

ارزیابی راندمان انتقال و تلفات آب در کانال‌های انتقال آب با پوشش ژئوممبران HDPE در شبکه‌های آبیاری زاینده‌رود، مغان و کرمان

رضا بهراملو^{۱*}، نادر عباسی^۱، علیرضا مآمن پوش^۲، کرامت اخوان^۳، حمید ریاحی^۴

۱. استادیار، بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان همدان،

سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، همدان

۲. دانشیار، مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج

۳. استادیار، بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی، سازمان

تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان

۴. استادیار، بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی اردبیل،

سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مغان

۵. مربی، بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی، سازمان

تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی کرمان

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۶/۲۹ - تاریخ بازنگری: ۱۳۹۵/۹/۲۳ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۵/۱۰/۱)

چکیده

در این پژوهش مقدار تلفات آب در هفت مورد از کانال‌های انتقال آب در دشت‌های زاینده‌رود، کرمان و مغان، با پوشش ژئوممبران با مشخصات فنی یکسان از نوع HDPE و طول عمر یکسان، مورد ارزیابی قرار گرفته است. برای این منظور میزان تلفات کل آب در کانال‌ها به روش ورودی-خروجی در سه مرحله تعیین گردید. هم‌زمان مقدار تبخیر با استفاده از تشتک تبخیر نصب‌شده در مجاورت لبه کانال‌ها تعیین و برای محاسبه تلفات نشت، مقدار تلفات تبخیر از تلفات کل کسر گردید. بر اساس نتایج، مقادیر راندمان انتقال آب در این کانال‌ها بین ۹۶ تا ۹۹/۷ و به‌طور متوسط ۹۹/۱ درصد (۲۰ درصد بالاتر از پوشش بتنی) می‌باشد. مقدار تلفات کل در کانال‌ها بین ۳/۳ تا ۱۳/۸ و به‌طور متوسط ۸/۱ لیتر در ثانیه در کیلومتر (معادل ۰/۹ درصد در کیلومتر) تعیین گردید. از تلفات کل بین ۳/۳ (زاینده‌رود اصفهان) تا ۱۶/۲ (کرمان) و به‌طور متوسط ۷/۱ درصد در اثر تبخیر بوده و مابقی تلفات در اثر نشت از پوشش ژئوممبران بوده است. مقدار تلفات نشت در کانال‌های مورد ارزیابی بین ۰/۰۳ (KC در دشت کرمان) تا ۰/۱۶ (در دشت زاینده‌رود کانال EC4) و به‌طور متوسط ۰/۰۸ مترمکعب در مترمربع در روز تعیین گردید. بین مقادیر تلفات آب و مقدار دبی کانال رابطه مستقیم وجود دارد. در کل نتایج این پژوهش تأثیر قابل توجه کاربرد پوشش ژئوممبران در کنترل تلفات نشت آب از کانال‌های مورد ارزیابی و برتری آن نسبت به پوشش رایج بتنی را نشان داد.

واژه‌های کلیدی: ارزیابی، پوشش ژئوممبران، کانال آبیاری، کنترل نشت

مقدمه

آب، به کاهش زمان انتقال آب کمک نموده و ضمن افزایش تولیدات کشاورزی هزینه تولید را نیز کاهش می‌دهد. یکی از عوامل مهم در استفاده بهینه از منابع آب و خاک، کاربرد پوشش‌های مناسب در استخرها و کانال‌ها است. پوشش مناسب مخازن ذخیره‌ای آب و کانال‌های انتقال می‌تواند نقش مؤثری در افزایش بهره‌وری آب ایجاد نماید. مصالح مرسوم پوشش در کانال‌های آبیاری و استخرها عموماً شامل رس متراکم شده، بتن معمولی یا مسلح و اخیراً ژئوممبران‌های^۱ مدفون هستند. این

کانال‌های آبیاری و مخازن ذخیره‌ای آب نقش مهمی در انتقال بهینه و تنظیم مصارف آب کشاورزی دارند. با توجه به روند افزایشی مصرف و محدودیت منابع آب، حفظ و کاهش تلفات آب از مخازن ذخیره و کانال‌های انتقال آب، به‌خصوص در مناطق خشک و نیمه‌خشک از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (Ivy & Narejo, 2003). کاهش تلفات آب از سازه‌های انتقال ذخیره آب کشاورزی، علاوه بر افزایش راندمان ذخیره و انتقال

شیمیائی و مکانیکی و مسائل اجرا و طراحی دچار ترک خوردگی و تخریب شوند.

Iqbal, et al (2002) مقدار نشت را در کانال‌های آبیاری ۱۱ حوضه آبریز در کانادا با طول عمر یکسان ۱/۵٪ گزارش کردند. Akkuzu, et al (2007) مقدار راندمان انتقال را در کانال‌های اصلی آبیاری با پوشش بتنی در ترکیه ۹۷٪ در هر کیلومتر، تلفات معادل ۱/۲۲ مترمکعب در مترمربع در روز و در کانال‌های درجه ۲ راندمان انتقال ۹۸٪ در ۱۰۰ متر و تلفات آب معادل ۵/۳۱ مترمکعب در مترمربع در روز گزارش نمودند. در کانال‌های درجه ۳ مقدار راندمان انتقال برای کانال‌های دوزنقه‌ای ۹۴/۹ درصد (۷ درصد تلفات) در ۱۰۰ متر معادل ۵/۱۷ مترمکعب در مترمربع در روز و برای فلوم بتنی ۵/۱ درصد تلفات در ۱۰۰ متر تعیین شده است. برای کاهش تلفات نشت آب از مخازن بتنی، از روش‌های متعددی نظیر درزبندی با تزریق اورتان تحت فشار و کاربرد واتر استاپ‌ها، درزبندها، چسب و ماستیک آب‌بندی و ... می‌توان استفاده نمود. یکی از این روش‌های کاهش تلفات نشت آب از مخازن ذخیره و استخرهای ذخیره آب به‌خصوص وقتی میزان نشت قابل توجه باشد، استفاده از ژئوممبران‌های پلیمری است (Rahimi & Qobadina, 2008). بررسی‌های Shahrokh niya (2014) در کانال‌های آبیاری شهرستان داراب نشان داد که میزان متوسط نشت در کانال‌های بدون پوشش مورد مطالعه ۱۹۷/۷ میلی‌متر در روز بر مترمربع بوده که پس از اجرای پوشش بتنی به ۱۶/۳ میلی‌متر در روز بر مترمربع تقلیل یافته است. Movahhedan & Abbasi (2014) در ارزیابی فنی و اقتصادی پوشش‌های ژئوسنتتیک در کانال‌ها و مخازن آب، نتیجه گرفتند که در صورت طراحی صحیح و اجرای درست، پوشش‌های ژئوممبران در استخرها می‌توانند مقدار نشت را تا حد زیادی کاهش دهند. آن‌ها مقدار نشت از این پوشش‌ها را ۱۶/۹ میلی‌متر در روز بر مترمربع اندازه‌گیری نمود. بررسی آن‌ها نشان داد که کاربرد پوشش‌های ژئوممبران برای استخرها کاملاً اقتصادی است. ارزیابی میزان نشت از یک استخر ذخیره‌ای آب کشاورزی با پوشش ژئوممبران نشان داد که مقدار نشت از استخر بتنی قدیمی که با ژئوممبران روباز پوشش شده است تا حد نسبتاً زیادی کنترل شده است. اجرای مناسب پوشش ژئوممبران، مانند سایر پوشش‌ها، عامل اساسی در کنترل نشت آب است (Movahhedan et al, 2011). بررسی‌های انجام‌شده روی پروژه‌های انجام‌شده توسط پیمانکاران ایرانی نشان می‌دهد که بیشتر موادی که برای پوشش مخازن ذخیره آب (کشاورزی، صنعتی و تفریحی) در کشور استفاده شده است، از نوع ژئوممبران‌های روباز HDPE

