Iranian Journal of Rainwater Catchment Systems
Online ISSN: 1531-2783 Print ISSN: 5970-2423

Investigation on water transfer efficiency and losses in concrete-lined canals of Khorramabad irrigation network

Sirous Safarzadeh[*1], **Jahangir Abedi-Koupai**[2], **Maryam Saremi**[3], **Monir Dehghani**[4]

1. Former M.SC. Student, Organization of Agriculture- Jihad, Khorramabad, Iran, Email: ssirous2015@yahoo.com
2. Professor, Department of Water Sciences and Engineering, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran, Email: koupai@cc.iut.ac.ir
3. Ph.D. Student, Department of Water Sciences and Engineering, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran, Email: m.saremi2008@gmail.com
4. Former M.SC. Student, Organization of Agriculture- Jihad, Khorramabad, Iran, Email: monirdhghani@yahoo.com

ARTICLE INFO

Article type:
Research Paper

Article history
Received: 23 September2022
Revised: 16 January2023
Accepted: 19 January2023
Published online: 20 April 2023

Keywords:
Canal, Concrete, Execution quality, Inlet-outlet flow

ABSTRACT

Considering the successive droughts and the importance of water in the agricultural sector, as well as the spending of government credits on construction projects, the importance of investigating the efficiency of water transfer in irrigation canals is determined. In this research, the transfer efficiency and water losses in 20 cases of concrete and stone and mortar canals in different areas of Khorramabad city were evaluated. For this purpose, the amount of water loss was determined by the field method and calculating the input-output flow. Based on the obtained results, the values of water transfer efficiency in the canals have been determined between 51% and 89.9% and on average 77.3% in the total length. The lowest and highest amount of total losses in the canals respectively equal to 13.7 and 168.7 with an average of 74.8 l s^{-1} km^{-1} has been measured. Moreover, the lowest and highest efficiency are 31.5% and 89.1% per km respectively related to Badeh Abestan and Tagh and Togh canals and the amount of loss is calculated from 1.4 to 6.3 m^3 m^{-2} d^{-1}. The very low efficiency in two cases of the canals shows the large volume of water loss. According to the results, special arrangements should be made to increase the quality of implementation in water supply canals and training of users by the relevant institutions and organizations, including the Ministry of Agricultural Jihad, which is in charge of the implementation of water supply canals.

Citation: Safarzadeh, S., Abedi-Koupai, J., Saremi, M., Dehghani, M. (2023): Investigation on water transfer efficiency and losses in concrete-lined canals of Khorramabad irrigation network. Iranian Journal of Rainwater Catchment Systems, 11(1), 71-88.
DOR: 20.1001.1.24235970.1402.11.1.5.1

Publisher: Iranian Rainwater Catchment Systems Association

*** Corresponding author:** Sirous Safarzadeh
Address: Organization of Agriculture- Jihad, Khorramabad, Lorestan Province, Iran.
Tel: +989106491420
Email: ssirous2015@yahoo.com

Iranian Journal of Rainwater Catchment Systems

Online ISSN: 1531-2783 Print ISSN: 5970-2423

Investigation on water transfer efficiency and losses in concrete-lined canals of Khorramabad irrigation network

Sirous Safarzadeh[*1], **Jahangir Abedi-Koupai**[2], **Maryam Saremi**[3], **Monir Dehghani**[4]

1. Former M.SC. Student, Organization of Agriculture- Jihad, Khorramabad, Iran, Email: ssirous2015@yahoo.com
2. Professor, Department of Water Sciences and Engineering, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran, Email: koupai@cc.iut.ac.ir
3. Ph.D. Student, Department of Water Sciences and Engineering, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran, Email: m.saremi2008@gmail.com
1. Former M.SC. Student, Organization of Agriculture- Jihad, Khorramabad, Iran, Email: monirdhghani@yahoo.com

EXTENDED ABSTRACT

Introduction: Currently, in Iran with the growth of population and development of the agricultural sector, water consumption has also increased. Due to the lack of rainfall and droughts and water crisis in recent years, as well as the country's need for food, special measures should be taken to increase water productivity. The canals of proper quality water supply, in addition to increasing transfer efficiency, reduce water transfer time and make easy access to water resources. Analyzing the problems of water supply canals and determining the amount of water lost in the transfer route can have a positive effect on the quality of canal implementation. Improving water supply canals leads to the production of more agricultural products and more income and creates employment in the agricultural sector. Examining the canals of Darab water supply showed that the average leakage in uncoated canals was 197.7 mm m^{-2} d^{-1} and after applying concrete lining has reduced to 16.3 mm m^{-2} d^{-1}. So far, no study has been conducted on the study of water transfer efficiency of the irrigation network in Khorramabad city, therefore, the purpose of this study is to investigate it and also measure the amount of water losses, investigate the strengths and weaknesses in the implementation and operation stages and provide solutions to increase the efficiency of water transfer in the irrigation network of this city.

Methodology: This research was conducted in the spring of 2020 in Khorramabad city. Khorramabad has several water canals that branch off from rivers and fountains, and a number of these canals were covered by the Ministry of Energy and Agricultural Jihad. In the present study, a total of 20 water supply canals with a total length of 18010 m in different areas of the city with trapezoidal and rectangular sections were randomly selected and examined. The canals were made of stone and mortar with concrete lining each part of these canals has been implemented based on the allocation of government funds and at different times. In this study, in order to estimate water losses, the space of canals with a minimum length of 350 meters and more was selected. In total, 17 canals with trapezoidal cross sections and 3 canals with rectangular cross sections were selected and field measurements were performed based on the input-output flow rate method in them. Water velocity in these canals was measured using Micro Current Meter. During the velocity measurement and based on previous coordination with farmers and beneficiaries in the area, no harvesting of water flow was made during certain selected spaces (input to output) and to increase accuracy, velocity measurements were repeated several times at each location and the average velocity was selected and recorded. Also, in order to eliminate evaporation losses, measurements, and calculations were performed in each canal in the early morning and when the evaporation was zero or insignificant. Finally, by calculating the velocity and measuring the depth, width, and cross-section according to the existing hydraulic relations, the inlet and outlet flows rate of each canal were determined and the difference between inlet and outlet flow rates was considered as losses and finally, the water conveyance efficiency was calculated.

Results and Discussion: Canals with an efficiency of less than 80% are in poor performance. These canals are: Papi Khaldar Olya, Asgar Abad, Malek Abad, Jamshid Abad, Deh Sefid 1, Deh Sefid 2, Shirkhani, Ziba Mohammad, Qaleh Sangi, Shah Joob, Bahram Joo, Kian, Zagheh Sofla and the lowest efficiency is related to the water supply canal of Badeh Abestan. In general, these canals are in the group of low-efficiency channels. The reasons for the low efficiency in Badeh Abestan canal are overgrown weeds such as algae in the canal route

*** Corresponding author:** Sirous Safarzadeh
Address: Organization of Agriculture- Jihad, Khorramabad, Lorestan Province, Iran.
Tel: +989106491420
Email: ssirous2015@yahoo.com

ISSN (Online): 2783-1531 - ISSN (Print): 2423-5970

and the accumulation of sediments and suspended matter so that more than two-thirds of the canal volume has been accumulated of sediments and mud and water is flooded out of the canal wall and it rains down on the downstream river. Other factors include poor execution of masonry and concrete lining in a large part of the canal route, failure to complete a number of expansion joints, usage of substandard and brittle stones, failure to perform lining in 400 m of the path (distances between stones was filled with the thin mortar), and the destruction of parts of the canal route caused by the freezing of water in the winter and the disintegration of the masonry. At some points along the route, the concrete canal had cracks and crevices through which water escaped, reducing efficiency. Finally, by observing and examining the study area, in addition to the aforementioned issues, the main causes of low efficiency in all canals can be mentioned as low quality, an improper combination of sand and cement, poor lining, improper expansion joints, improper methods of exploitation and maintenance, water leakage from the entrance valves of farms or ponds and implementation of canals in consecutive years due to lack of government funding and its implementation by contractors and various individuals and differences in the quality of implementation and different project supervisors.

Conclusion: The amount of water losses in 20 concrete canals with trapezoidal and rectangular sections in different areas of Khorramabad city, Lorestan province, was evaluated. According to the obtained values, the water conveyance efficiency in the canals is between 31.5 to 89.1% per km of the canal length and on average 74.8%. Correspondingly, the amount of total losses in the canals has been obtained between 1.45 to 6.30 m^{-3} m^{-2} d^{-1} with an average of 3.56 m^{-3} m^{-2} d^{-1}. The lowest water transfer efficiency is related to the Badeh Abestan canal with unsuitable maintenance status and equal to 31.5% and the highest efficiency is related to Tagh & Tough canal equal to 89.1%. Unawareness of operators and their unfamiliarity with the method of maintenance of canals, non-compliance with the principles of implementation, poor quality of consumable materials, prolongation of implementation and construction time of canals, weeds growth, cracking, and destruction of lining concrete are the most important factors of being low water transfer efficiencies. Based on the results of this study, it is expected that the relevant departments and agencies have reviewed and made special measurements to improve the efficiency of canal water transfer, control of supervisors and contractors due to the importance of water, and spending of government funds and training of operators.

Ethical Considerations

Data Availability Statement: The datasets are available upon a reasonable request to the corresponding author.

Funding: This study was conducted without financial support.

Authors' contribution: Sirous Safarzadeh: Conceptualization, Statistical analysis, Writing -original draft preparation; Jahangir Abedi-Koupai: Guiding, Manuscript editing, Results control; Maryam Saremi: Article review, Statistical analysis, Results control; Monir Dehghani: Writing - original draft preparation.

Conflicts of interest: The authors of this article declared no conflict of interest regarding the authorship or publication of this article.

Acknowledgment: We would like to express our sincere gratitude to the farmers of the mentioned villages for their cooperation and assistance with the authors of the article.

