعتی، می‌توان گفت که شهرک صنعتی تویسرکان 2 به طور میانگین در هر سال به 388944 متر مکعب آب از منابع زیرزمینی نیاز خواهد داشت. ما در مطالعات خود تاریخ شروع به کار این شهرک را 2015 در نظر گرفته لذا در بخش نتایج امکان تأمین آب این شهرک را در سال‌های آینده مشخص خواهد شد.



شکل 3- موقعیت شهرک صنعتی تویسرکان و ناحیه فرسفج

نیاز آبی کشاورزی

دشت تویسرکان دارای منطقه وسیعی برای کشاورزی می‌باشد. بر اساس اطلاعات دریافت شده از سازمان جهاد کشاورزی، کل شهرستان تویسرکان در سال زراعی 1390-1389، 38274 هکتار سطح زیر کشت داشته است که از این مقدار، در محدوده مطالعاتی دشت تویسرکان که توسط سازمان آب منطقه‌ای استان همدان مشخص شده است، سطح زیر کشت برابر با 29381/1 هکتار است و بر اساس مطالعات انجام شده توسط سازمان جهاد کشاورزی 8889/7 هکتار کشت زراعی آبی و 5405/5 هکتار نیز باغی و در مجموع 14294/69 هکتار تحت پوشش کشاورزی آبی بوده است. 4 سایت کشاورزی در این منطقه عبارت خواهند بود از سایت‌های کشاورزی میانرود، قلقلرود، کرزانرود و حیقوق نبی.

بر اساس اطلاعات اخذ شده از جهاد کشاورزی و آب منطقه‌ای، میزان برداشت آب مورد نیاز بخش کشاورزی از منبع زیرزمینی در کل دشت تویسرکان 122/45 میلیون متر مکعب برآورد می‌گردد.

به‌منظور تعیین آب مورد نیاز گیاهان کشت شده در منطقه، ابتدا با استفاده از نرم‌افزار نت‌وات نیاز خالص آبیاری برای هر یک از گیاهان در منطقه به دست آمد و سپس با برآورد راندمان آبیاری منطقه، مقدار آب مورد نیاز کشاورزان برای هر یک از کشت‌های زراعی و باغی برآورد شد که دو حالت مورد بررسی قرار گرفت. این دو حالت عبارت بودند از عدم وجود آبیاری تحت فشار و اعمال آبیاری تحت فشار در همه زمین‌های کشاورزی موجود که نتایج در جدول‌های 7 و 8 ارائه شده است.

جدول 7- نیاز آبی سالیانه محصولات زراعی و باغی در حالت عدم وجود آبیاری مکانیزه (Mm^3)

نوع محصولات	میانرود	کرزانرود	قلقلرود	حیقوق نبی	دشت تویسرکان
زراعی	22/87	4/17	28/05	19/64	74/74
باغی	4/94	11/74	5/21	32/72	54/63
مجموع	27/82	15/92	33/27	52/36	129/37

جدول 8- نیاز آبی سالیانه محصولات زراعی و باغی در حالت تجهیز همه زمین‌ها به آبیاری مکانیزه (Mm^3)

نوع محصولات	میانرود	کرزانرود	قلقلرود	حیقوق نبی	دشت تویسرکان
زراعی	15/32	2/80	18/80	13/16	50/09
باغی	3/31	7/87	3/50	21/93	36/61
مجموع	18/64	10/67	22/30	35/10	96/71

Archive of SID

www.SID.ir

استفاده از مدل ویپ برای مدیریت عرضه و تقاضا

در منطقه مورد مطالعه محل‌های مصرف آب و مقادیر نیاز آبی آن‌ها و همچنین منابع آبی تأمین کننده نیازها مشخص شده و سپس با استفاده از مدل ویپ شبیه‌سازی شده‌اند. جهت مدل‌سازی منطقه مورد مطالعه بایستی یک سال به‌عنوان سال پایه در نظر گرفته شود. سال پایه به معنای سالی است که اطلاعات و آمار مناسبی از وضعیت منطقه تحت مطالعه موجود باشد. اطلاعات منابع و مصارف در سال پایه که در این تحقیق سال 2011 در نظر گرفته شده است وارد مدل می‌شوند.

پس از شبیه‌سازی منابع و مصارف در محدوده مطالعاتی و پیش‌بینی مصارف برای یک دوره معین در سال‌های آتی، سناریوهای مختلفی در سال پایه و در آینده جهت برنامه‌ریزی و مدیریت منابع و مصارف در مدل اعمال گردیده است. سناریوها مجموعه‌ای از فرض‌های گوناگون در مورد شرایط آینده و مؤلفه‌هایی که بر منابع و مصارف مؤثرند، می‌باشند. ضمناً افق زمانی طرح 15 ساله و سال هدف 2025 می‌باشد. نیازهای آتی در افق طرح اعم از شرب، صنعت و کشاورزی با توجه به افزایش جمعیت و مطالب مذکور در بخش‌های تعیین شده است.

