تحقیقات مهندسی سازه‌های آبیاری و زهکشی/جلد ۲۲/ شماره ۸۳/ تابستان ۱۴۰۰/ص ۴۲-۲۱

نوع مقاله: علمی- پژوهشی

بررسی راندمان انتقال و مشکلات بهره‌برداری ازکانال‌های پیش‌ساختهٔ بتنی در شبکهٔ آبیاری مغان

کرامت اخوان[1*]، نادر عباسی[2]، میلاد خیری قوجه بیگلو[3] و هدیه احمدپری[4]

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 (مغان)، ایران

۲- استاد پژوهش، بخش تحقیقات آبیاری و زهکشی، موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

۳- دانشجوی دکتری مهندسی عمران، آب و سازه های هیدرولیکی، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

۴- دانش آموخته کارشناسی ارشد مهندسی آبیاری و زهکشی دانشگاه تهران، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱/۳۰؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۴/۱۳

چکیده

شبکهٔ آبیاری مغان مانند سایر شبکه‌های آبیاری با معضل تلفات آب مواجه است. در سال‌های اخیر در راستای ارتقای راندمان انتقال آب، بخش عمده‌ای از کانال‌های درجه ۳ این شبکه در سطحی معادل ۴۳۰۰۰ هکتار با استفاده از کانال‌های پیش‌ساختهٔ بتنی بهسازی شده است. در این پژوهش عملکرد فنی و وضعیت بهره‌برداری کانال‌های پیش‌ساختهٔ بتنی در دشت مغان بررسی شده است. بدین منظور پس از بازدیدهای فنی از پروژه‌های مختلف شبکه کانال‌های پیش‌ساخته در منطقه، ۴۰ کانال به‌عنوان نمونه انتخاب و راندمان انتقال، زمان انتظار کشاورزان و تلفات زمین در آن‌ها تعیین گردید. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از اندازه‌گیری‌ها، متوسط راندمان انتقال آب در کانال‌های مربوط به اراضی کشت و صنعت، زیر کانال برگشتی A و زیر کانال A به ترتیب ۸۹، ۸۹/۴۷ و ۸۶/۷۷ درصد و متوسط انتظار کشاورزان ۳۷ دقیقه به‌ازای هر کیلومتر و تلفات زمین ۵۱/۳ مترمربع در هکتار بود. همچنین مشخص گردید کارایی نامناسب واشرهای آب‌بندی، رشد گیاهان آبزی، تخریب ابنیه و دریچه‌ها، آبگیری غیراصولی، شکستگی و ترمیم نشدن کانال‌ها و آبگیری بیش از ظرفیت و مهم‌تر از همه نبود تشکل بهره‌برداری و نگهداری، از مشکلات عمده در بهره‌برداری از کانال‌های پیش‌ساختهٔ بتنی مغان هستند.

واژه‌های کلیدی

آبگیری غیراصولی، راندمان انتقال، تلفات زمین، زمان انتظار کشاورز، کانال پیش‌ساختهٔ بتنی

مقدمه

استفادهٔ بهینه از منابع آب یکی از هدف‌های دیرینهٔ بشر است و امروزه با توجه به افزایش نیاز آبی، به‌کارگیری تمهیدات مناسب برای بهره‌برداری اصولی از این منابع محدود اهمیت بالایی دارد (Kheiry Ghojeh Biglou & Pipayeh, 2020). با توجه بهمحدود بودن منابع آب و خاک کشور و قرار گرفتن ایران در ناحیهٔ خشک و نیمه‌خشک، استفادهٔ بهینه از منابع آبی موجود و کاهش تلفات آب خصوصاً در بخش کشاورزی ضروری است. شبکهٔ آبیاری و زهکشی مغان با زمین‌های ناخالص و خالص به ترتیب ۹۰۴۰۰ و ۷۲۰۰۰ هکتار یکی از قطب‌های کشاورزی کشور محسوب می‌شود. این شبکه به علل گوناگون و مانند دیگر شبکه‌ها، با

* نگارنده مسئول: Email: akhavang120@gmail.com

http://doi: 10.22092/idser.2021.354260.1470

معضل تلفات آب مواجه است. اخوان و همکاران (Akhavan Giglou *et al*, 2019) با بررسی تلفات ناشی از نشت در مسیر انتقال آب در شبکهٔ آبیاری مغان، میزان تلفات انتقال آب را در طول کانال پمپاژ سه شبکهٔ آبیاری در شرایط مختلف با استفاده از روش ورودی - خروجی و با استفاده از دبی سنج ماورای صوت اندازه‌گیری کردند. این محققان میزان تلفات انتقال ناشی از نشت در کانال با پوشش‌های مختلف را با نتایج پژوهش‌های قبلی مقایسه کردند. منعم و همکاران (Monem *et al*, 2017) نقش مدیریت بهره‌برداری مخازن درون مسیری در بهبود بهره‌برداری شبکهٔ آبیاری مغان را با استفاده از مدل شبیه‌ساز هیدرودینامیک ICSS بررسی کردند. مدل مذکور در شرایط تغییرات تدریجی و ناگهانی کاهش و افزایش دبی ورودی از سراب کانال، در دو حالت با و بدون بهره‌برداری مخزن مورد آزمون قرار گرفت. دولت‌خواه (Dolatkhah, 2016) معادله‌های تجربی نشت آب از کانال را برای استفاده در کانال‌های شبکهٔ آبیاری و زهکشی مغان واسنجی کرد. در این پژوهش، چهار روش تجربی شامل Wilson-Davis، Yennidumia-Worth، Moritz و Ingham Mols به‌منظور تخمین نشت انتخاب گردید. برای اصلاح ضریب‌های ثابت معادله‌های تجربی از راهکار عملی جریان ورودی - خروجی با استفاده از فلومتر QLiner و مدل نرم‌افزاری w/seep بهره گرفته‌شده است. نتایج به‌دست‌آمده از معادله‌های تجربی با میزان نشت مدل‌شده با نرم افزار w/seep و بیلان آبی مقایسه گردید و پس از آن ضریب‌های معادلاتی تجربی پس از کالیبراسیون برای شرایط منطقهٔ موردمطالعه اصلاح و معادلهٔ Moritz مناسب‌ترین معادلهٔ نشت برای شبکهٔ آبیاری مغان معرفی گردید. اصغری و صادق زاده سادات (Asghari & Sadeghzadeh Sadat, 2015) آب موردنیاز محصولات کشاورزی را با روش پنمن مانتیث فائو در ناحیهٔ ۲ و ۳ شبکهٔ آبیاری و زهکشی مغان در سال‌های ۱۳۸۳ تا ۱۳۸۷ برآورد کردند. بررسی میزان آب تحویلی در محدودهٔ کانال‌های آبیاری حاکی از آن است که مقدار آب تحویلی در ناحیهٔ ۲ و ۳ آبیاری در سال زراعی ۱۳۸۷-۱۳۸۶ به ترتیب حدود ۶۴/۷ و ۳۹ میلیون مترمکعب بود در حالی که آب موردنیاز محصولات در این محدوده‌ها به ترتیب حدود ۳۰/۳ و ۲۱/۵ میلیون مترمکعب برآورد شده است. نتایج حاکی از آبیاری بی‌رویه و درنتیجه تلفات زیاد در این نواحی است؛ میزان تلفات در ناحیهٔ ۲ آبیاری معادل ۳۴ میلیون مترمکعب و در ناحیهٔ ۳ آبیاری، با توجه به کاربرد آبیاری تحت فشار، معادل ۱۷/۴ میلیون مترمکعب برآورد گردید. فریدی و همکاران (Faridi *et al*, 2011) اثر راندمان آبیاری را بر میزان آب زهکش شده از شبکهٔ آبیاری و زهکشی مغان بررسی کردند و نشان دادند که با افزایش راندمان آبیاری به‌اندازهٔ ۱/۹ درصد (از سال زراعی ۸۷-۸۶ به ۸۸-۸۷) میزان نسبت خروجی به ورودی به‌اندازهٔ ۱ درصد کاهش می‌یابد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که با افزایش راندمان کل آبیاری در دشت مغان میزان آب خروجی از زهکش‌ها کاهش می‌یابد. جعفری و احمدنژاد (Jafari & Ahmadnejad, 2011) به بررسی هیدرولیکی کانال اصلی شبکهٔ آبیاری و زهکشی مغان با مدل HEC-RAS پرداختند. این کانال باگذشت ۳۵ سال از احداث آن در طول بهره‌برداری دستخوش تغییرات زیادی شده است از جمله فرسایش مقطع خاکی و حذف سازه‌هایی در مسیر کانال. با حذف سازهٔ تخلیه شوت و فرسایش اتفاق افتاده ازنظر هیدرولیکی دچار مشکل شده، به‌گونه‌ای که دبی طراحی این کانال ۸۰

مترمکعب بر ثانیه بوده اما هم‌اکنون حداکثر دبی عبوری از این کانال ۶۵ مترمکعب بر ثانیه است. نتایج به‌دست آمده از کاربرد نرم‌افزار HEC-RAS نشان داد حذف سازهٔ تخلیه در طول ۳۵ کیلومتر ابتدایی کانال تأثیر فراوانی بر فرسایش اتفاق افتاده در نوسان‌های هیدرولیکی کانال اصلی داشته است. محمدزاده حاجی‌خانلو و همکاران (Mohammadzadeh Haji Khanlou *et al*, 2012) به برآورد و توزیع حجمی آب موردنیاز شبکهٔ آبیاری و زهکشی مغان با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) پرداختند. در این پژوهش، مقایسهٔ نتایج برآورد نیاز آبی به کمک GIS با مقادیر واسنجی شده منطقه اختلاف معنی‌داری را نشان نداد. با مقایسهٔ آمار واقعی آب توزیع‌شده، راندمان مصرف آب در شبکه ارزیابی شد. به‌کارگیری GIS به‌عنوان ابزاری مؤثر در تحویل حجمی آب به‌منظور افزایش راندمان مصرف آب در شبکهٔ آبیاری توصیه شد.