Iranian Journal of Rainwater Catchment Systems
مجله علمی سامانه‌های سطوح آبگیر باران ایران
شاپا الکترونیکی: ۲۷۸۳-۱۵۳۱ شاپا چاپی: ۲۴۲۳-۵۹۷۰

بررسی راندمان انتقال و تلفات آب در کانال‌های با پوشش بتنی شبکه آبیاری خرم‌آباد

سیروس صفرزاده*[۱]، جهانگیر عابدی کوپایی[۲]، مریم صارمی[۳]، منیر دهقانی[٤]

۱. کارشناس ارشد، سازمان جهاد کشاورزی استان لرستان، خرم‌آباد، ایران، ssirous2015@yahoo.com
۲. استاد، گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران، koupai@cc.iut.ac.ir
۳. دانشجوی دکتری، گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران، m.saremi2008@gmail.com
۴. کارشناس ارشد، سازمان جهاد کشاورزی استان لرستان، خرم‌آباد، ایران، monirdhghani@yahoo.com

مشخصات مقاله	چکیده
نوع مقاله: پژوهشی **تاریخچه مقاله** **دریافت:** ۰۱ مهر ۱۴۰۱ **بازنگری:** ۲۶ دی ۱۴۰۱ **پذیرش:** ۲۹ دی ۱۴۰۱ **انتشار برخط:** ۳۱ فروردین ۱۴۰۱ **واژه‌های کلیدی:** بتن، دبی ورودی-خروجی، کانال، کیفیت اجرا.	با توجه به خشکسالی‌های متوالی و اهمیت آب در بخش کشاورزی و همچنین هزینه کردن اعتبارات دولتی در پروژه‌های عمرانی، اهمیت بررسی راندمان انتقال آب در کانال‌های آبیاری مشخص می‌شود. در این تحقیق میزان راندمان انتقال و تلفات آب در ۲۰ مورد از کانال‌های بتنی و سنگ و ملات در مناطق مختلف شهرستان خرم‌آباد مورد ارزیابی قرار گرفت. به‌این منظور، میزان تلفات آب به روش صحرایی و محاسبه دبی ورودی- خروجی تعیین شد. بر اساس نتایج به‌دست آمده، مقادیر راندمان انتقال آب در کانال‌ها بین ۵۱ تا ۸۹/۹ درصد و به‌طور متوسط ۷۷/۳ درصد در طول کل تعیین شده است. کم‌ترین و بیش‌ترین مقدار تلفات کل در کانال‌ها به ترتیب برابر با ۱۳/۷ و ۱۶۸/۷ و به‌طور متوسط ۷۴/۸ لیتر بر ثانیه در یک کیلومتر اندازه‌گیری شده است. همچنین کم‌ترین و بیش‌ترین راندمان در کیلومتر، ۳۱/۵ درصد و ۸۹/۱ درصد به ترتیب مربوط به کانال‌های باده آبستان و طق و طوق است و میزان تلفات از ۱/۴ تا ۶/۳ مترمکعب در مترمربع در روز محاسبه شده است. راندمان بسیار پایین در دو مورد از کانال‌ها، حجم زیاد تلفات آب را نشان می‌دهد. با توجه به نتایج این تحقیق، بایستی تمهیدات خاصی جهت افزایش کیفیت اجرا در کانال‌های آبرسان و آموزش بهره‌برداران توسط دستگاه‌ها و ارگان‌های ذیربط از جمله وزارت جهاد کشاورزی که متولی اجرای کانال‌های آبرسان این تحقیق است، اندیشیده شود.

استناد: صفرزاده، س.، عابدی‌کوپایی، ج.، صارمی، م.، دهقانی، م. (۱۴۰۳). بررسی راندمان انتقال و تلفات آب در کانال‌های با پوشش بتنی شبکه آبیاری خرم‌آباد، سامانه‌های سطوح آبگیر باران، ۱۱(۱): ۷۱- ۸۸.

DOI: 20.1001.1.24235970.1402.11.1.5.1

ناشر: انجمن علمی سیستم‌های سطوح آبگیر باران ایران

* **نویسنده مسئول:** سیروس صفرزاده
نشانی: کارشناس ارشد، سازمان جهاد کشاورزی استان لرستان، ایران.
تلفن: ۰۹۱۰۶۴۹۱۴۲۰
پست الکترونیکی: ssirous2015@yahoo.com

مقدمه

در حال حاضر در کشور ایران با رشد جمعیت و توسعه بخش کشاورزی، مصرف آب نیز در این بخش افزایش پیدا کرده است که با توجه به کمبود بارش‌ها و خشکسالی‌ها و بحران‌های به‌وجود آمده آب در سال‌های گذشته و هم‌چنین نیاز کشور به تأمین مواد غذایی، بایستی تمهیدات خاصی جهت افزایش بهره‌وری آب منظور شود. کانال‌های سنتی یا خاکی، عموماً کارایی و راندمان انتقال آب کم‌تری نسبت به کانال‌های بتنی، سنگ و ملات و ژئوممبران دارند. کانال‌های آبرسان بتنی و پوشش‌دار علاوه‌بر افزایش راندمان انتقال باعث کاهش زمان انتقال آب و دسترسی آسان به منابع آبی می‌شوند. با افزایش راندمان انتقال و توزیع می‌توان سطح زیر کشت اراضی را افزایش داد. با افزایش جمعیت و محدودیت منابع آب کمبود مواد غذایی امری کاملاً طبیعی بوده، لذا افزایش راندمان انتقال آب در سطح کشور امری کاملاً ضروری است. تجزیه و تحلیل مشکلات کانال‌های آبرسان و تعیین میزان آب تلف شده در مسیر انتقال، می‌تواند تأثیر مثبتی بر کیفیت اجرای کانال‌ها داشته باشد. بهسازی کانال‌های آبرسان موجب تولید بیش‌تر محصولات کشاورزی و درآمد بیش‌تر و ایجاد اشتغال در بخش کشاورزی می‌شود.

در تحقیقی راندمان انتقال و توزیع آب در شبکه آبیاری شاوور استان خوزستان اندازه‌گیری شد. نتایج این تحقیق نشان داد که راندمان انتقال در مجموعه کانال‌های این شبکه بین ۳۴ تا ۸۳ درصد بوده و به‌طور متوسط ۶۰ درصد محاسبه شده است (سلطانی و معروفی، ۱۳۸۵). بهراملو (۱۳۸۶) طی دو سال متوالی تحقیقات خود را بر کانال‌های پوشش‌دار (بتنی و سنگ و ملات) و بدون پوشش (سنتی) انجام داد و بر اساس این تحقیقات میزان راندمان انتقال آب در کانال‌های آبیاری با پوشش سنگ و ملات بیش‌تر از سایر کانال‌ها و برابر ۹۳/۵ درصد و در کانال‌های بتنی ۷۰/۸ درصد و در کانال‌های سنتی ۵۲/۱۴ درصد اندازه‌گیری شد. در تحقیق راندمان شبکه آبیاری قزوین با استفاده از مدل پایس مورد بررسی و مطالعه قرار گرفت. مقادیر راندمان از لحاظ مدیریتی، اقتصادی، فنی، زیست–محیطی و اجتماعی به‌ترتیب ۶۲، ۶۴، ۸۲، ۸۷ و ۷۸ درصد برآورد شد (منعم و همکاران، ۱۳۸۷). با هدف برآورد راندمان انتقال و توزیع شبکه آبیاری تحقیقی در قزوین انجام شد. بر اساس نتایج این تحقیق مقادیر راندمان کانال‌های درجه ۲ بین ۹۱ تا ۹۹ درصد اندازه‌گیری شد (سهرابی و همکاران، ۱۳۸۷). در استان کرمان راندمان انتقال آب در کانال‌ها مورد بررسی قرار گرفت. نتایج تحقیق نشان داد که تخریب بستر و شکسته شدن بتن بیش‌ترین تأثیر را در تلفات آب داشته و هم‌چنین میزان راندمان انتقال آب بین ۵۷ تا ۸۱ درصد محاسبه شد (اسلامی و ریاحی، ۱۳۸۸). در منطقه میاناب شوشتر با بررسی راندمان کانال‌های بتنی درجا و کانال‌های پیش‌ساخته (کانالت‌ها) نتیجه‌گیری شد که راندمان انتقال آب در کانال‌های با پوشش بتنی درجا ۸۶ درصد و در کانال‌های پیش‌ساخته ۹۰ درصد است (عطاری و همکاران، ۱۳۹۲). در تحقیقی در سه شهرستان زابل، زهک و هیرمند شاخصه‌های مناسب سهمیه‌بندی آب مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفت. در این تحقیق روش‌های بهینه سازی مصرف آب با انتخاب روش مناسب انتقال و توزیع در این مناطق ارائه شد و استفاده از نهرهای سنتی در توزیع آب باعث شد که راندمان آب حدود ۳۰ درصد یا کم‌تر باشد (شهریاری و همکاران، ۱۳۹۲). با تحقیق بر روی شبکه آبیاری دز مشخص شد که متوسط راندمان انتقال در کانال‌های اصلی و فرعی انتخاب شده حدود ۶۱ درصد است که از این مقدار، سهم تلفات تبخیر حدود ۲/۹ درصد و تلفات نشت حدود ۳۶/۱ درصد بوده است (شینی دشتگل و همکاران، ۱۳۹۲). بررسی کانال‌های آبرسان داراب نشان داد که میزان متوسط نشت در کانال‌های بدون پوشش ۱۹۷/۷ میلی‌متر بر مترمربع در روز بوده و پس از اجرای پوشش بتنی به ۱۶/۳ میلی‌متر بر مترمربع در روز کاهش یافته است (شاهرخ‌نیا و زارع، ۱۳۹۳). ارزیابی راندمان انتقال و تلفات آب در کانال‌های انتقال آب با پوشش ژئوممبران HDPE در شبکه‌های آبیاری زاینده‌رود، مغان و کرمان نشان داد که مقادیر راندمان انتقال آب در این کانال‌ها بین ۹۶ تا ۹۹/۷ و به‌طور متوسط ۹۹/۱ درصد (۲۰ درصد بالاتر از پوشش بتنی) است. همچنین 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) است (بهراملو و همکاران، ۱۳۹۶). ارزیابی راندمان انتقال کانال‌های خاکی و کانالت‌ها در استان خوزستان نشان داد که دامنه تغییرات راندمان انتقال در کانالت‌ها از ۳۸/۹ درصد در شهرستان رامشیر تا ۹۹/۷ درصد در شهرستان شوشتر و در کانال‌های خاکی از ۴۶/۹ درصد در شهرستان باغملک تا ۸۹/۳ درصد در شهرستان شوش در نوسان است (سلامتی و همکاران، ۱۳۹۹). بررسی عملکرد فنی و وضعیت بهره‌برداری کانال‌های پیش‌ساخته بتنی در دشت مغان نشان داد که 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 است (اخوان و همکاران، ۱۴۰۰). ارزیابی عملکرد کلی شبکه آبیاری آوان خوزستان در سطح ۱۰۹۸۵ هکتار نشان داد که میانگین ضریب مصرف آب آبیاری، راندمان توزیع و راندمان مزرعه در شبکه آوان طی سال‌های ۸۸–۱۳۸۵ پایین و به‌ترتیب برابر با ۳۷، ۶۶ و ۵۳ درصد است (محمدی قلعه‌نی و نحوی‌نیا، ۱۴۰۱). مطالعه کانال‌های خاکی پاکستان نشان داد که میزان تلفات آب در این نوع کانال‌ها حدود ۵۰ درصد است (Kahlown & Kemper, 2004). در تحقیقی تلفات نشت به روش ورودی– خروجی در قسمتی از کانال اصلی و سه کانال توزیع پوشش‌دار در هیلا عراق اندازه‌گیری شد و با مقادیر برآورد حاصله از دو روش موریتز و دیویس ویلسون مقایسه شد. بر اساس نتایج به‌دست آمده راندمان