داده‌های ورودی مدل ویپ

در این مدل به‌طور کلی دو سری داده شامل سایت‌های نیاز و منابع تأمین آب وارد شده که در مورد هر کدام اطلاعات لازم جمع‌آوری و به‌صورت جداگانه ارائه می‌شود. پارامترهای مورد نیاز برای هر یک به‌صورت زیر می‌باشند.

الف- سایت‌های نیاز

پارامترهایی که در این بخش مورد نیاز هستند شامل موارد زیر می‌باشند.

- سطح زیر کشت در مورد نیاز کشاورزی و تعداد افراد در مورد نیاز شرب
- مقدار مصرف آب سالیانه در مورد هر کدام از سایت‌های نیاز
- درصد نیاز ماهانه آب در هر یک از سایت‌های نیاز
- درصد مصرف آب در سایت‌های تقاضا
- درصد تلفات در سایت‌های تقاضا یا نیازهای به‌حساب نیامده در سایت.

نیاز شرب به تفکیک شهری و روستایی و با استفاده از پارامترهای مورد نیاز از جمله جمعیت شهری و روستایی، سرانه مصرف، درصد نیاز ماهانه و تلفات در سال پایه و نیز دوره شبیه‌سازی تهیه و مورد استفاده قرار گرفته است، نیاز کشاورزی با استفاده از الگوی کشت گیاهان (زراعی و باغی)، سطوح زیر کشت هر کدام و نیز نیاز آبی ماهانه خالص هر گیاه در طول دوره رشد و راندمان کل آبیاری در منطقه تهیه و در مدل به‌کار برده شده است. حجم مورد نیاز سالانه صنایع نیز با استفاده از اطلاعات موجود تهیه و وارد مدل شده است. در مورد همه نیازها راندمان مصرف، چگونگی تأمین از منابع و آب برگشتی نیز تعیین و مورد استفاده قرار گرفته است.

ب- منابع تأمین آب

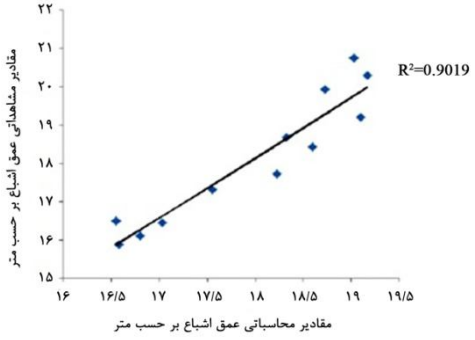
منابع تأمین آب شامل منابع آب سطحی و زیرزمینی می‌باشد که در این مطالعه فقط منبع آب زیرزمینی مورد بررسی قرار می‌گیرد.

1- منابع آب زیرزمینی

برخی از پارامترهای مورد نیاز برای آب زیرزمینی در مدل ویپ عبارتند از ظرفیت ذخیره، ذخیره اولیه و تغذیه طبیعی.

واسنجی و صحت سنجی مدل

در مدل ویپ، به‌طور مخصوص برای منبع آب زیرزمینی واسنجی خودکار در نظر گرفته نشده است لذا کاربر باید به‌صورت دستی واسنجی را انجام دهد. در این مطالعه نیز واسنجی به‌صورت دستی انجام شد، به این صورت که حجم آب زیرزمینی به دست آمده از مدل ویپ را ابتدا با استفاده از ضریب ذخیره 0/06 (سازمان آب منطقه‌ای استان همدان، 1387) و وسعت آبخوان (224 کیلومتر مربع)، به عمق اشباع تبدیل کرده سپس با عمق اشباع مشاهداتی مقایسه گردیدند. واسنجی برای 12 ماه از سال پایه صورت گرفت. میانگین واریانس این 12 ماه برابر با 0/61 به دست آمد (شکل 4).



شکل 4- برازش عمق اشباع محاسباتی مدل ویپ و مشاهداتی برای 12 ماه سال پایه بر حسب متر

Archive of SID

www.SID.ir

در این مطالعه پس از واسنجی مدل با استفاده از 3 ماه اول پس از سال پایه به صحت سنجی پرداخته شد که نتایج با واریانس 0/018، اطمینان کامل را حاصل نمود. نتایج صحت‌سنجی را در جدول 9 می‌توان مشاهده کرد.