محققان دیگر نیز در مورد راندمان انتقال شبکهٔ آبیاری و کانال‌های آبیاری در سایر کشورها مطالعاتی کرده‌اند که می‌توان به پژوهش‌های زیر اشاره کرد. کیلیک و تویلو (Kilic & Tuylu, 2011) میزان تلفات انتقال کانال‌های اصلی، درجه دو و سه بتنی را در سیستم شبکه آبیاری احمدلی ترکیه تعیین کردند و نشان دادند که میزان اتلاف آب بالاتر از میانگین استاندارد تلفات در کشور ترکیه و تراوش استاندارد دفتر احیا ارتش آمریکا (USBR) است. کانگوآ و همکاران(Kangau *et al*., 2011) راندمان انتقال و توزیع آب در مزارع کوچک آبیاری در مناطق خشک و نیمه‌خشک کنیا را بررسی و تلفات آب را در حین انتقال و مصرف برای ۱۰ مزرعه آزمایشی در منطقه طرح تعیین کردند. این محققان راندمان انتقال را در کانال درجه دو مزارع حدود ۸۱/۴ درصد و راندمان کاربرد آب در مزارع را نیز در محدودهٔ ۳۰ -۱۹/۵ درصد تعیین کردند. الدخیل و زین الدین (Aldakheel & Zeineldin, 2007) تأثیر استفاده از لوله‌های با فشار کم در راندمان انتقال و توزیع در شبکهٔ آبیاری الحساء عربستان سعودی را بررسی کردند. در این پروژه به‌جای کانال فرسوده بتنی از لوله‌های کم‌فشار از جنس پی‌وی‌سی استفاده کردند. نتایج بررسی‌ها نشان داد که با کاربرد این لوله‌ها راندمان انتقال و توزیع به ترتیب ۲۵/۳ و ۲۵ درصد بوده است. چانگ و همکاران (Chang *et al*., 2010) قابلیت پوشش کانال را با استفاده از قطعات پیش‌ساختهٔ بتنی و مشخصات هیدرولیکی ازجمله ضریب زبری آن، بررسی کردند و نشان دادند که ضریب زبری کانال پیش‌ساخته نسبت عکس با دبی کانال و نسبت مستقیم با شیب کف آن دارد. با توجه به مشخصات هیدرولیکی کانال ساخته‌شده از قطعات پیش‌ساختهٔ بتنی پوشش کانال آبیاری با این مصالح توصیه گردید. عبدو و همکاران (Abdu *et al*, 2011) استفاده از کانال پیش‌ساختهٔ بتنی را پیشنهاد کردند. در این پژوهش، روش طراحی و ساخت کانال معرفی و به‌صورت پایلوت کانالی با استفاده از قالب‌های مخصوص پوشش داده شد. این محققان بر اساس مجموعه بررسی‌هایشان نتیجه‌گیری کردند که روش استفاده از قطعات پیش‌ساخته می‌تواند یکی از راهکارهای کارآمد باشد.

هان و همکاران (Han *et al*, 2020) اثر پوشش بتونی و ژئوممبران را بر نشت کانال در مناطق کشاورزی خشک بررسی کردند و نشان دادند که ترکیب پوشش بتونی و ژئوممبران، در مقایسه با وقتی پوشش وجود نداشته باشد، باعث کاهش ۸۶ درصد در نشت می‌شود و پس از سه سال استفاده از

پوشش ترکیبی بتن و ژئوممبران، میزان نشت ۶۸ درصد کاهش می‌یابد. محمدی و همکاران (Mohammadi *et al*, 2019) با اندازه‌گیری میدانی راندمان انتقال و میزان تلفات آب در کانال‌های اصلی، درجه دو و سه شبکهٔ آبیاری و زهکشی ورامین نشان دادند که راندمان انتقال در طول ۱۰۰۰ متر از کانال‌های اصلی، درجه دو و سه به ترتیب ۹۵، ۹۱/۵ و ۸۹/۳ درصد است. همچنین با توجه به طول کانال‌ها، مقدار کل تلفات نشت در زمانی مشخص و در یک دوره آبیاری، در کانال‌های درجه سه بیشتر است تا در کانال‌های درجه دو و در کانال‌های درجه دو بیشتر است تا در کانال اصلی. سن و همکاران (Sen *et al*, 2018) تلفات انتقال آب آبیاری را در کانال خاکی با فلوم گلوبریده تعیین کردند. در این پژوهش، یک کانال خاکی به‌طول ۵۰ فوت انتخاب شد و میزان تلفات انتقال به روش جریان ورودی-خروجی و با استفاده از فلوم گلوبریده برای چهار شرایط مختلف پوشش کانال خاکی اندازه‌گیری گردید. نتایج این پژوهش نشان داد که میزان تلفات انتقال برای این شرایط مختلف پوشش کانال خاکی حدود ۴۰/۰۱ درصد (شرایط طبیعی)، ۳۵/۴۲ درصد (شرایط متراکم)، ۳۲/۸۱ درصد (استفاده از مواد پوششی از مخلوط کود گاو و شلتوک برنج به نسبت یک‌به‌یک) و ۴ درصد (ورق پلی‌اتیلن) است.

شومیه و سینگ (Shumye & Singh, 2018) با ارزیابی راندمان انتقال آب کانال‌های آبیاری و راندمان کاربرد آب در مزرعه برای یک طرح آبیاری در مقیاس کوچک در اتیوپی نشان دادند که مقدار میانگین راندمان انتقال در کانال‌های اصلی، درجه‌دو و درجه سه به ترتیب ۸۶/۱۷، ۸۶/۲۶ و ۵۵/۹۷ درصد است.

ابوزید (Abuzeid, 2021) با اندازه‌گیری میدانی تلفات انتقال کانال اصلی المعنا در شبکهٔ آبیاری استان اسیوط مصر میانی نشان داد که کل تلفات آبیاری در این کانال و شاخه‌های آن (به‌طول ۷۹/۹۰ کیلومتر) حدود ۱۶/۰۵ میلیون مترمکعب در ماه است که از این مقدار حدود ۱۵/۹۵ میلیون مترمکعب در ماه مربوط به تلفات نشت است که شامل ۹۹ درصد کل تلفات است.

سلامتی و همکاران (Salamati *et al*, 2020) راندمان انتقال در کانال‌های خاکی و کانال‌های پیش‌ساختهٔ بتنی را در شبکه‌های آبیاری و زهکشی استان خوزستان ارزیابی کردند. در این پژوهش، ۳۰ کانال شامل ۱۸ کانال پیش‌ساختهٔ بتنی درجه سه و چهار و ۱۲ کانال خاکی درجه سه و چهار ارزیابی شد. نتایج این پژوهش نشان داد که مقادیر راندمان انتقال محاسبه‌شده در کانال‌های مذکور فراوانی ناهمگنی دارند به‌طوری‌که راندمان ۴۴ درصد از کانال‌های موردبررسی بیش از ۸۸ درصد و راندمان ۱۷ درصد آنها کمتر از ۶۸ درصد است.

بهراملو و همکاران (Bahramloo *et al*, 2017) با ارزیابی راندمان انتقال و تلفات آب در هفت مورد از کانال‌های انتقال آب با پوشش ژئوممبران HDPE در شبکه‌های آبیاری زاینده‌رود، مغان و کرمان نشان دادند که مقادیر راندمان انتقال آب در این کانال‌ها به‌طور متوسط ۹۹/۱ درصد است. این محققان گزارش کردند که کاربرد پوشش ژئوممبران در کنترل تلفات نشت آب از کانال‌های مورد ارزیابی تأثیر قابل‌توجهی دارد.

کریمی‌آورگانی و همکاران (Karimi Avargani *et al*, 2020) با برآورد میزان تلفات ناشی از انتقال، توزیع و تحویل آب کشاورزی، در شبکهٔ آبیاری رودشت اصفهان نشان دادند که میزان تلفات روزانه

متغیر و در بازهٔ ۳۰ تا ۶۰ درصد است که نشان از این واقعیت دارد که مقدار واقعی تلفات انتقال و توزیع آب آبیاری به‌مراتب بیشتر از میزان ارائه‌شده در مرجع استاندارد طراحی و بهره‌برداری شبکه آبیاری در کشور (مقدار کل تلفات بین ۱۰ تا ۲۰ درصد) است.

جمالی و همکاران (Jamali *et al*, 2018) به ارزیابی راندمان‌های آبیاری در شبکه آبیاری و زهکشی زرینه‌رود پرداختند و نشان دادند که متوسط راندمان انتقال در کانال‌های با پوشش بتنی شبکه حدود ۷۹ درصد است که در دامنه ۳۳ تا ۱۰۰درصد قرار دارد. همچنین، راندمان توزیع آب در شبکه به‌طور متوسط ۷۶ درصد است که بین ۵۰ و ۱۰۰ درصد متغیر است.

