نشریه مدیریت آب در کشاورزی
جلد ۵، شماره ۱، بهار و تابستان ۱۳۹۷، ص. ۴۶-۳۳

Water Management in Agriculture
Vol. 5, No. 1, Spring and Summer 2018, 33-46

مؤلفه‌های بیلان آب زیرزمینی دشت تسوج (حاشیه شمالی دریاچه ارومیه)

ابوالفضل ناصری[1*]

چکیده

تولید محصولات زراعی و باغی در استان آذربایجان شرقی و به‌ویژه در دشت تسوج در حاشیه شمالی دریاچه ارومیه، به منابع آب زیرزمینی وابستگی کامل دارد. برای بهره‌برداری بهینه و پایدار از منابع آب زیرزمینی بایستی مؤلفه‌های بیلان آب زیرزمینی با دقت نسبی شناسایی گردد؛ بنابراین، پژوهش حاضر باهدف تعیین مؤلفه‌های تغذیه و تخلیه بیلان آب زیرزمینی دشت تسوج برای دوره آماری ۲۳ سال از ۷۴-۱۳۷۳ تا ۹۶-۱۳۹۵ انجام یافت. نتایج نشان داد میانگین حجم تغذیه آب‌های زیرزمینی در این دشت ۲۰ میلیون مترمکعب بود که مؤلفه‌های جریان ورودی از مقاطع آب‌های زیرزمینی (با ۳۹ درصد)، نفوذ از بارش (با ۲۷ درصد)، نفوذ از جریان‌های سطحی (با ۱۲ درصد)، نفوذ از آب آبیاری (با ۱۸ درصد) و نفوذ از فاضلاب شرب و صنایع (با ۴ درصد) نقش اصلی در تغذیه داشتند. میانگین حجم تخلیه آب‌های زیرزمینی در این دشت ۲۴ میلیون مترمکعب بود؛ بنابراین میانگین کاهش ذخیره آب زیرزمینی ۴ میلیون مترمکعب در سال بود. به‌عبارت‌دیگر حجم تخلیه از منابع آب زیرزمینی در این دشت از حجم تغذیه بیشتر بود. برای استفاده پایدار از منابع آب زیرزمینی راهکارهای اساسی شامل افزایش میزان تغذیه یا کاهش میزان تخلیه از منابع آب زیرزمینی است. استفاده راهکارهای اجرایی برای تعادل‌بخشی آب‌های زیرزمینی می‌تواند به بهره‌برداری پایدار از منابع آب زیرزمینی مساعدت نماید.

واژه‌های کلیدی: آب‌های زیرزمینی، بهره‌برداری پایدار از منابع، تخلیه و تغذیه آب زیرزمینی، مدیریت منابع آب.

مقدمه

یکی از مهم‌ترین منابع آب در تولید محصولات کشاورزی در کشور، منابع آب زیرزمینی است. برداشت بیش‌ازحد مجاز موجب کاهش سطح آب زیرزمینی در بسیاری از نقاط کشور به دلیل وابستگی شدید تولیدات زراعی و باغی به این منبع طبیعی بوده است (Siadat, 2000). میزان تخلیه از منابع آب زیرزمینی سطح کشور در نیم‌قرن گذشته از ۱۹ میلیارد مترمکعب به بیش از ۶۰ میلیارد مترمکعب افزایش‌یافته است. در استان آذربایجان شرقی نیز وابستگی تولیدات کشاورزی به آب زیرزمینی قابل‌توجه بوده، به‌طوری‌که در دشت صوفیان- تسوج بیش از ۹۷ درصد از نیاز آبی محصولات زراعی و باغی با استفاده از منابع آب زیرزمینی تأمین می‌شود (Anonyms, 1991). منابع آب زیرزمینی در استان شامل ۳۵ هزار حلقه چاه با تخلیه ۹۰۰ میلیون مترمکعب، ۱۹۰۰ رشته قنات با تخلیه ۲۷۰ میلیون مترمکعب و ۱۹۸۰ دهنه چشمه با تخلیه ۱۴۰ میلیون مترمکعب و درمجموع تخلیه کل سالانه از منابع آب زیرزمینی استان در سال آبی ۹۶-۱۳۹۵ برابر ۱۳۱۰ میلیون مترمکعب بوده است (بی‌نام، ۱۳۹۶). از اولویت‌ها و ضروریات مدیریت و برنامه‌ریزی منابع آب زیرزمینی در این دشت، بهره‌برداری بهینه و پایدار از منابع آب زیرزمینی است. یکی از اساسی‌ترین پارامترهای مدیریت پایدار منابع آب زیرزمینی، بررسی بیلان آب زیرزمینی در دشت‌های استان و به‌ویژه دشت تسوج می‌باشد. بیلان آب زیرزمینی دشت‌های استان حتی با دقت نسبی نیز بررسی نشده است. در سایر دشت‌ها، مطالعات مختلفی برای تعیین بیلان آب زیرزمینی صورت گرفته که در زیر به خلاصه آن‌ها اشاره می‌شود.

قدیمی‌ترین مطالعه در موردبررسی مؤلفه‌های تغذیه و تخلیه بیلان آب زیرزمینی مربوط به بررسی‌های چاو و کارلیوتیس (Chow and Kareliotis, 1970) می‌باشد. سامانی و همکاران (Samani et al., 1994) برخی مؤلفه‌های تغذیه و تخلیه مانند مؤلفه بارش و تبخیر را در چاه‌های مشاهداتی دشت بهشهر-نکا موردبررسی قرار داده‌اند. سامانی (Samani, 2001) بازتاب سفره‌های کارستی به مؤلفه‌های

[1] دانشیار پژوهش، بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تبریز، ایران. (* نویسنده مسئول: nasseri_ab@yahoo.com)

تاریخ دریافت: ۹۷/۳/۱۴
تاریخ پذیرش: ۹۷/۶/۱۳

تغذیه و تخلیه مانند بارش و تبخیر در حوضه مهارلو را بررسی نموده است. زاهدی و قویدل رحیمی (Zahedi and Ghavidel Rahimi, 2002) مؤلفه بارش در پهنه حوضه آبریز ارومیه و ترابی (Torabi, 2001) این مؤلفه را در پنج ناحیه اقلیمی ایران، رئیسی (Raeisi, 2001) با استفاده از داده‌های چهل سال بارش کشور را بررسی نموده‌اند. هاشمی و جهانشاهی (Hashemi and Jahanshahi, 2005) بارندگی ماهانه و سالانه در منطقه تربت‌حیدریه را بررسی کرده‌اند. ویسی پور (Veisipour, et al., 2010) تغییرات بارش را از سال ۱۹۵۰ تا ۲۰۰۶ میلادی در منطقه کرمانشاه بررسی نموده است. قهرمان و قره‌خانی (Ghahraman and Gharehkhani, 2011) برای تحلیل سری تبخیر به‌عنوان یکی از مؤلفه‌های تخلیه سطح آب زیرزمینی را در ایستگاه سینوپتیک شیراز پرداخته‌اند.

