

## تحلیل صحرایی عملکرد لایه‌ی ژئوممبران در کاهش نشت آب از کانال‌های شبکه آبیاری مغان

کرامت اخوان\*<sup>۱</sup>، میلاد خیری<sup>۲</sup>، مجید مردپور<sup>۳</sup>، فرهود کلاته<sup>۴</sup>

۱ استادیار پژوهشی بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی اردبیل (مغان)، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، اردبیل، ایران.  
۲ دانش آموخته‌ی دکتری عمران - آب و سازه‌های هیدرولیکی، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.  
۳ دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی نقشه برداری - سامانه اطلاعات مکانی، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران، ایران.  
۴ دانشیار گروه آب، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.  
تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۴/۰۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۷/۰۷

### چکیده

کنترل تلفات نشت از کانال‌ها و مخازن ذخیره آب به منظور حفاظت از منابع محدود آب کشور ضروری است. برای کنترل نشت، تاکنون روش‌های متعددی به کار گرفته شده است و امروزه استفاده از پوشش‌های ژئوسنتتیک، مانند ورقه‌های ژئوممبران، مورد توجه قرار گرفته است. در این تحقیق، مشکلات موجود در مراحل مختلف طراحی و اجرای پوشش ژئوممبران در کانال‌ها در شبکه آبیاری مغان بررسی شده است. میزان نشت از این نوع پوشش در شرایط مختلف با استفاده از روش ورودی-خروجی بررسی گردید. در تحقیق حاضر، از بین کانال‌های اجرا شده با پوشش‌های ژئوسنتتیک در شبکه آبیاری مغان، کانال پمپاژ ۳ مغان با توجه به اهمیت و ویژگی‌های فنی انتخاب و روی آن از نظر ویژگی‌های هیدرولیکی، کنترل نشت، کارایی و مسائل اجرایی بررسی صحرایی گردید. بر اساس نتایج آزمایش‌ها، میزان متوسط نشت آب در طول بازه کانال ۴۶/۸۶ لیتر در روز در مترمربع به دست آمد و بر اساس بازده‌های صحرایی، رسوب و تخریب در کانال مشاهده نشد. این میزان نشت، در مقایسه با دیگر پوشش‌های ژئوسنتتیک مطالعه شده در دیگر نقاط برای کانال‌های پوشش شده با پلی اتیلن کم چگالی به ضخامت ۲/۵ میلی‌متر (۱۴ تا ۶۹ لیتر در روز در هر مترمربع)، در حد متوسط قرار دارد.

**واژه‌های کلیدی:** پوشش ژئوسنتتیک، تراوش، شبکه آبیاری مغان، عملکرد هیدرولیکی، کانال خاکی.

### مقدمه

برخوردار هستند. (Kheiry and Pilpayeh, 2019; 2020; Kalateh and Kheiry, 2024; 2023; Kalateh et al., 2022; 2024; Chopan et al., 2020).

تمرکز اصلی در تحقیق حاضر بر روی تلفات نشت در کانال‌های آبیاری است. بر اساس تحقیقات USBR (1976; 2002)، کانال‌های پوشش نشده تا ۵۰ درصد آب انتقالی خود را از طریق نشت از دست می‌دهند (Ivy and Narejo, 2003). یکی از عوامل مهم در استفاده بهینه از منابع آب و خاک، استفاده از کانال‌ها با پوشش‌های مناسب است تا انتقال و توزیع آب از محل منابع به محل مصارف به طریقی مطمئن

گرم شدن زمین، افزایش ریسک کم آبی به دلیل رشد روزافزون جمعیت و رشد تقاضا در حال حاضر چالشی بزرگ برای سیستم‌های ذخیره آب ایجاد کرده‌اند که دقت در عملکرد سازه‌های هیدرولیکی از ضروریات عصر کنونی است (Akhavan et al., 2019; 2021; 2023a; 2023b). سازه‌های آبی مانند کانال‌های آبیاری، سدها، تل‌های خاکی و سرریزها با توجه به افزایش روزافزون مصرف آب و محدودیت منابع آبی موجود، حفظ آب و کاهش تلفات آن، به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک، از اهمیت ویژه‌ای

بدون آسیب‌دیدگی عملاً در برابر جریان سیالات نفوذناپذیر محسوب می‌شود (Weber, 2008). برای نمونه، نفوذپذیری ژئوممبران‌های پی وی سی و اچ دی پی به ترتیب در محدوده  $10-15 \text{ Cm/s}$  و  $10-12 \text{ Cm/s}$  قرار دارد (Scheirs, 2009) که این مقادیر به طور معنی‌داری از هدایت هیدرولیکی بیشتر خاک‌ها کمتر است (Koerner, 1998) و نفوذپذیری  $\text{Cm/s}$   $9-10$  برای بتن تخریب نشده (Aldea et al., 1999)، حداقل  $1000$  بار از نفوذپذیری متوسط بتن کمتر است.

کانال اصلی مغان شاه‌رگ اصلی تأمین آب شرب و کشاورزی منطقه مغان است و هرگونه خللی در عملکرد آن تأثیری مستقیم بر آبیاری مزارع خصوصی و دولتی آن منطقه دارد. در تحقیقات پیشین، عملکرد هیدرولیکی کانال‌ها بدون توجه به تأثیر پوشش‌های ژئوممبران تعیین شده بود که در تحقیق حاضر تمرکز اصلی روی اثرهای مثبت این پوشش‌ها در شبکه است. در تحقیق حاضر دو هدف موردنظر است: الف) برآورد میزان نشت در کانال‌های شبکه آبیاری مغان به روش صحرایی. ب) بررسی مشکلات فنی موجود در این پروژه.

### مواد و روش‌ها

در تحقیق حاضر ارزیابی کارایی مواد ژئوسنتتیک در پوشش کانال‌های انتقال آب آبیاری در دشت مغان مدنظر است و از این‌رو تلاش شده با بررسی‌های صحرایی عملکرد در کاهش نشت این مواد ارزیابی شود.