طی سالیان اخیر توجه بیشتر دست‌اندرکاران طرح‌های توسعه منابع آب به سرمایه‌گذاری برای احداث سدها و شبکه آبیاری و زهکشی‌های جدید، خطوط انتقال، کانال‌های آب‌رسانی، کالورت‌ها، تونل‌های تحت فشار و آزاد بوده و به بهره‌برداری و نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه و همچنین بهسازی و مقاوم‌سازی طرح‌های اجراشده، پرداخته نشده است. هدف از این پژوهش، تحلیل کیفی و کمی بهره‌برداری از کانال‌های شبکهٔ آبیاری و زهکشی مغان و به عبارت دقیق‌تر بررسی راندمان انتقال و مشکلات بهره‌برداری و نگهداری کانال‌های درجه سه در شبکه آبیاری مورداشاره است.

مواد و روش‌ها

معرفی دشت مغان

جلگهٔ حاصلخیز مغان در شمال شرقی استان اردبیل واقع است و از شمال و غرب به رودخانهٔ ارس و از شرق به مرز ایران و جمهوری آذربایجان و از جنوب به ارتفاعات سبلان می رسد. این دشت در فاصلهٔ مدارهای ۴۷ درجه و ۲۵ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۲۵ دقیقه طول شرقی و نصف‌النهار ۳۹ درجه و ۲۵ دقیقه تا ۳۹ درجه و ۴۲ دقیقه عرض شمالی قرار دارد. مساحت دشت مغان در حدود ۳۰۰ تا ۳۵۰ هزار هکتار برآورد شده است که طرح توسعه بهره‌برداری از منابع آب رودخانهٔ ارس در ۹۰ هزار هکتار آن پیاده و اجرا شده است (Haghayeghi Moghadam *et al*, 2007). دشت مغان تا سال ۱۳۲۸ منحصراً قشلاق عشایر ایل شاهسون و منطقه‌ای خشک و بایر بوده است. در این سال به‌منظور استفادهٔ بیشتر از این منطقه توسط شرکت شیار آذربایجان سرمایه‌گذاری کافی صورت گرفت تا به‌صورت دیم از اراضی آن استفاده شود. در سال ۱۳۳۲ با احداث کانال T، در حدود ۴۰۰۰ هکتار از زمین‌های حاشیهٔ ارس از سربند تا پارس‌آباد به زیر کشت آبی رفت. پس از احداث این کانال، در سال ۱۳۳۸ با ساخت کانال A، ۱۴۴۰۰ هکتار دیگر از اراضی منطقه به زیر کشت رفت که به اراضی زیر کانال A معروف است. در سال ۱۳۵۲ نیز با به پایان رسیدن عملیات ساخت سد میل و مغان و شبکهٔ کانال اصلی، در حدود ۹۰۴۰۰ هکتار از زمین‌های دشت تحت پوشش شبکه آبیاری قرار گرفت(Haghayeghi Moghadam *et al*, 2007). محصولات زراعی در منطقه مغان شامل گندم، پنبه، چغندرقند، یونجه، ذرت و صیفی و در مراتب بعدی سویا، جو، کنجد و بادام‌زمینی است و در قسمتی از اراضی زهدار برنج کشت می‌شود. از محصولات باغی در منطقه مغان می‌توان به گلابی، سیب، هلو و فندق اشاره کرد. ازنظر اقلیم‌شناسی، مغان دارای تابستان‌های گرم و نسبتاً مرطوب و زمستان‌های نسبتاً معتدل همراه با بادهای خشک و سرد و با

یخبندان‌های محدود است. ازنظر دما، گرم‌ترین ماه‌های سال تیر و مرداد و سردترین ماه‌های سال دی و بهمن است. متوسط بارندگی برابر آمار ۲۵ ساله ایستگاه هواشناسی پارس‌آباد ۳۳۲ میلی‌متر در سال است (Haghayeghi Moghadam *et al*, 2007).

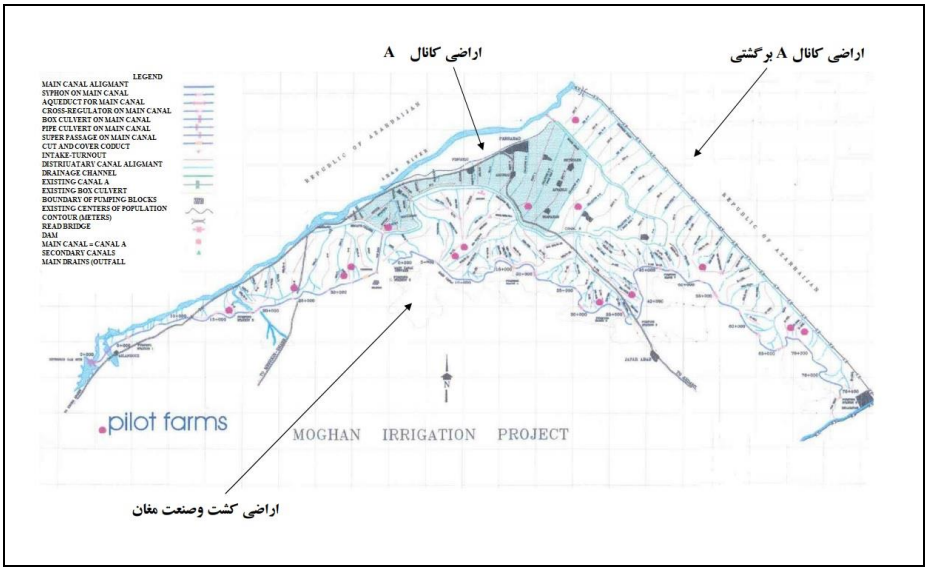
شبکهٔ آبیاری و زهکشی مغان

شبکهٔ آبیاری و زهکشی مغان نقش اساسی در رونق و توسعهٔ روزافزون کشاورزی منطقه دارد. شبکه‌های آبیاری و زهکشی، همان‌طور که از نامشان پیداست، به‌صورت توأمان برای تأمین آب و آبیاری اراضی کشاورزی از یک‌سو و جمع‌آوری آب‌های خروجی و زهاب‌ها از سوی دیگر ایجاد می‌شوند (Emami *et al*, 2020). شبکهٔ آبیاری و زهکشی مغان باهدف تأمین آب مورد نیاز ۹۰ هزار هکتار اراضی پایین‌دست دشت مغان احداث گردیده است. در حال حاضر این شبکه آب موردنیاز حدود ۶۴۰۰۰ هکتار از اراضی خالص شرکت‌های کشت و صنعت مغان و پارس و بخش خصوصی را تأمین می‌کند. کانال اصلی شبکه به طول ۱۷۶ کیلومتر و با ظرفیت ۸۰ مترمکعب در ثانیه است. کانال اصلی خاکی و بدون پوشش است و در سال‌های اخیر در راستای اجرای طرح‌های بهسازی عملیات پوشش کانال‌های درجه ۲ و ۳ آغاز گردیده است که در حال حاضر تقریباً تمام کانال‌های درجه ۲ دارای پوشش هستند (Akhavan *et al*, 2019).

بخش زیادی از کانال‌های درجه ۳ (۴۲ هزار هکتار) با استفاده از کانال‌های پیش‌ساخته بتنی بهسازی شده است. یعنی نزدیک به نصف اراضی زیر شبکهٔ آبیاری مغان (۹۰۴۰۰ هکتار) با کانال‌های پیش‌ساخته تجهیز شده است (Akhavan *et al*, 2019). موقعیت و نقشهٔ این شبکه به ترتیب در شکل ۱ و ۲ نمایش داده‌شده است.

شکل ۱-موقعیت جغرافیایی شبکه آبیاری و زهکشی مغان

Fig.1-Geographical location of Moghan irrigation and drainage network



شکل ۲- نقشهٔ شبکهٔ آبیاری و زهکشی مغان

Fig.2- Map of Moghan irrigation and drainage network

کانال‌های اصلی شبکهٔ آبیاری مغان از سد انحرافی با چهار دریچهٔ قوسی[1] با حداکثر دبی ۸۰ مترمکعب بر ثانیه در گشودگی صد در صد تغذیه می‌شود. این کانال که به‌عنوان کانال مادر عمل می‌کند خاکی است و پس از مشروب کردن اراضی مسیر به طول ۳۵ کیلومتر، به دریاچهٔ شبکه می‌ریزد. از دریاچه مجدداً کانال اصلی ادامهٔ مسیر می‌دهد و مسافتی حدود ۷۹ کیلومتر می‌پیماید و درنهایت در جنوب اراضی بابک و بیله‌سوار خاتمه می‌یابد. مجموع طول کانال اصلی قبل و بعد از دریاچه ۱۱۴ کیلومتر است. قبل از ورود آب کانال اصلی به دریاچه، یک‌رشته کانال اصلی به‌نام A از آن منشعب می‌شود که پس از طی ۳۹ کیلومتر و مشروب کردن اراضی مسیر، مجدداً ادامه می‌یابد که ادامهٔ آن را از این نقطه (کیلومتر ۳۹) به‌نام کانال A برگشتی می‌نامند که طول آن ۲۰ کیلومتر است. بنابراین مجموع طول کانال‌های A و A برگشتی حدود ۶۰ کیلومتر است (شکل ۲). برای اینکه تغییرات دبی جریان در کانال تأثیری روی دبی آبگیرها نداشته باشد، از ساختمان‌های تنظیم‌کننده استفاده می شود که در مجاورت و پایین‌دست آبگیرها روی کانال ساخته می‌شوند. تنظیم‌کننده‌های مجهز به دریچه‌های لغزنده (کشویی) به‌عنوان سازه‌های تنظیم‌کنندهٔ سطح آب در شبکهٔ آبیاری مغان به کار گرفته شده‌اند. این سازه‌ها به‌منظور تنظیم سطح آب در امتداد کانال و در جهت عمود بر جریان آب نصب‌شده‌اند و ارتفاعی ثابت برای آبگیرها ایجاد می‌کنند. این سازه‌ها را برای تنظیم سطح آب در بالادست یک ساختمان و کنترل جریان در پایین‌دست به کار می‌برند. وقتی در کانال دبی کم باشد، برای بالا آوردن سطح آب و منحرف کردن آن از سازه‌های تنظیم آب استفاده می‌شود. در این شبکه از دریچه‌های کشویی استفاده می شود که روی کانال‌های اصلی و درجه ۲ به‌منظور کنترل سطح آب و تنظیم جریان پایین‌دست تعبیه‌شده‌اند؛ این دریچه ها با جعبه‌دنده و با دست بالا و پایین برده می‌شوند. میزان دبی برای مصارف پایین‌دست را میراب‌ها کنترل و تنظیم می کنند (Akhondali,