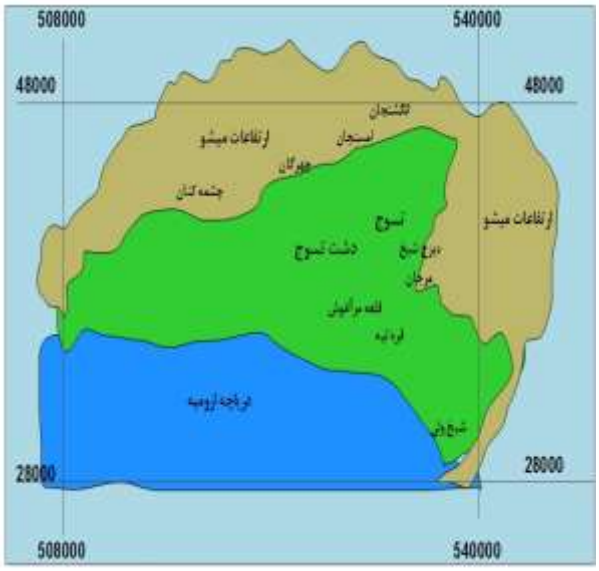
یکی دیگر از مؤلفه‌های تغذیه سطح آب زیرزمینی، جریان‌های رودخانه‌ای است. از پژوهش‌ها و بررسی‌های جریان‌های رودخانه‌ای، می‌توان به موارد زیر اشاره نمود. گویمپو (Quimpo, 1968) تغییرات جریان رودخانه‌ای در ایالات‌متحده آمریکا، بیگلری و همکاران (Beighlari et al., 2003) بازتاب تغییرات دبی جریان رودخانه کارون به بارش، رحیمی و غیور (Rahimi and Gayoor, 2010) دبی جریان رودخانه‌ای در ایستگاه‌های امند و بارز و شالو را بررسی نموده‌اند. کسلانو- مندز و همکاران (Castellano-Mendez, et al., 2004) رفتار روزانه و ماهانه رواناب رودخانه سالاس در کشور اسپانیا را بررسی نموده‌اند. ترازکار و صدق‌آمیز (Tarazkar and Sedghamiz, 2008) دبی رودخانه کرخه در دو ایستگاه جلوگیر و پای پل را بر اساس داده‌های ۱۳۳۷ تا ۱۳۸۲ و Fathabadi et al. (2008) دبی ماهانه طالقان رود را پیش‌بینی نموده‌اند. نخعی و میرعربی (Nakhaei and Mirarabi, 2010) به تحلیل دبی جریان در ایستگاه قره‌قانلو در خراسان شمالی پرداخته‌اند. اخیراً پورمحمدی و همکاران (۱۳۹۴) بیلان آب زیرزمینی دشت تویسرکان همدان به کمک مدل ریاضی مادفلو را بررسی نموده‌اند. جلیلی و همکاران (۱۳۹۵) بیلان آب زیرزمینی مبتنی بر دیدگاه کشاورزی پایدار در دشت اسلام‌آباد تحلیل نموده‌اند.

با توجه به اهمیت بهره‌برداری بهینه و پایدار از منابع آب زیرزمینی در دشت‌های استان آذربایجان شرقی که مستلزم آگاهی از وضعیت و تغییرات زمانی بیلان آب زیرزمینی است، این پژوهش باهدف تعیین مؤلفه‌های تخلیه و تغذیه بیلان آب زیرزمینی دشت تسوج انجام‌یافته است. یافته‌های پژوهش می‌تواند مبنای تصمیم‌گیری‌های مدیریتی برای صیانت و حفاظت از منابع آب زیرزمینی در حاشیه شمالی دریاچه ارومیه قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

مشخصات جغرافیایی، اقلیمی و هیدروژئولوژیک دشت

دشت تسوج با مساحت حدود ۲۵۲ کیلومترمربع در ۱۰۰ کیلومتری شمال غرب شهر تبریز و در حاشیه شمالی دریاچه ارومیه واقع‌شده است. این دشت از جنوب به دریاچه ارومیه، از شمال به محدوده مرند- ارتفاعات میشو و از شرق به شبستر و از غرب به سلماس محدودشده که مختصات جغرافیایی آن از ″۲ ′۰ °۳۸ تا ″۴ ′۲۴ °۳۸ عرض شمالی و از ″ ۵۴ ′۳۲ °۴۵ تا″۲۲ ′۳۲ °۴۵ طول شرقی است (شکل‌های ۱ و ۲). ارتفاع منطقه در ساحل دریاچه برابر ۱۲۷۴ متر است. اقلیم منطقه بر اساس اقلیم نمای آمبرژه در ایستگاه شرف‌خانه سرد و در ایستگاه شانجان که در ارتفاعات قرار دارد، نیمه‌خشک سرد تعیین‌شده است. حداکثر دما بر مبنای آمار ۲۵ ساله برابر ۴۲/۵ درجه سانتی‌گراد در مردادماه و حداقل آن برابر ۲۱/۵- درجه سانتی‌گراد در بهمن‌ماه است. میانگین دما در دشت ۱۰/۲ درجه سانتی‌گراد است. میزان ریزش‌های جوی سالانه در دشت برابر ۲۷۸ میلی‌متر است.



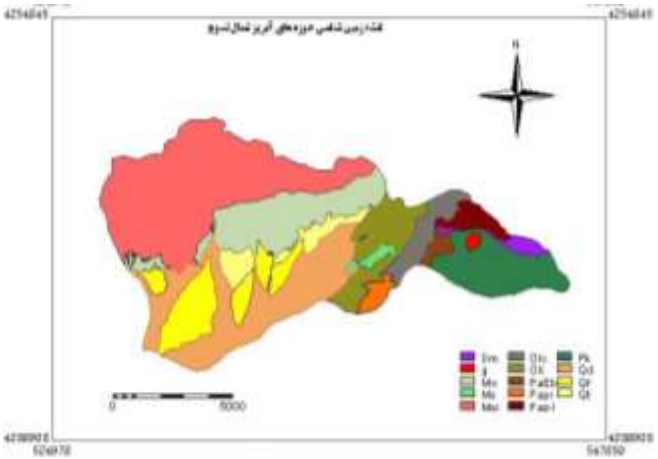
شکل ۱- موقعیت جغرافیایی دشت تسوج (Ghandi, 2005)

بر مبنای مطالعات خاکشناسی منطقه بیش از ۹۵ درصد خاک اراضی دشت دارای بافت لوم شنی می‌باشد (Habibzadeh et al., 2006).

ازنظر زمین‌شناسی نهشته‌های مختلفی از دوران پرکامبرین تا عهد حاضر در منطقه برون‌زد دارند. ولی بیشتر گسترش سازندها به دوره میوسن تعلق دارد که شامل سازندهای مارنی، گچی و آهکی است (شکل ۲). ازنظر لیتولوژی، دشت دارای شیل، شیل ماسه‌ای و ماسه‌سنگ و لایه‌های دولومیت و آهک می‌باشد (Habibzadeh et al., 2006).

سفره آب زیرزمینی دشت از نوع آزاد و ناهمگن است. رسوبات تشکیل‌دهنده سفره شامل شن، ماسه، رس و مخلوطی با نسبت‌های متغیر است. در مرکز دشت و در اطراف تسوج رسوبات ضخامت قابل‌توجهی داشته و دانه‌بندی آن‌ها نیز مناسب است. بنابراین، ضریب قابلیت انتقال در این ناحیه بالا بوده و حجم قابل‌توجهی از آب زیرزمینی از این منطقه استخراج می‌شود (Ghandi, 2005).

برای بررسی وضعیت سفره زیرزمینی دشت تسوج و تحلیل تغییرات زمانی آن، در یازده حلقه چاه پیزومتری و آبخوان‌داری موجود در منطقه (انگشتجان، امستجان، اکتشافی آبخوان‌داری، رودخانه تسوج، شیخ ولی، دیزج شیخ مرجان، قره‌تپه، قلعه مراغوش، چهرگان، تیل و چهرگان) سطح آب زیرزمینی اندازه‌گیری شده است (شکل ۱). در این پژوهش از میانگین سطح آب زیرزمینی یازده ایستگاه اندازه‌گیری شده به‌عنوان سطح میانگین دشت استفاده شد. بررسی‌های پیشین نشان داده بیشترین عمق سطح آب زیرزمینی در دشت به چاه پیزومتری امستجان با ۸۵ متر و کمترین عمق به چاه پیزومتری قلعه مراغوش با ۷/۳ متر تعلق داشته است (Habibzadeh et al., 2006). برای برآورد حجم بارش در دشت از آمار هواشناسی منطقه استفاده گردید. تحلیل‌ها برای دوره آماری ۲۳ سال از ۷۴-۱۳۷۳ تا ۹۶-۱۳۹۵ انجام صورت گرفت.