### مشخصات شبکه آبیاری و زهکشی مغان

شبکه آبیاری و زهکشی مغان با هدف تأمین آب موردنیاز  $90$  هزار هکتار زمین‌های پایین‌دست دشت مغان احداث شده است. در حال حاضر این شبکه آب موردنیاز اراضی به وسعت حدود  $64000$  هکتار از زمین‌های خالص شرکت‌های کشت و صنعت مغان و پارس و بخش خصوصی را تأمین می‌کند که در شکل (۱) نمای کلی آن دیده می‌شود. کانال اصلی شبکه به طول  $176$  کیلومتر و با ظرفیت  $80$  مترمکعب

صورت گیرد. در این حالت، پوشش کانال‌ها و مخازن می‌تواند در بهبود بهره‌وری آب مؤثر باشد (Schultz & De Wrachien, 2002)؛ بنابراین، پوشش کانال در شبکه‌های آبیاری اهمیت ویژه‌ای دارد. شواهد نشان می‌دهند که روش‌های مرسوم استفاده از پوشش‌های سخت به منظور کاهش نشت از کانال‌های آبیاری کارایی مورد انتظار را ندارند و در اغلب موارد نیز مشکلات زهکشی به دلیل تلفات نشت از کانال‌های موجود تشدید می‌شود (Rahimi et al., 2007).

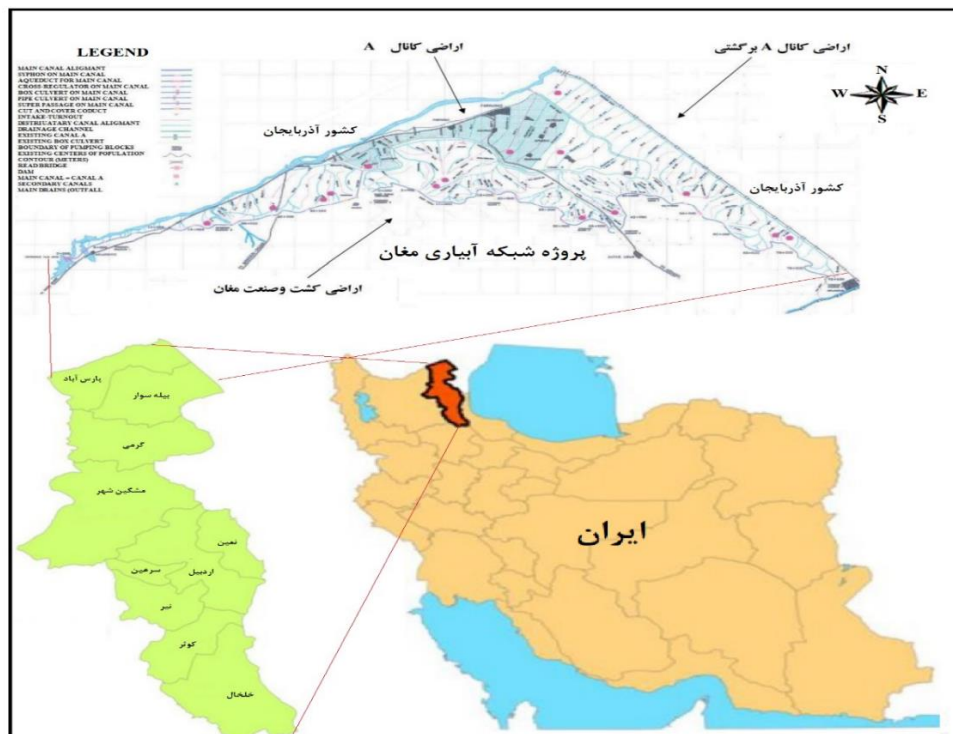
روش‌های سنتی اجرای کانال‌ها اعم از پوشش رسی متراکم یا بتن نفوذناپذیر، قابل اجرا روی انواع خاک‌هایی مانند خاک‌های گچی، ماسه‌ای، رمبنده، واگرا و... نیستند و به همین دلیل هزینه‌های سنگین تعویض خاک را به پروژه تحمیل می‌کنند. پوشش‌های رسی متراکم یا بتن نفوذناپذیر ممکن است بر اثر عوامل محیطی تخریب شوند و هزینه‌های تعمیر و نگهداری را در دوره بهره‌برداری از سیستم به همراه داشته باشند؛ بنابراین، نوعی خاص از مصالح را برای پوشش کانال خاص نمی‌توان برای همه شرایط پیشنهاد کرد (Snell, 2001). یکی از گزینه‌های ممکن، استفاده از موادی در پوشش کانال‌هاست که ضمن ارزان بودن، ساده بودن تهیه و حمل آن‌ها و آسان بودن دسترسی به آن‌ها و کاربردشان، عملکرد بالایی از نظر کنترل نشت داشته باشند و از دوام مناسبی نیز برخوردار باشند. از موادی که اخیراً در پوشش کانال‌ها و مخازن و استخرهای آب استفاده می‌شوند مواد ژئوسنتتیک هستند. ژئوسنتتیک‌ها آن بخش از مواد ساختمانی ابداع شده هستند که توسط صنایع نساجی و پتروشیمی تولید می‌شوند (Rahimi et al., 2007).

ژئوممبران‌ها یکی از انواع ژئوسنتتیک‌ها هستند که به دلیل طبیعت پلیمری خود (نفوذپذیری اندک، مقاومت شیمیایی بالا در مقابل هیدروکربن‌های غلیظ و کرنش‌پذیری در مقابل تنش‌ها) کاربردهای گسترده‌ای در سازه‌های کنترل جریان در کشورهای توسعه یافته پیدا کرده‌اند (Mahdavi Mortazavi and Jafari, 2006). ژئوممبران دست نخورده و

در ثانیه است. کانال اصلی به صورت خاکی و بدون پوشش است و در سال های اخیر در راستای اجرای طرح های بهسازی عملیات پوشش کانال های درجه ۲ و ۳ آغاز گردیده است که در حال حاضر تقریباً تمام کانال های درجه ۲ دارای پوشش هستند. بخش زیادی از کانال های درجه ۳ (۴۲۰۰۰ هکتار) با استفاده از کانال های پیش ساخته بتنی (کانالت) بهسازی شده است. یعنی نزدیک به نصف زمین های زیر شبکه آبیاری مغان (۹۰۴۰۰ هکتار) با کانال های پیش ساخته (کانالت) تجهیز شده است.