جدول 9- نتایج حاصل از صحت‌سنجی عمق اشباع محاسباتی و مشاهداتی

ماه	1	2	3
عمق اشباع محاسباتی	16/89	17/19	17/35
عمق اشباع مشاهداتی	16/73	17/18	17/52

نتایج و بحث

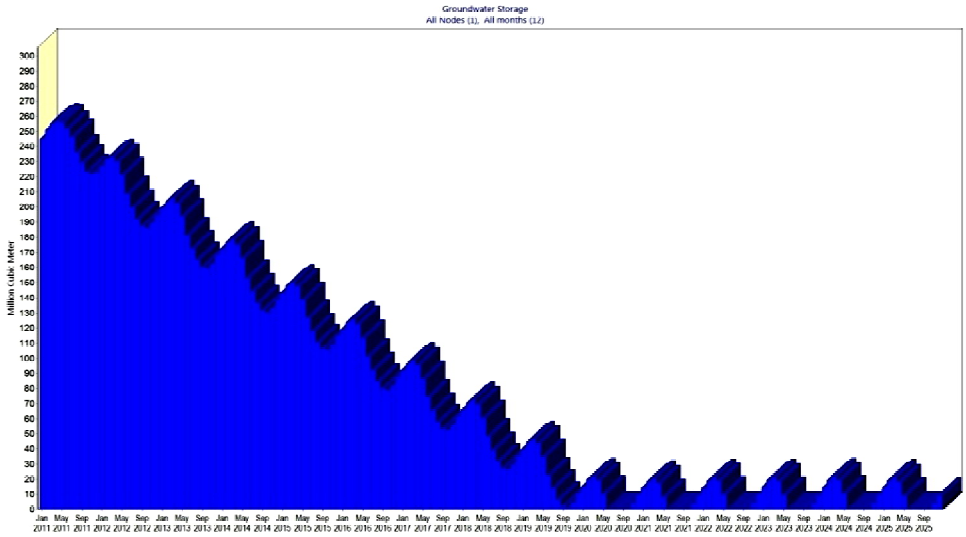
تدوین سناریوی مرجع

در این سناریو ابتدا نیاز آبی سایت‌های تقاضا شامل شرب، صنعت و کشاورزی در سال پایه مطالعات (2011) وارد مدل شده است. ضمناً نیاز آبی شرب در مورد شهرها و روستاهای منطقه تا سال 2025 مطابق آنچه به دست آمد، در مدل وارد شده است. ولی نیازهای صنعت و کشاورزی در سال‌های آتی ثابت فرض شده و در سناریوهای بعدی تغییرات اعمال خواهد شد. پس از تدوین این سناریو و اجرای مدل ملاحظه شد که حجم ذخیره مخزن در سال 2019 با بحران بسیار شدیدی مواجه خواهد شد. این تغییرات را می‌توانید در شکل 5 مشاهده کنید.

همانطور که در شکل 6 نشان داده شده است، سایت کشاورزی میانرود و قلقلرود به علت قرار گرفتن در پائین دست آبخوان در برخی از ماه‌ها که شروع آن از تابستان سال 2020 می‌باشد، صفر درصد تأمین نیاز صورت می‌گیرد و این به معنای حذف کشاورزی در این ماه‌ها از سال می‌باشد؛ اما در سایت‌های کشاورزی کرزانرود و حیقوق نبی به علت قرار گرفتن در بالادست آبخوان، در دوره 25 ساله شبیه‌سازی تقریباً با مشکل کم‌آبی مواجه نشد و حداقل درصد تأمین نیاز ماهانه در این سایت‌ها 84/5 درصد بود.

درصد تأمین نیاز سایت‌های شهری و صنعتی در شکل 7 نشان داده شده است. بر اساس این نتایج از تابستان سال 2020 شهرهای تویسرکان و سرکان حداقل به ترتیب با 84/7 و 84/8 و شهر فرسفج با صفر درصد تأمین نیاز ماهیانه مواجه خواهند شد. هم‌چنین شهرک‌های صنعتی فرسفج، تویسرکان و تویسرکان 2 نیز به ترتیب با صفر، 85/5 و 84/7 درصد تأمین نیاز ماهیانه حداقل روبرو می‌شوند. بنابراین شهرک صنعتی فرسفج از این تاریخ به بعد فلج گشته اما برای احداث شهرک صنعتی تویسرکان 2 مشکل زیادی به‌وجود نخواهد آمد.