شکل ۲ - نقشه زمین‌شناسی دشت تسوج (Habibzadeh et al., 2006)

برآورد بیلان آب زیرزمینی دشت

برای برآورد بیلان آب زیرزمینی، اجزاء کلی آن به‌صورت تغذیه و تخلیه در نظر گرفته می‌شوند. مؤلفه‌های تغذیه شامل جریان ورودی از محدوده یا حوضه مجاور، نفوذ بارش در سطح دشت و ارتفاعات، نفوذ جریان‌های سطحی و سیلابی و هرزآب‌ها، نفوذ آب آبیاری و نفوذ فاضلاب‌ها می‌باشد. مؤلفه‌های تخلیه شامل جریان خروجی زیرزمینی از محدوده دشت، تخلیه از منابع زیرزمینی مانند چاه، قنات، چشمه، زهکشی از دشت و تبخیر از آب زیرزمینی است. برای برآورد بیلان آب زیرزمینی در این دشت از دستورالعمل طرح جامع آب کشور (بررسی‌های شرکت مهندسین مشاور جاماب) استفاده گردید.

میزان جریان ورودی از مقاطع زیرزمینی با در نظر گرفتن عرض مقطع، گرادیان هیدرولیکی و ترانسمیسیویته، از فرمول دارسی و به‌صورت زیر محاسبه شد.

$$q = T(\frac{H1-H2}{l})b \qquad (۱)$$

که در آن q دبی عبوری از لوله جریان، T ترانسمیسیویته، b عرض مقطع، H1 و H2 تراز سطح آب زیرزمینی و l فاصله دو خط تراز سطح آب زیرزمینی است.

معمولاً برای تعیین میزان نفوذ بارش در ارتفاعات و دشت‌ها، ازروش باران مؤثر (مازاد باران از تبخیر واقعی و رواناب) استفاده می‌شود. برای کنترل مقدار نفوذ، میزان آب زیرزمینی ورودی به دشت از سوی ارتفاعات از معادله دارسی محاسبه می‌شود و سپس با آب نفوذ یافته در ارتفاعات که حجم تخلیه چشمه‌های ارتفاعات از آن کسرشده، مقایسه و در صورت نیاز تعدیل لازم صورت می‌گیرد (Anonyms,2012). بنابراین با توجه به شرایط و وضعیت دشت تسوج به‌طور میانگین و به ترتیب ۱۳ و ۵ درصد از حجم بارش در دشت و ارتفاعات به‌عنوان نفوذ بارشی در دشت و ارتفاعات اعمال گردید.

برای برآورد حجم آب نفوذ یافته از طریق جریان‌های سطحی و سیلابی، معمولاً از اندازه‌گیری آب رودخانه در دو یا چند نقطه با فواصل مکانی معین، به‌طور هم‌زمان استفاده می‌شود. گاهی نیز از طریق تفاضل آب ورودی سطحی و خروجی آن با توجه به میزان مصرف یا زهکشی از دشت، حجم نفوذ مشخص می‌شود. با توجه به شرایط و وضعیت دشت تسوج به‌طور میانگین و به ترتیب ۳۲ درصد بارش ارتفاعات و ۳ درصد بارش دشت به‌عنوان جریان سطحی ارتفاعات و دشت‌ها برآورد گردید. ۱۶ درصد از حجم آب آبیاری و ۷ درصد پساب‌های شهری و صنایع در این دشت به‌عنوان نفوذ لحاظ گردید.

برای برآورد مقدار تبخیر از آب زیرزمینی، با استفاده از نقشه‌های هم عمق آب زیرزمینی، وسعت مناطق دارای عمق برخورد به آب بین صفر تا سه متر به تفکیک مشخص می‌گردند. سپس با توجه به میزان تبخیر سالانه از تشتک، با روش وایت، تبخیر از آب زیرزمینی برآورد می‌شود. برای تعیین مقدار جریان خروجی آب زیرزمینی، با مشخص شدن نقشهٔ ایزوپیزومتری و ضرایب قابلیت انتقال، با تعیین طول مقطع خروجی آب زیرزمینی با معادله دارسی حجم آب برآورد می‌گردد. با در نظر گرفتن حجم آب استخراجی از چاه‌ها، قنات‌ها، چشمه‌ها، تبخیر (و تعرق) از آب زیرزمینی و جریان خروجی آب‌های زیرزمینی در دشت برآورد گردید. تغییرات حجم ذخیره آب زیرزمینی در دشت از تفاوت حجم‌های تغذیه و تخلیه به دست آمد. علاوه بر برآورد تغییرات حجم مخزن از طریق بیلان آب زیرزمینی، تغییرات حجم مخزن از طریق افت سطح آب در سال‌های مختلف با رابطه زیر برآورد گردید.

$$V = SAH_{drop} \qquad (۲)$$

که در آن V تغییرات حجم آب در گستره زیرزمینی دشت (میلیون مترمکعب)، S ضریب ذخیره (درصد) که مقدار آن برای دشت تسوج ۵ درصد (Ghandi, 2005) بوده، A مساحت دشت تسوج که برابر ۲۵۲ کیلومترمربع بود و Hdrop میانگین افت سطح آب در هرسال (متر) بود.

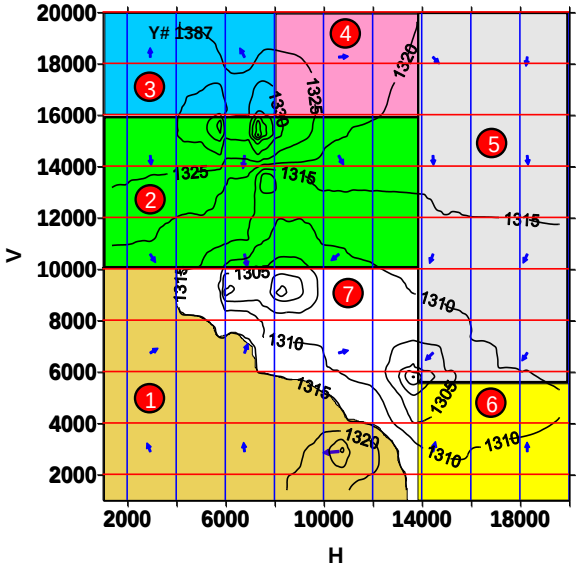
نتایج و بحث

۱- مؤلفه‌های تغذیه آب زیرزمینی

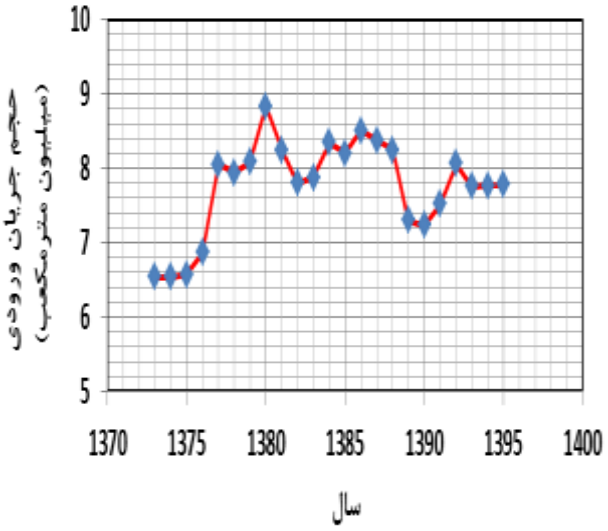
مؤلفه‌های تغذیه آب زیرزمینی شامل جریان ورودی از مقاطع زیرزمینی و آب نفوذ یافته از بارش‌های جوی، جریان‌های سطحی، فاضلاب‌های شهری و صنعتی و آب آبیاری است. در ادامه به مقادیر هریک از این مؤلفه‌ها پرداخته می‌شود.