کانال های اصلی شبکه آبیاری مغان از سد انحرافی با چهار دریچه قوسی با حداکثر دبی ۸۰ مترمکعب بر ثانیه در گشودگی صد درصد تغذیه می شود. این کانال که به عنوان کانال مادر عمل می کند خاکی است و پس از مشروب کردن زمین های مسیر به طول ۳۵ کیلومتر، به دریچه رسوب گیر

می ریزد. از دریاچه مجدداً کانال اصلی ادامه مسیر می دهد و مسافتی نزدیک به ۷۹ کیلومتر را می پیماید و در نهایت در جنوب زمین های بابک و بيله سوار خاتمه می یابد (شکل ۱). مجموع طول کانال اصلی قبل و بعد از دریاچه ۱۱۴ کیلومتر است. ابعاد کانال مذکور در ابتدا با عرض کف ۱۶ متر و ظرفیت ۸۰ مترمکعب در ثانیه است که تدریجاً و پس از طی مسافت ۳۵ کیلومتر، در محل دریاچه رسوب گیر مغان به عرض کف ۱۳/۵ متر و ظرفیت ۷۰/۷ مترمکعب در ثانیه می رسد. متعاقباً پس از ترسیب نسبی مواد، کانال با عرض کف ۱۳/۲۵ متر و دبی ۴۵ مترمکعب در ثانیه شروع و در منطقه بيله سوار به عرض کف ۳ متر و دبی ۲/۸ مترمکعب در ثانیه آب را برای تغذیه آخرین کانال درجه ۲ هدایت می کند (Akhavan, 2012). در جدول (۱)، طول هر یک از کانال های شبکه آبیاری مغان نگاشته شده است.



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه و نقشه شبکه آبیاری و زهکشی مغان

Fig. 1- The location of the field study area and Moghan irrigation network map.

جدول ۱- مشخصات کلی شبکه آبیاری و زهکشی مغان (Akhavan, 2012).

Table 1- General characteristics of Moghan irrigation and drainage network (Akhavan, 2012).

مجموع Total	شبکه‌های احداث شده Established networks			کانال‌های مورد بهره‌برداری Channels under use
	شبکه بزرگ Big network	شبکه A Network A	شبکه T Network T	
۹۰۴۰۶	۷۲۰۰۰	۱۴۳۸۰	۴۰۲۶	اراضی ناخالص زیر شبکه (هکتار) Gross Area Under the Network (ha)
۸۰	۵۶	۲۴	۳	حداکثر ظرفیت آب‌بری (مترمکعب بر ثانیه) Maximum Water Conveyance Capacity (m <sup>3</sup> /s)
۱۷۴/۴۹	۱۱۴	۶۰/۴۹	-	طول کانال‌های اصلی (کیلومتر) Length of Main Canals (Km)
۳۵۸/۸۴۵	۲۴۳/۰۸۵	۱۱۵/۷۶	-	طول کانال‌های درجه ۲ (کیلومتر) Length of Secondary Canals (Km)
۱۳۵۲	۷۰۰	۵۷۲/۸۹۸	۷۹/۳۱۴	طول کانال‌های درجه ۳ (کیلومتر) Length of Tertiary Canals (Km)
۴۱۷/۹۹۰	۳۵۵	۴۶/۰۳۲	۱۶/۸۷۸	طول زهکش اصلی (کیلومتر) Length of Main Drainage (Km)
۱۲۴۶	۶۴۱	۶۰۵	-	مجموع دریچه‌های آبگیر (عدد) Total Number of Water Intake Structures (count)

پیش از ورود آب کانال اصلی به دریاچه، یک‌رشته کانال اصلی به نام A از آن منشعب می‌شود که پس از طی ۳۹ کیلومتر و مشروب کردن مسیر، مجدداً ادامه می‌یابد که ادامه آن را از این نقطه (کیلومتر ۳۹) به نام کانال A برگشتی می‌نامند؛ طول این کانال ۲۱ کیلومتر است. بنابراین، مجموع طول کانال‌های A و A برگشتی بالغ بر ۶۰ کیلومتر است. خلاصه وضعیت کانال‌های اصلی شبکه آبیاری مغان در جدول (۲) نشان داده شده است (Akhavan, 2012).

در شبکه وسیع آبیاری مغان علاوه بر شبکه کانال‌های اصلی خاکی که وسعتی معادل ۹۰ هزار هکتار (ناخالص) را پوشش می‌دهند، حدود ۳۵۸/۷ کیلومتر کانال درجه ۲ و ۴۱۷/۹ کیلومتر زهکش درجه ۱ و ۲ شبکه اجرا شده است. طول کانال‌های درجه ۲ و کانال‌های اصلی، تعداد دریچه‌های آبیاری، طول جاده سرویس و طول زهکش‌های واقع شده در مناطق چهارگانه و همچنین کانال‌های شبکه در جدول (۲) و (۳) آورده شده است (Akhavan, 2012).

جدول ۲- وضعیت کانال‌های اصلی شبکه آبیاری و زهکشی مغان (Akhavan, 2012).

Table 2- The condition of the main canals of Moghan irrigation and drainage network (Akhavan, 2012).

تعداد دریچه‌های آبیاری Number of Irrigation Gates	تعداد کانال‌های درجه ۲ Number of Secondary Canals	نوع پوشش Type of Lining	دبی (مترمکعب بر ثانیه) Discharge (m <sup>3</sup> /s)	طول (متر) Length (m)	محل انشعاب Branch Location	کانال Canal
۴	۵	خاکی Earthen	۸۰	۳۵	سد انحرافی Diversion Dam	کانال اصلی شبکه Main Network Canal
۳۴	۲۴	خاکی Earthen	۴۰	۷۹	دریاچه Lake	کانال اصلی بعد از دریاچه Main Canal After the Lake
۲۹	۷	خاکی Earthen	۲۴	۳۹	کانال اصلی شبکه Main Network Canal	کانال A Canal A
۱۵	۷	خاکی Earthen	-	۲۱	کانال A Canal A	کانال A برگشتی Backward Canal A
۸۲	۴۳	-	-	۱۷۴	-	جمع Total

جدول ۳- ویژگی های کانال های درجه ۲ و دیگر تأسیسات شبکه آبیاری و زهکشی مغان (Akhavan, 2012).

Table 3- Characteristics of 2<sup>nd</sup> grade canals and other facilities of Moghan irrigation and drainage network (Akhavan, 2012).

