Gonbad Kavous University
Journal of New Approaches in
Water Engineering and Environment
Volume 2, Issue 1

Hydrological and Hydraulic Evaluation of Water Transfer from the Kani-Sib Tunnel to Lake Urmia

Ghasem Haji-Talkhabi[1], Mohammad Hemmati[21], Somayeh Hejabi[3]

[1] MSc in Water Engineering, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran.
[2] Associate professor, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran.
[3] Assistant professor, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran
Received:06.03.2023; Accepted:11.06.2023

Abstract

The decline in water level of Lake Urmia is one of the regional environmental crises. One of the measures to rehabilitate Lake Urmia is the inter-basin water transfer from the Zab Basin to Lake Urmia through the Kani-Sib tunnel. The aim of the present study is the hydraulic and hydrological investigation of the water transfer project from Kani-Sib Dam to Lake Urmia. To achieve this goal, the water transfer from the Zab basin to Lake Urmia was simulated in the form of three scenarios (empty reservoir, half-full reservoir and full reservoir) for 10-years period and evaluated hydrologically and hydraulically. Solving the water balance equation with the intervention of the hydraulic relations of the tunnel water transfer flow and dam peak overflow was investigated in the MATLAB software environment on a daily basis. The results of the present study revealed that the outlet of the tunnel will be less than the amount determined in the Urmia lake reclamation headquarters program (600 MCM). It should be noted that the transferable volume of water (with 100% efficiency) in the dry hydrological period (similar to 77-78 year) will be around 190 MCM. In addition, in the case of high water (similar to 82-83 year), the tunnel outlet will be around 767 MCM.

Keywords: Inter-basin transfer, Kani-Sib tunnel, water volume, Lake Urmia

[1] Corresponding author, Email: m.hemmati@urmia.ac.ir

دانشگاه گنبد کاووس
نشریه "رویکردهای نوین در مهندسی آب و محیط‌زیست"
دوره دوم، شماره اول
http:// Nawee.gonbad.ac.ir

ارزیابی هیدرولوژیکی و هیدرولیکی انتقال آب از تونل کانی سیب به دریاچه ارومیه

قاسم حاجی تلخابی[۱]، محمّد همتی[۲*]، سمیّه حجابی[۳]

[۱] دانش آموخته کارشناسی ارشد مهندسی آب، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران
[۲] دانشیار، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران
[۳] استادیار، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران
تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۲/۱۵؛ تاریخ پذیرش:۱۴۰۲/۰۳/۲۱

چکیده

کاهش سطح و تراز آب دریاچه ارومیه یکی از بحران‌های محیط زیستی منطقه‌ای است. یکی از اقدامات احیاء دریاچه ارومیه انتقال آب بین حوضه‌ای از حوضه زاب به دریاچه ارومیه توسط تونل کانی سیب است. هدف از مطالعه حاضر بررسی هیدرولیکی و هیدرولوژیکی طرح انتقال آب از سد کانی سیب به دریاچه ارومیه می‌باشد. برای رسیدن به این هدف، انتقال آب از حوضه زاب به دریاچه ارومیه در قالب سه سناریو (مخزن خالی، مخزن نیمه پر و مخزن کاملا پر) برای یک دوره ۱۰ ساله شبیه‌سازی و از نظر هیدرولوژیکی و هیدرولیکی ارزیابی گردید. حل معادله بیلان آب با دخالت روابط هیدرولیکی دبی انتقال آب تونل و سرریز اوجی سد در محیط نرم‌افزاری MATLAB به صورت روزانه مورد بررسی قرار گرفت. نتایج مطالعه حاضر نشان داد که میزان خروجی تونل کمتر از میزانی خواهد بود که در برنامه ستاد احیاء دریاچه ارومیه (۶۰۰ میلیون متر مکعب) تعیین شده است. لازم به ذکر هست که حجم قابل انتقال آب (با بازدهی ۱۰۰ درصد) در دوره هیدرولوژیکی خشک (مشابه سال ۷۷-۷۸) در حدود ۱۹۰ میلیون مترمکعب خواهد بود. علاوه بر آن در حالت پرآبی (مشابه سال ۸۳-۸۲) میزان خروجی تونل در حدود ۷۶۷ میلیون متر مکعب خواهد بود.

واژه‌های کلیدی: انتقال بین حوضه‌ای، تونل کانی سیب، حجم آب، دریاچه ارومیه

*نویسنده مسئول، Email: m.hemmati@urmia.ac.ir

مقدمه

تداوم روند خشکی دریاچه ارومیه و تالاب‌های پیرامون آن در دهه گذشته، نشاگر عدم تعادل منابع و مصارف آب در چند دهه پیشین و گسترش مرز خشکیدگی در دشت-های سبز پیرامون دریاچه و به سمت نواحی بالادست حوضه در آینده است (Yasi, 2017). دریاچه ارومیه اکنون پس از مدت‌ها، منتظر اقدامات عملی و عملیاتی از سوی دستگاه‌های مسئول برای نجات یافتن است. برخی از محققان معتقدند انتقال آب از دریای خزر در احیای آن مؤثر است. یکی از موارد برای تأمین آب دریاچه، انتقال آب از حوضه زاب توسط تونل کانی‌سیب به دریاچه ارومیه است. پروژه‌های انتقال بین حوضه‌ای را می‌توان در چهار دسته فنی و اجرایی، اقتصادی-اجتماعی، زیست محیطی و هیدرولوژیکی گروه‌بندی نمود. (Cox, 1999) پنج اصل مهم ملاحظات اقتصادی، اجتماعی، محیط زیست، هیدرولوژیکی و فن‌آوری را برای توجیه‌پذیر بودن و یا عدم توجیه‌پذیری پروژه‌های انتقال آب بین حوضه‌ای ارائه نمود که ضامن توزیع منصفانه و عادلانه سود کسب شده از اجرای پروژه در هر دو حوضه مبدأ و مقصد می‌باشد. تاکنون محققان و کارشناسان بسیاری بر پدیده انتقال آب بین حوضه‌ای و پیامدها و نتایج تأثیرگذار و یا نامطلوب طرح انتقال آب از ابعاد و وجوه گوناگون، در سطوح و شرایط خاص و در نقاط مختلفی از جهان و با تصمیم-گیری‌های راهبردی مورد بررسی و تحلیل قرار داده‌اند. در این زمینه (Ghobadian, 1990) به محدودیت‌ها و چالش‌های انتقال آب بین حوضه‌ای در ایران پرداخته و انتقال آب را به عنوان یک عامل اخلال در سیستم آبی بیان کرده است. برداشت قسمتی از آب و هدایت آن به حوضه دیگر ممکن است در کوتاه‌مدت مشکلی به بار نیاورد و منجر به کاهش معضلات ناشی از کسری آب در حوضه مقصد گردد، اما در طولانی‌مدت آسیب و آشفتگی بیولوژیکی و هیدرولوژیکی در هر دو حوضه مبدأ و مقصد را به دنبال خواهد داشت (Song et al., 2006). (Islar and Boda, 2014) با ارزیابی طرح‌های آب در مقیاس بزرگ در کشور ترکیه به بحث ناپایداری سیاسی و امنیتی منتج از این طرح‌ها و عدم مشارکت ذی‌نفعان طرح و تقسیم ناعادلانه سود حاصل از اجرای طرح را عامل بروز ناپایداری سیاسی، اکولوژیکی و اعتراضات اجتماعی توصیف کرده‌اند. (Yevjevich, 2001) مشکلات عمیق متأثر از انتقال آب بین حوضه‌ای درکشورهای مختلف را ارزیابی و ملاحظه پارامترهای ژئومورفولوژیکی، زمین‌شناسی و هیدرولوژیکی در انتقال آب بین حوضه‌ای را بسیار مهم ارزیابی کرده‌اند. (Shao et al., 2003) امکان‌پذیری انتقال آب بین حوضه‌های رودخانه‌های زرد و یانگ‌تسه در راستای طرح انتقال آب از شمال به جنوب چین را بررسی نمودند. (Feng et al., 2007) با بررسی اثرات اقتصادی – اجتماعی طرح انتقال آب از شمال به جنوب چین، یک سیستم پشتیبانی و حمایتی تصمیم-گیری برای تحلیل میزان آسیب‌پذیری منابع آب موجود در چین را ارائه کرده‌اند. شاخص‌هایی نظیر عرضه و تقاضای واقعی آب، پایداری منابع، حکم فرمایی قوی، رعایت حقابه‌ها و دانش فنی به منظور تحلیل اجرایی طرح‌های انتقال آب بین حوضه‌ای در هندوستان توسط (Gupta, 2008) مورد استفاده قرار گرفت و در نهایت لحاظ قراردادن مقیاس زمانی و مکانی در ارزیابی پیامدها و تبعات طرح را مهم ارزیابی کردند. (Pittock et al., 2009) با ارزیابی ابعاد مختلف توسعه پروژه‌های انتقال آب، بیان نمودند که نقش تصمیم‌گیران و مدیران در برهم زدن تعادل اکولوژیک مهم بوده و راه‌حل اساسی این معضلات پیش آمده را مدیریت جامع و واحد منابع آب و پیروی از قواعد و اصول توسعه پایدار دانستند. (Osivand & Ghomeshi, 2010) گزارش دادند که اگر انتقال آب-های انجام شده در استان خوزستان با ضوابط پیشنهادی یونسکو مغایرت نداشت، دیگر معضل کم آبی وجود نداشت. آنها حجم آب انتقالی را دلیل اصلی خشکی منطقه می‌دانند. (Budda et al., 2001) توجیه انجام پروژه‌های انتقال آب بین حوضه‌ای در هند، چین و استرالیا را منوط بر تجزیه و تحلیل دقیق و اعمال ملاحظات محیط زیستی بیان کرده‌اند. (Maknoon & Najafi Qadusi, 2014) با اشاره به انتقال آب از حوضه دز به قم رود شرایط اجرای سه پروتکل پیشنهادی در مدیریت منابع آب در مواجهه با تغییرات اقلیمی را بررسی کردند و اجرای طرح‌های انتقال آب بین حوضه‌ای را منوط به رعایت پروتکل‌های انتقال آب به منظور توجیه اقتصادی