۱-۱- جریان ورودی از مقاطع زیرزمینی

میزان جریان ورودی از مقاطع زیرزمینی با در نظر گرفتن عرض مقطع، گرادیان هیدرولیکی، ترانس‌میسی‌ویته، از فرمول دارسی و از رابطه (۱) محاسبه شد. مراحل محاسبه و نتایج بر مبنای شکل ۳ در جدول ۱ به‌عنوان نمونه ارائه‌شده است. حجم جریان ورودی از مقاطع زیرزمینی از سال آبی ۷۴-۱۳۷۳ تا ۹۶-۱۳۹۵ در شکل ۴ نشان داده‌شده است. تغییرات حجم جریان ورودی روند خاصی نداشته و تغییرات آن از ۶/۵۴ تا ۸/۸۴ و میانگین آن ۷/۷۶ میلیون مترمکعب بود (شکل ۴).



شکل ۳ - مقاطع جریان ورودی آب زیرزمینی در دشت تسوج (به‌عنوان نمونه سال ۱۳۸۷).



شکل ٤- حجم جریان ورودی از مقاطع آب زیرزمینی دشت تسوج از سال آبی ۷۴-۱۳۷۳ تا ۹۶-۱۳۹۵

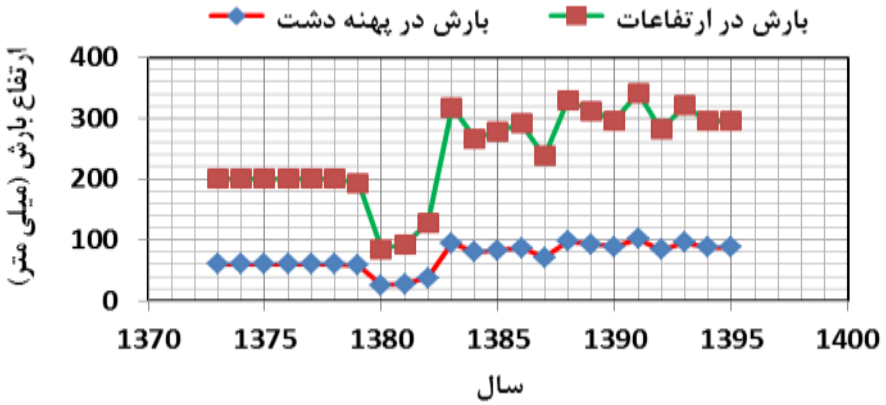
جدول ۱- میزان جریان ورودی از مقاطع زیرزمینی در دشت تسوج (به‌عنوان نمونه برای سال ۱۳۸۷)

مقطع	T	b	L	H1	H2	q	Q
	(مترمربع بر روز)	(متر)	(متر)	(متر)	(متر)	(میلیون مترمکعب در سال)	
۱	۱۰۵	۷۲۵۰	۶۰۰۰	۱۳۳۰	۱۳۱۵	۰/۶۹۵	۰/۶۹۵
۲	۱۷۰	۱۳۰۰		۱۳۳۰			
		۰	۷۰۰۰		۱۳۱۰	۲/۳۰۵	۲/۹۹۹
۳	۱۷۰	۷۰۰۰	۴۰۰۰	۱۳۳۰	۱۳۲۰	۱/۰۸۶	۴/۰۸۵
۴	۱۷۰	۶۰۰۰	۴۰۰۰	۱۳۳۰	۱۳۲۰	۰/۹۳۱	۵/۰۱۶
۵	۱۸۰		۱۴۰۰	۱۳۳۰	۱۳۱۰		
		۶۰۰۰	۰			۰/۵۶۳	۵/۵۷۹
۶	۱۸۰	۶۰۰۰	۴۰۰۰	۱۳۱۵	۱۳۱۰	۰/۴۹۳	۶/۰۷۲
۷	۱۵۰	۵۲۵۰	۴۰۰۰	۱۳۱۵	۱۳۱۰	۰/۳۵۹	۶/۴۳۱

توضیح: در این جدول T ترانس‌میسی‌ویته، b عرض مقطع، L فاصله دو خط تراز سطح آب زیرزمینی، H1 و H2 تراز سطح آب زیرزمینی، q دبی عبوری از لوله جریان و Q میزان جریان ورودی از مقاطع زیرزمینی است.

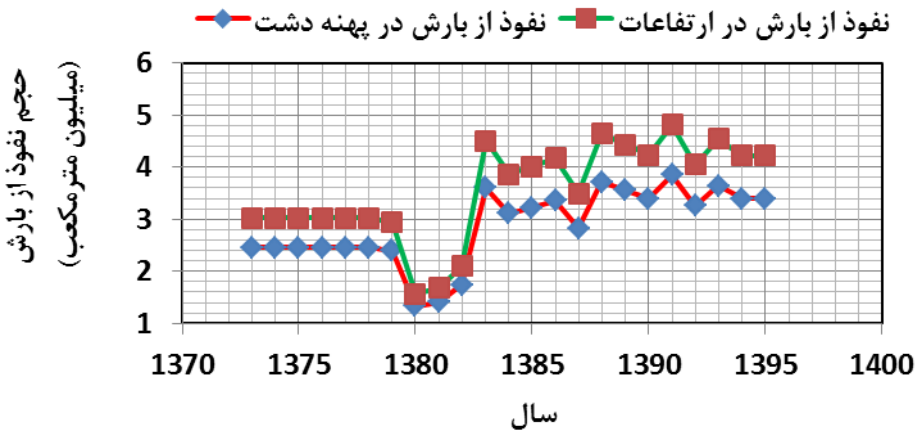
۱-۲- آب نفوذ یافته از بارش‌های جوی

در شکل ۵ تغییرات بارش در طول دوره آماری در ارتفاعات و پهنه دشت نشان داده‌شده است. میانگین بارش در طول دوره آماری ۲۳ سال در ارتفاعات و دشت به ترتیب ۲۴۲ و ۷۲ میلی‌متر بود. ارتفاعات و پهنه دشت تسوج در سال‌های آبی ۸۱-۱۳۸۰ و ۸۲-۱۳۸۱ خشک‌سالی شدیدی را تجربه نموده است. میانگین بارش در سال‌های آبی یادشده در ارتفاعات به ترتیب ۸۵ و ۹۳ میلی‌متر در سال و در دشت به ترتیب ۲۵ و ۲۸ میلی‌متر بود.



شکل ۵- تغییرات بارش در ارتفاعات و پهنه دشت تسوج از سال آبی ۷۴-۱۳۷۳ تا ۹۶-۱۳۹۵

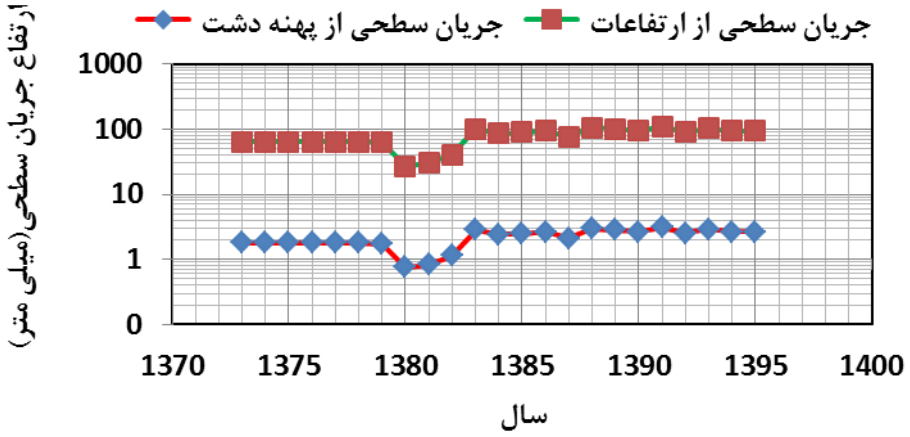
تغییرات نفوذ از بارش در ارتفاعات و پهنه دشت از سال آبی ۷۴-۱۳۷۳ تا ۹۶-۱۳۹۵ در شکل ۶ ارائه‌شده است. کمترین، میانگین و بیشترین حجم نفوذ از بارش در پهنه دشت در طول دوره آماری ۲۳ ساله به ترتیب ۰/۸، ۲/۳ و ۳/۴ میلیون مترمکعب بود. کمترین، میانگین و بیشترین حجم نفوذ از بارش در ارتفاعات به ترتیب ۱/۱، ۳/۱ و ۴/۳ میلیون مترمکعب بود (شکل ۶).