[DOR: 20.1001.1.24235970.1402.11.1.5.1]

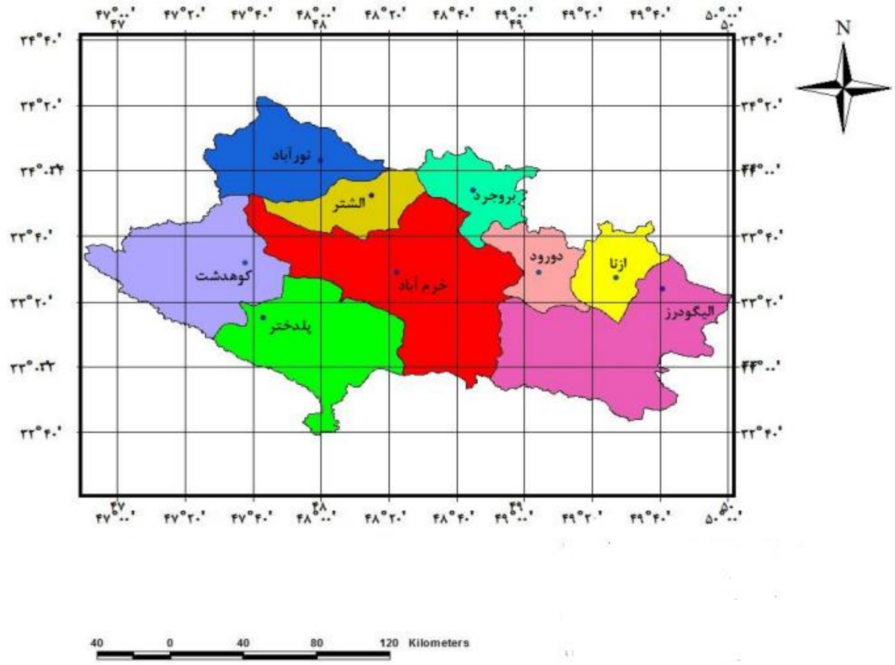
انتقال در کانال اصلی و سه کانال توزیع به‌ترتیب ۹۵/۲۱، ۸۳/۶۸، ۸۱/۲۰ و ۹۰/۳۳ درصد تعیین شد .(Mawaa & Omran, 2016) ارزیابی راندمان انتقال آب کانال‌های آبیاری و راندمان کاربرد آب در مزرعه برای یک طرح آبیاری در مقیاس کوچک در اتیوپی نشان داد که مقدار میانگین راندمان انتقال در کانال‌های اصلی، درجه ۲ و درجه ۳ به ترتیب ۸۶/۱۷، ۸۶/۲۶ و ۵۵/۹۷ درصد است (Shumye & Singh, 2018). در پژوهشی اثر پوشش بتونی و ژئوممبران بر نشت کانال در مناطق کشاورزی خشک بررسی شد. نتایج این تحقیق نشان داد 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 .(Han et al., 2020) در مصر، اندازه‌گیری میدانی تلفات انتقال کانال اصلی المعنا در شبکه آبیاری استان اسیوط نشان داد که کل تلفات آبیاری در این کانال و شاخه‌های آن (به طول 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 (Abuzeid, 2021).

با توجه به این‌که تاکنون مطالعه‌ای در خصوص بررسی راندمان انتقال آب در شبکه آبیاری شهرستان خرم‌آباد انجام نشده است، این تحقیق با هدف فوق و همچنین به‌منظور اندازه‌گیری میزان تلفات آب، بررسی نقاط ضعف و قوت در مراحل اجرا و بهره‌برداری و ارائه راهکارهایی برای افزایش راندمان انتقال آب در شبکه آبیاری این شهرستان انجام شد. تعیین دبی ورودی- خروجی، راندمان انتقال آب کانال‌ها در واحد کیلومتر و در طول کل کانال و هم‌چنین تعیین تلفات کل هر کانال و آنالیز هر کدام از موارد ذکر شده از اهداف این تحقیق است.

مواد و روش تحقیق

محدوده مورد مطالعه

این تحقیق در بهارِ ۱۳۹۹ و در شهرستان خرم‌آباد انجام گرفت. شهرستان خرم‌آباد در مجاورت سلسله جبال زاگرس قرار گرفته و دارای مساحتی حدود ۶۲۳۳ کیلومتر مربع است (شکل ۱). این منطقه از نظر اقلیمی، بر اساس ضریب دومارتن جز مناطق نیمه‌خشک و بر اساس کلیموگرام آمبروژه، نیمه‌مرطوب سرد محسوب می‌شود (عزیزی، ۱۳۷۹). هم‌چنین دارای اراضی مستعد کشاورزی، خاک مناسب، آب‌های با کیفیت، رودخانه‌های دائمی و چشمه‌های فراوان است. متوسط بارندگی شهرستان خرم‌آباد ۳۹۳ میلی‌متر است که بیش‌ترین نزولات جوی در فصل‌های پاییز و زمستان و اوائل بهار رخ می‌دهد. دمای هوا در این شهرستان با حرکت به جهت‌های شمال و شرق سردتر شده و در مسیرهای جنوب و غرب معتدل یا گرم‌تر می‌شود.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی شهرستان خرم‌آباد در استان لرستان

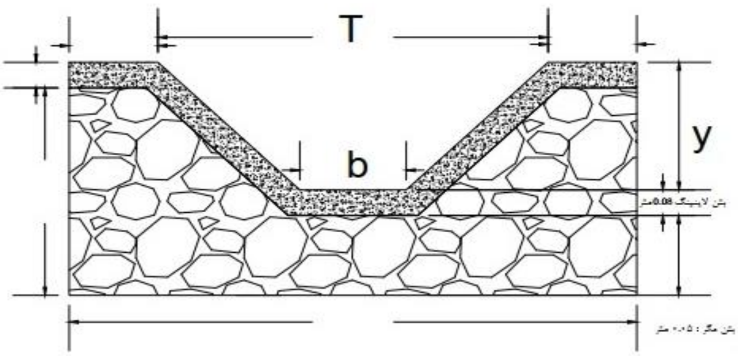
Figure 1- Geographical location of Khorramabad city in Lorestan province

[DOR: 20.1001.1.24235970.1402.11.1.5.1]

روش کار

خرم‌آباد دارای کانال‌های آبرسان متعددی است که از رودخانه‌ها و چشمه‌ها منشعب می‌شوند و تعدادی از این کانال‌ها توسط وزارت نیرو و جهاد کشاورزی پوشش‌دار شده‌اند. در تحقیق حاضر تعداد ۲۰ کانال آبرسان جمعاً به طول ۱۸۰۱۰ متر در مناطق مختلف شهرستان با مقاطع ذوزنقه و مستطیل انتخاب شدند و مورد بررسی قرار گرفتند. کانال‌ها از نوع سنگ و ملات با پوشش بتنی (لاینینگ) بوده که هر قسمت از این کانال‌ها بر اساس تخصیص اعتبارات دولتی و در زمان‌های متفاوتی اجرا شده‌اند. مصالح و مواد به‌کار رفته در کانال‌ها معمولاً از مناطق و محل‌های اجرای پروژه یا نزدیک به آن تأمین شده است. منابع تأمین آب کانال‌های این تحقیق از رودخانه‌های دائمی خرم‌رود، کرگانه، زاغه و آبستان تهیه می‌شود. آب این کانال‌ها دارای کیفیت مناسب و مطلوبی است. همه کانال‌های اجرا شده دارای شیب مناسبی هستند و از لحاظ تقسیم‌بندی جزء کانال‌های درجه ۳ و ۴ محسوب می‌شوند. کلیه‌ی این کانال‌ها از محل اعتبارات وزارت جهاد کشاورزی اجرا شده‌اند که به‌دلیل کمبود اعتبارات سالانه، فواصلی از هر کدام از کانال‌ها در زمان جداگانه و بر اساس میزان اعتبارات تخصیص یافته و توسط پیمانکاران و مجریان مختلف ساخته شده است. علاوه‌بر این عوامل نظارت نیز متفاوت بوده و به‌همین دلیل در مسافت کل یک کانال، کیفیت اجرا و ساخت متفاوتی دیده می‌شود.