مواد به دلایلی همانند نبود مصالح در محل (همانند رس مترکم شده)، هزینه بالا (مثل بتن مسلح)، نیاز به جابجایی زیاد مصالح و تجهیزات سنگین ساخت (نظیر بتن غیرمسلح) و نیاز به حفاری پرهزینه و تهیه زیرساخت (نظیر ژئوممبران مدفون)، همه‌جا مناسب نیستند (USBR, 2002). کاربرد وسیع ژئوممبران در سال‌های اخیر در کشورهای مختلف بیانگر این است که این مصالح نسبت به سایر مصالح مرسوم از لحاظ زمان اجرا و هزینه اجرایی برتری دارد. همچنین از لحاظ کنترل تلفات نشت نسبت به مصالح رس و بتن برتری دارد. به‌گونه‌ای که مقدار تلفات نشت آب در ژئوممبران‌ها ۱۰۰ هزار برابر کمتر از رس و ۱۰ هزار برابر کمتر از بتن می‌باشد (Firuzi and Najdi, 2011).

Rahimi et al (2011) در بررسی مسائل آبشویی زیر پوشش بتنی در کانال‌های دشت مغان نتیجه‌گیری نمودند که مناسب‌ترین گزینه برای مقابله با زیرشویی استفاده از پوشش ژئوممبران در زیر پوشش بتنی کانال‌های آبیاری منطقه می‌باشد.

ژئوسنتتیک‌ها^۱ گروهی از مواد مصنوعی‌اند که از مواد پلیمری ساخته می‌شوند. یکی از مشتقات مهم ژئوسنتتیک‌ها، ژئوممبران‌ها^۲ هستند. ژئوممبران‌ها ورق‌های پلاستیکی، تقریباً غیرقابل نفوذ (با نفوذپذیری بسیار کم) هستند که به‌عنوان یک عایق بسیار مقاوم و کم‌هزینه با طول عمر زیاد، در بسیاری از صنایع کاربرد دارند. از کاربردهای مهم ژئوممبران‌ها در کشاورزی، استفاده از آن‌ها در پوشش کانال‌های انتقال آب، حوضچه‌ها و استخرهای ذخیره آب است. متداول‌ترین نوع ژئوممبران‌ها، ژئوممبران‌های HDPE (با تراکم بالا) و ژئوممبران‌های پلی‌اتیلن با تراکم پایین نظیر LDPE هستند که بسیار انعطاف پذیرند (Ivy & Narejo, 2003). یکی از ویژگی‌های مهم ژئوممبران‌ها، انعطاف‌پذیری خوب و نفوذپذیری بسیار کم ورقه‌های آن‌هاست. این خواص استفاده از آن‌ها را در امر آب‌بندی مخازن و کانال‌ها هموار می‌سازد. امروزه ژئوممبران‌های ساخته‌شده از پلی‌اتیلن و پی‌وی‌سی کاربرد بیشتری پیدا کرده‌اند. کنترل فرآیندهای فیزیکی و شیمیایی نظیر اثرات انرژی خورشید بر سطح پوشش‌های ژئوسنتتیک، دقت در نصب، آزمایش‌های فیزیکی و شیمیایی، کنترل میزان نشت و نیز آنالیز وضعیت رسوبات در مدت کاربرد این مواد ضروری است (Mansori kiya & Shahrokh niya, 2007). پوشش‌های بتنی استخرها ممکن است بعد از گذشت مدت کوتاهی از اجرا به دلیل عوامل مختلفی نظیر ذوب و یخبندان متوالی، عوامل

1. Geosynthetics
2. Geomembranes

مقایسه نمود. همچنین مقدار راندمان انتقال را در آن‌ها محاسبه نمود. بر اساس نتایج مقدار تلفات متوسط در کانال اصلی و ۳ مورد کانال توزیع به ترتیب ۵ و ۳/۴ مترمکعب در مترمربع در روز تعیین شد. همچنین راندمان انتقال در کانال اصلی و ۳ کانال توزیع به ترتیب ۹۵/۲۱، ۸۳/۶۸، ۸۱/۲۰، ۹۰/۳۳ درصد تعیین شد، درحالی‌که مقدار طرحی همه آن‌ها ۱۰۰ درصد بوده است. در راستای تحقیقات فوق، در این پژوهش مقادیر تلفات آب از کانال‌های آبیاری با پوشش ژئوممبران در تعدادی از مناطق کشور مورد ارزیابی قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

روش تحقیق شامل انتخاب کانال، مشخصات و موقعیت کانال‌ها، نوع ژئوممبران مورد استفاده در پوشش آن‌ها، تعیین دبی ورودی و خروجی در مقطع انتخابی کانال‌ها، تعیین راندمان انتقال آب، تلفات کل، تلفات تبخیر، تلفات نشت و آنالیز آن‌ها می‌باشد که در ادامه ارائه شده است.

- کانال‌های آبیاری انتخاب شده

استفاده از پوشش ژئوممبران در کانال‌های آبیاری کشور بسیار محدود بوده و تنها در مناطق معدودی از آن استفاده شده است. در جدول (۱) تعداد کانال‌های آبیاری انتخاب شده برای ارزیابی با پوشش ژئوممبران در استان‌های اصفهان، کرمان و اردبیل ارائه شده است. مطابق این جدول در کل ۷ مورد از کانال‌های آبیاری کشور با پوشش ژئوممبران برای ارزیابی و تعیین تلفات در این پژوهش در نظر گرفته شده است. در ادامه با مراجعه به ادارات مربوطه و محل کانال‌های آبیاری انتخاب شده، مشخصات هندسی، فنی و هیدرولیکی آن‌ها در محل تعیین گردید تا بر اساس آن محاسبات تلفات نشت انجام گردد. در این کانال‌ها ضمن تعیین ابعاد هندسی (عرض کف، عرض فوقانی، شیب جانبی و شیب طولی)، مشخصات هیدرولیکی جریان شامل دبی ورودی و خروجی در مقطع انتخابی اندازه‌گیری شد.

- مشخصات ژئوممبران استفاده شده

همان‌گونه که در بخش مقدمه ارائه گردید، پوشش‌های ژئوممبران انواع مختلفی دارند. در جدول (۲) مشخصات ژئوممبران مورد استفاده در کانال‌های مورد ارزیابی در این پروژه ارائه شده است. این ژئوممبران که از نوع HDPE با ضخامت ۱/۵ میلی‌متر است، تولید کارخانه‌های داخل کشور می‌باشد. علت استفاده از این نوع پلی‌اتیلن، چگالی، دمای سیلان بالای و همچنین دمای انتقال شیشه‌ای کمتر نسبت به محصولات LDPE و LLDPE که در نهایت منجر به دوام بهتر و آب‌بندی بالاتر آن شده است، می‌باشد.