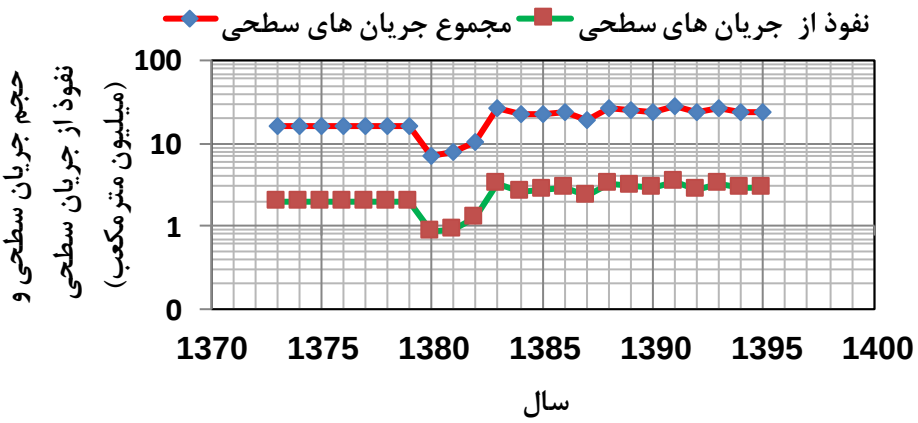
شکل ٦- تغییرات نفوذ از بارش در ارتفاعات و پهنه دشت تسوج از سال آبی ٧٤-١٣٧٣ تا ٩٦-١٣٩٥

۱-۳- نفوذ آب از جریان‌های سطحی

ارتفاع جریان‌های سطحی در ارتفاعات و پهنه دشت تسوج از سال آبی ۷۴-۱۳۷۳ تا ۹۶-۱۳۹۵ در شکل ۷ نشان داده‌شده است. تغییرات مجموع جریان‌های سطحی از ارتفاعات و دشت از ۲۸ تا ۱۱۳ میلی‌متر و میانگین آن ۸۰ میلی‌متر بود. کمترین و بیشترین ارتفاع جریان سطحی در ارتفاعات به ترتیب ۲۷ و ۱۱۰ میلی‌متر و میانگین آن ۷۸ میلی‌متر بود (شکل ۷). تغییرات ارتفاع جریان سطحی از دشت از ۱ تا ۳ میلی‌متر با میانگین ۲ میلی‌متر بود (شکل ۷). در شکل ۸ حجم جریان سطحی و نفوذ از جریان سطحی در دشت تسوج در طول آماری ۲۳ سال نشان داده‌شده است. تغییرات مجموع جریان‌های سطحی از ۷ تا ۲۸ با میانگین ۲۰ میلیون مترمکعب بود (شکل ۸). میانگین نفوذ آب از جریان‌های سطحی در دشت تسوج ۲/۴ میلیون مترمکعب در سال، کمترین و بیشترین مقدار این شاخص به ترتیب ۰/۸ و ۳/۴ میلیون مترمکعب به دست آمد (شکل ۸).



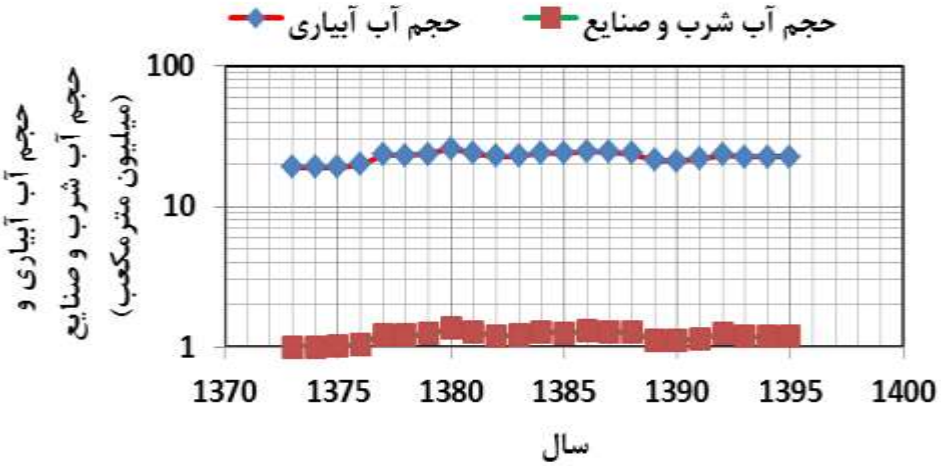
شکل ۷- تغییرات جریان‌های سطحی در ارتفاعات و پهنه دشت تسوج از سال آبی ٧٤-١٣٧٣ تا ٩٦-١٣٩٥



شکل ۸-حجم جریان سطحی و نفوذ از جریان سطحی در دشت تسوج از سال آبی ۷۴-۱۳۷۳ تا ۹۶-۱۳۹۵

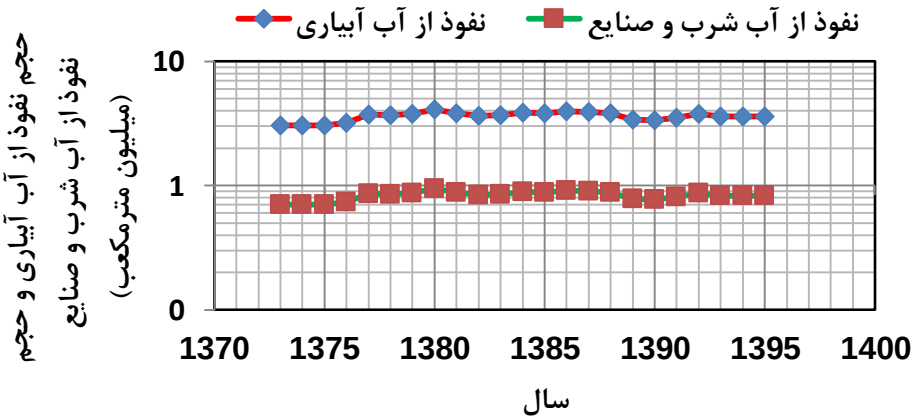
۱- ٤- نفوذ از آب آبیاری و آب شرب و صنایع

در شکل ۹ حجم آب آبیاری و آب شرب و صنایع ارائه‌شده است. میانگین حجم آب آبیاری در دشت در طول دوره آماری ۲۳ میلیون مترمکعب و تغییرات آن از ۱۹ تا ۲۶ میلیون مترمکعب بود. میانگین حجم آب شرب و صنایع ۱/۲ و تغییرات آن از ۱ تا ۱/۴ میلیون مترمکعب بود.



شکل ۹-حجم آب آبیاری و آب شرب و صنایع در دشت تسوج از سال آبی ۷۴-۱۳۷۳ تا ۹۶-۱۳۹۵

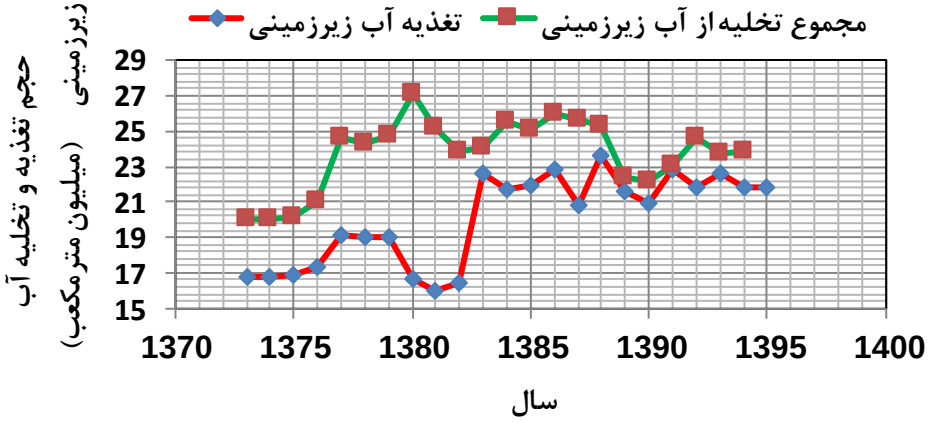
حجم آب نفوذی از عملیات آبیاری و آب شرب و صنایع در شکل ۱۰ نشان داده‌شده است. میانگین نفوذ آب آبیاری ۳/۶ و تغییرات آن از ۳ تا ۴/۱ میلیون مترمکعب بود. تغییرات نفوذ از آب شرب و صنایع از ۰/۷ تا ۰/۹ و میانگین آن ۰/۸ میلیون مترمکعب بود.