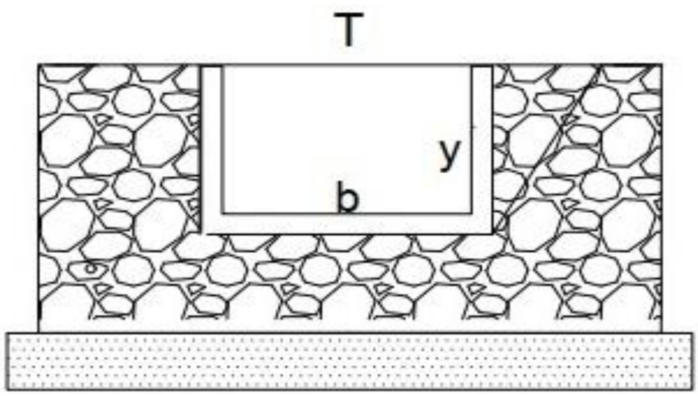
حرکت آب در یک شبکه آبیاری بزرگ و وسیع از منبع تا محل مصرف به‌وسیله گیاه را می‌توان به سه عمل بهره‌برداری جداگانه یعنی انتقال، توزیع و کاربرد در سطح مزرعه دانست. عمل انتقال، حرکت آب از منبع به‌وسیله کانال‌های اصلی درجه ۱ و ۲ تا آبگیر کانال‌های درجه ۳، عمل توزیع حرکت آب در کانال‌های درجه ۳ (کانال‌های توزیع) و کانال‌های درجه ۴ (بین مزارع) تا محل تغذیه زراعی و کاربرد آب در مزرعه، حرکت آب از محل آبگیر قطعه زراعی تا محل مصرف به‌وسیله گیاه است. در کانال‌های مورد نظر (شهرستان خرم‌آباد) چون آبگیری مستقیماً از رودخانه یا چشمه انجام شده و در فواصل کوتاهی پس از آبگیری، آب وارد مزرعه می‌شود پس می‌توان عبارت کانال اصلی را برای کانال‌های این تحقیق به‌کار برد. کانال‌های مورد ارزیابی متشکل از بتن مگر (نظافتی)، سنگ‌کاری کف و دیواره‌ها و پوشش لاینینگ (بتن) بوده که در ابعاد و سطوح مقاطع متفاوت و بر اساس دبی مورد نظر ساخته شده‌اند (اشکال ۲ و ۳). به‌علت کوهستانی بودن مناطق و شیب کافی و مناسب در اکثر کانال‌ها از مقاطع بهینه یا نزدیک به بهینه استفاده شده است. در سه مورد به دلیل محدودیت‌ها کانال‌هایی با مقاطع مستطیل اجرا شده و روش ساخت و اجرا در همه آن‌ها یکسان است. مصالح به‌کار رفته در این کانال‌ها عموماً از شن و ماسه شسته، سیمان تیپ ۲ و سنگ مناسب منطقه است. درصد عیار بتن لاینینگ، ملات سنگ‌کاری و بتن مگر به ترتیب ۲۵۰، ۲۸۵ و ۱۵۰ است. ارتفاع بتن مگر و بتن لاینینگ اجرا شده به‌ترتیب ۵ و ۸ سانتی‌متر و حداقل ارتفاع سنگ‌کاری کف کانال ۲۵ سانتی‌متر است. کلیه موارد ذکر شده با توجه به حجم انتقالی آب مورد نیاز در شبکه یا کانال‌ها، شیب طبیعی مسیر، حداقل هزینه اجرایی و نزدیک شدن به مقطع بهینه کانال‌ها و طبق دستورالعمل ابلاغ شده از طرف کارفرما به پیمانکار در نظر گرفته شده است. کانال‌های اجرا شده در مناطق مختلف شهرستان خرم آباد (بخش‌های زاغه، مرکزی و پاپی)، به‌صورت موردی انتخاب شده‌اند.



شکل ۲- مقطع کانال ذوزنقه‌ای

Figure 2- Section of the trapezoidal channel

[DOR: 20.1001.1.24235970.1402.11.1.5.1]



شکل ۳- مقطع کانال مستطیلی
Figure 3- Section of rectangular canal

اندازه‌گیری تلفات آب در کانال‌ها

برآورد دقیق تلفات آب در تمام کانال‌های یک منطقه مشکل است و بدین منظور یک یا چند کانال و یا بازه‌هایی[1] از آن‌ها که نشانگر وضعیت کلی کانال‌های آن منطقه است را انتخاب کرده و با تعیین مقدار تلفات آب در آن‌ها، میزان تلفات و علل آن در واحد طول کانال‌های مختلف تخمین زده می‌شوند و نهایتاً راندمان انتقال آب آن کانال محاسبه می‌شود. در این تحقیق به‌منظور برآورد تلفات آب، بازه‌هایی از کانال‌ها با حداقل طول ۳۵۰ متر و بیش‌تر انتخاب شد. به‌طورکلی تعداد ۱۷ کانال با مقطع ذوزنقه و ۳ کانال با مقطع مستطیل انتخاب شد و اندازه‌گیری صحرایی بر اساس روش دبی ورودی- خروجی در آن‌ها صورت گرفت. کانال‌های مورد بررسی از مناطق مختلف شهرستان خرم‌آباد انتخاب شدند، کانال‌های طق و طوق، دروغزناب، بهرام‌جو، قلعه سنگی، شاه جوب، نثار رباط، آزادخانی و پاپی خالدار علیا در ضلع شمالی شهرستان خرم‌آباد قرار دارند و کانال‌های عسگر آباد، جمشید آباد، باده آبستان، ملک آباد، ده سفید ۱ و ۲، زاغه سفلی، زاهد شیر، کبود لر، کیان، زیبا محمد و شیرخانی در ضلع جنوبی به شرقی شهرستان قرار دارند (جدول ۱). سرعت آب در این کانال‌ها با استفاده از میکرومولینه اندازه‌گیری شد. در هنگام اندازه‌گیری سرعت و بر اساس هماهنگی قبلی با بهره‌برداران و کشاورزان منطقه هیچ‌گونه برداشتی از جریان آب در طول بازه‌های معین انتخابی (ورودی تا خروجی) صورت نگرفت و برای افزایش دقت، اندازه‌گیری سرعت در هر محل چند بار تکرار و میانگین سرعت انتخاب و ثبت شد. هم‌چنین جهت حذف تلفات تبخیر، در اوایل صبح و زمانی‌که تبخیر صفر و یا ناچیز بود عمل اندازه‌گیری و محاسبات در هر کدام از کانال‌ها انجام گرفت. نهایتاً با محاسبه سرعت و سنجش عمق، عرض و سطح مقطع و طبق روابط موجود در جدول ۲ دبی‌های ورودی و خروجی هر کدام از کانال‌ها مشخص شدند. تصاویری از کانال‌های زاغه سفلی و باده آبستان در شکل‌های ۴ و ۵ نیز نشان داده است.

[1] Reaches

[DOR: 20.1001.1.24235970.1402.11.1.5.1]

جدول ۱- مشخصات کانال‌های آبیاری انتخابی جهت ارزیابی در مناطق مختلف شهرستان خرم‌آباد
Table 1- Characteristics of selected irrigation canals for evaluation in different areas of Khorramabad city

شماره	نام کانال	طول مسیر (متر)	شکل مقطع
1	طق و طوق	930	ذوزنقه
2	دروغزناب	1215	ذوزنقه
3	بهرام جو	643	ذوزنقه
4	قلعه سنگی	785	ذوزنقه
5	شاه جوب	840	ذوزنقه
6	نثار رباط	1390	ذوزنقه
7	آزادخانی	350	ذوزنقه
8	پاپی خالدار علیا	790	ذوزنقه
9	عسگر آباد	1025	ذوزنقه
10	جمشید آباد	578	ذوزنقه
11	باده آبستان	720	ذوزنقه
12	ملک آباد	980	ذوزنقه
13	ده سفید ۱	840	ذوزنقه
14	زاغه سفلی	1030	ذوزنقه
15	زاهدشیر	1160	ذوزنقه
16	کبود لر	1237	ذوزنقه
17	کیان	645	ذوزنقه
18	زیبا محمد	1174	مستطیل
19	ده سفید ۲	1240	مستطیل
20	شیرخانی	438	مستطیل

جدول ۲- روابط هیدرولیکی در کانال‌های مورد ارزیابی (ابریشمی و حسینی، ۱۳۸۸)
Table 2- Hydraulic formulas in evaluated canals (Abrishami and Hosseini, 2009)

نوع کانال	سطح مقطع	محیط خیس شده	شعاع هیدرولیکی	عرض بالایی جریان
مستطیل	by	$b+2y$	$\frac{by}{b+2y}$	b
ذوزنقه	$by+zy^2$	$b+2y\sqrt{1+z^2}$	$\frac{A}{P}$	$b+2zy$

b: عرض کف کانال (متر)، y: عمق جریان (متر)، Z: شیب بدنه یا دیواره کانال (بدون بعد)

شکل ٤- تصاویر کانال آبرسان زاغه سفلی
Figure 4- Pictures of the irrigation canal of the Zagheh Sofla

[DOR: 20.1001.1.24235970.1402.11.1.5.1]

شکل ۵- تصاویر کانال آبرسان باده آبستان

Figure 5- Pictures of the irrigation canal of the Bade Abestan

در این تحقیق راندمان انتقال آب در کانال‌ها، از محل انحراف از رودخانه یا چشمه تا آبگیر قطعات زراعی و محل مصرف به‌وسیله گیاه است. به‌طور کلی تلفات آب در طول کانال‌ها را می‌توان به ۳ روش بیان نمود. ۱) تلفات آب در طول مشخصی از کانال یا به عبارت دیگر تلفات آب در واحد طول کانال (لیتر در ثانیه در کیلومتر)، ۲) تلفات بر حسب درصد دبی ورودی، ۳) تلفات یا نشت در واحد سطح خیس شده (P) در واحد زمان (مترمکعب در مترمربع در شبانه‌روز) (درویش‌پور و همکاران، ۱۳۹۴).

تعیین تلفات آب در کانال‌های آبرسان: مقدار تلفات آب در کانال‌های آبرسان شامل تلفات نشت از بستر و بدنه و تبخیر است که طبق رابطه ۱ است:

$$T_{Loss} = S_{Loss} + E_{Loss} \qquad (1)$$

که در آن، T_{Loss} = مقدار کل تلفات در کانال‌ها (لیتر در ثانیه)، S_{Loss} = مقدار تلفات نشت (لیتر در ثانیه) و E_{Loss} = مقدار تبخیر از سطح آزاد کانال‌ها (لیتر در ثانیه) است.

برای بررسی مقدار تلفات نشت در کانال‌ها از رابطه ۲ استفاده می‌شود:

$$S_{Loss} = Q_{in} - Q_{out} - E - D + I \qquad (2)$$

که در آن، S_{Loss} = تلفات نشت از بستر و بدنه (لیتر در ثانیه)، Q_{in} = دبی ورودی به کانال (لیتر در ثانیه)، Q_{out} = دبی خروجی از کانال (لیتر در ثانیه)، E = تبخیر از سطح آزاد کانال (لیتر در ثانیه)، D = مجموع دبی انشعابات کانال‌ها (لیتر در ثانیه) و I = مجموع دبی‌های زه آب‌های ورودی (لیتر در ثانیه) است (بهراملو و همکاران، ۱۳۹۶).