تعداد دریاچه ها Number of Gates	طول زهکش های اصلی و فرعی (کیلومتر) Length of Main and Secondary Drains (Km)	طول جاده های سرویس (کیلومتر) Length of Service Roads (Km)	مجموع طول کانال ها (کیلومتر) Total Length of Canals (Km)	طول کانال های درجه ۲ (کیلومتر) Length of Secondary Canals (Km)	طول کانال های اصلی (کیلومتر) Length of Main Canals (Km)	مناطق چهارگانه Four Regions
۱۷۱	۴۵	۱۲۰/۲۵	۹۹/۵	۶۴/۵	۳۵	اصلاندوز Aslanduz
۲۰۰	۸۶/۷	۲۲۶/۱	۱۳۲/۵	۹۵/۵	۳۷	شهرک Shahrak
۶۰۵	۱۶۱/۹	۳۵۱/۱	۱۷۵/۷	۱۱۵/۷	۶۰	پارس آباد Parsabad
۲۷۰	۱۲۳/۸۱	۲۲۵/۷	۱۲۵	۸۳	۴۲	بیله سوار Bilasavar
۱۲۴۶	۴۱۷/۹۱	۸۸۷/۱۵	۵۳۲/۷	۳۵۸/۷	۱۷۴	جمع Total

تخریب شده بود (شکل ۲)، اصلاح و ترمیم شد. بعد از کمتر از ۲ سال از بهره برداری از کانال، تخریب های شدیدی بار دیگر در مقاطع اصلاح شده به وجود آمد. ضمن برداشت خاک بستر تخریب شده، آب اندازی و غرقاب کردن بستر، آب بندی کانال با استفاده از ژئوممبران و ژئوتکتایل به اجرا درآمد و سرانجام با لاینینگ، کانال با بتن پوشش داده شد (شکل ۳ و ۴). در این تحقیق با انتخاب یک بازه ۹۰۰ متری از کانال که با مواد ژئوممبران آب بندی و ترمیم شده است تمام مراحل آزمایش و بررسی در این مقطع اجرا گردید.

این تحقیق در کانال پمپاژ ۳ مغان اجرا شد که بعد از دریاچه احداث گردیده است و از طریق پمپاژ از شبکه آبیاری می کند. این کانال به طول ۲۸ کیلومتر و با ظرفیت ۳/۲ مترمکعب بر ثانیه برای آبیاری ۳۵۰۰ هکتار از زمین های تحت پوشش کشت و صنعت مغان حدود سال های ۱۳۶۲-۱۳۵۵ طراحی و اجرا شده است. پس از آب اندازی و یک دوره بهره برداری حدود ۱۰ ساله از آن، ترک ها و تخریب های زیادی در دیواره و کف کانال به وجود آمد که بهره برداری از آن را با مشکل روبه رو ساخته است. در سال ۱۳۷۹ سه مقطع بحرانی از کانال به طول ۸ کیلومتر که

جدول ۴- مشخصات عمومی پوشش ژئوسنتتیک در کانال مورد مطالعه.

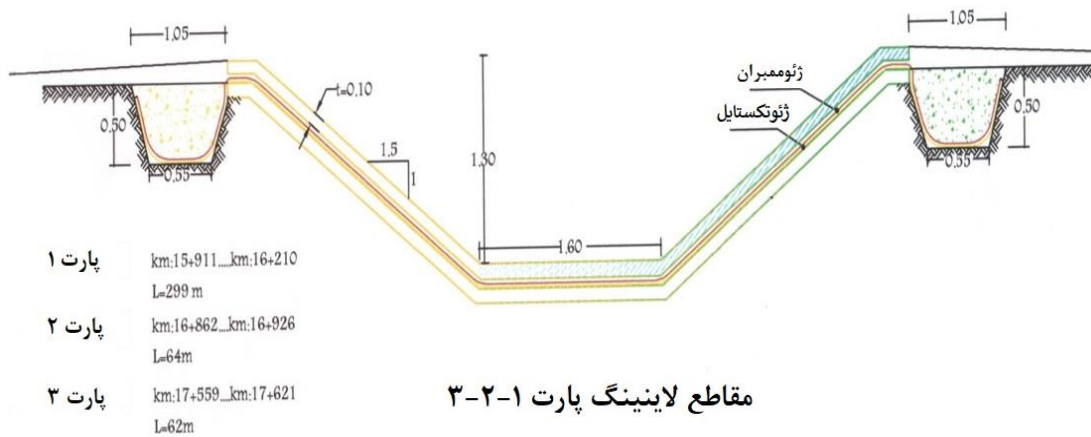
Table 4- General characteristics of the geosynthetic coating in the studied channel.

مشخصات Characteristics	پارامتر Parameter
یک لایه ژئوتکتال و ژئوممبران و پوشش بتنی A layer of geotextile and geomembrane with a concrete overlay	جنس پوشش Cover Material
ژئوتکتال نپافته سفید رنگ ساخت داخل با وزن ۵۰۰ گرم بر مترمربع Non-woven white geotextile manufactured domestically with a weight of 500 grams per square meter	مشخصات ژئوتکتال Geotextile Specifications
HDPE سیاه رنگ صاف به ضخامت ۱/۵ میلی متر Smooth black HDPE (High-Density Polyethylene) geomembrane with a thickness of 1.5 millimeters	مشخصات ژئوممبران Geomembrane Specifications
۳۴۵۴ متر 3454 m	طول پوشش شده Covered Length

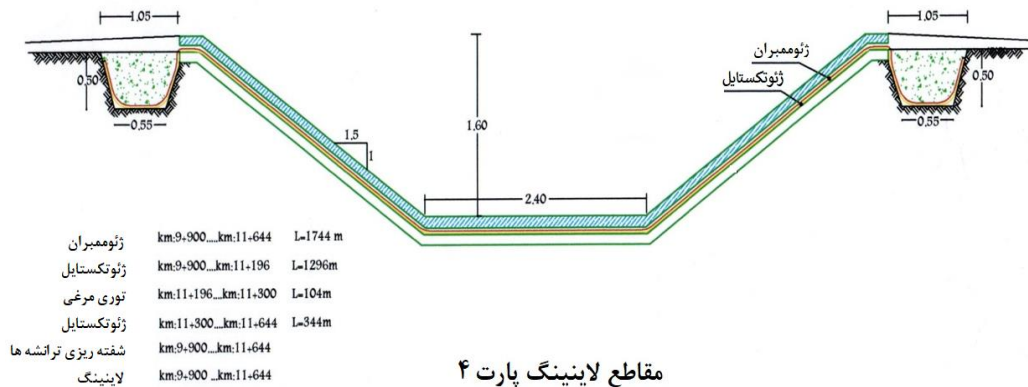




شکل ۲- نمایی از شدت تخریب کانال پمپاژ ۳ در زمان بهره برداری  
 Fig. 2- A view of the destruction of pumping channel 3 during operation.