شکل ۱۰- نفوذ از آب آبیاری و آب شرب و صنایع در دشت تسوج از سال آبی ۷۴-۱۳۷۳ تا ۹۶-۱۳۹۵

۱- ۵- مجموع تغذیه آب زیرزمینی

مؤلفه‌های تغذیه آب زیرزمینی شامل جریان ورودی از مقاطع زیرزمینی و آب نفوذ یافته از بارش‌های جوی، جریان‌های سطحی، فاضلاب‌های شهری و صنعتی و آب آبیاری است. حجم تغذیه آب زیرزمینی در این دشت در شکل ۱۱ نشان داده‌شده است. با این‌که تغییرات حجم تغذیه در طول سال‌های موردبررسی روند خاصی نداشت بااین‌همه دامنه آن از ۱۶ تا ۲۴ با میانگین ۲۰ میلیون مترمکعب در نوسان بود (شکل ۱۱).



شکل ۱۱- حجم تغذیه و تخلیه آب زیرزمینی در دشت تسوج از سال آبی ۷۴-۱۳۷۳ تا ۹۶-۱۳۹۵

۲- مؤلفه‌های تخلیه آب زیرزمینی

مؤلفه‌های تخلیه آب زیرزمینی شامل جریان خروجی از مقاطع زیرزمینی، تبخیر (و تعرق) و حجم بهره‌برداری از آب زیرزمینی است و در ادامه به مقادیر هرکدام از این مؤلفه‌ها اشاره می‌گردد.

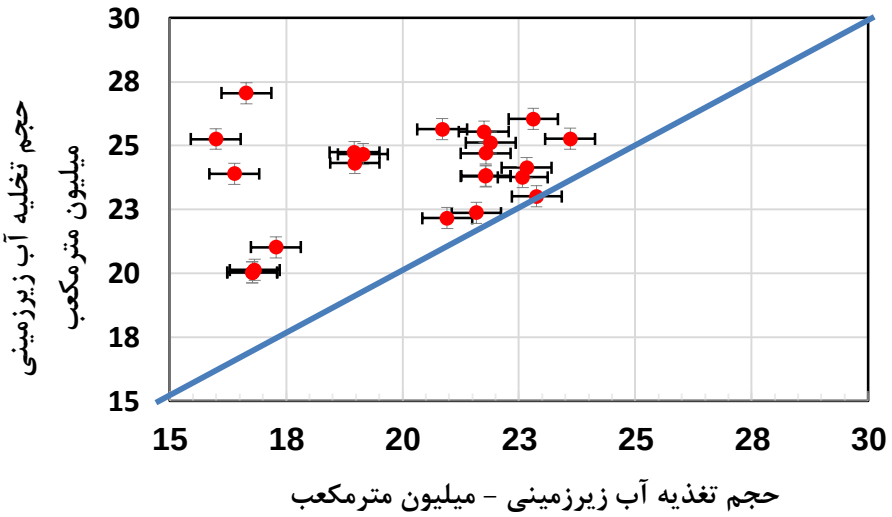
بر مبنای نقشهٔ ایزوپیزومتری و ضرایب قابلیت انتقال، با تعیین طول مقطع خروجی آب زیرزمینی با استفاده از معادله دارسی، حجم آب جریان خروجی آب زیرزمینی تعیین گردید. حجم آب جریان خروجی آب زیرزمینی برای دشت تسوج، ناچیز به دست آمد.

بررسی چاه‌های پیزومتری موجود در دشت نشان داد کم‌ترین عمق برخورد به آب زیرزمینی در دشت تسوج بیش‌تر از ۷ متر بود. بنابراین در این دشت به دلیل عدم وجود عمق برخورد حتی کم‌تر از پنج‌متر، میزان حجم تبخیر (و تعرق) از سطح آب زیرزمینی ناچیز و قابل‌اغماض بود.

تغییرات حجم تخلیه از منابع آب زیرزمینی از طریق بهره‌برداری از چاه‌ها، قنات‌ها، چشمه‌ها، تبخیر (و تعرق) از آب زیرزمینی و جریان خروجی آب‌های زیرزمینی در دشت تسوج، در شکل ۱۱ نشان داده‌شده است. تغییرات حجم تخلیه در طول دوره آماری از ۲۰ تا ۲۷ با میانگین ۲۴ میلیون مترمکعب بود.

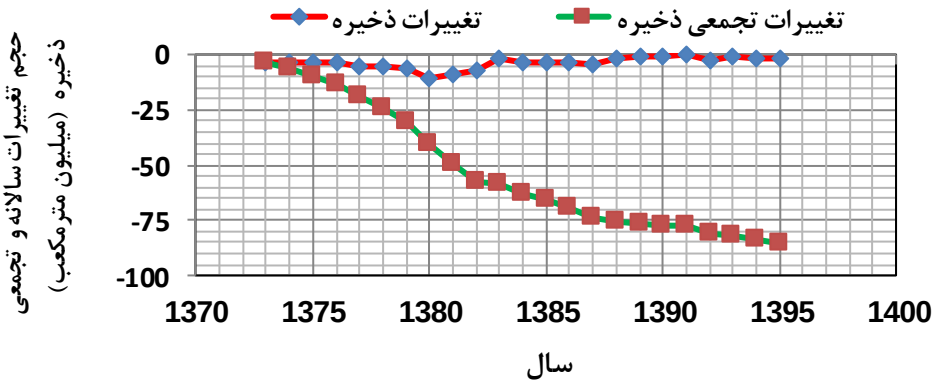
۳- تغییرات حجم ذخیره آب زیرزمینی

در شکل‌های ۱۱ و ۱۲ حجم تغذیه و تخلیه آب زیرزمینی در دشت تسوج از سال آبی ۷۴-۱۳۷۳ تا ۹۶-۱۳۹۵ نشان داده‌شده است. نتایج نشان داد در طول دوره بررسی در ۲۳ سال حجم تخلیه آز منابع آب زیرزمینی همواره از حجم تغذیه آن بیشتر بوده است؛ بنابراین ضرورت دارد برای تعادل بخشی و صیانت از این منابع طبیعی راهکارهای مناسب پس از بررسی‌های کارشناسی عملیاتی گردد.



شکل ۱۲- مقایسه حجم تغذیه و تخلیه آب زیرزمینی در دشت تسوج از سال آبی ۷۴-۱۳۷۳ تا ۹۶-۱۳۹۵

در شکل ۱۳ تغییرات سالانه و تجمعی ذخیره آب زیرزمینی در دشت از سال آبی ۷۴-۱۳۷۳ تا ۹۶-۱۳۹۵ نشان داده‌شده است. به‌طور میانگین هرسال ۳/۷ میلیون مترمکعب با تغییرات از ۰/۱ تا ۱۰/۴ میلیون مترمکعب کاهش در ذخیره حجم آب زیرزمینی در این دشت مشاهده گردید. تا انتهای سال آبی ۹۶-۱۳۹۵ حدود ۸۶ میلیون مترمکعب از حجم ذخیره آب زیرزمینی در این دشت اضافه برداشت صورت گرفته است که تعادل بخشی با عملیاتی نمودن راهکارهای مهندسی در بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی را ضروری می‌نماید. با توجه به این‌که تولیدات کشاورزی بیشترین سهم استفاده از این منبع را در این دشت به خود اختصاص داده است، هرگونه صرفه‌جویی در مصرف آب با هدف ارتقاء و بهبود کارایی مصرف آب و راندمان آبیاری می‌تواند به صیانت و حفاظت از منابع آب زیرزمینی دشت مساعدت نماید.