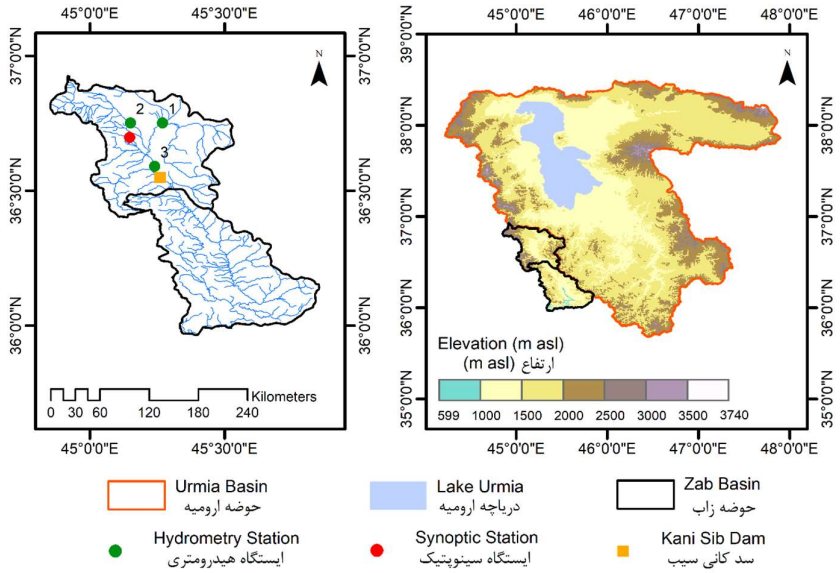
پروژه دانستند. نتایج مطالعه (Zeng et al., 2015) حاکی از حساس شدن درجه شکوفایی جلبک به میزان فسفر منتقل شده در حوضه مقصد بوده است که لزوم رعایت ملاحظات زیست محیطی در اجرای طرح‌های انتقال آب بین حوضه‌ای را مورد تأکید قرار داده است. (Karandish et al., 2021) به بررسی انتقال فیزیکی آب در مقابل انتقال مجازی آب برای غلبه بر کمبود آب محلی در دو استان سمنان و مازندران پرداختند.

در برخی پروژه‌های انتقال آب بین حوضه‌ای مباحث هیدرولوژیکی بیش‌تر مورد توجه قرار می‌گیرد و به مباحث و خصوصیات هیدرولیکی پرداخته نمی‌شود که این امر موفقیت طرح را با اهداف مورد نظر را محقق نمی‌سازد. موضوع انتقال آب بر مبنای منحنی فرمان مخزن سد که تابع فاکتورهای هیدرولوژیکی (مقدار جریان ورودی به مخزن) و تراز آب در مخزن می‌باشد، از دیدگاه تخصیص آب یا همان حجم انتقال مورد بررسی قرار گرفته است. اما در مقوله انتقال آب بین حوضه‌ای و میان حوضه‌ای علاوه بر بحث حجم انتقال که خود تابع مسائل هیدرولوژیکی و هیدرولیکی می‌باشد، لازم است که هر دو شرایط هیدرولوژیکی و هیدرولیکی به صورت تلفیقی و همزمان مورد مطالعه، ارزیابی و تجزیه و تحلیل قرار گیرد، که نتایج مباحث تلفیقی در هر دو شرایط قطعاً در بهره‌برداری و انتقال آب بسیار کارآمد است. این مطالعه در نظر دارد میزان حجم آب انتقالی از سد کانی‌سیب به دریاچه ارومیه را با لحاظ نمودن شرایط هیدرولیکی و هیدرولوژیکی ارزیابی و تحلیل نماید.

مواد و روش ها

منطقه مورد مطالعه

حوضه آبریز زاب با وسعتی برابر ۲۷۷۳ کیلومترمربع در سردشت از ارتفاعات مرزی کوه قندیل با حداکثر رقوم ۳۵۵۰ متر تا پایین‌دست حوضه به ارتفاع ۹۹۰ متر گسترده است. این حوضه از نظر مختصات جغرافیایی بین ″۳۰ ′۵۹ °۳۵ تا ″۲۰ ′۵۴ °۳۶ عرض شمالی و ″۱۰ ′۵۰ °۴۴ تا ″۴۰ ′۵۰ °۴۵ طول شرقی واقع شده است (شکل ۱). حوضه آبریز رودخانه زاب در محل محور ساختگاه سد کانی‌سیب (شکل ۱) دارای مساحتی برابر با ۱۴۲۳ کیلومترمربع بوده و ارتفاع در محل ساختگاه سد ۱۳۵۵ متر است. رودخانه زاب از الحاق رودخانه‌های لاوین، آواجار، بادین آباد و تعدادی شاخه‌های فرعی دیگر همچون زیوکه، تمرچین، قلعه تراش، نعلین، آبخورده، پردانان و در مرز ایران و عراق در نزدیکی آبادی هرزنه پس از دریافت شاخه پرآب چومان، وارد خاک عراق می‌شود (Ghanavati et al., 2016) و در منطقه پیرانشهر این رودخانه پس از الحاق شاخه‌های لاوین و آوجار بنام زاب یا زه و یا گلاس نامیده می‌شود. رودخانه زاب در طول مسیر جریان خود و پس از الحاق شاخه‌های جانبی متعدد از محل ایستگاه هیدرومتری گرژال و سپس سردشت در محل پل خرابه با رودخانه چومان (که از منطقه بانه در استان کردستان وارد می‌گردد) قسمتی از مرز ایران و عراق را تشکیل داده و بنام زاب کوچک در نزدیکی آبادی هرزینه از مرز خارج و وارد پشت دریاچه سد دوکان در کشور عراق شده و در آن کشور از طریق رودخانه دجله و اروندرود به خلیج فارس تخلیه می‌گردد.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی حوضه آبریز دریاچه ارومیه و حوضه آبریز زاب، ایستگاه سینوپتیک پیرانشهر، ایستگاه‌های هیدرومتری (۱- زنگ آباد، ۲- درابکای خانه، ۳- بادین آباد) و سد کانی سیب (نهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۴۰۱)