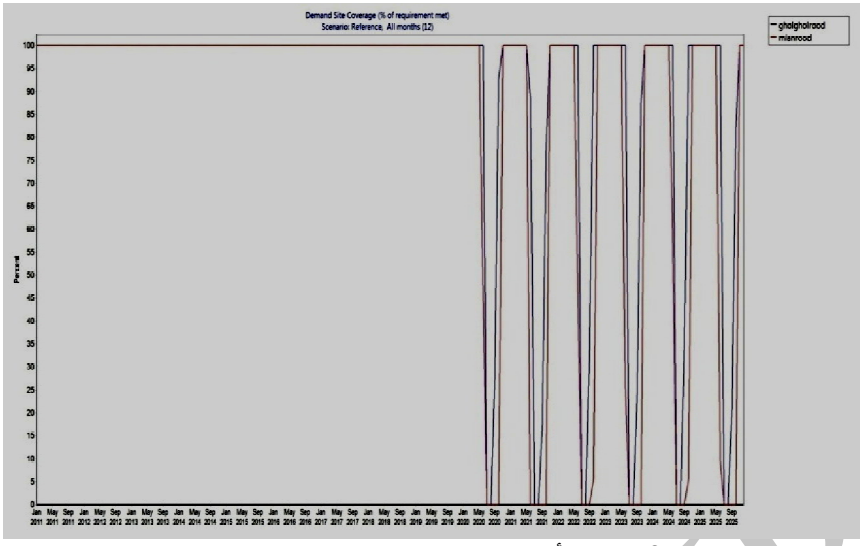
هم‌چنین بیش‌ترین نیاز تأمین نشده برای سایت کشاورزی قلقلرود 20/8 میلیون‌متر مکعب، برای سایت کشاورزی حیقوق نبی 1/8، برای سایت کرزان رود 1/1 و برای سایت میانرود 20/7 میلیون متر مکعب نشان داده شد که همه آن‌ها در سال 2021 رخ داد. هم‌چنین حداکثر نیاز تأمین نشده برای سایت‌های شهری تویسرکان، سرکان، فرسفج و صنعتی تویسرکان، تویسرکان 2 و فرسفج به‌ترتیب برابر با 0/117، 0/01، 0/047، 0/001، 0/106 و 0/008 میلیون متر مکعب نشان داده شد که در مقابل نیازهای تأمین نشده بخش کشاورزی ناچیز، اما در مقابل نیازهای خود چشمگیر می‌باشند (شکل 8).



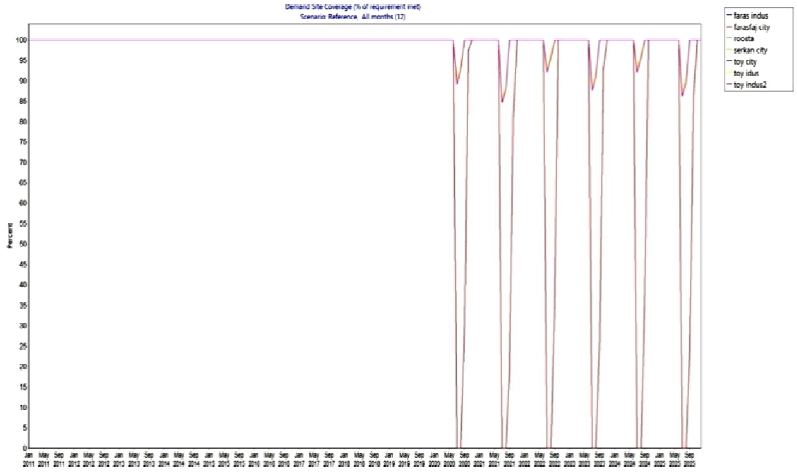
شکل 5- تغییرات ذخیره حجمی آبخوان در دوره شبیه‌سازی