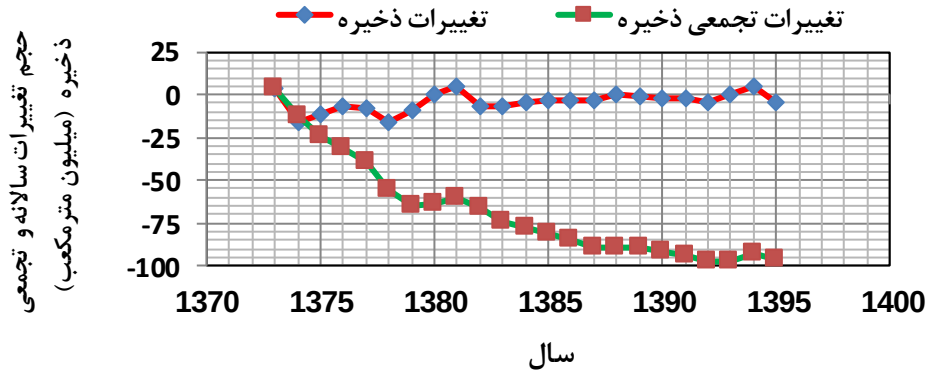
شکل ۱۳- تغییرات سالانه و تجمعی ذخیره آب زیرزمینی در دشت تسوج از سال آبی ۷۴-۱۳۷۳ تا ۹۶-۱۳۹۵

در شکل ۱۴ تغییرات سالانه و تجمعی ذخیره آب زیرزمینی در دشت از سال آبی ۷۴-۱۳۷۳ تا ۹۶-۱۳۹۵ بر مبنای آمار مدیریت منابع آب کشور نشان داده‌شده است. به‌طور میانگین هر سال ۴/۲ میلیون مترمکعب کاهش در ذخیره حجم آب زیرزمینی در این دشت مشاهده گردید. تا انتهای سال آبی ۹۶-۱۳۹۵ حدود ۹۸ میلیون مترمکعب از حجم ذخیره آب زیرزمینی در این دشت اضافه برداشت صورت گرفته است.

در جدول ۲ تحلیل واریانس مقایسه تغییرات سالانه ذخیره آب زیرزمینی در دشت از سال آبی ۷۴-۱۳۷۳ تا ۹۶-۱۳۹۵ بر مبنای یافته‌های این پژوهش و آمار مدیریت منابع آب کشور ارائه‌شده است. نتایج نشان داد تغییرات ذخیره منبع آب زیرزمینی در دشت با دو روش یادشده تفاوت معنی‌داری نداشت. میانگین کاهش ذخیره منابع آب زیرزمینی با دو روش ۴ میلیون مترمکعب در سال بود.

جدول ۲- تحلیل واریانس تغییرات سالانه ذخیره آب زیرزمینی برمبنای یافته‌های پژوهش و آمار مدیریت منابع آب

منبع تغییرات	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	نسبت F	مقدار P
بین دو روش	۲/۷	۱۱	۲/۷	۰/۱۴	۰/۷۱
درون دو روش	۸۷۰	۴۴	۱۹/۸		
کل	۸۷۲/۷	۴۵			



شکل ۱۴- تغییرات سالانه و تجمعی ذخیره آب زیرزمینی در دشت تسوج از سال آبی ۷۴-۱۳۷۳ تا ۹۶-۱۳۹۵
(بر مبنای آمار مدیریت منابع آب کشور)

راهکارهای اجرایی برای تعادل‌بخشی آب‌های زیرزمینی

برای استفاده پایدار از منابع آب زیرزمینی راهکارهای اساسی شامل افزایش میزان تغذیه یا کاهش میزان تخلیه از منابع آب زیرزمینی است. راهکارهایی عمومی ذیل برای تعادل بخشی آب‌های زیرزمینی در حاشیه دریاچه ارومیه به‌ویژه در دشت تسوج پیشنهاد می‌شود. بدیهی است جزییات و ویژگی‌های هریک از این راهکارها، نیازمند بررسی‌های امکان‌سنجی و کارشناسی دقیق است.

الف) صرفه‌جویی در مصرف آب برای تولید بهینه محصولات کشاورزی ب) استفاده از روش‌های بهبود کارایی آبیاری

پ) بازچرخانی آب در بخش صنایع و کارخانجات واقع در منطقه

ت) افزایش نفوذ از بارش یا جریان‌های سطحی یا آب آبیاری

ث) استفاده از فناوری‌های نوین برای بهبود شاخص بهره‌وری مصرف آب آبیاری

ج) توسعه مشارکت کشاورزان و بهره‌برداران در مدیریت پایدار منابع آب زیرزمینی

چ) یکپارچه‌سازی اراضی باهدف کاهش قطعات کوچک زراعی و افزایش شاخص‌های عملکرد آبیاری

ح) توجه به گسترش پایدار کشت‌های گلخانه‌ای با لحاظ کارایی انرژی در منطقه شمال غرب کشور

خ) استفاده از آب‌های غیرمتعارف برای تولید بهینه محصولات کشاورزی با ملاحظات زیست‌محیطی

د) تسطیح اراضی زراعی به‌ویژه در اراضی بزرگ و یکپارچه

ذ) اطلاع‌رسانی عمومی و فرهنگ‌سازی لازم برای استفاده پایدار از منابع آب زیرزمینی

ر) آگاه‌سازی عمومی از شرایط بحرانی منابع آب زیرزمینی در دشت

ز) تدقیق و به‌روزسازی اطلاعات و آمار منابع آب زیرزمینی در منطقه

ن) اندازه‌گیری حجم آب تحویلی به بهره‌برداران از منابع آب زیرزمینی با نصب تجهیزات مناسب

س) ایجاد و استقرار بازارهای محلی آب در منطقه

ژ) ارائه بسته‌های حمایتی مالی–اداری برای بهره‌بردارانی که چاه‌های غیرمجازشان بسته‌شده است. تا بتوانند آب لازم را از بازار محلی آب تأمین نمایند.

س) اصلاح الگوی کشت متناسب با دانش بومی، شرایط اقلیمی، اقتصاد کشاورزی و استعداد اراضی کشاورزی و ملاحظات پایداری کشاورزی

ش) شناسایی چاه‌های کم بازده و برنامه‌ریزی برای استفاده پایدار از منابع آب زیرزمینی

ص) مطالعه، بررسی و اجرای طرح‌های مناسب آبخیزداری

ر) مطالعه، بررسی و اجرای طرح‌های مناسب پخش سیلاب و تغذیه مصنوعی

ض) تعیین دقیق مرز حوضه‌های آب زیرزمینی و بررسی بیلان آب و املاح در آن‌ها

ط) افزایش دقت آزمون‌های پمپاژ و اطلاعات‌پایه منابع آب زیرزمینی

ظ) حفر چاه‌های پیزومتری و تجهیز آن‌ها در مرزهای دشت‌ها

ع) امکان‌سنجی تلفیق یا تجمیع چاه‌ها و انتقال آب آن‌ها با لوله‌های مناسب

نتیجه‌گیری

منابع آب‌های زیرزمینی یکی اصلی‌ترین منابع تأمین آب آبیاری برای تولید محصولات زراعی و باغی در استان آذربایجان‌شرقی و به‌ویژه در دشت تسوج در حاشیه شمالی دریاچه ارومیه به شمار می‌رود. این پژوهش باهدف تعیین مؤلفه‌های تغذیه و تخلیه بیلان آب زیرزمینی دشت تسوج برای دوره آماری ۲۳ سال انجام یافت. نتایج نشان داد میانگین حجم تغذیه آب‌های زیرزمینی در این دشت ۲۰ و میانگین حجم تخلیه آب‌های زیرزمینی ۲۴ میلیون مترمکعب بود؛ بنابراین سالانه به‌طور میانگین ۴ میلیون مترمکعب کاهش در ذخیره آب زیرزمینی مشاهده گردید. برای استفاده پایدار از منابع آب زیرزمینی راهکارهای اساسی شامل افزایش میزان تغذیه یا کاهش میزان تخلیه از منابع آب زیرزمینی است. استفاده از راهکارهای اجرایی برای تعادل‌بخشی آب‌های زیرزمینی می‌تواند به استفاده پایدار از منابع آب زیرزمینی مساعدت نماید. بدیهی است جزییات اجرایی این راهکارها پس از انجام مطالعات کامل امکان‌سنجی و کارشناسی مشخص می‌گردد. ادامه پژوهش و پایش مداوم سطح آب زیرزمینی و برنامه‌ریزی مناسب برای استفاده بهینه از منابع آب زیرزمینی در دشت باهدف حفاظت و صیانت از این منبع حیاتی ضروری به نظر می‌رسد.