مشخصات عمومی سد مخزنی و تونل کانی سیب

سد مخزنی کانی سیب در محل روستای کانی سیب و ۱/۵ کیلومتری روستای سوغانلو واقع در شهرستان پیرانشهر بر روی رودخانه زاب احداث شده است. جداول ۱ و ۲ به ترتیب مشخصات سد مخزنی و تونل کانی سیب را نشان می‌دهد.

جدول ۱- مشخصات هندسی سد مخزنی کانی سیب (آب منطقه‌ای آذربایجان غربی)

نوع سد	خاکی با هسته رسی
ارتفاع از بستر رودخانه	۵۱ متر
طول تاج	۷۷۶ متر
رقوم تاج سد	۱۳۸۶ متر از سطح دریاهای آزاد
رقوم نرمال آب	۱۳۷۳ متر از سطح دریاهای آزاد
حجم مخزن	۲۲۰ میلیون مترمکعب
آورد سالانه	۷۱۳ میلیون مترمکعب
طول مخزن سد کانی سیب	۲۰ کیلومتر

جدول ۲- مشخصات هندسی تونل انتقال آب کانی سیب (آب منطقه‌ای آذربایجان غربی)

دبی جریان عبوری	۶۰ مترمکعب بر ثانیه
طول تونل	۳۵,۷ کیلومتر
قطر تمام شده تونل بعد لاینینگ	۵,۵ متر
شیب طولی تونل	۰,۰۰۵
رقوم دهانه ورودی تونل	۱۳۵۸,۵ متر از سطح دریاهای آزاد
رقوم دهانه خروجی تونل	۱۳۴۴,۵ متر از سطح دریاهای آزاد
حداکثر رقوم آبگیری تونل	۱۳۶۴ متر از سطح دریاهای آزاد
ضریب زبری مانینگ (لوله)	۰,۰۱۴

داده‌های هواشناسی و هیدرومتری

با توجه به ابعاد پروژه و همچنین تخصیص حقابه‌های تعریف شده در پروژه انتقال آب بین حوضه‌ای از سد کانی سیب به دریاچه ارومیه به منظور ارزیابی و تحلیل توسعه پایدار منابع آب ضروری است که ابتدا وضعیت اقلیمی منطقه بر اساس داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی موجود در منطقه بررسی قرار گیرد. در این راستا از داده‌های بارندگی و تبخیر ایستگاه سینوپتیک پیرانشهر استفاده شد. شکل ۱ موقعیت جغرافیایی این ایستگاه را نشان می‌دهد.

میزان جریان سالانه رودخانه گلاس در ساختگاه سد کانی سیب ۷۲۴/۶ میلیون مترمکعب برآورد شده است. با توجه به مرزی بودن رودخانه زاب، دسترسی به داده‌های هیدرومتری حوضه زاب در دراز مدت امکان‌پذیر نبود، لذا از داده‌های موجود و در دسترس ۱۰ ساله (از سال آبی ۷۴-۷۵ تا ۸۴-۸۳) سه ایستگاه هیدرومتری زنگ آباد، درابکای خانه و بادین‌آباد (شکل ۱) برای ارزیابی و تحلیل حجم آب قابل انتقال از طریق تونل کانی سیب به دریاچه ارومیه استفاده گردید.

روش بررسی

ابتدا داده‌های دبی ورودی به سدکانی سیب از زیر حوضه‌های مربوط به صورت روزانه برای ۱۰ سال آبی (۷۴-۷۵ تا ۸۴-۸۳) اخذ گردید. برای محاسبه بارش و تبخیر بر روی سطح دریاچه از داده‌های ایستگاه هواشناسی شامل بارندگی و تبخیر ایستگاه سینوپتیک پیرانشهر استفاده گردید. تمامی اطلاعات هواشناسی و هیدرومتری منطقه از جمله جریان‌های ورودی به مخزن سد، منحنی حجم-سطح-ارتفاع، میزان بارندگی بر روی سطح مخزن، تبخیر از سطح مخزن و حقابه‌های تعریف شده برای کشاورزی (۷۸/۵ میلیون مترمکعب در سال)، شرب (۱۲ میلیون مترمکعب) و زیست محیطی (۴۱/۱ میلیون مترمکعب در سال) در بررسی بیلان آب ۱۰ سال آبی اعمال شد. خروجی‌های سد که شامل نیاز پایین‌دست، خروجی سرریز و تونل می‌باشد به صورت روزانه در محاسبات معادله بیلان مورد استفاده قرار گرفت. جزئیات روش بررسی بیلان در ادامه شرح داده می‌شوند.

معادلات هیدرولیکی و هیدرولوژیکی جریان

معادله دبی تونل انتقال آب

با استفاده از معادله انرژی و رابطه دارسی ویسباخ بین ورودی و خروجی تونل، رابطه (۱) برای محاسبه دبی جریان از تونل کانی‌سیب استفاده گردید:

$$Q=\sqrt{2g}A_T\sqrt{\frac{(S_0L)+h-(xD)}{[1+\frac{2gn^2L}{R^{7/6}}]}} \quad (۱)$$

که در آن Q: دبی جریان عبوری از تونل (m^3/s)، g: شتاب گرانش زمین(m/s^2)، A_T: سطح مقطع تونل (m^2)، S_0: شیب کف تونل، L: طول تونل (m)، h: بار آبی در ورودی تونل (m)، n: ضریب زبری مانینگ، R: شعاع هیدرولیکی (m) و x: متغیری است که اگر تونل در انتها به صورت آزاد باشد برابر با ۰/۵ و اگر تونل در انتها به صورت مستغرق باشد برابر ۱ می‌باشد. لازم به ذکر است که در استخراج معادله فوق از افت‌های جزئی صرف نظر شده است. علاوه بر آن فرض بر این است که ورودی تونل در کل طول سال باز باشد.

معادله سرریز سد

سرریز احداث شده بر روی سد کانی سیب از نوع اوجی می‌باشد که رابطه (۲) برای محاسبه دبی خروجی از آن استفاده گردید (Khatsuria, 2005):

$$Q=CLHe^{3/2} \quad (۲)$$

که در آن Q: دبی عبوری از سرریز (m^3/s)، C: ضریب دبی جریان (در سیستم متریک برابر است با ۱/۸۴)، He: کل بار آبی روی سرریز (m) و L: طول تاج سرریز (m) می‌باشد. درصورتی که تراز آب در مخزن بیش از تراز نرمال (تراز کف سرریز) باشد، سرریز عمل نموده و در محاسبات مربوط به جریان خروجی لحاظ خواهد شد.