تعیین دبی ورودی و خروجی به کانال: در کانال‌های انتخاب شده با سطح مقطع‌های منظم مستطیل و ذوزنقه، در ورودی آبگیر کانال و یا در اولین نقطه که آب وارد کانال می‌شود و همچنین در انتهای کانال‌ها و با استفاده از رابطه پیوستگی (رابطه ۳) که حاصل‌ضرب سرعت در سطح مقطع جریان است، مقدار دبی اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری سرعت از میکرومولینه ساخت شرکت سیماب الکترونیک مدل SU-2 استفاده شد که اندازه‌گیری سرعت چند مرتبه تکرار شده و میانگین آن ثبت و محاسبه شد.

$$Q = A \times V \qquad (3)$$

که در آن، Q = دبی ورودی و خروجی به کانال (مترمکعب بر ثانیه)، A = سطح مقطع کانال (مترمربع) و V = متوسط سرعت جریان (متر بر ثانیه) است (محمودیان شوشتری، ۱۳۸۵).

اندازه‌گیری و تعیین دبی سایر انشعابات: برای تعیین خروجی‌های فرعی، چنانچه دارای شکل هندسی مشخص باشند با اندازه‌گیری سرعت و سطح مقطع می‌توان دبی را به‌دست آورد. در این تحقیق همان‌طور که قبلاً ذکر شد با هماهنگی قبلی با بهره‌برداران، از خروج آب از دریچه‌ها جلوگیری به عمل آمد. همچنین، جهت تعیین دبی ورودی‌های فرعی، زه‌آب‌ها و فاضلاب‌ها، چنان‌چه این ورودی‌ها موجود باشند و دارای شکل هندسی مشخصی هم نباشند می‌توان از پارشال فلوم استفاده کرد. در این تحقیق در مواردی که ورودی‌های جانبی وجود داشت این ورودی‌ها تحت کنترل بوده و دبی‌های ورودی اندازه‌گیری شدند.

[DOR: 20.1001.1.24235970.1402.11.1.5.1]

در مجموع با استفاده از روابط ریاضی و داده‌های به‌دست آمده مقدار تلفات نشت در کانال‌ها و انهار قابل محاسبه است. نهایتاً برای تعیین راندمان انتقال آب در کانال‌ها، بازه‌های ابتدا و انتها و طول کانال مشخص شدند. سپس با اندازه‌گیری سرعت متوسط و محاسبه سطح مقطع کانال‌ها (سطح خیس شده) و محاسبه ورودی‌ها و خروجی‌ها و حذف اثر تبخیر، راندمان در کانال‌ها به‌دست آمد.

نتایج و بحث

نتایج این تحقیق شامل تلفات از بستر و جداره کانال‌ها است که در جداول ۳ تا ۵ نشان داده شده است. در جدول ۳ با توجه به مناطق مختلف شهرستان، مقادیر هرکدام از پارامترهای هیدرولیکی در محل‌های ورودی و خروجی در هر کدام از بازه‌های اندازه‌گیری شده کانال‌ها ارائه شده است و پس از محاسبه مقدار سرعت جریان آب در محل‌های ورودی و خروجی از کانال، دبی مربوطه محاسبه و اختلاف دبی ورودی و خروجی به‌عنوان تلفات در نظر گرفته شده و نهایتاً راندمان انتقال آب محاسبه شده است. در این جدول بر اساس ضوابط هیدرولیکی کانال‌ها و انهار از علائم و مشخصات معین استفاده شده است. راندمان‌های به‌دست آمده در جدول ۳ تحت تأثیر عوامل مختلفی بودند که از آن جمله می‌توان به نوع مصالح به‌کار رفته در کانال‌ها، روش اجرای آن‌ها، نگهداری و استفاده از کانال‌ها توسط کشاورزان، میزان و حجم رسوبات آب، زمان اجرای کانال (گرما و سرما) و مهم‌تر از همه کیفیت اجرا توسط پیمانکاران اشاره کرد.

نتایج جدول ۴ نشان می‌دهد که از ۲۰ کانال انتخاب شده برای اندازه‌گیری دبی و راندمان، اختلاف زیادی بین بیش‌ترین و کم‌ترین راندمان مشاهده می‌شود. به‌طور کلی کانال‌های با راندمان ۸۰ درصد به بالا از نظر کارایی در وضعیت مناسبی قرار دارند. بیش‌ترین راندمان مربوط به کانال طق و طوق برابر با ۸۹/۹ درصد است. بعد از آن به ترتیب کانال‌های نثار رباط، دروغزناب، آزادخانی، زاهدشیر و کبودلر بیشترین راندمان را دارند. به‌طور کلی این کانال‌ها در گروه کانال‌های با راندمان زیاد قرار دارند. از دلایل بیش‌تر بودن راندمان انتقال آب در کانال طق و طوق، کیفیت اجرا، وضعیت مناسب بتن لاینینگ، عدم رویش علف‌های هرز، استفاده از مصالح مناسب، استفاده از دریچه‌های کشویی فلزی ساده، نظارت دقیق بر روند اجرای آن و بهره‌برداران پیشرو و آموزش آن‌ها است.

کانال‌های با راندمان کم‌تر از ۸۰ درصد از نظر کارایی در وضعیت نامناسبی قرار دارند. این کانال‌ها به ترتیب عبارتند از: پاپی خالدار علیا، عسگر آباد، ملک آباد، جمشید آباد، ده سفید، ده سفید ۱، ده سفید ۲، شیرخانی، زیبا محمد، قلعه سنگی، شاه جوب، بهرام جو، کیان، زاغه سفلی و کم‌ترین راندمان مربوط به کانال آبرسان باده آبستان به میزان ۵۱ درصد است. به‌طور کلی این کانال‌ها در گروه کانال‌های با راندمان کم قرار دارند. رشد بی‌رویه علف‌های هرز مثل جلبک‌ها و لویی‌ها در مسیر کانال و انباشته شدن رسوبات و مواد معلق به طوری که بیش از دو سوم حجم کانال از رسوبات و گل و لای انباشته شده و آب از دیواره کانال به بیرون لبریز شده است و به سمت رودخانه پایین‌دست سرازیر می‌شود از علل کم بودن راندمان در کانال باده آبستان است. از دیگر عوامل می‌توان به اجرای ضعیف سنگ‌کاری و بتن لاینینگ در قسمت زیادی از مسیر کانال، تکمیل نکردن تعدادی از درزهای انبساط، به‌کار بردن سنگ‌های نامرغوب و شکننده، عدم اجرای لاینینگ در ۴۰۰ متر از طول مسیر (فواصل بین سنگ‌ها با ملات نازکی پر شده بودند)، تخریب و از بین رفتن قسمت‌هایی از مسیر کانال اجرا شده بر اثر یخ‌آب زمستانه و متلاشی شدن سنگ‌کاری اشاره نمود. در برخی از نقاط طول مسیر، کانال بتونی دارای ترک‌ها و شکاف‌هایی بود که آب از آن‌ها خارج شده و باعث کاهش راندمان می‌شد. همه موارد ذکر شده در قسمت‌هایی از مسیر انتقال کانال آب زاغه سفلی نیز مشاهده شد. هر دو کانال باده و زاغه سفلی در قسمتی از مسیر خود در امتداد رودخانه هستند و به‌دلیل بالا بودن کف کانال از سطح رودخانه، آب‌های ناشی از نشت یا ترک‌های کانال، وارد رودخانه می‌شوند. دو کانال ذکر شده در بعضی قسمت‌ها دارای دیواره‌ها و کف بهتر و مناسب‌تر و در کل کیفیت بهتری هستند که به علت تغییر واحد اجرای کار (پیمانکار) و واحد نظارت بوده که در سالیان متفاوتی اجرا شده است.

نهایتاً با مشاهده و بررسی منطقه‌ی مورد مطالعه، علاوه‌بر مطالب ذکر شده از علل اصلی پایین آمدن راندمان در کلیه کانال‌ها می‌توان به کیفیت پایین اجرا، ترکیب نامناسب شن و ماسه و سیمان، لاینینگ ضعیف، درزهای انبساط نامناسب، روش‌های نامناسب بهره‌برداری و نگهداری، نشت آب از دریچه‌های ورودی مزارع یا آبگیرها و اجرای کانال‌ها در سالیان متوالی به‌دلیل کمبود اعتبارات دولتی و اجرای آن توسط پیمانکاران و عوامل مختلف و اختلاف در کیفیت اجرا و ناظرین متفاوت پروژه اشاره کرد. لازم به ذکر است که به استثناء کانال آبرسان طق و طوق هیچ‌کدام از کانال‌های آبرسان دارای دریچه‌های کشویی نبودند و علیرغم انسداد آبگیرهای مزارع در سایر کانال‌ها، باز هم مقداری نشتی در محل آبگیرهای مزارع مشاهده می‌شد که از عوامل تلفات آب محسوب می‌شوند. در سایر کانال‌ها، آبگیرهای مزارع توسط مصالح موجود در محل از قبیل گل و سنگ مسدود می‌شد که با این وجود هم مقداری نشت آب در آن‌ها مشاهده می‌شد.

[DOR: 20.1001.1.24235970.1402.11.1.5.1]

جدول ۳- مقادیر پارامترهای هیدرولیکی، سرعت، دبی جریان و راندمان انتقال آب در کانال‌های مورد ارزیابی

Table 3. The values of hydraulic parameters velocity, flow rate and water transfer efficiency in the evaluated canals