Archive of SID

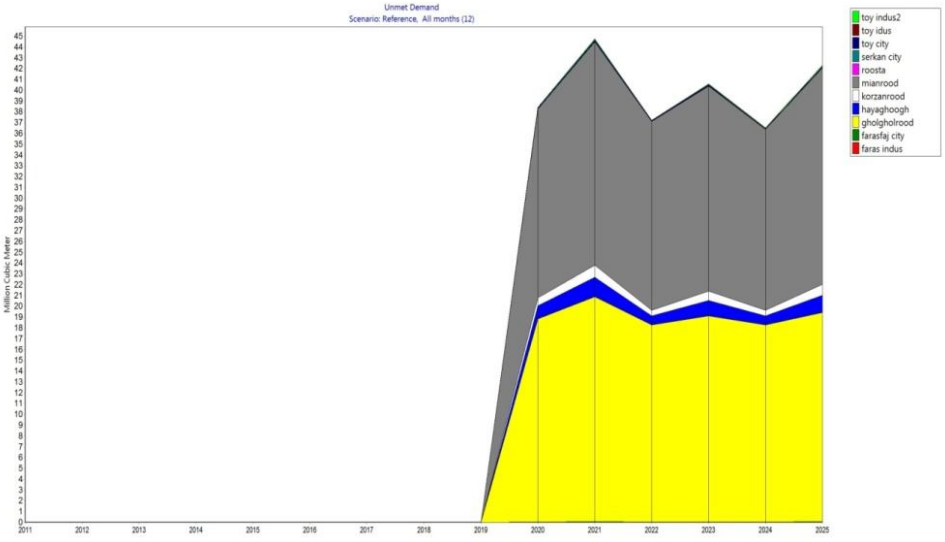
www.SID.ir



شکل 6- درصد تأمین نیاز سایت‌های کشاورزی میانرود و قلقلرود



شکل 7- درصد تأمین نیاز سایت‌های شهری و صنعتی



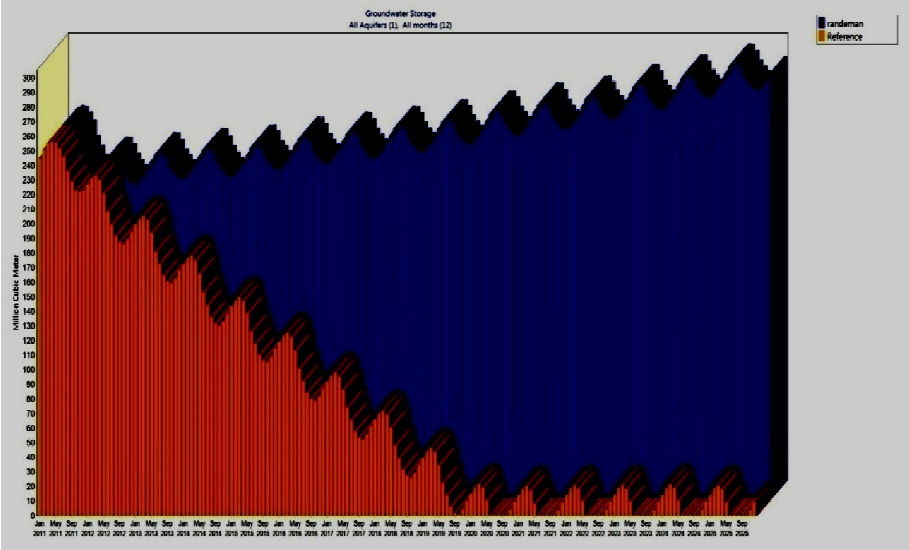
شکل 8- نیاز تأمین نشده سایت‌های تقاضا در دوره شبیه‌سازی

www.SID.ir

سناریوی افزایش راندمان

سناریوی افزایش راندمان با این فرض اجرا شد که بعد از سال پایه یعنی 2011، همه اراضی آبی تحت پوشش آب زیرزمینی، با استفاده از سیستم‌های تحت فشار، آبیاری شوند. لذا با استفاده از راندمان 59/13 درصد برای آبیاری تحت فشار در دشت تویسرکان، نتایج بسیار خوبی به جهت صرفه‌جویی در مصرف آب به دست آمد.

در این سناریو افزایش راندمان کل آبیاری، موجب بهبود بسیار چشم‌گیری در ذخیره آبی زیرزمینی گشت، به‌گونه‌ای که نه‌تنها بحران شدید سال 2020 حذف گردید بلکه حجم آب زیرزمینی در بیش‌ترین حالت خود در این سناریو در مقایسه با سناریوی مرجع، 287/62 میلیون متر مکعب افزایش حجم داشت؛ بنابراین نتایج نشان می‌دهد که با افزایش راندمان کل به مقدار 20 درصد، نه‌تنها نیاز بخش‌های مختلف برآورده خواهد شد بلکه آب زیرزمینی نیز سال به سال بهبود پیدا خواهد کرد به‌گونه‌ای که طی 20 سال آینده آبخوان دشت تویسرکان بهبود کامل پیدا خواهد کرد. در شکل 9 تغییرات ذخیره حجمی آبخوان و مقایسه این تغییرات در دو سناریوی مرجع و افزایش راندمان مشاهده می‌شود.