معادله بیلان

رابطه بیلان منابع آب برای مخزن سد کانی‌سیب به صورت رابطه ۳ تعیین شد (Mansouri et al., 2017):

$$S_{t+1}=S_t+Q_{in}-Q_{Tunnel}-Q_{Agr_t}-Q_{Env_t}-E_t+P_t-Sp_t \quad (۳)$$

که در آن S_{t+1}: حجم مخزن در انتهای دوره مدل‌سازی، S_t: حجم مخزن در ابتدای دوره مدل‌سازی (m^3)، Q_{in}: دبی

جریان ورودی به مخزن در دوره مدل‌سازی t (m^3)، Q_{Tunnel}: دبی انتقال آب توسط تونل در دوره مدل‌سازی t (m^3)، Q_{Agr_t}: دبی مورد نیاز کشاورزی در دوره مدلسازی t (m^3)، Q_{Env_t}: دبی مورد نیاز محیط زیست در دوره مدلسازی t (m^3)، E_t: حجم تبخیر سد در دوره مدلسازی t (m^3)، P_t: حجم بارندگی بر روی مخزن در دوره مدلسازی t (m^3)، Sp_t: حجم جریان سرریز شده از سد در دوره مدلسازی t (m^3) می‌باشد.

در رابطه (۳) مقدار جریان ورودی به سد از جمع داده‌های جریان رودخانه سه ایستگاه هیدرومتری محاسبه گردید. حجم تبخیر در محاسبه بیلان در طول دوره مدل-سازی، در ابتدا و انتهای دوره بسیار مهم می‌باشد؛ به-طوری‌که این مقدار تابعی از سطح مخزن در انتها و ابتدای دوره می‌باشد. لذا از منحنی حجم-سطح-ارتفاع برای برآورد حجم تبخیر از مخزن استفاده شد. پارامترهای حجم مخزن در ابتدای دوره، دبی جریان ورودی به مخزن، دبی مورد نیاز کشاورزی و دبی مورد نیاز محیط زیست پارامترهای معلوم هستند. حجم تبخیر از سد، دبی انتقال آب توسط تونل، حجم جریان سرریز شده از سد در طول دوره و حجم مخزن در انتهای دوره پارامترهای مجهول هستند. فرض بر این است که مقدار سرریز شدن آب برابر صفر است (Sp_t) و تبخیر از سطح مخزن در طول دوره مدل‌سازی t ثابت فرض شده و مقدار آن برابر تبخیر در ابتدای دوره مورد بررسی t است. دبی انتقال آب توسط تونل در ابتدای دوره شبیه‌سازی t محاسبه می‌شود و تنها مجهول باقیمانده، حجم مخزن در انتهای دوره شبیه‌سازی (S_{t+1}) است. حل معادله بیلان آب به صورت روزانه و تحت سه سناریوی زیر در محیط نرم‌افزار MATLAB مورد بررسی قرار گرفت:

الف) حل معادله بیلان با فرض خالی بودن مخزن سد در ابتدای دوره بهره برداری از تونل

ب) حل معادله بیلان با فرض پر بودن ۵۰ درصد مخزن سد در ابتدای دوره بهره برداری از تونل

ج) حل معادله بیلان با فرض پر بودن کامل مخزن سد در ابتدای دوره بهره برداری از تونل

نتایج و بحث

مطالعه حاضر در سه سناریو انجام گرفت که در ادامه به نتایج هر یک از آنها اشاره خواهد شد.

سناریوی اول (مخزن خالی)

در سناریوی اول، فرض بر این است که مخزن در ابتدای دوره بهره‌برداری کاملاً خالی باشد. لذا تمامی ورودی‌ها و خروجی‌ها در معادله بیلان آب لحاظ گردید و مدل برای ۱۰ سال اجرا گردید که نتایج آن در شکل ۲ و جدول ۳ نشان داده شده است. در سال اول شبیه‌سازی به دلیل خالی بودن کل مخزن، حجم آب مخزن در ابتدا کمتر از بقیه سال‌ها می‌باشد که در سال‌های بعد به دلیل ورود آب به مخزن، حجم آب مخزن نیز افزایش یافته است. لذا خالی بودن مخزن فقط در سال اول شبیه‌سازی اثر خود را نمایان می‌سازد. میزان بارندگی مستقیم بر روی سطح مخزن نیز در سال چهارم (۷۸-۷۷) کمتر از بقیه سال‌ها می‌باشد که به تبع آن جریان ورودی به مخزن نیز در این سال کمتر از همه سال‌ها می‌باشد. میزان تبخیر در سال سوم تا حدودی کمتر از بقیه سال‌ها می‌باشد. زیرا تراز مخزن و به تبع آن سطح آب مخزن کمتر می‌باشد. لذا میزان تبخیر در طی دوره شبیه‌سازی (۱۰ سال) تقریباً در محدوده ۱۲/۹ الی ۱۶/۵ میلیون مترمکعب متغیر است.

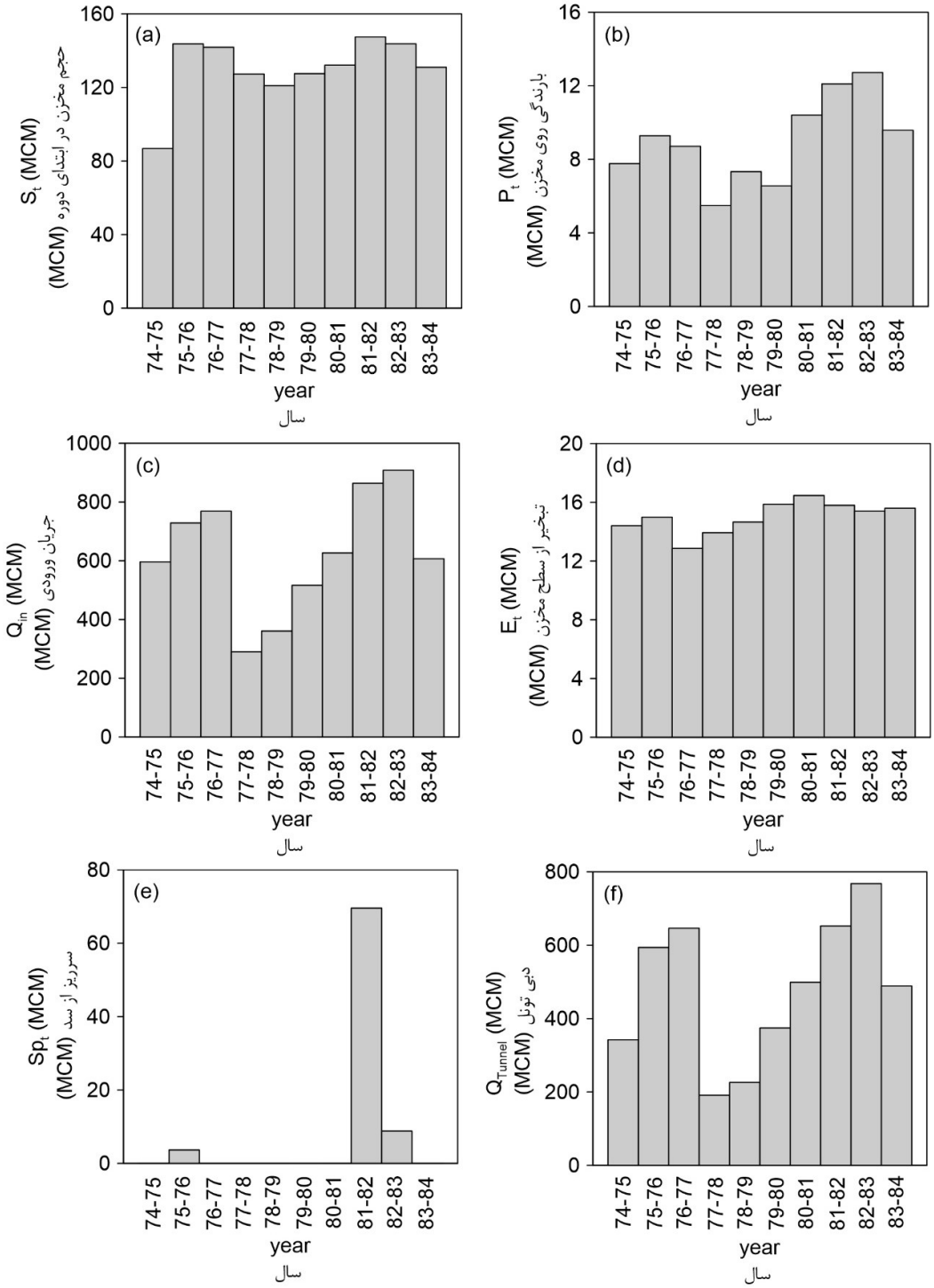
میزان دبی ورودی از طریق رودخانه‌های منتهی به مخزن سد کانی سیب از حدود ۲۹۰ میلیون متر مکعب در سال چهارم (۷۸-۷۷) که خشک‌ترین سال آبی دوره مورد بررسی می‌باشد تا حدود ۹۰۸ میلیون متر مکعب در سال (۸۳-۸۲) که پرآب ترین سال می‌باشد، تغییر می‌کند. نتایج مربوط به دبی خروجی از تونل که جهت انتقال آب به دریاچه ارومیه می‌باشد، نشان دهنده آن است که میزان دبی انتقالی با فرض اینکه در تمامی دوره بهره‌برداری ورودی تونل کاملاً باز باشد از حدود ۱۹۱ تا ۷۶۸ میلیون متر مکعب در سال‌های شبیه‌سازی تغییر می‌کند. در صورتی که شرایط کم آبی مثل سال چهارم (۷۷-۷۸) حاکم باشد این حجم انتقالی در شرایط ایده‌آل می‌تواند ۱۹۱ میلیون متر مکعب باشد. لذا میزان حجم آب انتقالی مستلزم ورودی آب به مخزن از حوضه‌های بالادست می-باشد. با این وجود متوسط حجم آب انتقالی برای دریاچه