شکل ۳- مقاطع لاینینگ ژئوممبران کانال پمپاژ ۳ (قسمت ۱ تا ۳)  
 Fig. 3- Geomembrane lining sections of the pumping channel 3 (Parts 1-3).



شکل ۴- مقاطع لاینینگ ژئوممبران کانال پمپاژ ۳ (قسمت ۴)  
 Fig. 4- Geomembrane lining sections of the pumping channel 3 (Part 4).

این تحقیق ارزیابی کارایی مواد ژئوسنتتیک را در پوشش کانال های انتقال دنبال می کند و از این رو تلاش گردید تا با بررسی های صحرایی برنامه ارزیابی نشت این مواد به اجرا در آید و مسائل اجرایی و بهره برداری آنها بررسی شود. با شروع فصل آبیاری و آب اندازی کانال، به منظور بررسی خصوصیات هیدرولیکی و فنی پوشش های ژئوسنتتیک استفاده شده بررسی های زیر اجرا گردید. میزان تلفات آب از طریق نشت از بدنه و جدار کانال ها، با استفاده از روش ورودی - خروجی اندازه گیری شد. روش حوضچه ای دقت بالاتری نسبت به این روش دارد؛ ولی به دلیل نیاز به وقفه در بهره برداری از کانال و بستن کانال در ابتدا و انتهای بازه و جلوگیری از این وقفه، روش ورودی و

خروجی انتخاب گردید. بر پایه ی این روش، تفاوت بین میزان آب وارد شده به یک بازه از کانال و میزان آب خارج شده از آن به عنوان تلفات نشت در نظر گرفته می شود. طول بازه مورد بررسی باید به اندازه کافی بزرگ باشد و میزان دبی طی زمان اندازه گیری نیز باید ثابت باشد. برای این کار بازه ای به طول ۹۰۰ متر انتخاب گردید و میزان نشت در این بازه در دبی های مختلف و در هر دبی در سه تکرار اندازه گیری و میانگین گیری شد. دبی در کانال با استفاده از دبی سنج التراسونیک اندازه گیری گردید. با اندازه گیری سطح آب کانال در بازه مورد نظر و تبخیر از تشتک (با استفاده از داده های هواشناسی) مقدار کل تبخیر از کانال به دست آمد (شکل ۵ و ۶).



شکل ۵- دستگاه دبی سنج التراسونیک

Fig. 5- Ultrasonic flow meter.



شکل ۶- اندازه گیری دبی برای تعیین میزان نشت

Fig. 6- Flow measurement to determine the amount of leakage

## نتایج و بحث

### بررسی ویژگی‌های هیدرولیکی

#### میزان نشت

در تحقیق حاضر، کانال‌های آبیاری شبکه مغان به منظور تعیین میانگین حجم تلفات سالانه آب از پوشش ژئوممبران و مقایسه آن با میزان نشت در حالت بدون پوشش، مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج این اندازه‌گیری‌ها در جدول (۵) ارائه شده است. بر اساس میانگین اندازه‌گیری‌ها میزان نشت در واحد سطح در این کانال ۴۶/۸۶ لیتر در روز در مترمربع به دست آمد.

مقایسه میزان نشت آب به دست آمده از کانال با مقادیر موجود در منابع نشان می‌دهد میزان نشت از کانال‌ها با پوشش‌های مختلف بسته به نوع پوشش، عمق جریان، کیفیت اجرا، نحوه بهره‌برداری و نگهداری و عمر پوشش،

تغییرات زیادی را شامل می‌شود. در جدول (۵) میزان نشت از کانال مورد مطالعه به روش دبی ورودی و خروجی محاسبه شده است. در جدول (۶)، میزان نشت از کانال‌های با پوشش‌های مختلف موجود در مراجع، برای مقایسه با یافته‌های این تحقیق ارائه گردیده است.

با توجه به جدول (۵) میانگین دبی نشتی در کانال مورد بررسی برابر با ۴۶/۸۶ لیتر در روز در هر مترمربع به دست آمده است. این میزان نشت در مقایسه با سایر پوشش‌های ژئوسنتتیک مطالعه شده در سایر نقاط (۶۹-۱۴ لیتر در روز در هر مترمربع) در حد متوسط قرار دارد. با این حال به نظر می‌رسد پایش میزان نشت در بخش‌های مختلف شبکه و نیز تعیین تغییرات زمانی آن به منظور نگهداری مناسب، امری ضروری بوده و برای جلوگیری از هدر رفتن آب از کانال‌ها و تخریب کانال‌های بتنی (به دلیل ترک در بتن و نشت از درزها) استفاده از مواد ژئوسنتتیک توصیه می‌شود (شکل ۷).

جدول ۵- تعیین میزان متوسط نشت آب کانال به روش دبی ورودی و خروجی.

Table 5- Determining the average amount of canal water leakage by the inlet and outlet flow method.

مقدار Quantity	خصوصیات Characteristics
۱۳۳۵/۶	میانگین دبی ورودی (Lit/s) Average Inflow Rate (lit/s)
۱۳۲۸/۴	میانگین دبی خروجی (Lit/s) Average Outflow Rate (Lit/s)
۱۹۰۰	طول بازه انتخابی (m) Length of Selected Interval (m)
۷/۲	دبی تلفات کل (Lit/s) Total Loss Rate (lit/s)
۱۲۸	عمق متوسط جریان (cm) Average Flow Depth (cm)
۶/۲۴	محیط خیس شده متوسط (m) Average Wetted Perimeter (m)
۱۱۸۵۶	مساحت خیس شده متوسط بازه (m <sup>2</sup> ) Average Wetted Area of the Interval (m <sup>2</sup> )
۶۳۲/۰۸	کل تلفات در بازه (m <sup>3</sup> /day) Total Loss Over Interval (m <sup>3</sup> /day)
۶۶۵۰	مساحت سطح آب کانال (m <sup>2</sup> ) Surface Area of Water in Canal (m <sup>2</sup> )
۶۶/۵	کل تلفات حاصل از تبخیر (m <sup>3</sup> /day) Total Loss Due to Evaporation (m <sup>3</sup> /day)
۴۶/۸۶	نشت در واحد سطح (Lit/day/m <sup>2</sup> ) Seepage discharge per Unit Area (lit/day/m <sup>2</sup> )



جدول ۶- میزان نشت آب از کانالها با پوشش های مختلف در مطالعات پیشین.