1- Radial Gate

(2000. در شبکهٔ آبیاری مغان اصولاً برای سیستم انتقال و انشعاب آب از یک کانال به کانال‌های کوچک‌تر یا از کانال‌های درجه ۲ و ۳ به واحدهای زراعی، از آبگیرهای تعبیه‌شده روی کانال‌ها استفاده می‌شود. در این شبکه از آبگیرهای روزنه‌ای (دریچه کشویی) استفاده‌شده است.

نحوهٔ بهره‌برداری از شبکهٔ کانال‌های پیش‌ساخته در منطقهٔ مغان بدون هیچ مکانیسم خاصی، مثل شبکه کانال‌های سنتی است. نحوهٔ تحویل آب بدین ترتیب است که کشاورزان در زیرمجموعهٔ هر دریچه به‌صورت نوبتی از میراب مربوط درخواست آب می‌کنند و بر اساس درخواست آنها آب در کانال جریان می‌یابد و در اختیار کشاورزان قرار می‌گیرد. با توجه به نوع کشت غالب محصولات کشاورزی منطقه، تقریباً به‌غیراز سه ماه زمستان در سایر ماه‌های سال، آب در شبکه جریان دارد و کشاورزان بر اساس نوع کشت در اول فصل زراعی با شرکت بهره‌برداری از شبکه آبیاری و زهکشی قرارداد می‌بندند و بعدازآن بدون هیچ‌گونه محدودیتی در زمان درخواست بر اساس نوبت، آب در اختیار آنان قرار می‌گیرد و هیچ‌گونه اندازه‌گیری برای تحویل آب به کشاورزان در شبکه صورت نمی‌گیرد. زهکشی اراضی دشت در موقع احداث شبکه آبیاری مغان موردتوجه جدی طراحان طرح قرار نگرفته و در طرح مذکور فقط با احداث کانال‌های زهکشی سطحی، با جمع‌آوری زهاب‌های سطحی و سیلاب و انتقال آن به رودخانه ارس بسنده شده است. با توجه به اینکه زهکش‌های ساخته‌شده سطحی‌اند و کمترین تأثیر را در زهکشی عمقی اراضی دارند، این مسئله باعث شده تا باگذشت زمان سطح آب زیرزمینی در بعضی از نقاط اراضی شبکه بالا آید و زه‌دار شدن حدود ۲۰ هزار هکتار از اراضی مستعد منطقه را موجب شده است. قبل از بروز مسائل زه‌داری در منطقه اصولاً هیچ‌گاه زهکشی موردتوجه قرار نگرفته است. پس از بروز مسائل زه‌داری، در سال ۱۳۵۸ طرح‌های ضربتی برای مقابله با آن ارائه گردید. تاکنون در بخش‌های قابل‌توجهی از اراضی زیر کانال A، برگشتی A و منطقه بیله‌سوار طرح‌های زهکشی زیرزمینی لوله‌ای اجراشده یا در حال اجراست.

کانال پیش‌ساخته بتنی

یکی از روش‌های انتقال آب به قطعات زراعی، استفاده از کانال‌های پیش‌ساخته بتنی است. کانال پیش‌ساخته بتنی یا کانالت قطعاتی هستند با مقطع تقریبا نیم‌بیضی که در کارخانه‌های مخصوص ساخته می‌شوند. طول هر قطعه تقریباً ۵ متر است و به‌طورمعمول در اندازه‌های ۱۵۰، ۲۳۰، ۳۱۵، ۴۵۰ و ۶۰۰ ساخته می‌شوند. اعداد فوق بیانگر حجم آبی است (برحسب سی‌سی) که کانال پیش‌ساختهٔ بتنی ظرفیت آن را دارد که با شیب ۱ درصد با سرعت ۱ متر بر ثانیه آب را در خود جاری کند. اعداد فوق تیپ‌های مختلف کانال پیش‌ساخته بتنی شناخته می‌شوند. برای استقرار کانال پیش‌ساختهٔ بتنی روی زمین، نیاز به قطعاتی است که آنها هم به‌صورت پیش‌ساخته تهیه می‌شوند و عبارت‌اند از کفشک، پایه و زین که با توجه به ابعاد کانال پیش‌ساخته هر یک از این اجزا دارای ابعاد مخصوص به خود است. برای هر تیپ کانال پیش‌ساختهٔ بتنی، کفشک‌ها و زین‌ها ابعاد ثابتی دارند اما ارتفاع پایه‌ها، با توجه به خط پروژه مشخص‌شده در پروفیل طولی کانال پیش‌ساخته بتنی و با توجه به پستی‌وبلندی‌های زمین زراعی، متغیر هستند

(Ihavandi *et al.*, 2018).

روش پژوهش

در منطقهٔ مغان از زمان شروع احداث شبکهٔ کانال‌ها، پروژه‌های مختلفی توسط پیمانکاران طراحی و اجرا گردیده است که عبارت‌اند از: بابک و بیله‌سوار، کشت و صنعت مغان، زیر کانال D17L، D18L و D19L، زیر کانال برگشتی A، قطعه MCI-7&8. در این پژوهش ضمن بازدید از پروژه‌های احداث‌شده و بررسی نقشه‌ها و طرح‌های اجرایی کانال‌های پیش‌ساخته، سه کانال درجه‌دو از سه پروژهٔ کشت و صنعت مغان، کانال A برگشتی، MCI-7&8 به صورت تصادفی و برای نمونه به منظور آزمایش های لازم انتخاب شد؛ این کانال را سه شرکت مختلف و در زمان‌های متفاوت (به ترتیب طی سال‌های ۱۳۷۰ تا ۱۳۷۶، ۱۳۷۷، ۱۳۸۰ و ۱۳۸۱ تا ۱۳۸۶) اجرا کرده بودند. در انتخاب کانال‌های پیش‌ساختهٔ بتنی نمونه سعی شد کانال‌ها با عمر متفاوت و ساخت شرکت‌های مختلف باشد تا بتوان نتایج بررسی‌ها را برای کل شبکه توسعه داد. از سه پروژهٔ کشت و صنعت مغان، کانال A برگشتی و کانال A (MCI-7&8) با توجه به بررسی و بازدیدهای صحرایی به ترتیب ۱۸، ۲۰ و ۱۲ کانال برای اندازه‌گیری‌ها و سایر بررسی‌های لازم انتخاب گردید. راندمان انتقال بر اساس روش اندازه‌گیری دبی ورودی - خروجی در کانال‌های پیش‌ساختهٔ بتنی نمونه تعیین گردید.

بدین منظور در زمان بالاترین مقدار جریان آب، سرعت جریان آب در ابتدا و انتهای بازه‌ای به طول حدود ۵۰۰ متر از کانال مورداشاره، با استفاده از جریان‌سنج فلومتر - التراسونیک مدل Main Stream, AV–Flowmeter در سه تکرار اندازه‌گیری شد. در شکل ۳، سرعت‌سنج مورداستفاده و روش تعیین سرعت نشان داده‌شده است.

شکل ۳-اندازه‌گیری سرعت جریان آب

Fig.3- Measuring the speed of water flow

E_c=راندمان انتقال (درصد)؛ Q_d=دبی آب خروجی از بازه موردنظر؛ Q_c =دبی آب ورودی.