شکل 9- مقایسه تغییرات ذخیره حجمی آبی زیرزمینی در سناریوهای افزایش راندمان و مرجع

سناریوی تغییر الگوی کشت

این سناریو تأثیر تغییر الگوی کشت زراعی را به‌منظور تعادل بخشی سیستم عرضه و تقاضا نشان می‌دهد. با توجه به اینکه تغییر الگوی کشت باغی دشوار است لذا تصمیم گرفته شد که در منطقه، فقط بر روی تغییر نظام کشت زراعی بحث شود. از آنجایی که هدف کاهش ذخیره منفی سالانه و به تعادل رساندن مخزن آب زیرزمینی می‌باشد و بیش‌ترین مصرف آب را در کشت‌های شبدر، یونجه، چغندر قند، گوجه فرنگی، خیار و لوبیا داریم لذا با جایگزین کردن چغندر، گوجه فرنگی و خیار با جو، شبدر با یونجه و لوبیا با نخود، تغییرات خوبی در کاهش فاصله بین عرضه و تقاضای آب زیرزمینی منطقه مشاهده کردیم.

پس از اعمال این تغییرات در الگوی کشت منطقه، وضعیت ذخیره حجمی آب زیرزمینی بهبود نسبتاً خوبی را از خود نشان داد. به گونه‌ای که بحران شدید آب از اواخر سال 2019 به سال 2022 منتقل شد. مقایسه ذخیره حجمی آب زیرزمینی در دو سناریوی مرجع و تغییر الگوی کشت در شکل 10 نشان داده شده است.

سناریوی مدیریت آب شهری

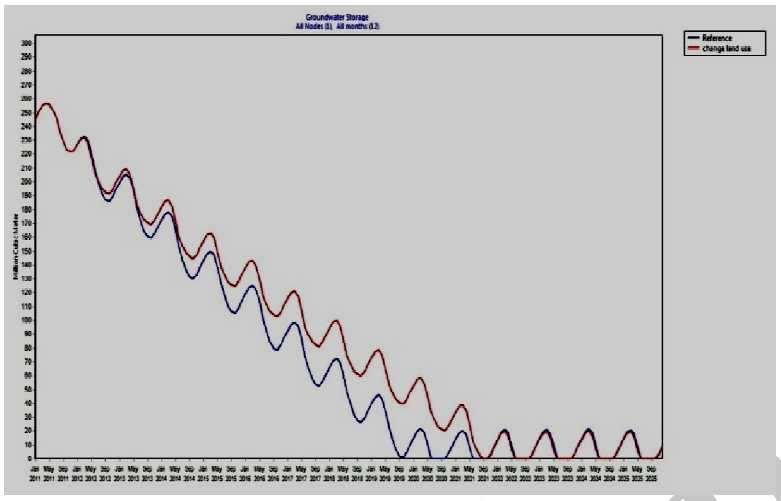
در این سناریو تغییرات لازم در مدیریت آب شهری اعمال گردید. همانطوری که در در جدول 2 حداکثر مقدار مصرف سرانه توسط وزارت نیرو اعلام شده است، با اعمال این اعداد برای شهرهای تویسرکان، فرسفج و سرکان در سال‌های بعد از سال پایه برای این سناریو، فاصله بین عرضه و تقاضای آب زیرزمینی را مورد بررسی قرار دادیم.

شکل 11 نشان می‌دهد که تغییرات ذخیره حجمی آبخوان در این سناریو نسبت به سناریوی مرجع بهبود پیدا می‌کند به‌گونه‌ای که از سال 2012 تا سال 2020 ذخیره حجمی آبخوان تا 10/95 میلیون متر مکعب بهبود پیدا می‌کند اما از سال 2020 به بعد مجدداً این اختلاف رو به کاستی حرکت می‌کند.

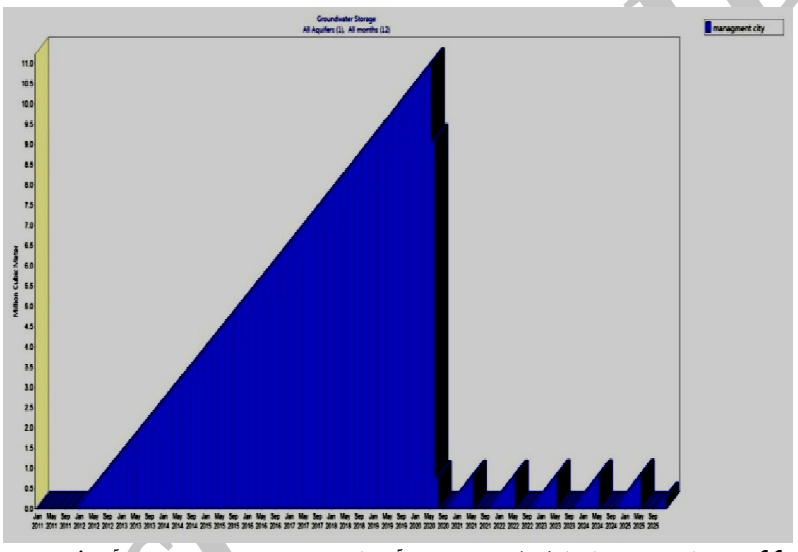
در شکل 12 نیز مقایسه ذخیره حجمی آب زیرزمینی در همه سناریوی‌ها نشان داده شده است.