ارومیه در طی این ده سال شبیه‌سازی در حدود ۴۷۸ میلیون مترمکعب خواهد بود که با برنامه‌ریزی انجام شده برای انتقال ۶۰۰ میلیون مترمکعب همخوانی ندارد. البته قابل ذکر است که با داشتن اطلاعات زیاد، بویژه برای سال‌های اخیر که شرایط و میزان بارش‌ها متفاوت از دهه-ای است که در این تحقیق مورد بررسی قرار گرفته است، ارزیابی‌های انجام گرفته می‌توانست از دقت زیادی برخوردار گردد. علاوه بر آن قابل ذکر است که اعداد ارائه شده برای حجم آب انتقالی تونل در راندمان ۱۰۰٪ بوده و به‌طور حتم حجم آبی که به پیکره اصلی آب دریاچه برسد کمتر خواهد بود.

آنچه که در جدول ۳ و شکل ۲ مشهود است میزان آب خارج شده از سرریز سد کانی‌سیب می‌باشد که در حدود ۹۰ میلیون مترمکعب می‌باشد که در مطالعات هیدرولوژیکی به این مورد پرداخته نمی‌شود. زیرا کارکرد سرریز تابع تراز آب بوده و در صورتی که در مدت زمان کوتاه میزان آب وارد شده به مخزن بیشتر از حجم مخزن باشد، آب اضافی از سرریز خارج خواهد شد. علاوه بر آن خروجی تونل نیز وابسته به تراز آب بوده که در طول سال با تغییرات زیادی مواجه می‌باشد که در مطالعه حاضر نیز خروجی تونل نیز به تراز آب بالادست ارتباط داده شده است.

جدول ۳- نتایج حاصل از اجرای سناریوی اول (واحدها: میلیون مترمکعب، MCM)

سال	شماره	حجم مخزن در ابتدای دوره (St)	بارندگی روی مخزن (Pt)	حجم جریان ورودی (Qin)	تبخیر از سطح مخزن (Et)	حجم سرریز از سد (Spt)	دبی تونل (QTunnel)	حجم مخزن در انتهای دوره (St+1)
۷۴-۷۵	۱	۸۶٫۸	۷٫۸	۵۹۶٫۴	۱۴٫۴	۰٫۰	۳۴۲٫۵	۸۷٫۲
۷۵-۷۶	۲	۱۴۳٫۷	۹٫۳	۷۲۸٫۸	۱۵٫۰	۳٫۷	۵۹۳٫۸	۱۴۳٫۷
۷۶-۷۷	۳	۱۴۱٫۹	۸٫۷	۷۶۸٫۹	۱۲٫۹	۰٫۰	۶۴۶٫۳	۱۴۱٫۹
۷۷-۷۸	۴	۱۲۷٫۳	۵٫۵	۲۸۹٫۹	۱۳٫۹	۰٫۰	۱۹۱٫۱	۱۲۷٫۲
۷۸-۷۹	۵	۱۲۱٫۰	۷٫۳	۳۶۰٫۷	۱۴٫۷	۰٫۰	۲۲۶٫۲	۱۲۱٫۰
۷۹-۸۰	۶	۱۲۷٫۶	۶٫۶	۵۱۶٫۳	۱۵٫۹	۰٫۰	۳۷۴٫۴	۱۲۷٫۶
۸۰-۸۱	۷	۱۳۲٫۱	۱۰٫۴	۶۲۶٫۷	۱۶٫۵	۰٫۰	۴۹۸٫۹	۱۳۲٫۱
۸۱-۸۲	۸	۱۴۷٫۵	۱۲٫۱	۸۶۴٫۲	۱۵٫۸	۶۹٫۶	۶۵۲٫۷	۱۴۷٫۵
۸۲-۸۳	۹	۱۴۳٫۸	۱۲٫۷	۹۰۸٫۵	۱۵٫۴	۸٫۸	۷۶۷٫۷	۱۴۳٫۸
۸۳-۸۴	۱۰	۱۳۱٫۰	۹٫۶	۶۰۷٫۳	۱۵٫۶	۰٫۰	۴۸۹٫۰	۱۳۱٫۰
میانگین		۱۳۰٫۳	۹٫۰	۶۲۶٫۸	۱۵٫۰	۸٫۲	۴۷۸٫۲	۱۳۰٫۳