لازم است یادآوری شود برای به دست آوردن راندمان انتقال باید پس از برقراری پایداری جریان شبکه و نبود نوسان سیستم جریان، نسبت بین دبی خروجی و دبی ورودی اندازه‌گیری و محاسبه گردد که در این روش، کلیهٔ تلفات انتقال آب از قبیل

با اندازه‌گیری سطح مقطع جریان در محل آزمایش مقادیر دبی ورودی و خروجی از بازه موردبررسی مقدار راندمان انتقال با استفاده از رابطه ۱ محاسبه گردید.

$$E_c = \frac{Q_d}{Q_c} \times 100 \qquad (۱)$$

که در آن،

آب از کانال و نشت از درزهای اتصال کانال‌هاست. همچنین، نتایج حاصل از اندازه‌گیری راندمان در کانال‌های درجه ۳ (کانال پیش‌ساختهٔ بتنی) منشعب از کانال‌های درجه ۲، DC-5، DC-6 و DC-2 واقع در قطعهٔ MC-I/6 مربوط به اراضی کانال A برگشتی در جدول ۲ و ۳ و نتایج مربوط به کانال‌های منشعب از کانال درجه ۲ به نام M واقع در قطعه Mc-I/7&8 از اراضی زیر کانال A در جدول ۳ ارائه‌شده است با توجه به ارقام ارائه‌شده در جدول‌های ۱، ۲ و ۳ مشاهده می‌شود که میانگین راندمان انتقال در کانال‌های گفته شده در سه پروژه موردبررسی یعنی اراضی کشت و صنعت، کانال برگشتی و اراضی زیر کانال به ترتیب ۸۷/۶، ۹۰/۲ و ۸۶/۵ درصد و میانگین کل کانال‌های مورداشاره و بررسی در شبکه مغان حدود ۸۹ درصد است. با توجه به اینکه بخشی از تلفات آب در حین انتقال اجتناب‌ناپذیراست، راندمان انتقال در مجاری روباز به‌ندرت بیش از ۹۵ درصد گزارش شده است. این رقم در شبکه‌های آبیاری و زهکشی ایران به‌طور متوسط ۸۷ درصد است (Abbasi *et al*, 2009). از این رو با توجه به متوسط راندمان انتقال در سطح کشور می‌توان نتیجه گرفت راندمان انتقال در کانال‌های پیش‌ساختهٔ بتنی شبکهٔ مغان تقریباً در حد متوسط کشوری است. این رقم با توجه به هزینه‌ها و شرایط خاص کانال‌ها قدری کمتر از حد انتظار است. یکی از دلایل عمدهٔ پایین بودن راندمان، وجود مسائل و مشکلات موضعی مانند سرریز آب از کانال و نشت از درزهای اتصال کانال‌های پیش‌ساختهٔ بتنی است که با تمهیدات مدیریتی و رعایت اصول بهره‌برداری و نگهداری به‌راحتی قابل ارتقااست.

تلفات ناشی از نشت آب در مسیر کانال، تلفات در ابنیه و تلفات ناشی از تبخیر آب در مسیر کانال به دست می‌آید. در کنار اندازه‌گیری راندمان، برخی اندازه گیری‌های دیگر نیز صورت گرفت مانند کاهش ضایعات زمین از طریق اندازه‌گیری مساحت اشغال‌شده زمین در هکتار در انتقال آب به‌وسیلهٔ کانال پیش‌ساختهٔ بتنی، همچنین انتظار کشاورزان برای دریافت آب با استفاده از زمان لازم برای رسیدن آب از محل تقسیم به قطعهٔ زراعی. به‌عنوان بخشی از پژوهش، مسائل بهره‌برداری و نگهداری نیز بررسی شدند. در این جهت با تهیهٔ عکس، گفتگو با کشاورزان، میراب‌ها و سایر عوامل ذی‌ربط، به بررسی این مسائل پرداخته شد. سرانجام با تجزیه‌وتحلیل نتایج اندازه‌گیری و مشاهدات و بررسی‌های مسائل فنی، اجتماعی، بهره‌برداری و نگهداری شبکهٔ کانال‌ها، وضعیت موجود و مشکلات شبکه بررسی و پیشنهادهای لازم برای بهبود وضعیت موجود ارائه گردیده است.

نتایج و بحث

راندمان انتقال

نتایج حاصل از اندازه‌گیری راندمان انتقال در کانال‌های درجه ۳(کانال پیش‌ساختهٔ بتنی) اراضی کشت و صنعت مغان منشعب از کانال‌های درجه ۲ (D7 و D1-L)در جدول ۱ گزارش‌شده است. طبق جدول ۱، راندمان انتقال در اغلب کانال‌های درجه ۳ اراضی کشت و صنعت، به‌جز دو مورد از کانال D7 (کانال‌های شماره ۷ و ۸) و یک مورد از کانال D1-L (کانال پیش‌ساختهٔ بتنی شمارهٔ ۳)، بیش از ۹۰ درصد است. البته کم بودن راندمان در کانال‌های مورداشاره به دلیل مشکلات موضعی ناشی از سرریز

جدول ۱-مقادیر راندمان انتقال در کانال‌های پیش‌ساختهٔ بتنی منشعب از کانال D7 و D1-L اراضی کشت و صنعت

Table 1 - conveyance efficiency values in canalettes branching from D7 and D1-L canals of agro-industry company farms

کانال D7 (D7 canal)			کانال D1-L(D1-L canal)		
شماره کانال پیش‌ساخته بتنی Canalette number	تیپ کانال پیش‌ساخته بتنی Canalette type	راندمان انتقال (٪) Conveyance efficiency (%)	شماره کانال پیش‌ساخته بتنی Canalette number	تیپ کانال پیش‌ساخته بتنی Canalette type	راندمان انتقال (٪) Conveyance efficiency (%)
1	450	85.4	1	450	87.5
2	450	94.4	2	450	89.5
3	450	92	3	450	85.8
4	450	93.4	4	315	89.8
5	315	87.1	5	315	89.1
6	315	95.1	6	315	93.7
7	315	68.1	7	230	88.2
8	230	70.7	-	-	-
9	230	89.7	-	-	-
میانگین	-	86.21	میانگین	-	89

جدول ۲-مقادیر راندمان انتقال کانال‌های پیش‌ساختهٔ بتنی منشعب از کانال درجه‌دو DC-5 و DC-6 اراضی کانال A برگشتی

Table 2– conveyance efficiency values in canalettes branching from DC-5 and DC-6 canals of returned A canal lands

کانال DC-5(DC-5 canal)			کانال DC-6(DC-6 canal)		
شماره کانال پیش‌ساخته بتنی Canalette number	تیپ کانال پیش‌ساخته بتنی Canalette type	راندمان انتقال (٪) Conveyance efficiency (%)	شماره کانال پیش‌ساخته بتنی Canalette number	تیپ کانال پیش‌ساخته بتنی Canalette type	راندمان انتقال (٪) Conveyance efficiency (%)
1	450	93.6	1	450	91
2	450	94.4	2	450	83.1
3	450	91.4	3	315	89.3
4	450	88.7	4	230	94.5
5	450	95.1	-	-	-
6	315	92.4	-	-	-
7	315	94.1	-	-	-
8	315	89.7	-	-	-
9	315	88.1	-	-	-
10	315	94.1	-	-	-
میانگین	-	92.16	میانگین	-	89.47

جدول ۳-مقادیر راندمان انتقال کانال پیش‌ساختهٔ بتنی‌های منشعب از کانال درجه‌دو DC-2 اراضی کانال A برگشتی و کانال درجه‌دو M از اراضی زیر کانال A

Table 2- conveyance efficiency values in canalettes branching from DC-2 canal of returned A canal lands and M canal from lands under canal A

کانال DC-2 (DC-2 canal)			کانال M (M canal)		
شماره کانال پیش‌ساخته بتنی Canalette number	تیپ کانال پیش‌ساخته بتنی Canalette type	راندمان انتقال (٪) Conveyance efficiency (%)	شماره کانال پیش‌ساخته بتنی Canalette number	تیپ کانال پیش‌ساخته بتنی Canalette type	راندمان انتقال (٪) Conveyance efficiency (%)
1	450	89.9	1	450	91.5
2	450	85.7	2	450	85.2
3	450	89.7	3	450	88.8
4	450	88.7	4	450	86.2
5	450	90.1	5	450	58.4
6	450	93.7	6	450	90.6
-	-	-	7	450	88.4
-	-	-	8	315	89.6
-	-	-	9	315	91.3
-	-	-	10	315	94.6
-	-	-	11	315	89.9
-	-	-	12	230	85.2
میانگین	-	89.6	میانگین	-	86.77

تلفات زمین

علاوه بر راندمان انتقال کانال‌های پیش‌ساختهٔ بتنی، تلفات زمین و زمان انتظار کشاورزان نیز در این پژوهش اندازه‌گیری شد. با توجه به طراحی مسیر و ابعاد بهینه در سیستم شبکهٔ کانال‌ها نسبت به کانال‌های انتقال سنتی و خاکی، سطح کمتری از زمین‌های زراعی اشغال می‌شود. کاهش تلفات زمین در مناطقی مثل مغان که ارزش اقتصادی زمین بالاست، اهمیت بالایی دارد. برای به دست آوردن تلفات زمین، ضمن بررسی نقشه‌ها و گزارش‌های پروژه‌ها طول کانال پیش‌ساختهٔ نصب‌شده و مساحت تحت پوشش پروژه‌ها استخراج شد و با در نظر گرفتن عرض میانگین کانال و همچنین ۱ متر عرض حریم از هر دو طرف (با مجموع ۲ متر) عرض میانگین کل برای سه زیر حوزه به دست آمد که نتایج حاصل در جدول ۴ آورده شده است. چنانچه مشاهده می‌شود تلفات زمین در اراضی کشت و صنعت که به‌صورت یکپارچه قطعه‌بندی شده است به‌مراتب کمتر از تلفات زمین دراراضی کشاورزان است. اراضی کشاورزان که در زمان واگذاری به‌صورت قطعات ۱۲ و ۶ هکتاری بوده، باگذشت زمان خردشده و به قطعات کوچک تقسیم‌شده است. چنانچه مشاهده می‌شود در بهسازی اراضی، نقش یکپارچه‌سازی می‌تواند در توسعه سامانه‌های انتقال آب قابل‌توجه باشد.