ضخامت ۱ تا ۲/۵ میلی‌متر است. این مسئله به دلیل ویژگی‌های مناسب این نوع از ژئوممبران‌هاست (Movahhedan & Abbasi, 2014). نفوذپذیری ژئوممبران‌های HDPE و PVC به ترتیب در محدوده 10^{-12} تا 10^{-15} سانتی‌متر بر ثانیه قرار دارد (Scheirs, 2009). Skogerboe et al (1999) تلفات آب را در تعدادی از کانال‌های آبیاری در پاکستان ارزیابی نموده و نتیجه‌گیری نمودند که در کانال‌های آبیاری تحت بهره‌برداری روش ورودی-خروجی مناسب‌تر است. آن‌ها روش حوضچه‌ای را برای حالتی که تلفات نسبتاً پایین است را پیشنهاد نمودند. آن‌ها برعکس سایر مؤلفین روش حوضچه‌ای را به‌عنوان روش استاندارد تعیین تلفات در کانال‌ها، توصیه نمودند، چراکه در این حالت بعضی کانال‌ها تلفات آب منفی نشان دادند.

Alam and Bhutta (2004) در مقایسه تکنیک‌های مختلف برآورد فیزیکی تلفات نشت در کانال‌ها، روش حوضچه‌ای را با روش ورودی-خروجی را باهم مقایسه و نتیجه‌گیری نمودند که روش حوضچه از دقت بالاتری برخوردار است. آن‌ها همچنین نتیجه گرفتند که از روش ورودی-خروجی در جایی که مقدار تلفات کم است و یا طول کافی برای ارزیابی وجود ندارد، نباید استفاده کرد. Kinzli et al (2010) مقدار تلفات را در کانال‌های اصلی ۰/۶۴ درصد در کیلومتر و در کانال‌های درجه ۲ و انهار آبیاری شبیه هم ۱/۹۳ و ۱/۸۴ درصد در کیلومتر تعیین نمودند. آن‌ها همچنین گزارش نمودند که بین تلفات آب در فصل‌های مختلف اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. Firuzi and Najdi (2011) مقدار مقاومت ژئوممبرانها در مقابل نشت آب را ۱۰۰ هزار برابر بیشتر از رس و ۱۰ هزار برابر بیشتر از بتن می‌دانند. Singh and Singh (2014) در مقایسه تلفات نشت و تبخیر از کانال آبیاری ناروانا در هند، گزارش نمودند که مقدار متوسط تلفات حدود ۲/۴۷ مترمکعب روز بوده و بیش از ۹۹ درصد تلفات در اثر نشت و کمتر از ۱ درصد در اثر تبخیر می‌باشد. Shahrokh niya (2014) در کانال‌های آبیاری شهرستان داراب نشان داد که میزان متوسط نشت در کانال‌های بدون پوشش مورد مطالعه ۱۹۷/۷ میلی‌متر در روز بر مترمربع بوده که پس از اجرای پوشش بتنی به ۱۶/۳ میلی‌متر در روز بر مترمربع تقلیل یافته است. Marwaa and Omran (2016) تلفات نشت را به روش ورودی-خروجی در بخشی از کانال اصلی و سه مورد کانال توزیع پوشش شده هیلا^۱ در عراق اندازه‌گیری نموده و با مقادیر برآورد حاصل از دو روش موریتز^۲ و دیویس-ویلسون^۳

1. Hilla Main Canal and three Distributary Canals

2. Moritz

3. Davis-Wilson

جدول ۱. کانال‌های آبیاری انتخابی جهت ارزیابی در مناطق مختلف و مشخصات آن‌ها

نام استان	علامت	نام کانال	طول (متر)	عمق جریان (متر)	دبی (مترمکعب بر ثانیه)	وسعت اراضی پائین‌دست (هکتار)
اصفهان	EC1	شبکه نکوآباد، حدفاصل پلی اکریل	۱۳۵۰	۱/۵۳	۲/۳۸۵	۲۵۰۰
	EC2	شبکه نکوآباد، بعد از دی ام تی	۷۳۵	۱/۸۲	۲/۱۱۸	۲۲۰۰
	EC3	شبکه آبشار، بالادست پرینز p23	۵۶۵	۱/۳۵	۳/۲۳۱	۳۳۰۰
	WC4	شبکه آبشار، قسمت ابتدایی	۶۵۰	۰/۶۸	۳/۲۸۹	۳۳۲۰
	EC5	شبکه آبشار، پل شیدان	۴۸۰	۱/۲۲	۲/۲۶۵	۲۳۰۰
کرمان	KC	ایستگاه تحقیقاتی جوپار	۳۰	۰/۷	۰/۴	۴۰۰
اردبیل	AC	کانال پمپاژ ۳	۲۸	۱/۲۸	۳/۲	۳۵۰۰

جدول ۲. مشخصات فنی پوشش ژئوممبران استفاده شده در استخرهای مورد ارزیابی

نوع ژئوممبران	ضخامت (mm)	دانسیته (g/cm ³)	مقاومت کششی (KN/m)	مقاومت به سوراخ شدگی (N)
پلی اتیلین فشرده*	۱/۵	۰/۹۴	۲۵	۴۸۰

* High Density Polyethylene(HDPE)

- مراحل اجرای پوشش ژئوممبران در کانال:

۱- طراحی کانال

در این مرحله با توجه به مقدار دبی، ابعاد و شکل مقطع

کانال تعیین می‌گردد

۲- انجام عملیات خاکی

در این مرحله با توجه به طراحی انجام شده اقدام به خاک‌برداری و یا خاک‌ریزی شده و برای اجرای پوشش ژئوممبران معمولاً شیب جانبی ۴۵ درجه در نظر گرفته می‌شود. بسته به نوع خاک ممکن است شیب تغییر نماید ولی با افزایش بیش‌ازحد شیب جانبی، از ورق ژئوممبران با ضخامت بالاتر استفاده می‌گردد.

۳- رگلاژ سطوح خاک‌برداری یا خاک‌ریزی شده

پس از انجام عملیات خاکی، نسبت به متراکم نمودن بستر کانال تا حدود ۹۰ درصد اقدام می‌گردد. کف و دیوارهای جانبی بایستی عاری از هرگونه سنگ و اجسام تیز باشد، لذا نسبت به حذف آن‌ها اقدام و یا از کاه‌گل و یا شفته‌آهک و یا یک لایه ژئوتکستایل با تراکم حجمی مناسب استفاده می‌گردد تا امکان آسیب اجسام نوک‌تیز بر ورق ژئوممبران وجود نداشته باشد.

۴- حفر ترانشه

جهت مهار ورق ژئوممبران ترانشه‌ای در دو طرف کانال و به فاصله ۵۰ تا ۷۰ سانتیمتر و عمق ۶۰ سانتیمتر حفر می‌گردد.

۵- اجرای ژئوتکستایل

در صورتی که بستر بعد از عملیات خاکی دارای سنگ و اجسام جامد و نوک‌تیز زیادی باشد، معمولاً قبل از ژئوممبران از یک لایه ژئوتکستایل استفاده می‌گردد. گاهی به جای ژئوتکستایل از شفته‌آهک و یا کاه‌گل استفاده می‌گردد.