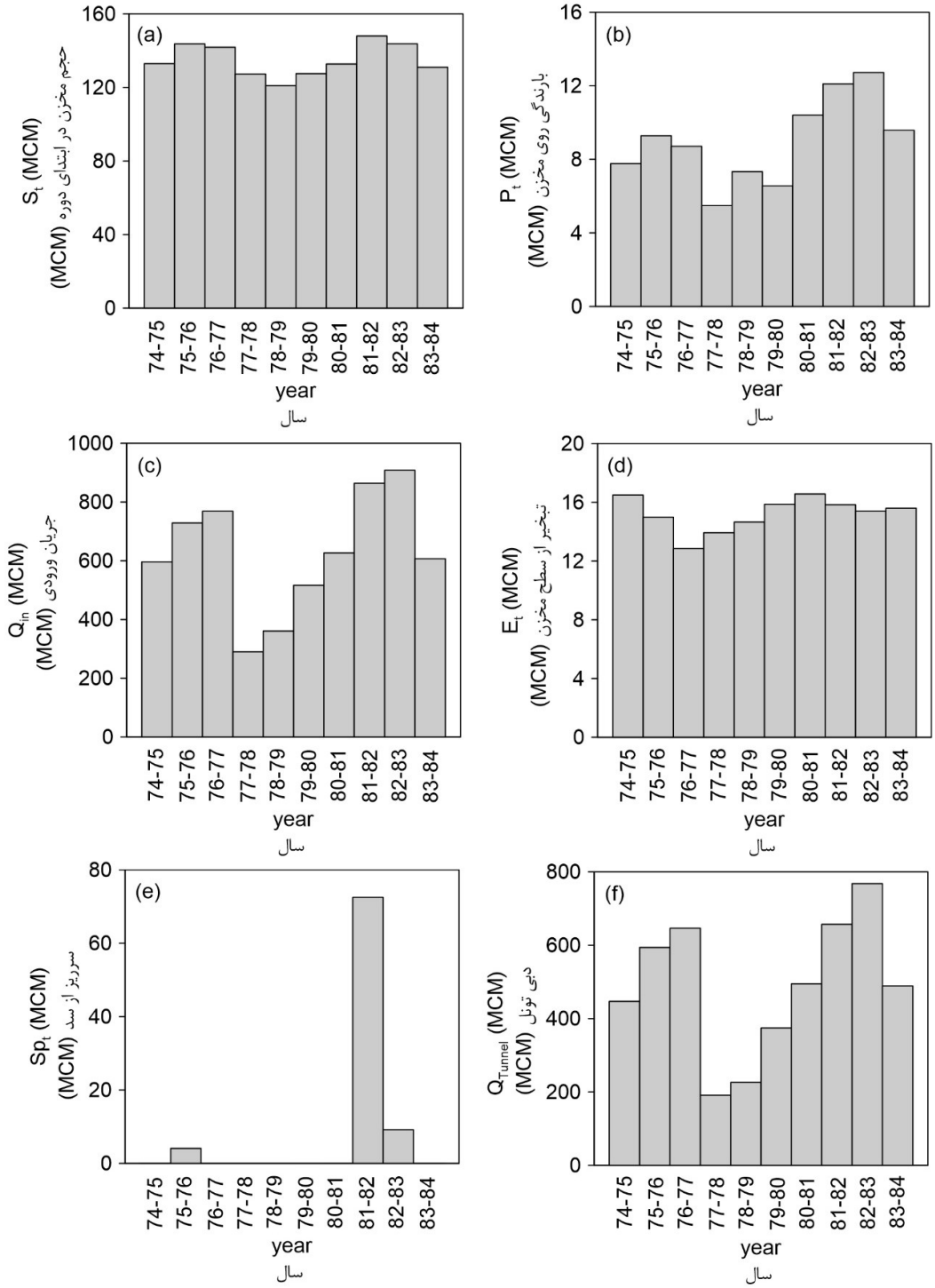
شکل ۲- نتایج حاصل از اجرای سناریوی اول در طی ۱۰ سال شبیه‌سازی (واحدها: میلیون مترمکعب، MCM)

سناریوهای دوم و سوم

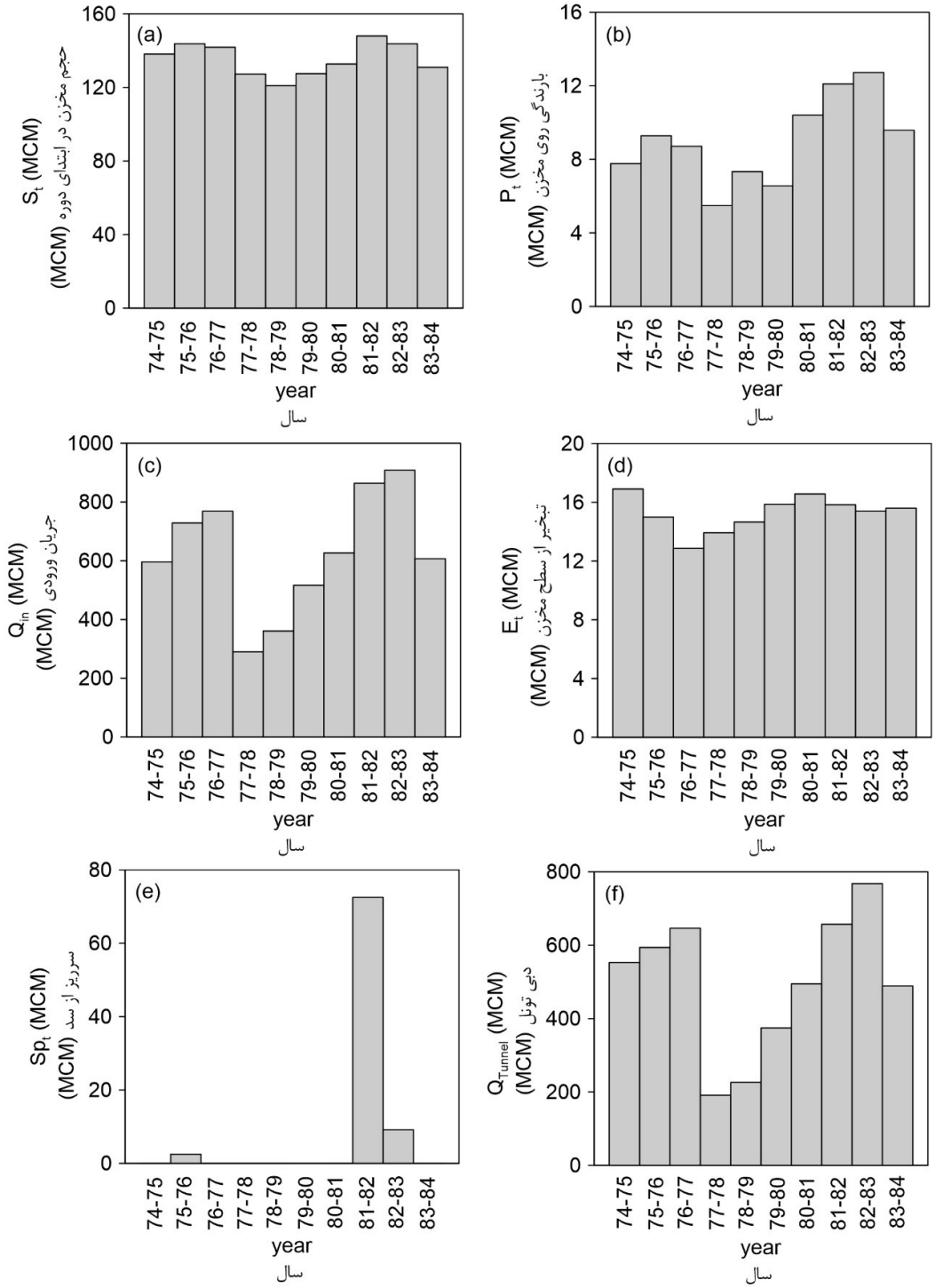
در سناریوی دوم، فرض بر این است که حجم مخزن در ابتدای دوره بهره‌برداری از تونل ۵۰ درصد پر باشد که نتایج مدل‌سازی در جدول ۴ و شکل ۳ ارائه شده است. حجم مخزن در سناریوی دوم در ابتدای دوره شبیه‌سازی در محدوده ۱۲۰/۹ میلیون مترمکعب تا ۱۴۷/۹ متغیر است. این امر بر میزان تبخیر از سطح دریاچه و حجم دبی انتقالی در سال اول تاثیر گذار می‌باشد. به‌طوری‌که حجم تبخیر از سطح دریاچه در سال اول از مقدار ۱۴/۴ میلیون مترمکعب (در سناریوی اول) به میزان ۱۶/۶ میلیون متر مکعب (در سناریوی دوم) افزایش یافته است. علاوه بر آن، حجم آب انتقالی (دبی تونل) از ۳۴۲ میلیون مترمکعب در سناریوی اول به ۴۴۷ میلیون مترمکعب در سناریوی دوم در سال اول مدل‌سازی افزایش یافته است. به غیر از سال اول، حجم اولیه مخزن تاثیری در میزان حجم آب انتقالی به دریاچه ارومیه ایجاد نمی‌کند. در سناریوی سوم که حجم مخزن در ابتدای دوره مدل‌سازی کاملاً پر می‌باشد، میزان آب انتقالی از تونل در سال اول ۵۵۳ میلیون مترمکعب می‌باشد (جدول ۵ و شکل ۴) که نسبت به سناریوی اول و دوم در حدود ۶۱ درصد و ۲۴ درصد افزایش حجم آب انتقالی را نشان می‌دهد. هر چند سایر پارامترها از جمله حجم تبخیر تغییر معنی‌داری ندارند، اما تاثیر حجم اولیه مخزن بر حجم آب انتقالی در سال اول معنی‌دار می‌باشد. با توجه به نتایج سناریوی دوم، متوسط حجم آب انتقالی برای دریاچه ارومیه در طی ده سال شبیه‌سازی در حدود ۴۸۸ میلیون مترمکعب خواهد بود. این میزان در سناریوی سوم در حدود ۵۰۰ میلیون مترمکعب می‌باشد. با توجه به برنامه‌ریزی‌های انجام شده برای انتقال ۶۰۰ میلیون متر مکعب در سال، سد کانی سیب تنها ۸۲ درصد حجم آب قابل انتقال به دریاچه را تحقق می‌بخشد. قابل ذکر هست که این حجم آب با فرض باز بودن دهانه ورودی تونل در مخزن در کل سال و راندمان صد در صد می‌باشد. حجم آب خارج شده از سرریز سد در هر دو سناریو تقریباً با هم برابر بوده و در حدود ۸۶ میلیون مترمکعب در طی ده سال شبیه‌سازی می‌باشد که بیشترین مقدار آن در طی سال هشتم (۸۲-۸۱) بوقوع پیوست.