Table 6- The amount of water leakage from canals with different coatings in references (DeMaggio, 1990; USBR, 1976; Nayak *et al.*, 1996; Nofziger, 1979; Sarkar and Majumder, 1995; Salemi, 1999; Fipps and Leigh, 2000).

میزان نشت (Lit/day/m <sup>2</sup> ) Seepage Rate (Lit/day/m <sup>2</sup> )	نوع لاینینگ یا پوشش کانال Type of Canal Linings
۹۰ - ۲۳۷۷	بدون پوشش Unlined Canal
۲۱	سیمان پرتلند Portland Cement
۲۱	خاک متراکم شده Compacted Earth
۹۱	آجر بنایی Brick Lining
۴۶۲	بستر طبیعی Natural Bed
۳ - ۱۲	پلاستیک Plastic
۲/۴	بتن* Concrete
۱ - ۳۲	گنایت Granite
۱/۷ - ۳	خاک متراکم شده Compacted Soil
۱۵ - ۴۵	بستر رسی Clay Bed
۱۸۳ - ۱۳۶۸	بستر لومی Loamy Bed
۱۶۳ - ۳۱۷۰	بستر ماسه‌ای Sandy Bed
۱۹۴ - ۲۱۶	کانال بدون پوشش Unlined Canal
۳۷ - ۸۶	بتنی* Concrete
۱۴ - ۶۹	کانال پوشش شده با LDPE به ضخامت ۲/۵ میلی‌متر LDPE Lined Canal (Thickness 2.5 mm)

• بین میزان نشت از کانال بتنی در گزارش های علمی اختلاف وجود دارد.

بررسی وضعیت رسوبات احتمالی ته نشین شده در کانال نشان داد که با توجه به اینکه این کانال از حوضچه بعد از دریاچه ترسیب آبرگیری می کند آب کانال فاقد رسوب بود و در کانال در موارد خاص جلبک مشاهده شد. به منظور بررسی اثر پارامترهای اقلیمی (تابش آفتاب، گرما و سرمای شدید، بارندگی، رطوبت، باد، ذوب و یخ‌بندان) و بررسی تخریب مکانیکی ناشی از عبور و مرور افراد و ماشین آلات و حیوانات، بازدیدهای صحرائی منظم صورت گرفت، باتوجه به اینکه لایه ژئوممبران در زیر لایه بتن قرار دارد هیچ گونه تخریبی در آن مشاهده نگردید. ورق های ژئوممبران رفتار ترموپلاستیک از خود نشان می دهند؛ یعنی با تغییر دما، طول آن به صورت قابل توجهی کم‌تر می شود. ژئوممبران HDPE ضریب انبساط حرارتی بالایی دارد و به همین دلیل در اثر گرم شدن، چین و چروک یا موج<sup>۱</sup> در بخش هایی از پوشش ایجاد می شود. از این رو اتصال ورق های ژئوممبران باید در دمای مناسب باشد. اتصال

<sup>1</sup> Wave

ژئوممبران در روزهای آفتابی و گرم می‌تواند باعث اتصال نامناسب و بالا آمدن ژئوممبران در قسمت‌های بالایی شیب‌ها شود. به هنگام نصب ژئوممبران، تابش خورشید باعث می‌شود تا ژئوممبران به طور موضعی به سمت بالا خمیده شود<sup>۱</sup> و بالآمدگی‌های موجی شکل در آن تشکیل خواهد شد. در حقیقت، این چین‌ها یا بالآمدگی‌های موضعی ورق ژئوممبران باعث جدایی آن از بستر زیرین می‌شود. این جدایی اگر چه در اثر فشار عمودی کم می‌شود؛ اما مطالعات نشان داده حتی در فشارهای عمودی ۱۱۰۰ کیلوپاسکال هم باقی می‌ماند (Soong and Koerner, 1999). شبکه چین‌ها همان‌گونه که (Take et al (2007 بیان کرده‌اند، نقش قابل توجهی در افزایش نشت از ژئوممبران دارد به‌ویژه اگر سوراخی در روی این موج یا نزدیک آن وجود داشته باشد. همچنین در درازمدت این چین‌خوردگی‌ها می‌تواند محل پارگی در ژئوممبران شود.



شکل ۷- اجرای پوشش ژئوممبران در کانال‌های شبکه آبیاری مغان.

Fig. 7. Implementation of geomembrane covering in Moghan irrigation network channels.

### نتیجه‌گیری

با توجه به ویژگی‌های منحصربه‌فرد پوشش‌های ژئوسنتتیک، به‌ویژه ژئوممبران‌ها، در آب‌بندی کانال‌ها و دیگر مزیت‌ها مانند اجرای سریع و آسان آن‌ها، استفاده از این نوع پوشش در کشور به‌سرعت<sup>۱</sup> گسترش می‌یابد. از سوی دیگر، پوشش‌های ژئوممبران نیز مانند هر نوع مصالح دیگر به رعایت نکات لازم در طراحی، اجرا و بهره‌برداری نیاز دارند؛ اما مطالعات جامعی از کارایی این نوع پوشش‌ها نشده است. گسترش منطقی، استفاده مناسب و سرمایه‌گذاری بهینه در

مانند هر نوع پروژه، نگهداری مناسب از پوشش ژئوممبران از عوامل مهم در بهره‌برداری پایدار از این پروژه است. این امر به‌خصوص در پروژه‌های ژئوممبران روباز حیاتی به شمار می‌رود. در این پروژه‌ها، جلوگیری از تخریب مکانیکی (عمدی و سهوی) در دوام و کارایی این نوع پوشش نقشی اساسی دارد. با توجه به حساسیت پوشش ژئوممبران به تخریب‌های عمدی (برش، سوختگی، ساییدگی، ضربه و دیگر موارد) این تخریب‌ها می‌تواند کارایی پوشش را در کنترل نشت تا حد زیادی پایین آورد.