E	Q	V	A	Z	Y	b	T	L		نام کانال Canal name
89.91	0.288	0.72	0.4	0.8	0.5	0.4	1.2	930	ابتدای کانال	طق و طوق
	0.259	0.71	0.36	0.1	0.47	0.4	1.15		انتهای کانال	
83.51	0.212	0.63	0.34	1	0.45	0.3	1.2	1215	ابتدای کانال	دروغزناب
	0.177	0.61	0.29	1	0.41	0.3	1.12		انتهای کانال	
81.70	0.170	0.52	0.33	0.9	0.46	0.3	1.13	643	ابتدای کانال	بهرام‌جو
	0.139	0.49	0.28	0.9	0.42	0.3	1.05		انتهای کانال	
78.84	0.450	0.96	0.47	0.65	0.65	0.3	1.15	785	ابتدای کانال	قلعه سنگی
	0.355	0.93	0.38	0.65	0.57	0.3	1.04		انتهای کانال	
77.48	0.425	0.71	0.6	0.83	0.6	0.5	1.5	840	ابتدای کانال	شاه جوب
	0.329	0.68	0.48	0.83	0.52	0.5	1.36		انتهای کانال	
83.47	0.115	1.32	0.09	0.6	0.25	0.2	0.5	1390	ابتدای کانال	نثار رباط
	0.096	1.32	0.07	0.6	0.22	0.2	0.47		انتهای کانال	
94.46	0.142	1.12	0.13	0.58	0.3	0.25	0.6	350	ابتدای کانال	آزادخانی
	0.134	1.11	0.12	0.58	0.29	0.25	0.58		انتهای کانال	
82.80	0.449	1.2	0.37	0.9	0.46	0.4	1.23	790	ابتدای کانال	پاپی خالدار علیا
	0.372	1.18	0.31	0.9	0.41	0.4	1.14		انتهای کانال	
76.61	0.144	0.75	0.19	0.71	0.35	0.3	0.8	1025	ابتدای کانال	عسگرآباد
	0.110	0.71	0.15	0.71	0.3	0.3	0.73		انتهای کانال	
86.3	0.176	0.63	0.28	1	0.4	0.3	1.1	578	ابتدای کانال	جمشیدآباد
	0.152	0.59	0.26	1	0.38	0.3	1.06		انتهای کانال	
51	0.0162	0.58	0.28	1	0.4	0.3	1.1	720	ابتدای کانال	باده آبستان
	0.082	0.51	0.16	1	0.28	0.3	0.88		انتهای کانال	
77.16	0.394	1.41	0.28	1	0.4	0.3	1.1	980	ابتدای کانال	ملک‌آباد
	0.304	1.4	0.22	1	0.34	0.3	1.02		انتهای کانال	
80.2	0.362	1.69	0.52	0.9	0.5	0.6	1.5	840	ابتدای کانال	ده سفید ۱
	0.290	1.98	0.3	0.75	0.46	0.3	1		انتهای کانال	
52.4	0.187	1.67	0.28	1	0.4	0.3	1.1	1030	ابتدای کانال	زاغه سفلی
	0.098	0.52	0.19	1	0.31	0.3	0.92		انتهای کانال	
78.6	0.510	0.68	0.75	0.78	0.63	0.7	1.69	1160	ابتدای کانال	زاهدشیر
	0.401	0.63	0.64	0.78	0.56	0.7	1.58		انتهای کانال	
76.9	0.304	1.23	0.25	1	0.37	0.3	1.04	1237	ابتدای کانال	کبود لر
	0.234	1.18	0.2	1	0.32	0.3	0.94		انتهای کانال	
74.94	0.143	0.76	0.19	1	0.31	0.3	0.92	645	ابتدای کانال	کیان
	0.107	0.74	0.14	1	0.26	0.3	0.82		انتهای کانال	
70	0.66	0.69	0.66		0.6	1.2	1.1	1174	ابتدای کانال	زیبا محمد
	0.462	0.64	0.46		0.42	1.1	1.1		انتهای کانال	
68.33	0.54	0.65	0.54		0.6	0.9	0.9	1240	ابتدای کانال	ده سفید ۲
	0.369	0.66	0.37		0.41	0.9	0.9		انتهای کانال	
88.88	0.225	1.12	0.22		0.45	0.5	0.5	438	ابتدای کانال	شیرخانی
	0.2	1.07	0.2		0.4	0.5	0.5		انتهای کانال	

L: طول کانال (متر)، T: عرض سطح آب (متر)، b: عرض کف کانال (متر)، Y: عمق جریان (متر)، Z: شیب بدنه یا دیواره کانال (بدون بعد)، A: سطح مقطع کانال (متر مربع)، V: سرعت متوسط (متر بر ثانیه)، Q: دبی جریان (متر مکعب بر ثانیه) و E: راندمان (درصد)

[DOR: 20.1001.1.24235970.1402.11.1.5.1]

برای اصلاح کانال‌های با راندمان پایین باید تمهیداتی در نظر گرفته شود که در ادامه به برخی از آن‌ها اشاره می‌شود. به‌کار بردن دریچه‌های کوچک در محل ورود آب به مزارع، اصلاح و ترمیم بتن لاینینگ و سنگ کاری در قسمت‌های آسیب دیده، از بین بردن علف-های هرز و مبارزه با آن‌ها، استفاده از مصالح مناسب بخصوص ماسه شسته با دانه‌بندی مناسب، استفاده از مخلوط کن یا بتن یر در مراحل اجرای کار، رعایت عیار بتن و حفظ رطوبت بتن و آبدهی آن از جمله روش‌های اصلاح کانال‌ها است. مسیر انتقال و آرایش کانال‌ها در مزارع و روش استفاده نیز بر طول کانال‌ها تأثیر می‌گذارد به‌طوری که کاهش طول کانال موجب افزایش راندمان و استفاده بهینه از آب می‌شود. نهایتاً اگر با تمهیداتی بتوانیم طول کانال‌ها و پیچ و خم‌های آن‌ها را کاهش بدهیم، آب اراضی بیش‌تری تأمین خواهد شد و به تولید بیش‌تری دست خواهیم یافت. بهرام‌لو (۱۳۸۶) راندمان انتقال آب در کانال‌های خاکی، بتنی، سنگ و ملات را به‌ترتیب برابر با ۶۶/۶ ۷۱/۱ و ۹۴/۴ درصد گزارش کرده که نتایج این تحقیق در مورد کانال‌های بتنی (راندمان کانال‌های بتنی ۷۱/۱ درصد) با متوسط راندمان پژوهش حاضر (۷۳/۹ درصد) هم‌خوانی دارد.

جدول ٤- تلفات کل در کانال‌های مورد ارزیابی

Table 4. Total losses in the evaluated canals

دسته‌بندی کانال‌ها	نام کانال	طول کانال (متر)	میانگین دبی (لیتر در ثانیه)		تلفات کل (لیتر در ثانیه)		راندمان انتقال (درصد)	
			ورودی	خروجی	در طول کل	در هر کیلومتر	در طول کل	در هر کیلومتر
کانال‌های با راندمان بالای ۸۰ درصد	طق و طوق	930	288	259	29.05	31.23	89.91	89.1
	نثار رباط	1390	115.5	96.4	19.09	13.73	83.47	88
	دروغزناب	1215	212.6	177.6	35.05	28.85	83.51	86
	آزادخانی	350	142.5	134.6	7.84	22.41	94.49	84.20
	زاهدشیر	1160	510.4	401.1	109.33	94.25	78.58	81.50
	کبود لر	1237	304.9	234.1	70.80	57.24	76.78	81.20
کانال‌های با راندمان کمتر از ۸۰ درصد	پاپی خالدار علیا	790	449.3	372	77.28	97.83	82.80	78
	عسگر آباد	1025	144	110.3	33.68	32.86	76.61	77
	ملک آباد	980	394.8	304.6	90.16	92	77.16	76.60
	جمشید آباد	578	176.4	152.5	23.94	41.42	86.43	76.5
	ده سفید ۱	840	362.3	290.8	71.48	85.1	80.27	76.40
	ده سفید ۲	1240	540	369	171	137.90	68.33	75
	شیرخانی	438	225	200	25	57.08	88.89	74.60
	زیبا محمد	1174	660	462	198	168.65	70	74.40
	قلعه سنگی	785	450.8	355.4	95.41	121.54	78.84	73
	شاه جوب	840	425.1	329.4	95.73	113.97	77.48	73
	بهرام جو	643	170.8	139.5	31.25	48.61	81.70	68.70
	کیان	645	143.7	107.7	35.97	55.77	74.97	61
	زاغه سفلی	1030	187.6	98.3	89.27	86.67	52.41	53.70
	باده آبستان	720	162.4	82.8	79.58	110.52	51	31.58

در جدول ۴ مقادیر تلفات کل در کانال‌های مورد بررسی نیز ارائه شده است. بر اساس نتایج جدول ۴ مقدار تلفات کانال‌ها بین ۱۳/۷ تا ۱۶۸/۶ و به‌طور متوسط ۷۴/۸ لیتر در ثانیه در کیلومتر است. هم‌چنین راندمان انتقال آب در هر کیلومتر طول کانال بین ۳۱/۵ تا ۸۹/۱ درصد است. راندمان کانال آبرسان باده آبستان برابر با ۳۱/۵ درصد است که این درصد انتقال آب برای یک کانال بتنی نگران‌کننده بوده و میزان تلفات شدید آب را در این کانال نشان می‌دهد. بهرام‌لو (۱۳۹۱) در تحقیقی راندمان کانال‌های خاکی را ۶۶/۶ درصد به‌دست آورد که با مقایسه بین راندمان کانال‌های خاکی در تحقیق ایشان و راندمان به‌دست آمده در کانال بتنی باده نتیجه‌گیری می‌شود که راندمان انتقال کانال بتنی باده از راندمان انتقال کانال‌های خاکی هم کم‌تر است که در قسمت‌های قبل به دلایل کم بودن راندمان این کانال آبرسان اشاره شد. هم‌چنین، با مطالعه و تحقیق بر روی کانال‌های سنتی ورامین راندمان آبیاری ۵۴ درصد گزارش شد (زهتابیان، ۱۳۷۳).

[DOR: 20.1001.1.24235970.1402.11.1.5.1]

بررسی‌های انجام شده توسط شاهرخ‌نیا و جوان (۱۳۸۲) در شبکه درودزن و روزبه (۱۳۷۵) در شبکه پاشاکلا به‌ترتیب بیان‌گر راندمان ۴۰ و ۴۳ درصد است که نشان‌دهنده کم بودن بازده آبیاری در کشورمان بوده به‌طوری که این مقدار بیش از ۳۰ درصد است. این در حالی است که در کشورهای اروپایی، آمریکا و فلسطین اشغالی راندمان به‌ترتیب ۶۰، ۴۵ و ۷۵ درصد است (سریری، ۱۳۷۱). در جدول ۵ تلفات نشت در کانال‌های مورد ارزیابی ارائه شده است.