جدول ٤- میزان تلفات زمین در پروژه‌های مختلف

Table 4- Land loss rate in different projects

پروژه Project	مساحت (هکتار) Area (ha)	طول کانال پیش‌ساخته بتنی(کیلومتر) Canalette length (km)	طول کانال پیش‌ساخته بتنی(متر در هکتار) Canalette length (m/ha)	میانگین عرض کانال و حریم (متر) Average channel width and exclusion (meters)	مساحت اشغال‌شده (مترمربع در هکتار) Occupied area (m^2/ha)
کشت و صنعت و دام‌پروری مغان Moghan Agro-Industry & Livestock Co	10000	100	10	2.83	28.3
اراضی زیر کانال برگشتی A Downstream lands of the return canal A	8750	230	26	2.91	76.5
اراضی زیر کانال A Downstream lands of the canal A	10585	180	17	2.89	49.1
متوسط Mean	-	-	-		51.3

انتظار کشاورزان برای دریافت آب

اگر فرض کنیم که سرعت متوسط آب ۱ متر بر ثانیه باشد، زمان انتظار کشاورزان از دریچهٔ آبگیری تا سر مزرعه به ازای هر کیلومتر حدود ۱۶/۵ دقیقه است. در این تحقیق، با اندازه‌گیری طول بازهٔ دریچه تا سر مزرعه و قرار دادن یک بطری خالی و یادداشت‌برداری زمان رسیدن آن به مزرعه، زمان انتظار کشاورزان به دست آمد که این مقدار در پروژه‌های مختلف در جدول ۵ آورده شده است. در این جدول می‌توان زمان انتظار به ازای سرعت کانال را با زمان انتظار با فرض سرعت ۱ متر بر ثانیه مقایسه کرد. بالا بودن زمان انتظار کشاورزان به این دلیل است که در اکثر مواقع سرعت جریان آب در کانال‌ها کمتر از سرعت متوسط است که این مسئله باعث بیشتر شدن زمان لازم برای رسیدن به سر مزرعه می‌شود.

جدول ۵-زمان انتظار کشاورزان در پروژه‌های مختلف

Table 5-Waiting time for farmers in different projects

پروژه Project	کشت و صنعت مغان Moghan agro-industry company farms	اراضی زیر کانال برگشتی A returned A canal lands	اراضی زیر کانال A lands under canal A	متوسط Average
زمان انتظار (دقیقه) در هر کیلومتر	33.62	36	41.5	37

ارزیابی کانال‌های پیش‌ساختهٔ بتنی ازنظر بهره‌برداری و نگهداری

شبکهٔ آبیاری مغان مشکلات زیادی دارد که یکی از اساسی‌ترین آنها نبود سیستم بهره‌برداری و نگهداری مناسب از شبکه است. این موضوع سبب شده است که به‌رغم سرمایه‌گذاری‌های سنگین برای احداث شبکه ، هدف نهایی آن که استفاده بهینه از آب است تحقق نیابد، به‌طوری‌که راندمان مصرف آب در منطقه مغان خیلی پایین‌تر از حد قابل‌قبول است. حدود ۳۰ تا ۴۰ درصد آب انحرافی از رودخانهٔ ارس که با صرف هزینه‌های زیاد در شبکه جریان می‌یابد، بدون استفاده از دسترس خارج و از طریق زهکشی‌های خروجی (سطحی) بار دیگر به رودخانهٔ ارس تخلیه می‌شود. البته این موضوع جدا از مقدار آبی است که به علت آبیاری بی‌رویه در مزارع از دسترس گیاه خارج و در مواقعی نیز موجب زه‌دار شدن اراضی مزروعی می‌شود. باید با بررسی‌ها و ارزیابی مشکلات موجود در شبکه، به بهبود وضعیت موجود دست زد و با ارائهٔ مدیریت بهره‌برداری کارآمد، از هدر رفتن آب جلوگیری کرد و با آب صرفه‌جویی شده زمین‌های بایر را زیر کشت برد و با توجه به اینکه وسعت اراضی بایر مستعد کشاورزی در منطقه زیاد است، اهمیت این مسئله دوچندان می‌شود. در این زمینه، مشکلات بهره‌برداری شبکه، خصوصاً کانال‌های موجود در شبکه بررسی شد و ضمن بازدیدهای محلی و گفتگو با کارشناسان، مهندسان مشاور و تکنسین‌های شاغل در شبکه، مسائل و مشکلات موجود بررسی گردید که در ادامه یافته‌های مربوط در این زمینه ارائه می‌گردد. نتایج بازدیدهای محلی در خصوص مشکلات نگهداری و بهره‌برداری کانال‌های پیش‌ساختهٔ بتنی در قالب چهار زیربخش ارائه می‌شود.

وضعیت واشرهای آب‌بندی و تکیه‌گاهی کانال‌های پیش‌ساختهٔ بتنی

کانال‌های نیم لوله بتنی به‌صورت قطعات ۵ تا ۷ متری ساخته و به‌وسیلهٔ زین پیش‌ساخته روی پایه‌ها قرار می‌گیرند و به‌صورت کانال هوایی درمی‌آیند. هر قطعه نیم لوله در دو انتهای خود با واشرهایی که علاوه بر نقش تکیه‌گاه، وظیفهٔ آب‌بندی را نیز بر عهده می‌گیرند، روی زین قرار داده می‌شود. واشرها باید آب‌بندی در محل زین را به‌طور کامل تأمین کنند. در بازدیدها و بررسی‌ها معلوم شده که آب‌بندی‌نشدن کامل واشرها یکی از اساسی‌ترین معضل‌های کانال‌های پیش‌ساخته به شمار می‌رود. درنتیجهٔ کارایی نامناسب واشرها، کشاورزان خود به آب‌بندی‌های غیراصولی دست می‌زنند ازجمله استفاده از قیر، بتن، حتی پلاستیک (شکل ۴). شکل a -۴ آب‌بندی غیراصولی درز بین قطعات کانال پیش‌ساخته بتنی با قیر، شکل b - ۴ آب‌بندی غیراصولی با استفاده از بتن، شکل c - ۴ تخریب واشر آب‌بندی کانال پیش‌ساختهٔ بتنی توسط دامداران به‌منظور تامین آب دام‌ها، و شکل d - ۴ نشت آب شدید از محل تخریب واشر آب‌بندی کانال پیش‌ساخته بتنی را نشان می‌دهد.

شکل ٤-آب‌بندی غیراصولی اجراشده(a و b) و تخریب واشر آب‌بندی و نشت آب از آن (c و d)

Fig.4- Unprincipled sealing implemented (a and b) and destruction of sealing washers and water leakage from it (c and d)

تجمع رسوب و رشد علف‌های هرز

شرایط اقلیمی دشت مغان به‌گونه‌ای است که رشد علف‌های هرز و گیاهان نا به‌جا در اکثر ماه‌های سال ادامه دارد و با توجه به شرایط مناسب رشد در اغلب کانال‌های آبیاری خاکی، علف‌های هرز بدون وقفه رشد می‌کنند و به‌صورت گسترده در سطح کانال‌های شبکه به چشم می‌خورند(شکل ۵). رشد علف‌های هرز در حریم و کنار کانال و حتی گاهی در داخل کانال، در روند انتقال آب و عمر کانال‌ها ایجاد مشکل می‌کند (شکل ۶). انتقال بذر این علف‌ها با آب به داخل مزارع باعث ایجاد خسارت می‌شود که مبارزه با این معضل ضرورت دارد.

لایروبی به‌موقع و سالیانهٔ کانال، به‌ویژه در فصل غیر زراعی، به‌منظور جلوگیری از تجمع بیش‌ازحد رسوبات و از بین بردن علف‌های هرز به‌طور مستمر توسط متولیان، بهره‌برداران و یا تشکل‌های ذی‌ربط می‌تواند از بروز وضعیت یادشده جلوگیری نماید و یا حداقل اثر آن را کم کند.

شکل ٥-رشد علف‌های هرز در کانال خاکی

Fig.5- Weed growth in the soil canal

شکل ٦-رشد علف هرز در حریم کانال پیش‌ساختهٔ بتنی(a و b)، در داخل کانال پیش‌ساختهٔ بتنی(c) و کانال درجه ۲ بتنی(d)

Fig.6- Weed growth around canalette (a and b), inside canalette (c) and grade 2 concrete canal (d)