۶- اجرای ورق ژئوممبران

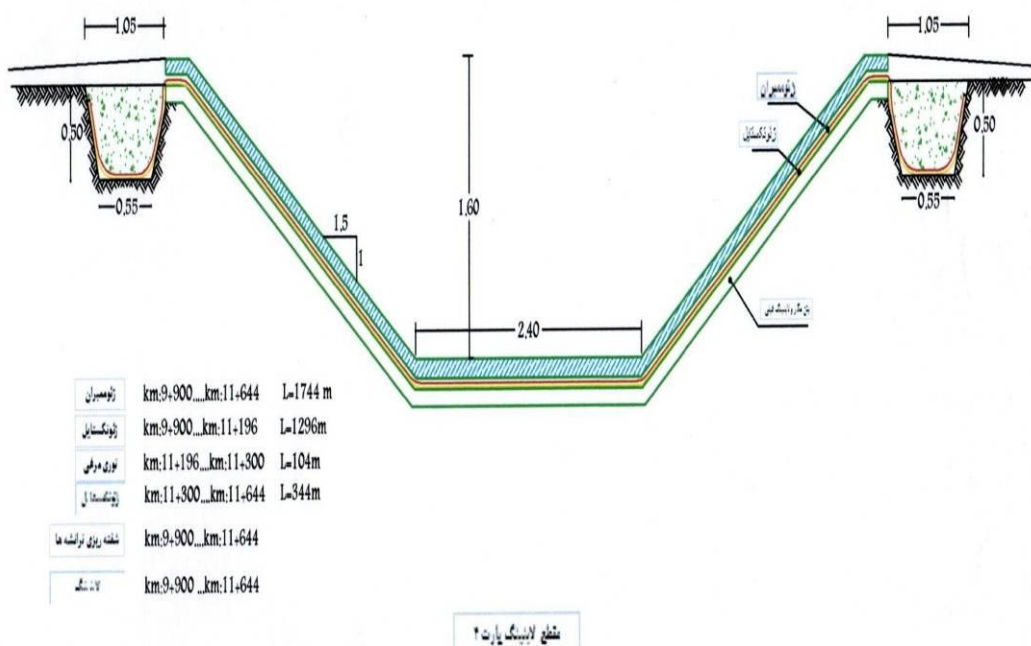
در این مرحله ابتدا رول‌های ژئوممبران در کنار لبه کانال چیده شده و سپس نسبت به پهن کردن و برش‌زدن اقدام می‌گردد. سپس عملیات دوخت ورقه‌ها به هم با استفاده از دستگاه اتوماتیک جوشکاری پلاستیک انجام می‌شود. نحوه کار دستگاه به‌گونه‌ای است که در هر مرحله جوشکاری دو خط جوش ایجاد می‌نماید تا اطمینان از فرایند جوشکاری ایجاد گردد. در گوشه‌ها و یا محل اتصال از عملیات جوشکاری دستی با دستگاه اکسترودر و یا سشوار هوای داغ استفاده می‌گردد. در هر جای کانال که نیاز به لوله‌گذاری باشد، بایستی از لوله پلی‌اتیلن استفاده گردد تا قابلیت اتصال به ورق ژئوممبران را داشته باشد.

بعد از تکمیل اجرای پوشش ژئوممبران، اقدام به آبیگری در چند مرحله می‌گردد. در شکل (۱) و (۲) مقطع واقعی کانال پوشش شده با ژئوممبران کانال نکوآباد و نقشه مقطع عرضی کانال پمپاژ ۳ مغان ارائه شده است.

۷- مهار ورق در ترانشه
در این مرحله لبه‌های ورق ژئوممبران در ترانشه قرار گرفته و با خاک مدفون می‌گردد.
۸- آبیگری



شکل ۱. محافظت از ژئوممبران با بتن‌ریزی در شبکه آبیاری نکوآباد اصفهان



شکل ۲. مقاطع لایه‌بندی ژئوممبران کانال پمپاژ ۳ در منطقه مغان

تعیین تلفات آب در پوشش ژئوممبران

اندازه‌گیری تلفات آب از منابع آب می‌تواند به روش حوضچه‌ای^۱ یا روش ورودی-خروجی^۲ انجام شود. تلفات آب در کانال‌های آبیاری شامل تلفات تبخیر و تلفات نشت^۳ از بستر و جداره مطابق رابطه (۱) می‌باشد. در این پژوهش با توجه به این‌که کانال‌های انتخاب‌شده در حال بهره‌برداری بودند، امکان استفاده از روش حوضچه‌ای نبوده و از روش ورودی-خروجی برای تعیین تلفات استفاده شد. مقدار کل تلفات در کانال‌های آبیاری شامل مقدار تلفات نشت از بستر و جداره‌ها و تلفات تبخیر مطابق رابطه (۱) می‌باشد.

$$T_{\text{loss}} = S + E \quad (\text{رابطه ۱})$$

که در آن: T_{loss} مقدار کل تلفات در کانال (لیتر بر ثانیه)، S مقدار تلفات نشت (لیتر بر ثانیه)، E مقدار تبخیر از سطح آزاد کانال (لیتر بر ثانیه) می‌باشد.

در شکل (۳) پارامترهای بیلان آب در طول کانال فرضی در روش ورودی-خروجی ارائه و معادله آن طبق رابطه (۲) که Akkuzu E. et al (2007) ارائه گردیده، می‌باشد.

$$S = Q_i - Q_o - E - D + I + R \quad (\text{رابطه ۲})$$

که در آن: Q_i = دبی ورودی به کانال، Q_o = دبی خروجی از کانال، D = مجموع دبی انشعابات مختلف در مسیر کانال، I = مجموع دبی‌های مختلف ورودی رواناب و فاضلاب در مسیر کانال و R = مقدار بارندگی احتمالی، همگی برحسب لیتر بر ثانیه می‌باشند.

برای تعیین دبی‌های ورودی و خروجی (Q_o و Q_i) در رابطه فوق، مقدار سرعت متوسط با میکرومولینه^۴ مدل آووت^۵ با دقت ۱٪ طبق روابط ۳ و ۴ اندازه‌گیری شد (Bahramloo et al. 2010).

$$\text{برای } 0.185523 < N < 0.7133 \quad (\text{رابطه ۳})$$

$$V = 0.2568 * N + 0.0450919$$

$$\text{و برای } 0.57133 < N < 11.7611 \quad (\text{رابطه ۴})$$

$$V = 0.248319 * N - 0.013544$$

در روابط ۳ و ۴: N تعداد دور پروانه میکرومولینه (دور در ثانیه) و V سرعت جریان (متر در ثانیه) می‌باشند.

برای تعیین مقادیر دبی‌های ورودی و خروجی کانال‌ها سطح مقطع جریان در آن نقاط با تعیین ابعاد، اندازه‌گیری شده

و در مقدار سرعت متوسط جریان، ضرب گردید. مقادیر دبی‌های انشعابی از کانال (D) و دبی‌های ورودی به کانال‌ها (I) که اغلب دارای مقاطع نامنظم هستند، با استفاده از دستگاه فلوم W.S.C^۶ تیپ ۳ یا ۴ که دارای دقت ۲/۵ درصد می‌باشند، قابل تعیین هستند (Bahramloo et al. 2013). در این پژوهش جهت افزایش دقت و جلوگیری از ورود خطاهای اندازه‌گیری مختلف، در کانال‌های مختلف سعی شد دوره‌ها و مقاطع اندازه‌گیری به‌گونه‌ای تنظیم گردد که آب انشعابی و وردی جانبی به مقطع کانال وجود نداشته و در حین آزمایش بارندگی نیز اتفاق نیفتد.