Archive

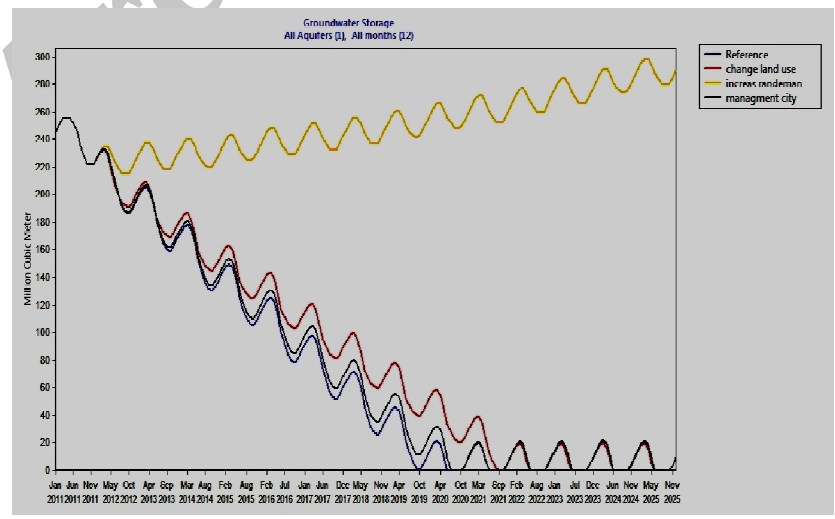
www.SID.ir



شکل 10- مقایسه ذخیره حجمی آب زیرزمینی در سناریوهای مرجع و تغییر الگوی کشت



شکل 11- تغییرات ماهیانه اختلاف ذخیره حجمی آبخوان در دو سناریوی مدیریت آب شهری و مرجع



شکل 12- تغییرات ذخیره حجمی در همه سناریوهای اجرا شده

www.SID.ir

نتیجه‌گیری

همانطور که نتایج نشان داد سناریوی افزایش راندمان و جایگزین کردن سیستم‌های آبیاری مدرن با سیستم‌های سنتی سبب افزایش قابل توجه سطح آب زیرزمینی در آبخوان دشت تویسرکان در سال‌های آینده خواهد شد. اما می‌توان با ترکیب آن با سناریوهای مختلف دیگر و به طور خاص با سناریوهای تغییر الگوی کشت و مدیریت آب شهری به نتایج مؤثرتری در آینده رسید. بنابراین با توجه به نتایج به دست آمده می‌توان فراهم نمودن امکانات لازم، از قبیل اعطا تسهیلات کافی به کشاورزان به‌منظور مکانیزه کردن کلیه زمین‌های کشاورزی آبی تحت پوشش آب زیرزمینی، در راستای بهبود وضعیت محیط زیست، حیات و جلوگیری از مهاجرت‌های بی‌رویه از منطقه تویسرکان مؤثر واقع گردد. هم‌چنین کشاورزان دشت تویسرکان علاوه بر مکانیزه کردن زمین‌های خود، می‌توانند الگوی کشت پیشنهادی را در برنامه‌ریزی زراعی خود رعایت کنند. که در این زمینه جهاد کشاورزی باید با قیمت‌گذاری‌های مناسب برای کشت‌های پیشنهاد شده، کشاورزان را به این سمت هدایت کند. اداره آب و فاضلاب نیز باید با ترمیم سیستم‌های انتقال آب از منابع زیرزمینی به مراکز مصرف شهری، تلفات انتقال (آب به حساب نیامده) را حذف کرده و با اتخاذ روش‌های مدیریتی صحیح، مشترکین را به کاهش مصرف سرانه ترغیب کند. شرکت شهرک‌های صنعتی و اداره آب و فاضلاب نیز باید برای فاضلاب‌های تولید شده در مراکز صنعتی، از آلوده شدن آب زیرزمینی جلوگیری کنند.

منابع

تیموری،س .1389. برنامه‌ریزی و مدیریت منابع آب با استفاده از مدل WEAP (مطالعه موردی محدوده مطالعاتی مرند. پایان نامه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی منابع آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز.

جلالی، م.ر.، آذرانفر،آ.، افضلی، .1387. توسعه قابلیت‌های برقابی در نرم‌افزار مدیریت یکپارچه منابع آب WEAP. سومین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران، دانشگاه تبریز.