جدول ۵- تلفات نشت در کانال‌های مورد ارزیابی
Table 5- Losses of leakage in evaluated canals

نام کانال	سطح نشت (متر مربع)	تلفات نشت در روز (متر مکعب در روز)	تلفات نشت در روز (متر مکعب در متر مربع در روز)
طق و طوق	1667.37	2509.82	1.5
دروغزناب	2061.92	3028.66	1.47
بهرام جو	1055.38	2700.55	2.56
قلعه سنگی	1498.01	8243.25	5.50
شاه جوب	1855.80	8271.44	4.46
نثار رباط	1134.70	1649.13	1.45
آزادخانی	343.92	677.84	1.97
پاپی خالدار علیا	1402.94	6677.49	4.76
عسگر آباد	1257.08	2909.89	2.31
جمشید آباد	899.16	2068.76	2.30
باده آبستان	1120.06	6875.37	6.14
ملک آباد	1524.52	7789.82	5.11
ده سفید ۱	1808.17	6176.22	3.41
زاغه سفلی	1602.30	7712.75	4.81
زاهدشیر	2883.44	9446.35	3.28
کبودلر	1819.36	6117.55	3.36
کیان	839.19	3107.98	3.70
زیبا محمد	2700.2	17107.2	6.33
ده سفید ۲	2604	14774.4	5.67
شیرخانی	613.2	2160	3.52

بر اساس نتایج جدول ۵ مقدار تلفات بین ۱/۴۵ تا ۶/۳ و با میانگین ۳/۵۶ مترمکعب در مترمربع در روز اندازه‌گیری شده است. بهرام‌لو و همکاران (۱۳۸۹) مقدار تلفات از پوشش بتنی کانال‌های آبیاری استان همدان را ۱/۷۴ مترمکعب در مترمربع در روز اندازه‌گیری کردند که تقریباً نصف تلفات آب در کانال‌های پژوهش مذکور است. سلطانی و معروفی (۱۳۸۵) راندمان انتقال آب در کانال‌های خاکی شبکه شاوور استان خوزستان را بین ۳۴ تا ۸۳ درصد اندازه‌گیری نمودند که با مقایسه با راندمان انتقال دو مورد کانال از کانال‌های بتنی این پژوهش (باده و زاغه سفلی)، میزان هدررفت و تلفات آب در طول مسیر قابل مشاهده بود. در ترکیه راندمان انتقال در کانال‌های اصلی آبیاری با پوشش بتنی ۹۷ درصد در هر کیلومتر، تلفات معادل ۱/۲۲ مترمکعب در مترمربع در روز، در کانال‌های درجه ۲ راندمان انتقال ۹۸ درصد در ۱۰۰ متر و تلفات آب معادل ۵/۳۱ مترمکعب در مترمربع در روز گزارش شده است. هم‌چنین، در کانال‌های درجه ۳ مقدار راندمان انتقال برای کانال‌های ذوزنقه‌ای ۹۴/۹ درصد در ۱۰۰ متر و معادل ۵/۱۷ مترمکعب در مترمربع در روز تعیین شده است که در مقایسه با نتایج این تحقیق ۶۷/۶ درصد تلفات بیش‌تری داشته است (Akkuzu et al., 2007). عزیزپور پیرسرائی و درویش‌پور (۱۳۹۴) با بررسی ۱۸ بازه انتخابی درکانال‌های درجه ۲ شماره ۱، ۲، ۳ و ۴ در شبکه آبیاری شیب آب سیستان راندمان انتقال آب را به‌ترتیب ۷۵/۴، ۸۲/۴، ۶۵/۴۶ و ۶۵/۴۳ اندازه‌گیری نمودند.

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج پژوهش حاضر، راندمان انتقال آب در کانال‌های مورد بررسی بین ۳۱/۵ تا ۸۹/۱ درصد در هر کیلومتر طول کانال و به‌طور متوسط ۷۴/۸ درصد است. هم‌چنین مقدار تلفات کل در کانال‌ها بین ۱/۴۵ تا ۶/۳۰ مترمکعب در مترمربع در روز و با میانگین ۳/۵۶

مترمکعب در مترمربع در روز اندازه‌گیری شده است. کم‌ترین راندمان انتقال آب مربوط به کانال باده آبستان با وضعیت نگهداری نامناسب و برابر با ۳۱/۵ درصد و بیش‌ترین راندمان مربوط به کانال طق و طوق برابر با ۸۹/۱ درصد است. ناآگاهی بهره‌برداران و عدم آشنایی آن‌ها با روش نگهداری کانال‌ها، رعایت نکردن اصول اجرا، کیفیت نامناسب مصالح مصرفی، طولانی شدن زمان اجرا و ساخت کانال‌ها، رشد علف‌های هرز، ترک برداشتن و تخریب بتن لاینینگ از مهم‌ترین عوامل پایین بودن راندمان انتقال آب هستند. نهایتاً بر اساس نتایج این پژوهش انتظار می‌رود که ادارات و ارگان‌های ذیربط بازنگری و تمهیدات خاصی جهت ارتقاء راندمان انتقال آب کانال‌ها، کنترل نظارت‌ها بر مجریان و پیمانکاران با توجه به اهمیت آب و هزینه نمودن اعتبارات دولتی و آموزش بهره‌برداران در دستور کار داشته باشند.

ملاحظات اخلاقی

دسترسی به داده‌ها: داده‌ها و نتایج استفاده شده در این پژوهش از طریق مکاتبه با نویسنده مسئول در اختیار قرار خواهد گرفت.

حمایت مالی: این پژوهش حمایت مالی دریافت نموده است.

مشارکت نویسندگان: سیروس صفرزاده: مفهوم‌سازی، تحلیل آماری، نگارش نسخه اولیه مقاله؛ جهانگیر عابدی کوپایی: راهنمایی، ویرایش و بازبینی مقاله، کنترل نتایج؛ مریم صارمی: بازبینی مقاله، تحلیل آماری، کنترل نتایج؛ منیر دهقانی: نگارش نسخه اولیه مقاله.

تضاد منافع نویسندگان: نویسندگان این مقاله اعلام می‌دارند که هیچ‌گونه تضاد منافعی در خصوص نگارش و انتشار مطالب و نتایج این پژوهش ندارند.

سپاس‌گزاری: از کشاورزان روستاهای ذکر شده به‌دلیل همکاری و مساعدت با نویسندگان مقاله تشکر و قدردانی به‌عمل می‌آید.

منابع

اخوان، ک.، ن. عباسی، م. خیری قوجه‌بیگلو و ه. احمدپری (۱۴۰۰) بررسی راندمان انتقال و مشکلات بهره‌برداری کانال‌های پیش‌ساخته بتنی در شبکه آبیاری مغان. تحقیقات مهندسی سازه‌های آبیاری و زهکشی، ۲۲(۸۳): ۴۲-۲۱.

اسلامی، ا.، و ح. ریاحی (۱۳۸۸) تعیین راندمان انتقال آب و بررسی مشکلات کانال‌های بتنی در استان کرمان. دهمین سمینار سراسری آبیاری و کاهش تبخیر، دانشگاه شهید باهنر کرمان.

بهراملو، ر. (۱۳۸۶) مقایسه راندمان انتقال آب در کانال‌های آبیاری پوشش‌دار بتنی با پوشش سنگ و ملات در مناطق سردسیری (مطالعه موردی: دشت بهار-همدان). پژوهش کشاورزی، ۷(۲): ۷۷-۶۷.

بهراملو، ر. (۱۳۹۱) تأثیر پوشش بتنی بر کنترل تلفات نشت آب از کانال‌های آبیاری در استان همدان. پژوهش آب ایران، ۶(۱۱):۸۳-۷۵.

بهراملو، ر.، ن. عباسی و م. موحدان (۱۳۸۹) بررسی دوام و میزان تلفات آب در کانال‌های آبیاری بتنی در مناطق سردسیر (مطالعه موردی در استان همدان). سومین همایش ملی مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی، اهواز.

بهراملو، ر.، ن. عباسی، ع.ر. مامن پوش، ک. اخوان و ح. ریاحی (۱۳۹۶) ارزیابی راندمان انتقال و تلفات آب در کانال‌های انتقال آب با پوشش ژئوممبران HDPE در شبکه‌های آبیاری زاینده‌رود، مغان و کرمان. تحقیقات آب و خاک ایران، ۴۸(۴): ۷۳۵-۷۲۵.

درویش‌پور، ح.، م. پیرسرایی و ا.ا. محمدرضاپور (۱۳۹۴) بررسی راندمان انتقال آب در کانال‌های درجه ۲ شبکه آبیاری شیب آب سیستان. سیزدهمین همایش سراسری آبیاری و کاهش تبخیر، کرمان.

روزبه، پ. (۱۳۷۵) ارزیابی شبکه موجود آبیاری پاشاکلا و ارائه پیشنهادات لازم برای شرایط طرح. مجموعه مقالات هشتمین سمینار کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، ۹: ۱۶۱-۱۹۳.

زهتابیان، غ.ر. (۱۳۷۳) علل پایین بودن راندمان آبیاری در منطقه ورامین. هفتمین سمینار کمیته ملی آبیاری و زهکشی، تهران مجموعه مقالات هفتمین سمینار کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، ۱۲: ۱-۲۱.

سریری، ا. (۱۳۷۱) ادوات اندازه‌گیری آب. نشریه کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران.

سلامتی، ن.، پ. ورجاوند، ش. آبسالان، آ. عزیزی و م. ا. گوشه (۱۳۹۹) ارزیابی راندمان انتقال کانال‌های خاکی و کانالت‌ها در استان خوزستان. پژوهش آب در کشاورزی، ۳۴(۱): ۱۶۵-۱۵۱.

سلطانی، حمزه.، و ص. معروفی (۱۳۸۵) بررسی تلفات آب و تعیین راندمان‌های انتقال و توزیع در شبکه آبیاری شاوور. اولین همایش ملی مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی، اهواز.

سهرابی، ت.، ح. اوجاقلو، ا. موسی یاسوری و و. ر. وردی‌نژاد (۱۳۸۷) مطالعه و بررسی عوامل پایین بودن راندمان انتقال و توزیع آب در کانال های با پوشش بتنی (مطالعه موردی شبکه آبیاری و زهکشی قزوین). دومین همایش ملی مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی، اهواز.

شاهرخنیا، م.ع. و ا. زارع (۱۳۹۳) بررسی فنی و اقتصادی میزان نشت آب در کانال آبیاری جنت شهر داراب. نخستین کنگره مهندسی و مدیریت آب و خاک ایران، ۳۰-۳۱ اردیبهشت، کرج.

شاهرخنیا، م.ع. و م. جوان (۱۳۸۲) تعیین حساسیت سازه‌های تحویل آب در شبکه آبیاری درودزن با استفاده از مدل ریاضی. یازدهمین همایش کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، ۴۳: ۶۳۹-۶۵۴.

شهریاری، م.، ک. زینال‌زاده و م. دلفی (۱۳۹۲) بهینه‌سازی مدیریت مصرف آب در شبکه آبیاری و زهکشی دشت سیستان. چهارمین همایش ملی مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی، اهواز.