با داشتن پارامترهای فوق مقدار تلفات ناشی از نشت در کانال‌ها برحسب لیتر در ثانیه قابل تعیین بوده و سپس با داشتن طول و محیط خیس شده هر کانال، با برقراری بیلان جرم، مقدار تلفات نشت از بستر با رابطه ۵ محاسبه گردید.

$$AS_{\text{loss}} = 86.4 S_{\text{loss}} PL \quad (\text{رابطه ۵})$$

که در آن: AS_{loss} = تلفات نشت ($\text{m}^3/\text{m}^2/\text{day}$)، P = محیط خیس شده (m)، L = طول کانال (m)، S_{loss} = تلفات نشت (لیتر بر ثانیه).

بدین ترتیب مطابق بیلان جرم ارائه‌شده در رابطه (۵) مقادیر تلفات نشت در هر یک از کانال‌ها با طول و محیط خیس شده مشخص، محاسبه شده و حجم کل تلفات در یک هر یک از کانال‌های موردنظر تعیین گردید.

نتایج و بحث

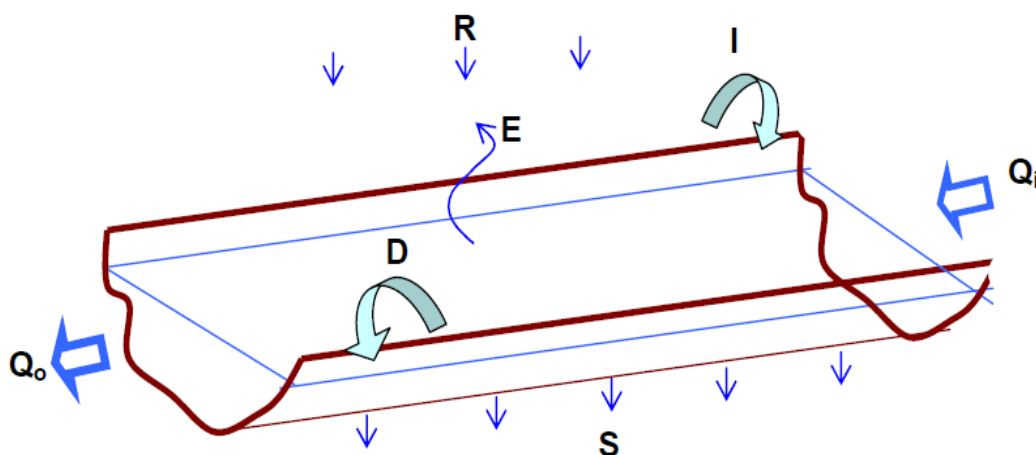
راندمان انتقال آب

در جدول (۳) مقادیر دبی ورودی-خروجی و راندمان انتقال آب در طول کانال و در طول واحد (هر کیلومتر) ارائه شده است. مطابق این جدول مقدار راندمان انتقال از ۹۶ تا ۹۹/۷ و به‌طور متوسط ۹۹/۱ درصد در کیلومتر (مقدار تلفات معادل ۰/۹ درصد در کیلومتر) می‌باشد. Bahramloo (2007) مقادیر راندمان انتقال را در کانال‌هایی با پوشش (خاکی)، بتنی و سنگ و ملات به ترتیب ۶۶/۶، ۷۱/۱ و ۹۴/۴ درصد در کیلومتر گزارش نمود. Fakhræi (2000) نتیجه‌گیری نمود که با اعمال مدیریت و خدمات نظارت در شبکه آبیاری دشت مغان، از سال ۱۳۷۲ تا ۱۳۷۸ راندمان انتقال آب از ۶۸ درصد به ۷۹/۲ درصد و راندمان توزیع از ۲۷/۷ درصد به ۲۹/۹ درصد افزایش یافته است. Mamanpoosh (2000) مقدار راندمان انتقال را در شبکه زاینده رود اصفهان ۷۲/۴ درصد گزارش نمود. با مقایسه نتایج تحقیقات

1. Ponding Method
2. Inflow- Outflow Methos
3. Seepage Losses
4. Small Current Meter
5. Micro- AOTT

گذشته به خصوص در مناطق مغان و اصفهان با نتایج حاضر می توان نتیجه گرفت که با اجرای پوشش ژئوممبران مقدار راندمان انتقال آب در مناطق اصفهان و مغان به ترتیب از ۷۲/۴ و ۷۹/۲ به ۹۹/۷ درصد (۲۷ و ۲۲ درصد افزایش راندمان انتقال) رسیده- اند. با بررسی نتایج محققین مختلف (Bahramloo, 2007)،

می توان نتیجه گرفت که متوسط راندمان انتقال در کانالهای آبیاری با پوشش بتنی در این مناطق حدود ۷۹ درصد بوده که با انجام پوشش ژئوممبران به ۹۹ درصد رسیده یعنی این راندمان حدود ۲۰ درصد افزایش یافته است.



شکل ۳. بیلان آب در طول انتخابی کانال برای روش ورودی-خروجی

جدول ۳. تلفات کل در کانالهای مورد ارزیابی

نام کانال	طول (متر)	میانگین دبی (لیتر بر ثانیه)		راندمان انتقال (درصد)	
		ورودی	خروجی	در طول کل	در هر کیلومتر
EC1	۱۳۵۰	۲۳۸۵	۲۳۷۴	۹۹/۵	۹۹/۷
EC2	۷۳۵	۲۱۱۸	۲۱۱۳	۹۹/۸	۹۹/۷
EC3	۵۶۵	۳۲۳۱	۳۲۲۴	۹۹/۸	۹۹/۶
EC4	۶۵۰	۳۲۸۹	۳۲۸۰	۹۹/۷	۹۹/۶
EC5	۴۸۰	۲۲۶۵	۲۲۶۱	۹۹/۸	۹۹/۶
KC	۳۰	۸۰	۷۹/۹	۹۹/۹	۹۶/۰
AC	۱۹۰۰	۱۳۳۵/۶	۱۳۲۸/۴	۹۹/۵	۹۹/۷
میانگین				۹۹/۷	۹۹/۱

Iqbal et al مقدار نشت را در کانالهای آبیاری ۱۱ حوضه آبریز در کانادا با طول عمر یکسان ۱/۵٪ (۱/۵) برابر نتیجه پژوهش حاضر) گزارش کردند. Napan et al (2009) مقدار تلفات را در شبکه آبیاری یوتا با پوشش بتنی در امریکا ۲٪ در کیلومتر (بیش از ۲ برابر نتایج پژوهش حاضر) تعیین نمودند. Kinzli et al (2010) مقدار تلفات را در کانالهای اصلی ۰/۶۴ درصد در کیلومتر و نزدیک به نتایج پژوهش حاضر گزارش نمودند. آنان این پارامتر را در کانالهای درجه ۲ و انهار آبیاری شبیه هم ۱/۹۳ و ۱/۸۴ درصد در کیلومتر یعنی حدود ۲ برابر متوسط تلفات در کانالهای مورد ارزیابی (۰/۹ درصد در کیلومتر) تعیین نمودند.