دهقان،ز.، دلبری،م.، و محمدرضاپور،ا. 1394. برنامه‌ریزی تخصیص منابع آب تحت سناریوهای مدیریتی در حوضه گرگانرود. نشریه دانش آب و خاک. 3,25: 132-117.

سازمان برنامه و بودجه مرکز مدارک اقتصادی- اجتماعی. 1371. مبانی و ضوابط طراحی طرح‌های آبرسانی شهری. نشریه شماره 117: 6-5.

شرکت سهامی آب منطقه‌ای همدان. 1388. گزارش توجیهی تمدید ممنوعیت توسعه بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی دشت تویسرکان در سال آبی 88-87. وزارت نیرو.

شرکت مهندسین مشاور جاماب .1383. طرح مطالعات برنامه سازگاری با اقلیم خشک و نیمه خشک. گزارش آب مورد نیاز شرب شهری و روستایی. سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور.

شرکت مهندسین مشاور جاماب .1386. طرح مطالعات برنامه سازگاری با اقلیم خشک و نیمه خشک. گزارش آب مورد نیاز شرب شهری و روستایی. سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور.

معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهوری .1389. ضوابط زیست‌محیطی استفاده مجدد از آب‌های برگشتی و پساب‌ها. نشریه شماره 535: 26.

منزوی،م.ت .1378. آبرسانی شهری. نشر دانشگاه تهران. 26-25.

یزدان‌پناه،ط.، خداشناس،س.ر.، داوری،ک و قهرمان،ب .1387. مدیریت منابع آب حوضه آبریز با استفاده از مدل WEAP (مطالعه موردی حوضه ازغند). مجله علوم و صنایع کشاورزی. ویژه آب و خاک. 1,22: 221-213.

Abrishamchi.A., Alizadeh.H and Tajrishi.M. 2007. Water resource management scenario analysis in the Iran, using the WEAP Model. American Journal of Hydrological Science and Technology. 23. 1-4:1-11.

Alfarra,A., Kemp,E., Hotzl,H., Sader,N and Sonneveld,B. 2012. Modeling water supply and demand for effective water management allocation in the Jordan valley. Journal of Agricultural Science and Applications . 1.1:1-7.

Hamlat,A., Errih,M and Guidoum,A. 2012. Simulation of water resource management scenarios in western Algeria watersheds using WEAP model. Arab Journal of Geosci. 6.7: 2225-2236.

Hoff,H., Bonzi,C., Joyce,B and Tielborger,K. 2011. A Water recources tool for the Jordan River basin. Journal of Water. 3: 718-736.

Archive of SID

www.SID.ir

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 2, Vol. 10, May.-Jun. 2016, p. 187-198

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره 2، جلد 10، خرداد - تیر 1395، ص. 198-187

Simulation of Groundwater Resources Supply and Demand by Applying WEAP Model in Toyserkan Plain

M. Rabanifar[1], A. Taheri Tizro[2]*, M. Kamali[3]
Recived: Mar.09, 2016 Accepted: Jun.08, 2016

Abstract

The Toyserkan plain in Hamedan province has faced a significant drop in groundwater levels. The aim of this study is simulation of the groundwater demand and supply for basic year (2011), predicting them to 2025 and defining tree scenarios: 1-Efficiency of irrigation increasing, 2- change of land use, 3- urban water management, and evaluating them effects on groundwater demand and supply by WEAP's Model. Based on results, if continue demand current trend, the aquifer encounter drought and will occurred intensive critic for all demand sites in 2019. Result of change of land use scenario indicated that will be delayed becoming dry of aquifer to 2022. Urban water management scenario results indicated that groundwater storage in comparison to reference scenario increase annual from 2012 to 2020 and this increase arrive to 10.95 Mm^3 in 2020. Based on results of Efficiency of irrigation increasing scenario, if Efficiency of irrigation arrive to 59.13 percent in agricultural sites, not only met all of demand sites water requirement, but also groundwater storage provide annual and gap between of groundwater demand and supply will arrive to minimum of self amount.

Keywords: Demand and supply, WEAP, Toyserkan, Groundwater, Scenario

Archive of SID

1- M.Sc. Graduated of Irrigation and Drainage, Department of Water Engineering, College of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan
2- Associate Professor, Department of Water Engineering, College of Agriculture, Bu-Ali Sina University
3- M.Sc. Graduated of Irrigation and Drainage, Department of Water Engineering, College of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan
(*-Corresponding Author Email: ttizro@yahoo.com)

www.SID.ir