شینی دشتگل، ع.، م. نوری و س. مینایی (۱۳۹۲) بررسی راندمان‌های انتقال و توزیع و ارائه راهکارهایی جهت کاهش تلفات آب در شبکه آبیاری دز (مطالعه موردی کانال‌های سبیلی و E(4)). چهارمین همایش ملی مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی، اهواز.

عزیزپور پیرسرائی، م.، و ح. درویش پور (۱۳۹۴) برآورد راندمان انتقال آب در کانال‌های اصل و درجه ۲ شبکه آبیاری شیب آب سیستان. سیزدهمین همایش سراسری آبیاری و کاهش تبخیر، کرمان.

عزیزی، ق. (۱۳۷۹) برآورد بارش مؤثر در رابطه با کشت دیم (مورد: دشت خرم‌آباد). پژوهش‌های جغرافیایی، ۳۹: ۱۲۴- ۱۱۵.

عطاری، م.، ع.ا. هوشمند و م. قمشی (۱۳۹۲) ارزیابی عملکرد کانال‌های پوشش بتنی درجا و پیش ساخته در شبکه-های آبیاری و زهکشی (مطالعه موردی: شبکه فرعی آبیاری و زهکشی میاناب شوشترداریون ۲ و ۳). چهارمین همایش ملی مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی، اهواز.

محمدی قلعه‌نی، م.، و م.ج. نحوی‌نیا (۱۴۰۱) تحلیل مفاهیم راندمان آبیاری در سطح شبکه آبیاری (مطالعه موردی: شبکه آوان خوزستان). مهندسی آبیاری و آب ایران، ۱۲(۴۸): ۱۵۶-۱۴۱.

محمودیان شوشتری، م. (۱۳۸۵) اصول جریان در مجاری باز. انتشارات دانشگاه چمران اهواز، ۵۰۵ صفحه.

منعم، م. ج.، ع. قاهری، ع.ع. بادزهر و ح. غروی (۱۳۸۷) ارزیابی عملکرد شبکه آبیاری قزوین با استفاده از مدل PAIS. دهمین سمینار کمیته ملی آبیاری و زهکشی، کمیته آبیاری و زهکشی ایران.

References

Abrishami J. and Hosseini M. (2009). *Hydrolics of open channels*, Publications of Imam Reza University, Mashhad. 616 pages. [in Persian].

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. https://www.researchgate.net/publication/353390296_conveyance_losses_estimation_for_open_channels_in_middle_egypt_case_study_almanna_main_canal_and_its_distributaries

Akhavan, K., Abbasi, N., Kheiry Ghojeh Biglou, M. and 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.* [in Persian]. https://idser.areeo.ac.ir/article_124600.html

Akkuzu, E., Ünal, H.B. and Karataş B.S. (2007) *Determination of water conveyance loss in the Menemen open canal irrigation network.* Turkish Journal of Agriculture and Forestry, *31(1): 11-22*. https://journals.tubitak.gov.tr/cgi/viewcontent.cgi?article=2030&context=agriculture

Attari, M., Houshmand, A.R. and Ghomshi M. (2014) *Evaluation of performance of in-site and prefabricated concrete lining canals in irrigation and drainage networks (Case study: Irrigation and drainage sub-network mianab Shushtardarion 2 and 3).* 4th National Conference on Irrigation and Drainage Networks Management. February. 25, Ahvaz. Iran. [in Persian]. https://civilica.com/doc/251617/

Azizi, GH. (2000). *Estimation of effective precipitation in relation to rainfed cultivation (Case: Khorramabad Plain).* Geographical Researches. *39:115-123*. [in Persian]. https://www.sid.ir/paper/367048/en

Bahramlou, R. (2007) *Comparison of transfer Efficiency in Unlined and Lined With Concrete and Stone Irrigation Canals (Case Study: Hamedan- Bahar Plain)*. Journal of Agricultural Research. *7(2): 67-77*. [in Persian]. https://www.magiran.com/paper/813171

Bahramlou, R. (2012) *Effect of Concrete lining on Controlling Water Leakage Losses from Irrigation Canals in Hamadan Province*. Iran Water Researches Journal, *6(11): 75-83.* [in Persian]. https://iwrj.sku.ac.ir/article_10905.html

Bahramlou, R. Abbasi, N. and Movahedan, M. (2011) *Investigation of durability and water losses amount in concrete irrigation canals in cold regions (Case study in Hamadan province).* Third National Conference on

[DOR: 20.1001.1.24235970.1402.11.1.5.1]

Irrigation and Drainage Networks Management. March. 1. Ahvaz. Iran. [in Persian]. https://civilica.com/doc/111611/

Bahramlou, R. Abbasi, N., Maman Poush, A.R., Akhavan, K. and Riahi, H. (2017) *Evaluation of water transfer efficiency and losses in water transfer channels covered with HDPE in Zayandeh Roud, Moghan and Kerman irrigation networks*, Iranian Journal of Soil and Water Research, *48(4): 735-725*. [in Persian]. https://journals.ut.ac.ir/article_64146.html

Darvishpour, H., Azizpour Pirsaraee, M. and Mohammad Rezapour, Um. (2015) *Investigation of water transfer efficiency in the second degree canals of Sistan water slope irrigation network*. National Congress of Irrigation and Drainage of Iran. [in Persian]. https://www.sid.ir/paper/870305/fa#downloadbottom

Han, X., Wang, X., Zhu, Y., Huang, J., Yang, L., Chang, Z. and Fu, F. (2020) *An experimental study on concrete and geomembrane lining effects on canal seepage in arid agricultural areas*. Water, *12(9): 1-21*. https://www.mdpi.com/2073-4441/12/9/2343

Islami, A. and Riahi, H. (2010) *Determination of water transfer efficiency and investigation of the problems of concrete canals in Kerman province*, 10th national seminar on irrigation and evaporation reduction. Februry. 8. Shahid Bahonar University of Kerman. [in Persian]. https://civilica.com/doc/147104/

Kahlown, M.A. and Kemper W.D. (2004). *Seepage losses as affected by condition and composition of channel banks*, Agricultural water management. *65(2): 145-153*. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378377403002178

Mahmoudian Shoushtari, M. (2006) *Principles of flow in open channels*. Chamran University Press, Ahvaz. *505 pages*. [in Persian].

Mawaa, 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 (Hc4R, Hc5R and Hc 6R) of Hila-kifil irrigation project*. Civil Environmental Research, *8(2): 1-10*. https://iiste.org/Journals/index.php/CER/article/download/28798/29561

Mohammadi Ghaleni, M. and Nahvinia, M.J. (2022) *The Analysis of Irrigation Efficiency Concepts at the level of Irrigation Network (Case study: Avan Irrigation Network, khozestan).* Iranian Journal of Irrigation and Water Engineering, *48(4): 141-156*. [in Persian]. https://www.waterjournal.ir/index.php/article_150688.html

Monem, M.J. Ghaheri, A. Badzahr, A.A. and Gharavi H. (2000) *Evaluation of Qazvin Irrigation Network Performance Using PAIS Model*, 10th Seminar of National Committee Irrigation and Drainage. November 15. Irrigation and Drainage Committee of Iran. Tehran. Iran. [in Persian]. https://civilica.com/doc/10052/

Rouzbeh, P. (1996) *Evaluation of the Pashakla's irrigation network and providing necessary suggestions for the project conditions*. Proceedings of the 8th Conference of the National Committee on Irrigation and Drainage of Iran. October 22. Tehran. Iran. [in Persian]. https://civilica.com/doc/10002/

Salamati, N., Varjavand, P., Absalan, Sh., Azizi, A. and Goosheh, M. (2020) *Evaluation of the Water Conveyance Efficiency of Concrete Lined and Earth Channels in Khuzestan Province*, Journal of Water Research in Agriculture (Soil and Water Sci.), *34(1): 151-165*. [in Persian]. https://wra.areeo.ac.ir/article_122058.html

Sariri, A. (1992). *Water Measuring Instruments*. Journal of the National Committee of Irrigation and Drainage of Iran, [in Persian]. http://irncid.org/

Shahriari, M., Zeinalzadeh, K. and Delphi, M. (2014) *Optimization of water consumption management in irrigation and drainage network of Sistan plain*. 4th National Conference on Management of Irrigation and Drainage Networks. February 25. Ahvaz. Iran. [in Persian]. https://civilica.com/doc/251614/

Shahrokhnia, M.A. and Javan, M. (2002) *Determining the Sensitivity of Water Delivery Structures in Dorodzan Irrigation Network Using Mathematical Model*. 11th Conference of the National Committee on Irrigation and Drainage of Iran. November. 16. Tahran. Iran. [in Persian]. http://www.irncid.org/ArticlesDet.aspx?ID=402&CatId=19

Shahrokhnia, M.A. and Zare, I. (2014) *Technical and Economic investigation of water leakage in irrigation canal located in Janat of Darab city*. The first congress of engineering and management soil and water in Iran. *May 30. Karaj. Iran*. [in Persian]. https://civilica.com/doc/1057185/

Sheini Dashtgol, A., Nouri, M. and Minaei, S. (2014) *Investigation of transmission and distribution efficiencies and presentation of solutions to reduce water losses in Dez irrigation network (Case study of Sebili and E(4) canals)*. 4th National Conference on Irrigation and Drainage Networks Management. February. *25. Ahvaz. Iran*. [in Persian]. https://civilica.com/doc/251616/

Shumye, A. and 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*. https://academicjournals.org/journal/IJWREE/article-full-text/142667058629

Sohrabi, T., Ojaghlou, H., Mousa Yasouri, A. and Verdinejad, V. (2009). *Study and investigation factors of being low water transfer and distribution efficiency in concrete-lined canals (Case study of Qazvin Irrigation and Drainage Network)*. Second National Conference on Irrigation and Drainage Networks Management. *January 19. Ahvaz. Iran*. [in Persian]. https://civilica.com/doc/60167/

Soltani, H. and Maroufi, S. (2006) *Investigation of water losses and determination of transmission and distribution efficiency in Shavour' irrigation network*. The first national conference on irrigation and drainage networks management. *May 1. Ahvaz. Iran*. [in Persian].https://civilica.com/doc/5411/

Zehtabian, Gh. (1994) *Causes of being low irrigation efficiency in Varamin region*. 7th Conference of the National Committee on Irrigation and Drainage of Iran. *August 22. Tehran. Iran*. [in Persian]. https://civilica.com/doc/9984/