جدول ۴- نتایج حاصل از اجرای سناریوی دوم (واحدها: میلیون مترمکعب، MCM)

سال	شماره	حجم مخزن در ابتدای دوره (S_t)	بارندگی روی مخزن (P_t)	حجم جریان ورودی (Q_{in})	تبخیر از سطح مخزن (E_t)	حجم سرریز از سد (Sp_t)	دبی تونل (Q_{Tunnel})	حجم مخزن در انتهای دوره (S_{t+1})
۷۴-۷۵	۱	۱۳۳,۰	۷,۸	۵۹۶,۴	۱۶,۵	۰,۰	۴۴۶,۹	۱۳۳,۰
۷۵-۷۶	۲	۱۴۳,۷	۹,۳	۷۲۸,۸	۱۵,۰	۴,۱	۵۹۳,۹	۱۴۳,۷
۷۶-۷۷	۳	۱۴۱,۹	۸,۷	۷۶۸,۹	۱۲,۹	۰,۰	۶۴۶,۳	۱۴۱,۹
۷۷-۷۸	۴	۱۲۷,۳	۵,۵	۲۸۹,۹	۱۳,۹	۰,۰	۱۹۱,۱	۱۲۷,۲
۷۸-۷۹	۵	۱۲۱,۰	۷,۳	۳۶۰,۷	۱۴,۷	۰,۰	۲۲۶,۲	۱۲۱,۰
۷۹-۸۰	۶	۱۲۷,۶	۶,۶	۵۱۶,۳	۱۵,۹	۰,۰	۳۷۴,۴	۱۲۷,۶
۸۰-۸۱	۷	۱۳۲,۷	۱۰,۴	۶۲۶,۷	۱۶,۶	۰,۰	۴۹۴,۵	۱۳۲,۷
۸۱-۸۲	۸	۱۴۷,۹	۱۲,۱	۸۶۴,۲	۱۵,۸	۷۲,۵	۶۵۶,۹	۱۴۸,۰
۸۲-۸۳	۹	۱۴۳,۸	۱۲,۷	۹۰۸,۵	۱۵,۴	۹,۲	۷۶۷,۷	۱۴۳,۸
۸۳-۸۴	۱۰	۱۳۱,۰	۹,۶	۶۰۷,۳	۱۵,۶	۰,۰	۴۸۹,۰	۱۳۱,۰
میانگین		۱۳۵,۰	۹,۰	۶۲۶,۸	۱۵,۲	۸,۶	۴۸۸,۷	۱۳۵,۰



شکل ۳- نتایج حاصل از اجرای سناریوی دوم در طی ۱۰ سال شبیه‌سازی (واحدها: میلیون مترمکعب، MCM)



شکل ۴- نتایج حاصل از اجرای سناریوی سوم در طی ۱۰ سال شبیه‌سازی (واحدها: میلیون مترمکعب، MCM)

جدول ۵- نتایج حاصل از اجرای سناریوی سوم (واحدها: میلیون مترمکعب، MCM)

سال	شماره	حجم مخزن در ابتدای دوره (S_t)	بارندگی روی مخزن (P_t)	حجم جریان ورودی (Q_{in})	تبخیر از سطح مخزن (E_t)	حجم سرریز از سد (Sp_t)	دبی تونل (Q_{Tunnel})	حجم مخزن در انتهای دوره (S_{t+1})
۷۴-۷۵	۱	۱۳۸,۲	۷,۸	۵۹۶,۴	۱۶,۹	۰,۰	۵۵۲,۸	۱۳۷,۹
۷۵-۷۶	۲	۱۴۳,۸	۹,۳	۷۲۸,۸	۱۵,۰	۲,۵	۵۹۴,۰	۱۴۳,۸
۷۶-۷۷	۳	۱۴۱,۹	۸,۷	۷۶۸,۹	۱۲,۹	۰,۰	۶۴۶,۳	۱۴۱,۹
۷۷-۷۸	۴	۱۲۷,۳	۵,۵	۲۸۹,۹	۱۳,۹	۰,۰	۱۹۱,۱	۱۲۷,۲
۷۸-۷۹	۵	۱۲۱,۰	۷,۳	۳۶۰,۷	۱۴,۷	۰,۰	۲۲۶,۲	۱۲۱,۰
۷۹-۸۰	۶	۱۲۷,۶	۶,۶	۵۱۶,۳	۱۵,۹	۰,۰	۳۷۴,۴	۱۲۷,۶
۸۰-۸۱	۷	۱۳۲,۷	۱۰,۴	۶۲۶,۷	۱۶,۶	۰,۰	۴۹۴,۵	۱۳۲,۷
۸۱-۸۲	۸	۱۴۷,۹	۱۲,۱	۸۶۴,۲	۱۵,۸	۷۲,۵	۶۵۶,۹	۱۴۸,۰
۸۲-۸۳	۹	۱۴۳,۸	۱۲,۷	۹۰۸,۵	۱۵,۴	۹,۲	۷۶۷,۷	۱۴۳,۸
۸۳-۸۴	۱۰	۱۳۱,۰	۹,۶	۶۰۷,۳	۱۵,۶	۰,۰	۴۸۹,۰	۱۳۱,۰
میانگین		۱۳۵,۵	۹,۰	۶۲۶,۸	۱۵,۳	۸,۴	۴۹۹,۳	۱۳۵,۵