تلفات کل آب

نتایج تلفات انتقال آب در کانالها می تواند به سه صورت بیان شود. ۱- تلفات در واحد طول کانال (لیتر در ثانیه در کیلومتر)، ۲- برحسب درصدی از دبی ورودی (درصد در کیلومتر) و ۳- تلفات در واحد سطح خیس شده در واحد زمان (مترمکعب در مترمربع در شبانه روز). در جدول (۴) مقادیر تلفات کل در کانالهای مورد ارزیابی ارائه شده است. طبق این جدول مقدار تلفات در این کانالها بین ۳/۳ تا ۱۳/۸ و به طور متوسط ۸/۱ لیتر در ثانیه در کیلومتر می باشد. تلفات در هر یک کیلومتر طول این کانالها بین ۰/۲۸ تا ۴/۱۷ و به طور متوسط حدود ۰/۹ درصد می باشد. (2002)

جدول ۴. تلفات کل در کانال‌های مورد ارزیابی

تلفات کل (کیلومتر/درصد)	تلفات کل (لیتر در ثانیه)		میانگین دبی (لیتر بر ثانیه)		طول (متر)	نام کانال
	در هر کیلومتر	در طول کل	ورودی	خروجی		
۰/۳۴	۸/۱	۱۱	۲۳۷۴	۲۳۸۵	۱۳۵۰	EC1
۰/۳۲	۶/۸	۵	۲۱۱۳	۲۱۱۸	۷۳۵	EC2
۰/۳۸	۱۲/۴	۷	۳۲۲۴	۳۲۳۱	۵۶۵	EC3
۰/۴۲	۱۳/۸	۹	۳۲۸۰	۳۲۸۹	۶۵۰	EC4
۰/۳۷	۸/۳	۴	۲۲۶۱	۲۲۶۵	۴۸۰	EC5
۴/۱۷	۳/۳	۰/۱	۷۹/۹	۸۰	۳۰	KC
۰/۲۸	۳/۸	۷/۲	۱۳۲۸/۴	۱۳۳۵/۶	۱۹۰۰	AC
۰/۹۰	۸/۱	۶/۲				میانگین

تلفات تبخیر

در جدول (۵) مقدار تلفات تبخیر از کانال‌های مورد ارزیابی ارائه شده است. مطابق این جدول مقدار تبخیر آب از سطح کانال‌ها بین ۱/۴ تا ۶۴/۸ و به‌طور متوسط ۲۹/۲ مترمکعب در روز تعیین شده است. با توجه به اختلاف در مقادیر عمق تبخیر و سطح تبخیر (طول و عرض فوقانی کانال‌ها)، مقادیر تلفات تبخیر نیز دارای مقادیری مختلفی بوده است.

تلفات نشت از پوشش ژئوممبران

در جدول (۶) تلفات نشت از پوشش ژئوممبران کانال‌ها ارائه شده است. مطابق این جدول تلفات نشت از این کانال‌ها با پوشش ژئوممبران بین ۰/۰۳ تا ۰/۱۶ و به‌طور متوسط ۰/۰۸ مترمکعب در مترمربع در روز (۸۰ لیتر در روز در هر مترمربع) می‌باشد. با توجه به اینکه نوع مصالح استفاده‌شده در مناطق مختلف یکسان می‌باشد، اختلاف تلفات نشت در مناطق مختلف مربوط به اختلاف در کیفیت اجرا و یا مسائل ناشی از بهره‌برداری می‌باشد. (2013) Salmasi and Rashtbarzade در بررسی تأثیر کاربرد مواد ژئوسنتتیک در کاهش نشت از کانال‌های دشت مغان، نتیجه‌گیری نمود که با استفاده از ژئوممبران مقدار تلفات نشت در کانال‌های این دشت برابر ۹/۷ لیتر در روز از هر مترمربع گردیده و ۸۴ درصد نسبت به پوشش بتنی از مقدار تلفات کاسته شده است. (2010) Bahramloo et al مقدار تلفات از پوشش بتنی کانال‌های آبیاری استان همدان را ۱/۷۴ مترمکعب در مترمربع در روز گزارش نمودند که ۲۲ برابر بیشتر از نتایج تلفات نشت از پوشش ژئوممبران حاصل از این پژوهش می‌باشد. در جدول (۵) مقدار تلفات نشت در کانال‌های مورد ارزیابی بین ۳۳ تا ۱۵۷ و به‌طور متوسط ۸۲ میلی‌متر می‌باشد. (1993) Siddique et al روش‌های مختلف تعیین نشت را در

کانال چاشما در پاکستان را بررسی نموده و مقدار نشت در این کانال ۹/۷۶ تا ۱۱/۸۴ سانتیمتر در روز گزارش نمودند. (1994) Dukker et al تلفات نشت را در کانال گاگرا به روش ورودی-خروجی اندازه‌گیری نموده و دامنه وسیعی از تلفات را در اثر خطاهای اندازه‌گیری به دست آوردند. نتایج آن‌ها از ۳/۵۴ تا ۶۲/۰۴ سانتیمتر در روز متغیر بوده است. (2011) Bahramloo مقدار تلفات نشت از کانال‌های آبیاری با پوشش سنگ و ملات ماسه سیمان را ۰/۳۴ مترمکعب در مترمربع در روز و در حد ۲۰ درصد تلفات از پوشش بتنی گزارش نمود. این مقدار حدود ۴ برابر تلفات از پوشش ژئوممبران حاصل از این پژوهش می‌باشد. (2000) Fakhraei و (2000) Mamanpoosh مقدار تلفات آب در کانال‌های بتنی آبیاری در شبکه سمت راست نکوآباد را ۱/۸۶۶ مترمکعب در مترمربع در روز (حدود ۲۳ برابر تلفات متوسط نشت از پوشش ژئوممبران در این پژوهش) گزارش نمود. (2013) Bahramloo مقدار تلفات نشت در تعدادی از استخرهای با پوشش ژئوممبران نوع HDPE با ضخامت ۱/۵ میلی‌متری (مشابه مصالح به‌کاررفته در این پژوهش) در دشت فامنین همدان را ۰/۰۰۳ مترمکعب در مترمربع، یعنی حدود ۲۶۷ برابر کمتر از نتایج حاصل از میانگین پژوهش حاضر گزارش نمود. (Akkuzu et al 2007) مقدار تلفات آب در کانال‌های اصلی، درجه ۲ و درجه ۳ دوزنقه‌ای و درجه ۳ فلوم بتنی در ترکیه را به ترتیب ۱/۲۲، ۵/۳۱، ۹۴/۹، ۵/۱۷ مترمکعب در مترمربع در روز تعیین نمودند. در شکل (۴) رابطه مقدار تلفات کل و تلفات نشت در کانال‌ها با مقدار دبی جریان در آن‌ها ارائه شده است. مطابق این شکل با ضریب همبستگی بالایی بین مقدار تلفات آب در هر کیلومتر و مقدار دبی کانال رابطه مستقیم درجه ۲ برقرار بوده و با افزایش مقدار دبی، مقدار تلفات افزایش می‌یابد. با افزایش