تشکر و قدردانی

مؤلف مقاله از موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی و مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان‌شرقی به خاطر پشتیبانی از این پژوهش نهایت سپاسگزاری را دارد.

مراجع

بی‌نام، ۱۳۹۶. بررسی وضعیت منابع آب زیرزمینی کشور. شرکت مدیریت منابع آب ایران، معاونت مطالعات پایه و مدیریت حوضه‌های آبریز، وزارت نیرو. ایران.

جلیلی، خ.، مرادی، ح.ر.، و بزرگ حداد، الف. ۱۳۹۵. تحلیل بیلان آب زیرزمینی مبتنی بر دیدگاه کشاورزی پایدار در دشت اسلام‌آباد. مهندسی آبیاری و آب ایران. (۲۵)۶: ۱۱۰-۱۲۷.

پورمحمدی، س.، دستورانی، م.ت.، جعفری، ه.، رحیمیان، م.ح.، گودرزی، م.، مسماریان، ز.، باقری، ف. ۱۳۹۴. بررسی بیلان آب زیرزمینی دشت تویسرکان همدان به کمک مدل ریاضی مادفلو . اکوهیدرولوژی، (۴)۲: ۳۷۱-۳۸۲.

Anonyms. 1991. Water master plan for Iran. Groundwater Resources. Jamab Consulting Engineers. Tehran. 70pp.

Anonyms. 2012. Groundwater resources statues. Energy Ministry. Iran

Beighlari, B.N., Samani, M., Nematallahi, A.R., and Zarei, M. 2003. Investigation of rainfall-runoff time series and lag times in Bazyaft watershed. The 7th Symposium of Iranian Geologists. Isfahan University.

Castellano-Mendez, M., Gonzalez-Manteiga, W., Febrcro- Bende, M., Prada-Sanchez, J.M., and Lozano-Calderon, R. 2004. Modeling of monthly and daily behavior of the run off the Xallas River using Box-Jenkins and Neural networks methods, Journal of Hydrology, 296: 38-58.

Chow, V.T., and Kareliotis, S.J. 1970. Analysis of stochastic hydrologic systems. Water Resources Research, 16: 1569-1582.

Fathabadi, A., Salajegheh, A., and Mahdavi, M. 2008. Forecasting River discharges by Neuro-Fuzy and time series models. Iran-Watershed Management Science and Engineering, 2(5): 21-30.

Ghahraman, N., and Ghrekhani, A. 2011. Evaluation of Stochastic time series models in estimation of pan evaporation: case study in Shiraz station. Iranian Journal of Water Research in Agriculture (Formerly Soil and Water Sciences), (1):75-81.

Ghandi, A. 2005. Hydrogeological and hydrochemical study of Tasuj plain aquifer and artificial recharge effects on its groundwater resources. Msc Thesis. Tabriz University. Ira.

Habibzadeh, A., Majidi, A., Mostafaei, A., Alinezhad, A., Porhemmat, J., and Rafiei, M. 2006. Quantity changes in groundwater of Tasuj plain under artificial recharges practices. Annual research report. East Azarbaijan Research Center for Agriculture and Natural Resources, 87pp.

Hashemi, R., and Jahanshahi, M. 2005. Analysis and forecasting of monthly and annual rainfall in Torbat Heydarieh (Khorarsan). Probability and Stochastic Process. Birjand. Iran.

Quimpo, R.G. 1968. Autocorrelation and spectral analysis in hydrology. Journal of Hydraulic Division, ASCE, 94(2): 363-373.

Nakhaei, M., and Mirarabi, A. 2010. Flood forecasting by time series of discharge of Sumbar River with Box-Jenkins model. Journal of Engineering Geology, 1(4): 901-910.

Raeisi, A. 2001. Application of stochastic methods in climate changes of South of Iran. The 2nd Conference on Climate Change. Meteorological Organization. Tehran. Iran.

Rahimi, D., and Gayoor, H. 2010. Analysis of Karoon discharge with Box-Cox transformation and time series. Geographical Research, 25(4): 135-151.

Samani, N. 2001. Response of karst aquifer to rainfall and evaporation, Maharlu basin, Iran. Journal of Cave and Karst Studies, 63: 23-40.

Samani, N., Raeissi, E., and Soltani, A. 1994. Modeling the stochastic behavior of the Fars River. J. Science. IRI, 5(1&2): 49-58.

Siadat, H. 2000. Iranian agriculture and salinity. Soil and Water Research Institute of Iran, Tehran, Iran.

Tarazkar, M.H., and Sedghamiz, A. 2008. Comparing monthly discharge forecasting for Karkheh River by using time series and artificial intelligence traits. Pazhohesh and Sazandeghi, 21(3): 51-58.

Torabi, S. 2001. Investigation and forecasting of temperature and rainfall variations in Iran. PhD Thesis in Natural Geography. Tabriz University. Iran.

Veisipour, H., Masoumpour, J.S., Sahne, B., and Yousefi, Y. 2010. Analysis and forecasting of rainfall and temperature by time series models (ARIMA). Case study: Kermanshah. Journal of Geography, 4(12): 21-30.

Zahedi, M., and Ghavidel Rahimi, Y. 2002. Recognition, classification and forecasting drought in Urmia watershed by time series model of Holt-Winters. Geographical Space, 6: 19-48.

Water Management in Agriculture
Vol. 5, No. 1, Spring and Summer 2018, 33-46

نشریه مدیریت آب در کشاورزی
جلد ۵، شماره ۱، بهار و تابستان ۱۳۹۷، ص. ۴۶-۳۳

Components of Groundwater Balance for Tasuj Plain (North of Urmia Lake)

A. Nasseri[1]*

Abstract

The Agricultural productions in the province of East Azarbaijan and especially in Tasuj plain located on the north of Urmia Lake is completely depends on groundwater resources. It is required to recognize the components of groundwater balance with relative precision for optimal and sustainable application of groundwater resources. Therefore, the present study was conducted with the aim of determining the components of charge and discharge of the groundwater balance for the Tasuj plain for a period of 23 years from 1994-95 to 2016-17. Results showed that average of groundwater charge in this plain was 20×106 m3 which input flow from the groundwater sections (with 39%), infiltration from rainfall (with 27%), infiltration from surface flow (with 12%), infiltration from irrigation water (with 18%) and infiltration from municipal and industries water (with 4%) played a major role in charge of ground water. The average groundwater discharge in this plain was 24×106 m3. Therefore, the average reduction in groundwater storage was 4×106 m3 per year. In other words, discharge from groundwater resources in this plain was higher than that of charge. Basic approaches to sustainable utilization of groundwater resources include increased charge or reduced discharge of ground water resources. Application of procedures for improving irrigation efficiency, land leveling, increasing infiltration from rainfall, surface runoff or irrigation water are some of the executive solutions to balance groundwater.

Key words: Groundwater, Groundwater balance, Charge and recharge of ground water, Tasuj plain.

[1] Agricultural Engineering Research Department, East Azarbaijan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Tabriz, Iran. (*Corresponding Author, nasseri_ab@yahoo.com)
Received: 4 June 2018
Accepted: 4 Sept 2018