نتیجه‌گیری

طرح‌های انتقال آب بین حوضه‌ای شرایطی ترکیبی از مسائل هیدرولوژی و هیدرولیکی را در خود جای داده است. از این‌رو تحلیل و بررسی هیدرولوژی و هیدرولیکی برای به‌دست آوردن شرایط مورد نظر می‌بایست همزمان صورت گیرد (Mansouri et al., 2017). در این مطالعه، با هدف پاسخ به این پرسش که آیا در طرح‌های انتقال آب بین‌حوضه‌ای، هیدرولیک جریان می‌تواند حجم آب انتقالی را تحت تأثیر قرار دهد، انتقال آب تونل کانی سیب به دریاچه ارومیه از دو دیدگاه هیدرولیکی و هیدرولوژیکی مورد بررسی نتیجه قرار گرفت. از این رو سعی شد با نگاه عمیق‌تری به بحث مؤلفه‌ها و پارامترهای هیدرولیکی دخیل در جریان عبوری از تونل و سرریز و در نظر گرفتن خصوصیات هیدرولوژیکی (معادله بیلان) پرداخته شود. شبیه‌سازی و حل همزمان معادلات هیدرولیکی و هیدرولوژیکی در طی دوره ۱۰ ساله نشان داد که میزان انتقال آب از تونل کانی سیب به دریاچه ارومیه تحت تاثیر هر دو پارامتر هیدرولیکی و هیدرولوژیکی می‌باشد و حجم برنامه‌ریزی شده از سوی وزارت نیرو (۶۰۰ میلیون مترمکعب) برای انتقال به دریاچه ارومیه تامین نخواهد شد. نتایج مطالعه حاضر نشان داد که حجم آب انتقالی در کمترین میزان خود (سال ۷۸-۷۷) برابر با ۱۹۱ میلیون متر مکعب می‌باشد و در بیشترین حالت (سال ۸۳-۸۲) در حدود ۷۶۸ میلیون متر مکعب می‌باشد که متوسط ده سال در دوره شبیه‌سازی در حدود ۴۸۰ میلیون مترمکعب خواهد بود. علاوه بر آن نتایج نشان داد که تاثیر پر یا خالی بودن حجم اولیه مخزن در دوره شبیه‌سازی فقط بر میزان حجم آب انتقالی تونل در سال اول شبیه‌سازی تاثیرگذار خواهد بود. در مطالعه حاضر حجم آب انتقالی تا خروجی تونل مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به اینکه خروجی تونل به رودخانه گدارچای وارد می‌شود و یک مسیر طولانی تا پیکره آبی دریاچه وجود دارد؛ لازم است مطالعاتی در زمینه راندمان انتقال آب خروجی از تونل کانی‌سیب به پیکره آبی دریاچه ارومیه نیز صورت گیرد تا مشخص گردد که چه حجمی از آب تونل به دریاچه خواهد رسید. از آنجا که طرح انتقال آب، علاوه بر آثار انکارناپذیر زیست‌محیطی از جمله کاهش قدرت خودپالایی رود زاب، باعث تغییرات عمده‌ای در ویژگی‌های هیدرولوژیکی و مورفولوژیکی بستر رودخانه در نواحی پایین‌دست سد خواهد شد (Ghanavati et al., 2016)، در طراحی پروژه‌های انتقال آب بین حوضه‌ای، علاوه بر مسائل هیدرولوژیکی و هیدرولیکی، لازم است مسائل ژئومورفولوژی نیز مورد توجه قرار گیرد.

منابع

Budda, M. Gaayam T. and V.G.M. Annamdas. 2001. A review on Inter basin transfer of water. IPWE 2011. In 4th International Prespective on water Resources & the Enviroment, National University of Singapore (NUS), Singapore. Session on: Inter-basin Transfer of WaterBruk S Interbasin water transfer. Conference report. Journal of Water Policy, Singapore (Vol. 3, pp. 167-169).

Cox, W.E. 1999. Determining when interbasin water transfer is justified: criteria for evaluation. In Interbasin water transfer. proceedings of the international workshop, IHP-V. Apr. 25-27, Technical documents in hydrology, 28, pp. 173-178.

Feng, S. Li, L.X. Duan, Z.G. and J.L. Zhang. 2007. Assessing the impacts of South-to-North Water Transfer Project with decision support systems. Decision Support Systems, 42(4), pp.1989-2003.

Ghanavati, E., Talebpoor Asl, D. and S. Khezry. 2016. Assessment of the Impacts of Inter-Basin Water Transfer on the Bed River Morphology in the Origin Basin (Case study: Zab River Basin), Geography and Development, 14(44), pp. 65-88 (In Persian).

Ghobadian, A. 1990. Natural appearance of the Iranian plateau in connection with agricultural exploitation, revitalization of the country's natural resources. Kerman University Press, 480p (In Persian).

Gupta, N. 2008. Geoinformatics for inter Basin water transfer assessment: a study in parts of Ganga-Brahmaputra Basin, Eastern India. International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation Enschede, Netherland.

Islar, M. and C., Boda. 2014. Political ecology of inter-basin water transfers in Turkish water governance. Ecology and Society, 19(4), pp. 15.

Karandish, F. Hogeboom, R.J. and A.Y. Hoekstra. 2021. Physical versus virtual water transfers to overcome local water shortages: A comparative analysis of impacts. Advances in water resources, 147, pp. 103811.

Khatsuria, R. M. 2005. Hydraulics of Spillways and Energy Dissipators. CRS press.

Maknoon, R. and A. Najafi Qadusi. 2014. New water policy based on experiences of Japan. In 2nd National Conference on Crisis, Sharekord University, Shahrekord, Iran (In Persian).

Mansouri, R., Torabi Pudeh, H., Haghiabi, A.H. and H.A., Yonesi. 2017. Optimization and Simulation of Integrated Hydraulic and Water Resources by Using Developed Dynamic Programming (Case Study: Central Plateau in Iran). Iran-Water Resources Research, 13(1), pp. 53-68. (In Persian)

Osivand, A. and M. Ghomeshi. 2010. Dicussion on view of agriculyural development in Khuzestan province in relation to water scarcity. In 3rd Natural Conference on Irrigation and Drainage Network Management, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran (In Persion).

Pittock, J. Meng, J.H. Geiger, M. and A.K. Chapagain. 2009. Interbasin water transfers and water scarcity in a changing world—a solution or a pipedream? Discussion paper, World Wildlife Fund Germany.

Shao, X. Wang, H. and Z. Wang. 2003. Interbasin transfer projects and their implications: A China case study. International Journal of River Basin Management, 1(1), pp. 5-14.

Song, W.K. Hamm, S.Y. and J.Y. Cheong. 2006. Estimation of groundwater discharged into a tunnel. Tunnelling and Underground Space Technology incorporating Trenchless Technology Research, 3(21), pp. 460.

Yasi, M. 2017. Management of Rivers and Dams in Supplying and Delivering Water to Urmia Lake. Agricultural Sciences and Natural Resources, 2(1), pp. 59-76 (In Persian).

Yevjevich, V. 2001. Water diversions and interbasin transfers. Water International, 26(3), pp. 342-348.

Zeng, Q. Qin, L. and X. Li. 2015. The potential impact of an inter-basin water transfer project on nutrients (nitrogen and phosphorous) and chlorophyll a of the receiving water system. Science of the Total Environment, 536, pp. 675-686.