تخریب‌های موضعی و بهره‌برداری نامناسب

در بازدیدها موارد متعددی در خصوص تخریب موضعی و در برخی موارد نیز تخریب کلی در سطح شبکه مشاهده شد. برخی از این موارد به دلیل ضعف در طراحی و اجرای شبکهٔ کانال پیش‌ساخته بتنی و بی توجه بودن در برابر شرایط ژئوتکنیکی بستر بوده است. ولی اغلب تخریب‌های موضوعی به‌صورت تعمدی و به‌منظور آبگیری از شبکه توسط بهره‌برداران صورت گرفته است. به‌طورمعمول و درصورتی که تقسیم‌بندی قطعات زراعی مبنایی مناسب داشته باشد، سازه‌های آبگیر به‌طور متوسط در فاصله‌هایی بین ۲۰۰ تا ۲۵۰ متر طراحی و اجرا می‌شوند، اما در عمل به علت تقسیمات نامناسب و برای رفع معضلات اجتماعی بعدی، در این پروژه‌ها سازه‌های آبگیر به‌طور متوسط در فاصله‌های ۱۰۰ متر ساخته‌شده‌اند. این موضوع علاوه بر ایجاد مشکلات اجرایی و از جمله طولانی شدن زمان اجرای پروژه‌ها، باعث افزایش هزینه‌های اجرایی نیز می‌شود. باوجود کارگذاری و لحاظ کردن بیش از حد معمول و متعارف آبگیر در مسیر کانال‌های پیش‌ساختهٔ بتنی، هنوز هم بهره‌برداران آبگیر باسلیقه خود آبگیر تعبیه می‌کنند. یکی از دلایل این کار تقسیم قطعات زراعی بین شرکا و وراث است. به‌منظور رفع مشکلات فوق، استفاده از سیفون (آب‌شویه) کانال در شبکه‌های فرعی آبیاری که در آنها کانال پیش‌ساخته هوایی اجراشده است به‌عنوان یک راهکار ساده و کم‌هزینه و درعین‌حال کارآمد پیشنهاد شده است. در بازدیدها تنها دو مورداستفاده از سیفون اما تعداد زیاد آبگیری نامناسب، تخریب و تعبیهٔ دریچه دیده شد. در این خصوص ضروری است به‌منظور حفاظت از کانال و بهره‌برداری بهینه، استفاده از سیفون به‌عنوان روش مناسب آبگیری برای بهره‌برداران توصیه و ترویج گردد. شکل a - ۷ و شکل b - ۷ آبگیری با سیفون کانال پیش‌ساختهٔ بتنی را به‌عنوان راه‌حل اصولی به‌منظور بهره‌برداری بهینه نشان می‌دهند. شکل c - ۷ آبگیری غیراصولی از کانال پیش‌ساختهٔ بتنی با سازهٔ دست‌ساز و شکل d - ۷ تخریب دیواره کانال پیش‌ساختهٔ بتنی برای

آبگیری غیرمجاز را نشان می‌دهد. شکل e - ۷ تخریب سازه کانال مورداشاره به دلیل اجرای نامناسب سازه و شکل f - ۷ تخریب دریچه‌های مقسم کانال‌ها را نشان می‌دهد. شکل g - ۷ و شکل h - ۷ جابه‌جایی و تخریب سازهٔ کانال پیش‌ساختهٔ بتنی در اثر بی‌توجهی به شرایط و خصوصیات بستر را نشان می‌دهد. شکل i - ۷ شکل g - ۷ و شکل l - ۷ رعایت‌نشدن اصول بهره‌برداری از طریق آبگیری بیش از ظرفیت در کانال پیش‌ساخته بتنی رانشان می‌دهد که موجب به وجود آمدن مشکلاتی به‌خصوص در فصل یخبندان (شکل k - ۷) شده است.

شکل ۷-آبگیری اصولی و غیراصولی، تخریب‌های موضعی و بهره‌برداری نامناسب

Fig.7- Principled and unprincipled dewatering, localized damage and inappropriate exploitation

بهره‌برداری و نگهداری از کانال‌های پیش‌ساختهٔ بتنی

تاکنون در محدوده ۴۳۰۰۰ هکتار از اراضی منطقه، سیستم کانال درجه سه پیش‌ساختهٔ بتنی با طول تقریبی ۷۵۰ کیلومتر احداث‌شده و در حال بهره‌برداری است، اما این پروژه بزرگ که طبیعتاً سرمایه‌گذاری عظیمی نیز در آن صورت گرفته است، دارای تشکل مستقل و مشخص برای بهره‌برداری و

نگهداری نیست که این مسئله باعث شده تا در برخی از قسمت‌ها با تخریب جزئی، کانال از بهره‌برداری ساقط شود. ایجاد تشکل بهره‌برداری و نگهداری با داشتن امکانات مناسب برای این پروژه‌ها ضروری است. این تشکل می‌تواند با حمایت و امکانات سازمان جهاد کشاورزی و از خود کشاورزان تشکیل شود تا آنها نگهداری و بهره‌برداری از کانال‌های پیش‌ساختهٔ بتنی را بر عهده بگیرند.

نتیجه‌گیری

نتایج این بررسی نشان می‌دهد که راندمان انتقال آب کانال‌های پیش‌ساختهٔ بتنی در اراضی کشت و صنعت مغان ۸۹ درصد، در اراضی کانال A برگشتی، ۸۹/۴۷ درصد و در زیر کانال A، ۸۶/۷۷ درصداست، متوسطه انتظار کشاورزان برای دریافت آب ۳۷ دقیقه به‌ازای هر کیلومتر کانال و تلفات زمین درنتیجهٔ اجرای کانال پیش‌ساختهٔ بتنی ۵۱/۳ مترمربع به‌ازای هر هکتار برآورد شده است. نتایج بررسی مشکلات مربوط به نگهداری و بهره‌برداری کانال پیش‌ساختهٔ بتنی نشان می‌دهد کارایی نامناسب واشرهای آب‌بندی، رشد گیاهان آبزی، تخریب ابنیه و دریچه‌ها، آبگیری غیراصولی، شکستگی و ترمیم نشدن کانال‌های درجه ۳ و آب‌گیری بیش از ظرفیت و مهم‌تر از همه، نبود تشکل بهره‌برداری و نگهداری از مشکلات عمدهٔ احداث کانال‌های پیش‌ساختهٔ بتنی در سطح منطقه است. با توجه به مجموعهٔ مطالعات و بررسی‌ها برای بهبود و ارتقای وضع موجود، پیشنهادها و راهکارهای زیر ارائه می‌شوند.

۱) ایجاد تشکل بهره‌برداری و نگهداری از کانال‌های درجه سه (کانال‌های پیش‌ساختهٔ بتنی) با داشتن امکانات مناسب و با حمایت سازمان جهاد کشاورزی به‌عنوان متولی شبکهٔ کانال‌های درجه سه و همچنین مشارکت سایر دستگاه‌های ذی‌نفوذ و ذی‌نفع و به‌ویژه بهره‌برداران یکی از گام‌های اساسی و اجتناب‌ناپذیر در بهبود عملکرد و ارتقای مدیریت بهره‌برداری و نگهداری است.

۲) مبارزه با رشد علف‌های هرز در داخل و حریم کانال‌ها باید در برنامهٔ سالانه بهره‌برداری و نگهداری شبکه لحاظ شود.

۳) لایروبی کانال‌های پیش‌ساختهٔ بتنی و بازبینی و اصلاح مشکلات فنی موجود در شبکه طی یک برنامهٔ سالانه و مستمر امری ضروری است.

۴) بهسازی کانال‌ها و سازه‌های تخریب‌شده که باعث افزایش عمر سازه می‌شود.

۵) جلوگیری از استفادهٔ بیش از ظرفیت کانال پیش‌ساختهٔ بتنی باید در برنامه گنجانده شود زیرا این مسئله موجب تخریب سازه می‌شود.

۶) آموزش کشاورزان برای نگهداری و بهره‌برداری درست از کانال‌ها (با ایجاد تشکل بهره‌برداری و نگهداری از کانال‌های مورداشاره، موارد ۲ تا ۵ می‌تواند توسط این تشکل عملی گردد).

۷) ضروری است به‌منظور حفاظت از کانال و بهره‌برداری بهینه، استفاده از سیفون به‌عنوان روش مناسب آبگیری برای بهره‌برداران توصیه و ترویج گردد.

۸) بررسی فنی و تحقیق برای ارائه روش مناسب آب‌بندی بین قطعات کانال‌ها به‌جای آب‌بندی غیراصولی و نامناسب (آب‌بندی غیراصولی، هم از طریق سازندگان و هم در مواردی از طرف کشاورزان ایجاد گردیده است).

مراجع

Abbasi, N., Bahramloo, R., Keramati, M.& Yarqoli, B. (2009). Develop a strategic research plan to improve and optimize irrigation and drainage networks (Research Plan), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Iran. (In Persian)

Abdu, T., El gamri, T., Magid, A., & Magid, I. (2011). Design characteristics of open irrigation channel concrete lining as applied to Rawakeeb research station canal, Sudan Academy of Sciences Journal, 4(1), 1-16.

Abuzeid, T. S. (2021). Conveyance losses estimation for open channels in middle Egypt (case study: Almanna main canal, and its distributaries). Journal of Engineering Sciences, 49(1), 64-84.

Akhavan Giglou, k., KheiryGhojeh Biglou, M., Mehrparvar, B. & Shokat Naghadeh, A. (2019). Investigating amount of leakage, sediment and durability in geosynthetic cover of pumping channel 3 at irrigation network of Moghan. *Revista Geoaraguaia*, 9(2), 37-48.

Akhondali, A. (2000). Comparison of land waste, water efficiency and farmers' expectation to receive water in traditional and prefabricated third degree channels in Dez irrigation network. *The Tenth Seminar of the National Irrigation and Drainage Committee*. Nov. 15-16. Tehran, Iran. (In Persian)

Aldakheel, Y., & Zeineldin, F. (2007). Improving conveyance and distribution efficiency through conversion of an open channel lateral canal to a low-pressure pipeline at Al-Hassa Irrigation Project, Saudi Arabia. Arabian Journal for Science and Engineering, 32(1C), 77-86.