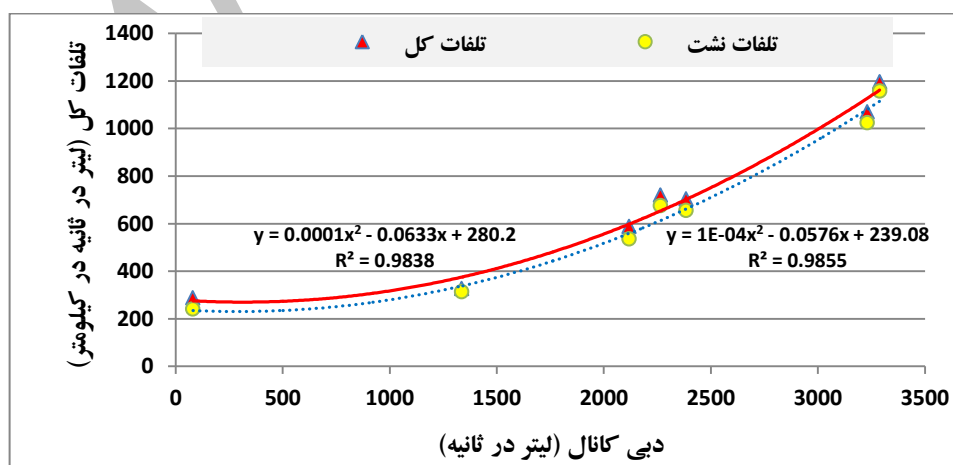
دبی، مقدار عمق جریان، محیط خیس شده و سطح نشت افزایش یافته و این موضوع منجر به افزایش فشار هیدرواستاتیک در بستر و افزایش فرصت نشت (با افزایش سطح نشت) و در نتیجه افزایش تلفات شده است.

جدول ۵. مقادیر تلفات تبخیر از سطح آب در کانالها

نام کانال	طول کانال (متر)	عرض فوقانی (متر)	سطح تبخیر (مترمربع)	مقدار تبخیر در روز	
				میلی متر	مترمکعب
EC1	۱۳۵۰	۶/۰	۸۱۰۰	۸	۶۴/۸
EC2	۷۳۵	۶/۵	۴۷۷۷	۸	۳۸/۲
EC3	۵۶۵	۵/۸	۳۲۷۷	۸	۲۶/۲
EC4	۶۵۰	۴/۹	۳۱۸۵	۸	۲۵/۵
EC5	۴۸۰	۵/۶	۲۶۸۸	۸	۲۱/۵
KC	۳۰	۴/۹	۱۴۷	۹/۵	۱/۴
AC	۱۹۰۰	۳/۵	۶۶۵۰	۴	۲۶/۶
میانگین	۸۱۶	۵/۳	۴۱۱۸	۸	۲۹/۲

جدول ۶. اشکال مختلف تلفات نشت

نام کانال	سطح نشت (مترمربع)	تلفات نشت در روز		
		مترمکعب	مترمکعب در مترمکعب	میلی متر
EC1	۱۲۱۵۰	۸۸۵/۶	۰/۰۷	۷۳
EC2	۷۱۶۶	۳۹۳/۸	۰/۰۵	۵۵
EC3	۴۹۱۵	۵۷۸/۶	۰/۱۲	۱۱۸
EC4	۴۷۷۷	۷۵۲/۱	۰/۱۶	۱۵۷
EC5	۴۰۳۲	۳۲۴/۱	۰/۰۸	۸۰
KC	۲۲۰	۷/۲	۰/۰۳	۳۳
AC	۹۹۷۵	۵۹۵/۵	۰/۰۶	۶۰
میانگین	۶۱۷۶	۵۰۵/۳	۰/۰۸	۸۲



شکل ۴. رابطه بین دبی جریان و تلفات آب در کانالهای مورد ارزیابی

نسبت تلفات نشت و تبخیر همان گونه که در جدول (۷) مشخص است، حدود ۹۲/۹ درصد در اثر نشت بوده و ۷/۱ درصد تلفات در اثر تبخیر می باشد.

کل تلفات از کانالهای آبیاری با پوشش ژئومیران مورد ارزیابی در اثر نشت بوده و ۷/۱ درصد تلفات در اثر تبخیر می باشد.

کل تلفات از ۹۹/۶ درصد به ۹۲/۹ درصد کاهش یافته است. همچنین نتایج تحقیقات Bahramloo (2011) در خصوص تلفات از پوشش سنگی در کانال‌های آبیاری بیانگر این است که ۹۸٪ تلفات در اثر نشت از این نوع پوشش سنگی می‌باشد.

Bahramloo et al (2010) نشان دادند که در کانال‌های آبیاری پوشش بتنی در مناطق سردسیر در استان همدان عمده تلفات از طریق نشت بوده (۹۹/۶ درصد) و تلفات تبخیر تنها ۰/۴ درصد از تلفات می‌باشد. بدین ترتیب ملاحظه می‌گردد که با جایگزینی پوشش ژئوممبران به جای بتن، تلفات نشت نسبت به

جدول ۶. اجزاء تلفات روزانه در هر کیلومتر از طول کانال‌ها

نام کانال	تلفات کل		تلفات تبخیر		تلفات نشت	
	درصد	(مترمکعب)	درصد	(مترمکعب)	درصد	(مترمکعب)
EC1	۱۰۰	۷۰۴/۰	۶/۸	۴۸/۰	۹۳/۲	۶۵۶/۰
EC2	۱۰۰	۵۸۷/۸	۸/۸	۵۲/۰	۹۱/۲	۵۳۵/۸
EC3	۱۰۰	۱۰۷۰/۴	۴/۳	۴۶/۴	۹۵/۷	۱۰۲۴/۰
EC4	۱۰۰	۱۱۹۶/۳	۳/۳	۳۹/۲	۹۶/۷	۱۱۵۷/۱
EC5	۱۰۰	۷۲۰/۰	۶/۲	۴۴/۸	۹۳/۸	۶۷۵/۲
KC	۱۰۰	۲۸۸/۰	۱۶/۲	۴۶/۶	۸۳/۸	۲۴۱/۴
AC	۱۰۰	۳۲۷/۴	۴/۳	۱۴/۰	۹۵/۷	۳۱۳/۴
میانگین	۱۰۰	۶۹۹/۲	۷/۱	۴۱/۶	۹۲/۹	۶۵۷/۶

نتیجه‌گیری

پوشش ژئوممبران دارای یک‌سوم هزینه پوشش بتنی می‌باشد. مقدار تلفات کل در کانال‌ها بین ۳/۳ تا ۱۳/۸ و به‌طور متوسط ۸/۱ لیتر در ثانیه در کیلومتر تعیین گردید. از تلفات کل بین ۳/۳ (زاینده‌رود اصفهان) تا ۱۶/۲ (کرمان) و به‌طور متوسط ۷/۱ درصد در اثر تبخیر بوده و مابقی تلفات در اثر نشت از پوشش ژئوممبران بوده است. مقدار تلفات نشت در کانال‌های مورد ارزیابی بین ۰/۳ تا ۰/۸ (در دشت کرمان) تا ۰/۱۶ (در دشت زاینده‌رود کانال EC4) و به‌طور متوسط ۰/۰۸ مترمکعب در مترمربع در روز (۲۲ برابر کمتر از پوشش بتنی) تعیین گردید. بین مقدار دبی در کانال و تلفات آب رابطه مستقیم درجه ۲ با ضریب همبستگی مناسب برقرار است. در کل نتایج این پژوهش تأثیر قابل توجه کاربرد پوشش ژئوممبران در کنترل تلفات نشت آب از کانال‌های مورد ارزیابی و برتری آن از جنبه فنی کنترل نشت نسبت به پوشش رایج بتنی را نشان داد.