<sup>1</sup> Upward buckle

این راه نیازمند ارزیابی جامع از پروژه های اجرا شده است. می دهد؛ بنابراین، پوشش های ژئوممبران اگر از نظر آب بندی نتایج این تحقیق، کارایی قابل قبول پوشش ژئوممبران خوب قابل قبول باشند، از طریق کاهش قابل توجه تلفات آب اجرا شده را در کنترل تلفات آب در کوتاه مدت نشان می توانند در بهبود بهره وری آب کشاورزی مؤثر باشند.

## مراجع

- Akhavan Giglou, K., Kheiry, M., Ahmadpari, H., Abbasi, S., & Kalateh, F. (2023). Investigating virtual water content and physical and economic water productivity indicators in crops (Case study: Moghan irrigation network, Ardabil province). *Water and Soil Management and Modelling*, 3(3), 277-295. <https://doi.org/10.22098/MMWS.2023.11899.1186>
- Akhavan, K. (2012). Investigating transfer efficiency and problems of operation and maintenance of third grade canals (canals) in Moghan irrigation network. Agricultural Engineering and Technical Research Institute, final report of the research plan, 62 p.
- Akhavan, K., Abbassi, N., Kheiry Ghoujeh Biglou, M., & Ahmadpari, H. (2021). Investigation on conveyance efficiency and operation issues of precast concrete channels (Canalette) in Moghan irrigation network. *Irrigation and Drainage Structures Engineering Research*, 22(83), 21-42. <https://doi.org/10.22092/idser.2021.354260.1470>
- Akhavan, K., Kheiry, M., Abbasi, S., Daneshfaraz, R., & Kalateh, F. (2023). Evaluation of Hydraulic Performance and Operation of Sluice and Neyrpic Modules in Water Distribution Canals (Case Study: Moghan Irrigation Network, Ardabil). *Irrigation and Water Engineering*, 13(3), 1-22. <https://doi.org/10.22125/iwe.2023.168163>
- Branscheid, V. (1997). Irrigation investment briefs, FAO Investment Centre, Occasional Paper Series, No. 4, 90 p.
- Choopan, Y., Emami, S., & Kheiri ghooje bigloo, M. (2020). Evaluating Election, Imperialist Competitive Algorithms and Artificial Neural Network Method in Investigating the Groundwater Level of Reshtkhar Plain. *Amirkabir Journal of Civil Engineering*, 52(6), 1333-1246. [doi: 10.22060/ceej.2019.15344.5888](https://doi.org/10.22060/ceej.2019.15344.5888)
- Comer, A.I. (2000). Canal lining systems in irrigated agriculture, GRID, Vol.15, pp.4-6.
- DeMaggio, J. (1990). Technical Memorandum: San Luis unit drainage program project files. US Bureau of Reclamation, Sacramento, CA.
- Fipps, G., & Leigh, E. (2000). Harlingen irrigation district Cameron county no. 1, Texas, Harlingen Irrigation District, Internal record, 11p.
- Ghojeh-biglou, M. K., & Pilpayeh, A. (2019). Effect of geometric specifications of ogee spillway on the volume variation of concrete consumption using genetic algorithm. *Revista Ingeniería UC*, 26(2), 145-153.
- Giglou, K. A., Biglou, M. K. G., Mehrparvar, B., & Naghadeh, A. S. (2019). Investigating Amount of Leakage, Sediment and Durability in Geosynthetic Cover of Pumping Channel 3 at Irrigation Network of Moghan. *Revista Geoaraguaia*, 9(2).
- Ivy, D., & Narejo, D. (2003). Canal lining with HDPE, GFR, Vol 21, 5: (1-4).
- Kalateh, F., & Kheiry, M. (2024). A Review of Stochastic Analysis of the Seepage Through Earth Dams with a Focus on the Application of Monte Carlo Simulation. *Archives of Computational Methods in Engineering*, 31(1), 47-72. <https://doi.org/10.1007/s11831-023-09972-3>
- Kalateh, F., Hosseinejad, F., & Kheiry, M. (2022). UNCERTAINTY QUANTIFICATION IN THE ANALYSIS OF LIQUEFIED SOIL RESPONSE THROUGH FUZZY FINITE ELEMENT METHOD. *Acta Geodynamica et Geomaterialia*, 19(3). <https://doi.org/10.13168/AGG.2022.0007>

- Kalateh, F., Ghamatloo, A., & Kheiry, M. (2024). Investigating the Reservoir Sediment Effects on Seismic Damage of Concrete Gravity Dams Using Nonlinear Incremental Dynamic Analysis (NIDA). *Iranian Journal of Science and Technology, Transactions of Civil Engineering*, 1-17. <https://doi.org/10.1007/s40996-024-01466-x>
- Kheiry Ghojeh Biglou, M., & Pilpayeh, A. (2020). Optimization of height and length of ogee-crested spillway by composing genetic algorithm and regression models (case study: spillway of Balarood Dam). *Irrigation and Drainage Structures Engineering Research*, 20(77), 39-56. <https://doi.org/10.22092/idser.2019.124750.1368>
- Kheiry, M., & Kalateh, F. (2023). Uncertainty Quantification of Steady-State Seepage Through Earth-fill Dams by Random Finite Element Method and Multivariate Adaptive Regression Splines. *Journal of Hydraulic Structures*, 9(2), 48-74. <https://doi.org/10.22055/jhs.2023.44288.1259>
- Mahdavi Mortazavi, M., & Jafari, M. (2006). Geomembranes are a new way to control and remove environmental pollutants from hazardous waste landfills. The first specialized conference on environmental engineering, Tehran.
- Nayak S., Sahoo B.C., Mohapatra P.K., & Pattanaik G.P. (1996). Profit potential of lining watercourses in coastal commands of Orissa. *Environment & Ecology*, 14(2):343-345.
- Nofziger D.L. (1979). The influence of canal seepage on groundwater in Lugert Lake irrigation area. Oklahoma Water Resources Research Institute, OSU.
- Rahimi, H., Sohrabi, T., & Ghobadinia, M. (2007). Application of geosynthetics in irrigation and drainage. National Irrigation and Drainage Committee of Iran. 126 p.
- Rohe, F.P. (2004). PVC Geomembrane liner placement underwater in an operating irrigation canal, Proceedings of the Peruvian International Geosynthetic Societies' "First National Congress on Geosynthetics", October 27-29.
- Salemi, H.R. (1999). Modification of the experimental equations of water leakage from the canal in the Rudasht region of Isfahan. The final report of the research project, Agricultural Engineering and Technical Research Institute, No. 522/78, 40 pages.
- Sarkar S.S., & Majumder R. (1995). Geosynthetic reinforced canal systems and irrigation structures, Proceedings Water Energy, International R&D Conference, New Delhi, India, pp. 262-274.
- Schultz, B., & DE Wrachien, D. (2002). Irrigation and drainage systems Research and development in the 21<sup>st</sup> century, *Irrig. And Drain*. 51: 311–327. <https://doi.org/10.1002/ird.67>
- Snell, M. (2001). Lining old irrigation canals: thoughts and trials, *Irrig. And Drain*. 50: 139–157.
- Soong, T. Y., & Koerner, R. M. (1999). Behavior of waves in high density polyethylene geomembranes: a laboratory study. *Geotextiles and Geomembranes*, 17(2), 81-104.
- Take, W. A., Chappel, M. J., Brachman, R. W. I., & Rowe, R. K. (2007). Quantifying geomembrane wrinkles using aerial photography and digital image processing. *Geosynthetics International*, 14(4), 219-227.
- USBR (1976). Lining for Irrigation Canals. 149p.
- USBR (2002). Canal-lining demonstration project year 10 final report, R-02-03, 230p.