Asghari, B. &Sadeghzadeh Sadat, M. (2015). Estimation of water requirements for agricultural products by FAO-56 Penman-Monteith method in Moghan irrigation and drainage network. *The Second National Conference on Agricultural Engineering and Management, Environment and Sustainable Natural Resources*. Mar. 11. Tehran, Iran. (In Persian)

Bahramloo, R., Abbasi, N., mamnnposh, A., Akhavan, K., Riahi, H. (2017). Evaluation of conveyance efficiency and water seepage loss in irrigation canals with HDPE geomembrane lining in plains of Zaiandeh-rood, Moghan and Kerman. Iranian Journal of Soil and Water Research, 48(4), 725-735. (In Persian)

Chang, T. H., Huang, S. T., Chen, S., & Lai, J. C. (2010). Estimation of manning roughness coefficients on precast ecological concrete blocks. Journal of Marine Science and Technology, 18(2), 308-316.

Dolatkhah, S. (2016). Correction of experimental equations of water leakage in Moghan irrigation and drainage network channels. *First International Conference on Water, Environment and Sustainable Development*. Sep. 27-29. Ardabil, Iran. (In Persian)

Emami, S., Choopan, Y., Kheiry goje biglo, M., Hesam, M. (2020). Optimal and economic water allocation in irrigation and drainage network using ICA algorithm (case study: Sofi-Chay network). Irrigation and Water Engineering, 10(3), 220-234.

Faridi, M., Nouri Malaler, K. & Rauf, M. (2011). Effect of irrigation efficiency on the amount of drained water from the drainage network of Moghan plain. *First National Congress of New Agricultural Sciences and Technologies*. Sep. 10-12. Zanjan, Iran. (In Persian)

Han, X., Wang, X., Zhu, Y., Huang, J., Yang, L., Chang, Z., & Fu, F. (2020). An experimental study on concrete and geomembrane lining effects on canal seepage in arid agricultural areas. Water, 12(9), 1-21.

Haghayeghi Moghadam, SA., Dehghanian, SA., Akhavan, K., Hassanoghli, A.& Baharloo, A. (2007). Investigation and research on the efficiency of appropriate formulas for determining the distance of subsurface drains (Research Plan), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Iran. (In Persian)

Ihavandi R., Holakoii, H. and Haghigi, A. (2018). Ramshir Irrigation and Drainage Sub-Network. Internship report. Khuzestan Jihad University Higher Education Institute-Ahvaz Branch.

Jafari, H. & Ahmadnejad, A. (2011). Hydraulic investigation of the main channel of Moghan irrigation and drainage network with HEC-RAS model. *Third National Conference on Irrigation and Drainage Networks Management*. Feb. 20-21. Ahvaz, Iran. (In Persian)

Jamali, R., Besharat, S., Yasi, M., & Amirpour Deylami, A. (2018). Assessment of the Application Efficiency, Water Use Efficiency and Productivity of Irrigated Water in the Urmia Lake Basin (Case Study: Zarineh Rood irrigation and Drainage Network). Journal of Water and Soil Science (Science and Technology of Agriculture and Natural Resources), 22(3), 117-130. (In Persian)

Kang'au, SN., Home, P. G., Gathenya, J. M. (2011). Farm water use efficiency assessment for smallholder pumped irrigation systems in the arid and semi-arid areas of Kenya, Agricultural Engineering International: CIGR Journal, 13(4), 1-13.

Karimi Avargani, H., Hashemy Shahdany, S., Hashemi Garmdareh, S., Liaghat, A. (2020). Determination of Water Losses through the Agricultural Water Conveyance, Distribution, and Delivery System, Case Study of Roodasht Irrigation District, Isfahan. Water and Irrigation Management, 10(1), 143-156. (In Persian)

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. doi: 10.22092/idser.2019.124750.1368

Kilic, M., & Tuylu, G. I. (2011). Determination of water conveyance loss in the ahmetli regulator irrigation system in the lower Gediz Basin Turkey. Irrigation and drainage, 60(5), 579-589.

Mohammadi, A., Rizi, A. P., & Abbasi, N. (2019). Field measurement and analysis of water losses at the main and tertiary levels of irrigation canals: Varamin Irrigation Scheme, Iran. Global Ecology and Conservation, 18, 1-10.

Mohammadzadeh Haji Khanlou, H., Houshmand, A., Hossein Alizadeh, M. & Moradzadeh, M. (2012). Estimation and volumetric distribution of water required for irrigation network using Geographic Information System (GIS) (Case study: Moghan Irrigation and Drainage Network). *Third National Conference on Comprehensive Management of Water Resources*. Sep. 11-12. Sari, Iran. (In Persian)

Monem, M., Hashemy shahdany, S. & Eslambolchizadeh, H. (2017). Role of regulating reservoir operational management in performance improvement of Moghan irrigation network. *Journal of Water Research in Agriculture*, 31.4(4), 535-545. (In Persian)

Salamati, N., Varjavand, P., Absalan, S., Azizi, A., Goosheh, M. (2020). Evaluation of the Water Conveyance Efficiency of Concrete Lined and Earth Channels in Khuzestan Province. Journal of Water Research in Agriculture, 34.1(1), 151-165. (In Persian)

Sen, R., Fahmida, M., Akter, I., & Rity, M. (2018). Determination of conveyance loss through earthen channel by cutthroat flume. International Journal of Hydraulic Engineering, 7(1), 11-14.

Shumye, A., & Singh, P. (2018). Evaluation of canal water conveyance and on-farm water application for a small-scale irrigation scheme in Ethiopia. International Journal of Water Resources and Environmental Engineering, 10(8), 100-110.

Irrigation and Drainage Structures Engineering Research/Vol.22/No.83/ Summer 2021/P:21-42

Investigation on Conveyance Efficiency and Operation Issues of Precast Concrete Channels (Canalette) in Moghan Irrigation Network

K. Akhavan*, N. Abbasi, Milad Kheiry Ghojeh Biglou and H.Ahmadpari

* Corresponding Author: Assistant Professor, Agricultural Engineering Research Department, Ardabil Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Ardabil, Iran. Email: akhavang120@gmail.com
Received: 19 April 2021, Accepted: 4 July 2021

Extended Abstract

ntroduction

Moghan irrigation network is also facing the problem of water losses similar to other projects. In recent years, more than 43,000 hectares of tertiary irrigation canals has been lined using precast concrete channels (Canalette). The main purposes of the project were; improving irrigation efficiency, increasing water use efficiency, reducing waiting period to get water, and preventing water loses. But the project due to weaknesses in various stages of design, construction, operation and maintenance were faced with numerous issues and problems. In this research, the performance of construction canalette in terms of conveyance efficiency and network operation and maintenance problems have been investigated.

Methodology

To do this, 40 canalettes were chosen after various visits to the different projects area and reviewing the existing related documents. In order to calculate conveyance efficiency, the inflow and outflow values of the channels were measured. In order to estimate the waiting time for farmers to receive water, the time required for water to reach from the water dividing site to the field was measured. The amount of land losses in each project was determined according to the availability of information such as the length of the canalette and considering the average width of 2 meters for the canalette and also the specificity of the area covered by the projects. In addition, by taking photos, talking to farmers, water distributors and other relevant factors, exploitation and maintenance issues were investigated. Field observations from the study of technical and social issues, issues related to the operation and maintenance of the canalette network as well as the results of measurements were analyzed and then the necessary suggestions to improve the current situation are presented.

Results and Discussion

The average conveyance efficiency in the studied canalettes in the three studied projects, namely agro-industrial lands, return A canals and sub-A canal lands, respectively %89, %89.47 and %86.77, respectively. The results of the study of land losses in different projects showed that land losses in agro-industrial lands, which are segmentate in an integrated manner, are far less than farmers' lands (lands of return A canals and sub-A canal). The results of local visits regarding the issues and problems of maintenance and operation of canalettes are presented below.

1) According to the visits and studies, the lack of complete sealing of the washers is one of the main problems of prefabricated canals. As a result of inadequate performance of the washers, unprincipled sealing performed by farmers in various ways, including the use of bitumen, concrete and plastic in the network was observed in large numbers. Investigation and research to solve this

2) problem and improve existing channels and not to repeat this problem in future projects seems necessary.
3) The climatic conditions of Moghan plain are such that weeds to grow in most of the soil canals and are widely seen in the network canals. Also, in canalettes, the growth of weeds around and along the canalette and sometimes even inside the canalette, creates problems in the process of water transfer and canalette life. In addition, the transfer of weed seeds from the canal to the fields by water causes damage to the fields.
4) During the visits, several cases partial and total destruction at the network level were observed. Some of these cases were due to poor design and implementation of the canalette network and also lack of attention to the geotechnical conditions of the bed. However, most of the thematic demolitions have been done intentionally by the exploiters in order to dewatering of the network. The use of canalette siphons in irrigation sub-networks has been proposed as a simple and low-cost solution.

Conclusions

Based on the results, the average conveyance efficiency was found to be 89, 89.47 and 86.77 percents in three different studied areas that are agro-industrial lands, lands of return A canals and sub-A canal, respectively. Also, the waiting period of farmers and land losses were determined as 37 minutes in Km and 51.3 m^2 per ha, respectively. Furthermore, inadequate performance seal washers, aquatic plant growth, damage of structures and intakes, improper operating, using overdesign rate of discharges, and other social and maintenances issues were found to be the problems in the operation of Moghan irrigation and drainage network

Acknowledgement

Thank all people, institutions, and companies that have supported and funded the research.

Keywords: Disorganized water intake, Water use efficiency, Land losses, Farmers' waiting time, Canalette