در این پژوهش مقدار تلفات آب در ۷ مورد از کانال‌های انتقال آب در دشت‌های زاینده‌رود، کرمان و مغان، با پوشش ژئوممبران با مشخصات فنی یکسان از نوع HDPE و طول عمر یکسان، مورد ارزیابی قرار گرفته است. برای این منظور میزان تلفات کل آب در استخرها به روش ورودی-خروجی تعیین گردید. هم‌زمان مقدار تبخیر با استفاده از تشتک تبخیر نصب‌شده در مجاورت لبه کانال‌ها تعیین و برای محاسبه تلفات نشت، مقدار تلفات تبخیر از تلفات کل کسر گردید. بر اساس مجموع بررسی‌ها و نتایج حاصل از اندازه‌گیری‌ها، می‌توان نتیجه‌گیری نمود که: مقادیر راندمان انتقال آب در این کانال‌ها بین ۹۵/۹ تا ۹۹/۷ و به‌طور متوسط ۹۹/۱ درصد می‌باشد. کانال‌های آبیاری با پوشش ژئوممبران با راندمان انتقال (۹۹٪) نسبت به پوشش بتنی (۷۹٪) از ۲۰٪ راندمان انتقال بالاتری برخوردار است. تحقیقات گذشته Bahramloo (2013) و Abbasi (2011) بیانگر این است که از جنبه اقتصادی نیز

REFERENCES

- Abbasi, N. (2011). The Role of Anions in the Dispersion Potential of Clayey Soil. *Journal of agricultural engineering research*. 12 (3), 15-30.
- Akkuzu, E. (2012). Usefulness of Empirical Equations in Assessing Canal Losses through Seepage in Concrete-Lined Canal. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*. ASCE. Vol. 138, No. 5.
- Akkuzu, E., Unal, H.B., Karatas, B.S. (2007). Determination of water conveyance loss in the Menemen Open Canal Irrigation Network. *Turk J Agric For*. 31,11-22.
- Alam, M.M. and Bhutta, M.N. (2004). Comparative evaluation of canal seepage investigation techniques. *Agricultural water manafement*. No. 66. , 65-76.
- Bahramloo, R. (2011). Evaluation of Seepage losses

- in Ston-lined irrigation Canals in cold climates and its effect on Saving Water Resources (case study of Hamedan province). *Iranian Water Research Journal*. 5 (9), P. 141-150. (In Farsi).
- Bahramloo, R. (2013). Technical & Economical Assessment of Geosynthetic Lining of Canals and Reservoirs (Case study in Hamedan). *Iranian Agricultural Engineering Research Institute (IAERI)*. No. 43813/63. (In Farsi).
- Bahramloo, R., Movahhedan, M. and Abbasi, N. (2010). Evaluation of Seepage in Concrete-lined Small irrigation Canals in cold climates and its effect on Saving Water Resources (case study of Hamedan province). *Iranian Journal of Irrigation and Drainage*. No. 1, Vol. 5, 81-91. (In Farsi).
- Bahramloo, R., Abbasi, N., Movahhedan, M., Ghadami-Firoozabadi, A., Maman-poush, M., Mousavi-Fazl, S.H. and Salamati, N. (2017). Effect of Execution and Operation Issues on the Efficiency of Geomembrane Lining in Control of Water Seepage (Case studies in Isfahan, Hamedan, Khuzestan, Semnan, Alborz Provinces). *Irrigation and Drainage Structures Engineering Research*, 18(69), 123-134 (In Farsi).
- Fakhræi, S. F. (2000). Effect of supervision and management in efficiency of operation and maintenance in Moghan irrigation and drainage network. 10th national conference of *IRNCID*. P.203-212. Tehran. Iran.
- Firouzi, O. and Najdi, M. H. (2011). Lining of Irrigation canals using prefabricated bituminous geomembrane (PBGm), Case study: Arayez irrigation and drainage project- Khuzestan. Iran. *ICID 21th International Congress on Irrigation and Drainage*. P:217-230. Tehran, Iran.
- Iqbal, Z., Maclean, R.T., Taylor, B.D., Hecker, F.J. and Bennett, D.R. (2002). Seepage losses from irrigation canals in southern Alberta. *Canada biosystem engineering*. (44):121- 127.
- Ivy, D. and Narejo, D. (2003). Canal lining with HDPE. *GFR*. 21(5), (1-4).
- Kinzi, K.D., Martinez, M., Oad, R., Prior, A. and Gensler, D. (2010). Using an ADCP to determine canal seepage loss in an irrigation district. *Agricultural Water Management*. 97. 801-810.
- Mansori kiya, M. and Shahrokh niya, B. (2007). Physical and chemical quality control tests necessary for the application of geosynthetic insulation in irrigation canals and drainage. 1th *Conference Irrigation and Drainage*. May 12-14. Ahvaz. (In Farsi).
- Marwaa, H. M. and Omran I. M. (2016). Compared between the Measured Seepage Losses and Estimation and Evaluated the Conveyance Efficiency for Part of the Hilla Main Canal and Three Distributary Canals (HC 4R, HC 5R and HC 6R) of Hilla-Kifil Irrigation Project. *Civil and Environmental Research*. 8(2)
- Movahhedan, M. Mamanpoush, A.R. and Abbasi, N. (2011). Assessment of the amount of water leakage from canals and water storage pools with cover, geosynthetic. 2th *national seminar irrigation and drainage*. 23 May. Karaj. (In Farsi).
- Movahhedan, M. and Abbasi, N. (2014). geosynthetic technical evaluation of economic performance coatings in the canals and water reservoirs Alborz Province. *Report Research Institute of Agricultural Engineering*. (in Farsi).
- Napan, K.M., Merkley, G.P. and Neale, C.M.U. (2009). Seepage Evaluations in Cache Valley Irrigation Canals. In: *Proc. Fifth International Conference on Irrigation and Drainage*. USCID, Salt Lake City, UT.
- Rahimi, H. and Qobadinia, M. (2008). Application of geosynthetics in irrigation and drainage. *National Committee of Irrigation and Drainage*. 126 p. (In Farsi).
- Rahimi H. Abbasi N. and Shantia, H. (2011). Application of geomembrane to control piping of sandy soil under concrete canal lining (case study for Moghan irrigation network). *Journal of Irrigation and Drainage*. 60(3). , 330-337.
- Salmasi, F. and Rashtbarzadeh, E. (2013). Assessment of geo-synthetic materials application in reducing seepage in Moghan irrigation network. *Iranian Journal of Water & Environment Engineering*. 1(2).p.27-34.
- Scheirs, J. (2009). A Guide to Polymeric Geomembranes: A Practical Approach. John Wiley. UK. 596 p.
- Shahrokh niya, B. (2014). Technical and economic assessment of water leaks in irrigation canals of Darab. *Report Research Institute of Agricultural Engineering*. (In Farsi).
- Singh, B. and Singh, K.K. (2014). Comparison of Seepage and Evaporation Losses of Field Data Analysis with Analytical Approach Analysis- A Study of Narwana Branch Canal, Kurukshetra. *International Journal of Enhanced Research in Science Technology & Engineering*. 3(7), 204-209.
- Skogerboe, G.V., Aslam, M., Khan, M.A., Mehmood, K., Mehmood, S. and Khan, A.H. (1999). Inflow-outflow Channel Losses and Canal Lining Cost-effectiveness in the Fordwah Eastern Sadiqia Project. Report No. R-85. *International Water Management Institute, Lahore, June*. , 3-8.
- USBR. (2002). Canal-lining demonstration project year 10 final report, R-02-03, 230p