**Original Research**

## **Field Evaluating the Efficacy of Geomembrane Cover in Mitigating Water Seepage in Moghan Irrigation Network Channels**

**K. Akhavan\*, M. Kheiry, M. Mardpour, F. Kalateh**

**\*Corresponding Author:** Agricultural Engineering Research Department, Ardabil Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Ardabil, Iran.

**Received:** 25 June 2024, **Accepted:** 28 September 2024

**Email:** Akhavan120@gmail.com

**https://doi.org/ 10.22092/idser.2024.366199.1582**

### **Extended Abstract**

#### **Introduction**

The performance of geomembrane liners depends on proper design, installation, and maintenance. Geomembranes exhibit thermoplastic behavior, expanding and contracting significantly with temperature changes. This can lead to issues like wrinkling and uplift, which can compromise the liner's seepage control function. Proper maintenance is also essential, as geomembranes are sensitive to mechanical damage that can greatly reduce their effectiveness. In Iran, geomembrane lining of irrigation canals has been implemented in several projects, including the Moghan Irrigation Network. However, comprehensive studies on the performance and durability of these liners are lacking. This study aimed to evaluate the effectiveness of geomembrane liners in controlling seepage from Pumping channel No. 3 of Moghan, and identify any issues related to their design, installation and operation. The results can help guide the rational expansion and optimal utilization of geomembrane lining for improving agricultural water productivity in Iran.

#### **Literature Review**

Geomembranes exhibit thermoplastic behavior, expanding and contracting significantly with temperature changes. Geomembranes layers have a high coefficient of thermal expansion, causing wrinkling or waves in parts of the liner when heated. Proper temperature is critical for seam welding to avoid inadequate bonding and uplift of the geomembrane on slopes. Long-term wrinkles can also become failure points. Proper maintenance is essential for the sustainable operation of geomembrane projects, especially for exposed liners. Preventing mechanical damage (intentional and accidental) is crucial for the liner's durability and effectiveness. Geomembranes are sensitive to intentional damage (cutting, burning, abrasion, impact, etc.) which can greatly reduce the liner's seepage control capacity.

#### **Methodology**

The Moghan irrigation network, particularly Pumping Channel No. 3, has been a focal point for evaluating hydraulic performance, seepage control, and durability in irrigation systems. This channel, which spans 28 kilometers, is crucial for drawing water from the irrigation network and has a capacity of 2.3 m<sup>3</sup>/s, irrigating approximately 3,500 ha of



Agricultural land and industrial units. Research conducted on this channel has employed the inflow-outflow method to measure average seepage rates, which were found to be around 46.86 liters per day per square meter. This rate is considered moderate, compared to other geosynthetic-lined channels, highlighting the need for ongoing maintenance and monitoring to manage water loss effectively. Field inspections have revealed significant deterioration in the channel's walls and floor, leading to operational challenges. In 1999, significant repairs were made to three critical sections of the canal, covering 8 kilometers in total. However, these repairs proved insufficient, as severe damage reoccurred within two years of service. This situation emphasizes the necessity for robust construction practices and the potential benefits of using advanced materials, such as geomembranes, to enhance the durability and performance of irrigation channels. The research indicates that while immediate repairs can address some issues, long-term solutions are essential for maintaining the integrity of the irrigation infrastructure.

Overall, the evaluation of Pumping Channel No. 3 illustrates the complexities and challenges faced in managing irrigation systems, particularly regarding hydraulic efficiency and seepage control. The findings suggest that integrating geosynthetic materials could significantly improve the channel's performance and longevity, thereby optimizing water resource management in the Moghan region. Continuous assessment and adaptation of maintenance strategies will be crucial in ensuring that the irrigation network meets the agricultural demands of the area effectively.

### **Results and Discussion**

The average seepage rate along the canal reaches was 46.86 liters per square meter per day. No sedimentation or damage was observed during field inspections. The results demonstrate the acceptable short-term effectiveness of well-installed geomembrane liners in controlling water losses. Properly designed and maintained geomembrane liners can significantly reduce seepage, improving agricultural water productivity. However, geomembranes require careful consideration in design, construction and operation to avoid issues like thermal wrinkling and mechanical damage that can compromise their seepage control function.

### **Conclusion**

Controlling seepage from water storage and conveyance systems is essential in water-scarce countries like Iran. Geosynthetic liners, especially geomembranes, are rapidly expanding in Iran due to their unique waterproofing capabilities and other advantages like quick and easy installation. However, comprehensive studies on the performance of these liners are lacking. Rational expansion, proper utilization and optimal investment requires comprehensive evaluation of completed projects. This study's results indicate the acceptable short-term effectiveness of well-installed geomembrane liners in controlling water losses. Therefore, geomembrane liners can contribute to improving agricultural water productivity by significantly reducing seepage, if they meet waterproofing requirements. However, long-term performance and durability require further investigation.

**Keywords:** Geotextile, Seepage Control, Irrigation Canal Lining, Hydraulic Performance, Water Conservation.